



(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43)

Veröffentlichungstag:  
07.02.2024 Patentblatt 2024/06

(51)

Internationale Patentklassifikation (IPC):  
F17B 1/007 (2006.01)

(21)

Anmeldenummer: 23187268.0

(52)

Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
F17B 1/007; F17C 2201/0104; F17C 2201/0166;  
F17C 2201/0176; F17C 2201/035; F17C 2201/058;  
F17C 2221/012; F17C 2221/014; F17C 2221/031;  
F17C 2223/0123; F17C 2223/031; F17C 2223/043;  
F17C 2227/044; F17C 2250/0408; F17C 2250/043;

(22)

Anmeldetag: 24.07.2023

(Forts.)

(84)

Benannte Vertragsstaaten:  
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB  
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL  
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
BA  
Benannte Validierungsstaaten:  
KH MA MD TN

(30)

Priorität: 03.08.2022 DE 102022119438  
15.11.2022 DE 102022130105

(71)

Anmelder: HPS Home Power Solutions AG  
12489 Berlin (DE)

(72)

Erfinder:  
• PLANERT, Thimo  
10829 Berlin (DE)  
• LEVERENZ, Hendrik  
12053 Berlin (DE)  
• SCHMITT, Matthias  
12489 Berlin (DE)

(74)

Vertreter: Müller, Thomas  
Boschetsrieder Straße 20  
81379 München (DE)

(54)

SPEICHERVORRICHTUNG ZUM SPEICHERN VON GAS

(57)

Die vorliegende Erfindung betrifft unter anderem eine Speichervorrichtung (40) zum Aufnehmen und/oder Zwischenspeichern von Gas, insbesondere von während eines Purgevorgangs ausgetragenen Purgegas, aufweisend eine expandierbare Speicherkammer (41), welche als Kolbenspeicher ausgebildet ist, mit einem als Flüssigkeitskammer ausgebildeten ersten Kolbenspeicherelement (42), in welches bis zu einem definierten Flüssigkeitslevel (47) Flüssigkeit (46) einfüllbar ist oder in welches bis zu einem definierten Flüssigkeitslevel (47) Flüssigkeit (46) eingefüllt ist, mit einem als Hubkolben-element ausgebildeten zweiten Kolbenspeicherelement (48), wobei die Kolbenspeicherelemente (42, 48), insbesondere konzentrisch, gegensinnig ausgerichtet ineinander gestülpt sind, wobei die Kolbenspeicherelemente (42, 48) gegeneinander axial beweglich sind, und mit einer Gaseingangsleitung (54) und mit einer Gasausgangsleitung (56). Um das gespeicherte Gas insbesondere kontrolliert nach außen abgeben zu können, ist das erste Kolbenspeicherelement (42) in Bezug auf das zweite Kolbenspeicherelement (48) außenliegend und zwischen einer Außenfläche (81) des zweiten Kolbenspeicherelements (48) und einer Innenfläche (82) des ersten Kolbenspeicherelements (42) ein, insbesondere umlaufender, Spalt (53) ausgebildet ist. Weiterhin ist vorgesehen, dass die Gaseingangsleitung (54) und die Gasaus-

gangsleitung (56) oberhalb des definierten Flüssigkeits-levels (47) für die Flüssigkeit (46) in dem zweiten Kol-benspeicherelement (48) enden (55, 57).

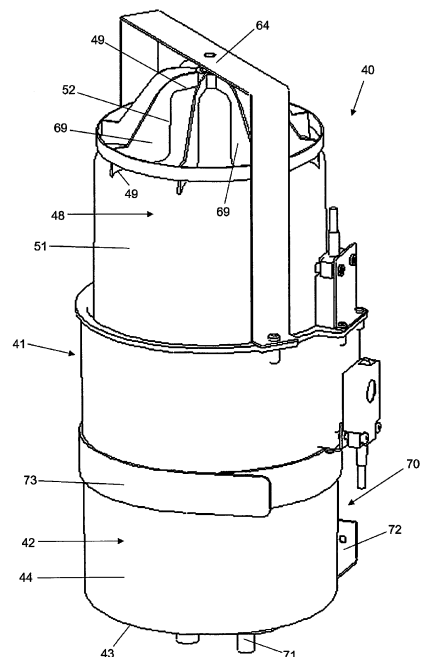


Fig. 8

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC): (Forts.)  
F17C 2260/042

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft zunächst eine Speichervorrichtung zum Aufnehmen und/oder Zwischenspeichern von Gas, insbesondere von während eines Purgenvorgangs ausgetragenen Purgegas, gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 1. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Energiesystem, insbesondere ein Gebäudeenergiesystem, gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 11, sowie ein Verfahren zum Aufnehmen und/oder Zwischenspeichern von Gas, insbesondere von während eines Purgenvorgangs ausgetragenen Purgegas, gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 13.

**[0002]** Energiesysteme der gattungsgemäßen Art sind im Stand der Technik bereits auf vielfältige Weise bekannt. Mit derartigen Systemen wird üblicherweise Energie für verschiedenste Anwendungsgebiete erzeugt und bereitgestellt.

**[0003]** Bei einer bekannten Art solcher Energiesysteme wird elektrische Energie zur Speicherung in chemische Energie umgewandelt. Als Energieträger bietet sich beispielsweise Wasserstoff an. Der Wasserstoff wird beispielsweise in einer Elektrolyseeinrichtung erzeugt und in einer Speichereinrichtung gespeichert. Hierbei handelt es sich beispielsweise um eine erste Betriebsweise des Energiesystems. Während des Betriebs des Energiesystems wird der Wasserstoff aus der Speichereinrichtung ausgespeichert und in einer Energiesenkeneinrichtung verbraucht. Hierbei handelt es sich beispielsweise um eine zweite Betriebsweise des Energiesystems. Bei einer solchen Energiesenkeneinrichtung handelt es sich beispielsweise um eine Brennstoffzelleneinrichtung. Üblicherweise sind die vorbeschriebenen Komponenten des Energiesystems räumlich voneinander getrennt und über eine Verbindungsleitungseinrichtung miteinander verbunden. Beide vorgenannten Betriebsweisen bedürfen üblicherweise eines unterschiedlichen Druckniveaus. Während in der ersten Betriebsweise mit der Elektrolyse, beispielsweise als Ausgangssituation für eine Speicherung bei erhöhtem Druck, Drücke von 20 bis 60 bar vorherrschen, sind für den Betrieb der Brennstoffzelleneinrichtung in der zweiten Betriebsweise Drücke von kleiner 20 bar vorteilhaft.

**[0004]** Im Rahmen des Betriebs eines solchen Energiesystems ist es erforderlich, die Brennstoffzelleneinrichtung, insbesondere auf deren Anodenseite und/oder die Elektrolyseeinrichtung, insbesondere auf deren Kathodenseite, regelmäßig zu spülen. Ein Spülen, das im Folgenden synonym auch als "Purgen" bezeichnet wird, ist insbesondere erforderlich, um unerwünschte Fremdgasanteile, sowie sich lokal in den Zellstrukturen ansammelndes flüssiges Wasser, die die Leistungsfähigkeit und die Lebensdauer der Brennstoffzelleneinrichtung und/oder der Elektrolyseeinrichtung negativ beeinflussen können, in regelmäßigen Abständen oder abhängig von den Betriebszuständen abzuführen. Das Spülen erfolgt unter Zuhilfenahme eines geeigneten Spülsystems.

**[0005]** Ein bekanntes Spülsystem, von dem die vorlie-

gende Erfindung ausgeht, ist in der EP 3 380 652 B1 der Anmelderin offenbart und beschrieben. Bei dieser bekannten Lösung wird während des Spülvorgangs ein mit Wasserstoff beladener Spülgasvolumenstrom erzeugt und in einer Speicherkammer zunächst gespeichert. Die Speicherkammer dient dabei als Pufferspeicher beziehungsweise als Zwischenspeicher. Aus der Speicherkammer wird der mit Wasserstoff beladene Spülgasvolumenstrom anschließend als Ablassvolumenstrom über eine Ausströmeinrichtung an die Umgebung abgegeben. Bei der Speicherkammer handelt es sich um eine expandierbare Speicherkammer, welche als Kolbenspeicher ausgebildet ist. Diese Speicherkammer weist ein als Flüssigkeitskammer ausgebildetes erstes Kolbenspeicherelement auf, in welches Flüssigkeit eingefüllt ist. Weiterhin weist die Speicherkammer ein als Hubkolben-element ausgebildetes zweites Kolbenspeicherelement auf, wobei die Kolbenspeicherelemente gegensinnig ausgerichtet ineinander gestülpt sind, und wobei die Kolbenspeicherelemente gegeneinander axial beweglich sind. Das erste Kolbenspeicherelement ist in Bezug auf das zweite Kolbenspeicherelement außenliegend. Weiterhin verfügt die Speicherkammer über eine Gaseingangsleitung und eine Gasausgangsleitung.

**[0006]** Der während des Spülvorgangs ausgetragene Spülgasvolumenstrom darf nicht unkontrolliert nach außen abgegeben werden, da sich ansonsten eine explosionsfähige Zone bilden kann. Deshalb ist es erforderlich, dass das in der Speicherkammer zwischengespeicherte Gas, bei dem es sich um Spülgas beziehungsweise "Purgegas" handelt, kontrolliert nach außen abgegeben wird.

**[0007]** Speichervorrichtungen zum Speichern von Gas sind in anderer Form auch auf dem Gebiet der großtechnischen Anlagen bekannt. Hier dienen die Speichereinrichtungen als Gasspeicher zur Speicherung großer Mengen an Gas, bis hin zu 100.000 m<sup>3</sup>. Derartige Großgasspeicher werden häufig auch als Gasometer bezeichnet. Aus Sicherheitsgründen wird das Gas bei Normaldruck oder bei Drücken kleiner oder gleich dem Atmosphärendruck gespeichert. Ein solcher Gasgroßspeicher ist beispielsweise in der US 1894,536 B beschrieben. Dieser bekannte Gasspeicher ist ebenfalls als Kolbenspeicher ausgebildet, bestehend aus einem ersten, statischen Kolbenspeicherelement und einem zweiten beweglichen Hubkolbenspeicherelement, wobei die Kolbenspeicherelemente gegensinnig ausgerichtet ineinander gestülpt sind, und wobei die Kolbenspeicherelemente gegeneinander axial beweglich sind. Um den Gasgroßspeicher bei Normaldruck überhaupt betreiben zu können, weist das Hubkolbenelement eine Unterstützung auf, damit dieses überhaupt bewegt werden kann. Bei dieser Unterstützung handelt es sich um an Seilen befestigte Gewichte. Mittels Umlenkrollen sind die Gewichte derart an dem beweglichen Hubkolbenelement befestigt, dass sich die Gewichte aufgrund der Gewichtskraft in Richtung des Behälterbodens des ersten Kolbenspeicherelements bewegen, wodurch das bewegliche Hubkolbenelement angehoben wird und sich nach oben

bewegt.

**[0008]** Demgegenüber handelt es sich bei der in der EP 3 380 652 B1 beschriebenen Speichervorrichtung, ebenso wie bei der erfindungsgemäßen Speichervorrichtung um eine kleintechnische Anlage. Die Prinzipien, die bei großtechnischen Anlagen gelten, lassen sich jedoch nicht ohne Weiters auf solche kleintechnischen Anlagen übertragen. Denn die Größen der Komponenten, ebenso wie die Mengen an gespeichertem Gas sind bei kleintechnischen Anlagen sehr viel geringer als bei den großtechnischen Anlagen, so dass hier ganz andere physikalische Zusammenhänge und Anforderungen herrschen.

**[0009]** Der vorliegenden Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, für die Zwecke einer kontrollierten Abgabe von Gas eine gattungsgemäße Speichervorrichtung, die insbesondere für ein Energiesystem, das heißt eine kleintechnische Anlage konzipiert ist, durch konstruktiv einfache und kostengünstige Maßnahmen weiter vorteilhaft zu modifizieren und zu optimieren.

**[0010]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch die Speichervorrichtung mit den Merkmalen gemäß dem unabhängigen Patentanspruch 1, welche den ersten Aspekt der Erfindung darstellt, durch das Energiesystem mit den Merkmalen gemäß dem unabhängigen Patentanspruch 11, welches den zweiten Aspekt der Erfindung darstellt, und durch das Verfahren mit den Merkmalen gemäß dem unabhängigen Patentanspruch 13, welches den dritten Aspekt der Erfindung darstellt. Weitere Merkmale und Details der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, aus der Beschreibung sowie aus den Zeichnungen. Dabei gelten Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit dem ersten Erfindungsaspekt offenbart sind, vollumfänglich auch im Zusammenhang mit dem zweiten und dritten Erfindungsaspekt, und jeweils umgekehrt, so dass hinsichtlich der Offenbarung eines der Erfindungsaspekte stets vollinhaltlich auch Bezug auf die jeweils anderen Erfindungsaspekte genommen und auf diese verwiesen wird.

**[0011]** Die Erfindung ist zunächst gerichtet auf eine Speichervorrichtung. Die Speichervorrichtung ist bevorzugt Bestandteil eines Energiesystems. Bei dem Energiesystem handelt es sich insbesondere um ein aus mehreren Komponenten bestehendes Ganzes, wobei die Komponenten miteinander zu einer zweckgebundenen Einheit verbunden sind. Im vorliegenden Fall handelt es sich bei dem Energiesystem bevorzugt um ein System zum Erzeugen beziehungsweise Bereitstellen von Energie, vorzugsweise von elektrischer Energie. Grundsätzlich ist die Erfindung nicht auf bestimmte Arten von Energiesystemen beschränkt. Im Folgenden werden diesbezüglich verschiedene bevorzugte Ausführungsbeispiele beschrieben.

**[0012]** In einer bevorzugten Ausführungsform handelt es sich bei dem Energiesystem um ein Gebäudeenergiesystem. Gebäudeenergiesysteme sind grundsätzlich aus dem Stand der Technik bekannt und dienen der Versorgung von Gebäuden, beispielsweise von Niedrigen-

ergiegebäuden, Passivgebäuden oder Nullenergiegebäuden, mit Energie in Form von Wärme und insbesondere in Form von Strom, beispielsweise Strom aus regenerativen Energiequellen wie beispielsweise Photovoltaik (PV)-Generatoren oder Kleinwindkraftanlagen. Ein solches Gebäudeenergiesystem schafft die Grundlage dafür, dass der Energiebedarf eines Gebäudes, sowohl hinsichtlich des Strom- als auch des Wärmebedarfs vollständig aus erneuerbaren Energiequellen gedeckt werden kann und somit vollständige CO<sub>2</sub>-Freiheit im Betrieb besteht. Wenigstens aber kann der Strombedarf eines Gebäudes im Sinne einer anzustrebenden Eigenverbrauchserhöhung nahezu vollständig aus erneuerbaren Energiequellen, insbesondere mittels eines PV-Generators und/oder einer Kleinwindenergieanlage, gedeckt werden.

**[0013]** Ein derartiges Gebäudeenergiesystem ist beispielsweise in den Patentanmeldungen WO 2017/089468 A1 und WO 2017/089469 A1 der Anmelderin offenbart und beschrieben, deren Offenbarungsgelt in die Beschreibung der vorliegenden Patentanmeldung mit einbezogen wird.

**[0014]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform weist ein Gebäudeenergiesystem der genannten Art die folgenden Grundmerkmale auf:

- einen DC-Einspeisepunkt, bevorzugt ausgebildet für eine Nenn-Spannung von 48 Volt oder für eine Nennspannung zwischen 200 und 1000 Volt und/oder einem AC-Einspeisepunkt, bevorzugt ausgebildet für eine Spannung von 230 Volt oder 110 Volt oder einer 3-phasigen Einspeisung bei pro Phase 230 Volt oder 110 Volt, wobei der DC-Einspeisepunkt und/oder der AC-Einspeisepunkt im Betrieb zumindest zeitweise mit einem elektrischen Verbraucher, der eine Verbrauchs-Leistung aufweist, verbunden ist,
- einen elektrisch mit dem DC-Einspeisepunkt wenigstens zeitweise verbundenen PV-Generator zum Erzeugen einer elektrischen PV-Leistung,
- eine elektrisch mit dem DC-Einspeisepunkt oder mit dem AC-Einspeisepunkt wenigstens zeitweise verbundene Brennstoffzelleneinheit zum Erzeugen einer elektrischen Brennstoffzellen-Leistung,
- eine elektrisch mit dem DC-Einspeisepunkt oder mit dem AC-Einspeisepunkt wenigstens zeitweise verbundene Elektrolyseeinheit zum Erzeugen von durch die Brennstoffzelleneinheit zu verbrauchendem Wasserstoff, wobei die Elektrolyseeinheit im Betrieb mit einer elektrischen Elektrolyse-Eingangsleistung gespeist wird,
- einen Wasserstofftank, insbesondere als Langzeitenergiespeicher, der mit der Brennstoffzelleneinheit und der Elektrolyseeinheit wenigstens zeitweise fluidverbunden ist und zum Speichern von mittels der Elektrolyseeinheit zu erzeugendem und durch die Brennstoffzelleneinheit zu verbrauchendem Wasserstoff ausgebildet ist,
- eine Speicher-Batterieeinheit, insbesondere als

Kurzzeitergiespeicher, die elektrisch mit dem DC-Einspeisepunkt oder über einen vorzugsweise bidirektionalen Wechselrichter mit dem AC-Einspeisepunkt wenigstens zeitweise verbunden oder zu verbinden ist, so dass eine elektrische PV-Leistung und eine elektrische Brennstoffzellen-Leistung in die Speicher-Batterieeinheit eingespeichert werden kann und eine elektrische Elektrolyse-Eingangsleistung und eine Verbrauchs-Leistung aus der Speicher-Batterieeinheit entnommen werden können; und

- ein Steuermodul zum Steuern der Gebäudeenergieanlage.

**[0015]** Der grundlegende Gedanke der vorliegenden Erfindung besteht in der Bereitstellung einer besonders ausgebildeten Speichervorrichtung für Gas. Bei dem Gas handelt es sich insbesondere um Wasserstoff beziehungsweise ein wasserstoffhaltiges Gas, und somit mithin um ein explosionsfähiges Gas, falls im Gasgemisch ggf. auch nur temporär ein Sauerstoffanteil von mehr als 4 Vol.-% enthalten sind. Jegliche Art von Zündquellen innerhalb der Speichervorrichtung sind also strikt zu vermeiden. Dieses entsteht insbesondere während eines Spülvorgangs, der im Folgenden synonym auch als "Purgevorgang" bezeichnet wird. Der Betrieb der Brennstoffzeleinrichtung und der Elektrolyseeinrichtung erfordert ein zyklisches Bereinigen der reaktiven Oberflächen von unter anderem Stickstoff und Wasser. Das Reinigen beziehungsweise Spülen wird im Folgenden synonym auch als "Purgen" bezeichnet. Die Reinigung erfolgt vorzugsweise durch einen Druckstoß. Ein Purgevorgang kann ebenfalls sinnvoll sein, wenn jeweils der Betriebsdruck der Brennstoffzelle oder der Elektrolyse schnell auf einen niedrigeren Druck zu entspannen ist, beispielsweise im Rahmen kontrollierter Abschaltvorgänge. Bei Betriebsdruck, dieser liegt bei Brennstoffzellen bei etwa 350 mbar und beim Elektrolyseur bei etwa 30 bar, wird beispielsweise ein jeweiliges Purgeventil gegen Atmosphäre kurz geöffnet. Die entstehende Druckdifferenz über das Purgeventil erzeugt einen Gasvolumenstrom, der reaktionshemmende Stoffe austrägt und der in die von der Brennstoffzelle und den Elektrolyseur, vorzugsweise dual, genutzte Speichervorrichtung befördert wird. Das ausgetragene feuchte Purgegas darf nicht unkontrolliert nach außen, beispielsweise in die Umgebung oder in einen Systemschrank, gegeben werden, da sich ansonsten eine explosionsfähige Zone bilden kann. Durch eine dauerhaft anliegende technische Lüftung, insbesondere von mindestens 100 m<sup>3</sup>/h, kann jedoch eine kontrollierte Abgabe erfolgen. Dafür muss das Purgegas in der Speichervorrichtung, bei der es sich insbesondere um einen Pufferspeicher beziehungsweise ein Zwischenvolumen handelt, aufgefangen und danach kontrolliert aus der Speichervorrichtung abgegeben werden.

**[0016]** Die Speichervorrichtung ist vorzugsweise eine passive Baugruppe zur Aufnahme/ Zwischenspeiche-

rung des Spülgases beziehungsweise Purgegases.

**[0017]** Wird die Speichervorrichtung für ein solches Energiesystem verwendet, handelt es sich dabei insbesondere um eine kleintechnische Anlage im obigen Sinne. Die aus dem Gebiet der großtechnischen Anlagen bekannten Erkenntnisse lassen sich aus den oben genannten Gründen deshalb nicht ohne Weiteres auf die Speichervorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung übertragen.

**[0018]** Gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung wird eine Speichervorrichtung zum Aufnehmen und/oder Zwischenspeichern von Gas, insbesondere von während eines Purgevorgangs ausgetragenen Purgegas, bereitgestellt, welche die Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs 1 aufweist.

**[0019]** Die Speichervorrichtung weist eine expandierbare, das heißt eine volumenveränderliche Speicherkammer auf.

**[0020]** Diese Speicherkammer ist als Kolbenspeicher ausgebildet. Ein Kolbenspeicher ist insbesondere ein Speicher, welcher mindestens zwei Kolbenspeicherelemente aufweist, die miteinander zusammenwirken, wobei mindestens eines der Kolbenspeicherelemente beweglich, vorzugsweise axial beweglich, ist. Die Kolbenspeicherelemente bilden beziehungsweise begrenzen insbesondere einen geschlossenen Hohlraum, dessen Volumen sich durch die Bewegung verändert.

**[0021]** Die erfindungsgemäße Speichervorrichtung weist ein als Flüssigkeitskammer ausgebildetes erstes Kolbenspeicherelement auf, in welches bis zu einem definierten Flüssigkeitslevel Flüssigkeit, beispielsweise in Form von Wasser, einfüllbar ist oder in welches bis zu einem definierten Flüssigkeitslevel Flüssigkeit, beispielsweise in Form von Wasser, eingefüllt ist. Im bestimmungsgemäßen Gebrauch der Speichervorrichtung befindet sich die Flüssigkeit in dem ersten Kolbenspeicherelement. Bei dem Flüssigkeitslevel handelt es sich insbesondere um eine definierte Höhe, bis zu der Flüssigkeit eingefüllt werden darf, beziehungsweise bis zu der im ordnungsgemäßen Betrieb Flüssigkeit eingefüllt ist. Diese Höhe muss für einen ordnungsgemäßen Betrieb eingehalten werden. Die Menge an in der Flüssigkeitskammer aufzunehmender Flüssigkeit beträgt gemäß einer Ausführungsform weniger als 50 Liter, bevorzugt zwischen 1 und 5 Litern.

**[0022]** Vorzugsweise weist das erste Kolbenspeicherelement ein Bodenelement und eine vom Bodenelement abragende Seitenwandung auf. Am freien Ende der Seitenwandung, welches dem Bodenelement gegenüberliegt, ist das erste Kolbenspeicherelement vorzugsweise offen. Mitgetragene Flüssigkeitstropfen aus dem gespeicherten Spülgas werden in das erste Kolbenspeicherelement abgeschieden.

**[0023]** Weiterhin weist die Speicherkammer ein als Hubkolbenelement ausgebildetes zweites Kolbenspeicherelement auf. Vorzugsweise weist das zweite Kolbenspeicherelement ein Bodenelement und eine vom Bodenelement in Richtung des ersten Kolbenspeicherele-

ments abragende Seitenwandung auf. Am freien Ende der Seitenwandung, welches dem Bodenelement gegenüberliegt, und welche dem ersten Kolbenspeicherelement zugewandt ist, ist das zweite Kolbenspeicherelement offen. In Bezug auf die gesamte Speicherkammer bestehend aus erstem und zweitem Kolbenspeicherelement stellt das Bodenelement des zweiten Kolbenspeicherelements ein Deckelement der Speicherkammer dar.

**[0024]** In einer Ausführungsform weist das zweite Kolbenspeicherelement ein Gasvolumen für aufzunehmenden Gas von kleiner 10 Litern, vorzugsweise kleiner 5 Litern, bevorzugt zwischen 0,5 Litern und 3 Litern auf. Bei dem Gasvolumen handelt es sich insbesondere um dasjenige Volumen, welches beim bestimmungsgemäßen Gebrauch der Speichervorrichtung in das zweite Kolbenspeicherelement eingebracht wird oder werden darf. Bei dem Gasvolumen handelt es sich insbesondere um das Nutzvolumen. Das Nutzvolumen gibt die maximal im zweiten Kolbenspeicherelement speicherbare Gasmenge an. Damit unterscheidet sich die Speichervorrichtung grundlegend von den Speichervorrichtungen in Form großtechnischer Anlagen. Wie weiter unten noch näher erläutert wird, erfolgt die Auslenkung des Hubkolbenelements allein aufgrund des Gaseintritts. Durch das geringe Volumen, welches das Hubkolbenelement aufweist, reicht der Druck des zu speichernden Gases alleine aus, um das Hubkolbenelement auszulenken. Im Gegensatz zu den großtechnischen Anlagen erfolgt die Auslenkung bei der erfindungsgemäßen Speichervorrichtung insbesondere auf Grund eines Gasdrucks, der oberhalb des atmosphärischen Drucks liegt. Zudem erfolgt die Auslenkung ohne Zuhilfenahme von äußeren Kräften, wie Gegengewichte, Motoren oder Federkräften. Das bedeutet, dass das zweite Kolbenspeicherelement für eine Auslenkung aufgrund des eingespeisten Gases bereitgestellt ist.

**[0025]** Bevorzugt sind das erste Kolbenspeicherelement und das zweite Kolbenspeicherelement bezüglich ihrer Größe, Geometrie, Kontur und ihres Fassungsvermögens aufeinander abgestimmt.

**[0026]** Der Übergang zwischen Bodenelement und Seitenwandung des zweiten Kolbenspeicherelements weist bevorzugt gerundete Ecken oder Kanten auf. Falls sich in den Übergangsbereichen, insbesondere in den Eckbereichen oder Kantenbereichen, Kondensat ansammelt, wird dieses somit auf jeden Fall abgeleitet, vorzugsweise in die im ersten Kolbenspeicherelement befindliche Flüssigkeit.

**[0027]** Die beiden Kolbenspeicherelemente sind, insbesondere konzentrisch, gegensinnig ausgerichtet ineinander gestülpt und gegeneinander axial beweglich. In einer Ausführungsform ist das erste Kolbenspeicherelement fest, das heißt unbeweglich, während das zweite Kolbenspeicherelement beweglich ist. Natürlich sind auch Konstellationen denkbar, in denen beide Kolbenspeicherelemente beweglich sind, oder aber nur das erste Kolbenspeicherelement.

**[0028]** Im erstgenannten, bevorzugten, Ausführungsbeispiel wird durch die Abgabe von Spülgas aus der Brennstoffzelleneinrichtung und/oder der Elektrolyseeinrichtung das zweite Kolbenspeicherelement ausgelenkt. Der durch die Auslenkung entstehende Gegen-  
druck, insbesondere verursacht durch die Gewichtskraft des zweiten Kolbenspeicherelements, darf den Purgvorgang in seiner Dynamik und dem Druckverhältnis nicht beeinträchtigen. Durch die Gewichtskraft des zweiten Kolbenspeicherelements wird das Purggas nach Beendigung der Auslenkung wieder aus dem zweiten Kolbenspeicherelement herausgedrückt, wie weiter unten näher beschrieben wird.

**[0029]** In einem ersten Betriebszustand, der auch als Ruhezustand bezeichnet wird, ist die Speicherkammer nicht expandiert. Beispielsweise ist das zweite Kolbenspeicherelement nicht ausgelenkt. In einem zweiten Betriebszustand, der auch als Speicherzustand bezeichnet wird, befindet sich die Speicherkammer in einem expandierten Zustand. Beispielsweise ist das zweite Kolbenspeicherelement aufgrund des gespeicherten Spülgases ausgelenkt. Während es sich bei dem ersten Betriebszustand bevorzugt um einen statischen Zustand handelt, handelt es sich bei dem zweiten Betriebszustand bevorzugt um einen dynamischen Zustand.

**[0030]** In einer Ausführung ist/sind das erste Kolbenspeicherelement und/oder das zweite Kolbenspeicherelement monolithisch, das heißt aus einem Stück bestehend, ausgebildet. Der Gasraum, in welchem das Spülgas gespeichert ist/wird, ist somit durch eine zusammenhängende, einteilige Geometrie von der Umgebung getrennt und wird, wie weiter unten näher erläutert wird, nur über die Flüssigkeit im ersten Kolbenspeicherelement gedichtet. Auch die Lager des zweiten Kolbenspeicherelements sind durch diese Ausführung außerhalb des Gasraums und immer über die Flüssigkeit gedichtet.

**[0031]** Vorzugsweise ist/sind das erste Kolbenspeicherelement und/oder das zweite Kolbenspeicherelement topfförmig oder zylinderförmig ausgebildet. Ein topfförmiges Kolbenspeicherelement ist insbesondere ein nach oben offenes und seitlich sowie bodenseitig geschlossenes Gefäß zur Aufnahme von Flüssigkeit und/oder von Gas. Beispielsweise kann ein solches Gefäß zylinderförmig ausgebildet sein.

**[0032]** Bevorzugt ist/sind das erste Kolbenspeicherelement und das zweite Kolbenspeicherelement rotations-symmetrisch ausgebildet.

**[0033]** Um Gas in das zweite Kolbenspeicherelement einzuführen und aus diesem abzuführen, weist die Speichervorrichtung eine Gaseingangsleitung und eine Gasausgangsleitung auf, welche in die Speicherkammer münden. Purgleitungen der Brennstoffzelleneinrichtung und der Elektrolyseeinrichtung laufen in der Gaseingangsleitung zusammen. Auf diese Weise kann die Speichervorrichtung wahlweise zum Speichern von Spülgas aus der Brennstoffzelleneinrichtung oder der Elektrolyseeinrichtung genutzt werden.

**[0034]** Erfindungsgemäß ist das erste Kolbenspei-

cherelement in Bezug auf das zweite Kolbenspeicherelement außenliegend. Das heißt insbesondere, dass die Seitenwandung des ersten Kolbenspeicherelements die Seitenwandung des zweiten Kolbenspeicherelements zumindest teilweise umgibt.

**[0035]** Zwischen einer Außenfläche, insbesondere der Seitenwandung oder eines Teils der Seitenwandung, des zweiten Kolbenspeicherelements und einer Innenfläche, insbesondere der Seitenwandung oder eines Teils der Seitenwandung, des ersten Kolbenspeicherelements ist ein, insbesondere umlaufender, Spalt ausgebildet. Befindet sich Flüssigkeit in dem ersten Kolbenspeicherelement, und ist das zweite Kolbenspeicherelement in der oben beschriebenen Weise in das erste Kolbenspeicherelement eingestülpt, befindet sich folglich auch in dem Spalt Flüssigkeit.

**[0036]** In einer bevorzugten Ausführungsform steht das Volumen an Flüssigkeit in einem Innenvolumen des zweiten Kolbenspeicherelements zum Volumen an Flüssigkeit im Spalt zwischen dem ersten und zweiten Kolbenspeicherelement in einem definierten Verhältnis.

**[0037]** Das hat insbesondere den Grund, dass eine durch die Flüssigkeit gebildete Dichtung ausbalanciert ist. Dies wird weiter unten im Zusammenhang mit einer Dichteinrichtung näher erläutert. Vorzugsweise ist das Verhältnis größer oder gleich 3:1, vorzugsweise größer 5:1. Ein derart definiertes Volumenverhältnis hat zudem auch einen maßgeblichen Einfluss auf Schwingen/Einschwingen nach dem Purge.

**[0038]** Erfindungsgemäß ist weiterhin realisiert, dass die Gaseingangsleitung und die Gasausgangsleitung oberhalb des definierten Flüssigkeitslevels für die Flüssigkeit in dem zweiten Kolbenspeicherelement enden. Das bedeutet, dass die Mündung, das heißt das Ende, der Gaseingangsleitung und der Gasausgangsleitung über das Flüssigkeitslevel beziehungsweise über die im ersten Kolbenspeicherelement befindliche Flüssigkeit hinausragen. Das gespeicherte Gas wird somit in einem flüssigkeitsfreien Gasraum, der sich insbesondere im zweiten Kolbenspeicherelement befindet, gespeichert. Dadurch erfolgt keine Flüssigkeitsverdrängung beim Einleiten des Spülgases, wodurch der Gegendruck beim Spülen reduziert wird. Je geringer der Gegendruck ist, desto besser kann die Reinigung erfolgen. Denn ein reduzierter Gegendruck beim Spülen kann den Austrag von reaktionshemmenden Medien, wie beispielsweise Stickstoff, Wasser, und dergleichen, aus der Brennstoffzelleneinrichtung und/oder Elektrolyseeinrichtung effektiver, kürzer und somit effizienter machen. Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung entsteht ein kaum ansteigender Gegendruck beim Purge, da beispielsweise die Federkonstante eines Faltenbalgs entfällt und die Mündung der Gaseingangsleitung über das Flüssigkeitslevel hinausragt. Es erfolgt somit keine Wasserverdrängung bei Einleitung des Spülgases. Ein reduzierter Gegendruck beim Spülen kann den Austrag von reaktionshemmenden Medien wie beispielsweise Stickstoff, Wasser und dergleichen aus der Brennstoffzelle oder Elek-

trolyse effektiver, kürzer und somit effizienter machen.

**[0039]** Bei der erfindungsgemäßen Spülvorrichtung entsteht der Gegendruck vorzugsweise allein durch das Gewicht des zweiten Kolbenspeicherelements. Durch die Einleitung von Spülgas in das zweite Kolbenspeicherelement wird das zweite Kolbenspeicherelement ausgelenkt. Der durch die Auslenkung entstehende Gegendruck, resultierend aus der Gewichtskraft des zweiten Kolbenspeicherelements und aus der dynamischen Trägheitskraft des beim Purgvorgang initial beschleunigten zweiten Kolbenspeicherelements, darf den Spülvorgang in seiner Dynamik und dem Druckverhältnis nicht beeinträchtigen. Nach Beendigung der Gaseinleitung stoppt die Auslenkung des zweiten Kolbenspeicherelements, und durch die Gewichtskraft des zweiten Kolbenspeicherelements wird das Spülgas nach Beendigung der Auslenkung wieder durch die Gasausgangsleitung herausgedrückt. Dadurch senkt sich das zweite Kolbenspeicherelement wieder ab in Richtung des ersten Kolbenspeicherelements.

**[0040]** In einer Ausführungsform ist der Speichervorrichtung eine Steuereinrichtung zugeordnet. Eine Steuereinrichtung ist insbesondere die Gesamtheit aller Komponenten, welche die Beeinflussung der Speichervorrichtung bewirken. Die Steuereinrichtung kann in Form von Hardwarekomponenten oder Softwarekomponenten, oder als eine Kombination daraus, ausgebildet sein. Insbesondere weist die Steuereinrichtung eine Prozessoreinrichtung auf, in der zumindest Teile des erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß dem dritten Aspekt der Erfindung ablaufen. Die Steuereinrichtung weist bevorzugt Schnittstellen zu verschiedenen Komponenten der Speichervorrichtung auf, beispielsweise zu Ventileinrichtungen und/oder Sensoreinrichtungen. Je nach Ausgestaltung ist die Steuereinrichtung zumindest teilweise Bestandteil der Speichervorrichtung. Oder die Steuereinrichtung ist ein zur Speichervorrichtung externes Bauteil, welches dann über die Schnittstellen mit der Speichervorrichtung zumindest zeitweilig, beispielsweise drahtlos oder drahtgebunden, verbunden ist und kommuniziert. In einer Ausführungsform ist die Steuereinrichtung Bestandteil oder gar die Steuereinrichtung selbst, eines Energiesystems, etwa des Energiesystems gemäß dem zweiten Aspekt der Erfindung.

**[0041]** Über die Gaseingangsleitung wird das Spülgas über dem Flüssigkeitslevel, das heißt oberhalb des Flüssigkeitslevels, in jedem Fall, zumindest kurz, über beziehungsweise oberhalb der Flüssigkeitsoberfläche in das zweite Kolbenspeicherelement eingebracht.

**[0042]** Zu diesem Zweck weist die Gaseingangsleitung eingangsseitig bevorzugt eine Ventileinrichtung auf. Diese Ventileinrichtung ist bevorzugt über eine Schnittstelle zumindest zeitweilig mit der Steuereinrichtung verbunden.

**[0043]** Um das in der Speicherkammer gespeicherte Gas kontrolliert, zeitlich verzögert und mit deutlich reduziertem Gas-Massenstrom abzugeben, ist neben den zuvor beschriebenen Maßnahmen bevorzugt realisiert,

dass die Gasausgangsleitung ausgangsseitig eine Dosiereinrichtung oder ein Drosselement oder eine Blende und/oder ein Filterelement aufweist. Auf diese Weise wird verhindert, dass das ausgetragene feuchte Purgas ungedrosselt in die Umgebung, beispielsweise in einen Systemschrank, gegeben wird. Stattdessen kann die Abgabe wohl dosiert erfolgen. Die Abgabe erfolgt vorzugsweise ohne aktiv angesteuertes Ventil oder Steuerung.

**[0044]** Vorzugsweise weist das erste Kolbenspeicherelement einen Flüssigkeitszulauf und/oder einen Flüssigkeitsablauf auf. Hierbei kann es sich um eine einzige Komponente, oder aber um zwei separate Komponenten handeln. Im erstgenannten Fall wird diese Schnittstelle in dem ersten Kolbenspeicherelement bidirektional genutzt, um zu befüllen und zu entleeren.

**[0045]** Damit die vorgenannten Komponenten nicht mit möglichen Verunreinigungen oder Ablagerungen belastet werden, wird vorzugsweise ein Filterelement eingesetzt.

**[0046]** Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung der Speicherkammer wird insbesondere erreicht, dass Flüssigkeit in dem ersten Kolbenspeicherelement das durch Auslenkung des zweiten Kolbenspeicherelements entstehende Puffervolumen zur Umgebung abdichtet. Mitgetragene Wassertropfen aus der Brennstoffzeleinrichtung oder der Elektrolyseeinrichtung werden hier abgeschieden, bevor das Purgas durch die Dosiereinrichtung, das Drosselement oder die Blende nach außen, beispielsweise in einen Systemluftstrom, gegeben wird. Das zweite Kolbenspeicherelement wird zyklisch entleert und neu befüllt, um etwaige Rückstände oder überschüssige Flüssigkeit abzuführen. Neu zugegebene Flüssigkeit wird vorzugsweise über eine Filtereinrichtung, beispielsweise ein Osmosemembran gereinigt, um beispielsweise Kalkablagerungen auszuschließen. Der Flüssigkeitsstand wird bevorzugt über ein Sensorelement gemessen, wie weiter unten noch näher erläutert wird.

**[0047]** Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung der Speichervorrichtung, insbesondere der Speicherkammer, tritt das Spülgas für die Speicherung somit nicht in die im ersten Kolbenspeicherelement befindliche Flüssigkeit ein, sondern in einen darüber liegenden Raum, in dem sich keine Flüssigkeit befindet. Mitgetragene Aerosole oder Tropfen werden durch Umlenkung und Veränderung der Strömungsgeschwindigkeit ausgetragen und vorzugsweise gravimetrisch und/oder, wenn das Purgas mit tangentialer Komponente eingeleitet wird, über Zentrifugalkräfte abgeschieden, bevor das Spülgas in die Gasausgangsleitung gelangt. Die Abgabe erfolgt vorzugsweise ohne Ventil oder Steuerung.

**[0048]** Vorzugsweise sind die Gaseingangsleitung und die Gasausgangsleitung bezüglich des Gasströmungswegs antiparallel geführt.

**[0049]** In einer bevorzugten Ausführungsform sind die Gaseingangsleitung und die Gasausgangsleitung von unten durch das erste Kolbenspeicherelement, insbe-

sondere durch dessen Bodenelement, in das zweite Kolbenspeicherelement geführt.

**[0050]** Die Erfindung ist nicht auf bestimmter Ausführungsformen für das zweite Kolbenspeicherelement beschränkt. In einer einfachen Ausführungsform weist das zweite Kolbenspeicherelement ein ebenes, sich gerade beziehungsweise horizontal erstreckendes Bodenelement auf, von dem die Seitenwandung, vorzugsweise senkrecht beziehungsweise vertikal, abragt, insbesondere in Richtung des ersten Kolbenspeicherelements, insbesondere in Richtung des Bodenelements des ersten Kolbenspeicherelements. In einer anderen Ausführung kann das Bodenelement des zweiten Kolbenspeicherelements beispielsweise gekrümmt sein und beispielsweise eine domartige oder kuppelartige Ausgestaltung haben. Ebenso ist es nicht erforderlich, dass die Seitenwandung des zweiten Kolbenspeicherelements senkrecht von dessen Bodenelement abragt. Denkbar ist auch, dass die Seitenwandung in einem Winkel geneigt vom Bodenelement abragt, oder dass die Seitenwandung einen gekrümmten Verlauf hat.

**[0051]** In einer bevorzugten Ausführungsform weist das zweite Kolbenspeicherelement einen ersten Teilbereich auf, der einem Bodenelement des ersten Kolbenspeicherelements zugewandt ist. Zusätzlich weist das zweite Kolbenspeicherelement einen zweiten Teilbereich auf, der vom Bodenelement des ersten Kolbenspeicherelements abgewandt ist. Bei dieser Ausführung ist der erste Teilbereich anders ausgestaltet als der zweite Teilbereich, so dass sich das zweite Kolbenspeicherelement in seiner Höhererstreckung verändert. Vorzugsweise ist realisiert, dass das Volumen des zweiten Teilbereichs kleiner ist als das Volumen des ersten Teilbereichs, und/oder dass die Querschnittsfläche des zweiten Teilbereichs kleiner ist als die Querschnittsfläche des ersten Teilbereichs. In diesem Fall hat das zweite Kolbenspeicherelement in seiner Höhererstreckung einen stufenförmigen Verlauf.

**[0052]** Bevorzugt ist bei der gewählten Ausgestaltung des ersten und zweiten Kolbenspeicherelements, dass das Totvolumen, in welchem sich keine Flüssigkeit befindet, und in welches das Spülgas zum Zwecke der Speicherung gelangt, im Ruhezustand der Speicherkammer, in dem diese nicht expandiert ist, insbesondere wenn das zweite Kolbenspeicherelement nicht ausgelenkt ist, so gering wie möglich ist. Durch die Ausgestaltung des zweiten Kolbenspeicherelements mit den zwei Teilbereichen lässt sich das Totvolumen weiter reduzieren. In einer Ausführungsform beträgt dieses Totvolumen weniger als 10% des Gesamtvolumens des zweiten Kolbenspeicherelements. Insbesondere liegt das Totvolumen bevorzugt zwischen 0,1 Liter und 1 Liter.

**[0053]** Wenn das zweite Kolbenspeicherelement ein Bodenelement und eine vom Bodenelement in Richtung des ersten Kolbenspeicherelements abragende Seitenwandung aufweist, befinden sich in einem nicht expandierten Zustand, das heißt im Ruhezustand, der Speicherkammer, indem das zweite Kolbenspeicherelement



in Bezug zum ersten Kolbenspeicherelement nicht expandiert ist, die Gaseingangsleitung und die Gasausgangsleitung in einer bevorzugten Ausführungsform unmittelbar vor dem Bodenelement des zweiten Kolbenspeicherelements. Vorzugsweise enden diese in dessen zweitem Teilbereich. Das heißt, die Gaseingangsleitung und die Gasausgangsleitung enden im Ruhezustand kurz unterhalb des Bodenelements in einem geringen Abstand zum Bodenelement. Der Abstand kann je nach Ausgestaltung und Dimensionierung der Kolbenspeicherelemente, insbesondere des zweiten Kolbenspeicherelements, und/oder hinsichtlich der zu speichernden Gasmengen, variieren und liegt bevorzugt im Bereich weniger Millimeter bis hin zu wenigen Zentimetern. Insbesondere liegt der Abstand bevorzugt zwischen 1mm und 5mm. Auch dadurch wird das oben beschriebene Totvolumen geringgehalten.

**[0054]** Das über die Gaseingangsleitung oberhalb der Flüssigkeit eintretende Spülgas trifft auf das Bodenelement des zweiten Kolbenspeicherelements, welches in diesem Fall gleichzeitig auch ein Deckelement der Speicherkammer darstellt. Dadurch wird zum einen das zweite Kolbenspeicherelement ausgelenkt. Gleichzeitig wird das Gas am Bodenelement umgelenkt. In bevorzugter Ausführung ist deshalb realisiert, dass das Gas bei seiner Einleitung in das zweite Kolbenspeicherelement gegen das Bodenelement des zweiten Kolbenspeicherelements gerichtet und von dort umgelenkt wird, bevor es in die Gasausgangsleitung eintritt und von dort aus dem zweiten Kolbenspeicherelement abgeleitet wird. Tröpfchen und Aerosole im Gasstrom werden abgeschieden, und gleichzeitig wird auch die Strömungsgeschwindigkeit des Gases reduziert. Zusätzliche, vorgelegte Komponenten sind nicht erforderlich. Die Ausgestaltung ist sehr robust und führt zudem auch zu einer Bauraumersparnis.

**[0055]** In einer bevorzugten Ausführungsform weist die Speichervorrichtung zum Abdichten des Spalts gegen Atmosphäre zwischen dem ersten Kolbenspeicherelement und dem zweiten Kolbenspeicherelement eine Dichteinrichtung auf. Dadurch ergibt sich eine Abdichtung der als expandierbarer Kolbenspeicher ausgebildeten Speicherkammer, beziehungsweise des Gasvolumens im Zuge des Purgens, gegenüber der umgebenden Atmosphäre. Auf diese Weise ist die Speicherkammer robust gegenüber Feuchtigkeitseintrag und es ist ein robuster, fehlerfreier Betrieb der Speichervorrichtung gewährleistet. In einer bevorzugten Ausführung ist/wird die Dichteinrichtung durch in das erste Kolbenspeicherelement eingefüllte Flüssigkeit gebildet. Die Flüssigkeit in dem ersten Kolbenspeicherelement, und insbesondere im Spalt zwischen erstem und zweitem Kolbenspeicherelement, dichtet das durch Auslenkung des zweiten Kolbenspeicherelements entstehende Puffervolumen zur Umgebung, beispielsweise einen Systemschrank, ab. Diese Flüssigkeitsabdichtung ist bevorzugt in besonderer Weise ausbalanciert, beispielsweise, indem die weiter oben beschriebenen Volumenverhältnisse an Flüssigkeit

zwischen dem Innenvolumen des zweiten Kolbenspeicherelements und des Spaltvolumens zwischen erstem und zweitem Kolbenspeicherelement bereitgestellt sind.

**[0056]** Alternativ oder zusätzlich weist die Speichereinrichtung bevorzugt einen Überdruckschutz auf, der vorzugsweise durch den Spalt zwischen dem ersten Kolbenspeicherelement und dem zweiten Kolbenspeicherelement gebildet ist. Dieser Überdruckschutz wird anhand eines Beispiels exemplarisch verdeutlicht. Beispielsweise strömt eine Menge an Spülgas durch die Gaseingangsleitung, beispielsweise durch Öffnung eines Ventils, etwa für 300ms, in das zweite Kolbenspeicherelement ein. Im ordnungsgemäßen Betrieb erfolgt eine "normale" Auslenkung, insbesondere des zweiten Kolbenspeicherelements, die beispielsweise mit einem Sensorelement erfasst wird. Am Ende des Einstromvorgangs wird das Ventil geschlossen. Der Druck reduziert sich im ordnungsgemäßen Betrieb langsam über die Gasausgangsleitung. Der Überdruckschutz ist eine Art selbsttätig wirkender Sicherheitsmechanismus, etwa wenn das Ventil nicht oder nicht richtig schließt und das zweite Kolbenspeicherelement seine maximale Auslenkung erreicht hat, oder wenn sich das zweite Kolbenspeicherelement verkantet. In diesen Fällen erhöht sich der Gasdruck im zweiten Kolbenspeicherelement. Dadurch wird die Wassersäule nach unten verdrängt. Dabei steigt die Wassersäule im Spalt zwischen erstem und zweitem Kolbenspeicherelement natürlich gleichzeitig an. Wasser und darin befindliches Gas "blubbern" somit über das offene Ende des Spalts nach außen. Ein Bersten der Speicherkammer wird dadurch verhindert.

**[0057]** Alternativ oder zusätzlich weist das erste Kolbenspeicherelement bevorzugt in einer Seitenwandung, unterhalb des Endes der Gaseingangsleitung und der Gasausgangsleitung, einen Schutzauslauf auf. Dieser Schutzauslauf schützt die Gaseingangsleitung und die Gasausgangsleitung in einem Fehlerfall vor dem Volllaufen mit Flüssigkeit. Der Schutzauslauf liegt von seiner Höhe her vorzugsweise zwischen dem definierten Flüssigkeitslevel an Flüssigkeit und den Enden der Gaseingangsleitung und der Gasausgangsleitung.

**[0058]** Um den ordnungsgemäßen Betrieb der Speichervorrichtung überwachen zu können, sind bevorzugt eine Reihe von Sensorelementen bereitgestellt, die nachfolgend näher beschrieben werden. Je nach Bedarf können die Sensorelemente, zumindest einzelne Sensorelemente, über geeignete Schnittstellen mit der Steuereinrichtung verbunden sein.

**[0059]** Vorzugsweise weist die Speichervorrichtung wenigstens ein Sensorelement zur Bestimmung des Drucks in der Gasausgangsleitung auf. Darüber lässt sich insbesondere der Innendruck in der Speicherkammer, insbesondere im zweiten Kolbenspeicherelement, bestimmen. Die Abgabe des Gases aus der Speicherkammer erfolgt vorzugsweise ohne Ventil oder Steuerung und ist beispielsweise durch eine Blende oder eine andere Dosiereinrichtung oder ein Drosselement zur

Systemluft gedrosselt. Zwischen Puffervolumen und Blende befindet sich vorzugsweise eine Druckmessstelle in Form des genannten Sensorelements, die den Innendruck der Speicherkammer ausreichend genau repräsentiert.

**[0060]** Vorzugsweise weist die Speichervorrichtung wenigstens ein Sensorelement zur Lagebestimmung des zweiten Kolbenspeicherelements auf. Das Sensorelement ist vorzugsweise ein kontaktloses und/oder kapazitives Sensorelement. Über dieses Sensorelement lässt sich die Höhe beziehungsweise die Auslenkung des zweiten Kolbenspeicherelements bestimmen und feststellen. Insbesondere lässt sich auch die Nennhöhe bestimmen, bis zu der das zweite Kolbenspeicherelement durch Einspeichern von Spülgas ausgelenkt werden darf, beziehungsweise, ob das zweite Kolbenspeicherelement diese Nennhöhe erreicht hat.

**[0061]** Vorzugsweise weist die Speichervorrichtung wenigstens ein Sensorelement zur Messung der Flüssigkeitshöhe im ersten Kolbenspeicherelement auf. Beispielsweise kann zusätzlich auch ein weiteres Sensorelement bereitgestellt werden, welches die Flüssigkeitshöhe im Spalt zwischen erstem und zweitem Kolbenspeicherelement misst. Bei dem/den Sensorelement(en) handelt es sich vorzugsweise um einen kontaktlosen und/oder kapazitiven Sensor. Mit dem Sensorelement wird insbesondere bestimmt, ob sich die Flüssigkeit im Bereich des definierten Flüssigkeitslevels befindet. Liegt der erfasste Flüssigkeitsspiegel darüber oder darunter, kann in geeigneter Weise der Flüssigkeitszulauf oder der Flüssigkeitsablauf aktiviert werden.

**[0062]** Wie oben schon beschrieben wurde, ist erfindungsgemäß realisiert, dass das erste Kolbenspeicherelement axial gegen das zweite Kolbenspeicherelement beweglich ist. In einer bevorzugten Ausgestaltung ist das erste Kolbenspeicherelement fest, das heißt unbeweglich, während das zweite Kolbenspeicherelement beweglich, das heißt auslenkbar ist. In einer bevorzugten Ausführung weist die Speichervorrichtung für die axiale Beweglichkeit des ersten Kolbenspeicherelements gegen das zweite Kolbenspeicherelement eine Führungseinrichtung, insbesondere eine Linearführungseinrichtung, für das zweite Kolbenspeicherelement auf. Eine derartige Führungseinrichtung ist insbesondere freigängig, robust und führt zu keinen Eingriffen in das Gesamtsystem. Insbesondere bei einer Linearführung sind keine Festlager erforderlich. Das führt zu kleinstmöglichen Querkraften und verhindert die Verwendung von flexiblen Materialien. Dadurch wird die Lebensdauer der Speichervorrichtung erhöht.

**[0063]** Mittels der Führungseinrichtung gleitet das zweite Kolbenspeicherelement bei Aufnahme von Purgas, vorzugsweise linear, nach oben und löst vorzugsweise bei definierter Auslenkung ein Sensorelement zur Lagebestimmung aus. Das zweite Kolbenspeicherelement wird vorzugsweise durch wenigstens ein, vorzugsweise zwei Gleitlager auf einer Führungsstange geführt. Bei dem Gleitlager handelt es sich insbesondere

um ein zylindrisches Gleitlager. Das Gleitlager ist insbesondere in Form einer selbstschmierenden Kunststoffbuchse ausgebildet. Das Gleitlager ist vorzugsweise Reinstwasser-beständig, zyklentfest und für die anliegende Belastung geeignet. Die Führungsstange ist vorzugsweise von einem Hohlprofilelement umgeben, beispielsweise einem Rohr, insbesondere einem Edelstahlrohr, welches die eigentliche Führung des zweiten Kolbenspeicherelements darstellt, und an dessen Enden sich jeweils ein Gleitlager befindet. Die Führungsstange verläuft durch das Hohlprofilelement, welches in Verbindung zu dem zweiten Kolbenspeicherelement steht. Das Hohlprofilelement gleitet entlang der Führungsstange, wodurch das zweite Kolbenspeicherelement bewegt, insbesondere ausgelenkt wird. Die Führungsstange ist bevorzugt in dem ersten Kolbenspeicherelement gelagert/befestigt. Die Führungsstange sollte das erste Kolbenspeicherelement nicht durchstoßen, um potenzielle Leckagestellen zu vermeiden.

**[0064]** Vorzugsweise weist die Speichervorrichtung eine Rahmeneinrichtung auf, welche insbesondere an dem ersten Kolbenspeicherelement angeordnet oder ausgebildet ist. Die Rahmeneinrichtung dient insbesondere zur Stützung und Lagerung der Kolbenspeicherelemente und der Führungsstange der Führungseinrichtung. Über die Rahmeneinrichtung kann die Speichereinrichtung auch an anderen Komponenten eines Energiesystems, beispielsweise in einem Systemschrank, montiert werden. Vorzugsweise ist die Führungseinrichtung, insbesondere die Führungsstange der Führungseinrichtung, Bestandteil der Rahmeneinrichtung.

**[0065]** In bevorzugter Ausgestaltung weist das zweite Kolbenspeicherelement eines oder mehrere Stabilisierungselement(e) auf, das/die beispielsweise als Stabilisierungsrippe(n) ausgebildet ist/sind. Das wenigstens eine Stabilisierungselement ist bevorzugt auf der Außenseite des Bodenelements des zweiten Kolbenspeicherelements angeordnet oder ausgebildet und ist bevorzugt mit einem Ende an dem Hohlprofilelement der Führungseinrichtung angeordnet oder mit dieser verbunden. Das wenigstens eine Stabilisierungselement dient insbesondere dazu, die Kontur des zweiten Kolbenspeicherelements zu sichern, damit sich dieses nicht verformt oder verkantet. Dadurch wird sichergestellt, dass das zweite Kolbenspeicherelement bei seiner Auslenkbewegung immer problemlos geführt ist. Zudem wird verhindert, dass sich das zweite Kolbenspeicherelement, insbesondere dessen Bodenelement verformt, wenn der Gasdruck im Innern der Speicherkammer zu groß wird.

**[0066]** In weiterer Ausgestaltung weist das zweite Kolbenspeicherelement wenigstens eine Aktivierungseinrichtung zum Aktivieren beziehungsweise Auslösen eines wie weiter oben beschriebenen Sensorelements zur Lagebestimmung des zweiten Kolbenspeicherelements auf. Die Aktivierungseinrichtung ist beispielsweise in Form eines Aktivierungsrings ausgebildet, der außen an dem zweiten Kolbenspeicherelement angeordnet oder ausgebildet ist.

**[0067]** In weiterer Ausgestaltung weist die Speichervorrichtung eine Befestigungseinrichtung auf, mittels derer die Speichervorrichtung, insbesondere deren Speicherkammer, an einer Komponente eines Energiesystems, beispielsweise an/in einem Systemschrank, befestigt werden kann. Die Befestigungseinrichtung weist bevorzugt eine Reihe von unterschiedlichen Elementen auf. Beispielsweise kann die Befestigungseinrichtung wenigstens einen Stift zur Lagefixierung aufweisen. Dieser ragt bevorzugt vom Bodenelement des ersten Kolbenspeicherelements außen nach unten ab. Der Stift wirkt mit einer korrespondierenden Aufnahmeöffnung zusammen, in welche der Stift eingesteckt wird. Auf diese Weise wird die Speichervorrichtung bei deren Befestigung in die gewünschte/erforderliche Position gebracht. Weiterhin weist die Befestigungseinrichtung bevorzugt wenigstens ein Befestigungselement auf, mittels dessen die Speichervorrichtung, insbesondere die Speicherkammer an einer externen Komponente, beispielsweise an/in einem Systemschrank, vorzugsweise lösbar, angeordnet wird. Bei dem Befestigungselement handelt es sich vorzugsweise um einen Befestigungswinkel, der beispielsweise aus Blech hergestellt ist. Die vorstehend beschriebene Aufnahmeöffnung für den Stift kann insbesondere in dem Befestigungselement ausgebildet sein. Über eine Befestigungsschelle oder ein Befestigungsband kann die Speichervorrichtung, insbesondere die Speicherkammer, vorzugsweise lösbar an dem wenigstens einen Befestigungselement befestigt werden. Durch die Befestigungseinrichtung wird es auf einfache Weise möglich, die Speichervorrichtung, insbesondere die Speicherkammer, zu befestigen und bei Bedarf auch wieder abzubauen, beispielsweise wenn ein Austausch erforderlich wird.

**[0068]** Gemäß dem zweiten Aspekt der Erfindung wird ein Energiesystem, insbesondere ein Gebäudeenergiesystem, bereitgestellt, welches die Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs 11 aufweist. Das Energiesystem, welches insbesondere als ein Gebäudeenergiesystem ausgebildet ist, weist eine Elektrolyseeinrichtung, ein Brennstoffzellensystem, optional eine Hochdruckspeichereinrichtung oder eine andere geeignete Speichereinrichtung für Wasserstoff, insbesondere einen Mitteldruckspeicher oder einen Metallhydridspeicher, sowie eine Verbindungsleitungseinrichtung auf, über die die Elektrolyseeinrichtung, das Brennstoffzellensystem sowie optional die Speichereinrichtung miteinander verbunden sind.

**[0069]** Das Energiesystem ist erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, dass es wenigstens eine Speichervorrichtung zum Aufnehmen und/oder Zwischenspeichern von Gas, insbesondere von während eines Purgvorgangs ausgetragenen Purgegas, gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung aufweist. Zur Vermeidung von Wiederholungen wird an dieser Stelle deshalb vollinhaltlich auf die Ausführungen zur Speichervorrichtung gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung sowie auch auf die allgemeine Beschreibung zum Energiesystem weiter

oben Bezug genommen und verwiesen.

**[0070]** Vorzugsweise ist die Speichervorrichtung in einem ersten Untersystem des Energiesystems angeordnet. Insbesondere ist die Speichervorrichtung in einem, insbesondere belüfteten, vorzugsweise stationären, Systemschrank des Energiesystems angeordnet. Die in einem Systemschrank angeordnete Speichervorrichtung ist somit vor Witterungseinflüssen, beispielsweise vor Regen, Frost, UV-Strahlung, und dergleichen, geschützt. Der Systemschrank wird im Betrieb vorzugsweise von einem stetigen Luftvolumenstrom durchströmt, beispielsweise bei Temperaturen zwischen 5°C und maximal 70°C. Das in der Speichervorrichtung zwischengespeicherte Spülgas wird bevorzugt in kontrollierter Weise in diesen Luftvolumenstrom eingebracht, so dass keine unerwünschten, schädlichen Zündquellen entstehen können.

**[0071]** Gemäß dem dritten Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren bereitgestellt, welches die Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs 13 aufweist. Das Verfahren dient zum Aufnehmen und/oder Zwischenspeichern von Gas, insbesondere von während eines Purgvorgangs ausgetragenen Purgegas. Vorzugsweise wird das Verfahren mittels einer Speichervorrichtung gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung und/der in einem Energiesystem gemäß dem zweiten Aspekt der Erfindung ausgeführt. Zu Vermeidung von Wiederholungen wird an dieser Stelle, insbesondere hinsichtlich der Funktionsweise des Verfahrens, vollinhaltlich auch auf die allgemeine Beschreibung zum Energiesystem weiter oben sowie auf die Ausführungen zur Speichervorrichtung gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung sowie auf die Ausführungen zum Energiesystem gemäß dem zweiten Aspekt der Erfindung Bezug genommen und verwiesen.

**[0072]** Das erfindungsgemäße Verfahren läuft in einer expandierbaren Speicherkammer, welche als Kolbenspeicher ausgebildet ist, einer Speichervorrichtung ab. Die Speicherkammer weist ein als Flüssigkeitskammer ausgebildetes erstes Kolbenspeicherelement, in welches bis zu einem definierten Flüssigkeitslevel Flüssigkeit eingefüllt ist, und ein als Hubkolbenelement ausgebildetes zweites Kolbenspeicherelement auf, wobei die Kolbenspeicherelemente, insbesondere konzentrisch, gegensinnig ausgerichtet ineinander gestülpt sind, wobei die Kolbenspeicherelemente gegeneinander axial beweglich sind, und wobei das erste Kolbenspeicherelement in Bezug auf das zweite Kolbenspeicherelement außenliegend ist und zwischen einer Außenfläche des zweiten Kolbenspeicherelements und einer Innenfläche (82) des ersten Kolbenspeicherelements ein, insbesondere umlaufender, Spalt ausgebildet ist.

**[0073]** Erfindungsgemäß ist das Verfahren durch folgende Schritte gekennzeichnet:

- a) Über eine Gaseingangsleitung, die im zweiten Kolbenspeicherelement endet, wird Gas oberhalb des definierten Flüssigkeitslevels für die Flüssigkeit in das zweite Kolbenspeicherelement eingeleitet.

Der Betrieb der Brennstoffzelleneinrichtung und der Elektrolyseeinrichtung erfordert ein zyklisches Spülen beziehungsweise Bereinigen der reaktiven Oberflächen von unter anderem Stickstoff und Wasser, beispielsweise durch einen Druckstoß. Vorzugsweise wird dazu ein jeweiliges Purgeventil gegen Atmosphäre kurz geöffnet. Die entstehende Druckdifferenz über das Purgeventil erzeugt einen Volumenstrom, der reaktionshemmende Stoffe austrägt und in die, vorzugsweise von der Brennstoffzelleneinrichtung und der Elektrolyseeinrichtung dual genutzte expandierbare Speicherkammer befördert. Durch den sich aufbauenden Gasdruck, insbesondere durch diesen allein, wird das erste Kolbenspeicherelement axial gegen das zweite Kolbenspeicherelement verschoben. Beispielsweise wird das zweite Kolbenspeicherelement, vorzugsweise mittels einer Führungseinrichtung, ausgelenkt, vorzugsweise bis zu einer definierten Nennhöhe beziehungsweise Nennauslenkung. Diese Auslenkung wird insbesondere durch den sich im zweiten Kolbenspeicherelement aufbauenden Überdruck, das heißt einen Druck oberhalb des Atmosphärendrucks, getrieben.

**[0074]** Vorzugsweise wird das Gas pro Speicherzyklus für eine definierte Zeitspanne, beispielsweise für einen Zeitraum von weniger als einer Sekunde, beispielsweise für 300ms, und/oder bis zu einer definierten Nennhöhe des zweiten Kolbenspeicherelements in das zweite Kolbenspeicherelement eingeleitet. Die Nennhöhe kann beispielsweise einen bestimmten Prozentsatz des maximalen Volumens des zweiten Kolbenelements betragen, beispielsweise eine volumetrische Ausdehnung von größer 50%, beispielsweise 60%. Die Einleitung des Gases über eine bestimmte Zeitspanne erfolgt beispielsweise über eine entsprechende Stellung einer Ventileinrichtung in der Gaseingangsleitung. Die Steuerung der Ventileinrichtung erfolgt vorzugsweise mittels der Steuereinrichtung. Ebenso kann ein Sensorelement zur Lagebestimmung des zweiten Kolbenspeicherelementes die ermittelten Werte über eine Schnittstelle an die Steuereinrichtung weiterleiten. In einer Ausführung erfolgt die Steuerung des Gaseinleitung allein aufgrund der definierten Zeitspanne über eine entsprechende Stellung der Ventileinrichtung. In einer anderen Ausführungsform erfolgt die Steuerung der Gaseinleitung allein aufgrund der ermittelten Lagebestimmung, das heißt Auslenkung, der zweiten Kolbenspeicherelements. In einer dritten Ausführungsform erfolgt die Steuerung der Gaseinleitung aufgrund einer Kombination der beiden zuvor beschriebenen Ausführungsformen. Dadurch lassen sich auch mögliche Fehler detektieren und das Ventil bei Bedarf geschlossen werden. In der Steuereinrichtung kann die Dauer der Zeitspanne hinterlegt sein, wie lange Gas in das zweite Kolbenspeicherelement der Speichervorrichtung eingeleitet wird. Zu Beginn wird die Ventileinrichtung mittels der Steuereinrichtung geöffnet und bei Erreichen der Zeitspanne wieder geschlossen. Alternativ oder zu-

sätzlich werden die von der Sensoreinrichtung erfassten Lagewerte des zweiten Kolbenspeicherelements an die Steuereinrichtung übertragen und dort ausgewertet. Ist ein vorgegebener Lagewert erreicht, wird das Ventil für die Gaseinleitung wieder geschlossen. Die Steuereinrichtung erzeugt geeignete Kommandos, die an die Ventileinrichtung übertragen werden, und aufgrund derer die Ventileinrichtung geöffnet und wieder geschlossen wird. b) Nach Beendigung der Einleitung des Gases, beispielsweise nach Schließung des Purgeventils, stoppt die Auslenkung, und das im zweiten Kolbenspeicherelement befindliche Gas wird über die Gasausgangsleitung, die oberhalb des Flüssigkeitslevels für die Flüssigkeit im zweiten Kolbenspeicherelement endet, vorzugsweise allein mittels der Gewichtskraft des zweiten Kolbenspeicherelements, aus dem zweiten Kolbenspeicherelement ausgeleitet. Das bedeutet, die Gewichtskraft des zweiten Kolbenspeicherelements drückt das Purgegas, vorzugsweise durch eine definierte Blende, nach außen, beispielsweise in einen Systemluftstrom.

**[0075]** Vorzugsweise wird das Gas bei seiner Einleitung in das zweite Kolbenspeicherelement mit den im Rahmen des ersten Erfindungsaspekts beschriebenen Effekten gegen ein Bodenelement des zweiten Kolbenspeicherelements gerichtet und von dort umgelenkt, bevor es in die Gasausgangsleitung eintritt und von dort aus dem zweiten Kolbenspeicherelement abgeleitet wird.

**[0076]** Vorzugsweise wird der Gasstrom aus der Gasausgangsleitung mittels einer Dosiereinrichtung oder einem Drosselement oder einer Blende eingestellt, und/oder der Gasstrom wird aus der Gasausgangsleitung mittels eines Filterelements gefiltert, was im Zusammenhang mit dem ersten Erfindungsaspekt ausführlich beschrieben ist. Das aus der Speichervorrichtung getragene, oftmals noch feuchte, Purgegas wird auf diese Weise nicht ungedrosselt und damit mit einem gegenüber dem in das Kolbenspeicherelement einströmenden Gasvolumenstrom deutlich reduziertem den Kolbenspeicher verlassenden Gasvolumenstrom nach außen, beispielsweise in den Systemschrank, gegeben, weshalb sich keine explosionsfähige Zone bilden kann.

**[0077]** Um den ordnungsgemäßen Betrieb der Speichervorrichtung überwachen zu können, sind bevorzugt eine Reihe von Sensorelementen bereitgestellt, deren Aufbau und Funktionsweise im Zusammenhang mit dem ersten Erfindungsaspekt erläutert ist. Die Sensorelemente verfügen vorzugsweise über geeignete Schnittstellen, mittels derer die Messwerte an eine Sauersteinrichtung, beispielsweise eine Sicherheits-Steuereinrichtung übertragen werden.

**[0078]** Die Erfindung wird nun anhand von verschiedenen Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen

Figur 1

in schematischer Ansicht ein erfindungsgemäßes Energiesystem mit einer erfindungsgemäßen Spei-

- Figur 2 chervorrichtung;  
den grundlegenden Aufbau eines ersten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Speichervorrichtung;
- Figuren 3 bis 8 verschiedene Betriebszustände einer Speichervorrichtung, insbesondere gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel;
- Figuren 9 und 10 den grundlegenden Aufbau sowie verschiedene Betriebszustände eines zweiten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Speichervorrichtung.

**[0079]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Speichervorrichtung zum Aufnehmen und/oder Zwischenspeichern von Gas, insbesondere von während eines Purgvorgangs ausgetragenen Purggas, wobei die Speichervorrichtung in einem Energiesystem eingesetzt wird. Bei dem Energiesystem handelt es sich insbesondere um eine Gebäudeenergiesystem.

**[0080]** In Figur 1 wird zunächst der grundsätzliche Aufbau des Energiesystems 10 beschrieben.

**[0081]** Wie aus Figur 1 ersichtlich ist, weist das Energiesystem 10 zunächst ein erstes Untersystem 11 auf, welches als Innensystem ausgebildet ist. Das bedeutet, dass sich das erste Untersystem 11 innerhalb des Gebäudes befindet. Die einzelnen Komponenten des ersten Untersystems 11 sind im gezeigten Beispiel in einem Systemschrank 12 untergebracht. Zusätzlich weist das Energiesystem 10 ein zweites Untersystem 13 in Form eines Außensystems auf. Das bedeutet, dass sich das zweite Untersystem 13 außerhalb des Gebäudes befindet.

**[0082]** Das erste Untersystem 11 weist eine Elektrolyseeinrichtung 14 zur Herstellung von Wasserstoff auf. Zudem weist das erste Untersystem 11 eine Brennstoffzelleneinrichtung 15 auf. Das zweite Untersystem 13 verfügt zudem über eine Hochdruckspeichereinrichtung 21. In der Hochdruckspeichereinrichtung 21 wird der in der Elektrolyseeinrichtung 14 erzeugte Wasserstoff bei bis zu 700 bar gespeichert. Zusätzlich verfügt das zweite Untersystem 13 über eine Mitteldruckspeichereinrichtung 22, in der der erzeugte Wasserstoff bei Drücken zwischen 20 und 60 bar zwischengespeichert wird, bevor er von dort endgültig in der Hochdruckspeichereinrichtung 21 gespeichert wird.

**[0083]** Die einzelnen Komponenten des Energiesystems 10 sind über eine Verbindungsleitungseinrichtung 16 miteinander verbunden, die aus einer Anzahl unterschiedlicher Leitungsabschnitte besteht. Einzelne Leitungsabschnitte sind dabei als so genannte bidirektionale Leitungsabschnitte ausgebildet.

**[0084]** Der in der Elektrolyseeinrichtung 14 hergestellte Wasserstoff verlässt die Elektrolyseeinrichtung 14 über einen Leitungsabschnitt der Verbindungsleitungseinrichtung 16, in dem sich in Strömungsrichtung des

erzeugten Wasserstoffs beispielsweise eine Rückschlagventileinrichtung 17 sowie nachfolgend eine Filtereinrichtung 18 und eine Trockneinrichtung 19 befinden, in denen der erzeugte Wasserstoff gefiltert und getrocknet wird. Die Filtereinrichtung 18 und die Trockneinrichtung 19 können sich alternativ auch im zweiten Untersystem 13 befinden.

**[0085]** Von der Trockneinrichtung 19 strömt der erzeugte Wasserstoff über weitere Leitungsabschnitte der Verbindungsleitungseinrichtung 16 zu einer weiteren Rückschlagventileinrichtung 25 in dem zweiten Untersystem 13. Von dort gelangt der erzeugte Wasserstoff in die Mitteldruckspeichereinrichtung 22, welche über eine Ventileinrichtung 23, die insbesondere als Sperrventil, beispielsweise in Form eines Magnetventils, ausgebildet ist, an der Verbindungsleitungseinrichtung 17 angebunden ist. Vor der Hochdruckspeichereinrichtung 21 befindet sich in der Verbindungsleitungseinrichtung 16 eine Kompressoreinrichtung 24, insbesondere in Form eines Kolbenkompressors. Der in der Mitteldruckspeichereinrichtung 22 zwischengespeicherte Wasserstoff wird unter Betätigung der Kompressoreinrichtung 24 in die Hochdruckspeichereinrichtung 22 eingespeichert.

**[0086]** Dieser Herstellungsvorgang des Wasserstoffs bis hin zu dessen Einspeicherung in die Hochdruckspeichereinrichtung 21 stellt eine erste Betriebsweise des Energiesystems 10 dar. Bei dieser ersten Betriebsweise des Energiesystems 10 herrscht in der Verbindungsleitungseinrichtung 16 ein Druck von 20 bis 60 bar. Ein solcher Druck herrscht auch in der Mitteldruckspeichereinrichtung 22. Über die Kompressoreinrichtung 24 wird der aus der Mitteldruckspeichereinrichtung 22, bei der es sich um einen Zwischenspeicher handelt, entnommene Wasserstoff so weit komprimiert, dass er mit Drücken von bis zu 700 bar in die Hochdruckspeichereinrichtung 21 eingespeichert werden kann.

**[0087]** Der in der Hochdruckspeichereinrichtung 21 gespeicherte Wasserstoff wird für den Betrieb der Brennstoffzelleneinrichtung 15 verwendet. Der Betrieb der Brennstoffzelleneinrichtung 15 erfolgt in der zweiten Betriebsweise des Energiesystems 10. Die Brennstoffzelleneinrichtung 15 kann aber nur bei Drücken kleiner 20 bar arbeiten. In der zweiten Betriebsweise des Energiesystems 10 wird der Wasserstoff aus der Hochdruckspeichereinrichtung 21 entnommen, über eine Entspannungseinrichtung 26 in Form eines Druckminderers entspannt, bevor er in die Brennstoffzelleneinrichtung 15 eintritt. Zur Messung des Drucks ist wenigstens eine Druckmессeinrichtung 20, beispielsweise in Form eines Drucksensors vorgesehen.

**[0088]** Das in Figur 1 dargestellte Energiesystem 10 stellt einen Teilbereich eines Gesamt-Gebäudeenergiesystems dar, bei dem es sich um ein elektrisch autarkes und vollständig auf erneuerbaren Energien beruhendes multihybrides Gebäudeenergiespeichersystem handelt.

**[0089]** Das multihybride Gebäudeenergiespeichersystem ermöglicht es, die von einer Photovoltaik (PV)-Anlage, einer Kleinwindkraftanlage oder derglei-

chen erzeugte elektrische Energie bedarfsgesteuert auf das gesamte Jahr zu verteilen. Dabei agiert das System als Inselssystem unabhängig vom elektrischen Netz. Vielmehr soll die Anlage die elektrische Autarkie des Gebäudes gewährleisten, sodass über das ganze Jahr hinweg keine elektrische Energie aus dem Stromnetz bezogen werden muss.

**[0090]** Die primäre Aufgabe des Gebäudeenergiesystems ist es, die gewonnene elektrische Energie aus Photovoltaik (PV)-Modulen oder dergleichen dem Verbraucher im Gebäude verfügbar zu machen. Sekundär können bei Zeiten niedriger Last oder hoher Einstrahlung elektrische Energieüberschüsse in einem Batterie-Kurzzeit-Speicher zwischengespeichert werden. Tertiär kann im Wasserstoff-Langzeit-Speicher die elektrische Energie als gasförmiger Wasserstoff für Zeiten niedriger Einstrahlung wie Nacht, Winter oder dergleichen mittel- bis langfristig gespeichert und mittels Brennstoffzelle wieder jederzeit bedarfsgerecht zur Verfügung gestellt werden.

**[0091]** Neben energetischen Aufgaben fungiert das System auch als kontrollierte Wohnraumlüftung durch ein verbautes Lüftungsgerät.

**[0092]** Der in der Elektrolyseeinrichtung produzierte Wasserstoff fließt über die Wasserstoffleitung in die außen aufgestellte Druckspeicheranlage.

**[0093]** Bei fehlender oder nicht ausreichender PV-Energie wird Energie aus der Batterie zur Deckung der Verbraucherlast entnommen. Reicht die im Kurzzeitspeicher vorrätige Energie nicht aus, kann die Brennstoffzeleinrichtung den zusätzlichen elektrischen Energiebedarf decken. Im Brennstoffzellenbetrieb fließt der Wasserstoff über die Wasserstoffleitung aus der Druckspeicheranlage zur Brennstoffzeleinrichtung.

**[0094]** Ein zeitgleicher Betrieb von Brennstoffzeleinrichtung und Elektrolyseeinrichtung ist im Regelbetrieb ausgeschlossen, da dies energetisch unsinnig wäre. Nicht auszuschließen ist aber ein zeitgleicher Betrieb für sehr kurze Zeit und für definierte Zwecke einer Systemkonditionierung. Das gesamte System wird zentral über einen Energy Manager mit einem prädiktiven Energiemanagement betrieben.

**[0095]** Das zweite Untersystem ist prinzipiell für den Betrieb im Außenbereich vorgesehen, kann aber unter bestimmten Bedingungen auch innerhalb eines speziellen Bereichs des Hauses errichtet und betrieben werden.

**[0096]** Während des Betriebs des Energiesystems ist es erforderlich, dass die Elektrolyseeinrichtung 14 sowie die Brennstoffzeleinrichtung 15 regelmäßig gespült werden, wobei die Brennstoffzeleinrichtung 15 insbesondere auf der Anodenseite und die Elektrolyseeinrichtung 14 insbesondere auf der Kathodenseite gespült werden. Ein Spülen ist insbesondere erforderlich, um unerwünschte Fremdgasanteile, sowie sich lokal in den Zellstrukturen ansammelndes flüssiges Wasser, die die Leistungsfähigkeit und die Lebensdauer der Brennstoffzeleinrichtung 15 und/oder der Elektrolyseeinrichtung 14 negativ beeinflussen können, in regelmäßigen Abständen oder abhängig von den Betriebszustän-

den abzuführen.

**[0097]** Das Spülen erfolgt unter Zuhilfenahme eines Spülsystems. Das während des Spülprozesses ausgetragene feuchte Spülgas, welches auch als Purgegas bezeichnet wird, darf nicht ohne Weiteres, insbesondere nicht ungedrosselt, nach außen, beispielsweise in den Systemschrank 12 abgegeben werden, da sich ansonsten eine explosionsfähige Zone bilden kann. Um eine kontrollierte Abgabe zu ermöglichen, wird das ausgetragene Spülgas in einer Speichervorrichtung 40 aufgefangen. Dazu ist die Speichervorrichtung 40, bei der es sich um eine expandierbare Speichervorrichtung 40 mit einer expandierbaren Speicherkammer 41 in Form eines Kolbenspeichers handelt, über einen ersten Leitungsabschnitt 27 mit der Elektrolyseeinrichtung 14, und über einen zweiten Leitungsabschnitt 28 mit der Brennstoffzeleinrichtung 15 verbunden. Dadurch kann die Speichervorrichtung 40 wahlweise zur Zwischenspeicherung von Spülgas aus der Elektrolyseeinrichtung 14 und der Brennstoffzeleinrichtung 15 verwendet werden. Aus der Speichervorrichtung 40 kann das zwischengespeicherte Spülgas dann kontrolliert in den Systemluftstrom 29, beispielsweise in den Systemschrank 12 oder nach außerhalb gegeben werden.

**[0098]** Anhand der Figuren 2 bis 10 werden nun verschiedene Ausführungsbeispiele beschrieben, wie eine erfindungsgemäße Speichervorrichtung 40 ausgestaltet sein kann.

**[0099]** Die Figuren 2 bis 8 betreffen ein erstes Ausführungsbeispiel der Speichervorrichtung 40, während die Figuren 9 und 10 ein zweites Ausführungsbeispiel der Speichervorrichtung 40 betreffen.

**[0100]** Im Zusammenhang mit Figur 2 wird zunächst der allgemeine Aufbau der Speichervorrichtung 40 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel beschrieben. Die Figuren 3 bis 5 zeigen einen ersten Betriebszustand der Speichervorrichtung 40, bei dem es sich um einen Ruhezustand handelt, in dem die Speichervorrichtung 40 nicht expandiert ist. Die Figuren 6 bis 8 zeigen einen zweiten, operativen Betriebszustand der Speichervorrichtung 40, in dem die Speichervorrichtung 40 expandiert ist.

**[0101]** Gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel weist die Speichervorrichtung 40 eine als Kolbenspeicher ausgebildete expandierbare Speicherkammer 41 auf. Die Speicherkammer 41 verfügt zunächst über ein zylindrisches beziehungsweise topfförmiges erstes Kolbenspeicherelement 42, bestehend aus einem Bodenelement 43 und einer von diesem abragenden Seitenwandung 44. Bodenelement 43 und Seitenwandung 44 begrenzen ein Aufnahmevolumen 45, in dem bis zu einem definierten Flüssigkeitslevel 47 Flüssigkeit 46 in Form von Wasser eingefüllt ist. Über einen Flüssigkeitszu-/-ablauf/Flüssigkeitsablauf 63, der im gezeigten Beispiel bidirektional genutzt wird, kann bei Bedarf Flüssigkeit 46 in das erste Kolbenspeicherelement 42 eingelassen oder aus diesem abgelassen werden. Die Füllstandshöhe an Flüssigkeit 46 im ersten Kolbenspeicherelement 42 wird

über ein Sensorelement 61 zur Messung der Füllstandshöhe gemessen.

**[0102]** Weiterhin weist die Speicherkammer 41 ein zweites Kolbenspeicherelement 48 in Form eines Hubkolbens auf, welches ebenfalls ein Bodenelement 49 und eine Seitenwandung 50 aufweist. Auch das zweite Kolbenspeicherelement 48 ist zylinderförmig beziehungsweise topfförmig ausgebildet. Sowohl das erste Kolbenspeicherelement 42 als auch das zweite Kolbenspeicherelement 48 sind an ihren freien Enden der Seitenwandungen 45, 50, die den jeweiligen Bodenelementen 43, 49 gegenüberliegen, offen, wobei diese Öffnungen einander zugewandt sind. Die beiden Kolbenspeicherelemente 42, 48 sind monolithisch ausgebildet und konzentrisch und rotationssymmetrisch gegenseitig ausgerichtet ineinander gestülpt sowie gegeneinander axial beweglich.

**[0103]** In dem ersten Ausführungsbeispiel ist das zweite Kolbenspeicherelement 48 in seiner Höhengenausrichtung stufenförmig ausgebildet und besteht aus einem ersten, unteren Teilbereich 51 sowie einem zweiten sich daran anschließenden oberen Teilbereich 52, wobei der erste Teilbereich 51 von seiner Querschnittsfläche her größer ist als der zweite Teilbereich 52. Das Bodenelement 49 hat einen entsprechenden, ebenfalls stufenförmigen Verlauf. Zwischen einer Außenfläche 81 des zweiten Kolbenspeicherelements 48 und einer Innenfläche 82 des ersten Kolbenspeicherelements 42, was insbesondere in den Figuren 9 und 10 zum zweiten Ausführungsbeispiel dargestellt ist, analog aber auch für das erste Ausführungsbeispiel gilt, befindet sich ein ringförmig umlaufender Spalt 53, der ebenfalls mit Flüssigkeit 46 gefüllt ist.

**[0104]** Über eine Gaseingangsleitung 54, die durch das Bodenelement 43 des ersten Kolbenspeicherelements 42 in das zweite Kolbenspeicherelement 48 geführt ist, wird das zu speichernde Gas in das zweite Kolbenspeicherelement 42 eingeführt und dort gespeichert. Dabei ist vorgesehen, dass das obere Ende 55 der Gaseingangsleitung oberhalb des definierten Flüssigkeitslevels 47, und damit in einem Bereich oberhalb der Flüssigkeit 46, in dem zweiten Kolbenspeicherelement 48 endet. Das obere Ende 55 der Gaseingangsleitung 54 befindet sich dabei in unmittelbarer Nähe zum Bodenelement 49 des zweiten Kolbenspeicherelements 48. In ähnlicher Weise ist auch eine Gasausgangsleitung 56 vorgesehen, über die das gespeicherte Gas aus der Speicherkammer 41, insbesondere aus dem zweiten Kolbenspeicherelement 48, wieder abgeführt werden kann. Auch die Gasausgangsleitung 56 ist durch das Bodenelement 43 des ersten Kolbenspeicherelements 42 in das zweite Kolbenspeicherelement 48 geführt. Auch hier ist vorgesehen, dass das obere Ende 57 der Gasausgangsleitung 56 oberhalb des definierten Flüssigkeitslevels 47, und damit in einem Bereich oberhalb der Flüssigkeit 46, in dem zweiten Kolbenspeicherelement 48 endet. Das obere Ende 57 der Gasausgangsleitung 56 befindet sich dabei in unmittelbarer Nähe zum Boden-

element 49 des zweiten Kolbenspeicherelements 48.

**[0105]** Damit die Speicherkammer 41 gegen die Atmosphäre abgedichtet ist, so dass gespeichertes Gas nicht unkontrolliert aus der Speicherkammer 41 entweichen kann, weist die Speicherkammer 41 eine Dichteinrichtung 58 auf. Diese Dichteinrichtung 58 wird auf konstruktiv einfache Weise durch den Spalt 53, beziehungsweise durch im Spalt 53 befindliche Flüssigkeit 46 gebildet. Je nach Ausgestaltung des Energiesystems sind auch Ausführungsformen für die Speichervorrichtung 40 möglich, in denen auf eine entsprechende Abdichtung verzichtet werden kann. In ähnlicher Weise übernimmt der Spalt 53 auch die Funktion eines Überdruckschutzes 59. Dieser Überdruckschutz und dessen Funktionsweise wird im Zusammenhang mit dem zweiten Ausführungsbeispiel gemäß den Figuren 9 und 10 im Detail beschrieben, ist in analoger Weise aber auch für das hier beschriebene erste Ausführungsbeispiel gültig.

**[0106]** In der Seitenwandung 45 weist das erste Kolbenspeicherelement 42 unterhalb des Endes 55, 57 der Gaseingangsleitung 54 und der Gasausgangsleitung 56 einen Schutzauslauf 60 auf. Dieser Schutzauslauf 60 schützt die Gaseingangsleitung 54 und die Gasausgangsleitung 56 in einem Fehlerfall vor dem Volllaufen mit Flüssigkeit 46. Der Schutzauslauf 60 liegt von seiner Höhe her zwischen dem definierten Flüssigkeitslevel 47 an Flüssigkeit 46 und den Enden 55, 57 der Gaseingangsleitung 54 und der Gasausgangsleitung 56.

**[0107]** Im gezeigten ersten Ausführungsbeispiel ist realisiert, dass das erste Kolbenspeicherelement 42 fest, das heißt unbeweglich, ist, während das zweite Kolbenspeicherelement 48 beweglich, das heißt auslenkbar ist. Für die axiale Beweglichkeit des zweiten Kolbenspeicherelements 48 weist die Speichervorrichtung 40 eine Führungseinrichtung 65 auf, die in Form einer Linearführung ausgebildet ist. Mittels der Führungseinrichtung 65 gleitet das zweite Kolbenspeicherelement 48 bei Aufnahme von Purgegas, vorzugsweise linear, nach oben und löst vorzugsweise bei definierter Auslenkung ein Sensorelement 62 zur Lagebestimmung aus. Das zweite Kolbenspeicherelement 48 wird durch zwei Gleitlager 75 auf einer Führungsstange 76 geführt. Die Führungsstange 76 ist von einem Hohlprofilelement 66 in Form eines Führungsrohrs umgeben, welches die eigentliche Führung des zweiten Kolbenspeicherelements 48 darstellt, und an dessen Enden sich jeweils die Gleitlager 75 befinden. Die Führungsstange 76 verläuft durch das Hohlprofilelement 66, welches in Verbindung zu dem zweiten Kolbenspeicherelement 48 steht. Das Hohlprofilelement 66 gleitet entlang der Führungsstange 76, wodurch das zweite Kolbenspeicherelement 48 bewegt, insbesondere ausgelenkt wird. Die Führungsstange 76 ist in dem ersten Kolbenspeicherelement 42 gelagert/befestigt.

**[0108]** Die Speichervorrichtung 40 weist eine Rahmeneinrichtung 64 auf, welche an dem ersten Kolbenspeicherelement 42 angeordnet ist. Die Rahmeneinrichtung 64 dient zur Stützung und Lagerung der Kolbenspeicherelemente und der Führungsstange 76 der Füh-

rungseinrichtung 65.

**[0109]** Gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel ist realisiert, dass die Gaseingangsleitung 54 und die Gasausgangsleitung 56 oberhalb des definierten Flüssigkeitslevels 47 für die Flüssigkeit 46 in dem zweiten Kolbenspeicherelement 48 enden. Das gespeicherte Gas wird somit in einem flüssigkeitsfreien Gasraum, der sich im zweiten Kolbenspeicherelement 48 befindet, gespeichert. Über die Gaseingangsleitung 54 wird Gas oberhalb des definierten Flüssigkeitslevels 47 in das zweite Kolbenspeicherelement 48 eingeleitet. Der Betrieb der Brennstoffzelleneinrichtung 15 und der Elektrolyseeinrichtung 14 (siehe Figur 1) erfordert ein zyklisches Spülen beziehungsweise Bereinigen der reaktiven Oberflächen von unter anderem Stickstoff und Wasser, beispielsweise durch einen Druckstoß. Vorzugsweise wird dazu ein jeweiliges Purgeventil gegen Atmosphäre kurz geöffnet. Die entstehende Druckdifferenz über das Purgeventil erzeugt einen Volumenstrom, der reaktionshemmende Stoffe austrägt und in die, vorzugsweise von der Brennstoffzelleneinrichtung 15 und der Elektrolyseeinrichtung 14 dual genutzte expandierbare Speicherkammer 41 befördert. Durch den sich aufbauenden Gasdruck wird das zweite Kolbenspeicherelement 48 mittels der Führungseinrichtung 65 ausgelenkt, vorzugsweise bis zu einer definierten Nennhöhe beziehungsweise Nennauslenkung, die über das Sensorelement 62 erfasst wird.

**[0110]** Vorzugsweise wird das Gas pro Speicherzyklus für eine definierte Zeitspanne, beispielsweise für 300ms, und/oder bis zu einer definierten Nennhöhe des zweiten Kolbenspeicherelements 48 in das zweite Kolbenspeicherelement 48 eingeleitet.

**[0111]** Nach Beendigung der Einleitung des Gases, beispielsweise nach Schließung des Purgeventils, stoppt die Auslenkung, und das im zweiten Kolbenspeicherelement 48 befindliche Gas wird über die Gasausgangsleitung 56, vorzugsweise allein mittels der Gewichtskraft des zweiten Kolbenspeicherelements, aus dem zweiten Kolbenspeicherelement 48 ausgeleitet. Das bedeutet, die Gewichtskraft des zweiten Kolbenspeicherelements 48 drückt das gespeicherte Purgegas nach außen, beispielsweise in einen Systemluftstrom.

**[0112]** Das Gas wird bei seiner Einleitung in das zweite Kolbenspeicherelement 48 gegen das Bodenelement 49 des zweiten Kolbenspeicherelements 48 gerichtet und von dort umgelenkt, bevor es in die Gasausgangsleitung 56 eintritt und von dort aus dem zweiten Kolbenspeicherelement 48 abgeleitet wird.

**[0113]** In den Figuren 3 bis 5 ist ein erster Betriebszustand der Speichervorrichtung 40 dargestellt, in der die Speicherkammer 41 nicht expandiert ist. In den Figuren 6 bis 8 ist ein zweiter Betriebszustand der Speichervorrichtung 40 dargestellt, in der die Speicherkammer 41 aufgrund des gespeicherten Gases expandiert ist.

**[0114]** Wie man insbesondere den Figuren 5 und 8 entnehmen kann, weist das zweite Kolbenspeicherelement 48 auf seiner Außenseite des Bodenelements 49 eine Reihe von Stabilisierungselementen 69 in Form von Sta-

bilisierungsrippen auf. Weiterhin weist das zweite Kolbenspeicherelement 48 eine Aktivierungseinrichtung 74 in Form eines Aktivierungsrings zum Aktivieren beziehungsweise Auslösen des Sensorelements 62 zur Lagebestimmung des zweiten Kolbenspeicherelements 48 auf. Darüber hinaus weist die Speichervorrichtung 40 auch eine Befestigungseinrichtung 70 auf, mittels derer die Speichervorrichtung 40, insbesondere deren Speicherkammer 41, an einer Komponente eines Energiesystems 10, beispielsweise an/in einem Systemschrank, befestigt werden kann. Die Befestigungseinrichtung 70 weist bevorzugt eine Reihe von unterschiedlichen Elementen auf. Beispielsweise kann die Befestigungseinrichtung wenigstens einen Stift 71 zur Lagefixierung aufweisen. Dieser ragt vom Bodenelement 43 des ersten Kolbenspeicherelements 42 außen nach unten ab. Weiterhin weist die Befestigungseinrichtung 70 wenigstens ein Befestigungselement 72 in Form eines Befestigungswinkels auf, mittels dessen die Speichervorrichtung 40, insbesondere die Speicherkammer 41 an einer externen Komponente, beispielsweise an/in einem Systemschrank, vorzugsweise lösbar, angeordnet wird. Über eine Befestigungsschelle 73 wird die Speichervorrichtung 40, insbesondere die Speicherkammer 41 lösbar an dem wenigstens einen Befestigungselement 72 befestigt.

**[0115]** In den Figuren 9 und 10 ist ein zweites Ausführungsbeispiel der Speichervorrichtung 40 dargestellt. In seinem Grundaufbau und in seiner Funktionsweise stimmt die Speichervorrichtung 40 des zweiten Ausführungsbeispiels mit dem Speichervorrichtung des ersten Ausführungsbeispiels überein, so dass identische Bauteile mit identischen Bezugszeichen versehen sind. Ebenso lässt sich die Offenbarung des ersten Ausführungsbeispiels auch auf die Offenbarung des zweiten Ausführungsbeispiels anwenden, und umgekehrt. Einige Merkmale der Speichervorrichtung 40 sowie deren Funktionsweise werden entweder nur im Zusammenhang mit dem ersten beziehungsweise zweiten Ausführungsbeispiel erläutert, sind aber ebenfalls auf das jeweils andere Ausführungsbeispiel anwendbar. Die beiden Ausführungsbeispiele unterscheiden sich dadurch, dass das zweite Kolbenspeicherelement 48 jeweils anders ausgebildet ist. Im ersten Ausführungsbeispiel der Figuren 2 bis 8 ist das zweite Kolbenspeicherelement 48 stufenförmig ausgebildet, bestehend aus zwei unterschiedlichen Teilbereichen 51, 52, mit einem entsprechend stufenförmig verlaufenden Bodenelement 49. Im zweiten Ausführungsbeispiel gemäß den Figuren 9 und 10 weist das zweite Kolbenspeicherelement 48 eine ebene, horizontal ausgerichtete Bodenelement 49 und eine vertikal davon abragende Seitenwandung 50 auf. Weiterhin sind in den Figuren 9 und 10 einige Merkmale dargestellt, die in den Figuren 2 bis 8 nicht explizit dargestellt sind, die aber in analoger Weise ebenso auf das erste Ausführungsbeispiel anwendbar sind.

**[0116]** Gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel weist die Speichervorrichtung 40 ebenfalls eine als Kolbenspeicher ausgebildete expandierbare Speicherkam-



mer 41 auf. Die Speicherkammer 41 verfügt über ein zylinderförmiges beziehungsweise topfförmiges erstes Kolbenspeicherelement 42, bestehend aus einem Bodenelement 43 und einer von diesem abragenden Seitenwandung 44. Bodenelement 43 und Seitenwandung 44 begrenzen ein Aufnahmevolumen 45, in dem bis zu einem definierten Flüssigkeitslevel 47 Flüssigkeit 46 in Form von Wasser eingefüllt ist. Über einen Flüssigkeitszulauf/Flüssigkeitsablauf 63, der im gezeigten Beispiel bidirektional genutzt wird, kann bei Bedarf Flüssigkeit 46 in das erste Kolbenspeicherelement 42 eingelassen oder aus diesem abgelassen werden. Die Füllstandshöhe an Flüssigkeit 46 im ersten Kolbenspeicherelement 42 wird über ein Sensorelement 61 zur Messung der Füllstandshöhe gemessen.

**[0117]** Weiterhin weist die Speicherkammer 41 ein zweites Kolbenspeicherelement 48 in Form eines Hubkolbenelements auf, welches ebenfalls ein Bodenelement 49 und eine Seitenwandung 50 aufweist. Auch das zweite Kolbenspeicherelement 48 ist zylinderförmig beziehungsweise topfförmig ausgebildet. Das zweite Kolbenspeicherelement 48 hat ein Gasvolumen 48a, das heißt ein Nutzvolumen, von kleiner oder gleich zehn Litern. Sowohl das erste Kolbenspeicherelement 42 als auch das zweite Kolbenspeicherelement 48 sind an ihren freien Enden der Seitenwandungen 45, 50, die den jeweiligen Bodenelementen 43, 49 gegenüberliegen, offen, wobei diese Öffnungen einander zugewandt sind. Die beiden Kolbenspeicherelemente 42, 48 sind monolithisch ausgebildet und konzentrisch und rotationssymmetrisch gegensinnig ausgerichtet ineinander gestülpt sowie gegeneinander axial beweglich.

**[0118]** Zwischen einer Außenfläche 81 des zweiten Kolbenspeicherelements 48 und einer Innenfläche 82 des ersten Kolbenspeicherelements 42 befindet sich ein ringförmig umlaufender Spalt 53, der ebenfalls mit Flüssigkeit 46 gefüllt ist. Das Verhältnis des Volumens an Flüssigkeit 46 in einem Innenvolumen 67 des zweiten Kolbenspeicherelements 48 und des Volumens 68 an Flüssigkeit 46 im Spalt 53 zwischen dem ersten und zweiten Kolbenspeicherelement 42, 48 ist vorzugsweise größer 5:1.

**[0119]** Über eine Gaseingangsleitung 54, die durch das Bodenelement 43 des ersten Kolbenspeicherelements 42 in das zweite Kolbenspeicherelement 48 geführt ist, wird das zu speichernde Gas in das zweite Kolbenspeicherelement 42 eingeführt und dort gespeichert. Dabei ist vorgesehen, dass das obere Ende 55 der Gaseingangsleitung oberhalb des definierten Flüssigkeitslevels 47, und damit in einem Bereich oberhalb der Flüssigkeit 46, in dem zweiten Kolbenspeicherelement 48 endet. Das obere Ende 55 der Gaseingangsleitung 54 befindet sich dabei in unmittelbarer Nähe zum Bodenelement 49 des zweiten Kolbenspeicherelements 48. Wenn sich die Speicherkammer 41 im nicht expandierten Zustand befindet, ist das obere Ende 55 der Gaseingangsleitung 54 mit einem am Bodenelement 49 befindlichen Verschlusselement 79 verschlossen.

**[0120]** In ähnlicher Weise ist auch eine Gasausgangsleitung 56 vorgesehen, über die das gespeicherte Gas aus der Speicherkammer 41, insbesondere aus dem zweiten Kolbenspeicherelement 48, wieder abgeführt werden kann. Auch die Gasausgangsleitung 56 ist durch das Bodenelement 43 des ersten Kolbenspeicherelements 42 in das zweite Kolbenspeicherelement 48 geführt. Auch hier ist vorgesehen, dass das obere Ende 57 der Gasausgangsleitung 56 oberhalb des definierten Flüssigkeitslevels 47, und damit in einem Bereich oberhalb der Flüssigkeit 46, in dem zweiten Kolbenspeicherelement 48 endet. Das obere Ende 57 der Gasausgangsleitung 56 befindet sich dabei in unmittelbarer Nähe zum Bodenelement 49 des zweiten Kolbenspeicherelements 48. Um das Gas kontrolliert abgeben zu können, ist in der Gasausgangsleitung 56 ausgangsseitig eine Blende 80 vorgesehen. Der Gasdruck im Innern der Speicherkammer 41 wird mittels eines Drucksensorelement 77 gemessen, das ebenfalls in der Gasausgangsleitung 56 angeordnet ist.

**[0121]** Damit die Speicherkammer 41 gegen die Atmosphäre abgedichtet ist, so dass gespeichertes Gas nicht unkontrolliert aus der Speicherkammer 41 entweichen kann, weist die Speicherkammer 41 eine Dichteinrichtung 58 auf. Diese Dichteinrichtung 58 wird wiederum durch den Spalt 53, beziehungsweise durch im Spalt 53 befindliche Flüssigkeit 46 gebildet. In ähnlicher Weise übernimmt der Spalt 53 auch die Funktion eines Überdruckschutzes 59. Dieser Überdruckschutz 59 funktioniert wie folgt: Beispielsweise strömt eine Menge an Spülgas durch die Gaseingangsleitung 54, beispielsweise durch Öffnung eines nicht dargestellten Ventils, etwa für 300ms, in das zweite Kolbenspeicherelement 48 ein. Im ordnungsgemäßen Betrieb erfolgt eine "normale" Auslenkung, insbesondere des zweiten Kolbenspeicherelements 48, die beispielsweise mit einem nicht dargestellten Sensorelement erfasst wird. Am Ende des Einstromvorgangs wird das Ventil geschlossen. Der Druck reduziert sich im ordnungsgemäßen Betrieb langsam über die Gasausgangsleitung 56. Der Überdruckschutz 59 ist eine Art Notlösung, etwa wenn das Ventil nicht oder nicht richtig schließt und das zweite Kolbenspeicherelement 48 seine maximale Auslenkung erreicht hat, oder wenn sich das zweite Kolbenspeicherelement 48 verankert. In diesen Fällen erhöht sich der Gasdruck im zweiten Kolbenspeicherelement 48. Dadurch wird die Wassersäule nach unten verdrängt. Dabei steigt die Wassersäule im Spalt 53 zwischen erstem 42 und zweitem 48 Kolbenspeicherelement natürlich gleichzeitig an. Wasser und darin befindliches Gas "blubbern" somit über das offene Ende 83 des Spalts 53 nach außen. Ein Bersten der Speicherkammer 41 wird dadurch verhindert.

**[0122]** In der Seitenwandung 45 weist das erste Kolbenspeicherelement 42 unterhalb des Endes 55, 57 der Gaseingangsleitung 54 und der Gasausgangsleitung 56 einen Schutzauslauf 60 auf.

**[0123]** Im gezeigten zweiten Ausführungsbeispiel ist ebenfalls realisiert, dass das erste Kolbenspeicherele-

ment 42 fest, das heißt unbeweglich, ist, während das zweite Kolbenspeicherelement 48 beweglich, das heißt auslenkbar ist. Für die axiale Beweglichkeit des zweiten Kolbenspeicherelements 48 weist die Speichervorrichtung 40 eine Führungseinrichtung 65 auf, die in Form einer Linearführung ausgebildet ist. Mittels der Führungseinrichtung 65 gleitet das zweite Kolbenspeicherelement 48 bei Aufnahme von Purgegas, vorzugsweise linear, nach oben und löst vorzugsweise bei definierter Auslenkung ein Sensorelement 62 zur Lagebestimmung aus. Das zweite Kolbenspeicherelement 48 wird wie beim ersten Ausführungsbeispiel durch zwei Gleitlager 75 auf einer Führungsstange 76 geführt. Die Führungsstange 76 ist von einem Hohlprofilelement 66 in Form eines Führungsrohrs umgeben, welches die eigentliche Führung des zweiten Kolbenspeicherelements 48 darstellt, und an dessen Enden sich jeweils die Gleitlager 75 befinden. Die Führungsstange 76 verläuft durch das Hohlprofilelement 66, welches in Verbindung zu dem zweiten Kolbenspeicherelement 48 steht. Das Hohlprofilelement 66 gleitet entlang der Führungsstange 76, wodurch das zweite Kolbenspeicherelement 48 bewegt, insbesondere ausgelenkt wird. Die Führungsstange 76 ist in dem ersten Kolbenspeicherelement 42 gelagert/befestigt. Nach oben hin abgedichtet ist die Führungseinrichtung 65 durch ein Dichtungselement 78.

**[0124]** Der Speichervorrichtung 10 zugeordnet ist eine Steuereinrichtung 85, die über geeignete Schnittstellen mit weiteren Komponenten der Speichervorrichtung 10 verbunden ist. In Figur 10 ist zur Veranschaulichung exemplarisch dargestellt, dass die Steuereinrichtung 85 über eine Schnittstelle 84a mit einer Ventileinrichtung 84 in der Gaseingangsleitung 54, und über eine Schnittstelle 62a mit dem Sensorelement 62 zur Lagebestimmung des zweiten Kolbenspeicherelements 48 verbunden ist. Eine solche Ausgestaltung kann auch bei dem in den Figuren 2 bis 8 dargestellten Ausführungsbeispiel realisiert sein.

**[0125]** Nachfolgend wird die Funktionsweise der Speichervorrichtung 40 beschrieben:

Zunächst befindet sich die Speicherkammer 41 im nicht expandierten Zustand, der in Figur 9 dargestellt ist. Über die Gaseingangsleitung 54, die im zweiten Kolbenspeicherelement 48 endet, wird Gas oberhalb des definierten Flüssigkeitslevels 47 für die Flüssigkeit 46 in das zweite Kolbenspeicherelement 48 eingeleitet, indem die Ventileinrichtung 84 geöffnet wird.

**[0126]** Durch den sich aufbauenden Gasdruck wird das zweite Kolbenspeicherelement axial gegen das erste Kolbenspeicherelement verschoben, was in Figur 10 dargestellt ist. Das zweite Kolbenspeicherelement 48 wird dabei mittels der Führungseinrichtung 65 ausgelenkt, vorzugsweise bis zu einer definierten Nennhöhe beziehungsweise Nennauslenkung, die durch das Sensorelement 62 erfasst wird.

**[0127]** Nach Beendigung der Einleitung des Gases stoppt die Auslenkung, und das im zweiten Kolbenspeicherelement 48 befindliche Gas wird über die Gasausgangsleitung 56, die oberhalb des Flüssigkeitslevels 47

für die Flüssigkeit 46 im zweiten Kolbenspeicherelement 56 endet, vorzugsweise allein mittels der Gewichtskraft des zweiten Kolbenspeicherelements 48, aus dem zweiten Kolbenspeicherelement 48 ausgeleitet. Das bedeutet, die Gewichtskraft des zweiten Kolbenspeicherelements 48 drückt das Purgegas, vorzugsweise durch die Blende 80, nach außen, beispielsweise in einen Systemluftstrom.

**[0128]** Vorzugsweise wird das Gas bei seiner Einleitung in das zweite Kolbenspeicherelement 48 gegen das Bodenelement 49 des zweiten Kolbenspeicherelements 48 gerichtet und von dort umgelenkt, bevor es in die Gasausgangsleitung 56 eintritt und von dort aus dem zweiten Kolbenspeicherelement 48 abgeleitet wird.

**[0129]** Beispielsweise wird das Gas pro Speicherzyklus für eine definierte Zeitspanne, beispielsweise für einen Zeitraum von weniger als einer Sekunde, beispielsweise für 300ms, und/oder bis zu einer definierten Nennhöhe des zweiten Kolbenspeicherelements 48 in das zweite Kolbenspeicherelement 48 eingeleitet. Die Einleitung des Gases über eine bestimmte Zeitspanne erfolgt über eine entsprechende Stellung einer Ventileinrichtung 84 in der Gaseingangsleitung 54. Die Steuerung der Ventileinrichtung 84 erfolgt mittels der Steuereinrichtung 85 über die Schnittstelle 84a. Ebenso leitet das Sensorelement 62 zur Lagebestimmung des zweiten Kolbenspeicherelements 48 die ermittelten Werte über die Schnittstelle 62a an die Steuereinrichtung 85 weiter. Zu Beginn wird die Ventileinrichtung 84 mittels der Steuereinrichtung 85 geöffnet und bei Erreichen der Zeitspanne wieder geschlossen. Alternativ oder zusätzlich werden die von der Sensoreinrichtung 62 erfassten Lagewerte des zweiten Kolbenspeicherelements 48 an die Steuereinrichtung 85 übertragen und dort ausgewertet. Die Steuereinrichtung 85 erzeugt geeignete Kommandos, die an die Ventileinrichtung 84 übertragen werden, und aufgrund derer die Ventileinrichtung 84 geöffnet und wieder geschlossen wird.

## 40 Bezugszeichenliste

### [0130]

- |    |                                      |
|----|--------------------------------------|
| 10 | Energiesystem (Gebäudeenergiesystem) |
| 11 | Erstes Untersystem (Innensystem)     |
| 12 | Systemschränk                        |
| 13 | Zweites Untersystem (Außensystem)    |
| 14 | Elektrolyseeinrichtung               |
| 15 | Brennstoffzelleneinrichtung          |
| 16 | Verbindungsleitungseinrichtung       |
| 17 | Rückschlagventileinrichtung          |
| 18 | Filtereinrichtung                    |
| 19 | Trocknereinrichtung                  |
| 20 | Druckmesseinrichtung                 |
| 21 | Hochdruckspeichereinrichtung         |
| 22 | Mitteldruckspeichereinrichtung       |
| 23 | Ventileinrichtung                    |
| 24 | Kompressoreinrichtung                |

25	Rückschlagventileinrichtung	
26	Entspannungseinrichtung (Druckminderer)	
27	Erster Leitungsabschnitt	
28	Zweiter Leitungsabschnitt	
29	Systemluftstrom	5
40	Speichervorrichtung	
41	Expandierbare Speicherkammer (Kolbenspeicher)	
42	Erstes Kolbenspeicherelement	10
43	Bodenelement	
44	Seitenwandung	
45	Aufnahmevolumen	
46	Flüssigkeit (Wasser)	
47	Flüssigkeitslevel	15
48	Zweites Kolbenspeicherelement	
48a	Gasvolumen	
49	Bodenelement	
50	Seitenwandung	
51	Erster Teilbereich	20
52	Zweiter Teilbereich	
53	Spalt	
54	Gaseingangsleitung	
55	Oberes Ende der Gaseingangsleitung	
56	Gasausgangsleitung	25
57	Oberes Ende der Gasausgangsleitung	
58	Dichteinrichtung	
59	Überdruckschutz	
60	Schutzauslauf	
61	Sensorelement zur Messung der Flüssigkeitshöhe	30
62	Sensorelement zur Lagebestimmung des zweiten Kolbenspeicherelements	
62a	Schnittstelle zu Steuereinrichtung	
63	Flüssigkeitszulauf/Flüssigkeitsablauf	35
64	Rahmeneinrichtung	
65	Führungseinrichtung (Linearführungseinrichtung)	
66	Hohlprofilelement (Führungsrohr)	
67	Innenvolumen an Flüssigkeit des zweiten Kolbenspeicherelements	40
68	Volumen an Flüssigkeit im Spalt	
69	Stabilisierungselement	
70	Befestigungseinrichtung	
71	Stift zur Lagefixierung	45
72	Befestigungselement (Blechwinkel)	
73	Befestigungsschelle	
74	Aktivierungseinrichtung zur Aktivierung eines Sensorelements zur Lagebestimmung	
75	Gleitlager	50
76	Führungsstange	
77	Drucksensorelement	
78	Dichtungselement	
79	Verschlusselement	
80	Blende	55
81	Außenfläche des zweiten Kolbenspeicherelements	
82	Innenfläche des ersten Kolbenspeicherelements	

83	Offenes Ende des Spalts
84	Ventileinrichtung
84a	Schnittstelle zu Steuereinrichtung
85	Steuereinrichtung

## Patentansprüche

1. Speichervorrichtung (40) zum Aufnehmen und/oder Zwischenspeichern von Gas, insbesondere von während eines Purgvorgangs ausgetragenen Purgas, aufweisend eine expandierbare Speicherkammer (41), welche als Kolbenspeicher ausgebildet ist,

mit einem als Flüssigkeitskammer ausgebildeten ersten Kolbenspeicherelement (42), in welches bis zu einem definierten Flüssigkeitslevel (47) Flüssigkeit (46) einfüllbar ist oder in welches bis zu einem definierten Flüssigkeitslevel (47) Flüssigkeit (46) eingefüllt ist, mit einem als Hubkolbenelement ausgebildeten zweiten Kolbenspeicherelement (48), wobei die Kolbenspeicherelemente (42, 48), insbesondere konzentrisch, gegensinnig ausgerichtet ineinander gestülpt sind, wobei die Kolbenspeicherelemente (42, 48) gegeneinander axial beweglich sind, und mit einer Gaseingangsleitung (54) und mit einer Gasausgangsleitung (56),  
**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** das erste Kolbenspeicherelement (42) in Bezug auf das zweite Kolbenspeicherelement (48) außenliegend ist und zwischen einer Außenfläche (81) des zweiten Kolbenspeicherelements (48) und einer Innenfläche (82) des ersten Kolbenspeicherelements (42) ein, insbesondere umlaufender, Spalt (53) ausgebildet ist, und

**dass** die Gaseingangsleitung (54) und die Gasausgangsleitung (56) oberhalb des definierten Flüssigkeitslevels (47) für die Flüssigkeit (46) in dem zweiten Kolbenspeicherelement (48) enden (55, 57).

2. Speichervorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gaseingangsleitung (54) und die Gasausgangsleitung (56) bezüglich des Gasströmungswegs antiparallel geführt sind, und/oder dass die Gaseingangsleitung (54) und die Gasausgangsleitung (56) von unten durch das erste Kolbenspeicherelement (42) in das zweite Kolbenspeicherelement (48) geführt sind.

3. Speichervorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zweite Kolbenspeicherelement (48) ein Gasvolumen für aufzunehmendes Gas von kleiner 10 Litern, vorzugsweise

kleiner 5 Litern, bevorzugt zwischen 0,5 Litern und 3 Litern aufweist.

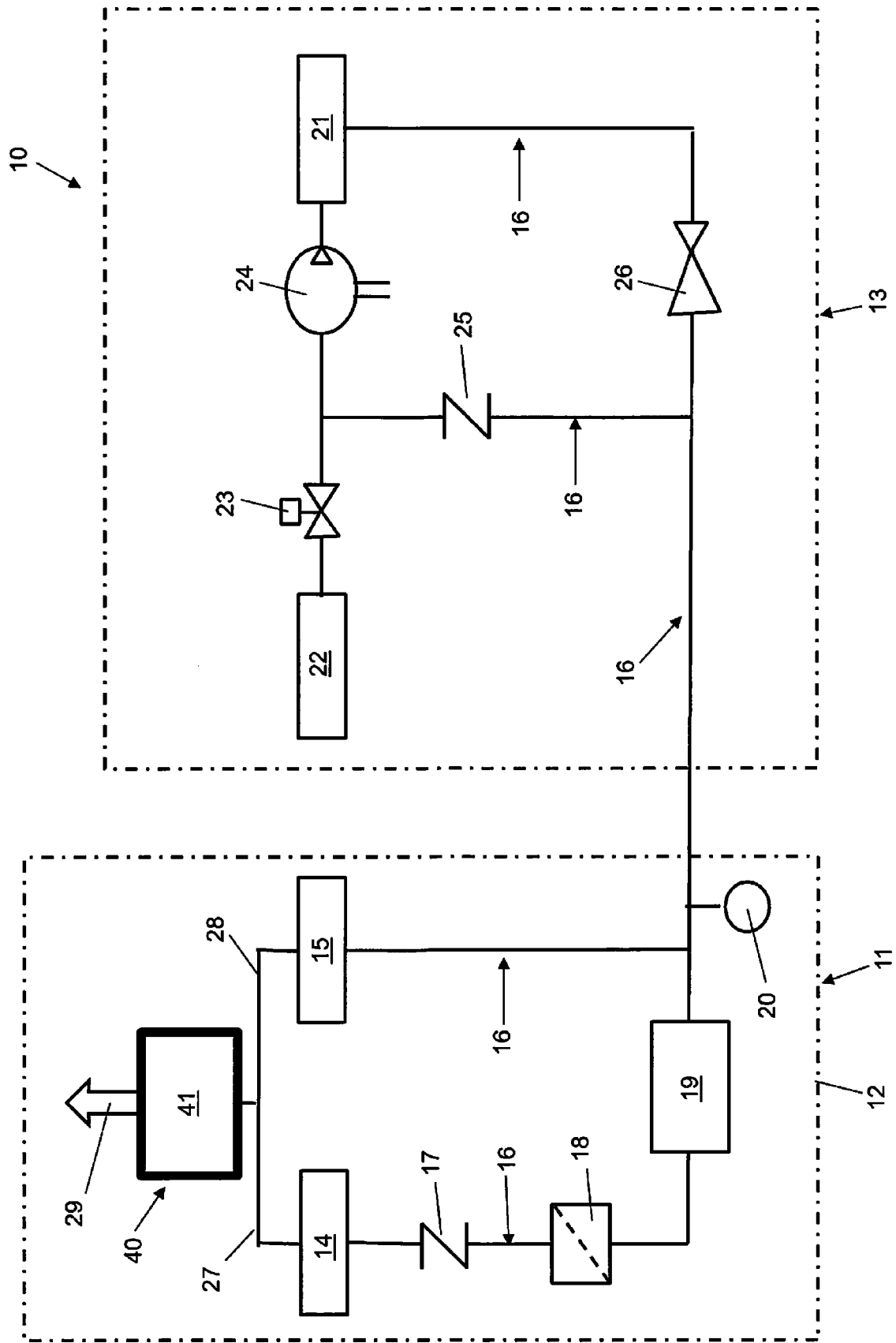
4. Speichervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zweite Kolbenspeicherelement (48) einen ersten Teilbereich (51) aufweist, der einem Bodenelement (43) des ersten Kolbenspeicherelements (42) zugewandt ist, dass das zweite Kolbenspeicherelement (48) einen zweiten Teilbereich (52) aufweist, der vom Bodenelement (43) des ersten Kolbenspeicherelements (42) abgewandt ist, dass das Volumen des zweiten Teilbereichs (52) kleiner ist als das Volumen des ersten Teilbereichs (51) und/oder dass die Querschnittsfläche des zweiten Teilbereichs (52) kleiner ist als die Querschnittsfläche des ersten Teilbereichs (51). 5  
10
5. Speichervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zweite Kolbenspeicherelement (48) ein Bodenelement (49) und eine vom Bodenelement (49) in Richtung des ersten Kolbenspeicherelements (42) abragende Seitenwandung (50) aufweist, und dass in einem nicht expandierten Zustand der Speichervorrichtung (40) die Gaseingangsleitung (54) und die Gasausgangsleitung (56) unmittelbar vor dem Bodenelement (49) des zweiten Kolbenspeicherelements (48), vorzugsweise in dessen zweitem Teilbereich (52), enden (55, 57). 20  
25  
30
6. Speichervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Speichervorrichtung (40) zum Abdichten des Spalts (53) gegen Atmosphäre zwischen dem ersten Kolbenspeicherelement (42) und dem zweiten Kolbenspeicherelement (48) eine Dichteinrichtung (58) aufweist, und dass die Dichteinrichtung (58) vorzugsweise durch in das erste Kolbenspeicherelement (42) eingefüllte Flüssigkeit (46) gebildet wird/ist, und/oder dass die Speichereinrichtung (40) einen Überdruckschutz (59) aufweist, der durch den Spalt (53) zwischen dem ersten Kolbenspeicherelement (52) und dem zweiten Kolbenspeicherelement (48) gebildet ist, und/oder dass das erste Kolbenspeicherelement (42) in einer Seitenwandung (44), unterhalb des Endes (55, 57) der Gaseingangsleitung (54) und der Gasausgangsleitung (56), einen Schutzauslauf (60) aufweist. 35  
40  
45
7. Speichervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Volumenverhältnis an Flüssigkeit zwischen einem Innenvolumen (67) des zweiten Kolbenspeicherelements (48) und einem Volumen (68) des Spalts (53) zwischen dem ersten und zweiten Kolbenspeicherelement (42, 48) größer oder gleich 3:1 ist, vorzugsweise größer 5:1. 50  
55

8. Speichervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Speichervorrichtung (40) wenigstens ein Sensorelement (77) zur Bestimmung des Drucks in der Gasausgangsleitung (56) oder im zweiten Kolbenspeicherelement (48) und/oder wenigstens ein Sensorelement (62) zur Lagebestimmung des zweiten Kolbenspeicherelements (48) und/oder wenigstens ein Sensorelement (61) zu Messung der Flüssigkeitshöhe im ersten Kolbenspeicherelement (42) aufweist.
9. Speichereinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gaseingangsleitung (54) eingangsseitig eine Ventileinrichtung (84) aufweist, und/oder dass die Gasausgangsleitung (56) ausgangsseitig eine Dosiereinrichtung oder ein Drosselement oder eine Blende (80) und/oder ein Filterelement aufweist, und/oder dass das erste Kolbenspeicherelement (42) einen Flüssigkeitszulauf (63) und/oder einen Flüssigkeitsablauf aufweist.
10. Speichervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Speichervorrichtung (40) für die axiale Beweglichkeit des ersten Kolbenspeicherelements (42) gegen das zweite Kolbenspeicherelement (48) eine Führungseinrichtung (65), insbesondere eine Linearführungseinrichtung, für das zweite Kolbenspeicherelement (48) aufweist.
11. Energiesystem (10), insbesondere Gebäudeenergiesystem, aufweisend eine Elektrolyseeinrichtung (14), ein Brennstoffzellensystem (15), optional eine Hochdruckspeichereinrichtung (21), sowie eine Verbindungsleitungseinrichtung (16), über die die Elektrolyseeinrichtung (14), das Brennstoffzellensystem (15) sowie optional die Hochdruckspeichereinrichtung (21) miteinander verbunden sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Energiesystem (10) eine Speichervorrichtung (40) nach einem der Ansprüche 1 bis 10 zum Aufnehmen und/oder Zwischenspeichern von Gas, insbesondere von während eines Purgenvorgangs ausgetragenen Purgegas, aufweist.
12. Energiesystem nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Speichervorrichtung (40) in einem ersten Untersystem (11) des Energiesystems (10) angeordnet ist, und/oder dass die Speichervorrichtung (40) in einem, insbesondere belüfteten, Systemschrank (12) des Energiesystems (10) angeordnet ist.
13. Verfahren zum Aufnehmen und/oder Zwischenspeichern von Gas, insbesondere von während eines Purgenvorgangs ausgetragenen Purgegas, in einer

expandierbaren Speicherkammer (41), welche als Kolbenspeicher ausgebildet ist, einer Speichervorrichtung (40), wobei die Speicherkammer (41) ein als Flüssigkeitskammer ausgebildetes erstes Kolbenspeicherelement (42), in welches bis zu einem definierten Flüssigkeitslevel (47) Flüssigkeit (46) eingefüllt ist, und ein als Hubkolbenelement ausgebildetes zweites Kolbenspeicherelement (48) aufweist, wobei die Kolbenspeicherelemente (42, 48), insbesondere konzentrisch, gegensinnig ausgerichtet ineinander gestülpt sind, wobei die Kolbenspeicherelemente (42, 48) gegeneinander axial beweglich sind, und wobei das erste Kolbenspeicherelement (42) in Bezug auf das zweite Kolbenspeicherelement (48) außenliegend ist und zwischen einer Außenfläche (81) des zweiten Kolbenspeicherelements (48) und einer Innenfläche (82) des ersten Kolbenspeicherelements (42) ein, insbesondere umlaufender, Spalt (53) ausgebildet ist, **gekennzeichnet durch** folgende Schritte:

- a) Über eine Gaseingangsleitung (54), die im zweiten Kolbenspeicherelement (48) endet (55), wird Gas oberhalb des definierten Flüssigkeitslevels (47) für die Flüssigkeit (46) in das zweite Kolbenspeicherelement (48) eingeleitet und das zweite Kolbenspeicherelement (48), vorzugsweise mittels einer Führungseinrichtung (65), ausgelenkt;
- b) Nach Beendigung der Einleitung des Gases wird das im zweiten Kolbenspeicherelement (48) befindliche Gas über die Gasausgangsleitung (56), die oberhalb des Flüssigkeitslevels (47) für die Flüssigkeit (46) im zweiten Kolbenspeicherelement (48) endet (57), vorzugsweise allein mittels der Gewichtskraft des zweiten Kolbenspeicherelements (48), aus dem zweiten Kolbenspeicherelement (48) ausgeleitet.

14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** Gas für eine definierte Zeitspanne und/oder bis zu einer definierten Nennhöhe des zweiten Kolbenspeicherelements (48) in das zweite Kolbenspeicherelement (48) eingeleitet wird.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gas bei seiner Einleitung in das zweite Kolbenspeicherelement (48) gegen ein Bodenelement (49) des zweiten Kolbenspeicherelements (48) gerichtet und von dort umgelenkt wird, bevor es in die Gasausgangsleitung (56) eintritt und von dort aus dem zweiten Kolbenspeicherelement (48) abgeleitet wird.



**Fig. 1**

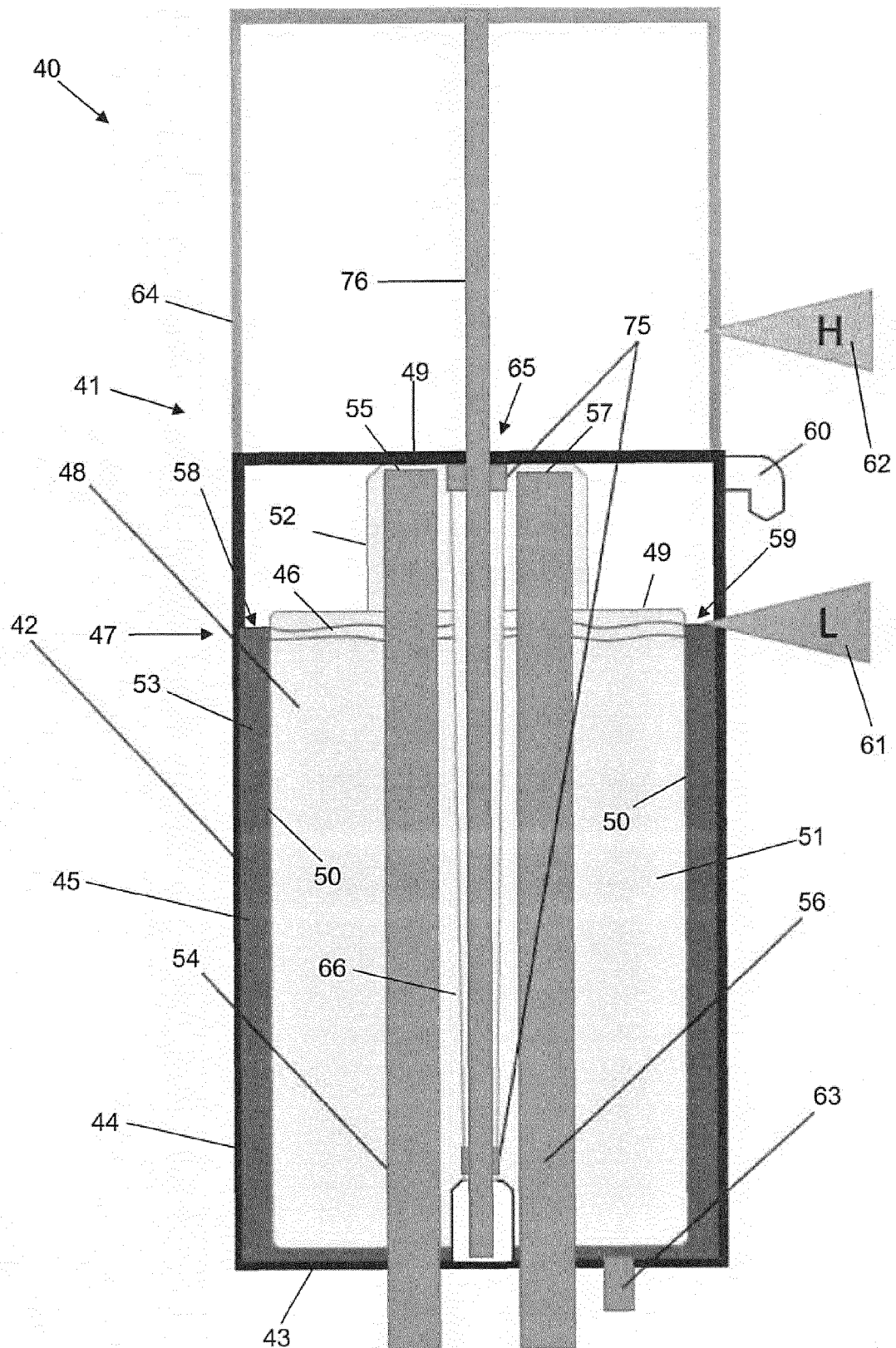


Fig. 2

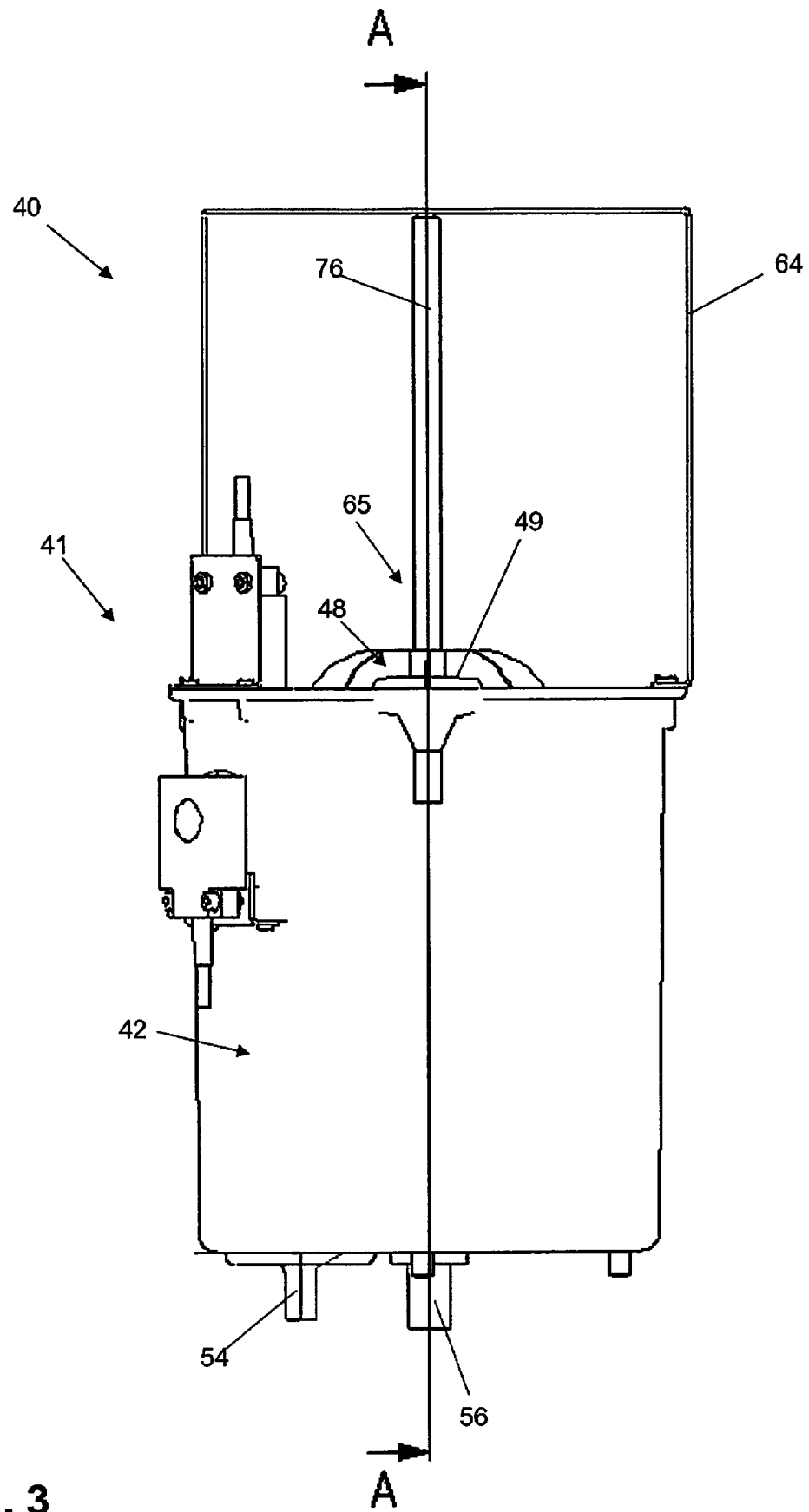


Fig. 3



A-A

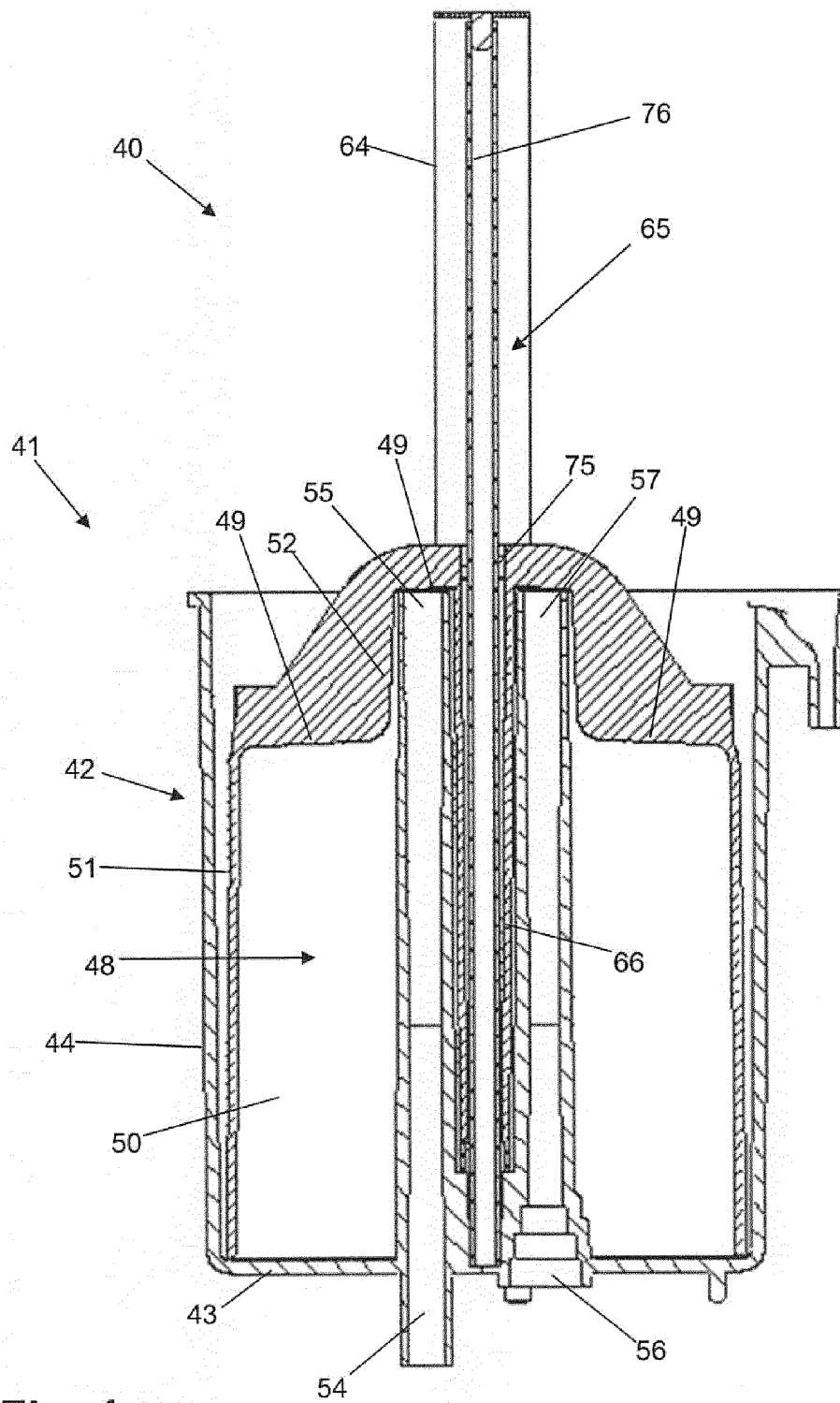
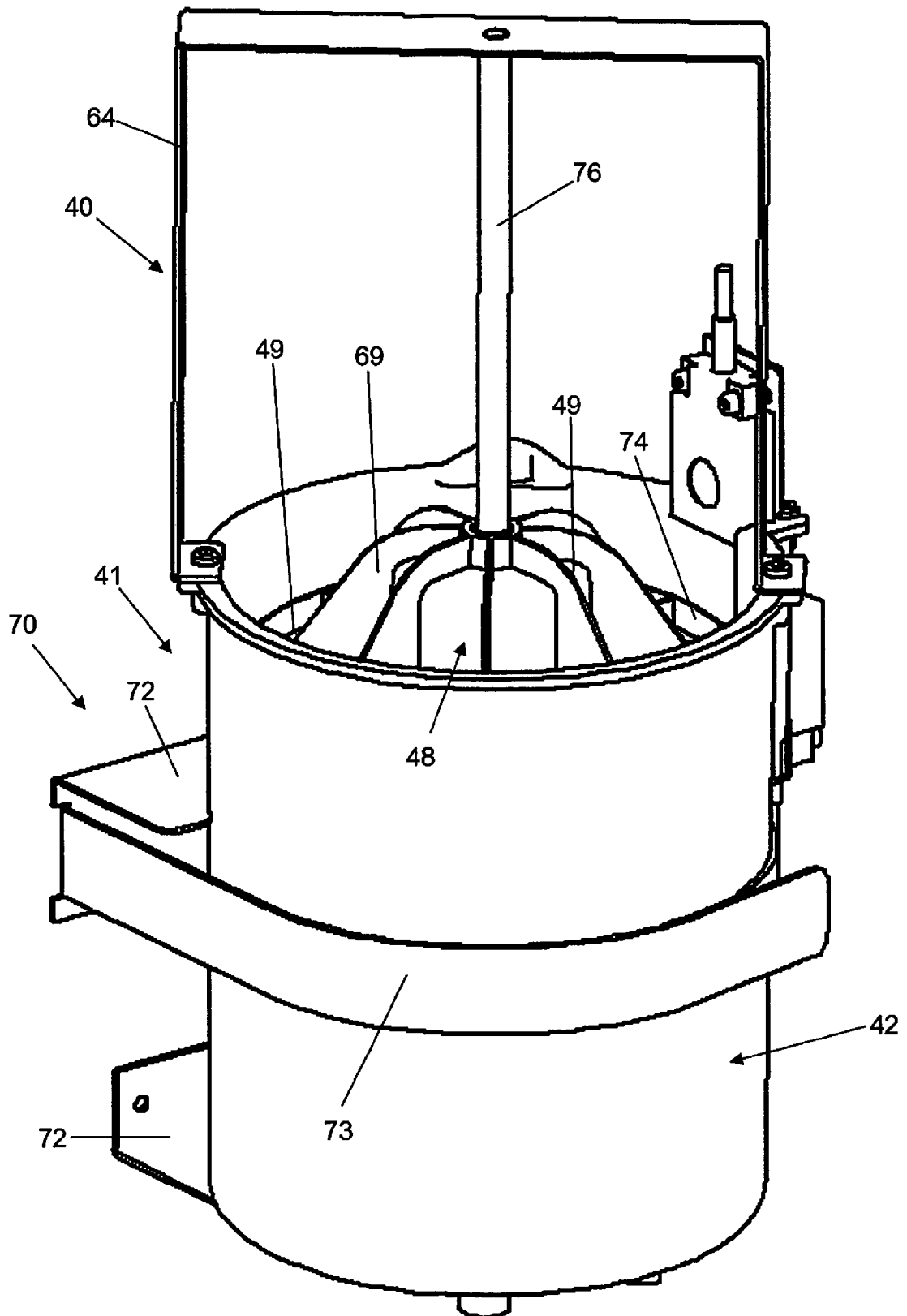
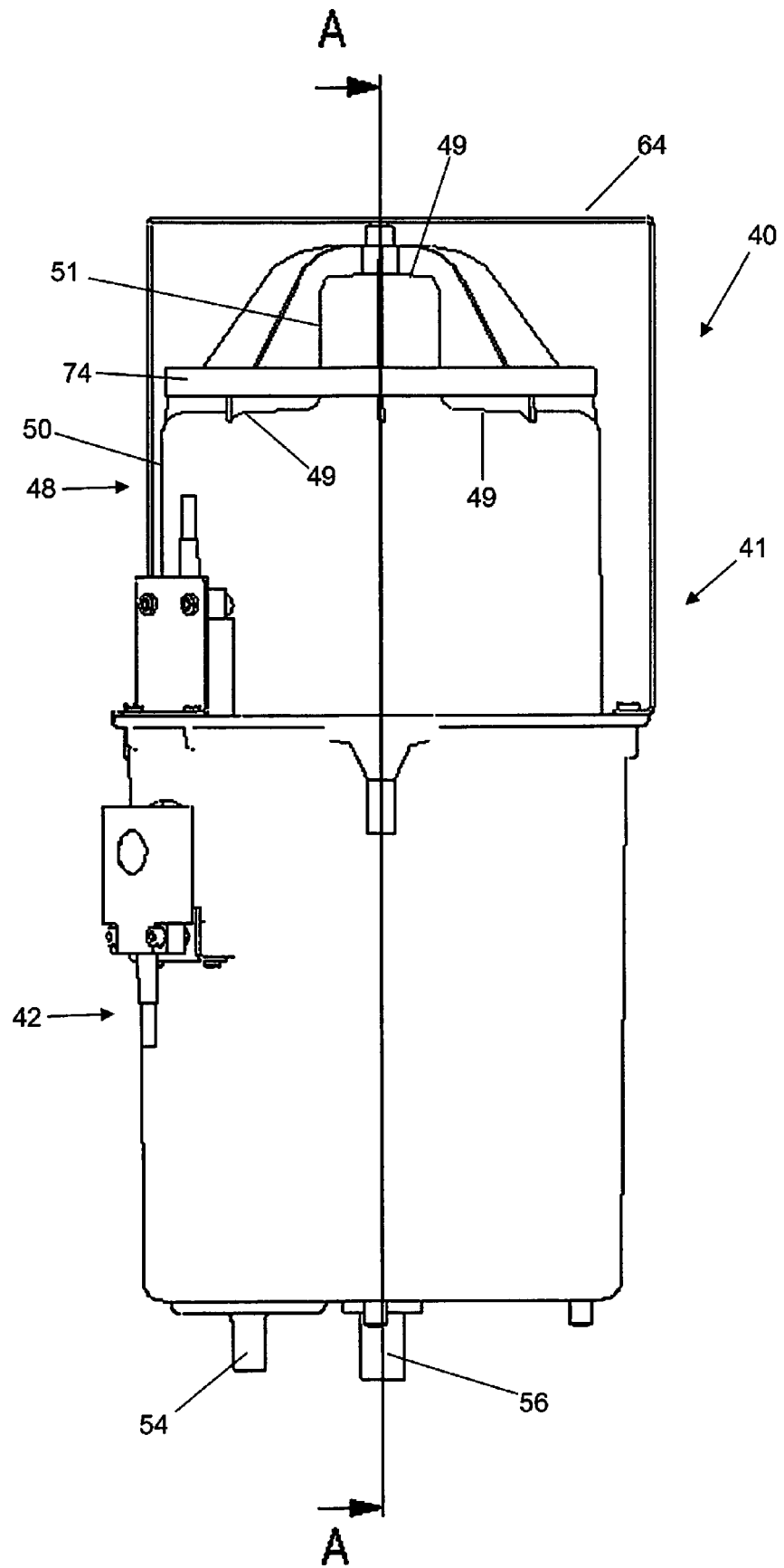


Fig. 4



**Fig. 5**



**Fig. 6**

A-A

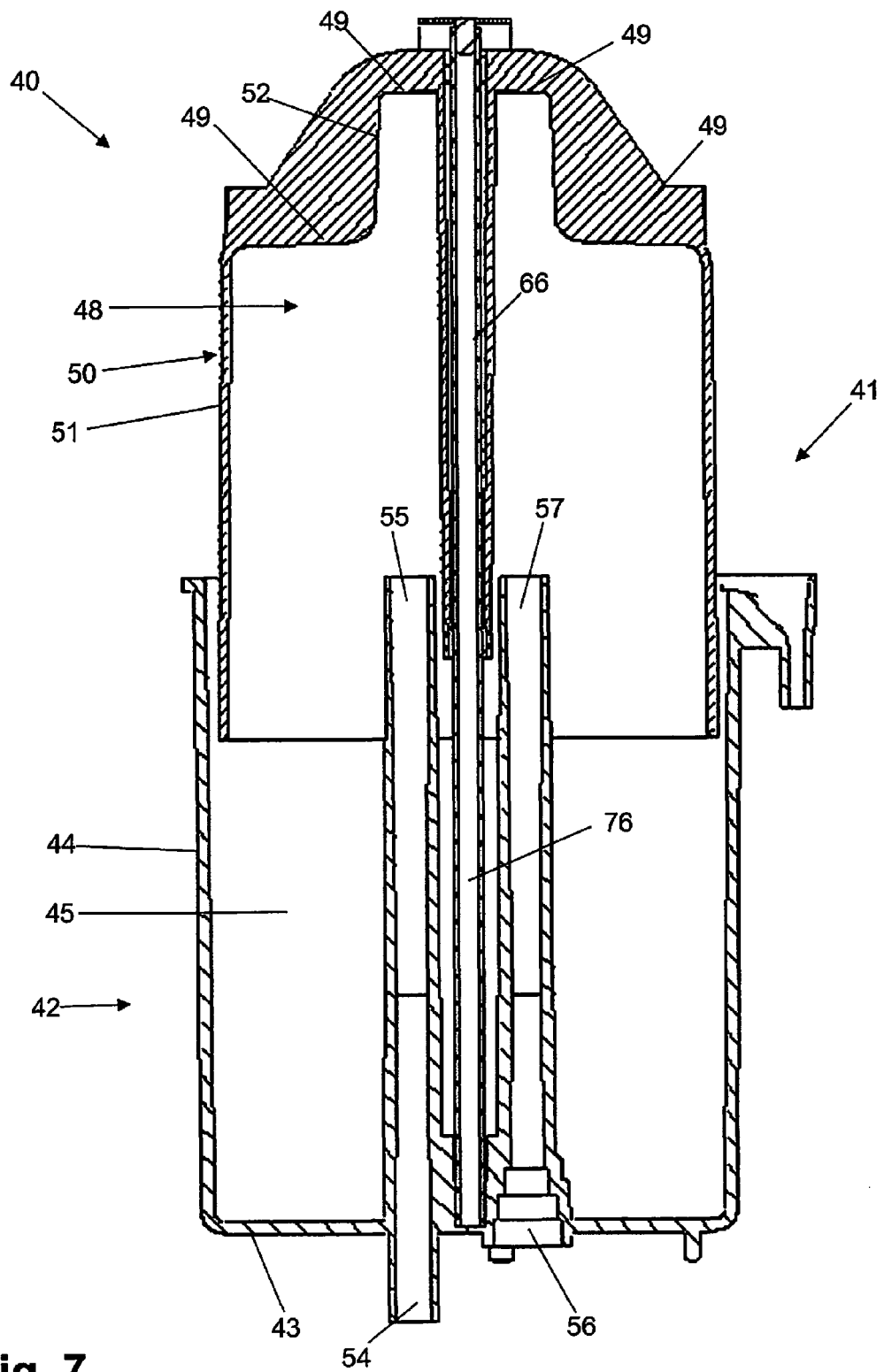
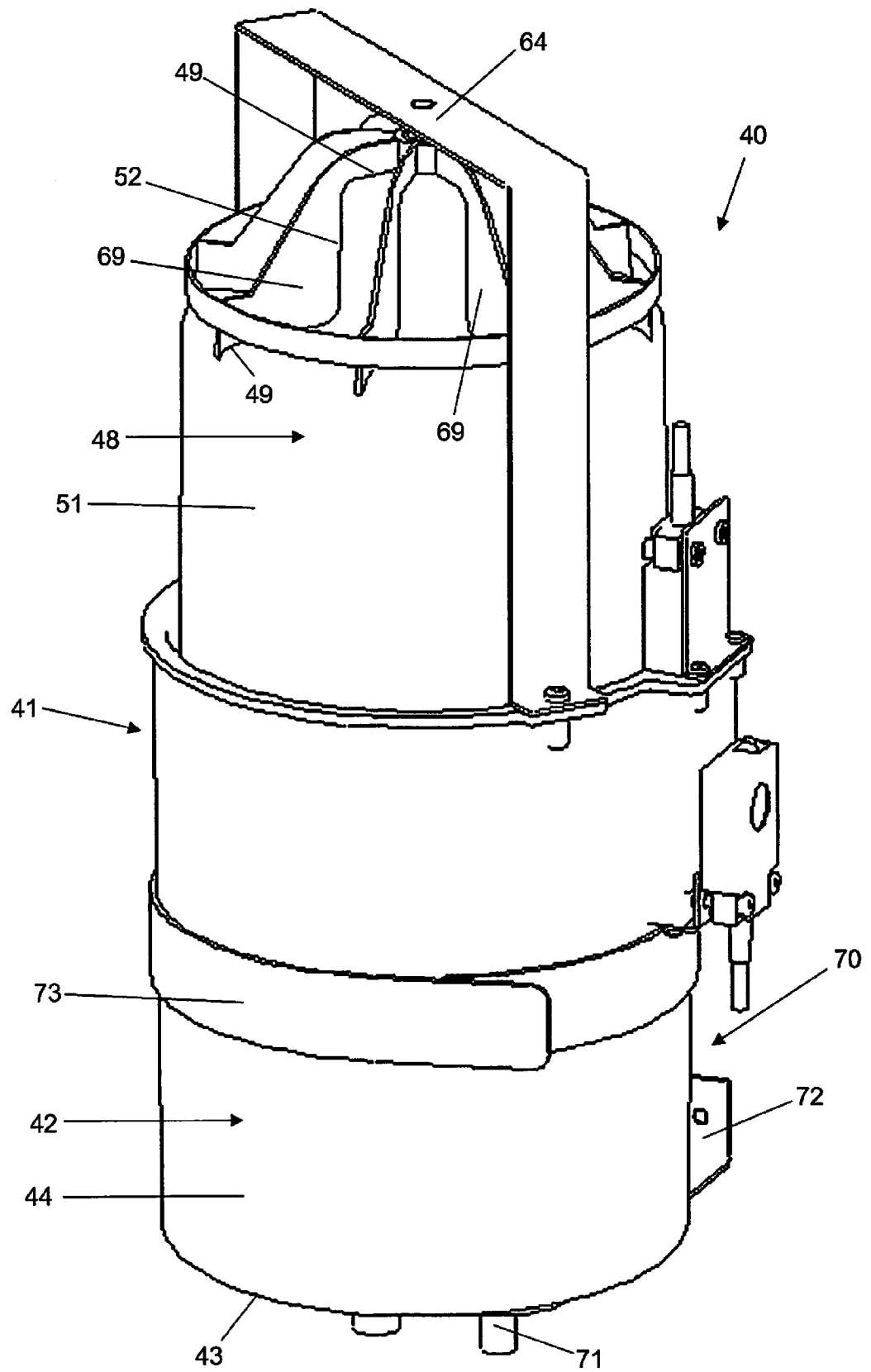
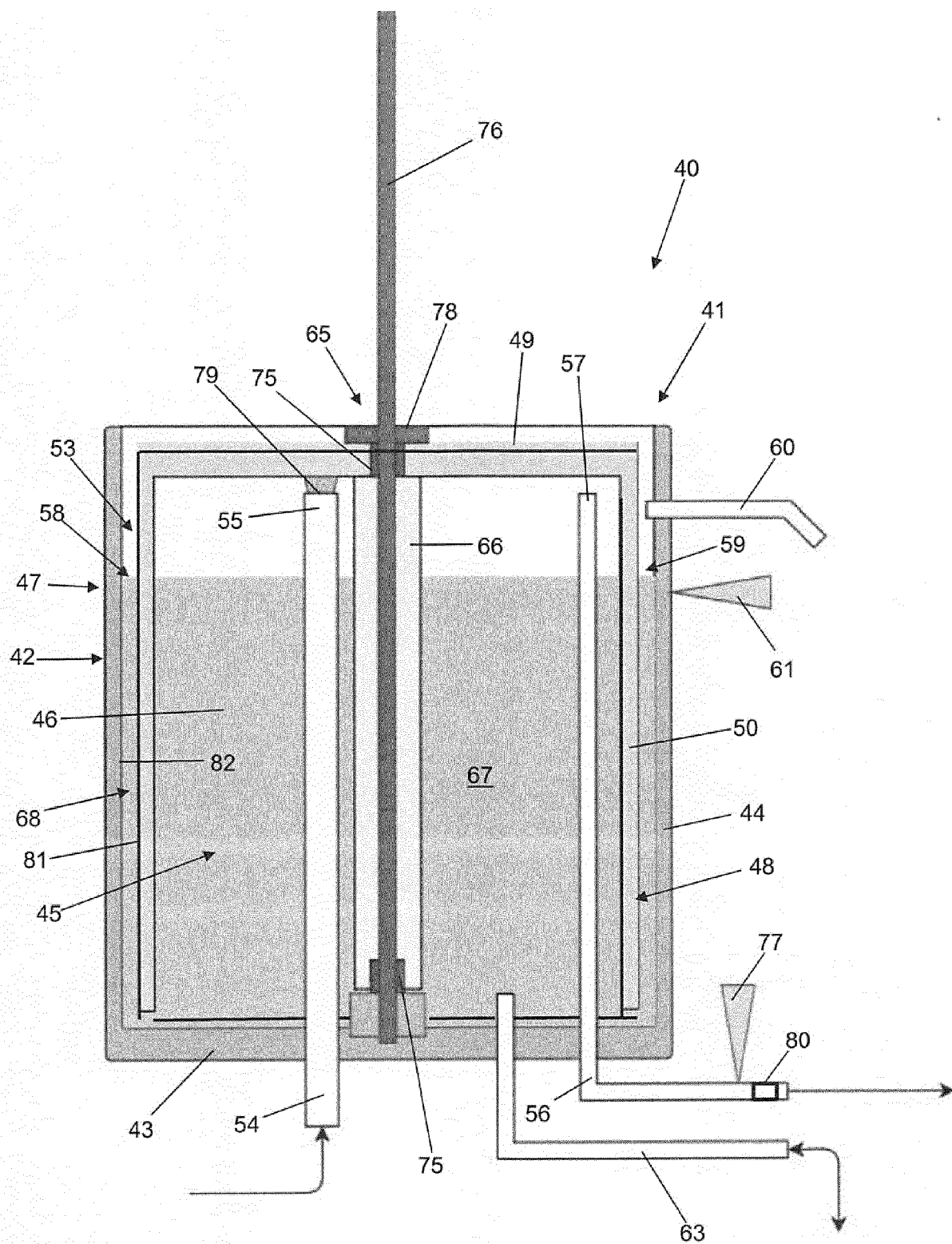


Fig. 7



**Fig. 8**



**Fig. 9**

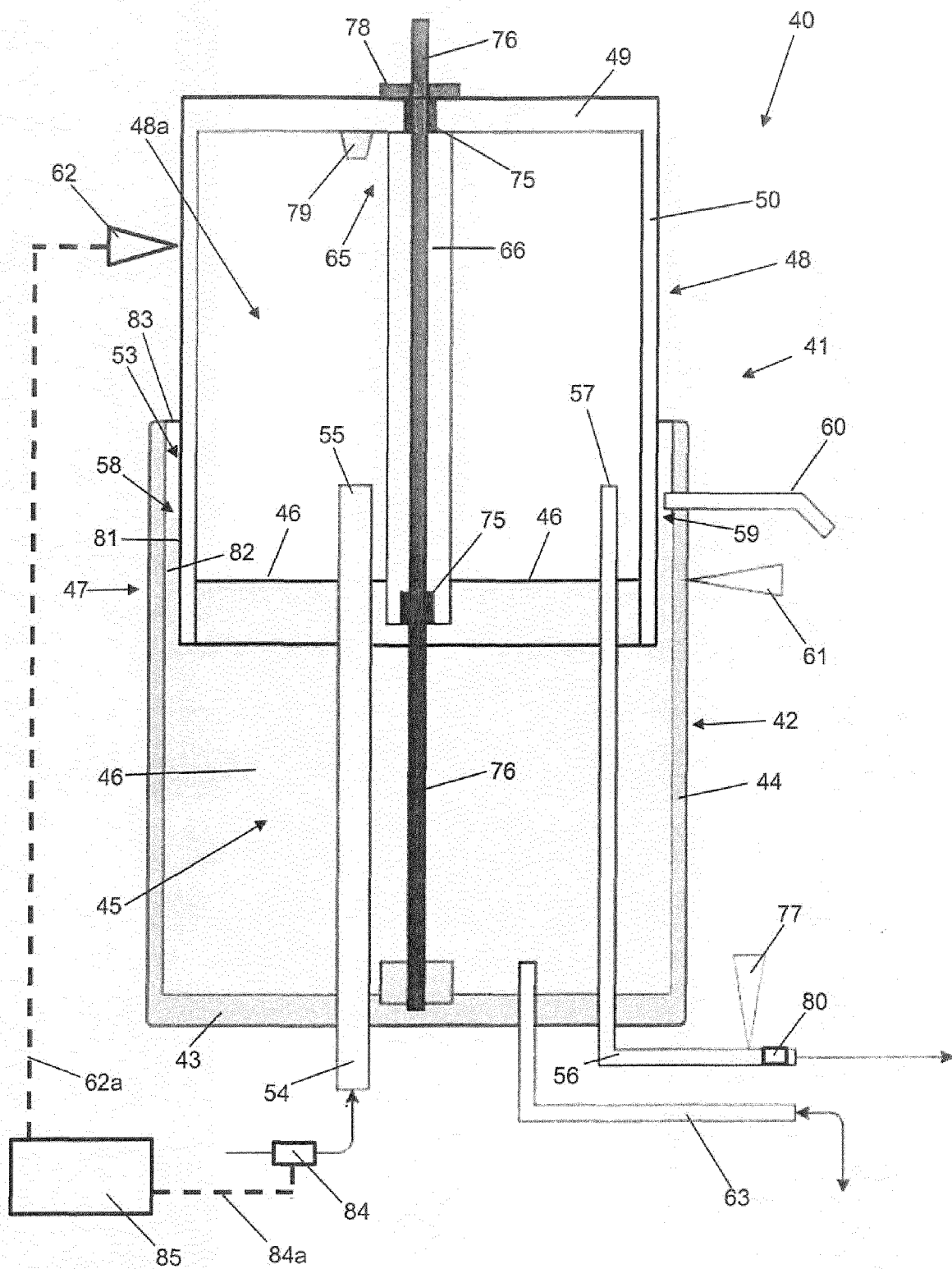


Fig. 10



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 18 7268

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 1 894 536 A (LAIRD WILBUR G) 17. Januar 1933 (1933-01-17) * Abbildung 2 *	1-15	INV. F17B1/007
A	DE 11 14 757 B (GENTSCH EISENBAU HEILBRONN) 12. Oktober 1961 (1961-10-12) * das ganze Dokument *	1-15	
A	CN 202 176 906 U (XIGUANG ZU) 28. März 2012 (2012-03-28) * das ganze Dokument *	1-15	
A	US 1 628 635 A (LAIRD WILBUR G) 10. Mai 1927 (1927-05-10) * das ganze Dokument *	1-15	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F17C F17B
Recherchenort <b>München</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>5. Dezember 2023</b>	Prüfer <b>Forsberg, Peter</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			



**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 23 18 7268

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

05-12-2023

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	<b>US 1894536</b>	<b>A</b>	<b>17-01-1933</b>	<b>KEINE</b>
	-----			
15	<b>DE 1114757</b>	<b>B</b>	<b>12-10-1961</b>	<b>KEINE</b>
	-----			
	<b>CN 202176906</b>	<b>U</b>	<b>28-03-2012</b>	<b>KEINE</b>
	-----			
20	<b>US 1628635</b>	<b>A</b>	<b>10-05-1927</b>	<b>KEINE</b>
	-----			
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- EP 3380652 B1 [0005] [0008]
- US 1894536 B [0007]
- WO 2017089468 A1 [0013]
- WO 2017089469 A1 [0013]