

(19)



(11)

**EP 4 288 649 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**14.08.2024 Patentblatt 2024/33**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**F02B 43/00** <sup>(2006.01)</sup> **F02B 43/10** <sup>(2006.01)</sup>  
**C25B 9/05** <sup>(2021.01)</sup> **C25B 1/044** <sup>(2021.01)</sup>  
**F02M 21/02** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **21820456.8**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**F02M 21/0206; C25B 1/044; C25B 9/05;**  
**F02B 43/10; F02B 2043/106**

(22) Anmeldetag: **08.11.2021**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/DE2021/100887**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2022/167020 (11.08.2022 Gazette 2022/32)**

(54) **GASVERSORGUNGSSYSTEM, ENERGIEWANDLER UND VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES DIREKTEINSPRITZENDEN VERBRENNUNGSMOTORS**

GAS SUPPLY SYSTEM, ENERGY CONVERTER, AND METHOD FOR OPERATING A DIRECT FUEL INJECTION INTERNAL COMBUSTION ENGINE

SYSTÈME D'ALIMENTATION EN GAZ, CONVERTISSEUR D'ÉNERGIE ET PROCÉDÉ POUR FAIRE FONCTIONNER UN MOTEUR À COMBUSTION INTERNE À INJECTION DIRECTE

(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 MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **03.02.2021 PCT/DE2021/100103**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**13.12.2023 Patentblatt 2023/50**

(73) Patentinhaber:  
• **RICHTER, Oliver**  
**89075 Ulm (DE)**  
• **Theodor, Rudolf A.**  
**89179 Beimerstetten (DE)**

(72) Erfinder:  
• **RICHTER, Oliver**  
**89075 Ulm (DE)**  
• **Theodor, Rudolf A.**  
**89179 Beimerstetten (DE)**

(74) Vertreter: **Jakelski & Althoff**  
**Patentanwälte PartG mbB**  
**Patentanwälte**  
**Partnerschaftsgesellschaft**  
**Mollenbachstraße 37**  
**71229 Leonberg (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**WO-A1-2020/075178 US-A1- 2007 080 070**  
**US-A1- 2009 320 789**

**EP 4 288 649 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft einen Energiewandler, der ein Gasversorgungssystem aufweist.

### Stand der Technik

**[0002]** Aus Gründen des Klimaschutzes besteht das langfristige Ziel weitgehend auf die Verbrennung fossiler Brennstoffe zur Energiegewinnung zu verzichten. Bisher angedachte neue Konzepte zur elektrischen Energiegewinnung sowie zum Antreiben von Fahrzeugen haben allerdings den Nachteil, dass sie nicht durch Umrüstung vorhandener Kraftwerke und Kraftfahrzeuge realisiert werden können, sondern den Austausch der vorhandenen Technologie und die Schaffung einer neuen Versorgungs- und Verteilungsinfrastruktur erforderlich machen. Während beispielsweise die Idee besteht, Kraftfahrzeuge mittels Wasserstoff als Energieträger anzutreiben, benötigen solche Kraftfahrzeuge anstelle eines herkömmlichen Verbrennungsmotors mit einem Kraftstofftank eine Brennstoffzelle mit einem Wasserstoffdruckgastank und es müsste eine Betankungsinfrastruktur für Wasserstoff geschaffen werden sowie die Möglichkeit den Wasserstoff zentral zu produzieren und an Wasserstofftankstellen zu verteilen.

**[0003]** Die US 2009/0320789 A1 beschreibt eine Vorrichtung mittels derer mehrere unterschiedliche Kraftstoffe gemischt werden können, bevor sie in den Hochdruckspeicher eines Verbrennungsmotors eingeleitet werden. Hierbei kann vorgesehen sein, dass die Vorrichtung einen Dieseltank und einen Gastank aufweist, welches Wasserstoff oder Knallgas enthält.

**[0004]** Die WO 2020/075178 A1 beschreibt einen Verbrennungsmotor, der mittels Knallgases betrieben wird. Dieser Verbrennungsmotor weist einen Elektrolyseur auf, dessen erzeugte Gase zunächst in je einem separaten Wasserstofftank und einem Sauerstofftank gelagert werden, bevor sie unmittelbar vor Einleitung in einen Verbrennungsmotor wieder vermischt werden.

**[0005]** Die US2007/0080070 A1 offenbart einen Elektrolyseur, mit dem Knallgas erzeugt werden kann. Das Knallgas wird in einen Tank geleitet und dann durch Druckleitungen in einen Verbrennungsmotor eingeleitet.

**[0006]** Um dem oben erwähnten Problem zu begegnen besteht eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, einen Energiewandler bereitzustellen, der unter Verwendung eines Kraftstoffversorgungssystems für einen herkömmlichen direkt einspritzenden Verbrennungsmotor betrieben werden kann, in dem der bereitgestellte Kraftstoff aus einer überall verfügbaren Grundsubstanz hergestellt werden kann und das keine baulichen Veränderungen am Verbrennungsmotor erforderlich macht.

### Offenbarung der Erfindung

**[0007]** Diese Aufgabe wird durch einen Energiewand-

ler gelöst, der ein Gasversorgungssystem für einen direkt einspritzenden Verbrennungsmotor aufweist, welches einen Elektrolyseur aufweist. Das Gasversorgungssystem weist weiterhin einen Knallgastank auf, der Wasserstoff und Sauerstoff aus dem Elektrolyseur speichert. Der Knallgastank weist ein Volumen im Bereich von 800 cm<sup>3</sup> bis 1000 cm<sup>3</sup> auf. Er fungiert bei der Gasversorgung des Verbrennungsmotors als Ausgleichsbehälter.

**[0008]** Schließlich weist das Gasversorgungssystem eine Knallgasleitung auf, die fluidisch mit dem Knallgastank verbunden ist. Sie ist eingerichtet, um mit einem Hochdruckspeicher (Common-Rail) des Verbrennungsmotors verbunden zu werden.

**[0009]** Weiterhin ist es bevorzugt, dass das Gasversorgungssystem einen Überdruckschalter aufweist, der eingerichtet ist, um in Abhängigkeit von einem Druck im Knallgastank den Elektrolyseur abzuschalten. Besonders bevorzugt ist der Überdruckschalter eingerichtet, um den Elektrolyseur abzuschalten, wenn ein Druckschwellenwert im Bereich von 400 hPa bis 800 hPa erreicht wird. Dieser Überdruckschalter hat den Vorteil, dass einerseits eine ausreichende Knallgasbevorratung im Knallgastank gewährleistet wird, um auch bei einem plötzlichen Lastwechsel des Verbrennungsmotors ausreichend Knallgas zur Verfügung stellen zu können und andererseits der Druck im Knallgastank so stark begrenzt wird, dass dieser keine hohe Druckbeständigkeit aufweisen muss und dass die bevorratete Knallgasmenge beim Auftreten einer Leckage zu keiner gefährlichen Verpuffung führen kann.

**[0010]** Außerdem ist es bevorzugt, dass das Gasversorgungssystem weiterhin einen Druckminderer aufweist, der in der Knallgasleitung angeordnet ist. Hierdurch kann ein in den Hochdruckspeicher eingespeister Knallgasstrom auf einen für den Betrieb des Verbrennungsmotors optimalen Druck eingestellt werden. Wenn es sich bei dem direkt einspritzenden Verbrennungsmotor beispielsweise um einen 1,4 l Vierzylinder Ottomotor mit einer nominalen Leistung von 75 kW handelt, so ist eine Druckreduzierung auf 80 hPa vorteilhaft.

**[0011]** Der Elektrolyseur, der Knallgastank, die Knallgasleitung und gegebenenfalls der Überdruckschalter und der Druckminderer können als gemeinsame Baugruppe ausgeführt werden, welche das Gasversorgungssystem darstellt und die als Ganzes nachträglich in das Kraftstoffversorgungssystem eines Verbrennungsmotors eingebaut werden kann. Dieser Einbau kann zwischen einem Niederdruckbereich und einem Hochdruckbereich des Kraftstoffversorgungssystems erfolgen. Dabei wird die Knallgasleitung über eine Hochdruckpumpe des Hochdruckbereichs mit dem Hochdruckspeicher verbunden. Ein Einlass des Elektrolyseurs wird insbesondere über eine Niederdruckpumpe des Niederdruckbereichs mit einem Kraftstofftank verbunden. Es ist bevorzugt, das Gasversorgungssystem möglichst nahe an der Hochdruckpumpe einzubauen, um die gasführenden Leitungen kurz zu halten.

**[0012]** Grundsätzlich kann das Gasversorgungssys-

tem einen herkömmlichen Elektrolyseur aufweisen, der Wasserstoff und Sauerstoff separat ausgibt. Diese können dann durch zwei separate Gasleitungen in den Knallgastank geleitet werden. Der Elektrolyseur, welcher mindestens eine Kathode und mindestens eine Anode aufweist, unterscheidet sich von herkömmlichen Elektrolyseuren, denen Wasserstoff und Sauerstoff separat entnommen werden, jedoch darin, dass er einen gemeinsamen Knallgasauslass aufweist. Dies bedeutet, dass die an der Kathode und der Anode durch Elektrolyse entstehenden Gase Wasserstoff und Sauerstoff sich noch im Elektrolyseur zu Knallgas vermischen können, um den Elektrolyseur anschließend durch den Knallgasauslass zu verlassen. Der Knallgastank ist dann fluidisch mit dem Knallgasauslass verbunden.

**[0013]** Der Elektrolyseur muss keiner bevorzugten Bauform oder Größe entsprechen, die verwendete Bauform muss jedoch die beschriebene Funktionalität ermöglichen. Die Größe des Elektrolyseurs ist abhängig vom Verwendungszweck und unterliegt keiner Minimal- oder Maximalgröße. In einer Ausführungsform weist der Elektrolyseur ein kreiszylinderförmiges Gehäuse auf. Dabei ist ein Wassereinfluss in einer Kreisfläche angeordnet und der Knallgasauslass ist in einer Mantelfläche angeordnet. Ein solcher Elektrolyseur ist dazu vorgesehen, dass die Längsachse seines Gehäuses im Wesentlichen horizontal angeordnet wird, sodass Wasser entlang oder parallel zur Längsachse in das Gehäuse einströmen kann. Das Gehäuse fungiert dabei gleichzeitig als Elektrolyseraum und als Sammelraum für die durch die Elektrolyse entstandenen Gase Wasserstoff und Sauerstoff, die sich dort zu Knallgas vermischen und durch den Knallgasauslass in den Knallgastank geleitet werden können.

**[0014]** Hierzu ist der Knallgasauslass vorzugsweise in der Einbauposition des Elektrolyseurs an seinem obersten Punkt angeordnet.

**[0015]** Zur Positionierung der Kathode und der Anode im Gehäuse, ist es weiterhin bevorzugt, dass ein quaderförmiger Rahmen in dem Gehäuse angeordnet ist. Die Kathode und die Anode sind dabei jeweils an einer Seitenfläche des Rahmens angeordnet. Diese Anordnung der Kathode und der Anode erfolgt vorzugsweise jeweils vertikal, sodass bereits bei einem geringen Wasserfüllstand im Gehäuse beide Elektroden in das Wasser eintauchen. Der Rahmen ist vorzugsweise an den beiden Kreisflächen des Gehäuses befestigt. Besonders bevorzugt ist dies dadurch realisiert, dass die Kreisflächen an ihrer dem Innenraum des Gehäuses zugewandten Seite jeweils Ausnehmungen aufweisen, in welche der Rahmen eingreift.

**[0016]** Für das Material der Kathode sowie der Anode bestehen keine festen Vorgaben. Die verwendeten Materialien sollten jedoch gut leitend und möglichst inert sein, um einen Verschleiß der Kathode oder der Anode zu vermeiden. Die Kathode besteht insbesondere aus einem Platindraht. Dieser ist vorzugsweise um eine Kathodenplatte des Rahmens gewickelt. Die Anode besteht

insbesondere aus einer auf Graphit basierenden Folie. Sie ist insbesondere zwischen einer rahmenförmigen Anodenplatte des Rahmens und einem Anodenrahmen angeordnet.

**[0017]** Selbst bei ungewollter Entzündung des im Gasversorgungssystem vorhandenen Knallgases geht keine Gefahr davon aus, da die vorhandene geringe Menge an Knallgas an der Austrittsstelle mit einer Flamme rasch verbrennt, jedoch nicht explodiert. Für den Fall eines Lecks am Gasversorgungssystem und dem damit verbundenen Druckabfall im Knallgastank ist das Gasversorgungssystem vorzugsweise dazu eingerichtet, dass es den Elektrolyseur automatisch abschaltet.

**[0018]** Der Energiewandler weist außer dem Gasversorgungssystem einen direkt einspritzenden Verbrennungsmotor auf, dessen Hochdruckspeicher fluidisch mit der Knallgasleitung des Gasversorgungssystems verbunden ist. Ein Wassertank ist fluidisch mit einem Wassereinlass des Elektrolyseurs des Gasversorgungssystems verbunden. Im Betrieb des Energiewandlers wird Wasser aus dem Wassertank in die Elektrolysezelle geleitet und dort elektrolytisch Knallgas erzeugt. Dieses wird im Knallgastank zwischengespeichert und durch die Knallgasleitung in den Hochdruckspeicher geleitet. Dort wird es in derselben Weise vorgehalten, wie ein unter Druck stehender flüssiger Kraftstoff des Verbrennungsmotors und in derselben Weise direkt in die Zylinder des Verbrennungsmotors eingespritzt.

**[0019]** Das Knallgas wird in einem Einspritztakt (Takt 1 bei einem 4-Takt-Verbrennungsmotor) des Verbrennungsmotors in den Brennraum eines Zylinders eingebracht, in einem Kompressionstakt (Takt 2) komprimiert und am Übergang zu Takt 3 gezündet. Durch die Zündung des Knallgases verringert sich durch Entstehung von flüssigem Wasser als Verbrennungsprodukt des Wasserstoff-/Sauerstoffgasgemischs im Idealfall das Volumen des gasförmigen Knallgases auf das Volumen des entstehenden flüssigen Wassers. Diese Volumenreduktion beträgt rechnerisch 99,5 % und führt im Zylinder zu einer Dekompression die rechnerisch den Wert 199,9 : 1 erreicht. Dieser Wert würde allerdings nur bei Normalbedingungen also einer Ausgangstemperatur von 20 °C und einem Ausgangsdruck von 1013,25 hPa erreicht. Unter Betriebsbedingungen wird ein tatsächlicher Dekompressionswert von ca. 100 : 1 erreicht. Diese Dekompression im Zylinder nach Umsetzung des Knallgases in Wasser führt zu einer Temperaturniedrigung und dem Entstehen eines starken Unterdrucks im Zylinder. Dieser Unterdruck ist als Einführung einer Störgröße in die Bewegung des Verbrennungsmotors zu verstehen.

**[0020]** Der als Hubkolbenmotor ausgeführte Verbrennungsmotor stellt bei geschlossenen Ventilen ein in sich geschlossenes System dar, das auf Druckveränderungen nur durch Aufwärts- oder Abwärtsbewegungen des Kolbens reagieren kann. Wenn der Verbrennungsmotor ein 4-Takt-Verbrennungsmotor ist, führt beim normalen Einsatz mit fossilen Verbrennungsstoffen, der durch die Verbrennung entstehende hohe Druck zu einer Abwärts-

bewegung des Kolbens in Takt 3. Wird hingegen Knallgas im Verbrennungsmotor verbrannt so tritt am Ende von Takt 3 ein erheblicher Unterdruck auf, der vom Hubkolben, welcher inzwischen den unteren Totpunkt überschritten hat, in Takt 4 nur durch Aufwärtsbewegung ausgeglichen werden kann. Da der Unterdruck wie voranstehend beschrieben sehr hoch ist, geht davon eine Kraft aus, mit der der Kolben nach oben bewegt wird, um den durch Volumenverringerung entstandenen Unterdruck auszugleichen. Diese Kraft ist kein Effekt des bei der Verbrennung des Knallgases zunächst entstehenden niedrigen Überdrucks, sondern die Reaktion des Systems "Verbrennungsmotor" auf die Störgröße "Dekompression" in Folge der Volumenreduktion des verbrannten Knallgases auf das Volumen des dabei entstehenden Wassers. Der Verbrennungsmotor wird also nicht durch die Verbrennungsenthalpie des Knallgases, sondern durch die Druckänderung im Zylinder zum Ende des Taktes 3 angetrieben. Die Knallgasverbrennung dient nur zur Generierung eines Unterdrucks als Störimpuls. Der Verbrennungsmotor reagiert in der einzigen ihm möglich Weise auf diesen Störimpuls nämlich durch Aufwärtsbewegung des Kolbens im Takt 4. Die dabei entstehende mechanische Energie kann an der Kurbelwelle abgegriffen werden. Die abgreifbare Energie ist im Verbrennungsmotor allerdings etwas geringer als theoretisch oder rechnerisch die Zugkraft am Kolben zum Ausgleich des Unterdrucks betragen würde, da während der Aufwärtsbewegung des Kolbens im Takt 4 bereits die Auslassventile geöffnet werden und somit ein Teil des Unterdrucks durch einströmende Luft kompensiert wird. Mit der vollständigen Aufwärtsbewegung des Kolbens werden die entstandenen Wassermoleküle zusammen mit der nachgeströmten Luft ausgeworfen.

**[0021]** Es ist bevorzugt, dass der Verbrennungsmotor einen Generator antreibt und der Generator über eine elektrische Verbindung mit dem Elektrolyseur verbunden ist. Auf diese Weise kann zumindest ein Teil der Bewegungsenergie des Verbrennungsmotors in elektrische Energie umgewandelt werden, mit welcher der Elektrolyseur betrieben werden kann. Das Antreiben des Generators kann direkt oder indirekt erfolgen. Neben dem Antreiben des Generators kann der Verbrennungsmotor auch noch weitere Nutzer antreiben.

**[0022]** Weiterhin ist es bevorzugt, dass der Generator elektrisch mit einem Energiespeicher verbunden ist, der über die elektrische Verbindung mit dem Elektrolyseur verbunden ist. Um den Verbrennungsmotor in Betrieb zu nehmen ist es zunächst erforderlich Knallgas zu erzeugen, wozu der Elektrolyseur mit elektrischer Energie versorgt werden muss. Diese kann von dem Energiespeicher bereitgestellt werden. Sobald der Verbrennungsmotor gestartet wurde kann der Energiespeicher mittels des Generators nachgeladen werden, sodass Energie für einen späteren erneuten Start des Verbrennungsmotors vorgehalten werden kann. Der Energiespeicher kann auch verwendet werden, um damit einen Starter des Verbrennungsmotors zu betreiben und so eine erste Knall-

gasverbrennung in einem Kolben des Verbrennungsmotors zu ermöglichen.

**[0023]** Die elektrische Verbindung zwischen dem Generator und dem Elektrolyseur verläuft vorzugsweise durch einen Überdruckschalter des Gasversorgungssystems. Wenn im Knallgastank ein vorgegebener Knallgasdruck erreicht wurde, kann auf diese Weise die Versorgung des Elektrolyseurs mit elektrischer Energie durch einen Generator vorübergehend unterbrochen werden, bis der Druck wieder soweit abgesunken ist, dass eine weitere Elektrolyse erwünscht ist.

**[0024]** Der Verbrennungsmotor kann insbesondere in einem Kraftfahrzeug angeordnet sein. Bei dem Generator kann es sich dann um eine Lichtmaschine des Kraftfahrzeugs handeln und bei dem Energiespeicher um eine Batterie des Kraftfahrzeugs. Das Gasversorgungssystem ermöglicht den Betrieb des Kraftfahrzeugs durch die Verbrennung von Knallgas, welches aus Wasser erzeugt wird.

**[0025]** Es ist hierbei bevorzugt, dass der Wassertank ein Kraftstofftank des Kraftfahrzeugs ist. Dies ermöglicht es, das Gasversorgungssystem als Nachrüstelement in das Kraftstoffversorgungssystem des Kraftfahrzeugs einzubauen und den Kraftstofftank mit Wasser zu befüllen, welches dann in den Elektrolyseur weitergeleitet wird.

**[0026]** Um dem Wasser eine für die Elektrolyse optimale elektrische Leitfähigkeit zu verleihen, enthält dieses als Elektrolyt vorzugsweise mindestens 0,6 mmol eines Alkalihalogenids, wie insbesondere Natriumchlorid oder Kaliumchlorid, oder eines Ammoniumhalogenids, wie insbesondere Ammoniumchlorid. Besonders bevorzugt wird Natriumchlorid als Elektrolyt verwendet. Da der Elektrolyt nicht verbraucht wird, kann dieser grundsätzlich einmalig im Elektrolyseur vorgelegt werden, um dem einströmenden Wasser anschließend stets die erforderliche Elektrolytkonzentration zu verleihen. Dieses Vorlegen kann dadurch erfolgen, dass eine einmalige Betankung mit einer Elektrolytlösung erfolgt, wobei es anschließend ausreichend ist in den Wassertank Wasser zu geben, welches keinen Elektrolyt mehr enthalten muss. Sollte ein Benutzer den Wassertank stets mit Elektrolytlösung befüllen, so führt dies zu einem Konzentrationsanstieg des Elektrolyten im Elektrolyseur bis der Elektrolyt schließlich aus der dort gesättigten Elektrolytlösung ausfällt. Da hohe Elektrolytkonzentrationen die Elektrolyse allerdings nicht negativ beeinflussen und da es selbst bei Elektrolytausfällung nicht zu Feststoffansammlungen im Elektrolyseur kommt, die zum Verhältnis im Innenvolumen des Elektrolyseurs signifikant wären, ist so ein Vorgehen unschädlich.

**[0027]** Sollte der Kraftstofftank versehentlich anstelle mit Wasser erneut mit Kraftstoff befüllt werden, so fungiert dieser im Elektrolyseur als elektrischer Isolator zwischen der Kathode und der Anode. Es findet dann keine elektrochemische Reaktion im Elektrolyseur statt und der Kraftstoff kann stattdessen durch den Elektrolyseur und den Knallgastank hindurch in das Hochdrucksystem des

Verbrennungsmotors gepumpt werden, welcher wieder seinen herkömmlichen Betrieb bei Verbrennung fossiler Brennstoffe aufnimmt.

**[0028]** Der Verbrennungsmotor eines Kraftfahrzeugs weist eine Luftzufuhr auf. Da elektrolytisch erzeugtes Knallgas bereits das für die Verbrennung optimale Mischungsverhältnis zwischen Wasserstoff und Sauerstoff aufweist bewirkt das Einströmen zusätzlicher Luft lediglich, dass ein größeres Gasvolumen komprimiert werden muss und damit die Leistung des Verbrennungsmotors sinkt. Um dieses Einströmen von Luft zu verhindern ist es deshalb bevorzugt, dass die Luftzufuhr des Verbrennungsmotors verschlossen ist. Dies kann beispielsweise durch ein dauerhaftes Schließen einer Drosselklappe in der Luftzufuhr realisiert werden. Auch das Vorsehen eines Verschlusses an der Luftzufuhr kann vorgesehen werden.

**[0029]** Die abrupte und starke Verringerung des Teilchenvolumens in den Zylindern des Verbrennungsmotors führt zu einer sehr starken Abkühlung. Es wird keine externe Kühlung des Verbrennungsmotors benötigt, da sich die Zylinder zwar sehr kurzfristig erhitzen, danach aber sofort wieder stark abkühlen. Daher kann die Kühlwasserpumpe des Verbrennungsmotors abgeschaltet werden.

**[0030]** In einer Ausführungsform des Energiewandlers kann vorgesehen sein, dass im Verbrennungsmotor entstehender Wasserdampf kondensiert wird und das kondensierte Wasser in den Wassertank zurückgeführt wird. Da der Elektrolyt nicht verbraucht wird, kann auch beim Betrieb des Elektrolyseurs mit Kondenswasser die erforderliche Elektrolytkonzentration im Elektrolyseur aufrechterhalten werden.

**[0031]** Da ein mit dem Energiewandler betriebener Verbraucher unabhängig von Umgebungsluft oder Fremdsauerstoff funktioniert, kann er auch im Vakuum, unter Wasser oder in anderen Atmosphären betrieben werden. Grundsätzlich ist der Einsatz des Energiewandlers technisch wie geografisch überall und in allen Einsatzgebieten möglich.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0032]** Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Zeichnungen dargestellt und wird in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Figur 1 zeigt schematisch einen Energiewandler gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Figur 2 zeigt eine isometrische Darstellung eines Elektrolyseurs eines Gasversorgungssystems eines Energiewandlers gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Figur 3 zeigt eine Seitenansicht des Elektrolyseurs gemäß Figur 2.

Figur 4 zeigt eine Schnittdarstellung des Elektrolyseurs gemäß Figur 2.

Figur 5 zeigt eine Explosionsdarstellung des Elektrolyseurs gemäß Figur 2.

#### Ausführungsbeispiele der Erfindung

**[0033]** Ein Energiewandler gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in Figur 1 dargestellt. In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel handelt es sich dabei um einen Energiewandler eines Kraftfahrzeugs. Dieser weist ein Gasversorgungssystem 10 auf, welches in das Kraftstoffversorgungssystem des Kraftfahrzeugs eingebaut wurde. Ein Elektrolyseur 20 ist in dem Gasversorgungssystem 10 über eine erste Knallgasleitung 11 mit einem Knallgastank 12 verbunden. Der Knallgastank 12 ist eingerichtet, um im Elektrolyseur 20 erzeugtes Knallgas zwischenspeichern und anschließend in eine zweite Knallgasleitung 13 abzugeben, in welcher ein Druckminderer 14 angeordnet ist. Ein Überdruckschalter 15 ist an dem Knallgastank 12 angeordnet. Er ist dazu eingerichtet, um eine elektrische Verbindung zu unterbrechen, die den Elektrolyseur 20 mit mehreren Energiequellen verbindet.

**[0034]** Das Kraftfahrzeug weist einen Kraftstofftank 30 auf, der allerdings nicht mit einem fossilen Kraftstoff, sondern mit Wasser 31 gefüllt ist, in dem 0,4 g/l Natriumchlorid gelöst sind. Eine Niederdruckleitung 32 verbindet den Kraftstofftank 30 mit einem Wassereinlass des Elektrolyseurs 20. In der Niederdruckleitung 32 ist eine elektrische Kraftstoffpumpe 33 angeordnet, die das Wasser 31 aus dem Kraftstofftank 30 in den Elektrolyseur 20 fördert.

**[0035]** Ohne Verwendung des Gasversorgungssystems 10 fördert die elektrische Kraftstoffpumpe 33 Benzin aus dem Kraftstofftank 30 zu einer Kraftstoffhochdruckpumpe 41. In der erfindungsgemäßen Einbausituation ist das Gasversorgungssystem 10 so in das Kraftstoffversorgungssystem eingebaut, dass es die von der elektrischen Kraftstoffpumpe 33 zur Kraftstoffhochdruckpumpe 41 führende Kraftstoffleitung unterbricht und die Kraftstoffhochdruckpumpe 41 an die zweite Knallgasleitung 13 angeschlossen ist. Das Gasversorgungssystem 10 wird somit über die elektrische Kraftstoffpumpe 33 mit Wasser versorgt und versorgt seinerseits über die zweite Knallgasleitung 13 die Kraftstoffhochdruckpumpe 41 mit Knallgas.

**[0036]** Im Normalbetrieb des Kraftfahrzeugs fördert die Kraftstoffhochdruckpumpe 41 Benzin durch eine Kraftstoffhochdruckleitung 42 in einen Hochdruckspeicher 43 eines Verbrennungsmotors 50, der im vorliegenden Ausführungsbeispiel als direkt einspritzender Viertakt-Ottomotor ausgeführt ist. In der dargestellten Einbausituation fördert die Kraftstoffhochdruckpumpe 41 auf demselben Weg stattdessen das Knallgas in den Kraftstoffhochdruckspeicher 43. Die im nicht dargestellten Motorsteuergerät des Verbrennungsmotors 50 hinterlegte Ein-

spritzstrategie des Verbrennungsmotors 50 wurde nicht verändert, sodass Einspritzungen von Knallgas aus dem Kraftstoffhochdruckspeicher 43 in die Brennräume der Zylinder des Verbrennungsmotors 50 in derselben Weise erfolgen, wie dies für die Benzindirekteinspritzung vorgesehen ist.

**[0037]** Als Luftzufuhr 51 des Verbrennungsmotors 50 fungiert ein Saugrohr, in dem eine Drosselklappe 52 angeordnet ist. Die Luftzufuhr 51 ist verschlossen, indem die Drosselklappe 52 in geschlossener Stellung blockiert wurde.

**[0038]** Der Verbrennungsmotor 50 weist einen elektrischen Starter 53 auf. Seine Kurbelwelle ist mit dem nicht dargestellten Antriebstrang des Kraftfahrzeugs verbunden. Weiterhin wird ein Teil des Drehmoments des Verbrennungsmotors 50 von einem elektrischen Generator 54 abgegriffen. Ein Energiespeicher 60 in Form einer Batterie ist über eine elektrische Verbindung mit dem Generator 54 verbunden und kann von diesem aufgeladen werden. Zum Starten des Verbrennungsmotors 50 werden der Starter 53 und der Elektrolyseur 20 über die elektrische Verbindung 61 vom Energiespeicher 60 mit elektrischer Energie versorgt. Im Betrieb des Verbrennungsmotors 50 erfolgt eine Versorgung des Elektrolyseurs 20 über den Generator 54. Diese Versorgung kann durch den Überdruckschalter 15 zeitweilig unterbrochen werden.

**[0039]** Die nicht dargestellte Kühlwasserpumpe des Verbrennungsmotors 50 ist abgeschaltet. Dennoch stellt sich im Betrieb des Verbrennungsmotors lastabhängig lediglich eine Abgastemperatur im Bereich von 700°C bis 900°C und eine Öltemperatur im Bereich von 95°C bis 105°C ein.

**[0040]** Die Figuren 2 - 4 zeigen Darstellungen des Elektrolyseurs 20 in dem Gasversorgungssystem 10. Der Elektrolyseur 20 weist ein kreiszylinderförmiges Gehäuse mit einer Mantelfläche 210 und zwei Kreisflächen 220 auf. Die Länge des Gehäuses beträgt im vorliegenden Ausführungsbeispiel 20 cm und der Durchmesser der Kreisflächen 220 beträgt jeweils ebenfalls 20 cm. Der Elektrolyseur ist so angeordnet, dass seine Längsachse horizontal verläuft. Ein Knallgasauslass 212 am obersten Punkt der Mantelfläche 210 ermöglicht dabei ein Austreten von Knallgas in die erste Knallgasleitung 11. Von der elektrischen Kraftstoffpumpe 33 gefördertes Wasser wird durch einen Wassereinlass 222 in einer der Kreisflächen 220 in den Innenraum des Elektrolyseurs 20 geleitet.

**[0041]** Ein quaderförmiger Rahmen 240 ist in dem Gehäuse des Elektrolyseurs angeordnet und trägt eine Kathode 250 und eine in den Figuren 2 - 4 nicht sichtbare Anode. Die Kathode 250 ist als mäanderförmiger Platindraht ausgeführt, welcher um eine Kathodenplatte 241 des Rahmens 240 gewickelt ist, die die Kathode 250 auf diese Weise trägt. Die Anode ist zwischen einer Anodenplatte 244 und einem Anodenrahmen 261 eingeklemmt. Die Kathode 250 ist mit einem elektrischen Kathodenanschluss 253 verbunden und die Anode ist mit einem elek-

trischen Anodenanschluss 263 verbunden. Die beiden elektrischen Anschlüsse 253, 263 sind durch dieselbe Kreisfläche 220 geführt, durch welche auch der Wassereinlass 222 verläuft.

**[0042]** Figur 5 zeigt alle Bauteile des Elektrolyseurs 20 in einer Explosionsdarstellung. Die Mantelfläche 210 weist eine Öffnung 211 auf, in welche der Knallgasauslass 212 eingesetzt ist. Als Ausgleich zwischen der gekrümmten Oberfläche der Mantelfläche 210 und dem Knallgasauslass 212 ist eine Tangentialausgleichsscheibe 213 vorgesehen. An der Außenseite der Mantelfläche 210 sind sechs Verschraubungsstangen 214 angeordnet, die jeweils einen Stangenbereich aufweisen dessen Länge der Länge der Mantelfläche 210 entspricht. An den beiden Enden des Stangenbereichs ist jeweils ein Gewinde angeordnet, dass über die Mantelfläche 210 hinaussteht.

**[0043]** Die Kreisfläche 220, welche den Wassereinlass 222 aufweist, verfügt über eine Öffnung 221 in welcher der Wassereinlass 222 eingesetzt ist. Zwei weitere Öffnungen 223 dienen zur Aufnahme von elektrischen Durchführungen 224. Durch jeweils eine der elektrischen Durchführungen 224 ist einer der elektrischen Anschlüsse 253, 263 geführt. Jede elektrische Durchführung 224 ist jeweils mittels einer Mutter 225 an der Außenseite und einer Mutter 226 an der Innenseite der Kreisfläche 220 fixiert, indem die Muttern 225, 226 an einem Außengewinde der elektrischen Durchführungen 224 angebracht sind. Sowohl die Kreisfläche 220, welche die Öffnungen 221, 223 aufweist, als auch die weitere Kreisfläche 220 weisen jeweils sechs Bohrungen auf, durch welche die Gewindeabschnitte der Verschraubungsstangen 214 geführt sind. Jeweils eine Sechskanthutmutter 227 und eine Unterlegscheibe 228 werden dabei an jedem Gewindeabschnitt angebracht. Beide Kreisflächen 220 weisen an Ihrer Innenseite jeweils zwei Nuten 229 auf, in welcher der Rahmen 240 eingreift und so zwischen den beiden Kreisflächen 220 eingeklemmt ist. Jeweils zwei O-Ringe 231, 232 mit unterschiedlichem Durchmesser dienen dazu jede der Kreisflächen 220 gegenüber der Mantelfläche 210 abzudichten.

**[0044]** Der Rahmen 240 weist die Kathodenplatte 241 auf, die an ihrer Oberseite und an ihrer Unterseite gezahnt ist, um mit den Mäandern der Kathode 250 einzugreifen. Drei Fixierleisten 242 und drei Abstandshalter 243 verbinden die Kathodenplatte 241 mit der rahmenförmigen Anodenplatte 244. Zylinderschrauben 245 sind hierzu durch Bohrungen in der Kathodenplatte 241 und der Anodenplatte 244 geführt und enden in den Fixierleisten 242 und den Abstandshaltern 243. Durch jede der Fixierleisten 242 sind jeweils drei weitere Zylinderschrauben 246 geführt mittels welcher die Fixierleisten 242 mit der Innenseite der Kreisfläche 220 verschraubt sind, welche den Wassereinlass 222 aufweist.

**[0045]** Die Kathode 250 ist mittels Fixierklemmen 251 an der Kathodenplatte 241 festgeklemmt. Zwei Zylinderschrauben 252 befestigen hierzu jeweils eine der Fixierklemmen 251 an der Kathodenplatte 241.

**[0046]** Die Anode 260 ist als Graphitmembran (SIGRAFLEX® der Firma SGL Carbon) ausgeführt. Sie ist zwischen der rahmenförmigen Anodenplatte 244 und einem Anodenrahmen 261 eingeklemmt. Hierzu sind die Anodenplatte 244 und der Anodenrahmen 261 mit Zylinderschrauben 262 miteinander verschraubt. Der elektrische Anschluss 263 der Anode 260 ist an dieser angeschlossen.

**[0047]** Der Elektrolyseur enthält keine beweglichen Teile und unterliegt dadurch keinem mechanischen Verschleiß. Auch die Kathode 250 und die Anode 260 bestehen aus beständigen Materialien, die nicht abnutzen. Undichtigkeiten können an den Dichtflächen des Knallgasauslasses 212 und des Wassereinlasses 222 sowie an den O-Ringen 231, 232 entstehen, die bei Bedarf ausgetauscht werden können. Beim Öffnen des Elektrolyseurs 20 zum Austauschen der O-Ringe 231, 232 kann auch sein Innenraum von dort abgelagertem Natriumchlorid gereinigt werden, welches bei Übersättigung des Wassers mit diesem Elektrolyten gegebenenfalls ausfallen kann.

**[0048]** Während des Betriebs erwärmt sich der Elektrolyseur 20 geringfügig. Diese Abwärme wird an die Umgebung abgegeben. Die Erwärmung ist dabei so gering, dass keine aktive Kühlung für den Elektrolyseur 20 benötigt wird, solange eine ungehinderte Wärmeabgabe an die Umgebung sichergestellt ist.

**[0049]** Aus 1,0 mol Wasser kann im Elektrolyseur Knallgas erzeugt werden, welches 1,0 mol Wasserstoff und 0,5 mol Sauerstoff entspricht. 1,5 mol Gas weist unter Normalbedingungen ( $T = 20^\circ\text{C}$ ,  $p = 1013,25\text{ hPa}$ ) ein Volumen von  $3670,50\text{ cm}^3$  auf. Bei der Verbrennung des Knallgases wird dieses Volumen auf das Flüssigkeitsvolumen von 1,0 mol Wasser verringert, welches  $18\text{ cm}^3$  beträgt. Diese Volumenverringerung entspricht einer Dekompression von  $199,9 : 1$ .

**[0050]** Die Elektrolyse von 1,0 mol Wasser benötigt bei einer Temperatur von  $20^\circ\text{C}$  und einem Druck von  $1013,25\text{ hPa}$  theoretisch eine elektrische Energie von  $571,8\text{ kJ}$  bzw.  $158,96\text{ Wh}$ . Bei einem Wirkungsgrad des Elektrolyseurs von  $75\%$  ergibt sich ein realer Energieverbrauch von  $212\text{ Wh/mol}$ .

**[0051]** Es konnte gezeigt werden, dass der Betrieb eines VW Golf 1.4 mit einem 1,4 l, Vierzylinder-Ottomotor mit nominal  $75\text{ kW}$  Leistung mittels des voranstehend beschriebenen Gasversorgungssystems 10, dessen Elektrolyseur mit  $12\text{ V}$  Bordspannung betrieben wird und dessen Druckminderer 14 Knallgas mit einem Druck von  $80\text{ hPa}$  in die Kraftstoffhochdruckpumpe 41 leitet, auf einer Fahrtstrecke von  $100\text{ km}$   $1,4\text{ l}$  Wasser verbraucht. Dies entspricht einer Stoffmenge von  $77,78\text{ mol}$  Wasser, für dessen Elektrolyse bei dem oben genannten Energieverbrauch  $16,49\text{ kW}$  elektrische Energie verbraucht werden. Bei unterschiedlichen Durchschnittsgeschwindigkeiten  $v$  und Fahrzeiten  $t$  führt dies zu den in Tabelle 1 genannten Werten für den elektrischen Stromfluss  $I$  durch den Elektrolyseur 20 und für die durchschnittliche elektrische Leistung  $P$  des Elektrolyseurs 20:

Tabelle 1

| $v$ | [km/h] | 35   | 80   | 200  |
|-----|--------|------|------|------|
| $t$ | [h]    | 2,86 | 1,25 | 0,50 |
| $I$ | [A]    | 0,48 | 1,10 | 2,75 |
| $P$ | [W]    | 5,8  | 13,2 | 33,0 |

**[0052]** Dabei wurde eine Drehzahl des Verbrennungsmotors 50 von  $2000\text{ rpm}$  angenommen, womit ein Takt des Viertakt-Motors jeweils eine Zeit von  $15\text{ ms}$  in Anspruch nimmt.

**[0053]** Auch wenn die Anwendung des Energiewandlers im voranstehenden Ausführungsbeispiel anhand seiner Verwendung in einem Kraftfahrzeug beschrieben wurde, kann er nicht nur in Automobilen und nicht nur unter Verwendung von Ottomotoren zum Einsatz kommen. Das Gasversorgungssystem kann für alle mobilen oder stationären direkteinspritzenden Verbrennungsmotoren, unabhängig vom bisher verwendeten Kraftstoff, wie Benzin, Diesel, Gas oder anderen Kraftstoffen eingesetzt werden. Damit kann das Gasversorgungssystem auch in der Schifffahrt, in Kraftwerken oder für lokale Generatoren eingesetzt werden. Grundsätzlich kann das Gasversorgungssystem mit jedem direkteinspritzenden Verbrennungsmotor, unabhängig von dessen Größe oder Nutzung, eingesetzt werden.

**[0054]** Bei stationären Anwendungen des Energiewandlers, welcher das erfindungsgemäße Gasversorgungssystem aufweist, können sowohl die mechanische Energie als auch die thermische Energie genutzt werden, beispielsweise zur Stromgewinnung per Generator (mechanische Energie) mit gleichzeitiger Nutzung der Abwärme (thermische Energie), um damit Dampf zu erzeugen.

**[0055]** Fracht- und Passagierschiffe können auf diese Weise den gesamten Energiebedarf für sowohl den Antrieb als auch die Elektrizitäts- und die Warmwasserversorgung, die Heizung der Schiffe, sowie auf See den Betrieb der Entsalzungsanlagen für Meerwasser sicherstellen. Die zum Betrieb nötigen Wassermengen können bei Schiffen dem jeweiligen Gewässer direkt entnommen werden, Stopps zur Betankung an Tankstellen in Häfen oder an Anlegestellen werden dadurch überflüssig. Meerwasser enthält bereits Natriumchlorid als Elektrolyt. Da der Salzgehalt des Meerwassers zu hoch ist (ca.  $35\text{ g/l}$  Meerwasser), sollte dieses mit Süßwasser (beispielsweise aus einer bordeigenen Meerwasserentsalzungsanlage) verdünnt werden (ca.  $87\text{ l}$  Süßwasser auf  $1\text{ l}$  Meerwasser). In der Binnenschifffahrt kann dem Süßwasser ein Elektrolyt in der notwendigen Menge zugegeben werden.

**[0056]** Zu den erweiterten Einsatzmöglichkeiten gehört nicht zuletzt die Umrüstung von Kohle-, Öl- oder Gaskraftwerken, in denen der Antrieb der Turbinen bisher durch Wasserdampf erfolgt, der durch Verbrennung

von Kohle, Öl oder Gas erzeugt wird. Bei Einsatz entsprechender Aggregate, die mit dem erfindungsgemäßen Gasversorgungssystem betrieben werden, erfolgt der Antrieb der Turbinen direkt durch die Aggregate. Die Abwärme der Aggregate kann weiterhin zur Dampferzeugung genutzt werden. Dadurch können mit relativ geringen Kosten bestehende Kohle-, Öl- oder Gaskraftwerke umgebaut und weiter genutzt werden, ohne jedoch wie vorher die Umwelt zu belasten, und ohne dass diese Kraftwerke stillgelegt und verlassen werden müssen.

## Patentansprüche

### 1. Energiewandler, aufweisend

- ein Gasversorgungssystem (10), aufweisend

- einen Elektrolyseur (20), der mindestens eine Kathode (250) und mindestens eine Anode (260) mit einem gemeinsamen Knallgasauslass (212) aufweist,
- einen Knallgastank (12) mit einem Volumen im Bereich von 800 cm<sup>3</sup> bis 1000 cm<sup>3</sup>, der fluidisch mit dem Knallgasauslass (212) verbunden ist, und
- eine Knallgasleitung (13), die fluidisch mit dem Knallgastank (12) verbunden ist,

- einen direkteinspritzenden Verbrennungsmotor (50), dessen Hochdruckspeicher (43) über eine Hochdruckpumpe (41) fluidisch mit der Knallgasleitung (13) des Gasversorgungssystems (10) verbunden ist, und

- einen Wassertank (30), der fluidisch mit einem Wassereinlass (222) des Elektrolyseurs (20) des Gasversorgungssystems (10) verbunden ist.

2. Energiewandler nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gasversorgungssystem (10) weiterhin einen Überdruckschalter (15) aufweist, der eingerichtet ist, um in Abhängigkeit von einem Druck im Knallgastank (12) den Elektrolyseur (20) abzuschalten.

3. Energiewandler nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gasversorgungssystem (10) weiterhin einen Druckminderer (14) aufweist, der in der Knallgasleitung (13) angeordnet ist.

4. Energiewandler nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Elektrolyseur (20) ein kreiszylinderförmiges Gehäuse aufweist, wobei ein Wassereinlass (222) in einer Kreisfläche (220) angeordnet ist und der Knallgasauslass (212) in einer Mantelfläche (210) angeordnet ist.

5. Energiewandler nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein quaderförmiger Rahmen (240) in dem Gehäuse angeordnet ist und die Kathode (250) und die Anode (260) jeweils an einer Seitenfläche (241, 244) des Rahmens (240) angeordnet sind.

6. Energiewandler nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verbrennungsmotor (50) ein Viertaktverbrennungsmotor ist.

7. Energiewandler nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verbrennungsmotor (50) einen Generator (54) antreibt und der Generator (54) über eine elektrische Verbindung (61) mit dem Elektrolyseur (20) verbunden ist.

8. Energiewandler nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Generator (54) elektrisch mit einem Energiespeicher (60) verbunden ist, der über die elektrische Verbindung (61) mit dem Elektrolyseur (20) verbunden ist.

9. Energiewandler nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektrische Verbindung (61) zwischen dem Generator (54) und dem Elektrolyseur (20) durch einen Überdruckschalter (15) des Gasversorgungssystems (10) verläuft.

10. Energiewandler nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verbrennungsmotor (50) in einem Kraftfahrzeug angeordnet ist.

11. Energiewandler nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wassertank (30) ein Kraftstofftank des Kraftfahrzeugs ist.

12. Energiewandler nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Luftzufuhr (51) des Verbrennungsmotors (50) verschlossen ist.

13. Energiewandler nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Kühlwasserpumpe des Verbrennungsmotors (50) abgeschaltet ist.

## Claims

### 1. Energy converter, having

- a gas supply system (10), having

- an electrolyser (20), which has at least one cathode (250) and at least one anode (260) with a shared oxyhydrogen outlet (212),
- an oxyhydrogen tank (12) with a volume

in the range of from 800 cm<sup>3</sup> to 1000 cm<sup>3</sup> that is fluidically connected to the oxyhydrogen outlet (212), and  
- an oxyhydrogen conduit (13) that is fluidically connected to the oxyhydrogen tank (12),

- a direct-injection internal combustion engine (50), of which the high-pressure accumulator (43) is fluidically connected to the oxyhydrogen conduit (13) of the gas supply system (10), and
- a water tank (30) that is fluidically connected to a water inlet (222) of the electrolyser (20) of the gas supply system (10).

2. Energy converter according to claim 1, **characterised in that** the gas supply system (10) further has an overpressure switch (15) that is equipped to switch off the electrolyser (20) depending on a pressure in the oxyhydrogen tank (12).

3. Energy converter according to claim 1 or 2, **characterised in that** the gas supply system (10) further has a pressure reducer (14) that is arranged in the oxyhydrogen conduit (13).

4. Energy converter according to one of claims 1 to 3, **characterised in that** the electrolyser (20) has a circular-cylindrical housing, wherein a water inlet (222) is arranged in a circular surface (220) and the oxyhydrogen outlet (212) is arranged in a lateral surface (210).

5. Energy converter according to claim 4, **characterised in that** a cuboid frame (240) is arranged in the housing and the cathode (250) and the anode (260) are respectively arranged on a side surface (241, 244) of the frame (240).

6. Energy converter according to one of claims 1 to 5, **characterised in that** the internal combustion engine (50) is a four-stroke internal combustion engine.

7. Energy converter according to one of claims 1 to 6, **characterised in that** the internal combustion engine (50) drives a generator (54) and the generator (54) is connected to the electrolyser (20) via an electrical connection (61).

8. Energy converter according to claim 7, **characterised in that** the generator (54) is electrically connected to an energy store (60) that is connected to the electrolyser (20) via the electrical connection (61).

9. Energy converter according to claim 7 or 8, **characterised in that** the electrical connection (61) between the generator (54) and the electrolyser (20)

passes through an overpressure switch (15) of the gas supply system (10).

10. Energy converter according to one of claims 1 to 9, **characterised in that** the internal combustion engine (50) is arranged in a motor vehicle.

11. Energy converter according to claim 10, **characterised in that** the water tank (30) is a fuel tank of the motor vehicle.

12. Energy converter according to claim 10 or 11, **characterised in that** an air feed (51) of the internal combustion engine (50) is closed.

13. Energy converter according to one of claims 10 to 12, **characterised in that** a cooling water pump of the internal combustion engine (50) is switched off.

## Revendications

1. Convertisseur d'énergie, présentant :

- un système d'alimentation en gaz (10) présentant :

- un électrolyseur (20) présentant au moins une cathode (250) et au moins une anode (260) dotées d'une sortie commune d'oxyhydrogène (212),
- un réservoir d'oxyhydrogène (12) d'un volume compris entre 800 cm<sup>3</sup> et 1000 cm<sup>3</sup> et relié fluidiquement à la sortie d'oxyhydrogène (212), et
- une conduite d'oxyhydrogène (13) relié fluidiquement au réservoir d'oxyhydrogène (12),

- un moteur à combustion interne à injection directe (50), dont l'accumulateur haute pression (43) est relié fluidiquement à la conduite d'oxyhydrogène (13) du système d'alimentation en gaz (10) par l'intermédiaire d'une pompe haute pression (41), et
- un réservoir d'eau (30) en communication fluide avec une entrée d'eau (222) de l'électrolyseur (20) du système d'alimentation en gaz (10).

2. Convertisseur d'énergie selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le système d'alimentation en gaz (10) présente en outre un pressostat (15) agencé pour éteindre l'électrolyseur (20) en fonction d'une pression régnant dans le réservoir d'oxyhydrogène (12).

3. Convertisseur d'énergie selon la revendication 1 ou

2, **caractérisé en ce que** le système d'alimentation en gaz (10) présente en outre un réducteur de pression (14) disposé dans la conduite d'oxyhydrogène (13).

5

4. Convertisseur d'énergie selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'électrolyseur (20) présente un boîtier cylindrique circulaire, une entrée d'eau (222) étant située dans une surface circulaire (220) et la sortie d'oxyhydrogène (212) dans une surface latérale (210). 10
5. Convertisseur d'énergie selon la revendication 4, **caractérisé en ce qu'un** bâti cuboïde (240) est situé dans le boîtier et la cathode (250) et l'anode (260) sont situées chacune sur une surface latérale (241, 244) du bâti (240). 15
6. Convertisseur d'énergie selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** le moteur à combustion interne (50) est un moteur à combustion interne à quatre temps. 20
7. Convertisseur d'énergie selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** le moteur à combustion interne (50) entraîne un générateur (54) et le générateur (54) est relié à l'électrolyseur (20) par une liaison électrique (61). 25
8. Convertisseur d'énergie selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** le générateur (54) est relié électriquement à un accumulateur d'énergie (60) relié à l'électrolyseur (20) par ladite liaison électrique (61). 30
9. Convertisseur d'énergie selon la revendication 7 ou 8, **caractérisé en ce que** la liaison électrique (61) entre le générateur (54) et l'électrolyseur (20) passe par un pressostat (15) du système d'alimentation en gaz (10). 35
10. Convertisseur d'énergie selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** le moteur à combustion interne (50) est disposé dans un véhicule automobile. 40
11. Convertisseur d'énergie selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** le réservoir d'eau (30) est un réservoir de carburant du véhicule automobile. 45
12. Convertisseur d'énergie selon la revendication 10 ou 11, **caractérisé en ce qu'une** alimentation en air (51) du moteur à combustion interne (50) est obtenue. 50
13. Convertisseur d'énergie selon l'une des revendications 10 à 12, **caractérisé en ce qu'une** pompe à eau de refroidissement du moteur à combustion interne (50) est arrêtée. 55

Fig. 1

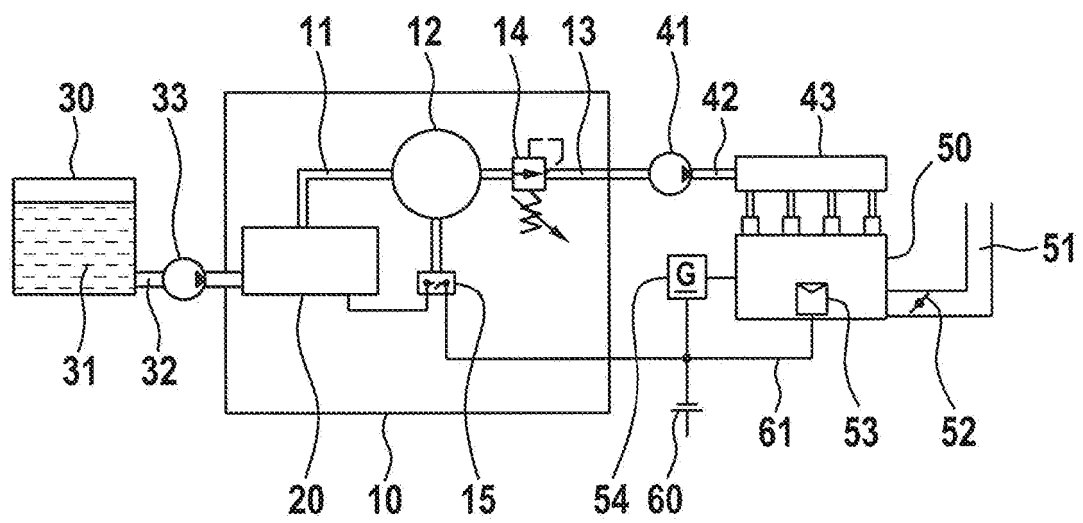


Fig. 2

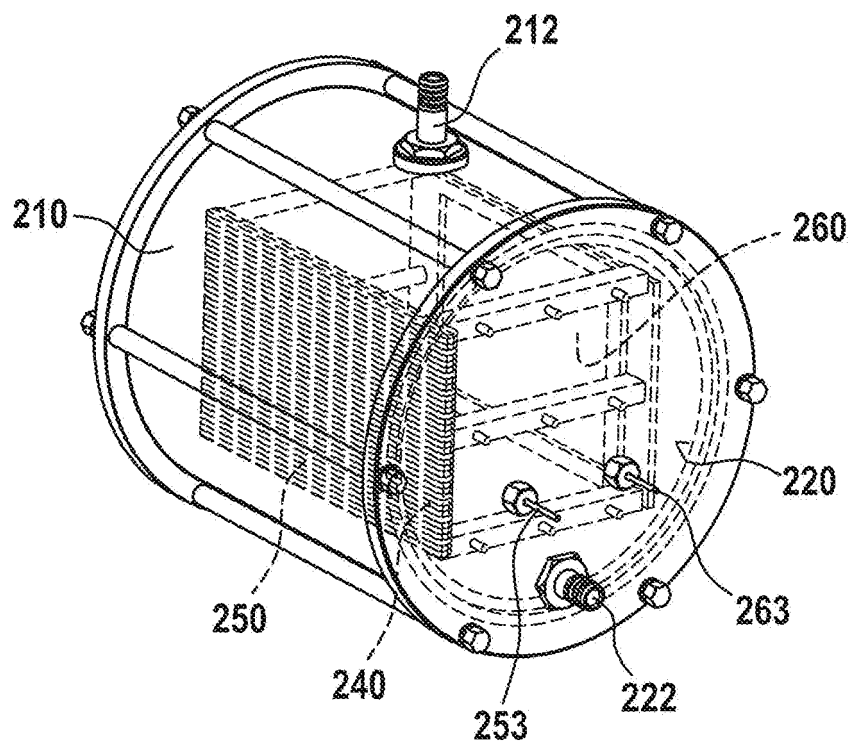


Fig. 3

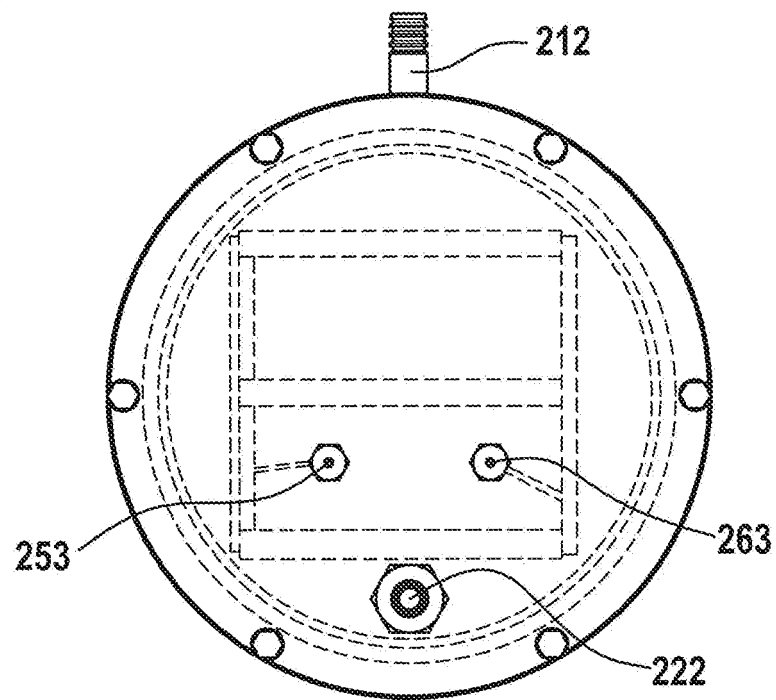


Fig. 4

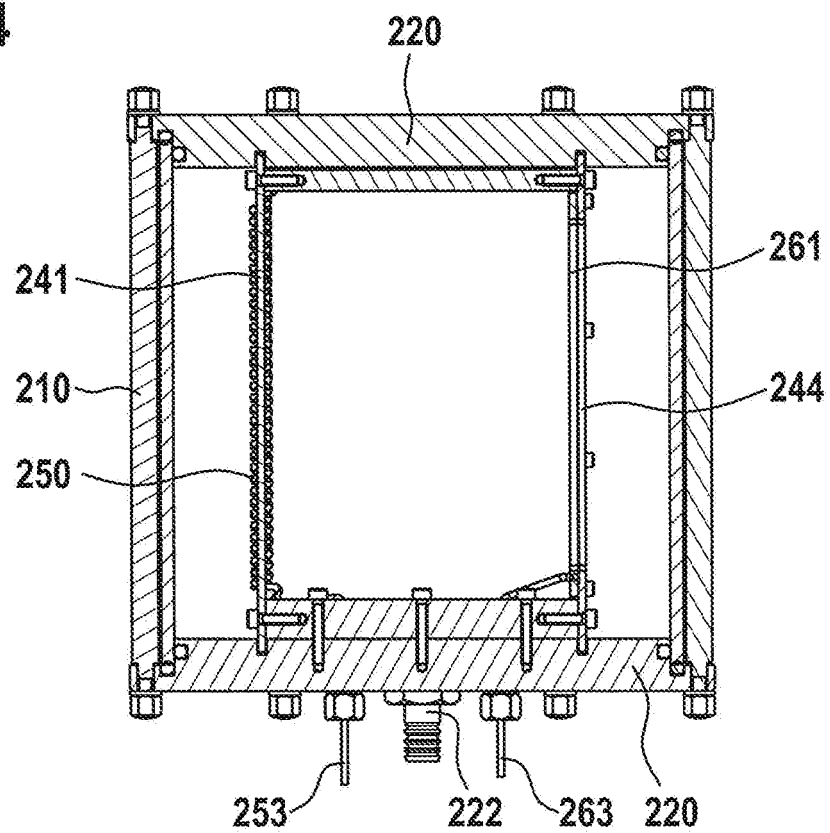
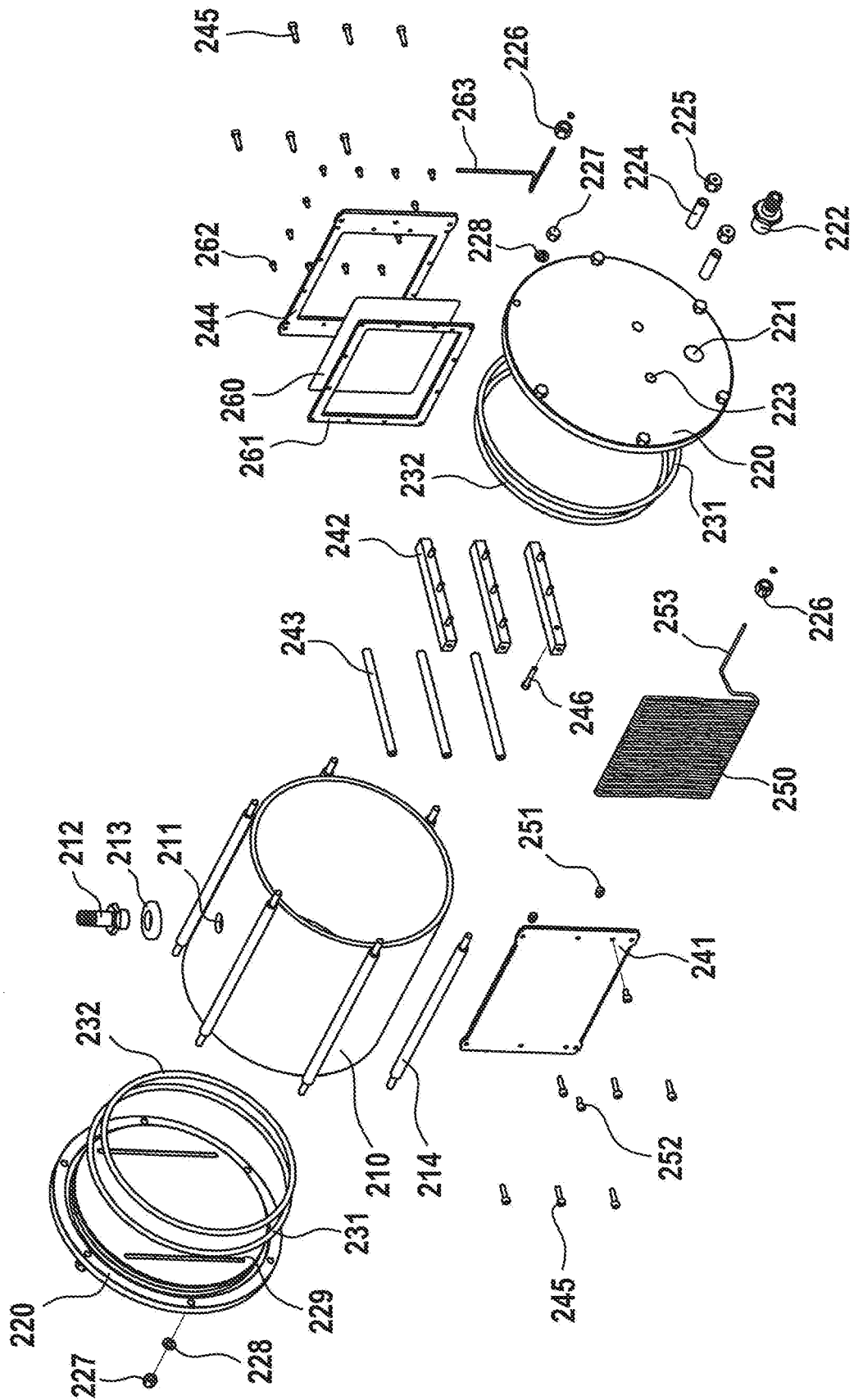


Fig. 5



**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**

- US 20090320789 A1 [0003]
- WO 2020075178 A1 [0004]
- US 20070080070 A1 [0005]