(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
09. Januar 2025 (09.01.2025)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2025/008028 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
F17C 13/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2024/100605

(22) Internationales Anmeldedatum:
04. Juli 2024 (04.07.2024)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2023 117 630.7
04. Juli 2023 (04.07.2023) DE

(71) Anmelder: **BAYERISCHE MOTOREN WERKE AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Petuelring 130, 80809 München (DE).

(72) Erfinder: **HUETTEN, Clemens**; Johann-Ziegler-Str. 15, 85221 Dachau (DE). **DETMAR, Christopher**; Hermine-von-Parish-Str. 28, 81245 München (DE). **PELGER, Andreas**; Seidl-Kreuz-Weg 70, 85737 Ismaning (DE). **ZOTTER, Alexander**; Ludwig-Richter-Straße 20, 80687 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(54) **Title:** METHOD AND DEVICE FOR DETERMINING THE PRESSURE IN A PRESSURE VESSEL

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ERMITTLUNG DES DRUCKS IN EINEM DRUCKBEHÄLTER

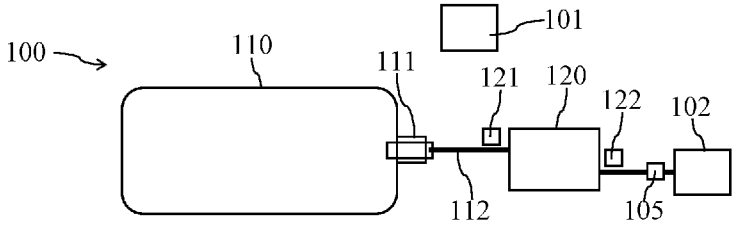


Fig. 1

(57) **Abstract:** The present invention relates to a device (101) for determining pressure information related to the pressure of fuel in a pressure vessel (110) of a pressure vessel system (100), the pressure vessel system (100) being designed to conduct fuel from the pressure vessel (110) via a pressure transducer (120) to an energy converter (102), and the pressure vessel system (100) being equipped with a low-pressure sensor (122) on a low-pressure side of the pressure transducer (120). The device (101) is designed to determine that the pressure vessel system (100) is in a measurement operating situation, and to record a measurement value of the fuel pressure on the low-pressure side of the pressure transducer (120) using the low-pressure sensor (122). The device (101) is also designed to determine the pressure information related to the fuel pressure in the pressure vessel (110) based on the measurement value from the low-pressure sensor (122).

(57) **Zusammenfassung:** Die hier offenbarte Technologie betrifft erfindungsgemäß eine Vorrichtung (101) zur Ermittlung von Druckinformation in Bezug auf den Brennstoff-Druck von Brennstoff in einem Druckbehälter (110) eines Druckbehältersystems (100), wobei das Druckbehältersystem (100) ausgebildet ist, Brennstoff aus dem Druckbehälter (110) über einen Druckwandler (120) zu einem Energiewandler (102) zu leiten, und wobei das Druckbehältersystem (100) auf einer Niederdruckseite des Druckwandlers (120) einen Niederdrucksensor (122) aufweist. Die Vorrichtung (101) ist eingerichtet, zu bestimmen, dass eine Mess- Betriebssituation des Druckbehältersystems (100) vorliegt, und anhand des Niederdrucksensors (122) einen Messwert des Brennstoff-Drucks auf der Niederdruckseite des Druckwandlers (120) zu erfassen. Die Vorrichtung (101) ist ferner eingerichtet, die Druckinformation in Bezug auf den Brennstoff-Druck in dem Druckbehälter (110) auf Basis des Messwertes des Niederdrucksensors (122) zu ermitteln.

WO 2025/008028 A1

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Verfahren und Vorrichtung zur Ermittlung des Drucks in einem Druckbehälter

Die hier offenbarte Technologie betrifft ein Verfahren und eine entsprechende Vorrichtung, die darauf ausgerichtet sind, Druckinformation in Bezug auf den Brennstoff-Druck von Brennstoff in einem Druckbehälter zu ermitteln, insbesondere um einen sicheren Betrieb des Druckbehälters zu gewährleisten.

Ein Straßenkraftfahrzeug kann einen Brennstoffzellenstapel aufweisen, der auf Basis eines Brennstoffs, wie z.B. Wasserstoff, elektrische Energie für den Betrieb, insbesondere für den Antrieb, des Fahrzeugs generiert. Der Brennstoff kann in ein oder mehreren Druckbehältern eines Druckbehältersystems des Fahrzeugs gespeichert werden, und kann bei Bedarf über Leitungen dem Brennstoffzellenstapel zugeführt werden. Das Druckbehältersystem umfasst typischerweise einen Drucksensor, der ausgebildet ist, Messwerte in Bezug auf den Brennstoff-Druck von Brennstoff in den ein oder mehreren Druckbehälters zu erfassen.

Die ein oder mehreren Druckbehälter des Druckbehältersystems und der Drucksensor können jeweils für einen Nenndruck von 350 barü oder mehr, oder 700 barü oder mehr ausgebildet sein. Der Messfehler eines Drucksensors ist typischerweise proportional zu dem Nenndruck, für den der Drucksensor ausgelegt ist (z.B. 1-2% des Nenndrucks bzw. des Full Scale Drucks). Der Messwert des Drucksensors kann somit einen Messfehler von 10-20bar aufweisen. Dies kann bei einer Situation mit einem relativ niedrigen Brennstoff-Druck dazu führen, dass der Brennstoff-Druck nur mit relativ niedriger Genauigkeit ermittelt werden kann

Es ist eine bevorzugte Aufgabe der hier offenbarten Technologie, zumindest einen Nachteil von einer vorbekannten Lösung zu verringern oder zu beheben oder eine alternative Lösung vorzuschlagen. Es ist eine bevorzugte Aufgabe der hier offenbarten Technologie, eine effiziente und präzise Ermittlung des Brennstoff-Drucks in einem Druckbehälter eines Druckbehältersystems zu ermöglichen.

Die Aufgabe(n) wird/werden gelöst durch den Gegenstand der unabhängigen Patentansprüche. Die abhängigen Ansprüche stellen bevorzugte Ausgestaltungen dar.

Gemäß einem Aspekt wird eine Vorrichtung zur Ermittlung von Druckinformation in Bezug auf den Brennstoff-Druck von Brennstoff in einem Druckbehälter eines Druckbehältersystems beschrieben. Die Druckinformation kann ggf. dazu verwendet werden, die verbliebene Menge an Brennstoff in dem Druckbehälter zu ermitteln (z.B. anhand eines vordefinierten Modells). Die Brennstoff-Menge kann dazu verwendet werden, die Reichweite eines Fahrzeugs zu ermitteln bzw. zu schätzen, in dem das Druckbehältersystem verbaut ist. Alternativ oder ergänzend kann die Druckinformation dazu verwendet werden, zu überprüfen, ob der Brennstoff-Druck den zulässigen Mindestdruck des Druckbehälters erreicht oder nicht.

Das Druckbehältersystem kann ein oder mehrere Druckbehälter zur Speicherung des Brennstoffs (insbesondere von Wasserstoff, etwa H_2, oder von Compressed Natural Gas (CNG)) umfassen. Das Druckbehältersystem kann Teil eines übergeordneten Systems (z.B. eines Fahrzeugs) sein. Das übergeordnete System (oder das Druckbehältersystem) kann einen Energiewandler umfassen, der eingerichtet ist, auf Basis von Brennstoff aus dem Druckbehältersystem

elektrische Energie für den Betrieb des übergeordneten Systems zu erzeugen. In einem bevorzugten Beispiel ist das übergeordnete System ein Kraftfahrzeug (etwa ein Personenkraftfahren, ein Lastkraftwagen, ein Motorrad, ein Bus, etc.). Die erzeugte elektrische Energie kann für den Betrieb eines elektrischen Antriebsmotors des Kraftfahrzeugs verwendet werden.

Das Druckbehältersystem kann insbesondere zur Speicherung von unter Umgebungsbedingungen gasförmigen Brennstoff dienen. Das Druckbehältersystem kann beispielsweise in einem Kraftfahrzeug eingesetzt werden, das mit komprimiertem (auch Compressed Natural Gas oder CNG genannt) oder verflüssigtem (auch Liquid Natural Gas oder LNG genannt) Erdgas oder mit Wasserstoff (insbesondere H_2) als Brennstoff betrieben wird. Das Druckbehältersystem ist typischerweise mit mindestens einem Energiewandler fluidverbunden, der eingerichtet ist, chemische Energie des Brennstoffs in ein oder mehrere andere Energieformen umzuwandeln, beispielsweise in elektrische Energie und/oder in Bewegungsenergie. Der Energiewandler kann beispielsweise eine Brennkraftmaschine oder ein Brennstoffzellensystem bzw. ein Brennstoffzellenstapel mit mindestens einer Brennstoffzelle sein.

Das Druckbehältersystem umfasst typischerweise mindestens einen Druckbehälter, insbesondere einen composite overwrapped pressure vessel. Der Druckbehälter kann beispielsweise ein kryogener Druckbehälter oder ein Hochdruckgasbehälter sein.

Hochdruckgasbehälter sind ausgebildet, bei Umgebungstemperaturen Brennstoff dauerhaft bei einem nominalen Betriebsdruck (auch nominal working pressure oder NWP genannt) von mindestens 350 barü (= Überdruck gegenüber dem Atmosphärendruck) oder mindestens 700 barü zu speichern. Ein kryogener Druckbehälter ist geeignet, den Brennstoff bei den vorgenannten Betriebsdrücken auch bei Temperaturen zu speichern, die deutlich (z.B. mehr als 50 Kelvin oder mehr als 100 Kelvin) unter der Betriebstemperatur des Kraftfahrzeuges liegen.

Das Druckbehältersystem umfasst z.B. eine Leitung, die ausgebildet ist, Brennstoff aus dem Druckbehälter über einen Druckwandler (insbesondere über einen Druckregler) zu dem Energiewandler zu leiten. Der Druckwandler kann ausgebildet sein, den Druck von Brennstoff zu reduzieren. Am Eingang des Druckwandlers kann eine Hochdruckseite angeordnet sein (zwischen dem Druckbehälter und dem Druckwandler), die für den relativ hohen Brennstoff-Druck des Druckbehälters ausgelegt ist.

Der Druckwandler kann ausgebildet sein, an der Niederdruckseite an dem Ausgang des Druckwandlers, insbesondere durch (binäres) Öffnen und Schließen eines Ventils und/oder durch Variieren des Öffnungsgrads des Ventils, den Brennstoff-Druck auf einen bestimmten Solldruck einzustellen. Beispielsweise kann der Öffnungsgrad des Ventils des Druckwandlers in kontinuierlicher Weise zwischen 0% und 100% variiert werden. Der Öffnungsgrad kann erhöht werden, wenn der Istdruck (d.h. der Istwert des Drucks) am Ausgang des Druckwandlers kleiner als der Solldruck ist. Andererseits kann der Öffnungsgrad reduziert werden, wenn der Istdruck am Ausgang des Druckwandlers kleiner als der Solldruck ist. Dabei kann der Solldruck kleiner, insbesondere um einen Faktor 2 oder mehr, oder um einen Faktor 5 oder mehr, oder um einen Faktor 10 oder mehr kleiner, als der Nenndruck des Druckbehälters sein (für den die Hochdruckseite ausgelegt).

Das Druckbehältersystem weist auf der Niederdruckseite des Druckwandlers (d.h. auf der von der Hochdruckseite und/oder von dem Druckbehälter abgewandten Seite des Druckwandlers) einen Niederdrucksensor auf. Der Niederdrucksensor kann für den Solldruck der Niederdruckseite ausgelegt sein.

Des Weiteren kann das Druckbehältersystem auf der Hochdruckseite (zwischen dem Druckbehälter und dem Eingang des Druckwandlers) einen Hochdrucksensor

aufweisen. Der Hochdrucksensor kann für den Nenndruck des Druckbehälters ausgebildet sein.

Die Vorrichtung ist eingerichtet, zu bestimmen, dass eine Mess-Betriebssituation des Druckbehältersystems vorliegt. Insbesondere kann die Vorrichtung eingerichtet sein, an einem Überprüfungszeitpunkt zu überprüfen, ob eine Mess-Betriebssituation vorliegt oder nicht. Eine Mess-Betriebssituation kann z.B. vorliegen, wenn der Druckwandler geöffnet ist (z.B. vollständig und/oder mit einem Öffnungsgrad von 100% geöffnet ist). Dies kann auf Basis des Brennstoff-Drucks auf der Niederdruckseite erkannt werden. Die Vorrichtung kann z.B. eingerichtet sein, im Rahmen der Überprüfung an dem Überprüfungszeitpunkt dahingehend, ob eine Mess-Betriebssituation vorliegt oder nicht, einen Messwert des Niederdrucksensors, der an dem Überprüfungszeitpunkt erfasst wurde, mit dem Sollwert des Brennstoff-Drucks von Brennstoff auf der Niederdruckseite zu vergleichen. Es kann bestimmt werden, dass der Druckwandler geöffnet ist, wenn der Messwert des Niederdrucksensors kleiner als der Sollwert des Brennstoff-Drucks von Brennstoff auf der Niederdruckseite ist.

Ferner kann eine Voraussetzung für das Vorliegen einer Mess-Betriebssituation sein, dass keine Zufuhr von Brennstoff zu dem Energiewandler erfolgt. Das Druckbehältersystem kann ein Zufuhr-Ventil umfassen, das zwischen dem Druckwandler und dem Energiewandler (insbesondere an der Brennstoff-Zuleitung des Energiewandlers) angeordnet ist. Die Vorrichtung kann eingerichtet sein, im Rahmen der Überprüfung an dem Überprüfungszeitpunkt dahingehend, ob die Mess-Betriebssituation vorliegt oder nicht, zu ermitteln, ob das Zufuhr-Ventil an dem Überprüfungs-Zeitpunkt geöffnet oder geschlossen ist. Es kann bestimmt werden, dass keine Zufuhr von Brennstoff zu dem Energiewandler erfolgt, wenn ermittelt wird, dass das Zufuhr-Ventil geschlossen ist.

Es kann somit überprüft werden, ob eine Mess-Betriebssituation des Druckbehältersystems vorliegt, die sich für die Ermittlung der Druckinformation auf Basis eines Messwertes des Niederdrucksensors eignet.

Die Vorrichtung ist ferner eingerichtet, bei Vorliegen einer Mess-Betriebssituation anhand des Niederdrucksensors einen Messwert des Brennstoff-Drucks auf der Niederdruckseite des Druckwandlers zu erfassen. Des Weiteren ist die Vorrichtung eingerichtet, die Druckinformation in Bezug auf den Brennstoff-Druck in dem Druckbehälter auf Basis des Messwertes des Niederdrucksensors zu ermitteln. Die Druckinformation kann insbesondere angeben, ob ein bestimmter Mindestdruck-Schwellenwert für den zulässigen Mindestdruck des Druckbehälters erreicht oder unterschritten wurde.

Die Vorrichtung kann eingerichtet sein, auf Basis des Messwertes des Niederdrucksensors als Druckinformation zu ermitteln, ob der Mindestdruck-Schwellenwert für den Brennstoff-Druck in dem Druckbehälter erreicht oder unterschritten wurde. Der Mindestdruck-Schwellenwert kann z.B. um einen bestimmten Sicherheitsbetrag über dem zulässigen Mindestdruck des Druckbehälters liegen.

Die Vorrichtung kann insbesondere eingerichtet sein, den Messwert des Niederdrucksensors mit dem Mindestdruck-Schwellenwert zu vergleichen. Es kann dann in Abhängigkeit von dem Vergleich, insbesondere dann, wenn der Messwert des Niederdrucksensors gleich wie oder kleiner als der Mindestdruck-Schwellenwert ist, bestimmt werden, dass der Mindestdruck-Schwellenwert für den Brennstoff-Druck von Brennstoff in dem Druckbehälter erreicht oder unterschritten wurde.

Die Vorrichtung kann ferner eingerichtet sein, ein oder mehrere Sicherheitsmaßnahmen in Bezug auf den Druckbehälter zu bewirken, wenn ermittelt wird, dass der Mindestdruck-Schwellenwert für den Brennstoff-Druck

von Brennstoff in dem Druckbehälter erreicht oder unterschritten wurde. Beispielhafte Sicherheitsmaßnahmen umfassen,

- das Schließen des Absperrventils des Druckbehälters;
- das Deaktivieren des Druckbehältersystems, insbesondere des Energiewandlers; und/oder
- das Ausgeben eines Hinweises an den Nutzer des Druckbehältersystems.

Es wird somit eine Vorrichtung beschrieben, die ausgebildet ist, bei Vorliegen einer Mess-Betriebssituation ein oder mehrere Messwerte des Niederdrucksensors des Druckbehältersystems zu verwenden, um den Brennstoff-Druck in dem Druckbehälter zu ermitteln und um ggf. basierend darauf zu überprüfen, ob der zulässige Mindestdruck des Druckbehälters erreicht wird. So kann in besonders effizienter Weise ein besonders sicherer Betrieb des Druckbehälters ermöglicht werden. Insbesondere kann so ein Mindestdruck-Schwellenwert verwendet werden, der relativ nah bei dem zulässigen Mindestdruck liegt, und somit nur einen relativ kleinen zusätzlichen Sicherheitsbetrag aufweist (im Vergleich zu einem Druck-Schwellenwert, der (aufgrund des erhöhten Messfehlers) für Messwerte des Hochdrucksensors zu verwenden ist).

Die Vorrichtung kann eingerichtet sein, zu bestimmen, dass das Absperrventil des Druckbehälters geöffnet ist (und somit die Hochdruckseite des Druckwandlers fluidleitend mit dem Druckbehälter verbunden ist). Es kann in Reaktion darauf, insbesondere erst in Reaktion darauf, bestimmt werden, dass eine Mess-Betriebssituation des Druckbehältersystems vorliegt. Als weitere Voraussetzung für das Vorliegen einer Mess-Betriebssituation kann es somit erforderlich sein, dass das Absperrventil des Druckbehälters geöffnet ist. So kann der Brennstoff-Druck in dem Druckbehälter mit erhöhter Genauigkeit auf Basis eines Messwertes des Niederdrucksensors ermittelt werden.

Die Vorrichtung kann eingerichtet sein, einen Messwert des Hochdrucksensors mit einem Druck-Schwellenwert zu vergleichen. Der Druck-Schwellenwert kann

von dem Messfehler und/oder von der Messtoleranz des Hochdrucksensors abhängen. Des Weiteren kann der Druck-Schwellenwert größer als der zulässige Mindestdruck von Brennstoff in dem Druckbehälter sein, der aus Sicherheitsgründen nicht zu unterschreiten ist. Typischerweise ist der Druck-Schwellenwert größer als der Mindestdruck-Schwellenwert, der für die Ermittlung der Druckinformation auf Basis des Messwertes des Niederdrucksensors verwendet wird (aufgrund der Tatsache, dass der Niederdrucksensor eine höhere Messgenauigkeit aufweist als der Hochdrucksensor).

Ggf. kann der Druck-Schwellenwert kleiner als der Sollwert für den Brennstoff-Druck von Brennstoff auf der Niederdruckseite des Druckwandlers sein.

Die Druckinformation (insbesondere die Tatsachse, ob der Mindestdruck des Druckbehälters erreicht wird) kann auf Basis des Messwertes des Hochdrucksensors ermittelt werden, wenn der Messwert des Hochdrucksensors gleich wie oder größer als der Druck-Schwellenwert ist.

Andererseits kann die Druckinformation (insbesondere die Tatsachse, ob der Mindestdruck des Druckbehälters erreicht wird) auf Basis des Messwertes des Niederdrucksensors ermittelt werden, wenn der Messwert des Hochdrucksensors kleiner als der Druck-Schwellenwert ist. Die Vorrichtung kann insbesondere eingerichtet sein, wenn der Messwert des Hochdrucksensors kleiner als der Druck-Schwellenwert ist, zu überprüfen, ob eine Mess-Betriebssituation des Druckbehältersystems vorliegt, um die Druckinformation auf Basis des Messwertes des Niederdrucksensors ermitteln zu können. Die Druckinformation kann (ggf. nur dann) auf Basis des Messwertes des Niederdrucksensors ermittelt werden, wenn bestimmt wird, dass eine Mess-Betriebssituation vorliegt. Andererseits kann die Druckinformation auf Basis des Messwertes des Hochdrucksensors ermittelt werden.

Durch die Berücksichtigung eines Messwertes des Hochdrucksensors kann die Druckinformation mit erhöhter Zuverlässigkeit ermittelt werden (insbesondere auch dann, wenn keine Mess-Betriebssituation vorliegt).

Die Vorrichtung kann eingerichtet sein, zu detektieren, dass ein Tankvorgang zum Betanken des Druckbehälters mit Brennstoff durchgeführt werden soll, und/oder dass das Druckbehältersystem deaktiviert werden soll. Es kann (ggf. erst) in Reaktion auf das Detektieren überprüft werden, ob eine Mess-Betriebssituation des Druckbehältersystems vorliegt oder nicht. So kann eine besonders effiziente Erkennung des Vorliegens einer Mess-Betriebssituation bewirkt werden.

Gemäß einem weiteren Aspekt wird ein Druckbehältersystem beschrieben, insbesondere für ein Kraftfahrzeug. Das Druckbehältersystem umfasst die in diesem Dokument beschriebene Vorrichtung.

Gemäß einem weiteren Aspekt wird ein (Straßen-) Kraftfahrzeug (insbesondere ein Personenkraftwagen oder ein Lastkraftwagen oder ein Bus oder ein Motorrad) beschrieben, das das in diesem Dokument beschriebenes Druckbehältersystem und/oder die in diesem Dokument beschriebene Vorrichtung umfasst.

Gemäß einem weiteren Aspekt wird ein Verfahren zur Ermittlung von Druckinformation in Bezug auf den Brennstoff-Druck von Brennstoff in einem Druckbehälter eines Druckbehältersystems beschrieben. Das Druckbehältersystem ist ausgebildet, Brennstoff aus dem Druckbehälter über einen Druckwandler zu einem Energiewandler zu leiten. Das Druckbehältersystem weist auf der Niederdruckseite des Druckwandlers einen Niederdrucksensor auf.

Das Verfahren umfasst das Bestimmen, dass eine Mess-Betriebssituation des Druckbehältersystems vorliegt. Eine Mess-Betriebssituation kann z.B. vorliegen, wenn der Druckwandler (vollständig und/oder dauerhaft) geöffnet ist, und wenn keine Zufuhr von Brennstoff zu dem Energiewandler erfolgt.

Das Verfahren umfasst ferner das Erfassen, bei Vorliegen der Mess-Betriebssituation und anhand des Niederdrucksensors, eines Messwertes des Brennstoff-Drucks auf der Niederdruckseite des Druckwandlers, sowie das Ermitteln der Druckinformation in Bezug auf den Brennstoff-Druck in dem Druckbehälter auf Basis des Messwertes des Niederdrucksensors.

Gemäß einem weiteren Aspekt wird ein Software (SW) Programm beschrieben. Das SW Programm kann eingerichtet werden, um auf einem Prozessor ausgeführt zu werden, und um dadurch das in diesem Dokument beschriebene Verfahren auszuführen.

Gemäß einem weiteren Aspekt wird ein Speichermedium beschrieben. Das Speichermedium kann ein SW Programm umfassen, welches eingerichtet ist, um auf einem Prozessor ausgeführt zu werden, und um dadurch das in diesem Dokument beschriebene Verfahren auszuführen.

Es ist zu beachten, dass die in diesem Dokument beschriebenen Verfahren, Vorrichtungen und Systeme sowohl alleine, als auch in Kombination mit anderen in diesem Dokument beschriebenen Verfahren, Vorrichtungen und Systemen verwendet werden können. Des Weiteren können jegliche Aspekte der in diesem Dokument beschriebenen Verfahren, Vorrichtungen und Systemen in vielfältiger Weise miteinander kombiniert werden. Insbesondere können die Merkmale der Ansprüche in vielfältiger Weise miteinander kombiniert werden. Ferner sind in Klammern aufgeführte Merkmale als optionale Merkmale zu verstehen.

Im Weiteren wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher beschrieben. Dabei zeigen

Figur 1 ein beispielhaftes Druckbehältersystem; und

Figur 2 ein Ablaufdiagramm eines beispielhaften Verfahrens zur Ermittlung von Druckinformation in Bezug auf den Brennstoff-Druck in einem Druckbehälter.

Wie eingangs dargelegt, befasst sich das vorliegende Dokument mit der effizienten und präzisen Ermittlung des Brennstoff-Drucks in einem Druckbehälter eines Druckbehältersystems. In diesem Zusammenhang zeigt Fig. 1 ein beispielhaftes Druckbehältersystem 100 mit einem Druckbehälter 110, der dazu verwendet werden kann, Brennstoff (insbesondere Wasserstoff, etwa H_2) für einen Energiewandler (z.B. für eine Brennstoffzelle bzw. für einen Brennstoffzellenstapel) 102 bereitzustellen. Der Druckbehälter 110 ist über eine Leitung 112 mit dem Energiewandler 102 verbunden. Der Druckbehälter 110 kann ein Ventil 111 aufweisen, über das in selektiver Weise Brennstoff aus dem Druckbehälter 110 in die Leitung 112 geführt werden kann.

Der Brennstoff-Druck in dem Druckbehälter 110 kann relativ hoch sein, insbesondere bei 500 barü oder mehr, um eine möglichst hohe Menge an Brennstoff in dem Druckbehälter 110 aufnehmen zu können. Andererseits kann der Energiewandler 102 mit Brennstoff betrieben werden, das einen relativ niedrigen Druck (z.B. 20 barü oder weniger) aufweist. Die Brennstoff-Leitung 112 zwischen dem Druckbehälter 110 und dem Energiewandler 102 kann daher eine Hochdruckseite und eine Niederdruckseite aufweisen, die über einen Druckwandler 120 miteinander verbunden sind.

Der Brennstoff-Druck auf der Hochdruckseite (zwischen dem Druckbehälter 110 und dem Druckwandler 120) kann durch einen Hochdrucksensor 121 erfasst werden, und der Brennstoff-Druck auf der Niederdruckseite (zwischen dem Druckwandler 120 und dem Energiewandler 102) kann durch einen Niederdrucksensor 122 erfasst werden. Der Hochdrucksensor 121 ist zumindest für den Nenndruck des Druckbehälters 110 ausgebildet, z.B. für 500 barü oder mehr, oder für 800 barü oder mehr. Der Niederdrucksensor 122 ist für den Nenndruck des Energiewandlers 102 ausgebildet, z.B. für 30 barü oder weniger. Wie eingangs dargelegt, weist ein Drucksensor 121, 122 typischerweise einen Messfehler auf, der proportional zu dem Nenndruck des Drucksensors 121, 122,

ist. Als Folge daraus weist der Niederdrucksensor 122 typischerweise einen wesentlich geringeren (absoluten) Messfehler auf als der Hochdrucksensor 121 (z.B. einen (absoluten) Messfehler, der um den Faktor 10 oder mehr kleiner ist).

Das Druckbehältersystem 100 kann eine (Steuer-) Vorrichtung 101 aufweisen, die ausgebildet ist, das Ventil 111 des Druckbehälters 110 anzusteuern und/oder Messwerte der Drucksensoren 121, 122 zu erfassen bzw. zu ermitteln. Des Weiteren kann die Vorrichtung 101 ausgebildet sein, auf Basis der Messwerte von ein oder mehreren Drucksensoren 121, 122 Mengeninformation in Bezug auf die Menge an Brennstoff in dem Druckbehälter 110 zu ermitteln. Zu diesem Zweck kann die Vorrichtung 101 vordefinierte Kenndaten und/oder eine vordefinierte (ggf. analytische) Kennformel verwenden, die es ermöglicht, auf Basis des Brennstoff-Drucks in dem Druckbehälter 110 (und ggf. auf Basis von ein oder mehreren weiteren Messgrößen, wie z.B. der Brennstoff-Temperatur) die Brennstoff-Menge in dem Druckbehälter 110 zu ermitteln.

Die Vorrichtung 101 kann eingerichtet sein, ein oder mehrere Messwerte des Niederdrucksensors 122 bei der Ermittlung des Brennstoff-Drucks in dem Druckbehälter 110 zu berücksichtigen, insbesondere in einer Situation, in der der Druckbehälter 110 einen relativ niedrigen Druck aufweist. So kann die Genauigkeit der ermittelten Druckinformation in Bezug auf den Brennstoff-Druck in dem Druckbehälter 110 erhöht werden, insbesondere in einer Situation, in der der Druckbehälter 110 nur noch einen relativ geringen Brennstoff-Druck aufweist.

Der Druckwandler 120 des Druckbehältersystems 100 kann ausgebildet sein, den Druck auf der Niederdruckseite auf einen bestimmten Sollwert bzw. Solldruck zu regeln. Zu diesem Zweck kann ein Ventil des Druckwandlers 120 geöffnet bzw. geschlossen werden (insbesondere vollständig geöffnet oder vollständig geschlossen werden). Dabei kann ggf. der Öffnungsgrad des Ventils des Druckwandlers 120 (kontinuierlich) variiert werden. Durch Öffnen des Ventils strömt Brennstoff von der Hochdruckseite zu der Niederdruckseite, wodurch der

Druck auf der Niederdruckseite erhöht wird. Der Volumen- bzw. Massenstrom an Brennstoff über das Ventil des Druckwandlers 120 hängt dabei typischerweise von der Druckdifferenz zwischen der Hochdruckseite und der Niederdruckseite ab.

Wenn der Druck auf der Niederdruckseite unter einen bestimmten unteren Druck-Schwellenwert sinkt (der typischerweise niedriger als der Druck-Sollwert bzw. der Solldruck für die Niederdruckseite ist), wird das Ventil des Druckwandlers 120 geöffnet und/oder es wird der Öffnungsgrad des Ventils des Druckwandlers 120 erhöht, sodass (mehr) Brennstoff von der Hochdruckseite über den Druckwandler 120 auf die Niederdruckseite strömt, was zu einer Druckerhöhung auf der Niederdruckseite und (typischerweise) zu einer Druckreduzierung auf der Hochdruckseite führt. Wenn der Druck auf der Niederdruckseite über einen bestimmten oberen Druck-Schwellenwert steigt (der typischerweise höher als der Druck-Sollwert bzw. der Solldruck für die Niederdruckseite ist), wird das Ventil des Druckwandlers 120 geschlossen und/oder es wird der Öffnungsgrad des Ventils des Druckwandlers 120 reduziert, was zu einer Reduzierung der Brennstoffmenge führt, die von der Hochdruckseite über den Druckwandler 120 auf die Niederdruckseite strömt.

In entsprechender Weise kann durch Variieren des Öffnungsgrads und/oder durch binäres Öffnen und Schließen des Ventils des Druckwandlers 120 der Druck auf der Niederdruckseite auf den Druck-Sollwert bzw. auf den Solldruck eingestellt, insbesondere geregelt, werden. Der Druck auf der Hochdruckseite sinkt dabei typischerweise und nähert sich nach-und-nach dem Druck der Niederdruckseite an. Ab einem bestimmten Zeitpunkt sind die Drücke auf der Hochdruckseite und auf der Niederdruckseite gleich, was typischerweise dazu führt, dass das Ventil des Druckwandlers 120 dauerhaft (vollständig) geöffnet ist (mit einem Öffnungsgrad von 100%).

Wenn das Ventil des Druckwandlers 120 dauerhaft (vollständig) geöffnet ist und/oder wenn die Drücke auf der Hochdruckseite und auf der Niederdruckseite gleich sind, können die Messwerte des Niederdrucksensors 122 dazu verwendet werden, mit erhöhter Genauigkeit (im Vergleich zu den Messwerten des Hochdrucksensors 121) den Brennstoff-Druck in dem Druckbehälter 110 und/oder die verbliebene Menge an Brennstoff in dem Druckbehälter 110 zu ermitteln.

Die Genauigkeit, mit der anhand des Niederdrucksensors 122 Messwerte in Bezug auf den Brennstoff-Druck in dem Druckbehälter 110 erfasst werden können, kann dadurch weiter erhöht werden, dass ein möglicher Brennstoff-Volumenstrom an der Messstelle des Niederdrucksensors 122 unterbunden wird. Dies kann dadurch erreicht werden, dass die Brennstoffzufuhr zu dem Energiewandler 102 unterbunden wird, z.B. durch Schließen eines Zufuhr-Ventils 105 auf der Leitung 112 zu dem Energiewandler 102 und/oder an der Brennstoff-Zuleitung des Energiewandlers 102.

Die (Steuer-) Vorrichtung 101 des Druckbehältersystems 100 kann somit eingerichtet sein, eine Mess-Betriebssituation des Druckbehältersystems 100 zu erkennen, bei der

- die Brennstoff-Zufuhr zu dem Energiewandler 102 auf der Niederdruckseite der Brennstoff-Leitung 112 unterbunden ist (z.B., weil das Zufuhr-Ventil 105 geschlossen ist);
- der Druckwandler 120 dauerhaft geöffnet ist (z.B., weil der Druck auf der Niederdruckseite der Brennstoff-Leitung 112 kleiner als der Sollwert des Brennstoff-Drucks auf der Niederdruckseite ist); und
- ggf. das Tank-Ventil 111 des Druckbehälters 110 geöffnet ist.

Die o.g. Mess-Betriebssituation kann z.B. vorliegen, wenn von dem Nutzer des Druckbehältersystems 100 ein Wunsch zum Betanken des Druckbehälters 110 angezeigt wurde (z.B. durch Betätigung eines Bedienelements) und/oder wenn das

Druckbehältersystems 100 abgeschaltet wird (z.B. bei Beendigung einer Fahrt eines Fahrzeugs, das das Druckbehältersystem 100 aufweist).

Bei Vorliegen einer derartigen Mess-Betriebssituation können anhand des Niederdrucksensors 122 ein oder mehrere Messwerte in Bezug auf den Brennstoff-Druck in dem Druckbehälter 110 erfasst werden (der dem Druck an der Messstelle des Niederdrucksensors 122 entspricht).

Es kann z.B. eine Abschaltprozedur des Druckbehältersystems 100 durchgeführt werden, bei der

- zunächst das Zufuhr-Ventil 105 zu dem Energiewandler 102 geschlossen wird; und
- mit einer bestimmten Verzögerung (d.h. nach Ablauf eines bestimmten Verzögerungs-Zeitintervalls) das Tank- und/oder Absperr-Ventil 111 des Druckbehälters 110 geschlossen wird.

Während des Verzögerungs-Zeitintervalls kann der Brennstoff-Druck in dem Druckbehälter 110 in besonders präziser Weise auf Basis von ein oder mehreren Messwerten des Niederdrucksensors 122 ermittelt werden.

Der Druckbehälter 110 kann derart ausgebildet sein, dass der Druck in dem Druckbehälter 110 einen bestimmten Mindestdruck nicht unterschreiten sollte, z.B. um eine Beeinträchtigung des Druckbehälters 110 zu vermeiden. Durch die in diesem Dokument beschriebenen Maßnahmen kann in besonders sicherer Weise gewährleistet werden, dass der Mindestdruck des Druckbehälters 110 nicht unterschritten wird. Insbesondere kann bewirkt werden, dass die Entnahme von Brennstoff aus dem Druckbehälter 110 unterbunden wird (z.B. durch Schließen des Trank- und/oder Absperr-Ventils 111) sobald ein bestimmter unterer Druck-Schwellenwert erreicht oder unterschritten wird.

Der Druckwandler 120 (der auch als Druckminderer bezeichnet wird) ist bevorzugt derart ausgebildet, dass der Solldruck auf der Niederdruckseite kleiner

als der Mindestdruck des Druckbehälters 110 ist. Des Weiteren ist der Druckwandler 120 bevorzugt derart ausgebildet, dass der Druckwandler 120 bei Unterschreitung des Solldrucks auf der Niederdruckseite keinen Druckverlust erzeugt, wenn kein Massenstromfluss (über den Druckwandler 120) vorliegt.

Bei Unterschreitung des Solldrucks stellt der Druckwandler 120 somit nur noch einen Strömungswiderstand dar. Folglich kann in Situationen, in denen keine Entnahme von Brennstoff aus dem Druckbehälter 110 und/oder kein Massenstromfluss über den Druckwandler 120 stattfindet, der Druck im Druckbehälter 110 mit dem Niederdrucksensor 122 mit hoher Genauigkeit gemessen werden. Als Folge daraus können Vorhalte in der Sicherheitsfunktion reduziert werden. Dadurch wird wiederum die Masse an Brennstoff, die aus Sicherheitsgründen nicht aus dem Druckbehälter 110 entnommen werden kann, reduziert. Bei gleichem Volumen des Druckbehälters 110 erhöht sich somit die Reichweite des Fahrzeugs, in dem das Druckbehältersystem 100 verbaut ist

Zur Reichweitenermittlung wird bevorzugt (ggf. zusätzlich) der Hochdrucksensor 121 einbezogen, um auch bei einem höheren Tankdruck (der über dem Solldruck der Niederdruckseite liegt) die Reichweite des Fahrzeugs ermitteln zu können. Die Reichweitenermittlung muss aber typischerweise nicht die Integritätsanforderungen der Sicherheitsfunktion zur Überwachung des Mindestdrucks des Druckbehälters 100 erfüllen. Ferner kann ggf. der größere Messfehler des Hochdrucksensors 121 durch ein oder mehrere weitere Maßnahmen kompensiert werden.

In einem FCEV (fuel cell electric vehicle) Fahrzeug kann z.B. bei jedem Ende der Entnahme von Wasserstoff aus dem Druckbehälter 110 eine bestimmte Mess-Betriebssituation hergestellt werden, um eine indirekte Messung des Brennstoff-Drucks in dem Druckbehälter 110 über den Niederdrucksensor 122 durchführen zu können, und um dadurch die Sicherheitsschwelle für den Mindestdruck des Druckbehälters 110 zu überwachen.

Es kann das Ende der Entnahme von Brennstoff aus dem Druckbehälter 110 erkannt werden. In Reaktion darauf kann das Zufuhr-Ventil 105 am Ende des Niederdruckbereichs vor dem Energiewandler 102 (insbesondere vor der Brennstoffzelle) geschlossen werden. Die Tatsache, dass das Zufuhr-Ventil 105 geschlossen wurde, kann durch Rücklesen der Ansteuerung des Zufuhr-Ventils 105 erkannt werden. Das Absperrventil 111 an dem Druckbehälter 110 bleibt (zumindest vorübergehend, für ein Verzögerungs-Intervall) noch geöffnet. Dies kann über Rücklesen der Ansteuerung des Absperrventils 111 erkannt werden.

Es kann daraufhin (bevorzugt während des Verzögerungs-Intervalls) eine indirekte Messung des Drucks in dem Druckbehälter 110 anhand des Niederdrucksensors 122 durchgeführt werden. Ferner kann der Messwert des Niederdrucksensors 122 mit dem Mindestdruck-Schwellenwert des Druckbehälters 110 verglichen werden. Eventuell kann je nach Ergebnis des Vergleichs eine Fehlerreaktion bewirkt werden. Des Weiteren kann (nach Ablauf des Verzögerungs-Intervalls) das Absperrventil 111 des Druckbehälters 110 geschlossen werden.

Wenn während des Betriebs des Brennstoffzellensystems 100 auf Basis von ein oder mehreren Messwerten des Hochdrucksensors 121 in dem Hochdruckbereich erkannt wird, dass unter Berücksichtigung der Messtoleranz des Hochdrucksensors 121 ein bestimmter Druck-Schwellenwert des Druckbehälters 110 (d.h. die Sicherheitsschwelle für den Mindestdruck des Druckbehälters 110) noch nicht unterschritten wurde, kann auf die indirekte Messung über den Niederdrucksensor 122 verzichtet werden. Die Berechnung des Füllstands des Druckbehälters 110 kann vorteilhaft unter Berücksichtigung von Messwerten beider Sensoren 121, 122 durchgeführt werden, unabhängig von der Überprüfung der Sicherheitsschwelle.

Als Druckwandler 120 kann ein mechanischer Kolben-Feder-Druckregler genutzt werden. Ein derartiger Druckwandler 120 kann derart ausgebildet sein, dass bei einem Eingangsdruck, der kleiner als der Regeldruck (d.h. der Solldruck) ist, automatisch ein Druckausgleich zwischen dem Eingangs- und dem Ausgangsdruck stattfindet.

Fig. 2 zeigt ein Ablaufdiagramm eines (ggf. Computer-implementierten) Verfahrens 200 zur Ermittlung von Druckinformation in Bezug auf den Brennstoff-Druck von Brennstoff in einem Druckbehälter 110 eines Druckbehältersystems 100. Als Druckinformation kann insbesondere ermittelt werden, ob der Brennstoff-Druck in dem Druckbehälter 110 einen bestimmten Mindestdruck-Schwellenwert (der von dem zulässigen Mindestdruck des Druckbehälter 110 abhängt) erreicht oder unterschreitet.

Das Druckbehältersystem 100 ist ausgebildet, Brennstoff aus dem Druckbehälter 110 über einen Druckwandler 120 zu einem Energiewandler 102 zu leiten (z.B. um elektrische Energie für den Betrieb einer elektrischen Antriebsmaschine eines Kraftfahrzeugs zu erzeugen). Des Weiteren weist das Druckbehältersystem 100 auf der Niederdruckseite des Druckwandlers 120, zwischen dem Druckwandler 120 und dem Energiewandler 102, einen Niederdrucksensor 122 auf.

Das Verfahren 200 umfasst das Bestimmen 201, dass eine Mess-Betriebssituation des Druckbehältersystems 100 vorliegt. Es kann z.B. bestimmt werden, dass eine Mess-Betriebssituation vorliegt, wenn erkannt wird, dass der Druckwandler 120 (dauerhaft und/oder vollständig) geöffnet ist, und dass keine Zufuhr von Brennstoff zu dem Energiewandler 102 erfolgt.

Das Verfahren 200 umfasst ferner das Erfassen 202, bei (erkanntem) Vorliegen der Mess-Betriebssituation und anhand des Niederdrucksensors 122, eines Messwertes des Brennstoff-Drucks auf der Niederdruckseite des Druckwandlers 120. Des Weiteren umfasst das Verfahren 200 das Ermitteln 203 der

Druckinformation in Bezug auf den Brennstoff-Druck in dem Druckbehälter 110 (insbesondere der Druckinformation dahingehend, ob der Brennstoff-Druck in dem Druckbehälter 110 den Mindestdruck-Schwellenwert erreicht oder unterschreitet) auf Basis des Messwertes des Niederdrucksensors 122.

Durch die Verwendung von ein oder mehreren Messwerten des Niederdrucksensors 122, 203 zur Ermittlung des Drucks in dem Druckbehälter 110 kann der Druck in dem Druckbehälter 110 mit einem relativ niedrigen Messfehler ermittelt werden, wodurch ein besonders sicherer Betrieb eines Druckbehältersystems 100 ermöglicht wird.

Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die gezeigten Ausführungsbeispiele beschränkt. Insbesondere ist zu beachten, dass die Beschreibung und die Figuren nur beispielhaft das Prinzip der vorgeschlagenen Verfahren, Vorrichtungen und Systeme veranschaulichen sollen.

Bezugszeichenliste

100	Druckbehältersystem
101	(Steuer-) Vorrichtung
102	Energiewandler
105	Zuführ-Ventil
110	Druckbehälter
111	Tank und/oder Absperr-Ventil
120	Druckwandler
121, 122	Drucksensor
200	Verfahren zur Ermittlung von Druckinformation
201-203	Verfahrensschritte

Ansprüche

1) Vorrichtung (101) zur Ermittlung von Druckinformation in Bezug auf einen Brennstoff-Druck von Brennstoff in einem Druckbehälter (110) eines Druckbehältersystems (100); wobei das Druckbehältersystem (100) ausgebildet ist, Brennstoff aus dem Druckbehälter (110) über einen Druckwandler (120) zu einem Energiewandler (102) zu leiten; und wobei das Druckbehältersystem (100) auf einer Niederdruckseite des Druckwandlers (120), zwischen dem Druckwandler (120) und dem Energiewandler (102), einen Niederdrucksensor (122) aufweist; wobei die Vorrichtung (101) eingerichtet ist,
   - zu bestimmen, dass eine Mess-Betriebssituation des Druckbehältersystems (100) vorliegt, bei der
     - der Druckwandler (120) geöffnet ist; und
     - keine Zufuhr von Brennstoff zu dem Energiewandler (102) erfolgt;
   - bei Vorliegen der Mess-Betriebssituation anhand des Niederdrucksensors (122) einen Messwert des Brennstoff-Drucks auf der Niederdruckseite des Druckwandlers (120) zu erfassen; und
   - Druckinformation in Bezug auf den Brennstoff-Druck in dem Druckbehälter (110) auf Basis des Messwertes des Niederdrucksensors (122) zu ermitteln.

2) Vorrichtung (101) gemäß Anspruch 1, wobei die Vorrichtung (101) eingerichtet ist,
   - zu bestimmen, dass ein Absperrventil (111) des Druckbehälters (110) geöffnet ist; und
   - in Reaktion darauf, insbesondere erst in Reaktion darauf, zu bestimmen, dass eine Mess-Betriebssituation des Druckbehältersystems (100) vorliegt.

3) Vorrichtung (101) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Vorrichtung (101) eingerichtet ist,
   - auf Basis des Messwertes des Niederdrucksensors (122) als Druckinformation zu ermitteln, ob ein Mindestdruck-Schwellenwert für den Brennstoff-Druck in dem Druckbehälter (110) erreicht oder unterschritten wurde; wobei der Mindestdruck-Schwellenwert insbesondere um einen Sicherheitsbetrag über einem zulässigen Mindestdruck des Druckbehälters (110) liegt; und
   - ein oder mehrere Sicherheitsmaßnahmen in Bezug auf den Druckbehälter (110) zu bewirken, wenn ermittelt wird, dass der Mindestdruck-Schwellenwert für den Brennstoff-Druck von Brennstoff in dem Druckbehälter (110) erreicht oder unterschritten wurde.

4) Vorrichtung (101) gemäß Anspruch 3, wobei die Vorrichtung (101) eingerichtet ist,
   - den Messwert des Niederdrucksensors (122) mit dem Mindestdruck-Schwellenwert zu vergleichen; und
   - in Abhängigkeit von dem Vergleich, insbesondere dann, wenn der Messwert des Niederdrucksensors (122) gleich wie oder kleiner als der Mindestdruck-Schwellenwert ist, zu bestimmen, dass der Mindestdruck-Schwellenwert für den Brennstoff-Druck von Brennstoff in dem Druckbehälter (110) erreicht oder unterschritten wurde.

5) Vorrichtung (101) gemäß einem der Ansprüche 3 bis 4, wobei die ein oder mehrere Sicherheitsmaßnahmen umfassen,
   - Schließen eines Absperrventils (111) des Druckbehälters (110);
   - Deaktivieren des Druckbehältersystems (100), insbesondere des Energiewandlers (102); und/oder

– Ausgeben eines Hinweises an einen Nutzer des Druckbehältersystems (100).

6) Vorrichtung (101) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei
   – das Druckbehältersystem (100) auf einer Hochdruckseite des Druckwandlers (120), zwischen dem Druckbehälter (110) und dem Druckwandler (120), einen Hochdrucksensor (121) aufweist; und
   – die Vorrichtung (101) eingerichtet ist,
      – einen Messwert des Hochdrucksensors (121) mit einem Druck-Schwellenwert zu vergleichen;
      – die Druckinformation auf Basis des Messwertes des Hochdrucksensors (121) zu ermitteln, wenn der Messwert des Hochdrucksensors (121) gleich wie oder größer als der Druck-Schwellenwert ist; und
      – die Druckinformation auf Basis des Messwertes des Niederdrucksensors (122) zu ermitteln, wenn der Messwert des Hochdrucksensors (121) kleiner als der Druck-Schwellenwert ist.

7) Vorrichtung (101) gemäß Anspruch 6, wobei die Vorrichtung (101) eingerichtet ist, wenn der Messwert des Hochdrucksensors (121) kleiner als der Druck-Schwellenwert ist,
   – zu bestimmen, ob eine Mess-Betriebssituation des Druckbehältersystems (100) vorliegt, um die Druckinformation auf Basis des Messwertes des Niederdrucksensors (122) ermitteln zu können; und
   – die Druckinformation auf Basis des Messwertes des Niederdrucksensors (122) zu ermitteln, wenn bestimmt wird, dass eine Mess-Betriebssituation vorliegt.

8) Vorrichtung (101) gemäß einem der Ansprüche 6 bis 7, wobei

- der Druck-Schwellenwert von einem Messfehler und/oder von einer Messtoleranz des Hochdrucksensors (121) abhängt; und/oder
- der Druck-Schwellenwert größer als ein Mindestdruck von Brennstoff in dem Druckbehälter (110) ist, der aus Sicherheitsgründen nicht zu unterschreiten ist; und/oder
- der Druck-Schwellenwert größer als ein Mindestdruck-Schwellenwert ist, der für die Ermittlung der Druckinformation auf Basis des Messwertes des Niederdrucksensors (122) verwendet wird; und/oder
- der Druck-Schwellenwert kleiner als ein Sollwert für den Brennstoff-Druck von Brennstoff auf der Niederdruckseite des Druckwandlers (120) ist.

9) Vorrichtung (101) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Vorrichtung (101) eingerichtet ist,
   - zu detektieren, dass
     - ein Tankvorgang zum Betanken des Druckbehälters (110) mit Brennstoff durchgeführt werden soll; und/oder
     - das Druckbehältersystem (100) deaktiviert werden soll; und
   - in Reaktion auf das Detektieren zu überprüfen, ob eine Mess-Betriebssituation des Druckbehältersystems (100) vorliegt oder nicht.

10) Vorrichtung (101) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei
   - das Druckbehältersystem (100) ein Zufuhr-Ventil (105) umfasst, das zwischen dem Druckwandler (120) und dem Energiewandler (102) angeordnet ist; und
   - die Vorrichtung (101) eingerichtet ist, im Rahmen einer Überprüfung an einem Überprüfungszeitpunkt dahingehend, ob die Mess-Betriebssituation vorliegt oder nicht,
     - zu ermitteln, ob das Zufuhr-Ventil (105) an dem Überprüfungs-Zeitpunkt geöffnet oder geschlossen ist; und

– zu bestimmen, dass keine Zufuhr von Brennstoff zu dem Energiewandler (102) erfolgt, wenn ermittelt wird, dass das Zufuhr-Ventil (105) geschlossen ist.

11) Vorrichtung (101) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Vorrichtung (101) eingerichtet ist, im Rahmen einer Überprüfung an einem Überprüfungszeitpunkt dahingehend, ob die Mess-Betriebssituation vorliegt oder nicht,

– einen Messwert des Niederdrucksensors (122) an dem Überprüfungszeitpunkt mit einem Sollwert des Brennstoff-Drucks von Brennstoff auf der Niederdruckseite zu vergleichen; und
– zu bestimmen, dass der Druckwandler (120) geöffnet ist, wenn der Messwert des Niederdrucksensors (122) kleiner als der Sollwert des Brennstoff-Drucks von Brennstoff auf der Niederdruckseite ist.

12) Verfahren (200) zur Ermittlung von Druckinformation in Bezug auf einen Brennstoff-Druck von Brennstoff in einem Druckbehälter (110) eines Druckbehältersystems (100); wobei das Druckbehältersystem (100) ausgebildet ist, Brennstoff aus dem Druckbehälter (110) über einen Druckwandler (120) zu einem Energiewandler (102) zu leiten; und wobei das Druckbehältersystem (100) auf einer Niederdruckseite des Druckwandlers (120), zwischen dem Druckwandler (120) und dem Energiewandler (102), einen Niederdrucksensor (122) aufweist; wobei das Verfahren (200) umfasst,

– Bestimmen (201), dass eine Mess-Betriebssituation des Druckbehältersystems (100) vorliegt, bei der
  – der Druckwandler (120) geöffnet ist; und
  – keine Zufuhr von Brennstoff zu dem Energiewandler (102) erfolgt;
– Erfassen (202), bei Vorliegen der Mess-Betriebssituation und anhand des Niederdrucksensors (122), eines Messwertes des Brennstoff-Drucks auf der Niederdruckseite des Druckwandlers (120); und

– Ermitteln (203) der Druckinformation in Bezug auf den Brennstoff-Druck in dem Druckbehälter (110) auf Basis des Messwertes des Niederdrucksensors (122).

Zeichnungen

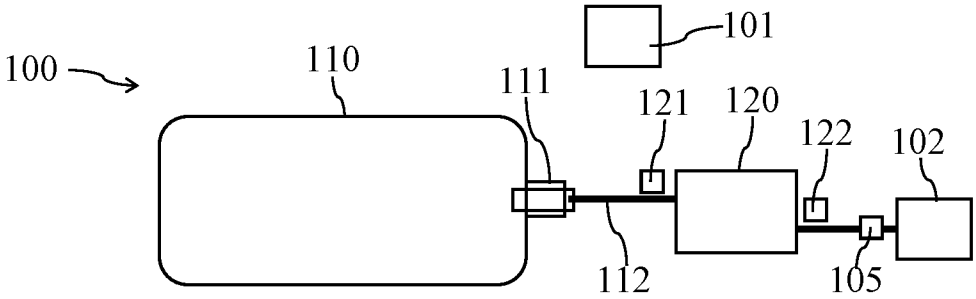


Fig. 1

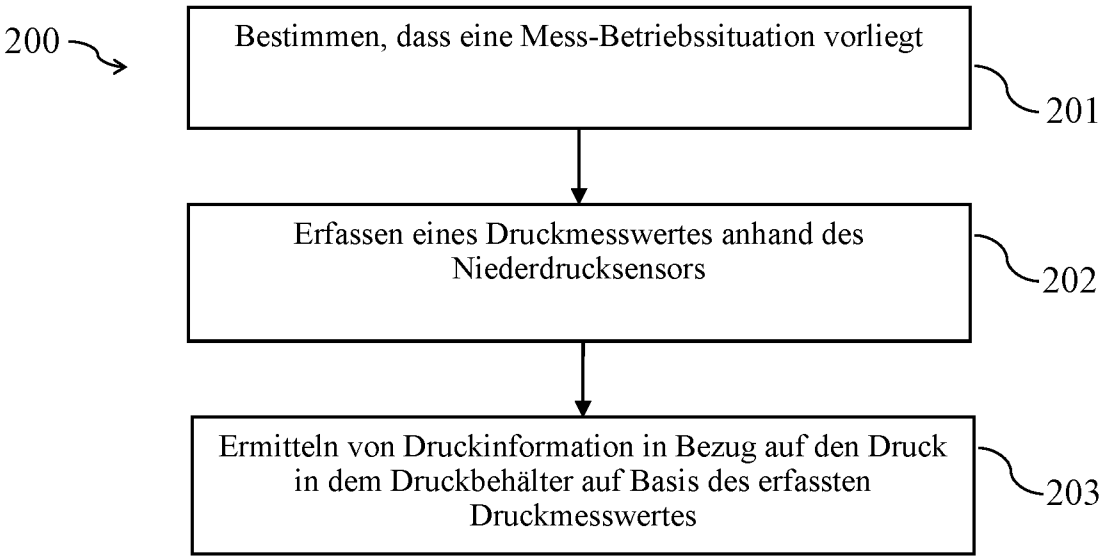


Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/DE2024/100605

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F17C 13/02(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F17C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 102011111610 A1 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC [US]) 15 March 2012 (2012-03-15) paragraphs [0015] - [0025]	1-12
A	DE 102020105302 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 02 September 2021 (2021-09-02) paragraphs [0028] - [0040]	1-12
A	DE 102013114237 A1 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC [US]) 31 July 2014 (2014-07-31) paragraphs [0014] - [0022]	1-12
A	DE 102021116567 A1 (VOITH PATENT GMBH [DE]) 29 December 2022 (2022-12-29) paragraphs [0029] - [0029]; figure 1	1-12
A	US 8215331 B2 (CHEN JERRY [US]; QUANTUM FUEL SYSTEMS TECHNOLOGIES WORLDWIDE INC [US]) 10 July 2012 (2012-07-10) the whole document	1-12

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
06 September 2024	**17 September 2024**
Name and mailing address of the ISA/EP **European Patent Office** **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands (Kingdom of the)** Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	Authorized officer **Ott, Thomas** Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/DE2024/100605

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
DE 102011111610 A1	15 March 2012	CN 102401721 A	04 April 2012
		DE 102011111610 A1	15 March 2012
		US 2012060584 A1	15 March 2012
DE 102020105302 A1	02 September 2021	NONE	
DE 102013114237 A1	31 July 2014	CN 103969000 A	06 August 2014
		DE 102013114237 A1	31 July 2014
		US 2014209179 A1	31 July 2014
DE 102021116567 A1	29 December 2022	CN 117581052 A	20 February 2024
		DE 102021116567 A1	29 December 2022
		EP 4363759 A1	08 May 2024
		WO 2023274902 A1	05 January 2023
US 8215331 B2	10 July 2012	EP 2499419 A2	19 September 2012
		US 2011114193 A1	19 May 2011
		US 2012204975 A1	16 August 2012
		WO 2011060286 A2	19 May 2011

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2024/100605

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. F17C13/02
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
F17C

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2011 111610 A1 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC [US]) 15. März 2012 (2012-03-15) Absätze [0015] - [0025]	1-12
A	DE 10 2020 105302 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 2. September 2021 (2021-09-02) Absätze [0028] - [0040]	1-12
A	DE 10 2013 114237 A1 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC [US]) 31. Juli 2014 (2014-07-31) Absätze [0014] - [0022]	1-12
A	DE 10 2021 116567 A1 (VOITH PATENT GMBH [DE]) 29. Dezember 2022 (2022-12-29) Absätze [0029] - [0029]; Abbildung 1	1-12

-/--

[x] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [x] Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung;; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung;; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
6. September 2024	17/09/2024

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Ott, Thomas

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2024/100605

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 8 215 331 B2 (CHEN JERRY [US]; QUANTUM FUEL SYSTEMS TECHNOLOGIES WORLDWIDE INC [US]) 10. Juli 2012 (2012-07-10) das ganze Dokument -----	1-12

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2024/100605

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102011111610 A1	15-03-2012	CN 102401721 A	04-04-2012
		DE 102011111610 A1	15-03-2012
		US 2012060584 A1	15-03-2012
DE 102020105302 A1	02-09-2021	KEINE	
DE 102013114237 A1	31-07-2014	CN 103969000 A	06-08-2014
		DE 102013114237 A1	31-07-2014
		US 2014209179 A1	31-07-2014
DE 102021116567 A1	29-12-2022	CN 117581052 A	20-02-2024
		DE 102021116567 A1	29-12-2022
		EP 4363759 A1	08-05-2024
		WO 2023274902 A1	05-01-2023
US 8215331 B2	10-07-2012	EP 2499419 A2	19-09-2012
		US 2011114193 A1	19-05-2011
		US 2012204975 A1	16-08-2012
		WO 2011060286 A2	19-05-2011