

(19)



(11)

EP 4 517 156 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
05.03.2025 Patentblatt 2025/10

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

(21) Anmeldenummer: **23194070.1**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F17C 13/02; F17C 2205/013; F17C 2205/0142;
F17C 2205/0326; F17C 2205/0332;
F17C 2205/0394; F17C 2221/012; F17C 2223/0123;
F17C 2223/036; F17C 2250/032; F17C 2250/034;
F17C 2250/043; F17C 2250/0439; F17C 2250/0443;
F17C 2250/0447; (Forts.)

(22) Anmeldetag: **29.08.2023**

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

- **BANK, Michael**
22926 Ahrensburg (DE)
- **BÜCKERT, Daniel**
33659 Bielefeld (DE)
- **WILLEM, Christian**
10178 Berlin (DE)

(71) Anmelder: **Poppe & Potthoff GmbH**
33824 Werther (DE)

(74) Vertreter: **Bardehle Pagenberg Partnerschaft
mbB**
Patentanwälte Rechtsanwälte
Prinzregentenplatz 7
81675 München (DE)

(72) Erfinder:
• **KERKHOFF, Markus**
42289 Wuppertal (DE)

(54) **WASSERSTOFFVERSORGUNGSSYSTEM UND VERFAHREN ZUM BESTIMMEN EINER BETRIEBSMETRIK EINES WASSERSTOFFVERSORGUNGSSYSTEMS**

(57) Die vorliegende Anmeldung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen einer Betriebsmetrik für ein Wasserstoffversorgungssystem (100) umfassend: Empfangen zumindest eines ersten und zumindest eines zweiten Sensorsignals von dem Wasserstoffversorgungssystem, das zumindest zwei miteinander verbundene Tankmodule (110a, 110b) aufweist, wobei das erste Sensorsignal auf einer Eingangsseite eines ersten Tankmoduls erfasst wird und wobei das zweite Sensorsignal auf einer Ausgangsseite des ersten Tankmoduls erfasst wird, oder wobei das erste Sensorsignal an dem ersten Tankmodul erfasst wird und das zweite Sensorsignal an einem zweiten Tankmodul erfasst wird, oder wobei das erste Sensorsignal auf einer Eingangsseite des ersten Tankmoduls erfasst wird und wobei das zweite Sensorsignal auf einer Ausgangsseite des zweiten Tankmoduls erfasst wird, und Bestimmen einer Betriebsmetrik für das Wasserstoffversorgungssystem basierend auf zumindest dem ersten und dem zweiten Sensorsignal.

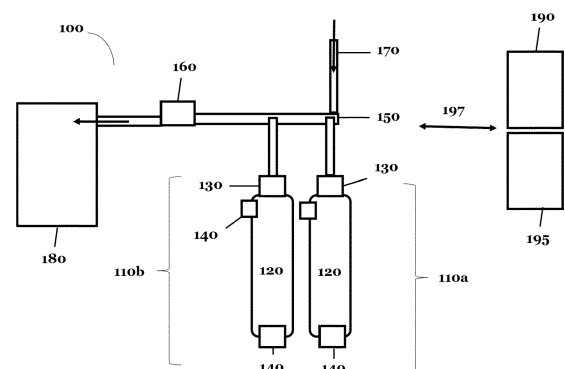


Abb. 1

- (52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC): (Forts.)
F17C 2250/0452; F17C 2250/046;
F17C 2250/0465; F17C 2250/0478; F17C 2260/04;
F17C 2270/0168; F17C 2270/0171;
F17C 2270/0184

Beschreibung

1. Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Verfahren zum Bestimmen von Betriebsmetriken für ein Wasserstoffversorgungssystem basierend auf mehreren Sensorsignalen, eine Cloudcomputingvorrichtung zur Durchführung solcher Verfahren, entsprechende Wasserstoffversorgungssysteme und Multielementgascontainer (MEGC).

2. Hintergrund

[0002] Gasförmiger Wasserstoff kann als Alternative zu fossilen Brennstoffen beispielsweise in einer Brennstoffzelle zur Erzeugung von Elektrizität verwendet werden. Zur Nutzung, zur Speicherung, zum Transport und zum Bereitstellen von gasförmigem Wasserstoff, z.B. an Wasserstofftankstellen werden Wasserstoffversorgungssysteme verwendet, die typischerweise mehrere Druckbehälter, die zum Befüllen und zur Entnahme benötigten Ventile sowie unterschiedliche Sicherheitssysteme aufweisen. Solche Wasserstoffversorgungssysteme können beispielsweise in Wasserstofffahrzeugen integriert sein, oder - z.B. als MEGCs - zum Transport und zur Bereitstellung von größeren Mengen an gasförmigem Wasserstoff zum Einsatz kommen.

[0003] Der Transport, die Lagerung und die oft dezentrale Bereitstellung von gasförmigem Wasserstoff stellt dabei eine Vielzahl von Herausforderungen an die Sicherheit, die Verfügbarkeit, die Leistungsfähigkeit und damit die Wirtschaftlichkeit solcher Wasserstoffversorgungssysteme.

[0004] In diesem technischen Zusammenhang beschreibt DE 10 2016 223693 A1 ein Verfahren zur Überwachung eines Drucktanksystems eines stehenden Fahrzeugs. Das Verfahren umfasst das Detektieren einer Aufwecksituation mittels Sensordaten eines Grund-Sensors des Fahrzeugs und in Reaktion auf das Detektieren einer Aufwecksituation, das Aktivieren einer weiteren Ressource zur Erfassung und/oder zur Auswertung von Sensordaten bezüglich des Drucktanksystems. Außerdem umfasst das Verfahren das Bestimmen, mittels der weiteren Ressource, ob eine oder mehrere Schutzmaßnahmen in Bezug auf das Drucktanksystem und/oder dessen Umgebung durchzuführen sind.

[0005] Ferner beschreibt DE 10 2020 115313 A1 eine Vorrichtung zur Überwachung der Nutzung eines Druckbehältersystems. Die Vorrichtung ist eingerichtet, Nutzungsdaten in Bezug auf die bisherige Nutzung des Druckbehältersystems zu ermitteln und mit externen Nutzungsdaten in Bezug auf die bisherige Nutzung des Druckbehältersystems zu vergleichen, und in Abhängigkeit von dem Vergleich eine oder mehrere Maßnahmen in Bezug auf die weitere Nutzung des Druckbehältersystems zu veranlassen.

[0006] WO 2006/060633 A2 betrifft eine Rechneran-

lage zum Fernüberwachen eines Wasserstofffahrzeugstatus und EP 4 053 444 B1 beschreibt ein Verfahren zur Steuerung der Wasserstoffversorgung von Fahrzeugen basierend auf einer Geolokalisierung des Fahrzeugs und seinen Bedarf an Wasserstoff.

[0007] Ferner sind Ansätze bekannt, bei denen Drucksensoren über eine Funkschnittstelle Sensordaten an eine Cloudplattform übermitteln, um den Füllstand von Gastanks über ein Browserinterface anzeigen zu können.

[0008] Die aus dem Stand der Technik bekannten Systeme und Verfahren haben jedoch einige Nachteile hinsichtlich ihrer Sicherheit, Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Leistungsfähigkeit. Beispielsweise erlauben es die aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren nur ungenügend auf sich ändernde Betriebsbedingungen komplexer Wasserstoffversorgungssysteme mit mehreren untereinander verbundenen Druckbehältern, Ventilen, Druckreglern, etc. angemessen und zeitnah zu reagieren. Auch können kritische Fehler wie Leckagen, Ventilversagen, etc. meist erst mit großer Verzögerung erkannt werden. Bisher ist es daher typischerweise notwendig, Wasserstoffversorgungssysteme häufig vorsorglich zu warten, mit unwirtschaftlichen Sicherheitsmargen zu konstruieren und / oder viele Ersatzsysteme vorzuhalten, um bei Bedarf rechtzeitig reagieren zu können und dadurch eine hohe Verfügbarkeit der Systeme zu gewährleisten. Die dadurch entstehenden Kosten stellen eine signifikante Hürde für den großflächigen Einsatz der Wasserstofftechnologie dar.

3. Zusammenfassung

[0009] Die vorliegende Anmeldung stellt sich daher die Aufgabe, die Sicherheit, die Zuverlässigkeit, die Verfügbarkeit und die Leistungsfähigkeit von Wasserstoffversorgungssystemen zu verbessern, insbesondere wenn mehrere solcher Systeme im Verbund eingesetzt werden, wie das z.B. bei Flotten von wasserstoffbetriebenen LKWs oder MEGCs üblicherweise der Fall ist.

[0010] Dieses Problem wird zumindest teilweise durch den Gegenstand der unabhängigen Ansprüche der vorliegenden Anmeldung gelöst. Beispielhafte Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen beschrieben. Wo nicht anders angegeben sind Materialeigenschaften nach den einschlägigen Normen zu bestimmen. Ferner ist im Folgenden der Begriff "*im Wesentlichen*" als "*innerhalb typischer Konstruktions-, Mess- und / oder Fertigungstoleranzen*" zu verstehen.

[0011] Die vorliegende Anmeldung betrifft insbesondere ein Verfahren zum Bestimmen einer Betriebsmetrik für ein Wasserstoffversorgungssystem, das die folgenden Schritte umfasst: Empfangen zumindest eines ersten und zumindest eines zweiten Sensorsignals von einem Wasserstoffversorgungssystem, das zumindest zwei miteinander verbundene Tankmodule aufweist, wobei das erste Sensorsignal auf einer Eingangsseite eines ersten Tankmoduls des Wasserstoffversorgungssys-

tems erfasst wird und wobei das zweite Sensorsignal auf einer Ausgangsseite des ersten Tankmoduls erfasst wird; oder wobei das erste Sensorsignal an dem ersten Tankmodul erfasst wird und wobei das zweite Sensorsignal an einem zweiten Tankmodul des Wasserstoffversorgungssystem erfasst wird; und Bestimmen einer Betriebsmetrik für das Wasserstoffversorgungssystem basierend auf zumindest dem ersten und dem zweiten Sensorsignal. Alternativ oder zusätzlich kann das erste Sensorsignal auf einer Eingangsseite des ersten Tankmoduls erfasst werden und das zweite Sensorsignal auf einer Ausgangsseite des zweiten Tankmoduls erfasst werden. Insbesondere kann das Bestimmen der Betriebsmetrik ein Korrelieren der Sensorsignale miteinander und / oder mit einem Satz von Referenzdaten für das Wasserstoffversorgungssystem umfassen.

[0012] Beispielsweise können in einigen Ausführungsformen jeweils $N \geq 2$ Tankmodule zu $K \geq 2$ Tankgruppen bzw. sog. Registern verbunden werden. Die N Tankmodule jedes der K Register können dabei über eine Verteilerbaugruppe verbunden sein und die K Register untereinander über Leitungen zwischen den Verteilerbaugruppen oder zu einer zentralen Anschlusseinheit. Solche Verteilerbaugruppen werden auch als parallele Ladeeinheiten (*parallel charging unit*, PCU) bezeichnet.

[0013] In einem solchen System kann das erste Sensorsignal an einer ersten Verteilerbaugruppe erfasst werden und das zweite Sensorsignal an einer zweiten Verteilerbaugruppe. Das erlaubt z.B. die Tankmodule der Register ohne Sensortechnik zu konstruieren, um dadurch Kosten und Komplexität zu reduzieren. Beispielsweise kann in oder an jeder Verteilerbaugruppen ein Drucksensor, ein Temperatursensor und / oder ein Durchflusssensor integriert sein, um die entsprechende Sensorsignale für das zugehörige Register zu erfassen. Beispielsweise kann das erste und das zweite Sensorsignal jeweils eine Zeitreihe von Messwerten umfassen. Alternativ oder zusätzlich kann das Bestimmen der Betriebsmetrik ein Erkennen einer Betriebsanomalie des Wasserstoffversorgungssystem umfassen. Typischerweise können das zumindest erste und das zumindest zweite Sensorsignal jeweils von einem der folgenden Sensortypen bereitgestellt werden: einem Drucksensor, einem Temperatursensor, oder einem Durchflusssensor, oder einer funktionsintegrierten Kombination solcher Sensortypen.

[0014] Beispielsweise erlaubt ein Korrelieren solcher Sensordaten, die an unterschiedlichen Positionen im System erfasst werden, auch geringe Leckagen oder sich abzeichnende Fehler kritischer Systemkomponenten frühzeitig zu erkennen und geeignete Gegenmaßnahmen einzuleiten, bevor eines der Module oder das ganze System ausfällt.

[0015] Durch das verteilte Erfassen und Korrelieren solcher und ähnlicher Sensordaten an unterschiedlichen Punkten eines komplexen Wasserstoffversorgungssystems mit mehreren verbundenen Tankmodulen lassen sich unterschiedliche Betriebsmetriken bestimmen, die

wesentlich von der Wechselwirkung der Tankmodule untereinander abhängen. Beispielsweise kann das Erkennen der Betriebsanomalie des Wasserstoffversorgungssystem ein Erkennen einer möglichen Leckage eines der Tankmodule umfassen und / oder ein Erkennen eines niedrigen Füllstandes eines der Tankmodule und / oder ein Erkennen einer Fehlfunktion eines Ventils eines der Tankmodule, und zwar meist bereits lange bevor eine Fehlfunktion auftritt, die den Betrieb des Wasserstoffversorgungssystems signifikant beeinträchtigt.

[0016] Wie nachstehend im Einzelnen beschrieben, ist es besonders vorteilhaft solche Sensordaten an den meisten oder allen relevanten Systemkomponenten - z.B. Druckbehälter, Ventile, Sicherheitssysteme, Druckregler, Leitungen, PCUs etc. zu erfassen, um dadurch den aktuellen Betriebszustand des ganzen Systems möglichst genau überwachen zu können (d.h. ein vollumfängliches *Condition Monitoring* des Wasserstoffversorgungssystems durchzuführen) und darauf basierend Handlungen (z.B. Fernwartung etc.) durchzuführen, die die Sicherheit, die Verfügbarkeit und die Leistungsfähigkeit des Wasserstoffversorgungssystems signifikant verbessern. Weitere Ausführungsformen und technische Vorteile sind nachstehend mit Bezugnahme auf das beispielhafte Verfahren von Abb. 4 beschrieben.

[0017] Die vorliegende Anmeldung betrifft ferner eine Cloudcomputingvorrichtung, die ein Mittel zum Durchführen des vorstehend beschriebenen Verfahrens umfasst.

[0018] Eine solche Cloudcomputingvorrichtung kann insbesondere ein Mittel zum Durchführen des vorstehend beschriebenen Verfahrens für eine Vielzahl von Wasserstoffversorgungssystemen umfassen, sowie ein Mittel zum Bestimmen einer globalen Betriebsmetrik für die Vielzahl von Wasserstoffversorgungssystemen, basierend auf individuellen Betriebsmetriken von zumindest zwei der Wasserstoffversorgungssysteme.

[0019] Alternativ oder zusätzlich können solche individuellen Betriebsmetriken der Cloudcomputingvorrichtung auch von zumindest einem Teil der individuellen Wasserstoffversorgungssysteme bereitgestellt werden.

[0020] Die Cloudcomputingvorrichtung kann gemäß der vorliegenden Anmeldung ferner ein Mittel zum Anzeigen einer Betriebswarnung an einem Betreiber eines der Wasserstoffversorgungssysteme basierend auf einer individuellen Betriebsmetrik eines der Wasserstoffverteilssysteme, und / oder basierend auf der globalen Betriebsmetrik umfassen.

[0021] Insbesondere erlaubt es eine solche Cloudcomputingvorrichtung den Materialeinsatz und den Wartungsaufwand für Flotten von Wasserstoffversorgungssystemen wie z.B. MEGCs zu optimieren ohne deren Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit zu beeinträchtigen. Weitere Ausführungsformen und technische Vorteile sind nachstehend mit Bezugnahme auf die beispielhafte Cloudcomputingvorrichtung von Abb. 3 beschrieben.

[0022] Die vorliegende Anmeldung betrifft ferner ein Wasserstoffversorgungssystem, umfassend: $N \geq 2$

Tankmodule, wobei jedes der N Tankmodul einen Druckbehälter, ein Befüll- und Entnahmeventil, OTV, und optional zumindest ein thermisches Überdruckventil, TPRD, aufweist. Das Wasserstoffversorgungssystem umfasst weiter eine Verteilerbaugruppe und, optional einen Druckregler, wobei die Verteilerbaugruppe eine Füllleitung mit einem der Tankmodule verbindet und eine Entnahmeleitung mit dem Druckregler verbindet. Das Wasserstoffversorgungssystem umfasst ferner $M \geq N$ Sensoren, die an den OTVs, den TPRDs, der Verteilerbaugruppe und / oder dem Druckregler derart angebracht sind, dass ein erstes Sensorsignal auf der Eingangsseite eines ersten Tankmoduls erfasst wird und ein zweites Sensorsignal auf einer Ausgangsseite des ersten Tankmoduls erfasst wird, oder derart angebracht sind, dass ein erstes Sensorsignal an einem ersten Tankmodul erfasst wird und ein zweites Sensorsignal an einem zweiten Tankmodul erfasst wird.

[0023] Der Begriff TPRD ist hier und im Folgenden so zu verstehen, dass er auch eine Baugruppe umfasst, die ein mechanisches TPRD und weitere Komponenten wie einen Temperatur-, und / oder Drucksensor umfassen kann. Z.B. kann ein mechanisches End-Plug TPRD, dass am unteren Ende des Druckbehälters angebracht ist, mit einem Temperatur-, und / oder einem Drucksensor bestückt werden, um eine solche Baugruppe zu bilden.

[0024] Alternativ oder zusätzlich kann das erste Sensorsignal auf einer Eingangsseite des ersten Tankmoduls erfasst werden und das zweite Sensorsignal auf einer Ausgangsseite des zweiten Tankmoduls erfasst werden. Insbesondere kann das Bestimmen der Betriebsmetrik ein Korrelieren der Sensorsignale miteinander und / oder mit einem Satz von Referenzdaten für das Wasserstoffversorgungssystem umfassen.

[0025] Beispielsweise können in einigen Ausführungsformen jeweils $N \geq 2$ Tankmodule zu $K \geq 2$ Tankgruppen bzw. sog. Registern verbunden werden. Die N Tankmodule jedes der K Register können dabei über eine Verteilerbaugruppe, verbunden sein und die K Register untereinander über Leitungen zwischen den Verteilerbaugruppen.

[0026] Schließlich umfasst das Wasserstoffversorgungssystem eine Einrichtung, um die Sensorsignale an eine Cloudcomputingvorrichtung zu senden, oder ein Steuergerät, das dazu eingerichtet ist, eines der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen, und die bestimmte Betriebsmetrik ggf. an eine Cloudcomputingvorrichtung zu senden.

[0027] Weitere Sensoren können an den Leitungen des Wasserstoffversorgungssystems angeordnet sein und zur Bestimmung der Betriebsmetrik verwendet werden.

[0028] Insbesondere kann das Steuergerät dazu eingerichtet sein, die Tankmodule und andere Systemkomponenten basierend auf Anweisungen zu steuern, die von der Cloudcomputingvorrichtung empfangen werden, und / oder basierend auf Anweisungen zu steuern, die auf der bestimmten Betriebsmetrik basieren, wobei die An-

weisungen eines oder mehrere der folgenden umfassen können: eine Anweisung zum Aktivieren/Deaktivieren eines Teils des Wasserstoffversorgungssystems, eine Anweisung zum Ändern des Betriebszustands eines Teils des Wasserstoffversorgungssystems, und eine Anweisung zum Auslesen eines Betriebsparameters eines Teils des Wasserstoffversorgungssystems. Auf diese Weise lässt sich das Wasserstoffversorgungssystem z.B. basierend auf der Betriebsmetrik fernwarten.

[0029] In einigen Ausführungsformen können jedes OTV, jedes TPRD, die Verteilerbaugruppe und der Druckregler jeweils einen Drucksensor aufweisen; und, optional, jedes OTV, jedes TPRD, die Verteilerbaugruppe und der Druckregler jeweils einen Temperatursensor und / oder einen Durchflusssensor umfassen, wobei die Sensoren jeweils ein Sensorsignal, an die Cloudcomputingvorrichtung oder das Steuergerät übertragen.

[0030] Weitere Sensoren können direkt am Druckbehälter (z.B. in der Faser) angebracht sein oder an den Leitungen des Wasserstoffversorgungssystems.

[0031] Die hierin beschriebenen Verfahren oder gewisse Teile davon können alternativ oder zusätzlich auch von einem Steuergerät eines Wasserstoffversorgungssystems, dem Boardcomputer eines Fahrzeugs oder einer speziell dafür eingerichteten Rechenvorrichtung durchgeführt werden.

[0032] Die vorliegende Anmeldung betrifft ferner einen MEGC, der ein Wasserstoffversorgungssystem wie hierin beschrieben in einem geeigneten Gehäuse umfasst. Der MEGC kann ferner ein elektronisches Steuergerät umfassen, das den Betrieb des Wasserstoffversorgungssystems steuert und überwacht und Daten mit einer Cloudcomputingvorrichtung austauscht.

[0033] Die hierin beschriebenen Verfahren, Systeme und Vorrichtungen lassen sich auch bei Wasserstoffversorgungssystemen mit nur einem Tankmodul zu Anwendung bringen. Auch dort können mehrere Sensorsignale an unterschiedlichen Positionen des Wasserstoffversorgungssystems, zum Beispiel auf der Eingangsseite und auf der Ausgangsseite des Tankmoduls erfasst werden und z.B. miteinander und / oder mit Referenzdaten korreliert werden, um eine Betriebsmetrik zu bestimmen. Solche Verfahren, Systeme und Vorrichtungen sind daher ebenfalls Teil der vorliegenden Anmeldung.

4. Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0034]

Abb. 1 zeigt eine schematische Ansicht eines Wasserstoffversorgungssystems gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung;

Abb. 2 zeigt eine schematische Ansicht eines MEGCs gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung;

Abb. 3 zeigt eine schematische Ansicht einer Cloud-

computingvorrichtung gemäß einer möglichen Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung;

Abb. 4 zeigt schematisch anhand eines Flussdiagramms eines Verfahrens zum Bestimmen einer Betriebsmetrik eines Wasserstoffversorgungssystems gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung.

5. Beschreibung beispielhaften Ausführungsformen

[0035] Im Folgenden sind einige mögliche Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung beispielhaft beschrieben. Hierbei sind verschiedenen Merkmalskombinationen mit Bezugnahme auf die jeweils dargestellten Ausführungsformen beschrieben. Naturgemäß müssen nicht alle Merkmale der beschriebenen Ausführungsformen vorhanden sein, um die vorliegende Erfindung zu realisieren.

[0036] Ferner können die Ausführungsformen durch Kombinieren gewisser Merkmale einer Ausführungsform mit einem oder mehreren Merkmalen einer anderen Ausführungsform modifiziert werden - falls dies technisch kompatibel und sinnvoll ist - ohne von der Offenbarung und dem Schutzzumfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen, der durch die Patentansprüche definiert ist.

[0037] **Abb. 1** zeigt eine schematische Ansicht eines Wasserstoffversorgungssystems 100 gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung. Das Wasserstoffversorgungssystem 100 umfasst $N \geq 2$ Tankmodule 110, wobei in der dargestellten Ausführungsform jedes der Tankmodule 110a, 110b einen Druckbehälter 120, ein OTV 130, und zwei TPRDs 140 umfasst. Des Weiteren umfasst das Wasserstoffversorgungssystem 100 eine Verteilerbaugruppe 150 und einen Druckregler 160. Über die Verteilerbaugruppe 150 sind die OTVs 130 der Tankmodule 110 mit einer Befüllleitung 170 verbunden, über die die Druckbehälter 120 mit gasförmigem Wasserstoff befüllt werden können. In anderen Konfigurationen, können auch weniger TPRDs verwendet werden. Beispielsweise kann auch nur ein TPRD an der Verteilerbaugruppe angebracht sein, oder je eines am OTV 130.

[0038] In den Druckbehältern 120 kann der Wasserstoff z.B. bei einem Nenndruck von 700 Bar gespeichert werden. In der dargestellten Konfiguration ist der Druckregler 160 ebenfalls über die Verteilerbaugruppe 150 mit den OTVs 130 der Tankmodule 110 verbunden. Der in den Druckbehältern gespeicherte Wasserstoff kann über den Druckregler 160 einem Verbraucher, wie z.B. einer Brennstoffzelle 180 zugeführt werden, die z.B. bei einem Nenndruck von 15 Bar arbeitet. In anderen Konfigurationen, wie sie z.B. bei MEGCs zum Einsatz kommen, kann der in den Druckbehältern 120 gespeicherte Wasserstoff über den Druckregler 160 oder direkt einer Entnahmelleitung (nicht dargestellt) zugeführt werden. Im Befüllpfad und /oder im Entnahmepfad kann ferner ein Durch-

flussbegrenzer eingebaut sein (ebenfalls nicht dargestellt). Wie vorstehend beschrieben, umfasst gemäß der vorliegenden Anmeldung das Wasserstoffversorgungssystems 100 $M \geq N$ Sensoren, die M Sensorsignale erzeugen, die wie nachfolgend mit Bezugnahme auf **Abb. 4** diskutiert ist zur Bestimmung einer Betriebsmetrik für das Wasserstoffversorgungssystem 100 verwendet werden kann.

[0039] Die M Sensoren können an den OTVs 130, den Druckbehältern 120, den TPRDs 140, der Verteilerbaugruppe 150, den Durchflussbegrenzern, den Leitungen und / oder dem Druckregler 160 derart angebracht sein, dass zumindest ein erstes Sensorsignal auf der Eingangsseite eines ersten Tankmoduls 110a erfasst wird und ein zweite Sensorsignal auf einer Ausgangsseite des ersten Tankmoduls 110a erfasst wird. Der Begriff TPRD ist hier als TPRD-Baugruppe zu verstehen (z.B. ein End-Plug TPRD Baugruppe), die neben dem mechanischen Ventil einen oder mehrere der hier beschriebenen Sensoren und weitere Komponenten umfassen kann.

[0040] Die $M \geq N$ Sensoren können alternativ oder zusätzlich auch derart angebracht sein, dass ein erstes Sensorsignal an dem ersten Tankmodul 110a erfasst wird und ein zweites Sensorsignal an einem zweiten Tankmodul 110b erfasst wird.

[0041] Die $M \geq N$ Sensoren können alternativ oder zusätzlich auch derart angebracht sein, dass ein erstes Sensorsignal auf einer Eingangsseite des ersten Tankmoduls 110a erfasst wird und das zweite Sensorsignal auf einer Ausgangsseite des zweiten Tankmoduls 110b erfasst wird.

[0042] Das Wasserstoffversorgungssystem 100 kann außerdem eine Einrichtung 190 umfassen, um die M Sensorsignale an eine Cloudcomputingvorrichtung zu senden (siehe nachfolgend **Abb. 3**) und / oder ein Steuergerät 195, das dazu eingerichtet ist, eines der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen. Die damit bestimmte Betriebsmetrik für das Wasserstoffversorgungssystem kann anschließend an eine Cloudcomputingvorrichtung (vgl. **Abb. 3**) gesendet werden. Die Sensorsignale können z.B. über eine Funkverbindung 197 oder über Signalkabel an die Einrichtung 190 und / oder das Steuergerät 195 gesendet werden.

[0043] In einigen Ausführungsformen kann das Steuergerät 195 ferner dazu eingerichtet sein, die Tankmodule 110 basierend auf Anweisungen zu steuern, die von einer Cloudcomputingvorrichtung empfangen werden, und / oder basierend auf Anweisungen zu steuern, die auf der Betriebsmetrik basieren, die z.B. von dem Steuergerät 195 bestimmt wird.

[0044] Die Anweisungen können eines oder mehrere der folgenden umfassen: eine Anweisung zum Aktivieren/Deaktivieren eines Teils des Wasserstoffversorgungssystems 100 (z.B. eines der Tankmodule 110, oder eines der OTVs 130), eine Anweisung zum Ändern des Betriebszustands eines Teils des Wasserstoffversorgungssystems, und eine Anweisung zum Auslesen eines Betriebsparameters eines Teils des Wasserstoffversor-

gungssysteme.

[0045] In einigen Ausführungsformen kann das Wasserstoffversorgungssystem 100 so konzipiert sein, dass jedes OTV 130, die Verteilerbaugruppe 150, die Durchflusssensoren und der Druckregler 160 jeweils einen Drucksensor, einen Temperatursensor und / oder einen Durchflusssensor umfasst, wobei die Sensoren jeweils ein Sensorsignal, an die Cloudcomputingvorrichtung oder das Steuergerät 195 übertragen.

[0046] In weiteren Ausführungsformen können jeweils $N \geq 2$ Tankmodule zu $K \geq 2$ Tankgruppen bzw. sog. K Registern verbunden werden. Die N Tankmodule jedes der K Register sind dabei über eine Verteilerbaugruppe, ähnlich der Verteilerbaugruppe 150 verbunden. In einem solchen System könne die Sensorsignale auch an den Verteilerbaugruppen 150 erfasst werden. Das erlaubt die Tankmodule ohne Sensortechnik zu konstruieren, dadurch Kosten und Komplexität zu reduzieren. Beispielsweise kann in jeder der K Verteilerbaugruppen 150 ein Drucksensor, ein Temperatursensor und / oder ein Durchflusssensor integriert sein, die entsprechende Sensorsignale für das zugehörige Register erfassen.

[0047] Abb. 2 zeigt eine schematische Ansicht eines MEGCs 200 gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung. Der MEGC 200 umfasst ein Wasserstoffversorgungssystem 220 wie hierin beschrieben, ein Steuergerät 240, und je eine Befüllleitung 230 und eine Entnahmeleitung 235. Die Befüllleitung und die Entnahmeleitung kann z.B. über weitere Leitungen mit den K Verteilerbaugruppen eines Wasserstoffversorgungssystems verbunden sein, in dem je N Tankmodule zu K Registern zusammengefasst sind.

[0048] Der MEGC 200 kann über das Steuergerät 240 oder ein separates Kommunikationsmodul (z.B. ein Mobilfunkmodul) Daten mit einer Cloudcomputingvorrichtung austauschen wie nachstehend mit Bezugnahme auf Abb. 3 genauer beschrieben ist.

[0049] In einer Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung umfasst der MEGC 200 und / oder das Wasserstoffversorgungssystem 220 eine elektronische Steuereinheit 240, um den Betrieb der Tankmodule des MEGCs zu steuern, zu überwachen und ggf. die hierin beschriebenen Verfahren oder einige Schritte davon auszuführen. Die elektronische Steuereinheit kann beispielsweise über eine integrierte Funkschnittstelle (LTE, 5G, NFC, etc.) oder ein separates Kommunikationsmodul Daten mit einer Cloudcomputingvorrichtung austauschen.

[0050] Die Sensorsignale können ebenfalls über Funk (z.B. LTE, WLAN oder Bluetooth) oder über Signalleitungen an die Steuereinheit übertragen werden. Alternativ oder zusätzlich können die Sensoren bzw. die Komponenten der Tankmodule bzw. des Systems (z.B. OTV, TPRD-Baugruppen, Druckregler, Durchflussbegrenzer, etc.) selbst eine Funkschnittstelle aufweisen und Daten damit direkt mit einer Cloudcomputingvorrichtung und untereinander austauschen.

[0051] Auch können Sensordaten erst in einem lokalen Speicher erfasst werden und lokal (z.B. über USB, NFC,

WLAN) ausgelesen werden und / oder zu einem späteren Zeitpunkt, z.B. alle 12h oder 24h an eine Cloudcomputingvorrichtung gesendet werden.

[0052] In einigen Ausführungsformen, kann z.B. aus Gründen der Cybersecurity, der Datenaustausch nur in der Richtung MEGC zur Cloud erfolgen, um z.B. zu verhindern, dass das Steuergerät 240 von einer bössartigen Entität gesteuert wird.

[0053] Abb. 3 zeigt eine schematische Darstellung einer Cloudcomputingvorrichtung 310 gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung. Wie vorstehend beschrieben umfasst die Cloudcomputingvorrichtung 310 ein Mittel zum Durchführen eines des hierin beschriebenen Verfahrens (vgl. Abb. 4). Beispielsweise kann die Cloudcomputingvorrichtung 310 zumindest teilweise in Cloudcomputing-Software implementiert sein, die z.B. in Form von Mikroservices auf einem oder mehreren Cloudcomputing-Knoten 112 ausgeführt wird, die jeweils (ggf. virtualisierte) Verarbeitungsressourcen 114, Speicherressourcen 116 und Netzwerkressourcen 118 für die Cloud-basierte verteilte Ausführung von Cloudcomputing-Software bereitstellen.

[0054] Ein solches Computerprogramm umfasst damit Anweisungen, die wenn Sie auf einem oder mehreren Prozessoren ausgeführt werden, die Prozessoren dazu veranlassen eines der hierin beschriebenen Verfahren (vgl. Abb. 4) durchzuführen.

[0055] Die Cloudcomputing-Knoten 112 können so konfiguriert sein, dass sie über ein Netzwerk 120 (z. B. ein IP-basiertes Netzwerk wie das Internet) Daten mit einem oder mehreren Wasserstoffversorgungssystemen 338, z.B. an Board einer Flotte von Wasserstoffbetriebenen LKWs, austauschen können. Beispielsweise können die Wasserstoffversorgungssysteme 338 über eine Funkschnittstelle 336 (z.B. 3G, LTE, 5G etc.) Daten mit einer Funkzugangnetzwerksteuerung 334 austauschen, die über ein IP-basiertes Netzwerk (z.B. das Internet) 320 mit der Cloudcomputingvorrichtung 310 verbunden ist.

[0056] Die Cloudcomputingvorrichtung 310 kann ferner ein Mittel zum Durchführen eines des hierin beschriebenen Verfahrens jeweils für eine Vielzahl von Wasserstoffversorgungssystemen 338 umfassen, sowie ein Mittel zum Bestimmen einer globalen Betriebsmetrik für die Vielzahl von Wasserstoffversorgungssystemen, basierend auf individuellen Betriebsmetriken von zumindest zwei der Wasserstoffversorgungssysteme 338.

[0057] Alternativ oder zusätzlich können solche individuellen Betriebsmetriken auch von (einem Teil) der Wasserstoffversorgungssysteme 338 selbst bestimmt werden und an die Cloudcomputingvorrichtung 310 gesendet werden.

[0058] In einigen Ausführungsformen kann die Cloudcomputingvorrichtung 310 ein Mittel 232 zum Erzeugen einer Betriebswarnung für an einem Betreiber eines der Wasserstoffversorgungssysteme 238 basierend auf einer individuellen Betriebsmetrik eines der Wasserstoffverteilungssysteme, und / oder basierend auf der globalen

Betriebsmetrik. Beispielsweise kann eines der Wasserstoffverteilsystem 338 auf einem Fahrzeug angeordnet sein, und die Betriebswarnung kann dem Fahrzeug anzeigen, dass ein Wartungshalt notwendig ist.

[0059] In einigen Ausführungsformen umfasst die hier beschriebene Cloudcomputingvorrichtung 310 ferner eines oder mehrere der folgenden: ein Mittel zum Senden einer Aktivierungs- und / oder Deaktivierungsanweisung für einen Teil eines Wasserstoffversorgungssystems, basierend auf der erkannten Betriebsmetrik und / oder der erkannten globalen Betriebsmetrik. Alternativ oder zusätzlich kann die Cloudcomputingvorrichtung 310 ein Mittel zum Ändern des Betriebszustands eines Teils des Wasserstoffversorgungssystems, basierend auf der erkannten Betriebsmetrik und / oder der erkannten globalen Betriebsmetrik umfassen sowie ein Mittel zum Auslesen eines Betriebszustands eines Teils des Wasserstoffversorgungssystems, z.B. über die Funkschnittstelle 320.

[0060] In einigen Ausführungsformen kann die Cloudcomputingvorrichtung 310 ferner ein Mittel zum Empfangen 320 eines Positionssignals von einem oder mehreren der Wasserstoffversorgungssysteme 338 umfassen, wobei das Mittel zum Bestimmen der globalen Betriebsmetrik für die Vielzahl von Wasserstoffversorgungssystemen, die globale Betriebsmetrik ebenfalls basierend auf den Positionssignalen des Wasserstoffversorgungssystems 338 bestimmt.

[0061] **Abb. 4** zeigt schematisch anhand eines Flussdiagramms ein Verfahren 400 gemäß einer möglichen Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung. Das Verfahren 400 kann z.B. von einem Steuergerät oder einer Cloudcomputingvorrichtung ausgeführt werden und umfasst einen Schritt 410, des Empfangens zumindest eines ersten und eines zweiten Sensorsignals von einem Wasserstoffversorgungssystem, das zumindest zwei miteinander verbundene Tankmodule aufweist. Beispielsweise können, wie vorstehend beschrieben, verschiedene Druck-, Temperatur- und / oder Durchflusssensorsignale von den unterschiedlichen Komponenten (Druckspeicher, OTVs, Druckregler, Leitungen, Verteilerbaugruppen, etc.) des Wasserstoffversorgungssystems empfangen werden.

[0062] Das erste Sensorsignal wird dabei auf einer Eingangsseite eines ersten Tankmoduls erfasst und das zweite Sensorsignal auf einer Ausgangsseite des ersten Tankmoduls. Alternativ kann das erste Sensorsignal an dem ersten Tankmodul erfasst werden und das zweite Sensorsignal an einem zweiten Tankmodul. Falls mehr als zwei Sensorsignale erfasst werden, können auch beide Konfigurationen zutreffen.

[0063] Das Verfahren 400 umfasst ferner den Schritt 420 des Bestimmens einer Betriebsmetrik für das Wasserstoffversorgungssystem basierend auf dem ersten und dem zweiten Sensorsignal. Die empfangenen Sensorsignale können jeweils eine Zeitreihe von Messwerten umfassen. Alternativ oder zusätzlich kann das erste Sensorsignal auf einer Eingangsseite des ersten Tank-

moduls erfasst werden und das zweite Sensorsignal auf einer Ausgangsseite des zweiten Tankmoduls erfasst werden.

[0064] Beispielsweise kann das Bestimmen der Betriebsmetrik ein Korrelieren der Sensorsignale miteinander und / oder mit einem Satz von Referenzdaten für das Wasserstoffversorgungssystem umfassen. Solche Referenzdaten können z.B. von einem Flottenbetreiber in einer Datenbank erfasst werden und mit Metadaten markiert werden, um z.B. Referenzdaten für gewisse Betriebsanomalien zu erzeugen. Auf diese Weise lassen sich Betriebsanomalien bereits erkennen, bevor ein Wasserstoffversorgungssystem ausfällt.

[0065] Ferner kann das Bestimmen der Betriebsmetrik ein Erkennen einer Betriebsanomalie des Wasserstoffversorgungssystems basierend auf den empfangenen Sensorsignalen umfassen. Beispielsweise kann das Erkennen der Betriebsanomalie des Wasserstoffversorgungssystems ein Erkennen einer möglichen Leckage, eines niedrigen Füllstandes, und / oder einer Fehlfunktion eines Ventils eines der Tankmodule umfassen. Zum Beispiel können solche Betriebsanomalien über einen Vergleich der Sensorsignale mit Referenzdaten erkannt werden.

[0066] Das Verfahren 400 kann ferner Empfangen eines oder mehrere Umgebungssensorsignale umfassen, die eine Wasserstoffkonzentration in einem Raum anzeigen, in dem sich das Wasserstoffversorgungssystem befindet, und / oder die eine Umgebungstemperatur des Wasserstoffversorgungssystems anzeigen, und / oder die eine Umgebungsluftfeuchtigkeit des Wasserstoffversorgungssystems anzeigen.

[0067] Das Verfahren 400 kann ferner Empfangen eines oder mehrere Diagnosesensorsignale umfassen, wobei die Diagnosesensorsignale eines oder mehrere der folgenden umfassen können, ein Vibrationssensorsignal, ein Erschütterungssensorsignal, ein GPS-Sensorsignal, und ein Überspannungswarnsensorsignal.

[0068] In solchen Ausführungsformen umfasst das Verfahren 400 das Bestimmen der Betriebsmetrik ebenfalls basierend auf den Umgebungssensorsignalen und / oder den Diagnosesensorsignalen. Insbesondere können die Umgebungssensorsignale und / oder die Diagnosesensorsignale mit dem ersten und / oder dem zweiten Sensorsignal korreliert werden, um die Betriebsmetrik zu bestimmen. Beispielsweise kann eine gemessene starke Erschütterung, die mit einem Druckabfall und / oder einer Temperaturänderung korreliert ist, ein Anzeichen für eine Beschädigung eines Teils des Wasserstoffsystems sein. Das Verfahren 400 gemäß vorliegender Erfindung, kann in einigen Ausführungsformen so konzipiert sein, dass jedes der Tankmodule ein Befüll- und Entnahmeventil, OTV, umfasst und, optional, jedes der Tankmodule ein thermisches Überdruckventil, TPRD. Das Verfahren 400 kann ein Empfangen des ersten und des zweiten Sensorsignals und / oder weiterer Sensorsignale von unterschiedlichen OTVs und / oder unterschiedlichen TPRDs umfassen, sowie ein Bestimmen

der Betriebsmetrik basierend auf den empfangenen Sensorsignalen, umfassen.

[0069] In einigen Ausführungsformen kann das Wasserstoffversorgungssystem eine Verteilerbaugruppe, einen Druckregler und optional einen Durchflussbegrenzer umfassen, wobei die Verteilerbaugruppe eine Füllleitung mit einem der Tankmodule verbindet und eines der Tankmodule mit dem Druckregler verbunden ist. Das Verfahren kann ein Empfangen des ersten und / oder des zweiten Sensorsignals und / oder weiterer Sensorsignale von der Verteilerbaugruppe, dem Druckregler und / oder dem Durchflussbegrenzer umfassen sowie das Bestimmen der Betriebsmetrik basierend auf den empfangenen Sensorsignalen.

[0070] In einigen Ausführungsformen können auch jeweils $N \geq 2$ Tankmodule zu $K \geq 2$ Tankgruppen bzw. sog. Registern verbunden werden. Die N Tankmodule jedes der K Register können dabei über eine Verteilerbaugruppe, verbunden sein und die K Register untereinander über Leitungen zwischen den Verteilerbaugruppen.

[0071] In einem solchen System kann das erste Sensorsignal an einer ersten Verteilerbaugruppe erfasst werden und das zweite Sensorsignal an einer zweiten Verteilerbaugruppe. Das erlaubt die Tankmodule der Register ohne Sensortechnik zu konstruieren, um dadurch Kosten und Komplexität zu reduzieren. Beispielsweise kann in oder an jeder Verteilerbaugruppen ein Drucksensor, ein Temperatursensor und / oder ein Durchflusssensor integriert sein, die entsprechende Sensorsignale für das zugehörige Register erfassen.

[0072] Die mit Bezugnahme zu Abb. 4 beschriebenen Verfahren lässt sich auch bei Wasserstoffversorgungssystemen mit nur einem Tankmodul zu Anwendung bringen. Auch dort können mehrere Sensorsignale an unterschiedlichen Positionen des Wasserstoffversorgungssystems, zum Beispiel auf der Eingangsseite und auf der Ausgangsseite des Tankmoduls erfasst werden und z.B. miteinander und / oder mit Referenzdaten korreliert werden, um die Betriebsmetrik für das Wasserstoffversorgungssystem zu bestimmen.

Patentansprüche

1. Verfahren, umfassend:

Empfangen zumindest eines ersten und zumindest eines zweiten Sensorsignals von einem Wasserstoffversorgungssystem, das zumindest zwei miteinander verbundene Tankmodule aufweist, wobei das erste Sensorsignal auf einer Eingangsseite eines ersten Tankmoduls erfasst wird und wobei das zweite Sensorsignal auf einer Ausgangsseite des ersten Tankmoduls erfasst wird, oder wobei das erste Sensorsignal an dem ersten Tankmodul erfasst wird und das zweite Sensorsignal an einem zweiten Tankmo-

dul erfasst wird, oder wobei das erste Sensorsignal auf einer Eingangsseite des ersten Tankmoduls erfasst wird und wobei das zweite Sensorsignal auf einer Ausgangsseite des zweiten Tankmoduls erfasst wird; und

Bestimmen einer Betriebsmetrik für das Wasserstoffversorgungssystem basierend auf zumindest dem ersten und dem zweiten Sensorsignal.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das erste und das zweite Sensorsignal jeweils eine Zeitreihe von Messwerten umfasst; und / oder wobei das Bestimmen der Betriebsmetrik ein Erkennen einer Betriebsanomalie des Wasserstoffversorgungssystem umfasst; und vorzugsweise

wobei das Erkennen der Betriebsanomalie des Wasserstoffversorgungssystem ein Erkennen einer möglichen Leckage eines der Tankmodule umfasst, und / oder ein Erkennen eines niedrigen Füllstandes eines der Tankmodule umfasst und / oder ein Erkennen einer Fehlfunktion eines Ventils eines der Tankmodule umfasst.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 2, wobei das erste und das zweite Sensorsignal jeweils von einem der folgenden Sensortypen bereitgestellt werden: einem Drucksensor, einem Temperatursensor, einem Durchflusssensor, oder einer funktionsintegrierten Kombination davon.

4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche 1 bis 3, ferner umfassend

Empfangen eines oder mehrere Umgebungssensorsignale, die eine Wasserstoffkonzentration in einem Raum anzeigen, in dem sich das Wasserstoffversorgungssystem befindet, und / oder die eine Umgebungstemperatur des Wasserstoffversorgungssystem anzeigen, und / oder die eine Umgebungsluftfeuchtigkeit des Wasserstoffversorgungssystem anzeigen; und / oder

Empfangen eines oder mehrere Diagnosesensorsignale, wobei das oder die Diagnosesensorsignale eines oder mehrere der folgenden umfassen, ein Vibrationssensorsignal, ein Erschütterungssensorsignal, ein GPS-Sensorsignal, und ein Überspannungswarnsensorsignal; und

Bestimmen der Betriebsmetrik ebenfalls basierend auf den ein oder mehreren Umgebungssensorsignalen und / oder basierend auf den ein oder mehreren Diagnosesensorsignalen, vorzugsweise umfassend

Korrelieren der Umgebungssensorsignale und / oder der Diagnosesensorsignale mit dem ersten und / oder dem zweiten Sensorsignal.

5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche 1 bis 4, wobei jedes der Tankmodule ein Befüll- und Entnahmeventil, OTV, und, optional ein thermisches Überdruckventil, TPRD, umfasst; und wobei das Verfahren ferner umfasst:

Empfangen des ersten und des zweiten Sensorsignals und / oder weiterer Sensorsignale von unterschiedlichen OTVs und / oder unterschiedlichen TPRDs; und

Bestimmen der Betriebsmetrik basierend auf den empfangenen Sensorsignalen; und / oder wobei das Wasserstoffversorgungssystem eine Verteilerbaugruppe und einen Druckregler und optional einen Durchflussbegrenzer umfasst, wobei die Verteilerbaugruppe eine Füllleitung mit einem der Tankmodule verbindet und eines der Tankmodule mit dem Druckregler verbunden ist, und wobei das Verfahren ferner umfasst:

Empfangen des ersten und / oder des zweiten Sensorsignals und / oder weiterer Sensorsignale von der Verteilerbaugruppe und / oder dem Druckregler; und

Bestimmen der Betriebsmetrik basierend auf den empfangenen Sensorsignalen.

6. Cloudcomputingvorrichtung, umfassend ein Mittel zum Durchführen des Verfahrens eines der Ansprüche 1 bis 5.

7. Cloudcomputingvorrichtung nach Anspruch 6, ferner umfassend

ein Mittel zum Durchführen des Verfahrens eines der Ansprüche 1 bis 5, jeweils für eine Vielzahl von Wasserstoffversorgungssystemen; und

ein Mittel zum Bestimmen einer globalen Betriebsmetrik für die Vielzahl von Wasserstoffversorgungssystemen, basierend auf individuellen Betriebsmetriken von zumindest zwei der Wasserstoffversorgungssysteme; und, vorzugsweise,

ein Mittel zum Erzeugen einer Betriebswarnung für einem Betreiber eines der Wasserstoffversorgungssysteme basierend auf einer individuellen Betriebsmetrik eines der Wasserstoffverteilsysteme, und / oder basierend auf der globalen Betriebsmetrik, wobei, vorzugsweise eines der Wasserstoffverteilsysteme auf einem Fahrzeug angeordnet ist, und die Betriebswarnung dem Fahrzeug anzeigt, dass ein Wartungshalt notwendig ist.

8. Cloudcomputingvorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 7, ferner umfassend:

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

ein Mittel zum Senden einer Aktivierungs- und / oder Deaktivierungsanweisung für einen Teils eines der Wasserstoffversorgungssysteme, basierend auf der bestimmten Betriebsmetrik und / oder der bestimmten globalen Betriebsmetrik; und / oder

ein Mittel zum Ändern des Betriebszustands eines Teils des Wasserstoffversorgungssystem, basierend auf der erkannten Betriebsmetrik und / oder der erkannten globalen Betriebsmetrik; und / oder

ein Mittel zum Auslesen eines Betriebszustands eines Teils des Wasserstoffversorgungssystem; und / oder

ein Mittel zum Empfangen eines Positionssignals von einem der Wasserstoffversorgungssysteme; und wobei das Mittel zum Bestimmen der globalen Betriebsmetrik für die Vielzahl von Wasserstoffversorgungssystemen, die globale Betriebsmetrik ebenfalls basierend auf dem Positionssignal des Wasserstoffversorgungssystems bestimmt.

9. Wasserstoffversorgungssystem, umfassend:

$N \geq 2$ miteinander verbundene Tankmodule, wobei jedes der N Tankmodule einen Druckbehälter, ein Befüll- und Entnahmeventil, OTV, und, optional, ein thermisches Überdruckventil, TPRD, aufweist;

eine Verteilerbaugruppe, die mit einem oder mehreren der N Tankmodule und einer Befüllleitung verbunden ist; und

einen optionalen Druckregler, der mit einem oder mehreren der N Tankmodule verbunden ist und der mit einer Verbrauchervorrichtung oder einer Entnahmeleitung verbunden ist; und

$M \geq N$ Sensoren, die an den OTVs, den optionalen TPRDs, der Verteilerbaugruppe und / oder dem optionalen Druckregler derart angebracht sind, dass zumindest ein erstes Sensorsignal auf der Eingangsseite eines ersten Tankmoduls erfasst wird und ein zweites Sensorsignal auf einer Ausgangsseite des ersten Tankmoduls erfasst wird; oder

derart angebracht sind, dass zumindest ein erstes Sensorsignal an einem ersten Tankmodul erfasst wird und ein zweites Sensorsignal an einem zweiten Tankmodul erfasst wird;

oder derart angebracht sind, dass zumindest ein erstes Sensorsignal auf der Eingangsseite eines ersten Tankmoduls erfasst wird und ein zweites Sensorsignal auf einer Ausgangsseite des zweiten Tankmoduls erfasst wird; und

eine Einrichtung, um die Sensorsignale an eine Cloudcomputingvorrichtung zu senden; oder ein Steuergerät, das dazu eingerichtet ist, das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5

durchzuführen, und vorzugsweise die damit bestimmte Betriebsmetrik an die Cloudcomputing-vorrichtung zu senden.

10. Wasserstoffversorgungssystem nach Anspruch 9, ferner umfassend einen Befülldurchflussbegrenzer, der mit der Befüllleitung verbunden ist; und / oder einen Entnahmedurchflussbegrenzer, der mit der Entnahmeleitung verbunden ist; und wobei der Befülldurchflussbegrenzer und / oder der Entnahmedurchflussbegrenzer mit einem oder mehreren der M Sensoren versehen sind. 5 10
11. Wasserstoffversorgungssystem nach Anspruch 9 oder 10, wobei die M Sensoren Temperatursensoren, Drucksensoren, und / oder Durchflusssensoren, oder funktionsintegrierte Kombinationen davon umfassen; und / oder wobei je $N \geq 2$ Tankmodule zu $K \geq 2$ Registern zusammengefasst sind und jeweils über eine von K Verteilerbaugruppen verbunden sind, wobei jeder der K Verteilerbaugruppen einen von $M \geq K$ Sensoren umfasst. 15 20
12. Wasserstoffversorgungssystem nach einem der Ansprüche 9 bis 11, wobei das Steuergerät ferner dazu eingerichtet ist, die Tankmodule basierend auf Anweisungen zu steuern, die von der Cloudcomputing-vorrichtung empfangen werden, und / oder basierend auf Anweisungen zu steuern, die auf der bestimmten Betriebsmetrik basieren; und vorzugsweise wobei die Anweisungen eines oder mehrere der folgenden umfassen: eine Anweisung zum Aktivieren/Deaktivieren eines Teils des Wasserstoffversorgungssystems, eine Anweisung zum Ändern des Betriebszustands eines Teils des Wasserstoffversorgungssystems, und eine Anweisung zum Auslesen eines Betriebsparameters eines Teils des Wasserstoffversorgungssystems. 25 30 35 40
13. Wasserstoffversorgungssystem nach einem der Ansprüche 9 bis 12, wobei jedes OTV, jeder vorhandene Durchflussbegrenzer, jedes vorhandene TPRD, die Verteilerbaugruppe und der Druckregler jeweils einen Drucksensor, einen Temperatursensor und / oder einen Durchflusssensor aufweisen; und, wobei die Sensoren jeweils ein Sensorsignal, an die Cloudcomputingvorrichtung oder das Steuergerät übertragen. 45 50
14. Multielementgascontainer umfassend:
 - ein Wasserstoffversorgungssystem nach einem der Ansprüche 9 bis 13; 55
 - ein Gehäuse; und
 - eine Befüllleitung und eine Entnahmeleitung.

15. Computerprogram umfassend Anweisungen, die wenn Sie auf einem Prozessor ausgeführt werden, den Prozessor dazu veranlassen ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5 durchzuführen.

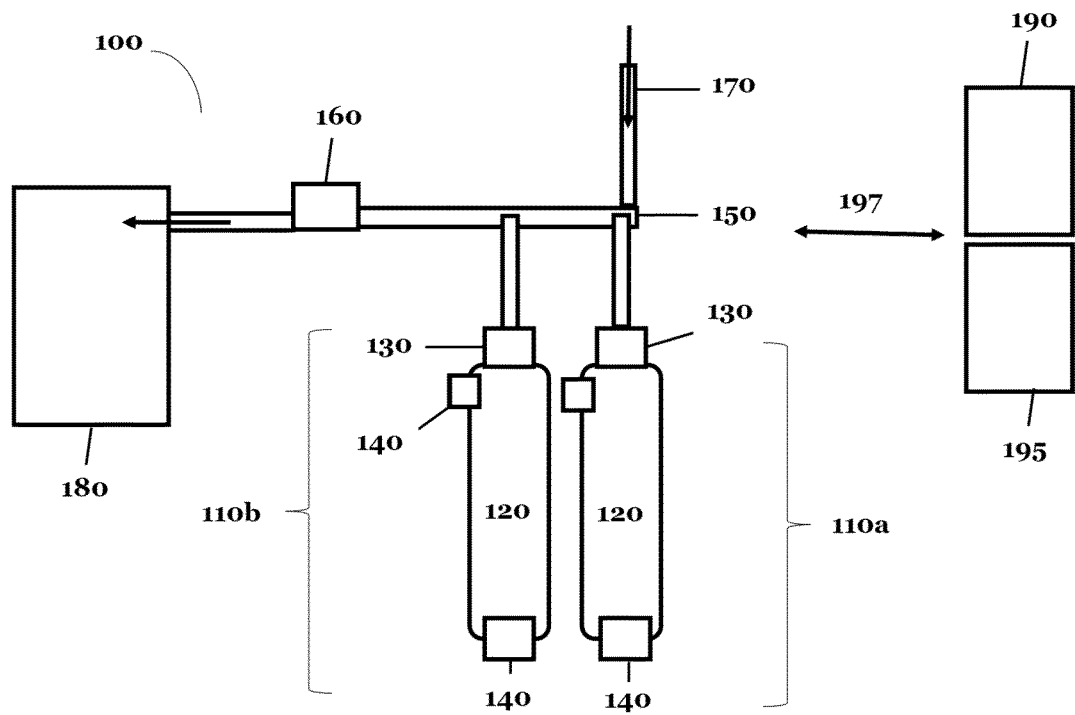


Abb. 1

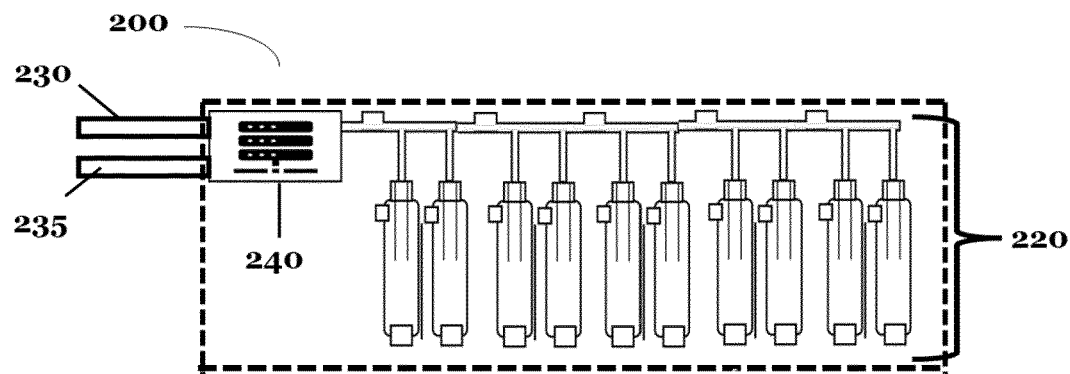


Abb. 2

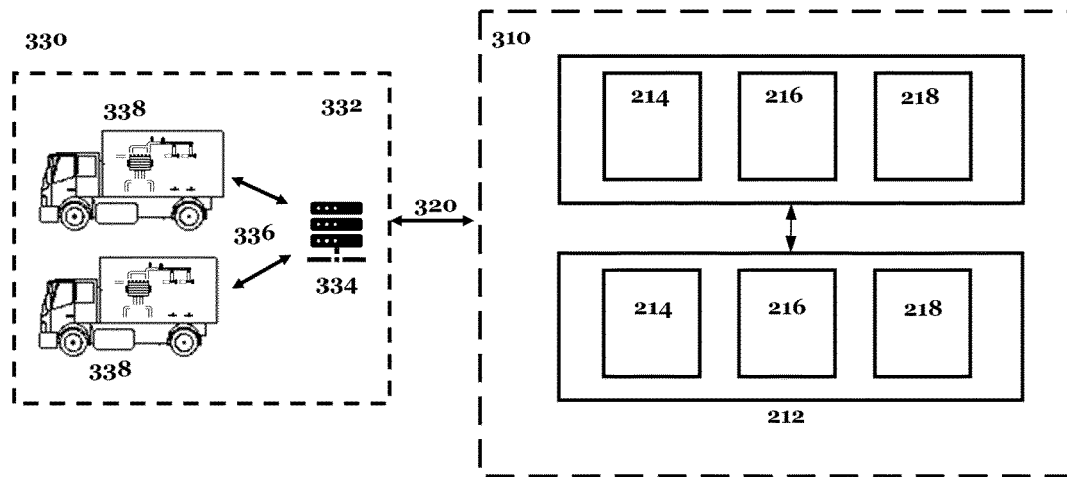


Abb. 3

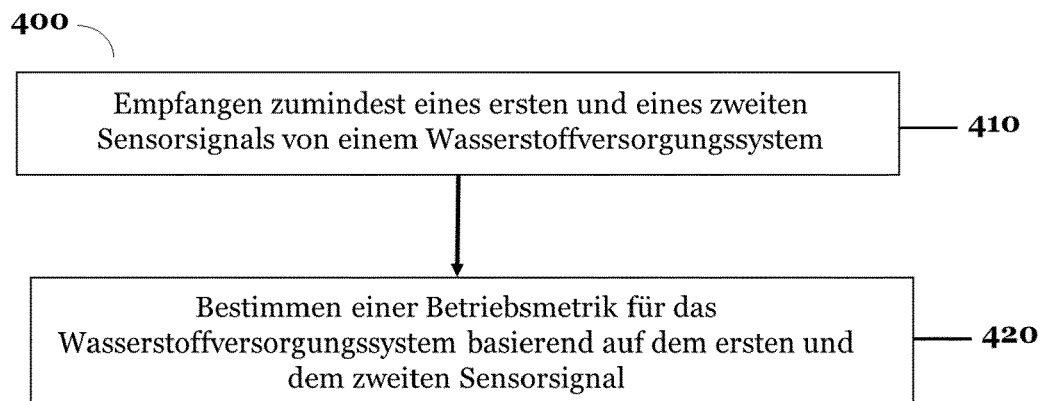


Abb. 4



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 19 4070

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2023/147830 A1 (EVERFUEL EUROPE AS [DK]) 10. August 2023 (2023-08-10) * Absätze [0142], [0143], [0145], [0149], [0155] - [0163], [0166] - [0168], [0169] - [0172]; Abbildung 1 *	1-15	INV. F17C13/02
X	US 2023/213147 A1 (PELGER ANDREAS [DE]) 6. Juli 2023 (2023-07-06) * Absätze [0041] - [0044], [0050], [0051], [0054], [0055], [0062], [0071], [0073], [0077]; Abbildungen 1-3 *	1-3, 5, 9-11, 15	
A	US 2023/259088 A1 (BORUP UFFE VIKØREN [DK] ET AL) 17. August 2023 (2023-08-17) * Absätze [0035], [0070], [0099]; Abbildungen 1, 2 *	4	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F17C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 2. Februar 2024	Prüfer Fritzen, Claas
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 23 19 4070

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

02-02-2024

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2023147830 A1	10-08-2023	DK 202270049 A1	06-11-2023
		WO 2023147830 A1	10-08-2023

US 2023213147 A1	06-07-2023	CN 115698579 A	03-02-2023
		DE 102020113995 A1	02-12-2021
		US 2023213147 A1	06-07-2023
		WO 2021239566 A1	02-12-2021

US 2023259088 A1	17-08-2023	EP 4172896 A1	03-05-2023
		US 2023259088 A1	17-08-2023
		WO 2022002331 A1	06-01-2022

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102016223693 A1 **[0004]**
- DE 102020115313 A1 **[0005]**
- WO 2006060633 A2 **[0006]**
- EP 4053444 B1 **[0006]**