



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
28.08.2024 Patentblatt 2024/35

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F17C 5/00 ^(2006.01) **F17C 5/06** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **23020084.2**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F17C 5/06; F17C 5/007; F17C 2201/0109;
F17C 2201/054; F17C 2201/056; F17C 2221/012;
F17C 2223/0161; F17C 2225/0123;
F17C 2225/036; F17C 2227/04; F17C 2250/032;
F17C 2250/034; F17C 2250/043; F17C 2250/0439;
F17C 2250/0443; (Forts.)

(22) Anmeldetag: **22.02.2023**

(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

- **Acher, Thomas**
82049 Pullach (DE)
- **Vidic, Karl Jojo**
82049 Pullach (DE)
- **Hauser, Lukas**
82049 Pullach (DE)
- **Kropf, Annika**
82049 Pullach (DE)

(71) Anmelder: **Linde GmbH**
82049 Pullach (DE)

(74) Vertreter: **Zahn, Christoph**
Linde GmbH
Intellectual Property EMEA
Dr.-Carl-von-Linde-Straße 6-14
82049 Pullach (DE)

(72) Erfinder:
• **Siebert, Georg**
82049 Pullach (DE)

(54) **VERFAHREN ZUM BEFÜLLEN EINES TANKS MIT MEDIUM**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Befüllen eines Tanks mit Medium, insbesondere Wasserstoff, gemäß einem Befüllungsprotokoll (210), wobei das Befüllungsprotokoll mehrere Vorgaben (211, 212, 213) für eine oder mehrere Größen (P, T, M1, M2), die das Medium und/oder eine Förderung des Mediums beim Befüllen charakterisieren, umfasst, umfassend: Erhalten eines oder mehrere Messwerte (201) der einen oder zumindest einer der mehreren Größen (P, T, M1, M2); Prüfen, in einem ersten Rechenabschnitt (131) eines ersten Rechners (130), ob der eine oder die mehreren Messwerte (201) die Vorgaben (211, 212, 213) des Befüllungsprotokolls (210) erfüllen, und Bestimmen und Bereitstellen eines ersten Prüfergebnisses (221); Prüfen, in einem von dem ersten Rechner verschiedenen zweiten Rechner (140), für eine oder mehrere ausgewählte Vorgaben (211, 212) des Befüllungsprotokolls (210), ob der eine oder die mehreren Messwerte (201) die eine oder die mehreren ausgewählten Vorgaben des Befüllungsprotokolls erfüllen, und Bestimmen und Bereitstellen eines zweiten Prüfergebnisses (221); Durchführen, in einem zweiten Rechenabschnitt (132) des ersten Rechners (130), einer Überprüfung, wobei die Überprüfung umfasst, dass geprüft wird, ob das zweite Prüfergebnis (222) mit dem ersten Prüfergebnis (221) übereinstimmt.

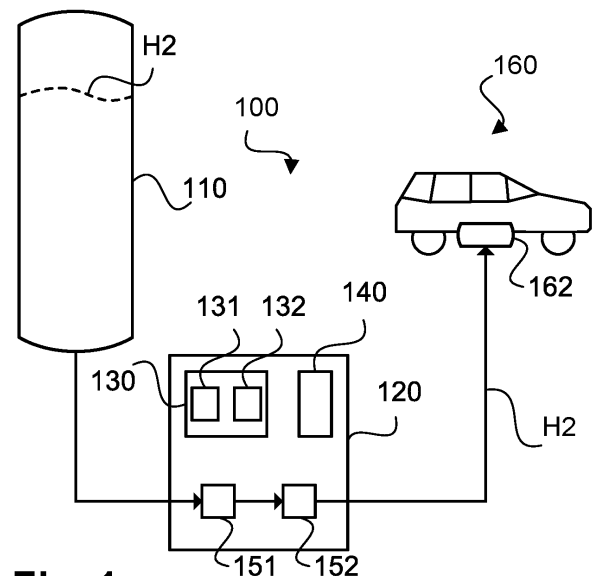


Fig. 1

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC): (Forts.)
F17C 2250/0636; F17C 2260/024;
F17C 2265/065; F17C 2270/0139

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Befüllen eines Tanks mit Medium, insbesondere Wasserstoff, gemäß einem Befüllungsprotokoll, z.B. im Rahmen eines Betankungsvorgangs. Die Erfindung betrifft auch ein Rechensystem zur Durchführung des Verfahrens, eine entsprechende Anlage, insbesondere eine Wasserstoff-tankstelle, eine Verwendung eines solchen Rechensystems sowie ein Verfahren zum Nachrüsten einer Anlage.

[0002] Wasserstoff kann als Treibstoff für unterschiedliche Fahrzeuge verwendet werden. Damit ein Fahrzeug mit Wasserstoff betrieben werden kann, kann dieser z.B. in Tanks bei einem Druck zwischen 500 und 1000 bar im Fahrzeug gespeichert werden. Die Befüllung des Tanks erfolgt in der Regel gemäß einem Protokoll, einem sog. Befüllungsprotokoll oder Betankungsprotokoll, um zu die Sicherheit zu gewährleisten, also dass z.B. einerseits eine maximal zulässige Temperatur und/oder ein maximal zulässiger Druck im Tank nicht überschritten werden.

[0003] Andererseits soll aber auch die Betankungszeit so kurz wie möglich sein. Das Einhalten von Sicherheitsanforderungen beim immer kürzeren Betankungszeiten Stellt bei einer solchen Wasserstofftankstelle, oder auch allgemein beim Befüllen eines Tanks mit Medium, eine besondere Herausforderung dar. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Aufgabe, eine Möglichkeit für eine bessere Befüllung eines Tanks mit Medium wie Wasserstoff anzugeben.

Offenbarung der Erfindung

[0004] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zum Befüllen eines Tanks mit Medium, ein Rechensystem, eine Anlage, eine Verwendung eines Rechensystems sowie ein Verfahren zum Nachrüsten einer Anlage mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Bevorzugte Ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche sowie der nachfolgenden Beschreibung.

Vorteile der Erfindung

[0005] Die Erfindung beschäftigt sich mit dem zum Befüllen eines Tanks mit Medium, insbesondere Wasserstoff, gemäß einem Befüllungsprotokoll, wobei das Befüllungsprotokoll mehrere Vorgaben für eine oder mehrere Größen, die das Medium und/oder eine Förderung des Mediums beim Befüllen charakterisieren. Wenn gleich die Erfindung vorwiegend in Bezug auf Wasserstoff als Medium und einem Betankungsvorgang bei einer Wasserstofftankstelle beschrieben wird, so kann die Erfindung gleichermaßen auf das Befüllen eines Tanks mit einem anderen Medium, insbesondere einem Gas oder verflüssigten Gas, angewendet werden.

[0006] Wasserstoff kann als Treibstoff für unterschiedliche Fahrzeuge verwendet werden. Damit ein Fahrzeug

mit Wasserstoff betrieben werden kann, kann dieser z.B. in Tanks bei einem Druck bevorzugt zwischen 500 und 1000 bar im Fahrzeug gespeichert werden. Die Befüllung des Tanks erfolgt in der Regel gemäß einem Protokoll, einem sog. Befüllungsprotokoll oder Betankungsprotokoll, um die Sicherheit zu gewährleisten, also dass z.B. einerseits eine maximal zulässige Temperatur und/oder ein maximal zulässiger Druck im Tank nicht überschritten werden, und andererseits die Betankungszeit so kurz wie möglich ist. Außerdem muss die Temperatur des zugeführten Wasserstoffs in der Regel in einem gewissen Temperaturfenster liegen.

[0007] Bei Wasserstofftankstellen ist typischerweise eine Speicher-Programmierbare-Steuerung (SPS) vorgesehen, mittels welcher überprüft wird, dass das Befüllungsprotokoll eingehalten wird. Das Befüllungsprotokoll kann hierzu in der SPS gespeichert werden oder sein. Die SPS ist typischerweise für die Steuerung der Wasserstofftankstelle und des Betankungsvorgangs zuständig und weist in der Regel einen ersten Rechenabschnitt und einen zweiten Rechenabschnitt auf. Im ersten Rechenabschnitt, dem sog. Hauptteil, wird das gesamte Befüllungsprotokoll ausgeführt. In dem zweiten Rechenabschnitt, einem vorzugsweise geschützten Bereich, den sog. Failsafe-Teil oder F-Teil, sind dann z.B. Programme und/oder Parameter gespeichert, die für die Befüllung bzw. Betankung sicherheitskritisch sind oder sein können, und daher mit höchster Zuverlässigkeit auszuführen sind.

[0008] Es existiert eine Vielzahl an unterschiedlichen Protokollen, die zudem einen unterschiedlichen Komplexitätsgrad, z.B. je nach Fahrzeugart und/oder Einsatzanforderungen aufweisen. Besonders sind hier Befüllungsprotokolle betroffen die auf einer Online-Berechnung basieren, d.h. bei denen in Echtzeit während des Befüllens bzw. Betankens Berechnungen auf aktuellen Messwerten von verschiedene Größen vorgenommen werden müssen, um die Einhaltung von Vorgaben prüfen zu können. Beispielhaft ist hier die sog. MC-Methode zu erwähnen, wie sie in der SAE J2601 beschrieben wird.

[0009] Die Umsetzung der MC-Methode oder anderer Protokolle, bei denen z.B. komplexe Berechnungen, insbesondere in Echtzeit (bzw. Online) vorzunehmen ist, ist im F-Teil einer SPS in aller Regel nicht möglich. Der Grund hierfür liegt in einer niedrigen Rechengeschwindigkeit und einer Beschränkung auf niedrige Programmiersprachen und Rechenoperatoren im F-Teil einer typischen SPS wie sie z.B. bei Wasserstofftankstellen zum Einsatz kommt. Eine Anpassung der Methoden bzw. Protokolle, z.B. durch Vereinfachung der Gleichungssysteme, ist im F-Teil ebenso nicht umsetzbar.

[0010] Eine sichere und zuverlässige Implementierung von sicherheitsrelevanten Protokollen oder Teilen davon (also z.B. bestimmte Protokollabschnitte) außerhalb des F-Teil ist hingegen mit einer typischen SPS nicht möglich oder wäre mit hohen Kosten verbunden, die z.B. an den Endkunden weitergegeben werden müssten. Die zur Kühlung des Wasserstoffs aufgewendete Energie hat

einen erheblichen Einfluss auf die Betriebskosten der Tankstelle. In Anbetracht zukünftiger Entwicklungen im Fahrzeugbereich sowie steigender Energiepreise werden die Ansprüche an neue Betankungsprotokolle und somit an die Überwachung von deren Einhaltung daher immer weiter steigen.

[0011] Vor diesem Hintergrund wird ein Verfahren zum Befüllen eines Tanks mit Medium, insbesondere Wasserstoff, gemäß einem Befüllungsprotokoll vorgeschlagen. Das Befüllungsprotokoll (oder auch Betankungsprotokoll) umfasst hierbei mehrere Vorgaben für eine oder mehrere Größen, die das Medium und/oder eine Förderung des Mediums beim Befüllen charakterisieren. Typische und bevorzugte Größen, für die mittels des Befüllungsprotokolls Vorgaben gemacht werden sind insbesondere ein Druck des Mediums im Tank, eine Temperatur des Mediums im Tank, eine Temperatur des Tanks, eine Umgebungstemperatur, sowie einen Massenstrom des Mediums.

[0012] Es werden hierbei einer oder mehrere Messwerte der einen oder zumindest einer der mehreren Größen, für die das Befüllungsprotokolls Vorgaben macht erhalten, und zwar z.B. in der schon erwähnten SPS oder aber einem anderen geeigneten Rechner, nachfolgend als erster Rechner bezeichnet. In einem ersten Rechenabschnitt des ersten Rechners, also z.B. dem erwähnten Hauptteil der SPS, wird dann geprüft, ob der eine oder die mehreren Messwerte die Vorgaben des Befüllungsprotokolls erfüllen; hierzu kann das Befüllungsprotokolls entsprechend abgearbeitet werden. Es wird dann, z.B. ebenfalls im ersten Rechner, insbesondere dem ersten Rechenabschnitt, ein erstes Prüfungsergebnis bestimmt und bereitgestellt. Das erste Prüfungsergebnis kann insbesondere Informationen über die Einhaltung der einzelnen Vorgaben des Befüllungsprotokolls umfassen oder z.B. einen oder mehrere bestimmte Werte, die für bestimmte Größen berechnet worden sind.

[0013] Weiterhin wird, in einem von dem ersten Rechner verschiedenen zweiten Rechner, für eine oder mehrere ausgewählte Vorgaben des Befüllungsprotokolls, geprüft, ob der eine oder die mehreren Messwerte die eine oder die mehreren ausgewählten Vorgaben des Befüllungsprotokolls erfüllen. Bei dem zweiten Rechner kann es sich z.B. um einen Industrierechner handeln. Ein Industrierechner weist typischerweise Hardware auf, die an Feldbedingungen angepasst ist, hat zuverlässige Software (Betriebssystem, in der Regel kein Windows) und ist idealerweise in Schaltschränken montierbar (z.B. an sog. Hutschienen). Dabei können der eine oder die mehreren Messwerte von dem ersten Rechner erhalten und an den zweiten Rechner übermittelt werden. Bei den ausgewählten Vorgaben kann es sich insbesondere um sicherheitsrelevante oder sicherheitskritische Vorgaben handeln, also z.B. bestimmte Protokollabschnitte, die für die Einhaltung der Sicherheit relevant sind. Hier kommen insbesondere Abschnitte in Betracht, die die Temperatur des Tanks bzw. im Tank und/oder den Druck im Tank überwachen, und zwar vorzugsweise permanent über-

wachen. Auch hierzu können das Befüllungsprotokolls oder zumindest die betreffenden Vorgaben bzw. Protokollabschnitte entsprechend abgearbeitet werden. Es wird dann, z.B. ebenfalls im zweiten Rechner, ein zweites Prüfungsergebnis bestimmt und bereitgestellt. Das zweite Prüfungsergebnis kann insbesondere Informationen über die Einhaltung der einzelnen ausgewählten Vorgaben des Befüllungsprotokolls umfassen oder z.B. einen oder mehrere bestimmte Werte, die für bestimmte Größen berechnet worden sind.

[0014] Weiterhin wird in einem zweiten Rechenabschnitt des ersten Rechners, also z.B. dem F-Teil bzw. Failsafe-Teil der SPS, eine Überprüfung durchgeführt. Hierzu kann zunächst das zweite Prüfergebnis von dem zweiten Rechner an den ersten Rechner übermittelt werden. Die Überprüfung umfasst, dass geprüft wird, ob das zweite Prüfergebnis mit dem ersten Prüfergebnis übereinstimmt. Dieses Überprüfen umfasst also insbesondere einen Vergleich oder Abgleich der Informationen des zweiten Prüfergebnisses mit den entsprechenden Informationen des ersten Prüfergebnisses.

[0015] Wenn die Überprüfung positiv ist, kann das Befüllen des Tanks mit dem Medium fortgeführt werden. Wenn die Überprüfung negativ ist hingegen, kann das Befüllen des Tanks mit dem Medium abgebrochen werden, insbesondere können auch andere Sicherheitsmaßnahmen wie das Ausgeben einer Informationen und/oder eines Alarms durchgeführt werden. Denkbar ist, dass das Befüllen des Tanks mit dem Medium auch dann abgebrochen wird, wenn das Prüfen der Vorgaben im Protokoll ein Abbruchkriterium (falls vorgesehen) ergibt. Die Überprüfung kann insbesondere dann als positiv angenommen oder beurteilt werden, wenn das zweite Prüfergebnis mit dem entsprechenden Teil des ersten Prüfergebnisses übereinstimmt, ggf. zumindest in einem vorgegebenen Toleranzrahmen. So kann also z.B. geprüft werden, ob einander entsprechende Werte, die bestimmt wurden, übereinstimmen, z.B. bis auf eine vorgegebene Anzahl an Nachkommastellen. Die Überprüfung kann insbesondere dann als negativ angenommen oder beurteilt werden, wenn das zweite Prüfergebnis mit dem entsprechenden Teil des ersten Prüfergebnisses nicht übereinstimmt, ggf. unter Beachtung des Toleranzrahmens. Dabei kann es ausreichend sein, dass bereits ein Teil des zweiten Prüfergebnisses nicht mit dem entsprechenden Teil des ersten Prüfergebnisses übereinstimmt.

[0016] Damit wird also unter Zuhilfenahme eines zweiten Rechners, z.B. eines kostengünstigen Industrierechners oder Industrie-PCs, eine Auslagerung sicherheitsrelevanter Protokollabschnitte bzw. sicherheitsrelevanter Vorgaben des Befüllungsprotokolls ermöglicht, welche im zweiten Rechenabschnitt bzw. im sog. F-Teil nicht umsetzbar wären. Gleichzeitig werden dieselben Abschnitte bzw. Vorgaben im ersten Rechenabschnitt bzw. im sog. Hauptteil der SPS ausgeführt. Die Ergebnisse der zwei separaten Berechnungen werden dann zweiten Rechenabschnitt bzw. im sog. F-Teil der SPS verglichen. Dadurch wird gewährleistet, dass auch komplexe Be-

rechnungen richtig und sicher durchgeführt werden. Dies beruht insbesondere darauf, dass die parallele Berechnung der sicherheitsrelevanten Vorgaben des Befüllungsprotokolls auf zwei voneinander verschiedenen Rechnern eine höhere Sicherheitsstufe erlauben; die Wahrscheinlichkeit, dass in beiden Rechnern zufällig derselbe Fehler passiert, ist nämlich geringer als dass ein Fehler in nur einem Rechner passiert. Dadurch wird ermöglicht, auch komplexe Befüllungsprotokoll bzw. Betankungsprotokolle wie die MC-Methode sicher auszuführen.

[0017] In einer Ausführungsform umfasst die Überprüfung weiterhin, dass geprüft wird, ob der eine oder die mehreren Messwerte der einen oder der zumindest einen der mehreren Größen innerhalb vorgegebener Grenzwerte liegen. Damit kann ein unsicherer Zustand des Befüllungsvorgangs bzw. der verwendeten Anlage abgefangen bzw. vermieden werden.

[0018] In einer Ausführungsform werden mehrere Messwerte für die eine oder eine der mehreren Größen, und zwar vorzugsweise den Massenstrom des Mediums, von zwei separaten Sensoren erhalten. Dies erhöht die Sicherheit weiter. Ein weiterer Aspekt für die Gewährleistung der Sicherheit ist nämlich, dass für sicherheitskritische Berechnungen die Messwerte zuverlässig sein müssen. Das bedeutet insbesondere, dass die Sensoren, mit denen die Messwerte erfasst werden, eine bestimmte Sicherheitsstufe erfüllen müssen, z.B. das sog. Safety Integrity Level 2 (SIL2). Massenstrommesser, d.h. Sensoren zum Messen bzw. Erfassen des Massenstroms des Mediums, welche die Sicherheitsanforderungen für Zustände wie sie bei einer Wasserstoffbetankung auftreten, sind nicht erhältlich. Indem nun aber zwei separate Massenstrommesser bzw. Sensoren verwendet werden, kann die gemeinsam erreichte Sicherheitsstufe erhöht werden. Auch hier gilt nämlich, dass die Wahrscheinlichkeit, dass in beiden Sensoren zufällig derselbe Fehler passiert, geringer ist, als dass ein Fehler in nur einem Sensor passiert. Damit müssen die beiden Sensoren bzw. Massenstrommesser nicht notwendigerweise von derselben Art oder Bauart oder vom selben Typ sein, wenngleich dies natürlich möglich ist.

[0019] Weiterhin betrifft die Erfindung ein Rechensystem, aufweisend einen ersten Rechner und einen von dem ersten Rechner verschiedenen zweiten Rechner, wobei der erste Rechner einen ersten Rechenabschnitt und einen zweiten Rechenabschnitt aufweist. Es kann sich hierbei also z.B. um die erwähnte SPS und den erwähnten Industrierechner handeln. Dabei ist der erste Rechner mit dem zweiten Rechner datenübertragend verbunden. Dies kann über eine geeignete Industrieschnittstelle, z.B. Profinet, erfolgen, wobei aber z.B. auch eine drahtlose Datenübertragung denkbar ist. Das Rechensystem ist dann dazu eingerichtet, ein Verfahren wie vorstehend beschrieben, insbesondere programmtechnisch, auszuführen.

[0020] Weiterhin betrifft die Erfindung eine Anlage zum Befüllen eines Tanks mit Medium, insbesondere eine

Wasserstofftankstelle. Die Anlage weist einen Vorratsspeicher für das Medium und einen Dispenser für das Medium auf; zudem ist die Anlage eingerichtet, das Medium aus dem Vorratsspeicher dem Dispenser zum Befüllen des Tanks zuzuführen; es können also geeignete Leitungen und ggf. weitere Komponenten vorhanden sein, wie z.B. für eine Wasserstofftankstelle üblich. Zudem weist die Anlage einen oder mehreren Sensoren auf, mittels welcher Messwerte für eine oder mehrere Größen, die das Medium und/oder eine Förderung des Mediums beim Befüllen charakterisieren, erfassbar sind; dabei kann es sich z.B. um Drucksensoren, Temperatursensoren, und Massenstrommesser handeln. Zudem weist die Anlage ein erfindungsgemäßes Rechensystem auf. Dabei kann der erste Rechner, also z.B. die SPS, z.B. in eine Zapfsäule oder dergleichen integriert sein. Der zweite Rechner kann ggf. ebenfalls z.B. in die Zapfsäule integriert sein oder auch an anderer Stelle positioniert sein.

[0021] Weiterhin betrifft die Erfindung eine Verwendung eines erfindungsgemäßen Rechensystems für den Betrieb einer Anlage zum Befüllen eines Tanks mit Medium, insbesondere einer Wasserstofftankstelle.

[0022] Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Nachrüsten einer Anlage zum Befüllen eines Tanks mit Medium, insbesondere einer Wasserstofftankstelle. Dabei wird von einer Anlage ausgegangen, die einen Vorratsspeicher für das Medium und einen Dispenser für das Medium aufweist, wobei die Anlage eingerichtet ist, das Medium aus dem Vorratsspeicher dem Dispenser zum Befüllen des Tanks zuzuführen. Zudem weist die Anlage einen oder mehreren Sensoren auf, mittels welcher Messwerte für eine oder mehrere Größen, die das Medium und/oder eine Förderung des Mediums beim Befüllen charakterisieren, erfassbar sind; dabei kann es sich z.B. um Drucksensoren, Temperatursensoren, und Massenstrommesser handeln. Zudem weist die Anlage einen ersten Rechner auf, also z.B. die erwähnte SPS; der erste Rechner weist dabei insbesondere den ersten und zweiten Rechenabschnitt auf, wie erwähnt. Mit anderen Worten kann es sich bei der Anlage also z.B. um eine herkömmliche Wasserstofftankstelle mit SPS handeln. Es wird nun ein zweiter Rechner, z.B. der schon erwähnte Industrierechner, bereitgestellt und insbesondere auch integriert, sodass der erste Rechner und der zweite Rechner ein erfindungsgemäßes Rechensystem bilden.

[0023] Auch die Implementierung eines erfindungsgemäßen Verfahrens in Form eines Computerprogramms oder Computerprogrammprodukts mit Programmcode zur Durchführung aller Verfahrensschritte ist vorteilhaft, da dies besonders geringe Kosten verursacht, insbesondere wenn ein ausführendes Steuergerät noch für weitere Aufgaben genutzt wird und daher ohnehin vorhanden ist. Schließlich ist ein maschinenlesbares Speichermedium vorgesehen mit einem darauf gespeicherten Computerprogramm wie oben beschrieben. Geeignete Speichermedien bzw. Datenträger zur Bereitstellung des

Computerprogramms sind insbesondere magnetische, optische und elektrische Speicher, wie z.B. Festplatten, Flash-Speicher, EEPROMs, DVDs u.a.m. Auch ein Download eines Programms über Computernetze (Internet, Intranet usw.) ist möglich. Ein solcher Download kann dabei drahtgebunden bzw. kabelgebunden oder drahtlos (z.B. über ein WLAN-Netz, eine 3G-, 4G-, 5G- oder 6G-Verbindung, etc.) erfolgen.

[0024] Zusammenfassend ermöglicht die Erfindung also eine kostengünstige Implementierung komplexer Betankungsprotokolle. Ein Industrierechner ist im Vergleich zu einer Recheneinheit einer SPS z.B. um ein Vielfaches günstiger. Durch die unterschiedliche Hard- und Software der SPS und des Industrierechners ist zudem sichergestellt, dass durch die Verarbeitung identischer Messwerte bzw. Messdaten und Berechnung identischer Ergebnisse kein Hard- oder Softwarefehler im jeweils anderen System vorliegen. Die Verwendung von zwei Massenströmsensoren ermöglicht eine SIL2-fähige Messung, somit liegen alle benötigten Messwerte sicher und zuverlässig vor. Da bereits Protokolle wie die MC-Methode die Energieeffizienz der Wasserstofftankstelle steigern und zukünftige Protokolle in diesem Bereich weitere Verbesserungen (z.B. Betankungen ohne Vorkühlung des Wasserstoffs) bringen werden, hat die Erfindung unmittelbare Auswirkungen auf die Betriebskosten. Die Erfindung ermöglicht eine sichere und kostengünstige Umsetzung der MC-Methode und anderer Online-Befüllungen.

[0025] Eine Nachrüstung bestehender Anlagen ist insofern einfach, da ein Industrierechner platzsparend und ohne großen zeitlichen und mechanischen Aufwand z.B. in Schaltschränke mit Hutschienensystem integrierbar ist.

[0026] Die Erfindung ist anhand eines Ausführungsbeispiels in der Zeichnung schematisch dargestellt und wird im Folgenden unter Bezugnahme auf die Zeichnung beschrieben.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

[0027]

Figur 1 zeigt schematisch eine erfindungsgemäße Anlage in einer bevorzugten Ausführungsform.

Figur 2 zeigt schematisch einen Ablauf eines erfindungsgemäßen Verfahrens in einer bevorzugten Ausführungsform.

Ausführliche Beschreibung der Zeichnung

[0028] In Figur 1 ist schematisch eine erfindungsgemäße Anlage 100 in einer bevorzugten Ausführungsform dargestellt, bei der auch ein erfindungsgemäßes Verfahren durchführbar ist. Die Anlage 100 dient zum Befüllen eines Tanks mit einem Mediums, z.B. Wasser-

stoff. Beispielhaft handelt es sich bei der Anlage 100 um eine Wasserstofftankstelle.

[0029] Die Anlage 100 weist einen Vorratsspeicher 110 für das Medium H₂, also z.B. Wasserstoff, und einen Dispenser 120 für das Medium auf. Die Anlage 100 ist eingerichtet ist, das Medium H₂ aus dem Vorratsspeicher 110 dem Dispenser 120 zum Befüllen eines Tanks 132 von z.B. einem Fahrzeug 130 zuzuführen. Der Dispenser 120 kann ein hier nicht gezeigtes Betankungsequipment aufweisen oder mit einem solchen verbunden sein, um einen Transfer des Mediums zum Tank 132 zu ermöglichen. Außerdem können die Anlage 100 und/oder der Dispenser 120 weitere Komponenten aufweisen, wie sie zum Betrieb einer solchen Anlage, also z.B. einer Wasserstofftankstelle nötig sind, z.B. eine Pumpe und nötige Leitungen und dergleichen.

[0030] Weiterhin weist die Anlage 100 ein Rechensystem auf, das wiederum einen ersten Rechner 130 und einen zweiten Rechner 140 aufweist. Beispielhaft sind der erste Rechner 130 und der zweite Rechner 140 in dem Dispenser 120 angeordnet, ebenso kann aber z.B. der zweite Rechner 140 außerhalb des Dispensers 120 angeordnet sein. Der erste Rechner 130 ist mit dem zweiten Rechner 140 datenübertragend verbunden, was hier jedoch nicht gezeigt ist. Hierzu kann z.B. eine Profinet-Schnittstelle verwendet werden.

[0031] Der erste Rechner 130 weist einen ersten Rechenabschnitt 131 und einen zweiten Rechenabschnitt 132 auf. Bei dem ersten Rechner 130 kann es sich insbesondere um eine Speicher-Programmierbare-Steuerung, eine sog. SPS, handeln. Damit kann es sich bei dem ersten Rechenabschnitt 131 um einen Hauptteil der SPS, und bei dem zweiten Rechenabschnitt 132 um einen Failsafe- bzw. F-Teil der SPS handeln. Bei dem zweiten Rechner kann es sich z.B. um einen Industrierechner oder Industrie-PC handeln.

[0032] Beim Nachrüsten einer bestehenden Anlage, wie in einer Ausführungsform der Erfindung vorgeschlagen, kann z.B. der zweite Rechner 140 bereitgestellt werden, also z.B. in einen Schaltschrank oder den Dispenser 120 integriert und entsprechend datenübertragend mit dem ersten Rechner 130 verbunden werden.

[0033] Weiterhin sind beispielhaft zwei Massenströmmesser 151, 152 gezeigt, über die das Medium H₂ fließt, wenn der Tank 132 befüllt wird. Beide Massenströmmesser 151, 152 können derart angeordnet sein, dass sie unmittelbar hintereinander von dem Medium durchflossen werden und damit den gleichen Massenstrom erfassen oder zumindest erfassen sollten. Außerdem können weitere Sensoren für z.B. Druck und Temperatur vorgesehen sein, die hier nicht gezeigt sind.

[0034] Ein Betrieb der Anlage 100 bzw. des Rechensystems mit dem ersten und zweiten Rechner 130, 140 soll nachfolgend unter Bezug auf Figur 2 näher erläutert werden.

[0035] In Figur 2 ist schematisch ein Ablauf eines erfindungsgemäßen Verfahrens in einer bevorzugten Ausführungsform dargestellt, und zwar ein Verfahren zum

Befüllen eines Tanks mit Medium, insbesondere Wasserstoff, wie bereits in Bezug auf Figur 1 erwähnt. Es handelt sich also insbesondere um den Betrieb einer Anlage wie in Figur 1 gezeigt. Das Befüllen erfolgt dabei gemäß einem Befüllungsprotokoll, das mehrere Vorgaben für eine oder mehrere Größen, die das Medium und/oder eine Förderung des Mediums beim Befüllen charakterisieren, umfasst, wie später noch näher erläutert werden soll.

[0036] Dabei sind der erste Rechner 130 mit dem ersten Rechenabschnitt 131 und dem zweiten Rechenabschnitt 132, sowie der zweite Rechner 140 schematisch dargestellt, um zu veranschaulichen, wo, d.h. auf welchem Rechner bzw. welchem Rechenabschnitt, welche Schritte oder Berechnungen durchgeführt werden.

[0037] Zunächst werden, z.B. in einem Sensoreingang 200 des ersten Rechners 130, einer oder mehrere Messwerte 201 der einen oder zumindest einer der mehreren Größen, für die mittels des Befüllungsprotokolls Vorgaben gemacht werden, erhalten. Während beispielhaft und stellvertretend nur ein Messwert 201 angedeutet ist, sind beispielhaft die Größen Druck P, z.B. ein Druck im Tank, eine Temperatur T, z.B. eine Umgebungstemperatur, sowie ein erster Massenstrom M1 und ein zweiter Massenstrom M2 gezeigt. Wie bereits in Bezug auf Figur 1 erwähnt, können zwei Massenstrommesser vorgesehen sein, die - zumindest bei ordnungsgemäßer Funktion - jeweils denselben Messwert für den Massenstrom messen sollten. Nichtsdestotrotz liefert jeder Massenstrommesser jeweils einen eigenen Massestrom, hier eben mit M1 und M2 bezeichnet. Die Messwerte umfassen damit zwei Messwerte für den Massenstrom, die aber von separaten Massenstrommessern gemessen und erhalten worden sind.

[0038] In dem ersten Rechenabschnitt 131 des ersten Rechners 130 wird nun geprüft, ob der eine oder die mehreren Messwerte 201 die Vorgaben des Befüllungsprotokolls erfüllen. Beispielhaft ist das Befüllungsprotokoll mit 210 bezeichnet; dieses umfasst beispielhaft drei Vorgaben 211, 212, 213. Die Vorgaben stellen gewisse Kriterien dar, denen die Messwerte 201 genügen müssen. Es versteht sich, dass je nach Befüllungsprotokoll auch mehr als drei Vorgaben vorgesehen sein können. Wie ebenfalls bereits erwähnt, kann das Prüfen der Vorgaben des Befüllungsprotokolls umfassen, dass Berechnungen mit den Messwerten in Echtzeit durchgeführt werden müssen, die mitunter sehr komplex und daher rechenintensiv sein können. Das Prüfen der Vorgaben führt zu einem ersten Prüfungsergebnis 221, das bestimmt und bereitgestellt wird.

[0039] Von dem ersten Rechner 130 können der eine oder die mehreren Messwerte 201 an den zweiten Rechner 140 übermittelt werden, z.B. über die erwähnte datenübertragende Verbindung. Es wird dann in dem zweiten Rechner 140 geprüft, ob der eine oder die mehreren Messwerte 201 eine oder mehrere ausgewählte Vorgaben des Befüllungsprotokolls 210 erfüllen. Bei den ausgewählten Vorgaben handelt es sich insbesondere um

sicherheitsrelevante Vorgaben; beispielhaft sind soll es sich bei den Vorgaben 211, 212 um ausgewählte Vorgaben handeln. Das Prüfen der Vorgaben führt zu einem zweiten Prüfungsergebnis 222, das bestimmt und bereitgestellt wird. Insbesondere kann das zweite Prüfungsergebnis 222 dann von dem zweiten Rechner 140, z.B. über die datenübertragende Verbindung, an den ersten Rechner 130 übermittelt werden.

[0040] Hier werden also parallel auf dem ersten und dem zweiten Rechner, und zwar insbesondere unabhängig voneinander, Vorgaben des Befüllungsprotokolls geprüft.

[0041] Auf dem zweiten Rechenabschnitt 132 des ersten Rechners 130 wird dann eine Überprüfung durchgeführt. Die Überprüfung umfasst, in einem Ergebnisvergleich 231, dass geprüft wird, ob das zweite Prüfungsergebnis 222 mit dem ersten Prüfergebnis 221 übereinstimmt. Zudem kann die Überprüfung umfassen, dass geprüft wird, ob der eine oder die mehreren Messwerte 201 der einen oder der zumindest einen der mehreren Größen innerhalb vorgegebener Grenzwerte 232 liegen.

[0042] Falls beides zutrifft, kann die Befüllung fortgeführt werden, und der beschriebene Ablauf vom Erhalt der Messwerte bis zur Überprüfung kann wiederholt werden, und zwar dann z.B. für einen nächsten Zeitschritt mit dann neuen Messwerten und typischerweise auch etwas anderen Vorgaben des Befüllungsprotokolls. Falls die Überprüfung negativ ist, kann der Befüllungsvorgang hingegen abgebrochen werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Befüllen eines Tanks (162) mit Medium (H₂), insbesondere Wasserstoff, gemäß einem Befüllungsprotokoll (210), wobei das Befüllungsprotokoll mehrere Vorgaben (211, 212, 213) für eine oder mehrere Größen (P, T, M1, M2), die das Medium und/oder eine Förderung des Mediums beim Befüllen charakterisieren, umfasst, umfassend:

Erhalten eines oder mehrere Messwerte (201) der einen oder zumindest einer der mehreren Größen (P, T, M1, M2);

Prüfen, in einem ersten Rechenabschnitt (131) eines ersten Rechners (130), ob der eine oder die mehreren Messwerte (201) die Vorgaben (211, 212, 213) des Befüllungsprotokolls (210) erfüllen, und Bestimmen und Bereitstellen eines ersten Prüfergebnisses (221);

Prüfen, in einem von dem ersten Rechner verschiedenen zweiten Rechner (140), für eine oder mehrere ausgewählte Vorgaben (211, 212) des Befüllungsprotokolls (210), ob der eine oder die mehreren Messwerte (201) die eine oder die mehreren ausgewählten Vorgaben des Befüllungsprotokolls erfüllen, und Bestimmen und Bereitstellen eines zweiten Prüfergebnisses

- (221);
Durchführen, in einem zweiten Rechenabschnitt (132) des ersten Rechners (130), einer Überprüfung, wobei die Überprüfung umfasst, dass geprüft wird, ob das zweite Prüfergebnis (222) mit dem ersten Prüfergebnis (221) übereinstimmt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, weiterhin umfassend, wenn die Überprüfung positiv ist: Fortführen des Befüllens des Tanks (162) mit dem Medium (H₂); und/oder weiterhin umfassend, wenn die Überprüfung negativ ist: Abbrechen des Befüllens des Tanks (162) mit dem Medium (H₂).
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Überprüfung weiterhin umfasst, dass geprüft wird, ob der eine oder die mehreren Messwerte der einen oder der zumindest einen der mehreren Größen innerhalb vorgegebener Grenzwerte (232) liegen.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die eine oder die mehreren Größen, die das Medium und/oder eine Förderung des Mediums beim Befüllen charakterisieren, eine der folgenden Größen umfassen: einen Druck (P) des Mediums im Tank, eine Temperatur des Mediums im Tank, eine Temperatur des Tanks, eine Umgebungstemperatur (T), einen Massenstrom (M₁, M₂) des Mediums.
5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei mehrere Messwerte für die eine oder eine der mehreren Größen, vorzugsweise den Massenstrom des Mediums, von zwei separaten Sensoren (151, 152) erhalten werden.
6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der eine oder die mehreren Messwerte von dem ersten Rechner erhalten werden und an den zweiten Rechner übermittelt werden, und wobei insbesondere das zweite Prüfergebnis von dem zweiten Rechner an den ersten Rechner übermittelt wird.
7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die eine oder die mehreren ausgewählten Vorgaben (211, 212) des Befüllungsprotokolls (210) sicherheitsrelevante Vorgaben umfassen.
8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Prüfen, ob der eine oder die mehreren Messwerte (201) die eine oder die mehreren ausgewählten Vorgaben (211, 212) des Befüllungsprotokolls (210) erfüllen, eine Berechnung in Echtzeit umfasst.
9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei Wasserstoff als Medium (H₂) verwendet wird, und wobei das Befüllen des Tanks (162) im Rahmen

eines Betankungsvorgangs erfolgt.

10. Rechensystem, aufweisend einen ersten Rechner (130) und einen von dem ersten Rechner verschiedenen zweiten Rechner (140), wobei der erste Rechner (130) einen ersten Rechenabschnitt (131) und einen zweiten Rechenabschnitt (132) aufweist, und wobei der erste Rechner (130) mit dem zweiten Rechner (140) datenübertragend verbunden ist, wobei das Rechensystem eingerichtet ist, ein Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche auszuführen.
11. Anlage (100) zum Befüllen eines Tanks (162) mit Medium (H₂), insbesondere Wasserstofftankstelle, wobei die Anlage (100) einen Vorratsspeicher (110) für das Medium und einen Dispenser (120) für das Medium aufweist, wobei die Anlage (100) eingerichtet ist, das Medium aus dem Vorratsspeicher (110) dem Dispenser (120) zum Befüllen des Tanks zuzuführen,
- wobei die Anlage (100) einen oder mehreren Sensoren (151, 152) aufweist, mittels welcher Messwerte für eine oder mehrere Größen, die das Medium und/oder eine Förderung des Mediums beim Befüllen charakterisieren, erfassbar sind, und
wobei die Anlage (100) ein Rechensystem nach Anspruch 10 aufweist.
12. Verwendung eines Rechensystems nach Anspruch 10 für den Betrieb einer Anlage (100) zum Befüllen eines Tanks (162) mit Medium (H₂), insbesondere einer Wasserstofftankstelle.
13. Verfahren zum Nachrüsten einer Anlage zum Befüllen eines Tanks (162) mit Medium (H₂), insbesondere einer Wasserstofftankstelle, wobei die Anlage einen Vorratsspeicher (110) für das Medium und einen Dispenser (120) für das Medium aufweist, wobei die Anlage eingerichtet ist, das Medium aus dem Vorratsspeicher dem Dispenser zum Befüllen des Tanks zuzuführen,
- wobei die Anlage einen oder mehreren Sensoren (151, 152) aufweist, mittels welcher Messwerte für eine oder mehrere Größen, die das Medium und/oder eine Förderung des Mediums beim Befüllen charakterisieren, erfassbar sind, und
wobei die Anlage einen ersten Rechner (130) aufweist, umfassend:
Bereitstellen und insbesondere Integrieren eines zweiten Rechners (140), sodass der erste Rechner (130) und der zweite Rechner (140) ein Rechensystem nach Anspruch 10 bilden.

14. Computerprogramm umfassend Befehle, die bei der Ausführung des Programms durch ein Rechensystem dieses veranlassen, das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9 auszuführen.

5

15. Computerlesbarer Datenträger, auf dem das Computerprogramm nach Anspruch 14 gespeichert ist.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

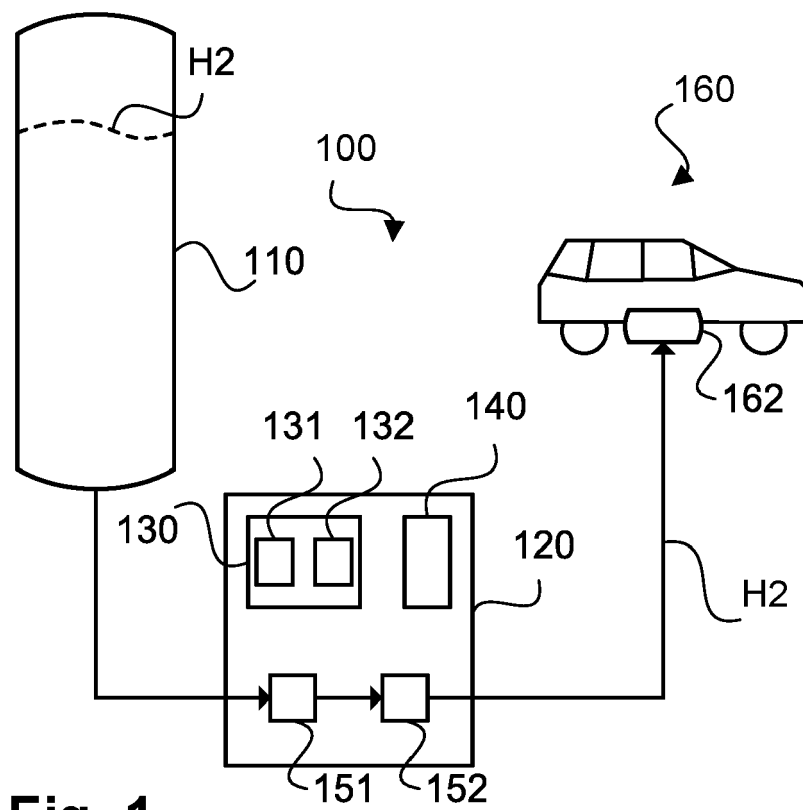


Fig. 1

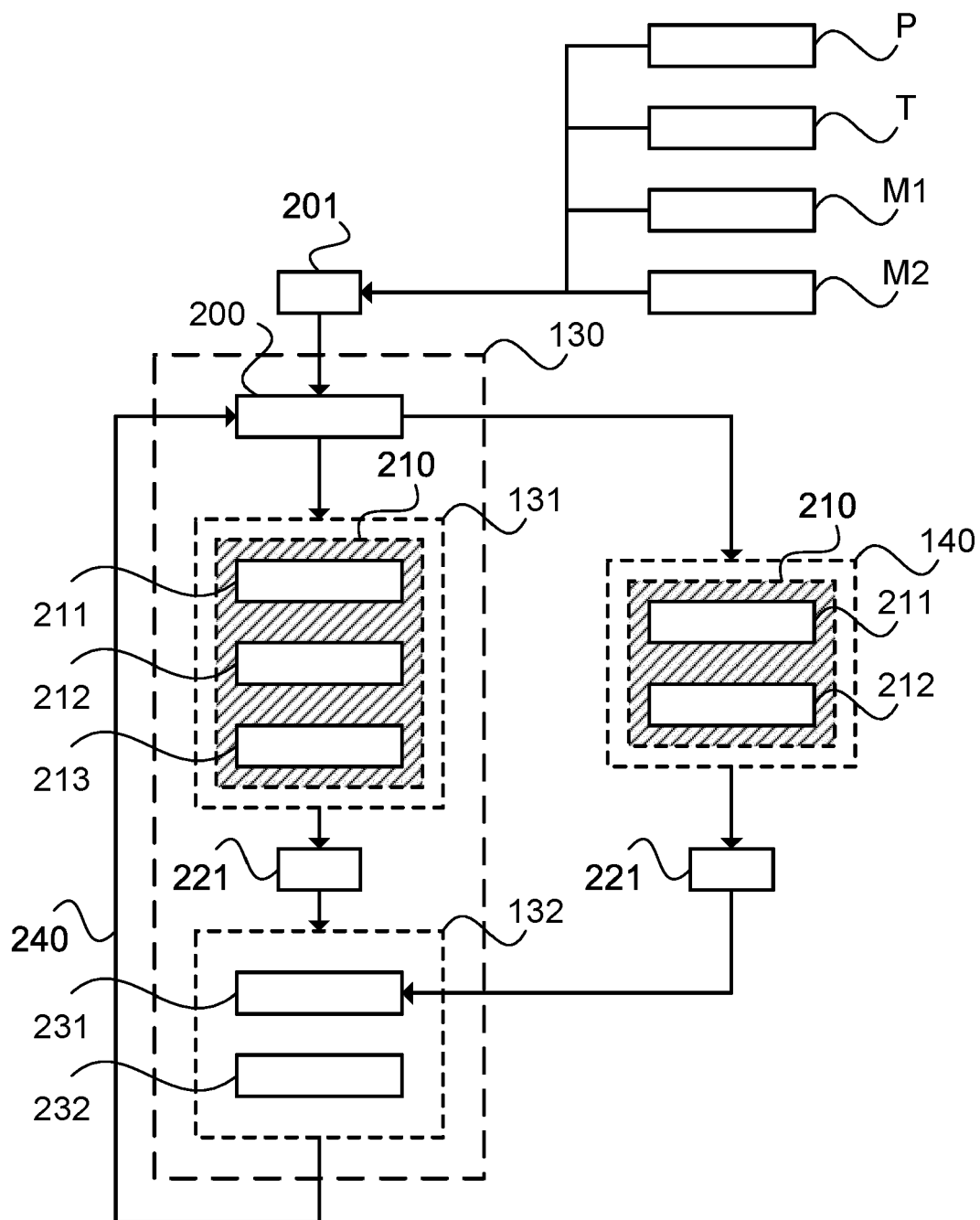


Fig. 2



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 02 0084

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2017/248975 A1 (MORTENSEN HENRIK HILLEKE [DK] ET AL) 31. August 2017 (2017-08-31) * Abbildungen 1-4 *	1-15	INV. F17C5/00 F17C5/06
X	US 2013/268130 A1 (ADLER ROBERT [AT] ET AL) 10. Oktober 2013 (2013-10-10) * Absätze [0002], [0008], [0009], [0012], [0015] *	1-15	
X	US 2022/373134 A1 (SINDING CLAUS DUE [DK]) 24. November 2022 (2022-11-24) * Absätze [0120] - [0123] *	1-5, 7-12, 14, 15	
X	FR 3 098 890 A3 (AIR LIQUIDE [FR]) 22. Januar 2021 (2021-01-22) * Anspruch 1 *	1-5, 7-9, 14, 15	
A	EP 3 211 289 B1 (NEL HYDROGEN AS [DK]) 15. Dezember 2021 (2021-12-15) * Absatz [0052]; Abbildungen 1-3 *	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F17C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 10. Juli 2023	Prüfer Papagiannis, Michail
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

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

EP 23 02 0084

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

10-07-2023

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM P0461

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2017248975 A1	31-08-2017	EP 3211288 A1	30-08-2017
		JP 6483735 B2	13-03-2019
		JP 2017166693 A	21-09-2017
		KR 20170101163 A	05-09-2017
		US 2017248975 A1	31-08-2017
US 2013268130 A1	10-10-2013	BR 112013001404 A2	24-05-2016
		CA 2802250 A1	26-01-2012
		CN 103003616 A	27-03-2013
		DE 102010027683 A1	26-01-2012
		EP 2596276 A1	29-05-2013
		JP 2013538320 A	10-10-2013
		KR 20130092563 A	20-08-2013
		US 2013268130 A1	10-10-2013
		WO 2012010260 A1	26-01-2012
US 2022373134 A1	24-11-2022	DK 201970665 A1	01-07-2021
		EP 4048936 A1	31-08-2022
		KR 20220085830 A	22-06-2022
		US 2022373134 A1	24-11-2022
		WO 2021078340 A1	29-04-2021
FR 3098890 A3	22-01-2021	KEINE	
EP 3211289 B1	15-12-2021	EP 3211289 A1	30-08-2017
		JP 6334760 B2	30-05-2018
		JP 2017166692 A	21-09-2017
		KR 20170101123 A	05-09-2017
		US 2017248976 A1	31-08-2017

EPO FORM P0461

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