

(19)



(11)

**EP 4 517 153 A1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**05.03.2025 Patentblatt 2025/10**

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

(21) Anmeldenummer: **23020401.8**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**F17C 5/06; F17C 5/007; F17C 2221/012;**  
F17C 2223/0123; F17C 2223/036; F17C 2225/0123;  
F17C 2225/036; F17C 2227/0344; F17C 2227/0355;  
F17C 2227/0388; F17C 2227/04; F17C 2250/01;  
F17C 2250/0439; F17C 2250/0473;  
F17C 2250/0636; (Forts.)

(22) Anmeldetag: **28.08.2023**

(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**

(72) Erfinder:  
• **Fahrner, Daniel**  
**82049 Pullach (DE)**  
• **Vidic, Karl Jojo**  
**82049 Pullach (DE)**  
• **Lang, Sabrina**  
**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)**

(54) **VERFAHREN UND ANLAGE ZUM GLEICHZEITIGEN BETANKEN EINER VIELZAHL VON FAHRZEUGEN MIT WASSERSTOFF**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum gleichzeitigen Betanken einer Vielzahl von Fahrzeugen (150) mit Wasserstoff, wobei Wasserstoff (a) erhalten und mittels einer Verdichtungseinrichtung (130) verdichtet wird, wobei der verdichtete Wasserstoff (b) gleichzeitig einer Vielzahl von Betankungspfaden (140.1, 140.2, 140.3, 140.4, 140.5, 140.6, 140.7) eines Befüllungssystems (140) zugeführt wird, wobei in jedem von mehreren Betankungszyklen in zumindest einigen der Betankungspfade Wasserstoff erhalten und an mehrere angeschlossene Fahrzeuge (150) gleichzeitig abgegeben wird.

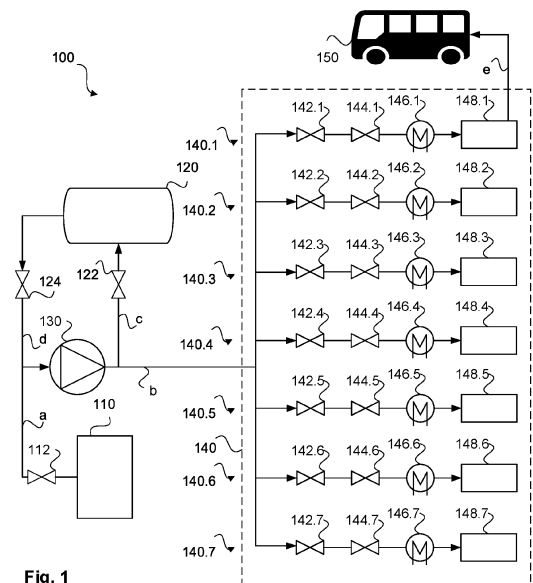


Fig. 1

**EP 4 517 153 A1**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC): (Forts.)  
F17C 2260/025; F17C 2265/065; F17C 2270/0168;  
F17C 2270/0176

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum gleichzeitigen Betanken einer Vielzahl von Fahrzeugen mit Wasserstoff, sowie eine Anlage hierzu, z.B. eine Wasserstofftankstelle.

**[0002]** Wasserstoff, der z.B. als Treibstoff für Fahrzeuge verwendet wird, kann über sog. Wasserstofftankstellen bereitgestellt werden. Es können zwei Arten von Wasserstofftankstellen unterschieden werden. Die erste Art nutzt flüssigen Wasserstoff als Quelle und verdichtet den Wasserstoff flüssig, d.h. in flüssiger Form. Die zweite Art hingegen hat eine gasförmige Wasserstoffquelle und verdichtet den Wasserstoff gasförmig, d.h. der Wasserstoff wird zumindest zunächst gasförmig erhalten und auch gasförmig verdichtet. Zudem können bei einer Wasserstofftankstelle zwei grundlegende Systembereiche unterschieden werden. Der erste Systembereich betrifft die Verdichtung des Wasserstoffes, dessen Speicherung sowie dessen Konditionierung und Kühlung. Der zweite Systembereich umfasst einen Wasserstoffdispenser und das dazugehörige Betankungsequipment wie beispielsweise Abreiß- und Betankungskupplung sowie den Betankungsschlauch.

**[0003]** Aufgrund der Kompressionswärme, die beim Befüllen von Wasserstofffahrzeugen mit Wasserstoff entsteht, sowie aufgrund des negativen Joule Thompson Effektes von Wasserstoff, welcher während einer Überströmbetankung auftritt, ist es in der Regel notwendig, den zu vertankenden Wasserstoff auf bis zu  $-40\text{ °C}$  vorzukühlen. Die Tanktemperatur im Fahrzeug darf dabei aus Sicherheitsgründen eine bestimmte Temperatur an der Tankinnenwand, in der Regel  $85\text{ °C}$ , nicht überschreiten. Dies ist sowohl bei einer kaskadierten Befüllung als auch bei einer Direktbefüllung oder auch einer Mischform dieser beiden Befüllarten zu berücksichtigen. Bei langsamen Betankungen kann eine Vorkühlung des Wasserstoffs entfallen, jedoch dauern diese ungekühlten Betankungen im Vergleich zu aktiv gekühlten Betankungen wesentlich länger.

**[0004]** Nicht nur Betreiber oder Inhaber von sog. Backto-Base-Wasserstofftankstellen, für z.B. kommunale Wasserstofffahrzeuge wie Linienbusses oder Servicefahrzeuge, streben danach, eine sehr kostengünstige Betankung von Wasserstofffahrzeugen umzusetzen. Da z.B. bis zu einem Drittel der Kosten einer Wasserstofftankstelle der Wasserstoffvorkühlung geschuldet sind und auch Kaskadenspeicher einen signifikanten Kostentreiber darstellen, ist es wünschenswert, diese beiden Faktoren weitestmöglich zu minimieren. Ungekühlte Wasserstoffbetankungen ohne Kaskadenspeicher dauern jedoch zu lange, um technoökonomisch und logistisch vertretbare Betankungsvorgänge, insbesondere für Fahrzeugflotten, zu realisieren. Aufgrund der niedrigen Performance sinkt somit die Attraktivität von wasserstoffbetriebenen Systemen im Vergleich zu Benzin-, Diesel- oder Batteriebetriebenen Fahrzeugen.

**[0005]** Vor diesem Hintergrund stellt sich die Aufgabe,

das Betanken von Fahrzeugen mit Wasserstoff möglichst kosten- und energieeffizient, aber auch schnell zu gestalten.

5 Offenbarung der Erfindung

**[0006]** Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren und eine Anlage zum gleichzeitigen Betanken einer Vielzahl von Fahrzeugen mit Wasserstoff mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Bevorzugte Ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche sowie der nachfolgenden Beschreibung.

Vorteile der Erfindung

**[0007]** Die Erfindung beschäftigt sich mit dem Betanken von Fahrzeugen mit Wasserstoff sowie entsprechenden Anlagen und deren Betrieb. Wie eingangs erwähnt, kommen insbesondere Wasserstofftankstellen als solche Anlagen in Betracht.

**[0008]** Wie erwähnt, können zwei Arten von Wasserstofftankstellen unterschieden werden. Die erste Art nutzt flüssigen Wasserstoff als Quelle und verdichtet den Wasserstoff flüssig, d.h. in flüssiger Form. Die zweite Art hingegen hat eine gasförmige Wasserstoffquelle, d.h. erhält den Wasserstoff gasförmig, und verdichtet den Wasserstoff gasförmig. Die vorliegende Erfindung beschäftigt sich dabei mit der zweiten Art von Wasserstofftankstellen bzw. allgemein dem Verdichten, ggf. Speichern und Bereitstellen von Wasserstoff.

**[0009]** Bei einer Wasserstofftankstelle zweiter Art wird Wasserstoff in der Regel mehrstufig (typischerweise zwischenstufen- sowie zylindermantelgekühlt) auf bis zu 1000 bar verdichtet und in Mittel- und/oder Hochdruckbanken bei z.B. zwischen 500 und 1000 bar gespeichert. Beim Betanken eines Fahrzeugs am Dispenser der Wasserstofftankstelle wird der Wasserstoff in der Regel über einen sog. Druckrampenregler betreffend Druck und Massenstrom gezielt vorkonditioniert. Um wasserstoffbetriebene Fahrzeuge entsprechend den gängigen Normen (z.B. SAE J2601, JPEC-S0003, Phryde-Protokoll oder CEP-Protokoll) mit Wasserstoff zu betanken, ist es in aller Regel erforderlich, den Wasserstoff vor dem Betankungsvorgang auf Temperaturen von bis zu  $233,15\text{ K}$  (bzw.  $-40\text{ °C}$ ) vorzukühlen. In den relevanten Temperaturbereichen erwärmt sich gasförmiger Wasserstoff, aufgrund des negativen Joule-Thomson Effekts, im Zuge einer isenthalpen Entspannung.

**[0010]** Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird eine Möglichkeit zum gleichzeitigen (d.h. simultanen) Betanken einer Vielzahl von Fahrzeugen mit Wasserstoff vorgeschlagen. Hierzu wird Wasserstoff erhalten und mittels einer Verdichtungseinrichtung verdichtet. Die Verdichtungseinrichtung kann insbesondere einen ionischen Verdichter oder Kompressor aufweisen oder als solche rausgebildet sein. Der Wasserstoff wird, in einer Ausführungsform, von einer oder mehrerer Elektrolyseeinheiten (oder einer Elektrolyseanlage, insbesonde-

re in industriellem Maßstab) erhalten. Denkbar ist aber auch, den Wasserstoff von einem oder mehreren Tankfahrzeugen oder über Pipelines zu erhalten. Auch Mischformen davon sind denkbar.

**[0011]** Der verdichtete Wasserstoff wird dann einem Befüllungssystem mit einer Vielzahl von Betankungspfaden zugeführt. Mit anderen Worten wird gleichzeitig (d.h. simultan) der Vielzahl von Betankungspfaden, also insbesondere jedem Betankungspfad, Wasserstoff zugeführt. In zumindest einigen der Betankungspfade, oder auch in allen, wird dabei Wasserstoff erhalten und an ein jeweils angeschlossenes Fahrzeug (d.h., an einen Tank des betreffenden Fahrzeugs) abgegeben - insgesamt wird also an mehrere angeschlossenen Fahrzeuge gleichzeitig Wasserstoff abgegeben. Diese Abgabe von Wasserstoff an Fahrzeuge erfolgt in jedem von mehreren Betankungszyklen, es wird also einerseits eine simultane, andererseits aber auch eine sequentielle Betankung vorgenommen. Dabei muss nicht notwendigerweise in jedem Betankungszyklus die gleiche Anzahl an Fahrzeugen betankt werden. Jeder Betankungspfad kann dabei z.B. ein Umschaltventil, einen massenflussgesteuerten Druckregler, und eine Kupplungseinrichtung zum Anschluss an ein Fahrzeug aufweisen. In einer Ausführungsform kann jeder Betankungspfad jeweils gekühlt werden, insbesondere mittels eines Wasser-/Glycol-Luft-Wärmetauschers. Machbar ist z.B. eine Kühlung auf 10 °C.

**[0012]** Auf diese Weise ist es möglich eine Vielzahl von Fahrzeugen in relativ kurzer Zeit simultan und ungekühlt (oder allenfalls mit geringer Kühlung, wie erwähnt) zu betanken, und zwar nicht kaskadiert, sondern über eine Verdichter- oder Kompressoreinheit, ohne die maximale Tankendtemperatur dieser Fahrzeuge zu überschreiten. Insbesondere können so z.B. innerhalb von ca. 5 Stunden sieben Fahrzeuge mit einer Tankkapazität von ca. 38 kg Wasserstoff mit einem Druck von ca. 350 bar betankt werden. Der Vorteil liegt darin, dass durch den geringen Enthalpiestrom je Fahrzeugtank erstens die Kühlleistung gegen Null konvergiert, aber zeitgleich gewährleistet wird, dass so viele Fahrzeuge wie möglich, so rasch wie möglich fertigbetankt werden können. Dies kann auch voll automatisch erfolgen.

**[0013]** Der, zur optionalen Umgebungskühlung erforderliche, Energieaufwand ist sehr gering, da lediglich z.B. für eine kleine Wasserpumpe elektrische Energie zur Aufrechterhaltung des Durchflusses benötigt wird.

**[0014]** In einer Ausführungsform wird der Wasserstoff, nachdem er mittels der Verdichtungseinrichtung verdichtet worden ist, bei Bedarf zumindest teilweise einem Mitteldruckspeichersystem zugeführt. Von dem Mitteldruckspeichersystem wird der Wasserstoff bei Bedarf dann (wieder) der Verdichtungseinrichtung zugeführt (interner Bypass, daher ist ein partielles Überströmen in das Tanksystem ohne Kompression möglich) und dann der Vielzahl von Betankungspfaden zugeführt. Dies erfolgt insbesondere so, dass ein Enthalpiestrom in die jeweiligen Fahrzeuge bzw. deren Fahrzeugtanks ein

ausreichendes Minimum aufweist, um eine Tanküberhitzung zu mitigieren und zeitgleich so viele Fahrzeuge wie möglich in einer begrenzten Zeitspanne fertig zu betanken. So kann z.B. während einer vorgegebenen Zeitdauer, in der keine Betankung eines Fahrzeugs erfolgen soll (z.B. tagsüber, wenn die Fahrzeuge im Einsatz sind), der Wasserstoff zumindest teilweise dem Mitteldruckspeichersystem zugeführt werden, und während einer vorgegebenen Zeitdauer, in der eine Betankung der Vielzahl der Fahrzeuge erfolgen soll (z.B. nachts), wird Wasserstoff dann der Verdichtungseinrichtung und dann der Vielzahl von Betankungspfaden zugeführt, sodass die Betankung der Fahrzeugen erfolgt. Dabei kann innerhalb des Verdichtersystems das Gas (Wasserstoff) insofern gebypassed werden, dass das Druckgefälle zwischen Fahrzeugtank und Mitteldruckspeicher für eine partielle Überströmbetankung genutzt werden kann. Erst wenn der Fahrzeugtank entsprechend hoch ist und ein Überströmen nicht mehr möglich ist, werden die jeweiligen Fahrzeuge mittels einer sogenannten Kompressorbetankung fertigbefüllt.

**[0015]** Ein solches Mitteldruckspeichersystem kann z.B. auf einen Druck von ca. 200 bar (oder auch einen Wert zwischen 150 bar und 250 bar) ausgelegt sein und dient der Zwischenspeicherung. Insofern ist die Verwendung des Mitteldruckspeichersystems insbesondere bei Erhalt des Wasserstoffs von Elektrolyseeinheiten zweckmäßig, denkbar ist aber auch, das Mitteldruckspeichersystem bei anderweitigem Erhalt des Wasserstoffs zu verwenden, falls erforderlich oder zweckdienlich.

**[0016]** In einer Ausführungsform wird ein Massenfluss des von der Verdichtungseinrichtung verdichteten und dem Befüllungssystem zugeführten Wasserstoffs in Abhängigkeit von einer vorgegebenen Maximaltemperatur des Wasserstoffs begrenzt. So kann der maximal erlaubte, mittlere Massenstrom bei 45 °C Umgebung z.B. beispielsweise etwa 6,3 kg/h für das zugrundegelegte Tanksystemvolumen betragen. Auf diese Weise wird eine Überhitzung vermieden.

**[0017]** Die vorgeschlagene Art der gleichzeitigen Betankung von Fahrzeugen erlaubt es z.B. innerhalb von fünf Stunden sieben Fahrzeuge mit einem sog. Typ-4-Tanksystem (das der Berechnung zugrunde gelegte Tanksystemvolumen beträgt hier 1,56 m<sup>3</sup>) tranchenweise simultan und ungekühlt mit je bis zu 30 kg Wasserstoff zu befüllen, ohne eine Tanküberhitzung zu verursachen. Dies wird dadurch ermöglicht, dass mit dem verwendeten Verdichtersystem (z.B. ionischer Verdichter) ein Massenstrom von bis zu 52 kg/h zur Verfügung gestellt werden kann, wobei eine z.B. mittels Frequenzumrichter gesteuerte Massenstromregelung die maximal erlaubten Massenstrome begrenzt, um die Temperaturgrenzen der jeweiligen Tanksysteme einzuhalten. So beträgt der maximal erlaubte, mittlere Massenstrom bei 45 °C Umgebung beispielsweise etwa 6,3 kg/h für das zugrundegelegte Tanksystemvolumen. Um die Betankung erfolgreich zu absolvieren, wird insbesondere keinerlei menschliches Personal benötigt, was techno-ökonomi-

sche und sicherheitstechnische Vorteile mit sich bringt. Ein Druckstoß zur Startdruckermittlung, sowie ein Dichtheitscheck können nach dem Ankoppeln der Fahrzeuge im Rahmen einer vollautomatisiert gesteuerten Schrittkette durchgeführt werden. Die sequenzielle Tranchenabfertigung ermöglicht eine verkürzte Wartezeit, um z.B. kommunale Busflotten für die folgende Schicht startbereit zu machen.

**[0018]** Dafür wird keine Mitteldruckkaskade benötigt und die Betankung erfolgt z.B. online durch die Verdichtungseinrichtung bzw. einen Kompressor, dessen Durchflussregelung sehr einfach gehalten werden kann (z.B. Kolbenkompressor mit Frequenzumrichter-geregelter Drehzahlsteuerung).

**[0019]** Bei den genannten Daten ist es z.B. auch zweckmäßig, wenn Befüllungssystem für sieben oder ein Vielfaches von sieben an ankoppelbaren Fahrzeugen eingerichtet ist. So können z.B. zunächst sieben Fahrzeugen betankt werden, sobald diese vollständig betankt sind, können sofort die nächsten sieben Fahrzeuge betankt werden. Hierzu sei jedoch erwähnt, dass je nach Art der Fahrzeuge und deren Tankgrößen sowie der zur Verfügung stehenden Zeitdauer für eine Betankung auch andere Anzahlen an Fahrzeugen gleichzeitig betankt werden können.

**[0020]** Die Erfindung ist anhand von Ausführungsbeispielen in der Zeichnung schematisch dargestellt und wird im Folgenden unter Bezugnahme auf die Zeichnung beschrieben.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

#### **[0021]**

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

Figur 2 zeigt schematisch eine erfindungsgemäße Anlage in einer weiteren bevorzugten Ausführungsform.

Ausführliche Beschreibung der Zeichnung

**[0022]** In Figur 1 ist schematisch eine erfindungsgemäßen Anlage 100 in einer bevorzugten Ausführungsform dargestellt, mittels welcher auch ein erfindungsgemäßes Verfahren durchführbar ist. Es handelt sich hierbei um ein vereinfachtes Verfahrensschema. Dabei ist insbesondere ein konkretes Beispiel für eine als Wasserstofftankstelle ausgebildete Anlage 100 mit einem ionischen Verdichter als Verdichtungseinrichtung 130 und einem Befüllungssystem 140 gezeigt. Dabei dient die Anlage 100 zum gleichzeitigen Betanken einer Vielzahl von Fahrzeugen mit Wasserstoff, wenngleich beispielhaft nur ein Fahrzeug 150 gezeigt ist.

**[0023]** In dem in Figur 1 dargestellten Beispiel ist eine Elektrolyseeinrichtung 110 gezeigt, von welcher Wasser-

stoff a erhalten und der Verdichtungseinrichtung 130 zugeführt wird. Hierzu kann das Ventil 112 geöffnet werden. Die Elektrolyseeinrichtung 110 kann Teil der Anlage 100 sein, muss es jedoch nicht; so kann der Wasserstoff z.B. auch über eine Pipeline von der Elektrolyseeinrichtung 110 zur Anlage 100 bzw. dort der Verdichtungseinrichtung 130 transportiert werden.

**[0024]** Von der Verdichtungseinrichtung 130 kann Wasserstoff, hier als Strom b bezeichnet, dem Befüllungssystem 140 zugeführt werden. Die Anlage 100 weist in einer Ausführungsform auch ein Mitteldruckspeichersystem 120 auf. Das Mitteldruckspeichersystem 120 kann z.B. einen oder mehrere Speichertanks oder Speicherbanken umfassen, in denen Wasserstoff bei ca. 200 bar gespeichert werden kann. Dabei kann der Wasserstoff, nachdem er mittels der Verdichtungseinrichtung 130 verdichtet worden ist, bei Bedarf zumindest teilweise dem Mitteldruckspeichersystem 130 zugeführt werden; dies ist mit Strom d gezeigt. Hierzu kann das Ventil 122 geöffnet werden. Ebenso kann der Wasserstoff, hier als Strom d gezeigt, von dem Mitteldruckspeichersystem 120 bei Bedarf der Verdichtungseinrichtung 130 und dann, wie Strom b, dem Befüllungssystem 104 zugeführt werden. Hierzu kann das Ventil 124 geöffnet werden.

**[0025]** Das Befüllungssystem 140 weist beispielhaft sieben Betankungspfade 140.1, 140.2, 140.3, 140.4, 140.5, 140.6, 140.7 auf, denen jeweils Wasserstoff von der Verdichtungseinrichtung 130 zugeführt werden kann oder zugeführt wird. Beispielhaft weist der Betankungspfad 140.1 ein Umschaltventil 142.1, einen massenfluss-gesteuerten Druckregler 144.1, einen Wärmetauscher 146.1 sowie, und eine Kupplungseinrichtung 148.1 zum Anschluss an das Fahrzeug 150 auf, das dann mit Wasserstoff, hier Strom e betankt werden kann. Bei dem Wärmetauscher 146.1 kann es sich z.B. um einen Wasser- oder Glycol-Luft-Wärmetauscher handeln.

**[0026]** Die Kupplungseinrichtung 148.1 kann z.B. Komponenten wie Flow-Transmitter, Betankungsschlauch, Abreisssicherung, und Betankungskupplung, sowie weitere erforderliche Sensorik in der eigentlichen Dispensereinheit umfassen. Die weiteren Betankungspfade 140.2, 140.3, 140.4, 140.5, 140.6, 140.7 können gleichartig aufgebaut sein, wobei dort ebenfalls jeweils ein Fahrzeug bzw. dessen Tank anschließbar ist, wenngleich dies der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellt ist.

**[0027]** Das Befüllungssystem 140 kann auch noch weitere Betankungspfade umfassen, z.B. weitere sieben oder vierzehn Betankungspfade, oder allgemein 7 n Betankungspfade mit n einer Zahl größer oder gleich 1 und z.B. maximal 49. Das Befüllungssystem 140 kann eingerichtet sein, von den gezeigten sieben Betankungspfaden 140.1, 140.2, 140.3, 140.4, 140.5, 140.6, 140.7 auf jeweils andere sieben Betankungspfade umzuschalten, um dort angeschlossene Fahrzeuge zu betanken, z.B. in einem nachfolgenden Betankungszyklus.

**[0028]** Nachfolgend soll ein Betrieb der Anlage 100 näher erläutert werden. Von der Elektrolyseeinrichtung

110 wird Wasserstoff z.B. mit 36 kg/h erzeugt, mit der Verdichtungseinrichtung 130 verdichtet und in das Mitteldruckspeichersystem 120 mit etwa 200 bar eingespeist. Dies erfolgt z.B. zu einer Tageszeit, während kein Fahrzeug zu betanken ist. Müssen, in dem gezeigten Beispiel, mehr als sieben Fahrzeuge, z.B. eine ganze Fahrzeugflotte, simultan betankt werden, so kann dies tranchenweise zu je sieben Fahrzeugen erfolgen. Dabei können mit der Verdichtungseinrichtung 130 z.B. sieben Fahrzeuge mit je bis zu ca. 30 kg Wasserstoff auch bei erhöhten Umgebungstemperaturen von mehr als 39 °C simultan betankt werden. Dabei entnimmt die Verdichtungseinrichtung 130 die erforderliche Wasserstoffmenge aus dem Mitteldruckspeichersystem 120, das hier als Pufferspeicher dient. Im Rahmen des Betankungsprozesses der ersten Fahrzeugtranche von z.B. sieben Fahrzeugen werden diese an das Befüllungssystem 140, einen sog. Headerdispenser angekoppelt, der entsprechend sieben Zapfpunkte (die erwähnten Kupplungseinrichtungen) umfassen kann.

**[0029]** Die Betankung kann vollkommen autark erfolgen. Mit den erwähnten Umschaltventilen des Befüllungssystems 140 können die jeweiligen Betankungsvorgänge der Fahrzeugtranchen (hier bestehend aus sieben Fahrzeugen) ermöglichen. Nach der Befüllung der sieben Fahrzeuge kann zu den nächsten sieben Fahrzeuge gewechselt werden, indem die relevanten Umschaltventile geschaltet werden.

**[0030]** Optional kann das das Befüllungssystem 140 auch mit der erwähnten Kühlung bzw. den Wärmetauschern auf z.B. 10 °C oder auf zumindest annähernd Umgebungstemperatur gekühlt werden. Der für diese Umgebungskühlung erforderliche Energieaufwand ist sehr gering, da lediglich eine kleine Wasserpumpe elektrische Energie zur Aufrechterhaltung des Durchflusses benötigt wird.

**[0031]** In Figur 2 ist schematisch eine erfindungsgemäßen Anlage 200 in einer weiteren bevorzugten Ausführungsform dargestellt, mittels welcher auch ein erfindungsgemäßes Verfahren durchführbar ist. Es handelt sich hierbei um ein vereinfachtes Verfahrensschema. Dabei ist insbesondere ein konkretes Beispiel für eine als Wasserstofftankstelle ausgebildete Anlage 200 mit einem ionischen Verdichter als Verdichtungseinrichtung 130 und einem Befüllungssystem 140 gezeigt. Dabei dient die Anlage 100 zum gleichzeitigen Betanken einer Vielzahl von Fahrzeugen mit Wasserstoff, wenngleich beispielhaft nur ein Fahrzeug 150 gezeigt ist.

**[0032]** Nachfolgend soll nur der Unterschied zur Anlage 100 gemäß Figur 1 erläutert werden, im Übrigen kann auf die Ausführungen zu Figur 1 verwiesen werden. Die Anlage 100 weist beispielhaft keine Elektrolyseanlage auf, stattdessen wird der Wasserstoff, Strom a, von einem Tankfahrzeug 210 (das hier nur sehr schematisch dargestellt ist, erhalten und dem Verdichtungseinrichtung 130 und darüber dann dem Befüllungssystem 140 zugeführt. Hierzu kann das Ventil 212 (z.B. am Tankfahrzeug und/oder an der Verdichtungseinrichtung 130

geöffnet werden), wobei das Tankfahrzeug entsprechend anzukoppeln ist. Es können auch mehrere Tankfahrzeuge parallel oder nacheinander vorgesehen sein. Beispielhaft ist hier auch kein Mitteldruckspeichersystem vorgesehen, da die Tankfahrzeuge ohnehin selbst ein Speichersystem für den Wasserstoff bilden.

**[0033]** Mit dem vorgeschlagenen Vorgehen - dies gilt sowohl für die Ausführungsform der Figur 1 als auch der Ausführungsform der Figur 2 oder einer Mischform davon - lassen sich innerhalb von ca. fünf Stunden sieben Fahrzeuge mit einem sog. Typ-4-Tanksystem (das der Berechnung zugrunde gelegte Tanksystemvolumen beträgt 1,56 m<sup>3</sup>) tranchenweise simultan und ungekühlt mit je bis zu 30 kg Wasserstoff zu befüllen, ohne eine Tanküberhitzung zu verursachen. Dies wird dadurch ermöglicht, dass mit der verwendeten Verdichtungseinrichtung 130 (ionischer Verdichter) ein Massenstrom von bis zu 52 kg/h zur Verfügung gestellt werden kann, wobei z.B. eine Frequenzumrichter gesteuerte Massenstromregelung die maximal erlaubten Massenströme begrenzt, um die Temperaturgrenzen der jeweiligen Tanksysteme einzuhalten.

**[0034]** So beträgt der maximal erlaubte, mittlere Massenstrom bei 45 °C Umgebung beispielsweise etwa 6,3 kg/h für das zugrundegelegte Tanksystemvolumen. Um die Betankung erfolgreich zu absolvieren, wird kein menschliches Personal benötigt, da der Prozess voll automatisiert werden kann. Lediglich das An- und Abkoppeln der Fahrzeuge kann durch menschliches Personal durchgeführt werden. Der Druckstoß zur Startdruckermittlung, sowie der Dichtheitscheck können nach dem Ankoppeln der Fahrzeuge im Zuge einer vollautomatisiert gesteuerten Schrittkette durchgeführt werden. Die sequenzielle Tranchenabfertigung ermöglicht eine verkürzte Wartezeit, um z.B. kommunale Busflotten für die folgende Schicht startbereit zu machen. Dafür wird keine Mitteldruckkaskade benötigt und die Betankung erfolgt online durch die Verdichtungseinrichtung, deren Durchflussregelung sehr einfach gehalten werden kann (z.B. ein Kolbenkompressor mit Frequenzumrichter-geregelter Drehzahlsteuerung).

**[0035]** Wie erwähnt, kann auch eine Mischform der Ausführungsformen gemäß Figur 1 und 2 vorgesehen werden, wobei es bei der Ausführungsform gemäß Figur 2 optional auch möglich wäre, mehrere Tankfahrzeuge simultan anzuschließen und diese zu konsolidieren, um z.B. erhöhte Kompressoreingangsdrücke zu ermöglichen und/oder um eine partielle Überstrombetankung als weitere Möglichkeit miteinzubeziehen. Hierbei wäre eine einfache Bankensteuerung und fallweise die genannte Umgebungskühlung erforderlich.

**[0036]** In einer weiteren Ausführungsform (unabhängig von der Art des Erhalts des Wasserstoffs) können die Betankungsrampen in den einzelnen Betankungspfaden während des Befüll- bzw. Betankungsvorgangs auch dynamisch variiert werden.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum gleichzeitigen Betanken einer Vielzahl von Fahrzeugen (150) mit Wasserstoff,
 

wobei Wasserstoff (a) erhalten und mittels einer Verdichtungseinrichtung (130) verdichtet wird, wobei der verdichtete Wasserstoff (b) gleichzeitig einer Vielzahl von Betankungspfaden (140.1, 140.2, 140.3, 140.4, 140.5, 140.6, 140.7) eines Befüllungssystems (140) zugeführt wird, wobei in jedem von mehreren Betankungszyklen in zumindest einigen der Betankungspfade Wasserstoff erhalten und an mehrere angeschlossene Fahrzeuge (150) gleichzeitig abgegeben wird.
  2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Wasserstoff (c), nachdem er mittels der Verdichtungseinrichtung (130) verdichtet worden ist, bei Bedarf zumindest teilweise einem Mitteldruckspeichersystem (120) zugeführt wird, und wobei der Wasserstoff (d) von dem Mitteldruckspeichersystem bei Bedarf der Verdichtungseinrichtung (130) zugeführt wird und dann dem Befüllungssystem (140) zugeführt wird.
  3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei der Wasserstoff (c), nachdem er mittels der Verdichtungseinrichtung (130) verdichtet worden ist, während einer vorgegebenen Zeitdauer, in der keine Betankung eines Fahrzeugs erfolgen soll, zumindest teilweise dem Mitteldruckspeichersystem (120) zugeführt wird, und wobei der Wasserstoff (d) von dem Mitteldruckspeichersystem (120) während einer vorgegebenen Zeitdauer, in der eine Betankung der Vielzahl der Fahrzeuge erfolgen soll, der Verdichtungseinrichtung (130) und dann dem Befüllungssystem (140) zugeführt wird.
  4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Wasserstoff zumindest teilweise von einem oder mehreren Elektrolyseeinrichtungen (110) erhalten und der Verdichtungseinrichtung (130) zugeführt wird.
  5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Wasserstoff zumindest teilweise von einem oder mehreren Tankfahrzeugen (210) erhalten und der Verdichtungseinrichtung (130) zugeführt wird.
  6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Wasserstoff zumindest teilweise über einer oder mehrere Pipelines erhalten und der Verdichtungseinrichtung (130) zugeführt wird.
  7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei jeder Betankungspfad jeweils ein Umschalt-
8. Verfahren einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Wasserstoff in dem Betankungspfad jeweils ein gekühlt wird, insbesondere mittels eines Wasser- und/oder Glycol-Luft-Wärmetauschers.
  9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei ein Massenfluss des von der Verdichtungseinrichtung (130) verdichteten und dem Befüllungssystem (140) zugeführten Wasserstoffs (b) in Abhängigkeit von einer vorgegebenen Maximaltemperatur des Wasserstoffs begrenzt wird.
  10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Wasserstoff mit einem Druck von wenigstens 300 bar, insbesondere wenigstens 350 bar, für die Fahrzeuge (150) bereitgestellt wird.
  11. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Verdichtungseinrichtung (130) einen ionischen Verdichter aufweist.
  12. Anlage (100, 200), insbesondere Wasserstofftankstelle, zum gleichzeitigen Betanken einer Vielzahl von Fahrzeugen (150) mit Wasserstoff, aufweisend eine Verdichtungseinrichtung (130) und ein Befüllungssystem (140) mit einer Vielzahl von Betankungspfaden, wobei an jedem Betankungspfad jeweils ein Fahrzeug (150) anschließbar ist,
 

wobei die Anlage (100, 200) eingerichtet ist, Wasserstoff (a) zu erhalten und mittels der Verdichtungseinrichtung (130) zu verdichten, wobei die Anlage (100, 200) eingerichtet ist, verdichteten Wasserstoff (b) gleichzeitig der Vielzahl von Betankungspfaden (140.1, 140.2, 140.3, 140.4, 140.5, 140.6, 140.7) zuzuführen und in jedem von mehreren Betankungszyklen gleichzeitig an zumindest einige angeschlossene Fahrzeuge (150) abzugeben.
  13. Anlage nach Anspruch 12, weiterhin aufweisend ein Mitteldruckspeichersystem (120), wobei die Anlage (100) eingerichtet ist, den Wasserstoff, nachdem er mittels der Verdichtungseinrichtung verdichtet worden ist, bei Bedarf zumindest teilweise dem Mitteldruckspeichersystem (120) zuzuführen, und den Wasserstoff von dem Mitteldruckspeichersystem bei Bedarf der Verdichtungseinrichtung und dann dem Befüllungssystem (140) zuzuführen.
  14. Anlage (100) nach Anspruch 13, die eingerichtet ist, den Wasserstoff, nachdem er mittels der Verdichtungseinrichtung verdichtet worden ist, während ei-

ner vorgegebenen Zeitdauer, in der keine Betankung eines Fahrzeugs erfolgen soll, zumindest teilweise dem Mitteldruckspeichersystem zuzuführen wird, und den Wasserstoff von dem Mitteldruckspeichersystem während einer vorgegebenen Zeitdauer, in der eine Betankung der Vielzahl der Fahrzeuge erfolgen soll, der Verdichtungseinrichtung und dann dem Befüllungssystem (140) zuzuführen.

15. Anlage (100, 200) nach einem der Ansprüche 12 bis 14, die zum Durchführen eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11 eingerichtet ist.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

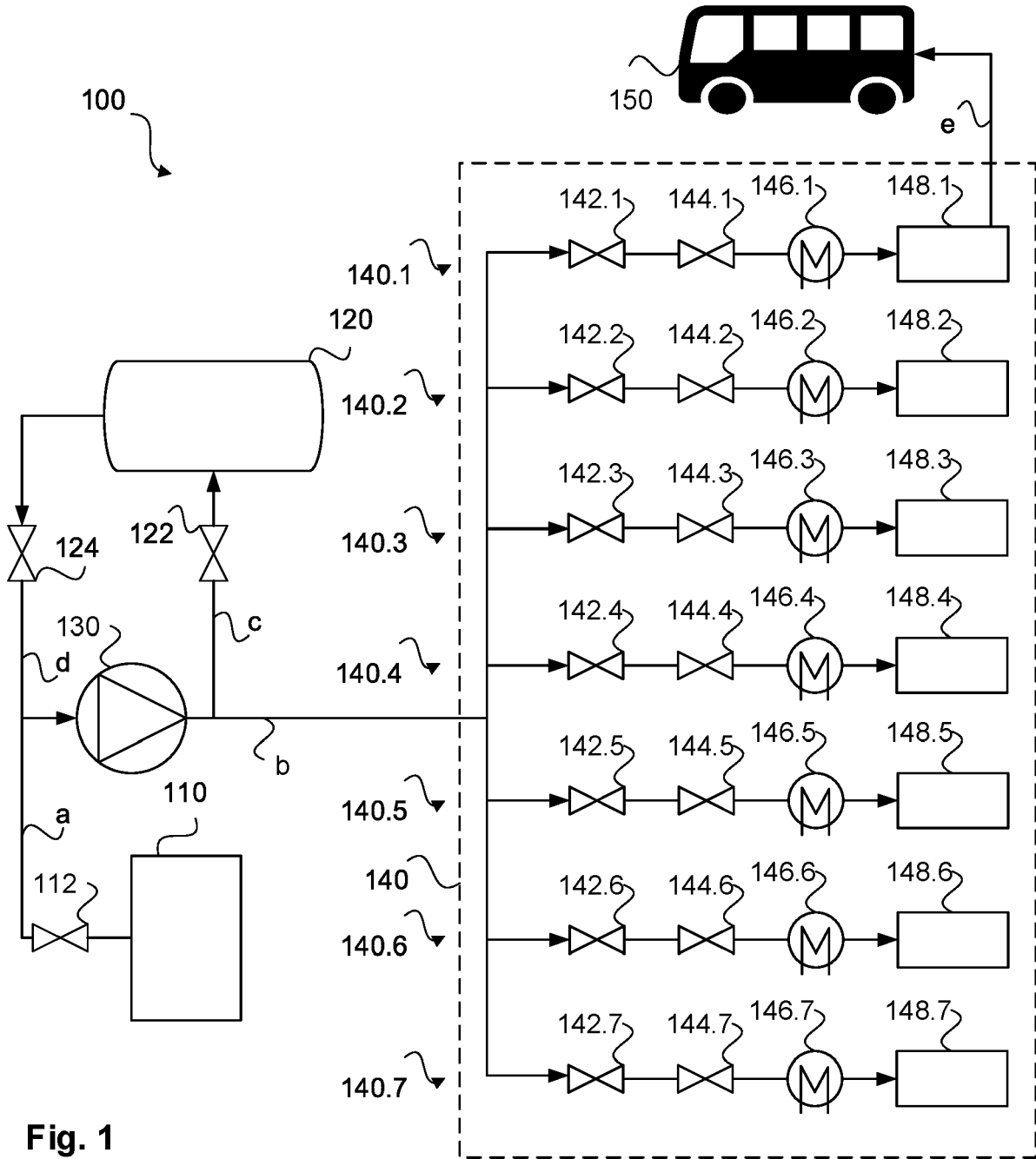


Fig. 1

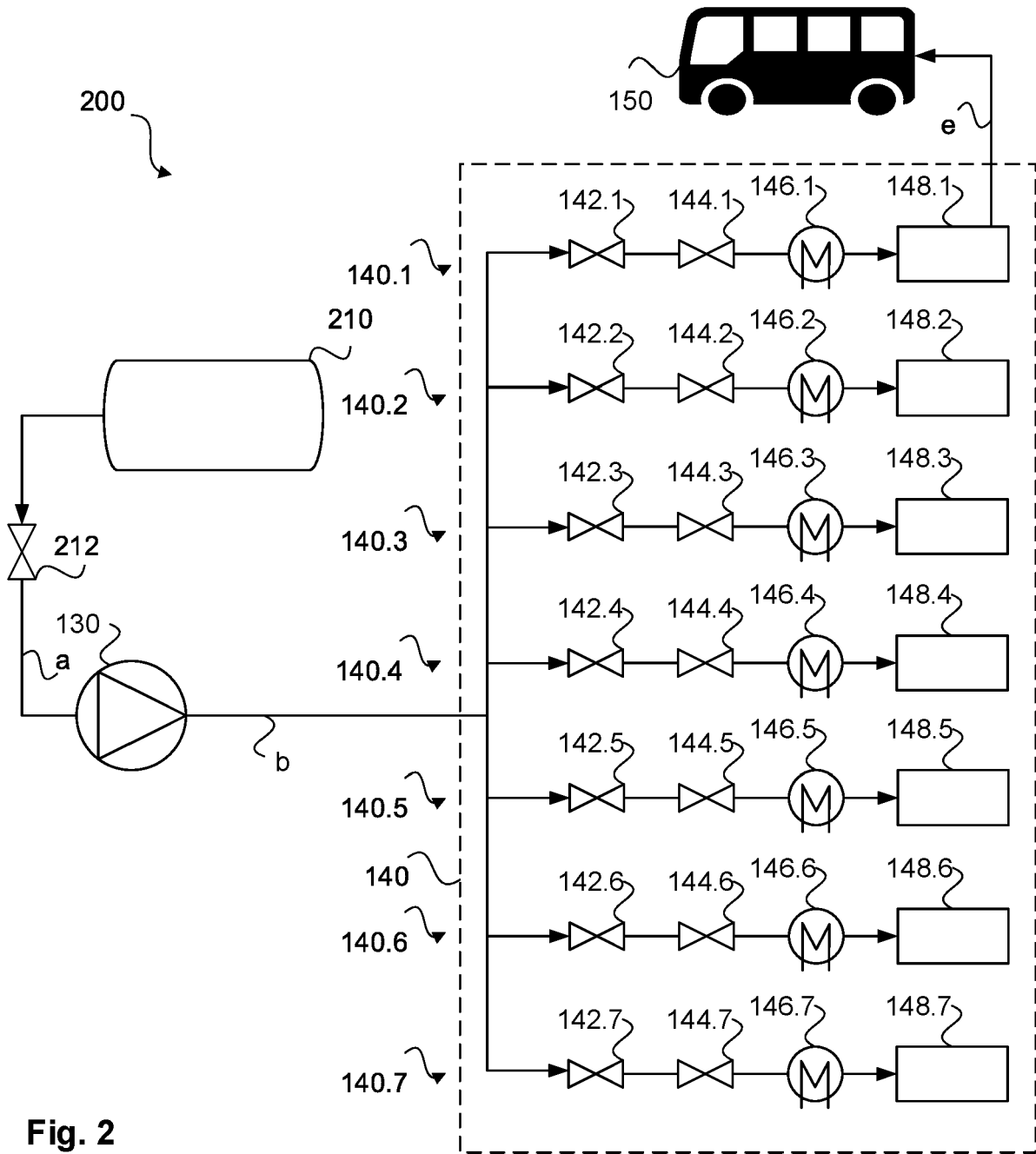


Fig. 2



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 23 02 0401

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2022/003361 A1 (BØDKER PETER [DK] ET AL) 6. Januar 2022 (2022-01-06) * Absätze [0005], [0007]; Abbildung 1 *	1-15	INV. F17C5/00 F17C5/06
X	EP 3 680 543 A1 (AIR LIQUIDE [FR]) 15. Juli 2020 (2020-07-15) * Absätze [0005], [0024], [0034]; Abbildung 2 *	1,2, 4-13,15 3,14	
X	EP 3 004 721 B1 (NUVERA FUEL CELLS LLC [US]) 26. Juni 2019 (2019-06-26) * Abbildung 4 *	1,2,4-7, 10-13,15 3	
A	EP 3 537 025 A1 (NEL HYDROGEN AS [DK]) 11. September 2019 (2019-09-11) * Abbildungen 1,2 *	3,14	
			RECHERCHIERTES SACHGEBIETE (IPC)
			F17C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>München</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>5. Februar 2024</b>	Prüfer <b>Papagiannis, Michail</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1  
EPO FORM 1503 03.82 (F04C03)

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

EP 23 02 0401

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.

05-02-2024

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
<b>US 2022003361 A1</b>	<b>06-01-2022</b>	<b>CN 113260810 A</b>	<b>13-08-2021</b>
		<b>DK 201970036 A1</b>	<b>21-08-2020</b>
		<b>EP 3911889 A1</b>	<b>24-11-2021</b>
		<b>US 2022003361 A1</b>	<b>06-01-2022</b>
		<b>WO 2020147911 A1</b>	<b>23-07-2020</b>
-----			
<b>EP 3680543 A1</b>	<b>15-07-2020</b>	<b>CN 111425756 A</b>	<b>17-07-2020</b>
		<b>DK 3680543 T3</b>	<b>25-07-2022</b>
		<b>EP 3680543 A1</b>	<b>15-07-2020</b>
		<b>FR 3091572 A1</b>	<b>10-07-2020</b>
		<b>JP 2020112266 A</b>	<b>27-07-2020</b>
		<b>KR 20200086634 A</b>	<b>17-07-2020</b>
<b>US 2020217456 A1</b>	<b>09-07-2020</b>		
-----			
<b>EP 3004721 B1</b>	<b>26-06-2019</b>	<b>AU 2014273940 A1</b>	<b>03-12-2015</b>
		<b>CA 2912650 A1</b>	<b>04-12-2014</b>
		<b>EP 3004721 A2</b>	<b>13-04-2016</b>
		<b>ES 2734553 T3</b>	<b>10-12-2019</b>
		<b>JP 6449860 B2</b>	<b>09-01-2019</b>
		<b>JP 2016526136 A</b>	<b>01-09-2016</b>
		<b>KR 20160014044 A</b>	<b>05-02-2016</b>
		<b>US 2014352840 A1</b>	<b>04-12-2014</b>
		<b>US 2018363851 A1</b>	<b>20-12-2018</b>
<b>WO 2014194248 A2</b>	<b>04-12-2014</b>		
-----			
<b>EP 3537025 A1</b>	<b>11-09-2019</b>	<b>DK 179886 B1</b>	<b>27-08-2019</b>
		<b>EP 3537025 A1</b>	<b>11-09-2019</b>
		<b>US 2019277448 A1</b>	<b>12-09-2019</b>
-----			

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