

(19)



(11)

**EP 4 488 568 A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
**08.01.2025 Patentblatt 2025/02**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**F17C 3/00 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **24174748.4**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**F17C 3/00**; F17C 2201/054; F17C 2201/056;  
F17C 2203/0391; F17C 2203/0629;  
F17C 2205/0332; F17C 2205/0335; F17C 2221/012;  
F17C 2223/0161; F17C 2223/033; F17C 2260/032;  
F17C 2265/031; F17C 2270/0168

(22) Anmeldetag: **08.05.2024**

(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:  
**GE KH MA MD TN**

(72) Erfinder:  
• **Stotz, Henning**  
**70771 Leinfelden-Echterdingen (DE)**  
• **Sailer, Dennis**  
**72213 Altensteig (DE)**  
• **Bessey, Dirk**  
**71083 Herrenberg (DE)**  
• **Keck, Mathias**  
**73730 Esslingen (DE)**

(30) Priorität: **06.07.2023 DE 102023117842**

(74) Vertreter: **Manitz Finsterwald**  
**Patent- und Rechtsanwaltspartnerschaft mbB**  
**Martin-Greif-Strasse 1**  
**80336 München (DE)**

(71) Anmelder: **Friedrich Boysen GmbH & Co. KG**  
**72213 Altensteig (DE)**

### (54) **BOIL-OFF-MANAGEMENTSYSTEM UND LAGEREINHEIT**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Boil-off-Managementssystem (100) für einen Flüssigwasserstofftank (50). Das Boil-Off-Managementssystem (100) umfasst ein Boil-off-Ventil (1) und einen Katalysator (11). Der Katalysator (11) ist über das Boil-off-Ventil (1) mit dem Flüssigwasserstofftank (50) und parallel zum Boil-off-Ventil (1) mit der Sauerstoffquelle (60) verbindbar. Das Boil-off-Ventil (1) kann als gegendruckkompensiertes Überdruckventil ausgebildet sein, wobei zwischen dem Boil-off-Ventil (1) und dem Katalysator (11) ein Rückschlagventil (5) mit einem Ansprechdruck vorgesehen

ist, welcher kleiner als ein Ansprechdruck des Boil-off-Ventils (1) jedoch größer als der Druck der vorgesehenen Sauerstoffquelle (60) ist. Ergänzend oder alternativ dazu kann zwischen dem Boil-off-Ventil (1) und dem Katalysator (11) eine Venturi-Düse (7) vorgesehen sein. Die Venturi-Düse ist dabei derart ausgebildet, dass Wasserstoff aus dem Flüssigwasserstofftank (50) seitlich, insbesondere radial, in einen im Wesentlichen geradlinigen Fluidkanalabschnitt (17), eingeleitet wird, welcher den Saugstromeinlass (19) mit dem Ejektorstromauslass (20) der Venturi-Düse (7) verbindet.

**EP 4 488 568 A1**

## Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Boil-off-Managementsystem für einen Flüssigwasserstofftank sowie eine Lagereinheit für Flüssigwasserstoff mit einem entsprechenden Boil-off-Managementsystem.

[0002] Fahrzeuge oder stationäre Anwendungen mit Flüssigwasserstofftank können zusätzlich zu einer gesetzlich vorgeschriebenen Notfall-Druckentlastungsvorrichtung mittels einfachen Überdrucksicherheitsventilen auch ein sog. Boil-off-Managementsystem beinhalten. Eine Aufgabe des Boil-off-Managementsystem ist es, das Druckniveau im kryogenen Flüssigwasserstofftank, welches beispielsweise aufgrund eines Wärmeeintrags aus der Umgebung ansteigt, bereits vor dem Ansprechen der Notfall-Druckentlastungsvorrichtung, zu begrenzen bzw. im Verlauf eines entsprechenden Boil-off-Ereignisses zu reduzieren.

[0003] Dabei liegt der wesentliche Unterschied zwischen dem Boil-off-Managementsystem und der Notfall-Druckentlastungsvorrichtung darin, dass durch das Boil-off-Managementsystem der abgeblasene Wasserstoff nicht unbehandelt in die Umgebung entlassen wird. Konkret wird der abgeblasene Wasserstoff vor seiner Freisetzung durch das Boil-off-Managementsystem unschädlich gemacht, um einer möglichen Explosionsgefahr durch Bildung eines explosiven Luft-Wasserstoff-Gemisches (Knallgas) entgegenzuwirken.

[0004] Die Elimination des freien Wasserstoffs kann dabei über einen katalytischen Konverter (Katalysator) erfolgen, welcher den Wasserstoff mit Sauerstoff, insbesondere mit Umgebungsluftsaauerstoff, zu Wasserdampf oxidiert und damit unschädlich macht.

[0005] Herkömmliche Boil-off-Managementsysteme sind entweder aktiv oder passiv betrieben. Aktiv betriebene Boil-off-Managementsysteme benötigen eine externe Energieversorgung, um unterschiedliche Komponenten des Boil-off-Managementsystems aktiv betreiben zu können. Passive betriebene Boil-off-Managementsysteme benötigen im Gegensatz dazu eine gewisse Anlaufphase, während welcher ein explosionsgefährliches Wasserstoff-Luftgemisch in dem Boil-off-Managementsystem gebildet wird und/oder der abgeblasene Wasserstoff nicht vollständig unschädlich gemacht wird.

[0006] Vor diesem Hintergrund ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die bekannten Boil-off-Managementsysteme weiterzubilden und zu verbessern.

[0007] Diese Aufgabe wird durch die Boil-off-Managementsysteme der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind den abhängigen Ansprüchen zu entnehmen.

[0008] Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst ein Boil-off-Managementsystem für einen Flüssigwasserstofftank ein Boil-off-Ventil und einen Katalysator. Das Boil-off-Ventil ist zum Anschluss des Boil-off-Managementsystems an den Flüssigwasserstofftank ausgebildet. Der Katalysator ist zur Oxidation von Wasserstoff aus dem Flüssigwasserstofftank mit

Sauerstoff aus einer separaten Sauerstoffquelle zu Wasser ausgebildet. Der Katalysator ist über das Boil-off-Ventil mit dem Flüssigwasserstofftank und parallel zum Boil-off-Ventil mit der Sauerstoffquelle verbindbar. Zwischen dem Boil-off-Ventil und dem Katalysator ist eine Venturi-Düse vorgesehen. Die Venturi-Düse umfasst einen Treibstromeinlass, welcher mit dem Boil-off-Ventil verbunden ist, einen Saugstromeinlass, welcher mit der Sauerstoffquelle verbindbar ist, und einen Ejektorstromauslass, welcher mit dem Katalysator verbunden ist. Der Treibstromeinlass der Venturi-Düse ist mit einem Treibstromauslass verbunden, welcher seitlich, insbesondere radial, in einen im Wesentlichen geradlinigen Fluidkanalabschnitt, welcher den Saugstromeinlass mit dem Ejektorstromauslass verbindet, mündet.

[0009] Erfindungsgemäß ist die Venturi-Düse also derart in das Boil-off-Managementsystem eingebunden, dass in dieser ein seitlich eingeleiteter Strom von Wasserstoffgas aus dem Flüssigwasserstofftank einen im Wesentlichen geradlinigen Strom von Sauerstoff vom Saugstromeinlass zum Ejektorstromauslass bewirkt. Diese besondere Strömungsführung ermöglicht die Beimischung von Sauerstoff zu einem überstöchiometrischen Gasgemisch und damit die Voraussetzung zur Vermeidung einer Explosionsgefahr, da die Wasserstoffkonzentration im resultierenden Gasgemisch unterhalb der unteren Explosionsgrenze von ca. 4 vol.-% liegt und damit kein explosives Knallgas gebildet wird, insofern eine hinreichende Vermischung der Gaskomponenten zu einem homogenen Gemisch gewährleistet wird.

[0010] Bevorzugt erstreckt sich der Treibstromauslass zumindest entlang eines Abschnitts des Umfangs des geradlinigen Fluidkanalabschnitts. Insbesondere erstreckt sich der Treibstromauslass entlang mehrerer Abschnitte oder entlang des gesamten Umfangs des geradlinigen Fluidkanalabschnitts.

[0011] Diese Ausgestaltungen ermöglichen eine kompakte und dennoch effiziente Einleitung des Wasserstoffgases aus dem Flüssigwasserstofftank in den geradlinigen Fluidkanalabschnitt.

[0012] Bevorzugt umfasst die Venturi-Düse eine, insbesondere rohrförmige, Coanda-Effekt-Komponente, welche dazu ausgebildet ist, einen im Wesentlichen radialen Strom von Wasserstoffgas aus dem Treibstromauslass hin zu dem Ejektorstromauslass umzulenken, um so über den Saugstromanschluss Sauerstoff in die Venturi-Düse einzusaugen und zusammen mit dem Wasserstoffgas als Gasgemisch durch den Ejektorstromauslass auszugeben.

[0013] Die besagte Coanda-Effekt-Komponente hat den Vorteil, dass über den umgelenkten Strom von Wasserstoffgas aus dem Flüssigwasserstofftank eine Sogwirkung erzeugt wird, durch welche besonders viel Sauerstoff aus der Sauerstoffquelle in die Venturi-Düse eingesogen wird. Ferner sorgt der Coanda-Effekt für einen intensivierten Vortrieb des erhaltenen Gasgemisches in den Katalysator, um dort umgewandelt zu werden. Dabei ermöglicht die erhaltene Sogwirkung das

Einsaugen einer Menge von Sauerstoff, welche ein überstöchiometrisches Gasgemisch ergibt. Als überstöchiometrisches Gasgemisch wird hierbei ein Gasgemisch verstanden, welches nicht mehr explosiv ist. Insbesondere wird derart viel Sauerstoff in die Venturi-Düse eingesogen und mit dem Wasserstoff aus dem Flüssigwasserstofftank gemischt, dass der gemittelte Volumenanteil an Wasserstoff unterhalb der unteren Explosionsgrenze von ca. 4% des Volumenanteils liegt. Mit anderen Worten, die Strömungsführung und der Coanda-Effekt in der Venturi-Düse resultieren in der Ausgabe eines Gasgemisches am Ejektorstromauslass, welches eine Wasserstoffkonzentration aufweist, welche unterhalb der unteren Explosionsgrenze liegt.

**[0014]** Bevorzugt sind zwischen dem Boil-off-Ventil und der Venturi-Düse ein Durchflussbegrenzer und ein Rückschlagventil vorgesehen. Die Venturi-Düse, der Durchflussbegrenzer und das Rückschlagventil sind derart aufeinander abgestimmt, dass das Rückschlagventil nur öffnet, wenn der Druck und die Menge des daraufhin in den Treibstromeinlass strömenden Wasserstoffs einen Betrieb der Venturi-Düse bewirken, welcher in der Ausgabe eines Stroms überstöchiometrischen Gasgemisches resultiert.

**[0015]** Mit anderen Worten sind der Durchflussbegrenzer und das Rückschlagventil derart ausgebildet, dass ein Öffnen des Rückschlagventils in der Venturi-Düse stets einen Strom von Wasserstoffgas aus dem Flüssigwasserstofftank erzeugt, welcher den zuvor beschriebenen Coanda-Effekt auslöst. Konkret liegt ein Ansprechdruck des Rückschlagventils zumindest auf Höhe des Drucks, welchen der Treibstrom aufweisen muss, um den gewünschten Coanda-Effekt zu erzeugen. Dabei limitiert der Durchflussbegrenzer die Menge des Treibstroms derart, dass sich der erhaltene Strom des Wasserstoffgases nicht frühzeitig von einer Führungsfläche der Coanda-Effekt-Komponente ablöst.

**[0016]** Gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst ein Boil-off-Managementsystem für einen Flüssigwasserstofftank ein Boil-off-Ventil und einen Katalysator. Das Boil-off-Ventil ist zum Anschluss des Boil-off-Managementsystems an den Flüssigwasserstofftank ausgebildet. Der Katalysator ist zur Oxidation von Wasserstoff aus dem Flüssigwasserstofftank mit Sauerstoff aus einer separaten Sauerstoffquelle zu Wasser ausgebildet. Der Katalysator ist über das Boil-off-Ventil mit dem Flüssigwasserstofftank sowie parallel zum Boil-off-Ventil mit der Sauerstoffquelle verbindbar. Das Boil-off-Ventil ist als gegendruckkompensiertes Überdruckventil ausgebildet. Zwischen dem Boil-off-Ventil und dem Katalysator ist ein Rückschlagventil mit einem Ansprechdruck vorgesehen, welcher kleiner als der Ansprechdruck des Boil-off-Ventils jedoch größer als der Druck der zu verwendenden Sauerstoffquelle ist.

**[0017]** Durch die Ausgestaltung des Boil-off Ventils als gegendruckkompensiertes Überdruckventil ist der Ansprechdruck des Boil-off-Ventils nicht mehr abhängig von dem Druck in einer dem Boil-off-Ventil nachgeschal-

teten Boil-off-Leitung. Über das Rückschlagventil mit dem hier spezifizierten Ansprechdruck kann das Boil-off-Ventil in seinen Endstellungen (Flow Point & Reset Point) betrieben werden. Das heißt, es kann entsprechend einem Vollhub-Sicherheitsventil vergleichsweise schnell und vollständig öffnen, wobei es eine Ventil-Hysterese durchläuft. Dadurch kann im Falle des Boil-off-Ereignisses, also bei Öffnen des Rückschlagventils, ein Strom von Wasserstoffgas mit einem vorgegebenen Mindestdruck und einem vorgegebenen Mindestmassenstrom erzeugt werden, um unmittelbar eine optimale Funktion von dem Rückschlagventil nachgeordneten Komponenten des Boil-off-Managementsystems zu gewährleisten. Dies stellt insbesondere ein sicheres und vollständiges unschädlich Machen des abgelassenen freien Wasserstoffs dar. Ferner ermöglicht die erhaltene Ventil-Hysterese eine Absenkung des Drucks in dem Flüssigwasserstofftank nicht nur bis zum Ansprechdruck des Boil-off-Ventils, sondern unter den Ansprechdruck des Boil-off-Ventils. Damit wird zumindest für den Zeitraum, bis der Druck im Flüssigwasserstofftank wieder den Ansprechdruck des Boil-off-Ventils erreicht, ein Öffnen des Boil-off-Ventils vermieden, was zu einem reduzierten Verschleiß des Boil-off-Ventils und der Komponenten des Boil-off Managementsystems insgesamt führt.

**[0018]** Bevorzugt ist zwischen dem Boil-off-Ventil und dem Katalysator eine Venturi-Düse vorgesehen. Die Venturi-Düse umfasst insbesondere einen Treibstromeinlass, welcher mit dem Boil-off-Ventil verbunden ist, einen Saugstromeinlass, welcher mit der Sauerstoffquelle verbindbar ist, und einen Ejektorstromauslass, welcher mit dem Katalysator verbunden ist. Der Treibstromeinlass der Venturi-Düse ist mit einem Treibstromauslass verbunden, welcher seitlich, insbesondere radial, in einen im Wesentlichen geradlinigen Fluidkanalabschnitt, welcher den Saugstromeinlass mit dem Ejektorstromauslass verbindet, mündet.

**[0019]** Die zuvor beschriebene Ventil-Hysterese ermöglicht einen Betrieb der vorgesehenen Venturi-Düse, durch welchen stets ein mageres Gasgemisch mit einem überstöchiometrischem Sauerstoff-Wasserstoff-Verhältnis gebildet wird. Konkret ist die Venturi-Düse derart in das Boil-off-Management-System eingebunden, dass in dieser ein seitlich eingeleiteter Strom von Wasserstoffgas aus dem Flüssigwasserstofftank einen im Wesentlichen geradlinigen Strom von Sauerstoff bewirkt. Diese spezielle Strömungsführung ermöglicht die Beimischung von Sauerstoff zu einem überstöchiometrischen Gasgemisch und damit die Vermeidung einer Explosionsgefahr.

**[0020]** Bevorzugt umfasst die Venturi-Düse eine, insbesondere rohrförmige, Coanda-Effekt-Komponente, welche dazu ausgebildet ist, einen im Wesentlichen radialen Strom von Wasserstoffgas aus dem Treibstromauslass hin zum Ejektorstromauslass umzulenken, um so über den Saugstromanschluss Sauerstoff in die Venturi-Düse einzusaugen und zusammen mit dem Wasserstoffgas als Gasgemisch durch den Ejektorstro-

mauslass auszugeben.

**[0021]** Wie oben bereits beschrieben dient die Coanda-Effekt-Komponente zur Erzeugung einer ausreichenden Sogwirkung für den Sauerstoff, welcher dem Wasserstoffgas aus dem Flüssigwasserstofftank beige-

**[0022]** Bevorzugt ist zwischen dem Boil-off-Ventil und der Venturi-Düse ein Durchflussbegrenzer vorgesehen. Die Venturi-Düse, der Durchflussbegrenzer und das Rückschlagventil sind derart aufeinander abgestimmt, dass das Rückschlagventil nur öffnet, wenn der Druck und die Menge des daraufhin in den Treibstromeinlass strömenden Wasserstoffgases einen Betrieb der Venturi-Düse bewirkt, welcher in der Ausgabe eines Stroms eines überstöchiometrischen Gasgemisches resultiert.

**[0023]** Dabei limitiert der Durchflussbegrenzer die Menge des Treibstroms beim Öffnen des Rückschlagventils derart, dass sich der erhaltene Strom des Wasserstoffgases nicht frühzeitig von einer Führungsfläche der Coanda-Effekt-Komponente ablöst. Dies ermöglicht die Sicherstellung der erforderlichen Sogwirkung.

**[0024]** Bevorzugt liegt der Ansprechdruck des Rückschlagventils zwischen 4 bar und 8 bar, insbesondere bei 6 bar, und/oder der Ansprechdruck des Boil-off-Ventils zwischen 15 bar und 25 bar, insbesondere bei 20 bar.

**[0025]** Diese Werte für den Ansprechdruck des Rückschlagventils bzw. des Boil-off-Ventils haben sich als zur Umsetzung des Erfindungsgedankens besonders geeignet erwiesen.

**[0026]** Bevorzugt ist zwischen dem Boil-off-Ventil und dem Katalysator, insbesondere zwischen dem Boil-off-Ventil und weiteren Komponenten, welche dem Katalysator vorgeschaltet sind, ein Wärmetauscher vorgesehen, welcher dazu ausgebildet ist, Wärme von Abgasen aus dem Katalysator auf das Wasserstoffgas aus dem Boil-off-Ventil zu übertragen.

**[0027]** Dieser Wärmetauscher resultiert in einer Erwärmung des vergleichsweise kalten Wasserstoffgases aus dem Flüssigwasserstofftank und ermöglicht es damit, eine unerwünschte Eisbildung innerhalb von Komponenten des Boil-off-Managementsystem, welche dem Katalysator vorgeschaltet sind, zu vermeiden oder zumindest zu reduzieren.

**[0028]** Bevorzugt umfasst das Boil-off-Managementsystem eine Zusammenführungskomponente, in welcher der Wasserstoff aus dem Boil-off-Ventil mit dem Sauerstoff aus der Sauerstoffquelle zusammengebracht wird. Insbesondere ist die Zusammenführungskomponente eine bzw. die zuvor beschriebene Venturi-Düse.

**[0029]** Eine solche Zusammenführungskomponente ermöglicht eine effiziente Zusammenführung des Wasserstoffs und des Sauerstoffs zur Bildung des gewünschten Gasgemisches. Wie oben beschrieben wurde, stellt eine bzw. die zuvor beschriebene Venturi-Düse eine besonders vorteilhafte Wahl für die Ausgestaltung einer solchen Zusammenführungskomponente dar.

**[0030]** Bevorzugt ist zwischen dem Boil-off-Ventil und der Zusammenführungskomponente ein Wasserstofffil-

ter vorgesehen.

**[0031]** Der besagte Wasserstofffilter dient im Wesentlichen dazu, unerwünschte Verunreinigungen aus dem hindurchgeleiteten Gasstrom zu filtern.

**[0032]** Bevorzugt ist zwischen der Zusammenführungskomponente und dem Katalysator eine Mischkammer, insbesondere mit darin enthaltenden Mischelementen, vorgesehen.

**[0033]** Eine solche Mischkammer ermöglicht eine optimierte Durchmischung des Wasserstoffgases mit dem Sauerstoff und damit die Bildung eines möglichst homogenen Gasgemisches für die Reaktion im Katalysator. Als Mischelemente sind dabei insbesondere Elemente zu verstehen, welche die Strömung des Gasgemisches behindern, einen Drall und turbulente Strömungen in dem Gasgemisch erzeugen. Verschiedene Ausgestaltungen für solche Mischelemente sind dem Fachmann wohlbekannt und umfassen beispielsweise Umlenkplatten, (Mono-)Drallmischer und/oder andersartige Vorsprünge entlang einer Innenwand der Mischkammer.

**[0034]** Bevorzugt ist zwischen der Zusammenführungskomponente und dem Katalysator, insbesondere hinter einer vorgesehenen Mischkammer, ein für das Gasgemisch durchlässiges Substrat vorgesehen. Ergänzend oder alternativ dazu ist der Katalysator nur in einem hinteren Bereich reaktiv beschichtet und ein vorderer Bereich des Katalysators als für das Gasgemisch durchlässiges Substrat ausgebildet.

**[0035]** Derartige Substrate können eine Vielzahl von Funktionen zur Optimierung der Oxidationsreaktion innerhalb des Katalysators und/oder der Sicherheit des Boil-off-Managementsystems erfüllen. Der Einsatz eines von dem Katalysator separaten Substrats ermöglicht eine besonders flexible Auswahl und Anpassung des Substrats. Die kombinierte Ausführung des Katalysators und des Substrats ermöglicht besonders kompakte Gesamtausgestaltungen mit weniger Einzelteilen.

**[0036]** Bevorzugt ist das Substrat als Führungskomponente, Hitzeschild und/oder Flammenrückschlagsicherung ausgebildet.

**[0037]** Als Führungskomponente fungiert das Substrat, wenn es den auf den Katalysator geleiteten Strom des Gasgemisches in einer erwünschten Art und Weise optimiert, beispielsweise gleichmäßig verteilt. Die Ausgestaltung als Hitzeschild verhindert eine übermäßige Erwärmung des Gasgemisches vor Eintritt in den Katalysator und eine daraus resultierende reduzierte Effizienz der exothermen Reaktion im Katalysator und/oder einen Gegendruck, welcher den Zustrom von Gasgemisch in den Katalysator reduziert. Die Ausgestaltung als Flammenrückschlagsicherung dient zur Vermeidung des Durchschlags einer unerwarteten Entzündung des Gasgemisches im Katalysator in davor liegende Bereiche des Boil-off-Managementsystems.

**[0038]** Bevorzugt ist vor dem Katalysator ein Einlass-trichter vorgesehen, welcher einen Querschnitt des Fluidkanals vor dem Katalysator vergrößert. Alternativ oder ergänzend dazu ist hinter dem Katalysator ein Aus-

lasstrichter vorgesehen, welcher einen Querschnitt des Fluidkanals hinter dem Katalysator verkleinert.

**[0039]** Der Einlasstrichter verringert durch den vergrößerten Strömungsquerschnitt die Strömungsgeschwindigkeit des Gasgemisches. Damit bleibt auf dem Weg zum Katalysator mehr Zeit, dass sich die Komponenten des Gasgemisches homogen vermischen. Der Auslassstrichter erhöht durch den verkleinerten Strömungsquerschnitt die Strömungsgeschwindigkeit des Gasgemisches. Damit werden die Abgase besonders effizient von dem Katalysator weggeführt.

**[0040]** Bevorzugt ist hinter dem Katalysator eine Kondensatfalle vorgesehen.

**[0041]** Die Kondensatfalle dient zur Vermeidung oder zumindest Reduktion der Kontamination des Katalysators mit Kondensat, welches sich hinter dem Katalysator aus den Abgasen des Katalysators bildet.

**[0042]** Bevorzugt ist das Boil-off-Managementsystem dazu ausgebildet, die Umgebung des Boil-off-Managementsystems als Sauerstoffquelle zu verwenden. Insbesondere umfasst das Boil-off-Managementsystem einen Luftfilter zur Filterung von Umgebungsluft noch vor einer Zusammenführung mit dem Wasserstoffgas aus dem Flüssigwasserstofftank.

**[0043]** Mit anderen Worten, das Wasserstoffgas aus dem Wasserstofftank wird zur Bildung des Gasgemisches zur Reaktion im Katalysator mit Sauerstoff aus der Umgebungsluft vermischt. Der Luftfilter dient dazu, unerwünschte Komponenten des eingesogenen Luftstroms aus diesem zu filtern.

**[0044]** Bevorzugt ist das Boil-off-Managementsystem derart ausgebildet, dass es vollkommen passiv, also ohne Notwendigkeit einer externen Steuerung und/oder ohne Notwendigkeit einer weiteren Energieversorgung, arbeitet.

**[0045]** Mit anderen Worten, das Boil-off-Managementsystem benötigt zu seinem Betrieb keine über die hier beschriebenen Komponenten hinausgehende Energieversorgung und wird durch sich selbst angetrieben. Jeder der vorgesehenen Komponenten arbeitet vollkommen autonom, ohne die Notwendigkeit einer manuellen oder automatisierten Steuerung. Folglich benötigt das Boil-off-Managementsystem auch keinerlei separate Druck- und/oder Temperatursensoren, welche zur Steuerung der einzelnen Komponenten notwendige Informationen sammeln. Die konkrete Funktion des Boil-off-Managementsystems ergibt sich lediglich aus den Charakteristika und der spezifischen Kombination der zuvor beschriebenen Komponenten des Boil-off-Managementsystems.

**[0046]** Bevorzugt ist das Boil-off-Ventil ein mit einem Metall-Faltenbalg ausgeführtes Ventil, insbesondere ein Edelstahl-Faltenbalgventil.

**[0047]** Eine derartige Ausgestaltung des Boil-off-Ventils ist besonders robust und damit zuverlässig sowie langlebig.

**[0048]** Bevorzugt ist der Katalysator im Wesentlichen vertikal ausgerichtet, und/oder ist dem Boil-off-Manage-

mentsystem ein Kamin nachgeordnet.

**[0049]** Derartige Ausgestaltungen erlauben die Ausnutzung des Kamineffekts zur effizienten Abführung der Abgase aus dem Katalysator.

**[0050]** Bevorzugt ist der Katalysator und/oder sind dem Katalysator nachgeordnete Komponenten von einer Isolierung umgeben.

**[0051]** Dies ermöglicht die Reduktion der Bildung von Kondensat aus den heißen Abgasen in und/oder hinter dem Katalysator und damit der negativen Beeinträchtigung der Funktionsweise des Boil-off-Managementsystems durch solches Kondensat.

**[0052]** Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst eine Lagereinheit für Flüssigwasserstoff mindestens einen, insbesondere zwei, Flüssigwasserstofftanks und ein Boil-off-Managementsystem nach der vorhergehenden Beschreibung. Jeder vorgesehene Flüssigwasserstofftank ist über ein eigenes Boil-off-Ventil jedoch über eine gemeinsame Boil-off-Leitung mit den übrigen Komponenten des Boil-off-Managementsystems verbunden.

**[0053]** Eine solche Lagereinheit profitiert von den zuvor beschriebenen Vorteilen, welche durch das erfindungsgemäße Boil-off-Managementsystem erhalten werden.

**[0054]** Bevorzugt ist jeder Flüssigwasserstofftank mit wenigstens einem, bevorzugt zwei, Überdruckventilen versehen, welche einen höheren Ansprechdruck als das dem jeweiligen Flüssigwasserstofftank zugeordnete Boil-off-Ventil aufweisen.

**[0055]** Diese Überdruckventile fungieren als Notfall-Druckentlastungsvorrichtung, um bei einem gefährlichen Überdruck in dem Flüssigwasserstofftank zur Druckreduktion Wasserstoff aus dem entsprechenden Wasserstofftank unbehandelt in die Umgebung abzugeben. Sie vermeiden damit ein durch einen Überdruck in dem entsprechenden Flüssigwasserstofftank hervorgerufenes Bersten des jeweiligen Flüssigwasserstofftanks. Hierfür reicht an sich ein einzelnes Überdruckventil. Zur weiteren Sicherheit ist jedoch mindestens ein weiteres redundantes Überdruckventil vorgesehen.

**[0056]** Die Erfindung wird nachfolgend beispielhaft unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen beschrieben. Es zeigt,

FIG. 1 eine schematische Darstellung des Prozesses bestehend aus einer beispielhaften Lagereinheit mit einem Boil-off-Managementsystem gemäß der vorliegenden Erfindung; und

FIG. 2 ein Beispiel für eine Venturi-Düse, welche in dem in FIG. 1 gezeigten Boiloff-Managementsystem einsetzbar ist.

**[0057]** Entsprechend FIG. 1 umfasst ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Lagereinheit 200 für Flüssigwasserstoff wenigstens einen Flüssigwassers-

toftank 50, welcher mit einem erfindungsgemäßen Boil-off-Managementsystem 100 verbunden ist. Insbesondere umfasst die Lagereinheit mehrere, insbesondere wie in FIG. 1 gezeigt zwei, separate Flüssigwasserstofftanks 50, welche jeweils mit einem eigenen Boil-off-Ventil 1 des Boil-off-Managementsystems 100 gekoppelt sind.

**[0058]** Die hier gezeigten Flüssigwasserstofftanks 50 umfassen jeweils einen Innenbehälter 51 für den Wasserstoff und einen Außenbehälter 52, welcher den Innenbehälter 51 umgibt. Vorliegend ist zur Isolierung des Innenbehälters 51 zwischen dem Innenbehälter 51 und dem zugehörigen Außenbehälter 52 Vakuum vorgesehen. Alternativ oder ergänzend dazu könnten zwischen den beiden Behältern 51 und 52 zumindest bereichsweise auch Isolierungsmaterialien vorgesehen sein. Das Innere der Innenbehälter 51 der beiden Flüssigwasserstofftanks 52 ist im gezeigten Fall jeweils mit wenigstens einem, konkret sogar zwei, Überdruckventilen 53 verbunden. Diese Überdruckventile 53 bilden die oben beschriebene Notfall-Druckentlastungsvorrichtung. Sie sind dazu ausgebildet, Wasserstoffgas unbehandelt aus dem zugehörigen Flüssigwasserstofftank 50 an die Umgebung 60 abzugeben, sobald ein kritischer Druck im Flüssigwasserstofftank 50 überschritten wird. Um dabei ein ungestörtes und sicheres Ablassen des Überdrucks gewährleisten zu können, sind den vorgesehenen Überdruckventilen 53 außer einer Leitung keine weiteren Komponenten, wie ein Katalysator oder ähnliches, nachgeschaltet. Vielmehr wird der abgelassene Wasserstoff direkt an die Umgebung 60 der Lagereinheit 200 abgegeben.

**[0059]** Diese Notfallabsicherung wird durch das im Folgenden genauer beschriebene Boil-off-Managementsystem 100 ergänzt.

**[0060]** Jeder Flüssigwasserstofftank 50 ist mit einem separaten Boil-off-Ventil 1 des erfindungsgemäßen Boil-off-Managementsystems 100 gekoppelt. Die beiden Boil-off-Ventile 1 sind jeweils als gegendruckkompensierte Überdruckventile, insbesondere mit einem Metall-Faltenbalg, beispielsweise aus Edelstahl, ausgebildet. Sie haben jeweils einen Ansprechdruck, welcher niedriger als der Ansprechdruck der vorgesehenen Überdruckventile 53 ist. Damit sprechen die Boil-off-Ventile 1 vor den Überdruckventilen 53 an und leiten bereits vor einer Erreichung des maximal zulässigen Betriebsarbeitsdruckes in den Flüssigwasserstofftanks 50 gasförmigen Wasserstoff aus den Flüssigwasserstofftanks 50 ab.

**[0061]** Beide Boil-off-Ventile 1 münden in eine gemeinsame Boil-off-Leitung 2, welche im gezeigten Ausführungsbeispiel zu einem Wärmetauscher 14 führt. Die Funktion des Wärmetauschers 14 wird weiter unten beschrieben.

**[0062]** Nach dem Wärmetauscher 14 folgt ein Wasserstofffilter 3, um ungewünschte Verunreinigungen aus dem Wasserstoffgas zu filtern. Hinter dem Wasserstofffilter 3 sind hintereinander ein Durchflussbegrenzer 4 und ein Rückschlagventil 5 vorgesehen. Das Rück-

schlagventil weist einen Ansprechdruck auf, welcher unterhalb des Ansprechdrucks des Boil-off-Ventils 1 jedoch oberhalb des Drucks liegt, welcher in der vorgesehenen Sauerstoffquelle 60, beispielsweise in Gestalt der Umgebung 60 der Lagereinheit 200, herrscht bzw. zu erwarten ist. Die Funktion dieser Komponenten wird ebenfalls weiter unten konkreter beschrieben.

**[0063]** Das Rückschlagventil 5 ist mit einem Treibstromeinlass 18a einer Zusammenführungskomponente 7, vorliegend in Gestalt einer Venturi-Düse 7, gekoppelt. Die Zusammenführungskomponente 7, also vorliegend die Venturi-Düse 7, weist ferner einen Saugstromeinlass 19 auf, welcher hier über einen Luftfilter 6 mit der Umgebung 60 der Lagereinheit 200 als Sauerstoffquelle verbunden ist. Vorliegend wird Sauerstoff aus der Umgebungsluft genutzt, um mit dem abgelassenen Wasserstoffgas aus den Flüssigwasserstofftanks 50 zur Reaktion gebracht zu werden.

**[0064]** Der konkrete strukturelle Aufbau dieser Zusammenführungskomponente 7 als Venturi-Düse 7 ist in FIG. 2 gezeigt und wird weiter unten im Detail beschrieben.

**[0065]** Zurückkommend auf FIG. 1, folgt auf die Venturi-Düse 7 als Zusammenführungskomponente eine Mischkammer 8. Diese dient zur verbesserten Durchmischung der in der Zusammenführungskomponente 7 zusammengeführten Gasströme durch Strömungsvorgänge/Impulsaustausch und kann wahlweise dafür mit entsprechenden Mischelementen und/oder Drallelementen (nicht dargestellt aber an sich wohlbekannt) ausgestattet sein.

**[0066]** Hinter der Mischkammer 8 ist zwischen einem den Querschnitt der Leitung vergrößernden Einlasstrichter 9a und einem den Querschnitt der Leitung verkleinernden Auslasstrichter 9b ein Katalysator 11 vorgesehen. Dieser Katalysator 11 ist zur Oxidation des aus dem Flüssigwasserstofftank 50 abgelassenen Wasserstoffs mit Sauerstoff aus der Umgebungsluft unter Bildung von Wasser ausgebildet. Somit wird schließlich lediglich Wasserdampf an die Umgebung der Lagereinheit 200 abgegeben. Die Gefahr einer Knallgasreaktion besteht damit nicht mehr.

**[0067]** Zur Optimierung der Anströmung und Vermischung der Gasströme in den reaktiven Bereich des Katalysators 11 kann ein Substrat 10 vorgesehen werden. Dieses kann, wie in FIG. 1 gezeigt ist, als separates Substrat 10 vorgesehen sein oder durch einen vorderen nicht reaktiv beschichteten Bereich des Katalysators 11 gebildet werden. Auch eine Kombination dieser beiden Möglichkeiten wäre denkbar.

**[0068]** Um eine Kontamination des Katalysators 11 mit Kondensat aus den Abgasen des Katalysators zu reduzieren oder gar zu vermeiden, ist dem Katalysator 11 eine Kondensatfalle 13 nachgeschaltet.

**[0069]** Der zuvor genannte optional vorgesehene Wärmetauscher 14 ist hinter dem Katalysator 11, insbesondere noch hinter dem Auslasstrichter 9b, vorgesehen. Nachdem es sich bei der vorgesehenen Oxidation von Wasserstoff mit Sauerstoff zu Wasser im Katalysator 11

um eine exotherme Reaktion handelt und das aus den Boil-off-Ventilen 1 kommende Wasserstoffgas relativ kalt ist, überträgt der Wärmetauscher 14 Wärme von den Abgasen des Katalysators 11 auf das Wasserstoffgas aus den Boil-off-Ventilen 1. Dies führt nach einem Anlaufen der Oxidationsreaktionen im Katalysator 11 zu einer Vorwärmung des Wasserstoffgases und reduziert damit unter anderem die Kondensat- bzw. Nebelbildung und/oder Eisbildung innerhalb der Zusammenführungskomponente 7 bei Vermischung des Wasserstoffgases mit der Umgebungsluft.

**[0070]** Die Abgase aus dem Katalysator 11 werden schließlich über einen Kamin 15, welcher an seinem Auslass insbesondere mit einem Wind- und/oder Regenschutz 16 versehen ist, an die Umgebung 60 abgegeben. Um dabei den Kamineffekt zur Abführung der Abgase optimal nutzen zu können und/oder eine Kondensatbildung innerhalb des Boil-off-Managementsystems zu reduzieren, sind der Katalysator 11 sowie dem Katalysator 11 nachgeschaltete Komponenten des Boil-off-Managementsystems 100 mit einer Isolierung 12 versehen.

**[0071]** Im gezeigten Ausführungsbeispiel sind die Komponenten und insbesondere der Katalysator 11 des Boil-off-Managementsystems im Wesentlichen vertikal angeordnet bzw. ausgerichtet. Alternativ hierzu ist jedoch auch eine horizontale Anordnung bzw. Ausrichtung möglich.

**[0072]** Im Folgenden wird unter Bezugnahme auf FIG. 2 die konkrete Ausgestaltung der hier vorgesehenen Venturi-Düse 7 als Zusammenführungskomponente 7 beschrieben.

**[0073]** Im gezeigten Ausführungsbeispiel umfasst die Venturi-Düse 7 einen rohrförmigen Hauptkörper 21 und eine darin zumindest teilweise eingeschobene rohrförmige Coanda-Effekt-Komponente 22, wobei der Hauptkörper 21 und die Coanda-Effekt-Komponente 22 als eine einzelne kombinierte Venturi-Düse 7 ausgebildet sein können.

**[0074]** Der Hauptkörper 21 bildet einen Saugstromeinlass 19 und einen hierzu im Wesentlichen senkrecht ausgerichteten Treibstromeinlass 18a. Ein Spalt 18b zwischen dem Hauptkörper 21 und der Coanda-Effekt-Komponente 22 fungiert als Treibstromauslass 18b, während die Coanda-Effekt-Komponente 22 einen Ejektorstromauslass 20 bildet. Der besagte Treibstromauslass 18b erstreckt sich zumindest um Abschnitte des Umfangs eines in der Venturi-Düse 7 gebildeten im Wesentlichen geradlinigen Fluidkanalabschnitts 17 vom Saugstromeinlass 19 hin zum Ejektorstromauslass 20. Damit mündet der Treibstromauslass 18b seitlich, insbesondere radial, in den im Wesentlichen geradlinigen Fluidkanalabschnitt 17.

**[0075]** Im Folgenden wird unter Bezugnahme auf die beiden Figuren 1 und 2 die Funktionsweise des gezeigten Boil-off-Managementsystems 100 im Hinblick auf einen einzelnen Wasserstofftank 50 beschrieben. Für den zweiten Flüssigwasserstofftank 50 ergibt sich dieselbe Funktionsweise.

**[0076]** Ein nicht gänzlich zu vermeidender Wärmeeintrag aus der Umgebung 60 des Flüssigwasserstofftanks 50 führt zur kontinuierlichen Erwärmung des Wasserstoffs im Flüssigwasserstofftank 50 und damit zu einem kontinuierlich ansteigenden Druck des gelagerten Wasserstoffs.

**[0077]** Dieser Druck steigt, bis der Ansprechdruck des gegendruckkompensierten Boil-off-Ventils 1 erreicht wird und dieses öffnet, um Wasserstoffgas in die Boil-off-Leitung 2 abzulassen. D.h. beim Ansprechdruck des gegendruckkompensierten Boil-off-Ventils 1 erfolgt das erste Ablassen von Wasserstoff aus dem Flüssigwasserstofftank in die Boil-off-Leitung 2. Dadurch erreicht der Druck im Flüssigwasserstofftank 50 nicht den höheren Ansprechdruck der Überdruckventile 53, womit diese zumindest bei einwandfreier Funktion des Boil-off-Managementsystems 100 niemals öffnen, um unbehandelten Wasserstoff in die Umgebung 60 abzulassen.

**[0078]** Durch das wiederholte Ablassen von Wasserstoffgas in die Boil-off-Leitung 2 baut sich aufgrund des definierten Ansprechdrucks des Rückschlagventils 5 systematisch ein Druck in der Boil-off-Leitung 2 auf. Durch die Ausgestaltung des Boil-off-Ventils 1 als gegendruckkompensiertes Überdruckventil führt dieser Gegendruck nicht zu einer systematischen Erhöhung des Ansprechdrucks des Boil-off-Ventils 1.

**[0079]** Sobald der Druck in der Boil-off-Leitung 2 den Ansprechdruck des Rückschlagventils 5 erreicht, öffnet das Rückschlagventil 5 und ermöglicht einen, durch den Durchflussbegrenzer 4 begrenzten, Strom des Wasserstoffgases aus der Boil-off-Leitung 2 in die Zusammenführungskomponente 7 bzw. in die Venturi-Düse 7. Dabei erfolgt ein sprunghaftes Öffnen des Boil-off-Ventils 1, insbesondere in dessen maximal vorgesehene Öffnungsstellung bzw. Hub, und damit ein schwallartiges Ablassen von Wasserstoffgas aus dem Flüssigwasserstofftank 50 in die Boil-off-Leitung 2. Dadurch wird durch das Boil-off-Ventil 1 mehr Wasserstoffgas in die Boil-off-Leitung 2 abgelassen, als notwendig wäre, um den Druck im Flüssigwasserstofftank 50 mit dem Ansprechdruck des Boil-off-Ventils 1 in Einklang zu bringen. Mit anderen Worten, das Boil-off-Ventil 1 durchläuft eine Ventil-Hysterese.

**[0080]** Bezugnehmend auf FIG. 2 sind die unterschiedlichen Komponenten des Boil-off-Managementsystems 100 dabei derart aufeinander abgestimmt, dass der in den Treibstromeinlass 18a der Venturi-Düse 7 gespeiste Strom an Wasserstoffgas in einem Druck- und Massebereich liegt, welcher entlang der Coanda-Effekt-Komponente 22 eine ausreichende Umlenkung des Stroms aus dem Treibstromauslass 18b in Richtung des Ejektorstromauslasses 20 bewirkt. Mit anderen Worten, die entsprechenden Komponenten, insbesondere das Boil-off-Ventil 1, die Boil-off-Leitung 2, der Durchflussbegrenzer 4 und das Rückschlagventil 5, sind, beispielsweise durch Versuch und/oder Simulation, derart aufeinander abgestimmt, dass der Strom von Wasserstoffgas aus dem Treibstromauslass 18b zumindest über einen be-

stimmten Druckbereich hinweg einer konvex gekrümmten Innenfläche der Coanda-Effekt-Komponente 22 folgt und damit hin zum Ejektorstromauslass 20 umgelenkt wird. Sowohl ein zu niedriger als auch ein zu hoher Druck des Treibstroms resultiert in einem frühzeitigen Ablösen des Treibstroms von der Coanda-Effekt-Komponente 22 oder in einem Einbrechen der Saugwirkung am Saugstromeinlass 19. Selbiges gilt für einen zu niedrigen oder zu hohen Massestrom.

**[0081]** Durch die beschriebene Umlenkung des Treibstroms wird ein Sog am Saugstromeinlass 19 erzeugt, durch welchen Umgebungsluft in die Venturi-Düse 7 eingesaugt und zusammen mit dem Wasserstoffgas aus dem Flüssigwassertank 50 am Ejektorstromauslass 20 ausgegeben wird. Dabei öffnet das Rückschlagventil 5 nur, wenn der Druck und die Menge des daraufhin an der Venturi-Düse 7 gebildeten Treibstroms an Wasserstoff zum Einsaugen einer Menge an Sauerstoff führt, so dass das am Ejektorstromauslass 20 ausgegebene Gasgemisch mit Umgebungsluft überstöchiometrisch vorliegt. Konkret bedeutet dies, dass der Volumenanteil an Wasserstoff unterhalb von 4% des Volumenanteils im erhaltenen Gasgemisch liegt. Somit kann das Risiko für eine explosive Knallgasreaktion innerhalb des Boil-off-Managementsystems 100 reduziert bzw. eliminiert werden, während eine möglichst vollständige Oxidation des Wasserstoffs im nachfolgenden Katalysator 11 sichergestellt wird.

**[0082]** Aus der Venturi-Düse 7 wird das darin gebildete Gasgemisch durch die Mischkammer 8 in den Einlassstrichter 9a geleitet, wo der Querschnitt der Leitung aufgeweitet wird. Diese Aufweitung führt zu einer Expansion des Gasgemisches und damit zu einer Verlangsamung der Strömungsgeschwindigkeit, was die nachfolgende exotherme Reaktion im Katalysator 11 begünstigt. Über das Substrat 10 wird das Gasgemisch in den Katalysator 11 bzw. in einen reaktiven hinteren Bereich des Katalysators 11, wenn ein vorderer Bereich des Katalysators 11 als nicht-reaktives Substrat 10 ausgebildet ist, geleitet. Dabei fungiert das Substrat als Führungskomponente zur gezielten Verteilung des Gasstroms auf die Gesamtfläche des Katalysators 11, als Hitzeschild zur Reduktion einer Erwärmung des Gasgemisches vor Eintritt in den Katalysator 11 und/oder als Flammenrückschlagsicherung zur Vermeidung des Durchschlags einer unerwarteten Entzündung des Gasgemisches im oder vor dem Katalysator 11 in die Bereiche des Boil-off-Managementsystems 100 vor dem Substrat 10. Auch können mehrere einzelne Substrate 10 und/oder Substratbereiche in dem Katalysator 11 miteinander kombiniert werden, um einzelne oder mehrere dieser oder anderer Aufgaben zu erfüllen.

**[0083]** Im Katalysator 11 erfolgt eine exotherme Reaktion in Gestalt der Oxidation des Wasserstoffgases in dem Gasgemisch mit freiem Sauerstoffgas in dem Gasgemisch unter Bildung von Wasser bzw. von Wasserdampf. Mit anderen Worten, der Katalysator 11 wandelt in der vorliegenden Ausgestaltung das in ihn eingeleitete

Wasserstoff-Luft-Gemisch in ein Wasserdampf-Luft-Gemisch und gibt dieses als "Abgase" aus.

**[0084]** Diese Abgase werden durch die Kondensatfalle 13 in den Auslassstrichter 9b eingeleitet, in welchem ein Querschnitt der Leitung reduziert wird. Dies führt zu einer Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit der Abgase (also des Wasserdampf-Luft-Gemisches aus dem Katalysator 11). Im nachfolgenden Wärmetauscher 14 erfolgt dann eine Wärmeübertragung von den Abgasen auf das Wasserstoffgas in der Boil-off-Leitung 2, um dieses vorzuwärmen.

**[0085]** Schließlich ziehen die Abgase in Gestalt eines nicht mehr explosionsgefährlichen Wasserdampf-Luft-Gemisches über den Kamin 15 in die Umgebung 60 der Lagereinheit 200 ab.

**[0086]** Sobald das Boil-off-Ventil 1 wieder schließt, baut sich der Druck in der Boil-off-Leitung 2 rapide ab, bis der Druck in der Boil-off-Leitung 2 den Ansprechdruck des Rückschlagventils 5 unterschreitet, sodass dieses wieder schließt. Dies führt zu einem Abreißen des Treibstroms für die Venturi-Düse 7 und damit zu einem Auslaufen der Prozesse hinter der Venturi-Düse 7.

**[0087]** Durch die oben beschriebene Funktionsweise erfolgt ein wiederkehrendes Ablassen von Wasserstoffgas durch das Boil-off-Managementsystem 100 unter Umwandlung des Wasserstoffgases zu Wasser bzw. Wasserdampf, ohne die Notwendigkeit unbehandeltes Wasserstoffgas durch die Überdruckventile 53 an die Umgebung auszugeben.

**[0088]** Durch die Zusammenwirkung des als gegen-druckkompensiertes Überdruckventil ausgestalteten Boil-off-Ventils 1 mit dem speziell abgestimmten Rückschlagventil 5 durchläuft das Boil-off-Ventil 1 bei jedem Ablassen des Wasserstoffgases eine Ventil-Hysterese, durch welche jeweils eine Menge von Wasserstoffgas aus dem Flüssigwassertank 50 abgeblasen wird, welche die zur Erreichung des Ansprechdrucks des Boil-off-Ventils 1 notwendige Menge wesentlich überschreitet. Dadurch wird verhindert, dass ab dem erstmaligen Erreichen des Ansprechdrucks des Boil-off-Ventils 1 permanent Wasserstoffgas durch dieses "abzischelt". Vielmehr sorgt dieses übermäßige Ablassen von Wasserstoffgas bis zum erneuten Erreichen des Ansprechdrucks des Boil-off-Ventils 1 für eine Ruhepause für das Boil-off-Ventil 1. Diese reduziert effektiv den Verschleiß des Boil-off-Ventils 1 und gibt den Komponenten des Boil-off-Ventils 1 die Möglichkeit zur weitestgehenden Entspannung zwischen den Ablassprozessen.

**[0089]** Bei der oben beschriebenen Verwendung der Umgebung 60 der Lagereinheit 200 als Sauerstoffquelle 60 mit einem Druck von ca. 1 bar, hat sich ein Ansprechdruck für das Rückschlagventil von 4 bar bis 8 bar, insbesondere von 6 bar, und ein Ansprechdruck für das Boil-off-Ventil 1 von 15 bar bis 25 bar, insbesondere von 20 bar, als besonders geeignet erwiesen.

**[0090]** Die seitliche Einleitung des Wasserstoffgases als Treibstrom in die Venturi-Düse 7 bewirkt, dass ein vergleichsweise kleiner Strom von Wasserstoffgas einen

großen Strom von Sauerstoff bzw. Luft ansaugt. Dies ermöglicht es als Sauerstoffquelle auf die Umgebungsluft zurückzugreifen, was besonders kosteneffizient ist. Dabei ist es nicht notwendig, auf die Unterstützung von aktiven Vorrichtungen, wie Heizer oder Gebläse, zurückzugreifen. Ferner stellt sich über die beschriebene Venturi-Düse 7 beinahe unmittelbar mit Einlass des Treibstroms die volle Saugwirkung und damit das gewünschte Mischungsverhältnis in dem ausgegebenen Gasgemisch ein. Eine Anlaufphase und zumindest teilweise Rückführung der Abgase aus dem Katalysator 11 in das Gasgemisch vor dem Katalysator 11 zur Erreichung der erwünschten Betriebsparameter für den Katalysator 11 ist damit nicht notwendig. Dies führt zu einer erhöhten Sicherheit des Gesamtsystems, da im Wesentlichen von Anfang an beim Abblasen von Wasserstoff die Bildung eines überstöchiometrischen Gemisches und damit nicht explosionsgefährlichen Gasgemisches in dem Boil-off-Managementsystem 100 möglich ist.

[0091] Eine Kombination der oben beschriebenen Ausgestaltung zum Erhalt der Ventil-Hysteresis mit der oben beschriebenen spezifischen Einbindung einer Venturi-Düse 7 in das Boil-off-Managementsystem wird als besonders vorteilhaft erachtet.

[0092] Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Ausgestaltung liegt darin, dass alle Komponenten vollkommen passiv arbeiten, jeweils also keinerlei externe Ansteuerung oder weitere Energieversorgung benötigen. Mit anderen Worten, das gesamte System wird durch sich automatisch bildende Druck- und Temperaturdifferenzen ohne die Notwendigkeit einer externen Einmischung, beispielsweise durch Heizer oder Gebläse, angetrieben. Dies erlaubt einen vereinfachten Gesamtaufbau, welcher auch ohne externe Energieversorgung und/oder Steuerung zuverlässig seine Aufgabe erfüllt.

#### Bezugszeichenliste

#### [0093]

|    |                                          |
|----|------------------------------------------|
| 1  | Boil-off-Ventil                          |
| 2  | Boil-off-Leitung                         |
| 3  | Wasserstofffilter                        |
| 4  | Durchflussbegrenzer                      |
| 5  | Rückschlagventil                         |
| 6  | Luftfilter                               |
| 7  | Venturi-Düse/ Zusammenführungskomponente |
| 8  | Mischkammer                              |
| 9a | Einlasstrichter                          |
| 9b | Auslasstrichter                          |
| 10 | Substrat                                 |
| 11 | Katalysator                              |
| 12 | Isolierung                               |
| 13 | Kondensatfalle                           |
| 14 | Wärmetauscher                            |
| 15 | Kamin                                    |
| 16 | Wind- und/oder Regenschutz               |
| 17 | geradlinigen Fluidkanalabschnitt         |

|     |                            |
|-----|----------------------------|
| 18a | Treibstromeinlass          |
| 18b | Treibstromauslass/ Spalt   |
| 19  | Saugstromeinlass           |
| 20  | Ejektorstromauslass        |
| 21  | Hauptkörper                |
| 22  | Coanda-Effekt-Komponente   |
| 50  | Wasserstofftank            |
| 51  | Innenbehälter              |
| 52  | Außenbehälter              |
| 53  | Überdruckventil            |
| 60  | Sauerstoffquelle/ Umgebung |
| 100 | Boil-off-Managementsystem  |
| 200 | Lagereinheit               |

#### 15 Patentansprüche

1. Boil-off-Managementsystem (100) für einen Flüssigwasserstofftank (50), wobei das Boil-Off-Managementsystem (100) umfasst:

ein Boil-off-Ventil (1), welches zum Anschluss des Boil-off-Managementsystems (100) an den Flüssigwasserstofftank (50) ausgebildet ist; und einen Katalysator (11), welcher zur Oxidation von Wasserstoff aus dem Flüssigwasserstofftank (50) mit Sauerstoff aus einer separaten Sauerstoffquelle (60) zu Wasser ausgebildet ist; wobei der Katalysator (11) über das Boil-off-Ventil (1) mit dem Flüssigwasserstofftank (50) und parallel zum Boil-off-Ventil (1) mit der Sauerstoffquelle (60) verbindbar ist; wobei zwischen dem Boil-off-Ventil (1) und dem Katalysator (11) eine Venturi-Düse (7) vorgesehen ist, wobei die Venturi-Düse (7) einen Treibstromeinlass (18a), welcher mit dem Boil-off-Ventil (1) verbunden ist, einen Saugstromeinlass (19), welcher mit der Sauerstoffquelle (60) verbindbar ist, und einen Ejektorstromauslass (20), welcher mit dem Katalysator (11) verbunden ist, umfasst,

#### **dadurch gekennzeichnet, dass**

der Treibstromeinlass (18a) der Venturi-Düse (7) mit einem Treibstromauslass (18b) verbunden ist, welcher seitlich, insbesondere radial, in einen im Wesentlichen geradlinigen Fluidkanalabschnitt (17), welcher den Saugstromeinlass (19) mit dem Ejektorstromauslass (20) verbindet, mündet.

2. Boil-off-Managementsystem (100) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**

a) sich der Treibstromauslass (18b) zumindest entlang eines Abschnitts des Umfangs des geradlinigen Fluidkanalabschnitts (17) erstreckt, wobei sich der Treibstromauslass (18b) insbesondere entlang mehrerer Abschnitte oder ent-

- lang des gesamten Umfangs des geradlinigen Fluidkanalabschnitts (17) erstreckt; und/oder b) die Venturi-Düse (7) eine, insbesondere rohrförmige, Coanda-Effekt-Komponente (22) umfasst, welche dazu ausgebildet ist, einen im Wesentlichen radialen Strom von Wasserstoffgas aus dem Treibstromauslass (18b) hin zum Ejektorstromauslass (20) umzulenken, um so über den Saugstromanschluss (19) Sauerstoff in die Venturi-Düse (7) einzusaugen und zusammen mit dem Wasserstoffgas als Gasgemisch durch den Ejektorstromauslass (20) auszugeben.
3. Boil-off-Managementsystem (100) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- zwischen dem Boil-off-Ventil (1) und der Venturi-Düse (7) ein Durchflussbegrenzer (4) und ein Rückschlagventil (5) vorgesehen sind, wobei die Venturi-Düse (7), der Durchflussbegrenzer (4) und das Rückschlagventil (5) derart aufeinander abgestimmt sind, dass das Rückschlagventil (5) nur öffnet, wenn der Druck und die Menge des daraufhin in den Treibstromeinlass (18a) strömenden Wasserstoffgases einen Betrieb der Venturi-Düse (7) bewirkt, welcher in der Ausgabe eines Stroms eines überstöchiometrischen Gasgemisches resultiert.
4. Boil-off-Managementsystem (100) für einen Flüssigwasserstofftank (50), wobei das Boil-Off-Managementsystem (100) umfasst:
- ein Boil-off-Ventil (1), welches zum Anschluss des Boil-off-Managementsystems (100) an den Flüssigwasserstofftank (50) ausgebildet ist; und einen Katalysator (11), welcher zur Oxidation von Wasserstoff aus dem Flüssigwasserstofftank (50) mit Sauerstoff aus einer separaten Sauerstoffquelle (60) zu Wasser ausgebildet ist; wobei der Katalysator (11) über das Boil-off-Ventil (1) mit dem Flüssigwasserstofftank (50) sowie parallel zum Boil-off-Ventil (1) mit der Sauerstoffquelle (60) verbindbar ist; **dadurch gekennzeichnet, dass** das Boil-off-Ventil (1) als gegendruckkompensiertes Überdruckventil ausgebildet ist und zwischen dem Boil-off-Ventil (1) und dem Katalysator (11) ein Rückschlagventil (5) mit einem Ansprechdruck vorgesehen ist, welcher kleiner als der Ansprechdruck des Boil-off-Ventils (1) jedoch größer als der Druck der zu verwendenden Sauerstoffquelle (60) ist.
5. Boil-off-Managementsystem (100) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- zwischen dem Boil-off-Ventil (1) und dem Katalysator (11) eine Venturi-Düse (7) vorgesehen ist; wobei die Venturi-Düse (7) insbesondere einen Treibstromeinlass (18a), welcher mit dem Boil-off-Ventil (1) verbunden ist, einen Saugstromeinlass (19), welcher mit der Sauerstoffquelle (60) verbindbar ist, und einen Ejektorstromauslass (20), welcher mit dem Katalysator (11) verbunden ist, umfasst, wobei der Treibstromeinlass (18a) der Venturi-Düse (7) mit einem Treibstromauslass (18b) verbunden ist, welcher seitlich, insbesondere radial, in einen im Wesentlichen geradlinigen Fluidkanalabschnitt (17), welcher den Saugstromeinlass (19) mit dem Ejektorstromauslass (20) verbindet, mündet.
6. Boil-off-Managementsystem (100) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- die Venturi-Düse (7) eine, insbesondere rohrförmige, Coanda-Effekt-Komponente (22) umfasst, welche dazu ausgebildet ist, einen im Wesentlichen radialen Strom von Wasserstoffgas aus dem Treibstromauslass (18b) hin zum Ejektorstromauslass (20) umzulenken, um so über den Saugstromanschluss (19) Sauerstoff in die Venturi-Düse (7) einzusaugen und zusammen mit dem Wasserstoffgas als Gasgemisch durch den Ejektorstromauslass (20) auszugeben; wobei bevorzugt zwischen dem Boil-off-Ventil (1) und der Venturi-Düse (7) ein Durchflussbegrenzer (4) vorgesehen ist und die Venturi-Düse (7), der Durchflussbegrenzer (4) und das Rückschlagventil (5) derart aufeinander abgestimmt sind, dass das Rückschlagventil (5) nur öffnet, wenn der Druck und die Menge des daraufhin in den Treibstromeinlass (18a) strömenden Wasserstoffgases einen Betrieb der Venturi-Düse (7) bewirkt, welcher in der Ausgabe eines Stroms eines überstöchiometrischen Gasgemisches resultiert.
7. Boil-off-Managementsystem (100) nach einem der Ansprüche 3 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ansprechdruck des Rückschlagventils (5) zwischen 4 bar und 8 bar, insbesondere bei 6 bar liegt und/oder der Ansprechdruck des Boil-off-Ventils (1) zwischen 15 bar und 25 bar, insbesondere bei 20 bar liegt.
8. Boil-off-Managementsystem (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem Boil-off-Ventil (1) und dem Katalysator (11), insbesondere zwischen dem Boil-off-Ventil

- (1) und weiteren Komponenten, welche dem Katalysator (11) vorgeschaltet sind, ein Wärmetauscher (14) vorgesehen ist, welcher dazu ausgebildet ist, Wärme von Abgasen aus dem Katalysator (11) auf das Wasserstoffgas aus dem Boil-off-Ventil (1) zu übertragen.
9. Boil-off-Managementsystem (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- das Boil-off-Managementsystem (100) eine Zusammenführungskomponente (7) umfasst, in welchem der Wasserstoff aus dem Boil-off-Ventil (1) mit dem Sauerstoff aus der Sauerstoffquelle (60) zusammengebracht wird, wobei die Zusammenführungskomponente (7) insbesondere eine bzw. die Venturi-Düse (7) ist.
10. Boil-off-Managementsystem (100) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- a) zwischen dem Boil-off-Ventil (1) und der Zusammenführungskomponente (7) ein Wasserstofffilter (3) vorgesehen ist; und/oder
- b) zwischen der Zusammenführungskomponente (7) und dem Katalysator (11) eine Mischkammer (8), insbesondere mit darin enthaltenen Mischelementen, vorgesehen ist; und/oder
- c) zwischen der Zusammenführungskomponente (7) und dem Katalysator (11), insbesondere hinter einer vorgesehenen Mischkammer (8), ein für das Gasgemisch durchlässiges Substrat (10) vorgesehen ist; und/oder
- d) der Katalysator (11) nur in einem hinteren Bereich reaktiv beschichtet ist und ein vorderer Bereich des Katalysators als für das Gasgemisch durchlässiges Substrat (10) ausgebildet ist;
- wobei das besagte Substrat (10) bevorzugt als Führungskomponente, Hitzeschild und/oder Flammrückschlagsicherung ausgebildet ist.
11. Boil-off-Managementsystem (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- a) vor dem Katalysator (11) ein Einlasstrichter (9a) vorgesehen ist, welcher einen Querschnitt des Fluidkanals vor dem Katalysator (11) vergrößert; und/oder
- b) hinter dem Katalysator (11) ein Auslasstrichter (9b) vorgesehen ist, welcher einen Querschnitt des Fluidkanals hinter dem Katalysator (11) verkleinert; und/oder
- c) hinter dem Katalysator (11) eine Kondensatfalle (13) vorgesehen ist.
12. Boil-off-Managementsystem (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- das Boil-off-Managementsystem (100) dazu ausgebildet ist, die Umgebung des Boil-off-Managementsystems (100) als Sauerstoffquelle (60) zu verwenden, wobei das Boil-off-Managementsystem (100) insbesondere einen Luftfilter (6) zur Filterung von Umgebungsluft noch vor einer Zusammenführung mit dem Wasserstoffgas aus dem Flüssigwassertank (50) umfasst.
13. Boil-off-Managementsystem (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- a) das Boil-off-Managementsystem (100) derart ausgebildet ist, dass es vollkommen passiv, also ohne Notwendigkeit einer externen Steuerung und/oder ohne Notwendigkeit einer weiteren Energieversorgung, arbeitet; und/oder
- b) das Boil-off-Ventil (1) ein mit einem Metall-Faltenbalg, insbesondere aus Edelstahl, ausgeführtes Ventil ist.
14. Boil-off-Managementsystem (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- a) der Katalysator (11) im Wesentlichen vertikal ausgerichtet ist; und/oder
- b) dem Boil-off-Managementsystem (1) ein Kamin (15) nachgeordnet ist und/oder
- c) der Katalysator (11) und/oder dem Katalysator (11) nachgeordnete Komponenten von einer Isolierung (12) umgeben ist bzw. sind.
15. Lagereinheit (200) für Flüssigwasserstoff (50), umfassend:
- mindestens einen, insbesondere zwei, Flüssigwassertank(s) (50); und ein Boil-off-Managementsystem (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche;
- wobei jeder vorgesehene Flüssigwassertank (50) über ein eigenes Boil-off-Ventil (1) jedoch über eine gemeinsame Boil-off-Leitung (2) mit den übrigen Komponenten des Boil-off-Managementsystems (100) verbunden ist;
- wobei bevorzugt jeder Flüssigwassertank (50) mit wenigstens einem, bevorzugt zwei, Überdruckventil(en) (53) versehen ist, welche(s) einen höheren Ansprechdruck als das dem jeweiligen Flüssigwassertank (50) zugeordnete Boil-off-Ventil (1) aufweist/aufweisen.

FIG. 1

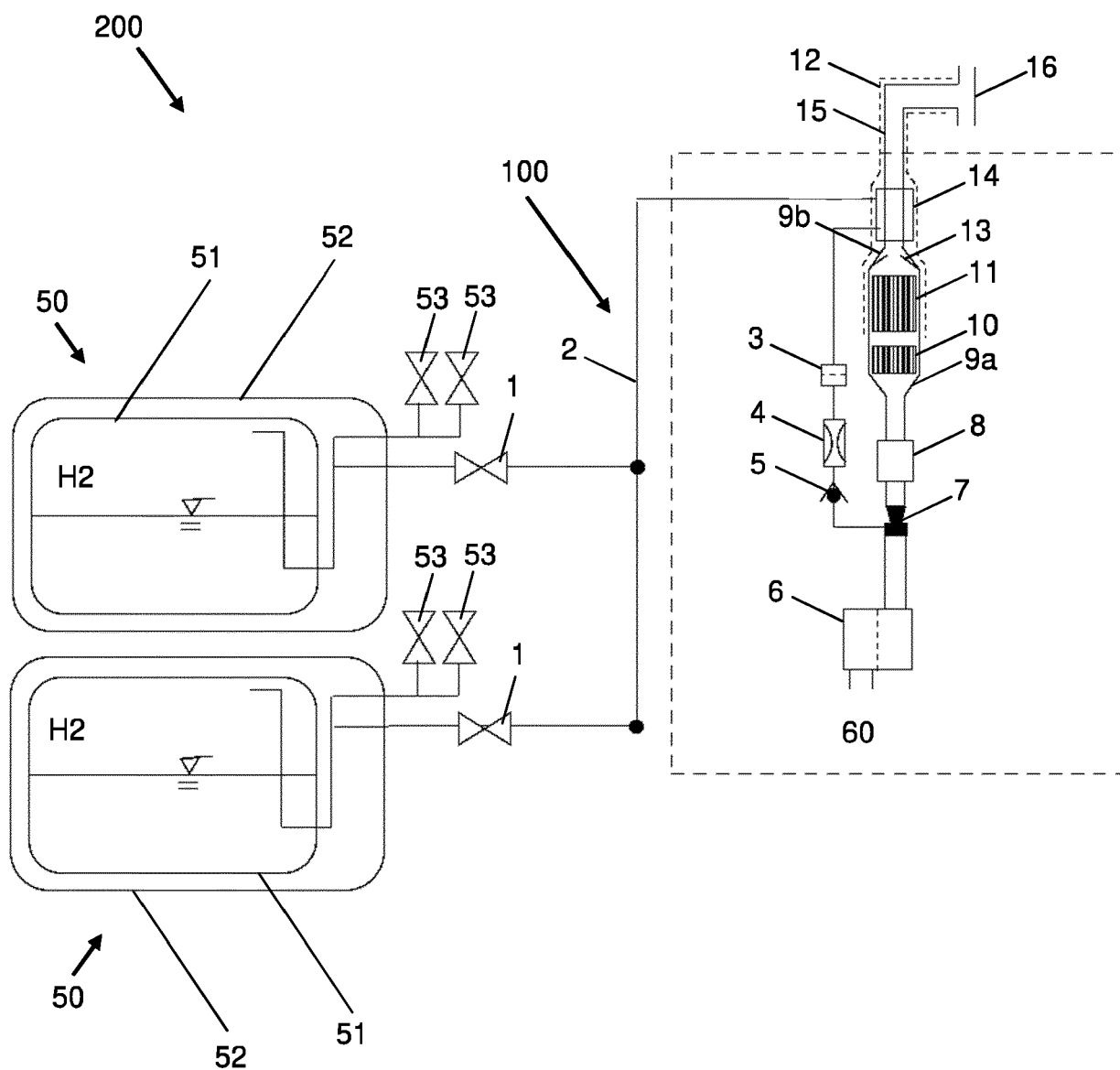
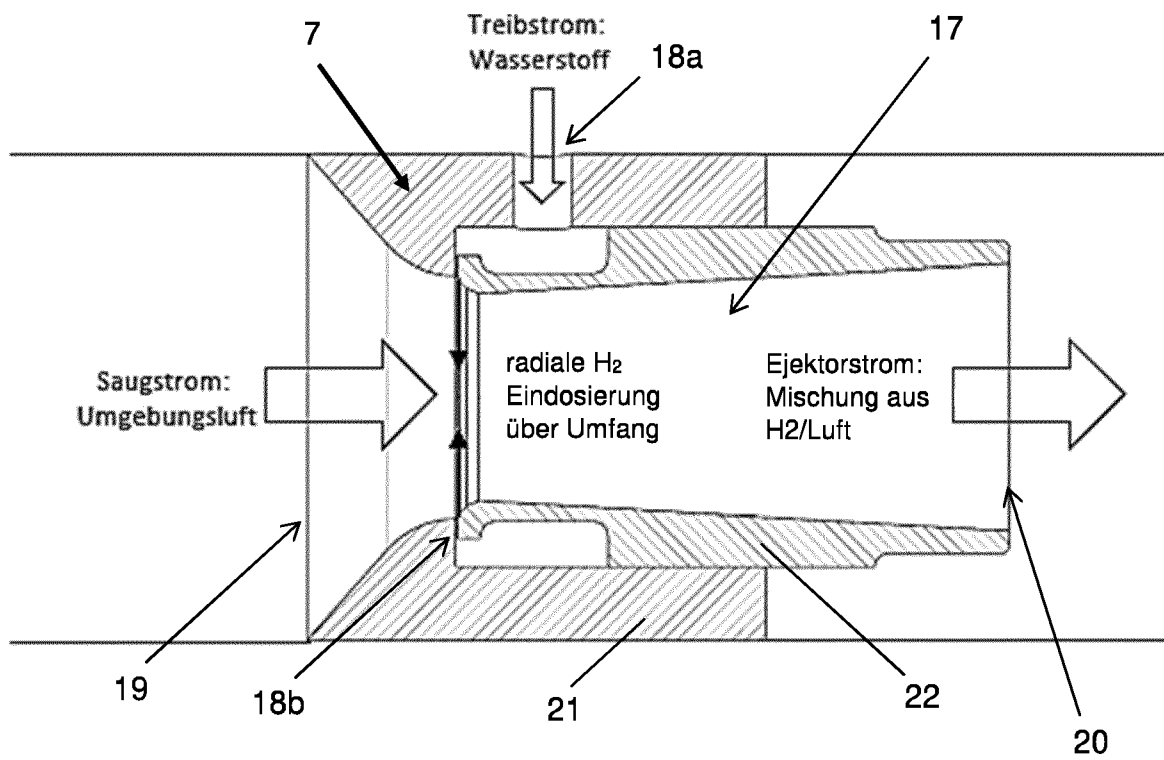


FIG. 2





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 24 17 4748

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

2  
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) |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                            | US 7 008 219 B2 (HONDA MOTOR CO LTD [JP])<br>7. März 2006 (2006-03-07)<br>* Spalten 4-5; Abbildungen 1-2 *<br>-----                                       | 1-15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | INV.<br>F17C3/00                   |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                            | DE 10 2021 202900 A1 (MAGNA STEYR<br>FAHRZEUGTECHNIK AG & CO KG [AT])<br>29. September 2022 (2022-09-29)                                                  | 11                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                    |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                            | * Absätze [0002] - [0005], [0025] -<br>[0036]; Abbildung 1 *<br>-----                                                                                     | 1-10,<br>12-15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                    |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                            | DE 10 2022 203912 B3 (MAGNA STEYR<br>FAHRZEUGTECHNIK GMBH & CO KG [AT])<br>11. Mai 2023 (2023-05-11)<br>* Absätze [0033] - [0038]; Abbildung 1 *<br>----- | 1-15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                    |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                            | US 2014/174103 A1 (KALRA CHIRANJEEV [US]<br>ET AL) 26. Juni 2014 (2014-06-26)<br>* Abbildung 2 *<br>-----                                                 | 1-15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                    |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                            | DE 10 2017 205642 A1 (BAYERISCHE MOTOREN<br>WERKE AG [DE])<br>4. Oktober 2018 (2018-10-04)                                                                | 4,7,9,<br>10,12-15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | RECHERCHIERTE<br>SACHGEBIETE (IPC) |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                            | * das ganze Dokument *                                                                                                                                    | 11                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | F17C                               |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                            | -----                                                                                                                                                     | 5,6,8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                    |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                    |
| Recherchenort<br><b>München</b>                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                           | Abschlußdatum der Recherche<br><b>18. Oktober 2024</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Prüfer<br><b>Ott, Thomas</b>       |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE<br>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer<br>anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : nichtschriftliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur |                                                                                                                                                           | T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder<br>nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument<br>.....<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes<br>Dokument |                                    |

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

EP 24 17 4748

18-10-2024

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.

| 10 | Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|----|----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
|    | US 7008219 B2                                      | 07-03-2006                    | JP 4050019 B2                     | 20-02-2008                    |
|    |                                                    |                               | JP 2003053148 A                   | 25-02-2003                    |
| 15 |                                                    |                               | US 2003031970 A1                  | 13-02-2003                    |
|    | -----                                              |                               |                                   |                               |
|    | DE 102021202900 A1                                 | 29-09-2022                    | CN 115133070 A                    | 30-09-2022                    |
|    |                                                    |                               | DE 102021202900 A1                | 29-09-2022                    |
|    |                                                    |                               | US 2022307651 A1                  | 29-09-2022                    |
| 20 | -----                                              |                               |                                   |                               |
|    | DE 102022203912 B3                                 | 11-05-2023                    | CN 116936854 A                    | 24-10-2023                    |
|    |                                                    |                               | DE 102022203912 B3                | 11-05-2023                    |
|    |                                                    |                               | US 2023343976 A1                  | 26-10-2023                    |
|    | -----                                              |                               |                                   |                               |
| 25 | US 2014174103 A1                                   | 26-06-2014                    | BR 112015015143 A2                | 11-07-2017                    |
|    |                                                    |                               | CA 2895956 A1                     | 03-07-2014                    |
|    |                                                    |                               | CN 105008803 A                    | 28-10-2015                    |
|    |                                                    |                               | EP 2935995 A1                     | 28-10-2015                    |
|    |                                                    |                               | JP 2016507716 A                   | 10-03-2016                    |
| 30 |                                                    |                               | US 2014174103 A1                  | 26-06-2014                    |
|    |                                                    |                               | WO 2014105462 A1                  | 03-07-2014                    |
|    | -----                                              |                               |                                   |                               |
|    | DE 102017205642 A1                                 | 04-10-2018                    | KEINE                             |                               |
|    | -----                                              |                               |                                   |                               |
| 35 |                                                    |                               |                                   |                               |
| 40 |                                                    |                               |                                   |                               |
| 45 |                                                    |                               |                                   |                               |
| 50 |                                                    |                               |                                   |                               |
| 55 |                                                    |                               |                                   |                               |

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