

Beschreibung

Gasversorgungsvorrichtung und Gasprozesssystem

Verschiedene Ausführungsbeispiele betreffen eine Gasversorgungsvorrichtung und ein Gasprozesssystem.

Für verschiedene Anwendungen, wie beispielsweise einer Glovebox, kommt hochreines Inertgas zum Einsatz, was aufwändig gefiltert wird (auch als Gasreinigung bezeichnet), um den Anforderungen an die Reinheit des Inertgases zu genügen. Dabei wird eine Verunreinigung, wie Sauerstoff und/oder Feuchtigkeit, von dem Inertgas getrennt, um die Reinheit des Inertgases zu vergrößern. Im Verlauf der Gasreinigung tritt eine Sättigung des Filters ein, was dessen Fähigkeit zur Trennung der Verunreinigung von dem Inertgas reduziert. Der gesättigte Filter wird entweder ersetzt oder wiederhergestellt (auch als Regeneration des Filters bezeichnet), wofür herkömmlich ein sogenanntes Regeneriergas aus einer Druckgasflasche oder einem anderen Druckbehälter zum Einsatz kommt.

Gemäß verschiedenen Ausführungsformen wurde erkannt, dass die Regeneration des Filters vereinfacht werden kann. Anschaulich erfordert der Einsatz von Druckbehältern (z.B. Montage und Demontage) aufwändige Sicherheitsvorkehrungen und geschultes Fachpersonal, um die Gefahr, die von dem Regeneriergas ausgeht zu senken, was kostenaufwändig ist. Ferner ist die Verfügbarkeit von Regeneriergas aus Druckbehältern unter Umständen und nicht immer zuverlässig, so dass die Beschaffung kostenaufwändig ist. Weiterhin sind die Sicherheitsvorkehrungen weltweit sehr unterschiedlich und genügen nicht immer den Anforderungen, was eine weltweite Kundenbetreuung erschwert.

Anschaulich wird gemäß verschiedenen Ausführungsformen die Erzeugung des Regeneriergases am Ort des Filters ermöglicht, womit der Bedarf für Druckbehälter entfällt, die Sicherheit vergrößert und die Abhängigkeit von externen Produzenten des Regeneriergases verringert wird. Dazu wird Wasserstoffgas erzeugt, mittels dessen das Regeneriergas gebildet wird, beispielsweise indem das Wasserstoffgas mit dem Inertgas vermischt wird, das ohnehin für die Anwendung vorgehalten wird. Aufgrund der lokalen Erzeugung werden das Wasserstoffgas und das Regeneriergas direkt verbraucht, was die Gesamtmenge an Wasserstoffgas vor Ort deutlich reduziert verglichen mit dem Fassungsvermögen eines Druckbehälters.

Verschiedene Ausführungsformen der Gasversorgungsvorrichtung, mittels welcher das Regeneriergas gemischt wird, weisen unter anderem einen einfachen und kostengünstigen Aufbau auf, ohne Abstriche bei der Erfüllung hoher Sicherheitsanforderungen machen zu müssen. Dies erlaubt unter anderem auch eine kostengünstige und sichere Nachrüstung von bestehenden Anlagen. Alternativ oder zusätzlich ist die Gasversorgungsvorrichtung eingerichtet, das Regeneriergas selbsttätig (z.B. automatisiert) anzumischen, was das Risiko einer Fehlbedienung und der Entstehung von brennbarem Regeneriergas verringert. Dies vereinfacht wiederum den Betrieb und senkt die Anforderungen an das Personal.

Im Folgenden werden verschiedene Beispiele beschrieben, die sich auf das hierin Beschriebene und in den Figuren Dargestellte beziehen.

Beispiel 1 (z.B. eine Gasversorgungsvorrichtung) ist eingerichtet gemäß einem der beigefügten Ansprüche und/oder weist auf: einen Inertgaseingang zum Aufnehmen von Inertgas; einen Ausgangsmaterialeingang zum Aufnehmen eines Ausgangsmaterials; einen Wasserstoffgenerator zum Freisetzen von Wasserstoffgas aus dem Ausgangsmaterial; und einen Regenerationsgasausgang (z.B. Anschluss) zum Bereitstellen eines Regenerationsgases für eine Filtervorrichtung (z.B. zum Regenerieren der Filtervorrichtung); optional ein Leitungsnetzwerk (z.B. internes Leitungsnetzwerk). Der Ausgangsmaterialeingang kann beispielsweise in dem

Inneren der Gasversorgungsvorrichtung (z.B. einem Kammergehäuse davon) angeordnet sein, z.B. zum Anschließen eines darin integrierten Vorratsbehälter (z.B. Wassertank) eingerichtet sein.

Beispiel 2 ist ein Verfahren (z.B. zum Betreiben der Gasversorgungsvorrichtung gemäß Beispiel 1), aufweisend:
Freisetzen von Wasserstoffgas aus dem Ausgangsmaterial, z.B. mittels des Wasserstoffgenerators; Regenerieren
5 einer Filtervorrichtung mittels des Wasserstoffgases, z.B. mittels eines Regeneriergases, welches das Wasserstoffgas aufweist.

Beispiel 3 ist das Verwenden eines Wasserstoffgenerators (z.B. des Beispiels 1 oder 2) zum Erzeugen von Wasserstoffgas (z.B. mittels Elektrolyse und/oder mittels Freisetzens des Wasserstoffgases aus dem Ausgangsmaterial), wobei mittels des Wasserstoffgases (z.B. mittels eines Regenerationsgases, welches das
10 Wasserstoffgas aufweist) eine Filtervorrichtung regeneriert wird.

Beispiel 4 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 1 bis 3, wobei das Ausgangsmaterial ein Fluid, z.B. eine Flüssigkeit, ist und/oder Wasser aufweist (z.B. daraus besteht); und/oder wobei das Regenerationsgas das Wasserstoffgas aufweist. Dies verringert den Aufwand und erhöht die Sicherheit.

Beispiel 5 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 1 bis 4, wobei der Wasserstoffgenerator eingerichtet ist zum
15 Zersetzen des Ausgangsmaterials, z.B. mittels elektrischen Stroms und/oder einer Redoxreaktion, welche optional mittels des elektrischen Stroms angeregt wird. Dies ist besonders kostengünstig im Betrieb.

Beispiel 6 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 1 bis 5, wobei der Wasserstoffgenerator einen Elektrolyseur, Pyrolyseur und/oder einen Plasmalyseur aufweist oder daraus gebildet ist. Der Elektrolyseur ist besonders kostengünstig im Betrieb.

Beispiel 7 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 1 bis 6, wobei der Wasserstoffgenerator mehrere Elektroden und/oder einen elektrischen Anschluss aufweist. Dies erleichtert die Montage.

Beispiel 8 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 1 bis 7, wobei der Ausgangsmaterialeingang ein Gewinde aufweist und/oder ein Wasseranschluss ist zum Versorgen der Gasversorgungsvorrichtung mit Wasser als Ausgangsmaterial. Dies ist besonders kostengünstig im Betrieb.

Beispiel 9 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 1 bis 8, wobei die Gasversorgungsvorrichtung eingerichtet ist zum Erzeugen des Regenerationsgases mittels Mischens des Wasserstoffgases (z.B. von dem Wasserstoffgenerator) mit dem Inertgas, z.B. mit einem Brauchgas (auch als Betriebsgas bezeichnet), welches das Inertgas aufweist.

Beispiel 10 (z.B. ein Gasprozesssystem) weist auf: eine Filtervorrichtung und/oder eine Arbeitsvorrichtung (z.B. Arbeitskammer); eine Gasversorgungsvorrichtung, z.B. eine Gasversorgungsvorrichtung gemäß einem der Beispiele 1 bis 9; und optional ein Leitungsnetzwerk (z.B. externes Leitungsnetzwerk).

Beispiel 11 ist eingerichtet gemäß Beispiel 10, ferner aufweisend: den Inertgaseingang oder einen zusätzlichen Inertgaseingang der Filtervorrichtung zum Aufnehmen eines Inertgases, z.B. eines Brauchgases.

Beispiel 12 ist eingerichtet gemäß Beispiel 10 oder 11, wobei die Filtervorrichtung eingerichtet ist zum Filtern eines Brauchgases und/oder wobei das Filtern mittels (z.B. chemischen) Bindens mindestens einer mit einem Inertgas mitgeführten (z.B. damit vermischten) Verunreinigung (z.B. Sauerstoff) erfolgt.

Beispiel 13 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 10 bis 12, wobei die Filtervorrichtung eingerichtet ist zur Gasreinigung mittels (z.B. chemischen) Bindens mindestens einer Verunreinigung.

Beispiel 14 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 10 bis 13, das externe Leitungsnetzwerk eingerichtet ist, der Filtervorrichtung in einem Regenerationsmodus einen größeren Volumenstrom an Wasserstoffgas (z.B. mittels des Regenerationsgases) zuzuführen als in dem Trennmodus.

5 Beispiel 15 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 10 bis 14, wobei das Filtern (z.B. Binden) mittels einer chemischen Reaktion (dann wird die Filtervorrichtung auch als Reaktor bezeichnet) und/oder mindestens eines Bindemittels der Filtervorrichtung erfolgt, das dem Inertgas und/oder der Verunreinigung ausgesetzt ist.

Beispiel 16 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 10 bis 15, wobei die Verunreinigung (z.B. molekularen) Sauerstoff und/oder Feuchtigkeit (z.B. Wasserdampf) aufweist.

10 Beispiel 17 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 10 bis 16, wobei das Brauchgas: in einem Zustand (auch als gereinigter Zustand bezeichnet), der mittels der Filtervorrichtung bereitgestellt wird, der Arbeitsvorrichtung zugeführt wird; und/oder in einem Zustand, der von der Arbeitsvorrichtung bereitgestellt wird, der Filtervorrichtung zugeführt wird.

15 Beispiel 18 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 10 bis 17, wobei das Brauchgas in einem Zustand, der die Filtervorrichtung verlässt, einen geringeren Anteil der Verunreinigung aufweist als in einem Zustand, welcher der Filtervorrichtung zugeführt wird.

Beispiel 19 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 10 bis 18, wobei die Filtervorrichtung einen Regenerationsgaseingang (z.B. ein Regenerationsgasanschluss) aufweist zum Aufnehmen eines Regenerationsgases (in die Filtervorrichtung) zum Regenerieren der Filtervorrichtung.

20 Beispiel 20 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 10 bis 19, wobei die Filtervorrichtung eine erste Filterstufe aufweist, die eingerichtet ist, Sauerstoff (z.B. als Verunreinigung) zu binden, wobei die erste Filterstufe optional einen Sorbent aufweist, und eingerichtet ist, Sauerstoff mittels des Sorbents zu binden. Hierzu kann verstanden werden, dass die erste Filterstufe beispielsweise eine kombinierte Filterstufe (dann auch als Kombi-Filterstufe bezeichnet) sein kann, die eingerichtet ist, mehrere (z.B. chemisch) voneinander verschiedene Verunreinigungen zu binden, z.B. Sauerstoff und Feuchtigkeit.

25 Beispiel 21 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 10 bis 20, wobei die Arbeitsvorrichtung einen (z.B. gasdicht abgedichteten) Arbeitsbereich (z.B. ein Kammerinneres) aufweist.

Beispiel 22 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 10 bis 21, wobei die Arbeitsvorrichtung eingerichtet ist, in dem Arbeitsbereich eine Atmosphäre aus einem (z.B. gefilterten) Brauchgas bereitzustellen.

30 Beispiel 23 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 10 bis 22, wobei die Filtervorrichtung eingerichtet ist zum Filtern des Brauchgases der Arbeitsvorrichtung, das entlang eines in sich geschlossenen Kreislaufs strömt, welcher die Filtervorrichtung und die Arbeitsvorrichtung miteinander koppelt.

35 Beispiel 24 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 1 bis 23, ferner mindestens ein Stellglied aufweisend, das eingerichtet ist, (z.B. in Antwort darauf betätigt und/oder angesteuert zu werden) die Gasversorgungsvorrichtung und/oder das Leitungsnetzwerk in einen Trennmodus oder einen Regenerationsmodus zu bringen und/oder einen Fluidleitungspfad (z.B. des Leitungsnetzwerks) zu beeinflussen (z.B. zu unterbrechen), der in der Filtervorrichtung und/oder in dem Wasserstoffgenerator mündet.

Beispiel 25 ist eingerichtet gemäß Beispiel 24, das mindestens eine Stellglied aufweisend: ein oder mehr als ein erstes Stellglied (z.B. Ventil), das eingerichtet ist, eine Verschaltung des Leitungsnetzwerk zu beeinflussen, optional wenn ein Wechsel zwischen dem Trennmodus und dem Regenerationsmodus erfolgt.

Beispiel 26 ist eingerichtet gemäß Beispiel 24 oder 25, das mindestens eine Stellglied aufweisend: ein oder mehr als ein zweites Stellglied (z.B. elektrischer Schalter), welches eingerichtet ist, eine Versorgung des Wasserstoffgenerators mit elektrischer Leistung (auch als Leistungsversorgung bezeichnet) zu beeinflussen, optional wenn ein Wechsel zwischen dem Trennmodus und dem Regenerationsmodus erfolgt, optional so, dass: in dem Regenerationsmodus die Versorgung des Wasserstoffgenerators mit elektrischer Leistung erfolgt; und in dem Trennmodus und/oder in einem Fehlermodus die Versorgung des Wasserstoffgenerators mit elektrischer Leistung unterbrochen ist.

Beispiel 27 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 1 bis 26, wobei das Leitungsnetzwerk einen oder mehrere Fluidleitungspfade (z.B. Gasleitungspfade) bereitstellt, wovon: ein erster Fluidleitungspfad (z.B. Inertgaspfad) von dem Inertgaseingang zu dem Regenerationsgasausgang (z.B. der damit verbundenen Filtervorrichtung, insofern vorhanden) führt, welcher optional in dem Trennmodus unterbrochen ist; und/oder ein zweiter Fluidleitungspfad von dem Wasserstoffgenerator zu dem Regenerationsgasausgang (z.B. der damit verbundenen Filtervorrichtung, insofern vorhanden) führt; und ein optionaler dritter Fluidleitungspfad von einem Gasmischglied, insofern vorhanden, zu dem Regenerationsgasausgang führt, welcher optional in dem Trennmodus unterbrochen oder belüftet ist. Der Inertgaspfad verläuft beispielsweise durch das Gasmischglied, insofern vorhanden, hindurch.

Beispiel 28 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 1 bis 27, ferner eine Steuervorrichtung aufweisend, welche (z.B. in der Filtervorrichtung teilweise integriert und) eingerichtet ist, einen Wechsel zwischen dem Trennmodus und dem Regenerationmodus zu initiieren, vorzugsweise mittels Ansteuerns des mindestens einen Stellglieds des Gasprozesssystems und/oder mittels eines Regenerationssignals.

Beispiel 29 ist eingerichtet gemäß Beispiel 28, wobei die Steuervorrichtung eingerichtet ist, den Wechsel von dem Trennmodus zu dem Regenerationmodus zu initiieren (z.B. mittels Ansteuerns mindestens eines Stellglieds), optional gemäß einer Wechselsequenz und/oder wenn ein Kriterium (dann auch als Regenerationskriterium bezeichnet) erfüllt ist.

Beispiel 30 ist eingerichtet gemäß Beispiel 29, wobei das Kriterium von der Steuervorrichtung implementiert (z.B. abgespeichertes) ist und/oder eine Regenerationsbedarf der Filtervorrichtung repräsentiert.

Beispiel 31 ist eingerichtet gemäß Beispiel 29 oder 30, wobei das Kriterium erfüllt ist, wenn: ein (z.B. sensorisch erfasster) Zustand der Filtervorrichtung das Kriterium erfüllt; eine Menge des Sorbents der Filtervorrichtung und/oder eines daraus hervorgehenden Sorbats der Filtervorrichtung das Kriterium erfüllt; eine Zeitspanne, für welche der Trennmodus andauert, das Kriterium erfüllt; und/oder wenn die Steuervorrichtung ein Regenerationssignal erhält.

Beispiel 32 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 29 bis 31, wobei die Wechselsequenz bedingt ist durch ein Vergleichen eines Ist-Zustands (z.B. des Gasprozesssystems oder der Gasversorgungsanordnung) mit einem Soll-Zustand (z.B. des Gasprozesssystems oder der Gasversorgungsanordnung) und/oder aufweist: eine erste Phase (auch als erste Versorgungsphase bezeichnet), in welcher ein Versorgen des Wasserstoffgenerators mit Wasser gestartet wird; und/oder in welcher ein Fluidleitungspfad des Leitungsnetzwerks, welcher von dem Wasserstoffgenerator zu der Filtervorrichtung führt und/oder durch ein Gasmischglied hindurch verläuft, zumindest abschnittsweise mit dem Inertgas gespült wird; eine zweite Phase (auch als zweite Versorgungsphase bezeichnet), in welcher ein Versorgen des Wasserstoffgenerators mit elektrischer Leistung gestartet wird.

Beispiel 33 ist eingerichtet gemäß Beispiel 32, wobei die zweite Phase zeitversetzt, z.B. um mehrere (z.B. 10 oder mehr, z.B. 20 oder mehr) Sekunden, zu der ersten Phase gestartet wird, z.B. nach dem Start des Versorgens des Wasserstoffgenerators mit Wasser; und/oder wobei die erste Phase gestartet wird basierend auf einem Resultat des Vergleichens.

- 5 Beispiel 34 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 1 bis 33, ferner aufweisend: ein Gasmischglied zum Erzeugen des Regenerationsgases, wobei das Gasmischglied optional mit einem Leitungsnetzwerk gekoppelt ist und/oder optional eingerichtet ist zum Erzeugen des Regenerationsgases, das von dem Wasserstoffgenerator erzeugtes Wasserstoffgas aufweist.

10 Beispiel 35 ist eingerichtet gemäß Beispiel 34, wobei das Leitungsnetzwerk, in dem Regenerationsmodus eingerichtet ist, dem Gasmischglied das mittels des Inertgaseingangs aufgenommene Inertgas und den von dem Wasserstoffgenerator erzeugtes Wasserstoffgas zuzuführen und das darauf basierend mittels des Gasmischglieds gebildete Regenerationsgas der Filtervorrichtung zuzuführen.

15 Beispiel 36 ist eingerichtet gemäß Beispiel 34 oder 35, wobei das Gasmischglied mittels eines Behälters (dann auch als Gasmischbehälter bezeichnet) bereitgestellt ist und/oder einen Kondensatabscheider bereitstellt, der eingerichtet ist, Kondensat (dann auch als Abwasser bezeichnet) abzuscheiden, das mit dem von dem Wasserstoffgenerator erzeugten Wasserstoffgas mitgeführt wird. Der Kondensatabscheider begünstigt ein trockenes Regeneriergas.

20 Beispiel 37 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 1 oder 36, wobei das Regenerationsgas einen Volumenanteil des Wasserstoffgases von weniger als 10% (z.B. 5% oder weniger, z.B. 4% oder weniger) aufweist und/oder einen Volumenanteil des Inertgases von mehr als 90% (z.B. 95% oder mehr) aufweist. Dies erfüllt höchste Reinheitsanforderungen.

25 Beispiel 38 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 1 bis 37, ferner aufweisend: einen Abgasausgang (z.B. Abgasanschluss) und einen Brauchgasauslass (z.B. Brauchgasanschluss), die mittels des Leitungsnetzwerks mit der Filtervorrichtung gekoppelt sind, wobei optional das Leitungsnetzwerk, in dem Trennmodus eingerichtet ist, die Filtervorrichtung ausgangsseitig mit dem Brauchgasauslass fluidleitend zu koppeln und, in dem Regenerationsmodus eingerichtet ist, die Filtervorrichtung ausgangsseitig mit dem Abgasausgang fluidleitend zu koppeln. Der Brauchgasauslass kann verwendet werden, um daran die Arbeitsvorrichtung anzuschließen.

Beispiel 39 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 1 bis 38, wobei der Wasserstoffgenerator in dem Trennmodus weniger Wasserstoffgas freisetzt als in dem Regenerationsmodus; und/oder wobei die Filtervorrichtung in dem Trennmodus weniger Wasserstoffgas ausgesetzt ist und als in dem Regenerationsmodus.

30 Beispiel 40 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 1 bis 39, wobei das Brauchgas ein Inertgas, z.B. Stickstoff oder ein Edelgas, aufweist, optional im Wesentlichen (z.B. zu mehr als 99%) daraus besteht.

35 Beispiel 41 ist eingerichtet gemäß Beispiel 1 oder 40, ferner einen Vorratsbehälter (z.B. Wassertank) aufweisend, welcher mittels des Ausgangsmaterialeingangs mit dem Wasserstoffgenerator (z.B. eingangsseitig) gekoppelt ist, zum Vorhalten des Ausgangsmaterials, wobei der Vorratsbehälter optional mittels einer Pumpe (z.B. Membranpumpe) mit dem Wasserstoffgenerator gekoppelt ist.

Beispiel 42 ist eingerichtet gemäß Beispiel 41, wobei der Vorratsbehälter eine Druckausgleichsöffnung aufweist, welche eingerichtet ist, Gas (z.B. Sauerstoff) aus dem Vorratsbehälter an seine Umgebung (z.B. in dem Sicherheitsbehälter hinein) abzugeben.

Beispiel 43 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 1 bis 42, ferner eine Sicherheitsvorrichtung aufweisend, die eingerichtet ist (z.B. in dem Regenerationsmodus), das Freisetzen von Wasserstoffgas zu unterbrechen (z.B. mittels Unterbrechens eines elektrischen Versorgens des Wasserstoffgenerators), wenn ein Kriterium (dann auch als Fehlerkriterium bezeichnet) erfüllt ist (was als z.B. Fehlerzustand ermittelt wird), wobei das Fehlerkriterium optional erfüllt ist, wenn mindestens ein Betriebsparameter (z.B. des Gasprozesssystems oder zumindest der Gasversorgungsvorrichtung) das Fehlerkriterium erfüllt. Dies erhöht die Sicherheit.

Beispiel 44 ist eingerichtet gemäß Beispiel 43, ferner eine Sensoranordnung aufweisend, welche eingerichtet ist, den mindestens einen Betriebsparameter zu erfassen. Dies erhöht die Sicherheit.

Beispiel 45 ist eingerichtet gemäß Beispiel 43 oder 44, wobei der mindestens eine Betriebsparameter auf ein Versorgen des Wasserstoffgenerators mit Wasser bezogen ist, und/oder eines oder mehr als eines von Folgendem repräsentiert: eine Temperatur des Wassers; eine elektrische Leitfähigkeit des Wassers; und/oder einen Vorrat des Wassers, z.B. ein Füllstand des Wassers; einen Durchfluss, mit dem das Wasser dem Wasserstoffgenerator zugeführt wird. Dies hemmt ein Trockenlaufen.

Beispiel 46 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 43 bis 45, wobei der mindestens eine Betriebsparameter einen Druck (z.B. einen Überdruck) repräsentiert, welcher optional: der Gasdruck einer Sicherheitsatmosphäre ist, in welcher der Wasserstoffgenerator und/oder mindestens eine Komponente des Leitungsnetzwerks und/oder das Gasmischglied angeordnet sind; ein Gasdruck des Wasserstoffgases (z.B. dem der Wasserstoffgenerator ausgesetzt ist); ein Gasdruck des Regenerationsgases ist (z.B. dem der Wasserstoffgenerator und/oder der Regenerationsgasanschluss ausgesetzt ist). Dies hemmt eine Anreicherung von Wasserstoffgas.

Beispiel 47 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 43 bis 46, wobei der mindestens eine Betriebsparameter einen Druck (oder einen Durchfluss) des Regenerationsgases (oder des Wasserstoffgases) repräsentiert, mit dem das Wasserstoffgas und/oder das Regenerationsgas der Filtervorrichtung zugeführt werden; und/oder wobei der mindestens eine Betriebsparameter einen Durchfluss und/oder einen Druck des Inertgases repräsentiert. Dies hemmt eine Anreicherung von Wasserstoffgas.

Beispiel 48 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 43 bis 47, wobei der mindestens eine Betriebsparameter einen Zustand eines Kammergehäuses repräsentiert, in welchem der Wasserstoffgenerator und/oder mindestens eine Komponente des Leitungsnetzwerks und/oder das Gasmischglied angeordnet sind, wobei der Zustand optional angibt, ob das Kammergehäuse (z.B. dessen Tür) in einem (z.B. gasdicht) Geschlossen-Zustand ist oder nicht und/oder ob das Kammergehäuse von einem Gasstrom (z.B. einem Luftstrom oder einem Stickstoffgasstrom) durchströmt wird. Dies hemmt eine Anreicherung von Wasserstoffgas.

Beispiel 49 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 43 bis 48, wobei der mindestens eine Betriebsparameter einen Zustand (z.B. Druck und/oder chemische Zusammensetzung) einer Sicherheitsatmosphäre repräsentiert, in welcher der Wasserstoffgenerator und/oder mindestens eine Komponente des Leitungsnetzwerks und/oder das Gasmischglied angeordnet sind. Dies hemmt eine Anreicherung von Wasserstoffgas.

Beispiel 50 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 43 bis 49, wobei die Sicherheitsvorrichtung mittels der Steuervorrichtung und/oder mittels eines elektrischen Generators implementiert ist, der eingerichtet ist, den Wasserstoffgenerator mit elektrischer Leistung zu versorgen. Dies begünstigt eine kostengünstige Implementierung.

Beispiel 51 ist eingerichtet gemäß Beispiel 1 oder 50, ferner ein Kammergehäuse (auch als Sicherheitsgehäuse bezeichnet), z.B. als Schrank (z.B. Schaltschrank) eingerichtet, aufweisend, in welchem der Wasserstoffgenerator

und/oder das Gasmischglied angeordnet sind, wobei das Kammergehäuse optional einen Kammerdeckel aufweist, welcher eingerichtet ist, in einem geschlossen-Zustand des Kammergehäuses, eine Wartungsöffnung des Kammergehäuses gasdicht zu verschließen. Dies erhöht die Sicherheit. Der Kammerdeckel kann beispielsweise als Tür eingerichtet sein.

- 5 Beispiel 52 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 1 bis 51, ferner eine Gasfördervorrichtung (z.B. ein Gebläse, z.B. einen Lüfter aufweisend) aufweisend, welche eingerichtet ist, den Wasserstoffgenerator mit einem (z.B. nicht brennbaren) Gasstrom (z.B. Luft, z.B. Umgebungsluft) zu umspülen und/oder dem Kammergehäuse den Gasstrom zuzuführen, mittels welchem optional eine Sicherheitsatmosphäre und/oder ein Überdruck gebildet wird (z.B. in dem Kammergehäuse), worin der Wasserstoffgenerator und/oder mindestens eine Komponente des Leitungsnetzwerks
10 und/oder das Gasmischglied angeordnet sind.

Beispiel 53 ist eingerichtet gemäß Beispiel 52, wobei das Kammergehäuse eine Gasauslassdrossel (z.B. eine Blende) aufweist, welche invariant oder verstellbar ist, z.B. wahlweise in einen ersten Zustand oder zweiten Zustand gebracht werden kann, die sich voneinander unterscheiden in einem Widerstand, welche die Gasauslassdrossel dem Gasstrom aus dem Kammergehäuse heraus entgegensetzt. Dies erleichtert die Justage der Sicherheitsatmosphäre.

- 15 Beispiel 54 ist eingerichtet gemäß Beispiel 53, wobei der erste Zustand oder der zweite Zustand der Gasauslassdrossel und die Gasfördervorrichtung derart zueinander eingerichtet sind, dass: ein Druck der Sicherheitsatmosphäre in dem Kammergehäuse größer ist als ein hydrostatischer Druck (dann auch als Umgebungsdruck bezeichnet) der Erdatmosphäre (auch als Luft bezeichnet) am Ort des Gasprozesssystems, optional um mindestens 1 Millibar (z.B. 5 Millibar, z.B. 10 Millibar, z.B. 20 Millibar, z.B. 50 Millibar) und/oder um
20 maximal 500 Millibar, über Umgebungsdruck; und/oder der Gasstrom einen größeren (z.B. mindestens zehnfachen oder mindestens hundertfachen) Volumenstrom aufweist als das von dem Wasserstoffgenerator freigesetzte Wasserstoffgas. Dies hemmt die Anreicherung von Wasserstoffgas.

- Beispiel 55 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 1 bis 54, wobei die Filtervorrichtung einen Sorbent (z.B. als erste Trennstufe) aufweist, der eingerichtet ist, Sauerstoff zu binden, oder daraus hervorgehendes Sorbat aufweist,
25 wobei der Sorbent optional ein chemischer Absorbent ist.

Beispiel 56 ist eingerichtet gemäß Beispiel 55, wobei der Sorbent ein Metall, optional Kupfer, aufweist; und/oder wobei der Sorbent in einem festen Aggregatzustand, optional granular, ist.

- Beispiel 57 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 1 bis 56, wobei die Filtervorrichtung ein zusätzliches Sorbent (z.B. als zweite Trennstufe oder mittels der ersten Filterstufe implementiert) aufweist, der eingerichtet ist,
30 Feuchtigkeit zu binden. Diesbezüglich wird hierin zum besseren Verständnis der Funktionen der Filtervorrichtung auf mehrere Filterstufen Bezug genommen, wobei verstanden werden kann, dass diese nicht notwendigerweise separate Filterstufen sein müssen. Das hierfür Beschriebene kann daher in Analogie gelten für eine Filtervorrichtung, die (z.B. nur) die Kombi-Filterstufe aufweist, welche die Eigenschaften der ersten Filterstufe und der zweiten Filterstufe gemeinsam integriert.

- 35 Beispiel 58 ist eingerichtet gemäß Beispiel 57, wobei der zusätzliche Sorbent ein Trocknungsmittel, z.B. Silikat (z.B. Zeolith), Karbonat und/oder Silicagel, aufweist, z.B. daraus besteht. Alternativ oder zusätzlich zu dem Trocknungsmittel kann eine Kühlfalle verwendet werden, beispielsweise um Wasser zu binden. Zeolith ist besonders kostengünstig und wartungsarm.

Beispiel 59 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 1 bis 58, ferner eine Heizvorrichtung aufweisend, welche eingerichtet ist, der Filtervorrichtung (z.B. dem Sorbent und/oder zusätzlichen Sorbent) thermische Leistung, z.B. in dem Regenerationsmodus zuzuführen und/oder mehr als in dem Trennmodus. Dies begünstigt (z.B. beschleunigt) die Regeneration der Filtervorrichtung.

- 5 Beispiel 60 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 1 bis 59, wobei der Wasserstoffgenerator mindestens eine Elektrolysezelle (z.B. eine oder mehr als eine Elektrolysezelle) aufweist, welche optional eine protonendurchlässige Polymermembran (PEM) aufweist (dann auch als PEM-Zelle bezeichnet). Die PEM-Zelle ist einfach zu betreiben und benötigt eine geringe Betriebsspannung, was der Sicherheit zugutekommt.

- 10 Beispiel 61 ist eingerichtet gemäß Beispiel 60, wobei der Wasserstoffgenerator mehreren Elektrolysezellen aufweist, welche optional elektrisch in Reihe miteinander geschaltet sind, und wobei die mehreren Elektrolysezellen optional mehrere PEM-Zellen sind. Die Reihenschaltung reduziert die elektrische Stromstärke, was der Sicherheit zugutekommt.

- 15 Beispiel 62 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 1 bis 61, ferner mehrerer Module aufweisend, wovon: ein erstes Modul (z.B. Gasversorgungsmodul) den Wasserstoffgenerator und eine erste Anschlusskupplung (z.B. des Leitungsnetzwerks) aufweist, ein zweites Modul (z.B. Filtermodul) die Filtervorrichtung und eine zweite Anschlusskupplung (z.B. des Leitungsnetzwerks) aufweist, wobei die erste Anschlusskupplung und die zweite Anschlusskupplung eingerichtet sind, fluidleitend zusammengefügt zu werden.

Beispiel 63 ist eingerichtet gemäß Beispiel 62, wobei die erste Anschlusskupplung und die zweite Anschlusskupplung zusammengefügt mehrere voneinander separate Fluidleitungspfade bereitstellen.

- 20 Beispiel 64 ist eingerichtet gemäß Beispiel 62 oder 63, wobei das Leitungsnetzwerk zwei Gasleitungen aufweist, welche (räumlich und/oder schaltungstechnisch) parallel zueinander sind und wovon jede Gasleitung in der ersten Anschlusskupplung und in dem Gasmischglied mündet.

- 25 Beispiel 65 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 62 bis 64, wobei das erste Modul eine erste Steuereinheit der Steuervorrichtung aufweist und/oder wobei das zweite Modul eine zweite Steuereinheit der Steuervorrichtung aufweist, wobei die zweite Steuereinheit eingerichtet ist, das Regenerationssignal zu erzeugen, wenn das Regenerationskriterium erfüllt ist, das optional von der zweiten Steuereinheit implementiert (z.B. abgespeichertes) wird und/oder eine Regenerationsbedarf der Filtervorrichtung repräsentiert. Das Regenerationssignal kann beispielsweise von der zweiten Steuereinheit zu der ersten Steuereinheit übertragen werden, welche eingerichtet ist, die Wechselfolge zu initiieren oder zumindest einen Start der Erzeugung des Regenerationsgases zu initiieren.

- 30 Beispiel 66 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 1 bis 65, ferner eine Gasquelle aufweisend, welche das Inertgas (z.B. als Komponente des Brauchgases) aufweist und/oder mit dem Inertgaseingang gekoppelt ist.

- 35 Beispiel 67 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 1 bis 66, wobei die Filtervorrichtung zwei erste Trennstufen (z.B. jeweils den Sorbent aufweisend) und ein Stellglied aufweist, wobei das Stellglied eingerichtet ist, die zwei ersten Trennstufen abwechselnd mit der Gasversorgungsvorrichtung und/oder der Arbeitsvorrichtung gasleitend zu verbinden.

Beispiel 68 (z.B. eine Prozessanordnung) ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 1 bis 67, welche die Arbeitsvorrichtung aufweist, wobei die Arbeitsvorrichtung beispielsweise mit dem Brauchgasauslass gekoppelt und/oder eingerichtet ist, einen Arbeitsprozess mittels des von der Filtervorrichtung bereitgestellten Inertgases bereitzustellen.

Beispiel 69 ist eingerichtet gemäß Beispiel 68, wobei die Arbeitsvorrichtung eines von Folgendem aufweist: eine Arbeitskammer (z.B. Glove-Box), welche eingerichtet ist, das Inertgas und/oder ein Objekt aufzunehmen; und/oder eine Prozessvorrichtung (z.B. Schweißgerät), welche eingerichtet ist, ein Objekt mittels des von dem Gasprozesssystem bereitgestellten Inertgases zu prozessieren. Die Prozessvorrichtung kann beispielsweise eine Fügevorrichtung sein. Beispielsweise kann ein Schweißen unter Argon als Inertgas erfolgen.

Beispiel 70 (z.B. ein Verfahren zum Betreiben der Konfiguration gemäß einem der Beispiele 1 bis 69) weist auf: Versorgen einer Arbeitsvorrichtung mit Inertgas, das von der Filtervorrichtung in dem Trennmodus bereitgestellt (z.B. gefiltert) wird, Regenerieren der Filtervorrichtung (z.B. deren Sorbats) mittels Wasserstoffgases, das mittels des Wasserstoffgenerators in dem Regenerationsmodus bereitgestellt wird.

Beispiel 71 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 1 bis 70, wobei Sauerstoffgas, das mit dem von dem Inertgaseingang aufgenommenen Inertgas mitgeführt wird, in dem Trennmodus mittels der Filtervorrichtung (z.B. deren Sorbents) gebunden wird und das daraus hervorgehende Resultat der Arbeitsvorrichtung zugeführt wird.

Beispiel 72 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 1 bis 71, wobei das Regenerationsgas das erzeugte Wasserstoffgas aufweist und/oder wobei Regenerationsgas mittels Mischens des erzeugten Wasserstoffgases mit dem Inertgas (z.B. Brauchgas) erzeugt wird.

Beispiel 73 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 1 bis 72, wobei das von der Filtervorrichtung bereitgestellte (gefilterte) Brauchgas einen Massenanteil von Inertgas (z.B. Argon und/oder Stickstoffgas) aufweist von mehr als 99%, z.B. mehr als 99,9% (entspricht einer Reinheit von 1N), z.B. mehr als ungefähr 99,99% (entspricht einer Reinheit von 2N), z.B. mehr als ungefähr 99,999% (entspricht einer Reinheit von 3N), z.B. mehr als ungefähr 99,9999% (entspricht einer Reinheit von 4N), z.B. mehr als ungefähr 99,99999% (entspricht einer Reinheit von 5N), z.B. mehr als ungefähr 99,99999% (entspricht einer Reinheit von 6N).

Beispiel 74 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 1 bis 73, wobei das Brauchgas: einen größeren Anteil des Inertgases aufweist als das Regeneriergas; und/oder wobei das Regeneriergas einen größeren Anteil des Wasserstoffgases aufweist als das Brauchgas.

Beispiel 75 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 1 bis 74, wobei das Ausgangsmaterial (z.B. Wasser) deionisiert ist.

Beispiel 76 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 1 bis 75, wobei die Verunreinigung gasförmig ist und/oder Sauerstoff aufweist.

Beispiel 77 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 1 bis 76, wobei das Brauchgas das Inertgas und eine mit diesem mitgeführte (z.B. vermischte) Verunreinigung aufweist (z.B. daraus besteht).

Beispiel 78 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 1 bis 77, wobei der Regenerationsgasausgang, der Inertgaseingang, der Ausgangsmaterialeingang und/oder der Regenerationsgaseingang aufweisen: einen Anschluss (z.B. daraus bestehen) und/oder eine Fluidleitung, die beispielsweise in dem Anschluss mündet.

Beispiel 79 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 1 bis 78, wobei die Gasversorgungsvorrichtung einen Wasserstoffgenerator aufweist zum Erzeugen des Wasserstoffgases mittels Elektrolyse von Wasser (auch als Wasserelektrolyse bezeichnet). Dies ist kostengünstig und anwenderfreundlich.

Beispiel 80 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 1 bis 79, ferner aufweisend: das (z.B. externe) Leitungsnetzwerk, welches eingerichtet ist: in einem Trennmodus, der Filtervorrichtung (nur) das mittels des

Inertgaseingangs (oder des zusätzlichen Inertgaseingangs) aufgenommene Brauchgas zuzuführen, und/oder in einem Regenerationsmodus, der Filtervorrichtung das mittels des Wasserstoffgenerators erzeugte Wasserstoffgas (z.B. mittels des Regeneriergases) zuzuführen.

Beispiel 81 ist eingerichtet gemäß einem der Beispiele 1 bis 80, ferner aufweisend: das (z.B. interne)

- 5 Leitungsnetzwerk welches eingerichtet ist: in einem Regenerationsmodus das mittels des am Inertgaseingang aufgenommene Inertgas dem Erzeugen des Regenerationsgases zuzuführen; und/oder in einem Trennmodus eingerichtet ist, das Regenerationsgas mittels des am Inertgaseingang aufgenommenen Inertgases (z.B. zumindest abschnittsweise) aus der Filtervorrichtung und/oder der Gasversorgungsvorrichtung zu verdrängen und/oder den Inertgaseingang abzusperren von dem Regenerationsgasausgang.

10 Es zeigen

Figur 1A eine Gasversorgungsvorrichtung gemäß verschiedenen Ausführungsformen in einem schematischen Aufbaudiagramm;

Figur 1B ein Gasprozesssystem gemäß verschiedenen Ausführungsformen in einem schematischen Aufbaudiagramm;

- 15 **Figur 2** eine Gasversorgungsvorrichtung gemäß verschiedenen Ausführungsformen in einem schematischen Aufbaudiagramm;

Figur 3A ein Gasversorgungsmodul gemäß verschiedenen Ausführungsformen in einer schematischen Perspektivansicht;

Figur 3B ein Verfahren gemäß verschiedenen Ausführungsformen in einem schematischen Ablaufdiagramm;

- 20 **Figur 4A und Figur 4B** jeweils ein Gasprozesssystem gemäß verschiedenen Ausführungsformen in einem schematischen Verschaltungsdiagramm;

Figur 5A ein Gasprozesssystem gemäß verschiedenen Ausführungsformen in einem schematischen Aufbaudiagramm; und

- 25 **Figur 5B** die Phasen einer Wechsellage gemäß verschiedenen Ausführungsformen in einem schematischen Ablaufdiagramm.

In der folgenden ausführlichen Beschreibung wird auf die beigefügten Zeichnungen Bezug genommen, die Teil dieser bilden und in denen zur Veranschaulichung spezifische Ausführungsformen gezeigt sind, in denen die Erfindung ausgeübt werden kann. In dieser Hinsicht wird Richtungsterminologie wie etwa „oben“, „unten“, „vorne“, „hinten“, „vorderes“, „hinteres“, usw. mit Bezug auf die Orientierung der beschriebenen Figur(en) verwendet. Da

- 30 Komponenten von Ausführungsformen in einer Anzahl verschiedener Orientierungen positioniert werden können, dient die Richtungsterminologie zur Veranschaulichung und ist auf keinerlei Weise einschränkend. Es versteht sich, dass andere Ausführungsformen benutzt und strukturelle oder logische Änderungen vorgenommen werden können, ohne von dem Schutzzumfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Es versteht sich, dass die Merkmale der hierin beschriebenen verschiedenen beispielhaften Ausführungsformen miteinander kombiniert werden können, sofern nicht spezifisch anders angegeben. Die folgende ausführliche Beschreibung ist deshalb nicht in einschränkendem Sinne aufzufassen, und der Schutzzumfang der vorliegenden Erfindung wird durch die angefügten Ansprüche definiert.
- 35

Im Rahmen dieser Beschreibung werden die Begriffe "verbunden", "angeschlossen" sowie "gekoppelt" verwendet zum Beschreiben sowohl einer direkten als auch einer indirekten Verbindung (z.B. ohmsch und/oder elektrisch leitfähig, z.B. einer elektrisch leitfähigen Verbindung), eines direkten oder indirekten Anschlusses sowie einer direkten oder indirekten Kopplung. In den Figuren werden identische oder ähnliche Elemente mit identischen Bezugszeichen versehen, soweit dies zweckmäßig ist.

Der Begriff „Gasmischglied“ (dann auch als Gasmischvorrichtung bezeichnet) bezeichnet hierin eine Vorrichtung, die zum Bilden eines Gasgemischs eingerichtet ist. Dazu kann das Gasmischglied aufweisen: mehrere Eingänge (z.B. Fluidleitungen), mittels denen sich mehrere Gase separat voneinander zuführen lassen, und einen Hohlraum (dann auch als Mischraum bezeichnet), in welchem die Eingänge münden zum Zusammenführen der Gase, so dass diese einander Vermischen und das Gemisch gebildet wird. Der Mischraum wird beispielsweise mittels eines Gasmischbehälters bereitgestellt, kann aber auch mittels einer Rohrverzweigung bereitgestellt werden.

Der Begriff „Gas“ bezeichnet hierin ein gasförmiges Material, z.B. einen gasförmigen Reinstoff oder ein Gasgemisch. Bei einigen Reinstoffen wird deren gasförmiger (z.B. molekulare) Aggregatzustand ausgedrückt mittels des Suffixes „-gas“, wie beispielsweise „Wasserstoffgas“ bei Wasserstoff als Reinstoff. Der Begriff „Wasserstoffgas“ bezeichnet molekularen Wasserstoff. Der Begriff „Sauerstoffgas“ bezeichnet molekularen Sauerstoff. Der Begriff „Stickstoffgas“ bezeichnet molekularen Stickstoff.

Der Begriff „Inertgas“ bezeichnet ein Gas (z.B. gasförmigen Reinstoff), welches unter Normalbedingungen reaktionsträge ist und sich kaum (z.B. nicht) an chemischen Reaktionen beteiligt. Das Inertgas ist beispielsweise inert gegenüber der Filtervorrichtung oder zumindest deren Trennstufen, z.B. dem Sorbent (auch als Sorptionsmittel bezeichnet). Beispiele für das Inertgas weisen auf: ein Edelgas (z.B. Argon), Stickstoffgas. Führt das Inertgas mindestens eine (z.B. gasförmige) Verunreinigung mit, wird das sich daraus ergebende Gemisch als „Brauchgas“ bezeichnet, welches im Wesentlichen aus dem Inertgas besteht, z.B. eine Reinheit aufweisend von mehr als 1N, z.B. als 2N, z.B. als 3N, z.B. als 4N, z.B. als 5N. Wird hierin zum vereinfachten Verständnis auf das Inertgas Bezug genommen, kann verstanden werden, dass das Inertgas beispielsweise mittels des Brauchgases bereitgestellt werden kann, welches mindestens eine Verunreinigung aufweisen kann. Beispiele für Verunreinigung weisen auf: Sauerstoffgas und/oder Feuchtigkeit (d.h. gasförmiger Wasserdampf).

Der Begriff „Filtern“ bezeichnet im Allgemeinen einen Trennprozess (kurz auch als Trennen bezeichnet), mittels welchem zwei Komponenten eines Gemischs (z.B. Gasgemischs) voneinander getrennt werden, z.B. mittels Sorption (z.B. Adsorption und/oder Absorption). Beispiele für den Trennprozess weisen auf: ein chemischer Trennprozess (z.B. mittels Absorption bezeichnet) oder ein physikalischer Trennprozess (z.B. mittels Adsorption bezeichnet). Die Sorption bezeichnet einen Bindungsprozess (verkürzt auch als Binden bezeichnet), der zu einer Anreicherung einer Verunreinigung innerhalb einer chemischen Phase (dann auch als Absorption bezeichnet) oder auf einer Grenzfläche zwischen zwei chemischen Phasen (dann auch als Adsorption bezeichnet) führt. Bei der Sorption wird das sogenannte Sorptionsmittel (auch als Sorbent bezeichnet) mittels Bindens der Verunreinigung (dann auch als Sorptiv bezeichnet) in ein Sorbat überführt, welches die gebundene Verunreinigung aufweist. Bei der Regeneration wird der zur Sorption umgekehrt ablaufende Prozess angeregt, bei dem das Sorbat unter Freisetzung der Verunreinigung wieder in das Sorbent überführt wird.

Der Begriff „Elektrolyse“ bezeichnet hierin einen chemischen Prozess, welcher unter Aufnahme elektrischer Leistung angeregt (z.B. erzwungen) wird. Mittels der elektrischen Leistung wird einem Ausgangsmaterial chemische Energie zugeführt, wodurch das Ausgangsmaterial mehrere Reaktionsprodukte freisetzt, in welche das Ausgangsmaterial

beispielsweise zerlegt wird. In einem Beispiel erfolgt die Elektrolyse von Wasser (dann auch als Wasserelektrolyse bezeichnet), bei der Wasserstoffgas und Sauerstoffgas als Reaktionsprodukte freigesetzt werden. Die elektrische Leistung kann mittels einer Gleichstromquelle bereitgestellt und dem sogenannten Elektrolyseur, in welchem die Elektrolyse erfolgt, zugeführt werden.

- 5 Der Begriff "Steuervorrichtung" kann als jede Art einer Logik implementierenden Entität verstanden werden, die beispielsweise eine Verschaltung, Anweisungen und/oder einen Prozessor aufweisen kann, welcher Software ausführen kann, die in einem Speichermedium, in einer Firmware oder in einer Kombination davon gespeichert ist, und darauf basierend die Anweisungen ausgeben kann. Die Steuervorrichtung kann beispielsweise mittels Codesegmenten (z.B. Software) konfiguriert sein, um verschiedene mittels der Codesegmente implementierte
- 10 Funktionen bereitzustellen.

- Der Begriff „Stellglied“ (z.B. einen Aktuator aufweisend) kann als ein Wandler verstanden werden, der zum Beeinflussen eines Ist-Zustandes eingerichtet ist, z.B. in Antwort auf ein Betätigen des Stellglieds oder Ansteuern des Aktuators davon mittels eines Steuersignals. Mittels des Stellglieds lässt sich z.B. eine physikalische Größe (wie z.B. Druck oder Temperatur), ein Prozess (z.B. ein Gasfluss) oder eine Vorrichtung beeinflussen. Beispiele für
- 15 Komponenten eines Stellglieds weisen auf: ein Absperrorgan (z.B. Absperrventil oder Absperrklappe), ein Drosselorgan (z.B. Gasflussregler, Druckventil oder Nadelventil), ein Wegeventil, eine Antriebsvorrichtung als Aktuator (z.B. elektrischer Motor, Solenoid oder Hubkolben), ein elektrischer Schalter oder Ähnliches. Das Steuersignal kann beispielsweise mittels einer Steuervorrichtung erzeugt und/oder mittels einer elektrischen Leitung übertragen werden. Ein Stellglied kann Teil einer Steuerkette sein, welche eine entsprechende Infrastruktur (z.B. Prozessor, Speichermedium und/oder Bussystem oder dergleichen aufweisend) aufweist, um das Stellglied
- 20 anzusteuern basierend auf einem Soll-Zustand als Eingangsgröße und dazu korrespondierend ein elektrisches Steuersignal zu erzeugen, welches die Steuergröße repräsentiert. Die Steuerkette kann beispielsweise mittels der Steuervorrichtung implementiert sein oder werden.

- Der Begriff „Sensor“ (auch als Detektor bezeichnet) kann als Wandler verstanden werden, der eingerichtet ist, eine
- 25 zu dem Typ des Sensors korrespondierende Eigenschaft seiner Umgebung qualitativ oder als Messgröße quantitativ zu erfassen, z.B. eine physikalische oder chemische Eigenschaft und/oder eine stoffliche Beschaffenheit. Die Messgröße ist diejenige physikalische Größe, der die Messung mittels des Sensors gilt. Ein Sensor kann Teil einer Messkette sein, welche eine entsprechende Infrastruktur (z.B. Prozessor, Speichermedium und/oder Bussystem oder dergleichen aufweisend) aufweist, um den Sensor anzusteuern, dessen erfasste Messgröße als Eingangsgröße
- 30 zu verarbeiten und darauf basierend ein elektrisches Signal als Ausgangsgröße bereitzustellen, welches die Eingangsgröße repräsentiert. Die Messkette kann beispielsweise mittels der Steuervorrichtung implementiert sein oder werden.

- Der Begriff „gasdicht“ mit Bezug auf einen Hohlkörper (z.B. eine Kammer oder anderen einen Behälter, eine Leitung) oder dessen Hohlraum (z.B. ein Bereich) drückt aus, dass mittels einer Dichtung mehrere aneinandergrenzende
- 35 Einzelteile (z.B. Wände) des Hohlkörpers abgedichtet oder mit einem anderen Hohlkörper verbunden sein oder werden können. Beispiele für den Hohlkörper weisen auf: eine Überdruckkammer, eine Unterdruckkammer, eine Atmosphärendruckkammer, usw.

- Der Begriff „Trocknungsmittel“ bezeichnet hierin ein Wasser-bindendes (z.B. hygroskopisches) Material, welches eingerichtet ist, Wasser physikalisch oder chemisch zu binden. Zeolith als Trocknungsmittel ist besonders
- 40 wartungsarm da haltbar und gut regenerierbar, ungiftig und damit sicher und kostengünstig.

Mengenangaben bezüglich eines Gases, z.B. einem Anteil dessen an einem Gasgemisch oder im Verhältnis zu einem anderen Gas, beziehen sich hierin auf das Volumen dessen, beispielsweise angegeben in Volumenprozent (Vol%), was auch als Volumenanteil bezeichnet wird. Diese Angaben sind auf dieselben Bedingungen als Referenz bezogen, z.B. Normbedingungen.

- 5 Der Begriff „Überwachen“ im Zusammenhang mit einem Betriebsparameter (oder in Analogie einem davon repräsentierten Zustand) kann verstanden werden als Prozess, bei dem der Betriebsparameter als Ist-Zustand (z.B. der Ist-Wert des Betriebsparameters) erfasst und mit einer Vorgabe (z.B. Soll-Zustand und/oder Kriterium aufweisend) verglichen wird. Optional kann ein Signal generiert werden basierend auf dem Vergleich. Erfüllt beispielsweise die Abweichung des Ist-Zustands von dem Soll-Zustand das Kriterium, das einen Fehlerzustand repräsentiert (dann auch als Fehlerkriterium bezeichnet), kann das Signal generiert werden, welches den Fehlerzustand repräsentiert. Beispiele für das Signal weisen auf: ein elektrisches Signal, ein akustisches Signal, ein optisches Signal. Beispielsweise kann das Signal ein Abschalten des Wasserstoffgenerators auslösen, z.B. indem das Signal eine Unterbrechung des Versorgens des Wasserstoffgenerators mit elektrischer Leistung auslöst.

- 15 Eine Materialschnittstelle wird hierin zum besseren Verständnis als „Eingang“ oder „Ausgang“ bezeichnet, wie z.B. als Regenerationsgasausgang, Inertgaseingang, oder Ausgangsmaterialeingang. Die Materialschnittstelle ist materialleitfähig (z.B. fluidleitfähig) und weist dazu einen Hohlraum auf, durch welchen hindurch das Material geleitet wird, z.B. transportiert wird, z.B. strömen kann. Beispiele für Komponenten der Schnittstelle weisen auf: Fluidleitung, Anschluss, Kupplung. Beispiele für einen Anschluss weisen auf: Schnellkupplung, wie z.B. Gasschnellkupplung, Flansch, Steckanschluss, Muffe, usw. Beispiele für eine Fluidleitung weisen auf: Rohr, z.B. Versorgungsrohr, Schlauch. Die Materialschnittstelle kann beispielsweise eine im Anschluss integrierte Kupplung aufweisen, wie beispielsweise eine Bajonettkupplung, Rastkupplung, Schraubkupplung, usw.

- Zum vereinfachten Verständnis wird hierin auf eine Beispielkonfiguration (siehe Beispiel 6) des Wasserstoffgenerators Bezug genommen, welcher als Elektrolyseur eingerichtet ist, mittels dessen im Betrieb eine Wasserelektrolyse erfolgt, um Wasserstoffgas und Sauerstoffgas zu erzeugen. Das hierfür Beschriebene kann in Analogie gelten für jeden anderen Prozess, mittels welchem Wasserstoff erzeugt werden kann, wie beispielsweise Dampfreformierung oder Pyrolyse, sowie jede andere Art des Ausgangsmaterials.

- Hierin werden Aspekte anhand verschiedener Komponenten (z.B. Gasversorgungsvorrichtung, Filtervorrichtung, Arbeitsvorrichtung) und eines daraus gebildeten Gasprozesssystems erläutert, wobei verstanden werden kann, dass diese Komponenten auch einzeln bereitgestellt werden können, z.B. nicht notwendigerweise als Bestandteil des Gasprozesssystems.

- Fig. 1A** veranschaulicht eine Gasversorgungsvorrichtung gemäß verschiedenen Ausführungsformen 100a in einem schematischen Aufbaudiagramm, optional eingerichtet gemäß Beispiel 1. Zum vereinfachten Verständnis sind hierin die vorhandenen Fluidleitungspfade 110a, 110b, 110c dargestellt, wovon einige mittels eines Stellglieds (insofern vorhanden) beeinflusst (z.B. unterbrochen oder verbunden) werden können. Für jeden der vorhandenen Anschlüsse, beispielsweise des Ausgangsmaterialeingangs 104, des Regenerationsgasausgangs 106 und des Inertgaseingangs 108 (siehe Beispiel 78), ist ein Fluidleitungspfad 110a, 110b, 110c vorhanden, welcher in dem Anschluss mündet. Diesbezüglich kann verstanden werden, dass ein Fluidleitungspfad 110a, 110b, 110c mittels mindestens einer Fluidleitung bereitgestellt werden kann, dies aber nicht notwendigerweise muss, wenn der Anschluss direkt montiert ist. Beispielsweise kann der Anschluss des Ausgangsmaterialeingangs 104 (auch als Ausgangsmaterialanschluss

bezeichnet) an dem Elektrolyseur 102 montiert sein und dessen Eingangsanschluss bereitstellen oder mittels einer Fluidleitung 104a mit dem Eingangsanschluss des Wasserstoffgenerators 102 verbunden sein.

Zusätzlich können sich die Fluidleitungen verzweigen, müssen dies aber nicht notwendigerweise. Zum vereinfachten Verständnis wird bezüglich der Fluidleitungen auf ein Leitungsnetzwerk 110 (siehe Beispiel 25) Bezug genommen, welches von den Fluidleitungen und (insofern vorhanden) den Stellgliedern gebildet wird und die Fluidleitungspfade 110a, 110b, 110c bereitstellt.

Eine Beispielkonfiguration der Wasserelektrolyse wird phasenweise gestartet, z.B. wenn der Regenerationsmodus initiiert wird. In einer ersten Versorgungsphase wird der Elektrolyseur 102 mit Wasser als Ausgangsmaterial versorgt. Dies erfolgt z.B., indem ein Ventil geöffnet wird und/oder eine Pumpe 168 gestartet wird. Das Wasser ist in einem Vorratsbehälter 166 angeordnet (siehe Beispiel 41), welcher bei Bedarf nachgefüllt werden kann. In einer zweiten Versorgungsphase wird dem Elektrolyseur 102 elektrische Leistung zugeführt, welche von der Wasserelektrolyse umgesetzt wird. Der dabei entstehende Wasserstoff wird dem Regenerationsgasausgang 106 zugeführt, beispielsweise bevor oder nachdem dieser mit Inertgas, das mittels des Inertgaseingangs 108 aufgenommen wird, vermischt wird.

Fig.1B veranschaulicht ein Gasprozesssystem gemäß verschiedenen Ausführungsformen 100b in einem schematischen Aufbaudiagramm, beispielsweise eingerichtet gemäß Beispiel 10 und/oder eine Gasversorgungsvorrichtung 156 gemäß den Ausführungsformen 100a aufweisend.

Eine Beispielkonfiguration der Filtervorrichtung 152 (auch als Trennvorrichtung bezeichnet) weist mehrere kaskadierte Filterstufen 152a, 152b (auch als Trennstufen bezeichnet) auf, wovon jede Filterstufe eingerichtet ist, eine Verunreinigung zu binden, welche von dem durch die Filterstufe hindurch geführten Inertgas mitgeführt wird. Die Filterstufen 152a, 152b weisen eine erste Filterstufe (optional gemäß Beispiel 56) auf, welche eingerichtet ist, Sauerstoff zu binden mittels Kupfers als Sorptionsmittel (dann auch als Kupferfilterstufe 152a bezeichnet). Die Filterstufen 152a, 152b weisen ferner eine zweite Filterstufe (optional gemäß Beispiel 58) auf, welche eingerichtet ist, Feuchtigkeit zu binden mittels eines Zeolithen als Sorptionsmittel. Es kann verstanden werden, dass jedes andere Sorptionsmittel verwendet werden kann, welches in der Lage ist, die vorhandene Verunreinigung zu binden (z.B. ein von Kupfer verschiedenes Metall).

In dem Regenerationsmodus können das Kupfer und/oder der Zeolith (insofern vorhanden) dem Brauchgas, was durch die Filtervorrichtung hindurchströmt, ausgesetzt sein. Das Sauerstoffgas des Brauchgases wird von dem Kupfer mittels einer chemischen Reaktion zu Kupferoxid als Sorbat gebunden. Die Feuchtigkeit des Brauchgases wird von dem Zeolithen adsorbiert. Das von der Filtervorrichtung in dem Trennmodus ausgegebene Brauchgas (dann auch als gefiltertes Brauchgas bezeichnet) kann beispielsweise eine Reinheit des Inertgases aufweisen von mehr als 1N, z.B. als 2N, z.B. als 3N, z.B. als 4N, z.B. als 5N.

Eine Beispielkonfiguration der Arbeitsvorrichtung 152 (optional gemäß Beispiel 10 und/oder Beispiel 65) weist eine gasdichte Arbeitskammer (auch als Einhausung bezeichnet) auf, in welcher ein Hohlraum 154 als Arbeitsbereich gebildet ist. Die Arbeitsvorrichtung 152 ist eingerichtet, in dem Hohlraum 154 eine Atmosphäre aus dem gefilterten Brauchgas (dann auch als Brauchgasatmosphäre bezeichnet) zu bilden, welches von der Filtervorrichtung 152 zu der Arbeitsvorrichtung 152 strömt. Dazu kann ein in sich geschlossenen Fluidleitungspfad 160 (dann auch als Arbeitspfad bezeichnet) bereitgestellt sein, welcher die Filtervorrichtung 152 und die Arbeitsvorrichtung 152 miteinander verbindet. Ist die Arbeitsvorrichtung 152 als Handschuhbox (dann auch als Glove-Box bezeichnet)

eingerrichtet (siehe Beispiel 65), kann diese ferner einen oder mehr als einen Handschuh aufweisen, welcher an den Hohlraum 154 angrenzt.

Die Filtervorrichtung 152 kann zwei Steuerventile 164, 162, z.B. Wegeventile, als Stellglieder (oder Komponenten davon) miteinander koppeln, mittels denen der Arbeitspfad 160 unterbrochen werden kann, z.B. in dem

5 Regenerationsmodus. Mittels der Steuerventile 164, 162 wird in dem Regenerationsmodus ein Fluidleitungspfad (dann auch als Regenerationspfad bezeichnet) von dem Regenerationsgasausgang 106 durch die Filtervorrichtung 152 hindurch zu einem Auslass 114 (beispielsweise einem Entsorgungsauslass) bereitgestellt, und in dem Trennmodus durch die Filtervorrichtung 152 hindurch zu dem Brauchgasauslass 124 bereitgestellt.

10 In dem Regenerationsmodus kann das Kupferoxid (oder Kupfer, falls vorhanden) und/oder der Zeolith (insofern vorhanden) dem durch die Filtervorrichtung hindurchströmenden Regenerationsgas ausgesetzt sein. Das Wasserstoffgas des Regenerationsgases reagiert chemisch mit dem Kupferoxid zu Kupfer unter Abgabe von Feuchtigkeit, welche mit dem verbleibenden Regenerationsgas mitgeführt wird zu dem Auslass 114. Das von dem Zeolithen adsorbierte Wasser wird an das Regenerationsgas abgegeben und von diesem mitgeführt zu dem Auslass 114. Ferner ist (siehe Beispiel 59) eine Heizvorrichtung vorhanden, welche in dem Regenerationsmodus eingerichtet
15 ist, der Filtervorrichtung thermische Energie zuzuführen, so dass das Kupferoxid und/oder der Zeolith erwärmt werden, was die Regeneration begünstigt.

Andere Beispiele der Arbeitsvorrichtung 152 oder Komponenten dieser (siehe Beispiel 69) weisen auf:

- eine Fügevorrichtung (z.B. Schweißvorrichtung) als Prozessvorrichtung, welche eingerichtet ist, mittels des Brauchgas zu fügen (z.B. schweißen), z.B. Titan zu verschweißen, einen 3D-Druck mittels Titan
20 durchzuführen, und/oder ein Flugzeugtriebwerk zu bearbeiten;
- eine Arbeitskammer, in welcher empfindliche Objekte gelagert oder verarbeitet werden sollen, z.B. feuchtigkeits- oder sauerstoffempfindliche Objekte;
- eine Arbeitskammer (z.B. Vakuumkammer), in welcher ein empfindlicher Prozess (z.B. Forschungsprozess) durchgeführt wird;
- 25 – eine Arbeitskammer einer Fertigungsanlage.

Beispiele für solche empfindlichen Objekte weisen auf:

- Halbleiterelektronik, wie beispielsweise Displays, oder deren Komponenten, beispielsweise OLED-Displays oder OLEDs (organische Leuchtdioden),
- Rohmaterialien, z.B. Organik und/oder Farbstoffe;
- 30 – Batterien und deren Komponenten, wie beispielsweise Elektroden, Lithium-haltige Komponenten, usw.
- Elektronik anderen Typs.

Eine Beispielkonfiguration der Brauchgasatmosphäre ist inert und/oder weist einen Massenanteil von Inertgas (z.B. Argon und/oder Stickstoffgas) auf von mehr als 99%, z.B. mehr als 99,9% (entspricht einer Reinheit von 1N), z.B. mehr als ungefähr 99,99% (entspricht einer Reinheit von 2N), z.B. mehr als ungefähr 99,999% (entspricht einer
35 Reinheit von 3N), z.B. mehr als ungefähr 99,9999% (entspricht einer Reinheit von 4N), z.B. mehr als ungefähr 99,99999% (entspricht einer Reinheit von 5N), z.B. mehr als ungefähr 99,99999% (entspricht einer Reinheit von 6N).

Eine besonders kompakte Beispielkonfiguration des Gasprozesssystems weist genau eine Quelle 120 für des Inertgas (dann auch als Inertgasquelle bezeichnet) auf. Die Inertgasquelle 120 ist mit dem Inertgaseingang 108 der Gasversorgungsvorrichtung verbunden ist, um die Gasversorgungsvorrichtung in dem Regenerationsmodus mit dem

Inertgas zu versorgen, welches mit dem Wasserstoffgas zu dem Regenerationsgas vermischt wird. Ferner ist die Inertgasquelle 120 mit dem Arbeitspfad 160 verbunden, z.B. mittels eines davon abzweigenden Inertgaseingangs 118 (insofern vorhanden) oder mittels der Filtervorrichtung 108. Dies ermöglicht es, die Filtervorrichtung in dem Trennmodus mit einer Menge des Inertgases zu versorgen, welches aus der Arbeitsvorrichtung 154 entweichendes Inertgas ersetzt. Das für die kompakte Implementierung Beschriebene kann in Analogie gelten für mehrere Inertgasquellen, wovon eine erste Inertgasquelle mit dem Inertgaseingang 108 der Gasversorgungsvorrichtung und eine zweite Inertgasquelle mit dem von dem Arbeitspfad 160 abzweigenden Inertgaseingangs 118 verbunden ist. Beispiele für die Inertgasquelle weisen auf: eine Gasflasche oder eine Gebäudegasleitung, in welcher das Inertgas angeordnet ist.

Eine Beispielkonfiguration des Gasprozesssystems (optional gemäß Beispiel 62), welche eine Nachrüstung einer vorhandenen Filtervorrichtung mit der Gasversorgungsvorrichtung 156 begünstigt, ist modular aufgebaut. Hierbei ist die Gasversorgungsvorrichtung 156 als ein erstes Modul (dann auch als Gasversorgungsmodul bezeichnet) bereitgestellt und die Filtervorrichtung als ein zweites Modul (dann auch als Filtermodul bezeichnet) bereitgestellt. Das Filtermodul und das Gasversorgungsmodul weisen jeweils zueinander komplementäre Anschlusskupplungen auf, mittels welcher diese miteinander gekoppelt werden können. Beispielsweise kann die Anschlusskupplung des Gasversorgungsmoduls den Regenerationsgasausgang 106, optional den Inertgaseingang 108 und optional einen elektrischen Anschluss (dann auch als Signalanschluss bezeichnet) bereitstellen. Dazu korrespondierend kann die Anschlusskupplung der Filtervorrichtung 152 eingerichtet sein, das Regenerationsgas von dem Regenerationsgasausgang 106 aufzunehmen, optional den Inertgaseingang 108 mit Inertgas zu versorgen und/oder optional ein Regenerationssignal in den Signalanschluss einzukoppeln. Anschaulich gibt das Regenerationssignal an, das eine Regeneration der Filtervorrichtung 152 erfolgen soll. Beispielsweise können die zwei Steuerventile 164, 162 mittels des Regenerationssignals umgeschaltet werden.

Das Regenerationssignal kann beispielsweise mittels einer elektrischen Gleichspannung bereitgestellt werden, welche an den Signalanschluss angelegt wird, solange die Regenerationsphase aktiv ist. Das Regenerationssignal 168 kann selbstverständlich auch komplexer sein oder gemäß einem Kommunikationsprotokoll (z.B. einem Feldbus-Kommunikationsprotokoll) erzeugt werden, falls Instruktionen und/oder mehr Informationen übermittelt werden sollen.

Eine Beispielkonfiguration des Regenerationssignals (siehe Beispiel 31) wird mittels einer Steuereinheit des Filtermoduls erzeugt, sobald der Trennmodus für eine Soll-Zeitspanne aktiv war. Alternativ oder zusätzlich kann die elektrische Leitfähigkeit des Kupfers sensorisch überwacht werden als Repräsentant der Sättigung der Kupferfilterstufe. Dazu passend weist das Gasversorgungsmodul eine Steuereinheit auf, welche die Wasserelektrolyse startet, z.B. phasenweise, in Antwort darauf, dass diese das Regenerationssignal von der Filtervorrichtung erhält.

Fig.2 veranschaulicht eine Gasversorgungsvorrichtung gemäß verschiedenen Ausführungsformen 200 in einem schematischen Aufbaudiagramm, welche optional eingerichtet sein kann gemäß einer der Ausführungsformen 100a oder 100b.

Eine Beispielkonfiguration des Sicherheitsgehäuses 230 (siehe Beispiel 51) haust den Elektrolyseur 102, das Gasmischglied 240 und den Wassertank 166 ein. Kostenvergünstigend ist, dass das Sicherheitsgehäuse mittels eines Schaltschranks bereitgestellt ist, welcher eine Wartungsöffnung und eine die Wartungsöffnung verschließende Tür 262 (auch als Kammertür bezeichnet) aufweist. Die Tür 262 ist mittels einer Dichtung eingerichtet, die

Wartungsöffnung gasdicht zu verschließen. Die Dichtung kann beispielsweise an der Tür 262 oder einer Zarge des Sicherheitsgehäuses 230, in welcher die Wartungsöffnung gebildet ist, montiert sein und eingerichtet sein, einen Spalt zwischen der Zarge und der Tür 262 abzudichten.

Um die Sicherheit zu vergrößern, kann das Sicherheitsgehäuse 230 aktiv belüftet werden mittels eines Lüfters 216 als Gasfördervorrichtung (siehe Beispiel 52). Der Lüfter 216 ist eingerichtet, Umgebungsluft (z.B. der Erdatmosphäre) anzusaugen und als Gasstrom in das Sicherheitsgehäuse zu transportieren (dann auch als Sicherheitsatmosphäre bezeichnet). Dies begünstigt eine Druckerhöhung in dem Sicherheitsgehäuse. Die Sicherheitsatmosphäre tritt durch eine Gasauslassdrossel 318 (z.B. als Stellglied eingerichtet) wieder aus dem Sicherheitsgehäuse 230 aus (siehe Beispiel 53). Die Gasauslassdrossel 318 kann optional manuell verstellbar sein, was erleichtert, den Druck im Sicherheitsgehäuse und/oder den Gasstrom zu justieren. Kostenvergünstigend weist die Gasauslassdrossel 318 mehrere Blenden voneinander verschiedenen Durchmessers auf, welche gegeneinander ausgetauscht werden können. Es kann allerdings auch eine fest eingestellte Gasauslassdrossel 318 verwendet werden, beispielsweise wenn die Justage nur bei der Montage einmalig erfolgen soll.

Die Gasversorgungsvorrichtung weist (optional gemäß Beispiel 24, z.B. Beispiel 26) mehrere Stellglieder auf, mittels denen der Gasfluss in der Gasversorgungsvorrichtung beeinflusst werden kann und welche hier exemplarisch als Ventile repräsentiert sind. Diesbezüglich kann verstanden werden, dass das hierfür Beschriebene in Analogie gelten kann für anders implementierte Stellglieder, z.B. Massenflussregler, einem Drosselventil oder Ähnlichem. Ebenso kann verstanden werden, dass die Funktionen zur Beeinflussung des Gasflusses, die mittels separater Stellglieder erläutert werden, auch zusammen in einem Stellglied implementiert sein können und umgekehrt. Ferner weisen einige Stellglieder einen elektrischen Signaleingang 250 auf, mittels welchem diese elektrisch angesteuert werden können mittels eines Steuersignals, das von der Steuervorrichtung (nicht dargestellt) erzeugt und dem Signaleingang 250 zugeführt wird.

Das Leitungsnetzwerk (optional gemäß Beispiel 27) stellt einen Inertgaspfad 110c als Fluidleitungspfad bereit, der von dem Inertgaseingang 108 durch das Gasmischglied 240 hindurch zu dem Regenerationsgasausgang 106 führt.

Das Leitungsnetzwerk stellt ferner einen Wasserstoffpfad als Fluidleitungspfad 110b bereit, der von einem Wasserstoffanschluss A2 des Elektrolyseurs 102 durch das Gasmischglied 240 hindurch zu dem Regenerationsgasausgang 106 führt. Das Leitungsnetzwerk stellt ferner einen Regeneriergaspfad 110d als Fluidleitungspfad bereit, der von dem Gasmischglied 240 zu dem Regeneriergasanschluss 106 führt und von dem ein Entlüftungspfad 110e als Fluidleitungspfad abzweigt. Der Entlüftungspfad 110e mündet in einem Entlüftung-Stellglied 230 und/oder einem Sicherheitsventil 232.

Der aufgenommene Inertgasfluss, welcher dem Regenerationsgasausgang 106 entlang des Inertgaspfads 110c zugeführt wird, wird mittels eines Sperr-Stellglieds 228 (z.B. ein Absperrventil) und/oder eines Justage-Stellglieds 220 (z.B. ein Nadelventil und/oder einen Gasflussregler aufweisend) beeinflusst. Das Sperr-Stellglied 228 wird mittels eines Steuersignals angesteuert, das gemäß dem Ist-Modus erzeugt wird, der beispielsweise der Regenerationsmodus oder der Trennmodus sein kann. Ist der Ist-Modus der Trennmodus, wird der Inertgaspfad 110c mittels des Sperr-Stellglieds 228 unterbrochen (d.h. abgesperrt). Ist der Ist-Modus der Regenerationsmodus, wird die Unterbrechung des Inertgaspfads 110c mittels des Sperr-Stellglieds 228 aufgehoben (d.h. der Inertgasfluss freigegeben). Das Justage-Stellglied 220 ist eingerichtet, manuell betätigt zu werden, um den Inertgasfluss 202i manuell zu vergrößern oder zu verkleinern (auch als Justage bezeichnet). Einmal eingestellt, kann das Justage-Stellglied 220 z.B. für mehrere Zyklen aus Trennmodus und Regenerationsmodus unverändert bleiben.

Eine Beispielkonfiguration des Gasmischglieds 240 (optional gemäß Beispiel 34) weist einen Gasmischbehälter (dann auch als Mischgefäß bezeichnet) auf. In dem Gasmischbehälter ist ein Kondensatabscheider 240a angeordnet ist, durch welchen hindurch der Wasserstoffpfad 110b führt und welcher eingerichtet ist, Feuchtigkeit, die mit dem Wasserstoffgas mitgeführt wird, abzugeben in den Gasmischbehälter hinein. Der Kondensatabscheider 240a ist
5 beispielsweise mittels einer frei in den Gasmischbehälter einmündende Fluidleitung bereitgestellt, aus welcher kondensierte Feuchtigkeit (dann auch als Wasser-Kondensat bezeichnet) abtropfen kann. Das Wasser-Kondensat wird in dem Gasmischbehälter gesammelt und entsorgt, da in dem Wasser-Kondensat geringe Mengen des Wasserstoffgases gelöst sind. Dies erhöht die Sicherheit.

Das Entlüftung-Stellglied 230 wird mittels eines Steuersignals angesteuert, das gemäß dem Ist-Modus erzeugt wird,
10 der beispielsweise der Regenerationsmodus oder der Trennmodus sein kann. Ist der Ist-Modus der Trennmodus, wird der Regeneriergaspfad 110e mittels des Entlüftung-Stellglieds 230 entlüftet, z.B. in das Sicherheitsgehäuse 230 hinein. Ist der Ist-Modus der Regenerationsmodus, wird das Entlüftung-Stellglied 230 geschlossen. Das Sicherheitsventil 232 ist eingerichtet, manuell betätigt zu werden, um den Druck des Regenerationsflusses 202r, dem der Regenerationsgasausgang 106 ausgesetzt ist, manuell zu vergrößern oder zu verkleinern (dann auch als
15 Justage bezeichnet). Einmal eingestellt, kann das Sicherheitsventil 232 z.B. für mehrere Zyklen aus Trennmodus und Regenerationsmodus unverändert bleiben. Das Sicherheitsventil dient z.B. als Überdruck-Absicherung und ist z.B. unveränderbar voreingestellt oder zumindest nicht (z.B. ohne Werkzeug) manuell verstellbar.

In der dargestellten exemplarischen Konfiguration zirkuliert das Wasser (dann auch als Versorgungswasser bezeichnet), angetrieben durch eine Pumpe 168, in einem geschlossenen Kreislauf (dann auch als
20 Versorgungskreislauf bezeichnet) durch den Elektrolyseur 102 hindurch. Der Versorgungskreislauf weist den Fluidleitungspfad 110a (auch als Wasserzulauf bezeichnet) auf, welcher von dem Wassertank 166 zu einem Eingangsanschluss A1 des Elektrolyseurs 102 führt. Der Wassertank 166 kann beispielsweise an den Ausgangsmaterialeingang 104 angeschlossen, z.B. eingeschraubt, sein. Der Versorgungskreislauf weist einen zusätzlichen Fluidleitungspfad 252r (auch als Wasserrücklauf bezeichnet) auf, welcher von einem
25 Rückflussanschluss A3 des Elektrolyseurs 102 zu dem Wassertank 166 führt. Ferner weist der Wassertank 166 eine Entlüftungsvorrichtung (z.B. eine Leitung oder Öffnung) auf, mittels welcher der Wassertank 166 entlüftet werden kann, z.B. in das Sicherheitsgehäuse 230 hinein. Dies begünstigt, dass Sauerstoffgas 202o, das mit dem Versorgungswasser mitgeführt (z.B. darin gelöst) wird und in dem Wassertank 166 freigesetzt wird, aus dem Versorgungskreislauf abgeführt werden kann.

30 Ferner können verschiedene Sensoren vorhanden sein, um den Ist-Zustand der Gasversorgungsvorrichtung, z.B. einen oder mehr als einen Betriebsparameter davon, zu überwachen. Beispiele dieser Sensoren weisen auf:

- einen ersten Motorsensor 210, welcher eingerichtet ist, die Drehzahl der Pumpe 168 (z.B. eines Motors M davon) als Ist-Betriebsparameter zu erfassen;
- einen zweiten Motorsensor 212, welcher eingerichtet ist, die Drehzahl des Lüfters 216 (z.B. eines Motors M davon) als Ist-Betriebsparameter zu erfassen;
- einen Wasserflusssensor 222, welcher eingerichtet ist, einen Durchfluss 202w des Versorgungswassers durch den Elektrolyseur 102 hindurch als Ist-Betriebsparameter zu erfassen;
- mehrere Sensoren als erstes Messglied 208, welche eingerichtet sind, den Ist-Zustand des Versorgungswassers (siehe Beispiel 45) als Ist-Betriebsparameter zu erfassen, z.B. eine Temperatur des
40 Versorgungswassers als Ist-Betriebsparameter, eine elektrische Leitfähigkeit des Versorgungswassers als

Ist-Betriebsparameter; und/oder einen Füllstand des Versorgungswassers in dem Wassertank 166 als Ist-Betriebsparameter;

- mehrere Sensoren als zweites Messglied 218, welche eingerichtet sind, den Ist-Zustand des Inertgasflusses 202i als Ist-Betriebsparameter zu erfassen, z.B. den Versorgungsdruck des Inertgases, dem der Inertgaseingang 108 ausgesetzt ist, und/oder den Mischdruck des Inertgases, dem das Gasmischglied 240 ausgesetzt ist;
- einen Drucksensor 206, welcher eingerichtet ist, den Druck in dem Sicherheitsgehäuse 230 als Ist-Betriebsparameter zu erfassen.

Zugunsten der Sicherheit kann die Gasversorgungsvorrichtung eine Sicherheitsvorrichtung (nicht dargestellt) aufweisen, welche mittels einer Signalleitung 204, 214 mit einem oder mehr als einem der Sensoren gekoppelt ist, um diesen auszulesen. Die Sicherheitsvorrichtung kann eingerichtet sein, mittels der Sensoren einen oder mehr als einen Sicherheitsmechanismus zu implementieren. Ein erster Sicherheitsmechanismus ist eingerichtet, die elektrische Leistung, welche dem Elektrolyseur 102 zugeführt wird, zu unterbrechen, wenn ein Fehlerzustand ermittelt wird, um die Wasserelektrolyse zu unterbrechen (auch als Fehlermodus bezeichnet). Ein optionaler zweiter Sicherheitsmechanismus ist eingerichtet, ein (z.B. akustisches) Alarmsignal auszugeben, wenn der Fehlerzustand ermittelt wird.

Beispiele, bei denen der Fehlerzustand ermittelt wird, weisen auf:

- wenn die Drehzahl der Pumpe 168 (z.B. eines Motors M davon) und/oder der des Lüfters 216 einen Schwellenwert unterschreitet;
- wenn der Durchfluss 202w des Versorgungswassers durch den Elektrolyseur 102 hindurch einen Schwellenwert unterschreitet;
- wenn eine Temperatur des Versorgungswassers einen Schwellenwert überschreitet;
- wenn die elektrische Leitfähigkeit des Versorgungswassers und/oder der Füllstand des Versorgungswassers einen Schwellenwert unterschreitet;
- wenn der Versorgungsdruck des Inertgases, der Mischdruck des Inertgases, oder eine Differenz davon einen Bereich zwischen zwei Schwellenwerten verlässt;
- der Druck in der Sicherheitskammer 230 einen Schwellenwert unterschreitet.

Die Schwellenwerte begrenzen anschaulich für jeden Betriebsparameter einen Bereich, in welchem der Betrieb der Gasversorgungsvorrichtung die Anforderungen an die Sicherheit erfüllt. Fällt beispielsweise der Lüfter 216 aus, besteht das Risiko, dass sich ein entzündliches Gasgemisch in der Sicherheitskammer 230 anreichert. Fällt die Pumpe 210 aus, besteht das Risiko, dass der Elektrolyseur 102 zu heiß wird oder zumindest trocken läuft. Ist der Druck des Inertgases zu hoch oder zu niedrig, besteht das Risiko, dass die erzeugte Zusammensetzung des Regenerationsgases entzündlich wird.

Fig.3A veranschaulicht ein Gasversorgungsmodul gemäß verschiedenen Ausführungsformen 300a in einer schematischen Perspektivansicht, welche optional eingerichtet sind gemäß einer der Ausführungsformen 100a bis 200. Eine Beispielkonfiguration der Anschlusskupplung 302 (siehe Beispiel 62) des Gasversorgungsmoduls weist den Inertgaseingang 108 auf, mittels dessen das Gasversorgungsmodul das Inertgas von der Filtervorrichtung beziehen kann. Die Anschlusskupplung 302 des Gasversorgungsmoduls weist ferner den Regenerationsgasausgang 10 auf, mittels dessen das Gasversorgungsmodul das Regeneriergas an die Filtervorrichtung abgeben kann.

Eine Beispielkonfiguration der Wartungsöffnung 304 (siehe Beispiel 51) ist derart eingerichtet, dass, wenn der Kammerdeckel von dem Sicherheitsgehäuse 302 entfernt ist, den Zugang zu dem Elektrolyseur 102, dem Gasmischglied 240 und dem Wassertank 166 ermöglichen.

5 Eine Beispielkonfiguration des Wassertanks 166 und des Gasmischglieds 240 (z.B. deren Behälter) sind gleichartig eingerichtet und/oder weisen ein Gewinde auf, mittels dessen diese formschlüssig mit jeweiligen Anschlüssen verbunden werden können. Dies reduziert den Wartungsaufwand.

Fig.3B veranschaulicht ein Verfahren gemäß verschiedenen Ausführungsformen 300b in einem schematischen Ablaufdiagramm, optional eingerichtet ist gemäß Beispiel 2.

10 Eine Beispielkonfiguration des Freisetzens von Wasserstoffgas erfolgt in 351 mittels der Wasserelektrolyse und/oder in dem Regeneriermodus. Eine Beispielkonfiguration des Regenerierens der Filtervorrichtung erfolgt in 353 mittels chemischen Reduzierens des Kupferoxids der Filtervorrichtung zu Kupfer, welchem mittels der Heizvorrichtung thermische Energie zugeführt wird. Beispielsweise kann das Kupferoxid auf mehr als 100°C (z.B. auf eine thermische Zersetzungstemperatur oder zumindest über 500°C) erwärmt werden, aber nicht über dessen Schmelztemperatur.

15 Das Kupferoxid wird während eines Trennmodus gebildet, in welchem ein Gasreinigungsprozess erfolgt. Der Gasreinigungsprozesses weist auf, das Kupfer dem Inertgas, welches Sauerstoffgas mitführt, auszusetzen. Das Kupfer reagiert dabei chemisch mit dem Sauerstoffgas zu dem Kupferoxid, was die Menge des mit dem Inertgas mitgeführten Sauerstoffgases reduziert.

20 **Fig.4A** und **Fig.4B** veranschaulichen jeweils ein Gasprozesssystem gemäß verschiedenen Ausführungsformen, wenn der Ist-Modus der Regeneriermodus 400a ist und wenn der Ist-Modus der Trennmodus 400b ist, in einem schematischen Verschaltungsdiagramm, welche optional eingerichtet sind gemäß einer der Ausführungsformen 100a bis 300b. Durchgezogene Pfeile des Verschaltungsdiagramms repräsentieren freigegebene Fluidleitpfade. Gestrichelte Pfeile des Verschaltungsdiagramms repräsentieren unterbrochene (z.B. blockierte) Fluidleitpfade.

25 **Fig.5A** veranschaulicht ein Gasprozesssystem gemäß verschiedenen Ausführungsformen 500a in einem schematischen Aufbaudiagramm, welche optional eingerichtet sind gemäß einer der Ausführungsformen 100a bis 400b. Das Gasprozesssystem weist ein System aus mehreren Filtervorrichtungen 152, 552 (dann auch als Filtersystem bezeichnet) auf, wovon jede Filtervorrichtung zwei Filterstufen 152a, 152b aufweist. Die erste Filtervorrichtung 152 des Filtersystems 152, 552 wird abwechselnd in den Trennmodus und den Regenerationsmodus versetzt. Komplementär dazu wird eine zweite Filtervorrichtung 552 des Filtersystems 152, 552 in dem Regenerationsmodus versetzt, wenn die erste Filtervorrichtung 152 in dem Trennmodus ist, und in den Trennmodus versetzt, wenn die erste Filtervorrichtung 152 in dem Regenerationsmodus ist. Dies begünstigt einen hohen und unterbrechungsfreien Umsatz des Filterprozesses. Dazu kann die Gasversorgungsvorrichtung auch dann das Regenerationsgas erzeugen, wenn eine der Filtervorrichtungen 152, 552 in dem Trennmodus ist, muss dies aber nicht notwendigerweise durchgängig.

35 Die zwei Filtervorrichtungen 152, 552 können mittels eines 4-2-Wegeventils als Steuerventil 164 miteinander gekoppelt sein, welches eingerichtet ist, diejenige der zwei Filtervorrichtungen 152, 552, welche in dem Trennmodus ist, mit der Arbeitsvorrichtung 154 fluidleitend zu verbinden, und die andere der zwei Filtervorrichtungen 152, 552, welche in dem Regenerationsmodus ist, mit der Gasversorgungsvorrichtung 156 fluidleitend zu verbinden.

Fig.5B veranschaulicht die Phasen einer Wechselladungssequenz gemäß verschiedenen Ausführungsformen 500b in einem schematischen Ablaufdiagramm (siehe Beispiel 32), gemäß welcher der Übergang von der Trennphase in die Regenerationsphase erfolgt.

Im Folgenden werden verschiedene Arbeitsbeispiele beschrieben, die sich auf das hierin Beschriebene und in den Figuren Dargestellte beziehen, und auf konkrete Umsetzungen desselben gerichtet sind.

Gemäß einem Arbeitsbeispiel 1 beträgt der Fluss des Versorgungswassers durch den Elektrolyseur hindurch 1 Liter pro Minute (l/min). Dazu passt, beträgt der Fluss von Wasserstoffgas, der mittels des Elektrolyseurs erzeugt wird, 1 Liter pro Minute. Ferner beträgt der Anteil des Wasserstoffgases an dem Regeneriergas 10% oder weniger. Dies hemmt die Entzündbarkeit des Wasserstoffgases. Das Regeneriergas, das der Filtervorrichtung zugeführt wird, weist beispielsweise einen Anteil von Wasserstoffgas von maximal 5 Vol% auf. Der Fluss des Regeneriergases, welcher der Filtervorrichtung zugeführt wird, beträgt dann 20 l/min.

Gemäß einem Arbeitsbeispiel 2 zirkuliert das Brauchgas, welches im Wesentlichen aus dem Inertgas besteht und Sauerstoff und/oder Feuchtigkeit als Verunreinigung aufweist, durch eine Glovebox und die Filtervorrichtung hindurch. Der Fluss des Brauchgases durch die Glovebox kann beispielsweise mehr sein als F_s . Dies begünstigt eine kostengünstige Gasreinigung. Der Wert F_s für den Fluss des Brauchgases durch die Glovebox hindurch kann eine Funktion sein des Innenvolumens V der Glovebox, beispielsweise so dass ein mehrfacher (z.B. mindestens 10-facher) Volumenwechsel pro Stunde erfolgt. Bei einer Glovebox mit einem Innenvolumen von $V=1\text{ m}^3$ beträgt der Wert exemplarisch $F_s = 60\text{ m}^3/\text{h}$ oder mehr. Dies begünstigt eine effiziente Durchmischung und den Abtransport von Verunreinigungen.

Gemäß einem Arbeitsbeispiel 3 werden zwei Filterstufen (z.B. Kupferfilterstufe) zum Binden von Sauerstoffgas verwendet, von denen immer eine Filterstufe in dem Trennmodus ist. Dies ermöglicht einen Dauerbetrieb. Ist die in dem Trennmodus gebrachte Filterstufe gesättigt, wird diese in den Regeneriermodus gebracht und die andere Filterstufe wird in den Trennmodus gebracht. In Analogie können auch mehr als zwei Filterstufen verwendet werden, welche nacheinander in den Trennmodus gebracht werden.

Gemäß einem Arbeitsbeispiel 4 wird der Wasserstoffgenerator im Betrieb (wenn dieser Wasserstoffgas generiert) von einem Volumenstrom der Sicherheitsatmosphäre (z.B. atmosphärische Luft) umströmt, die einen Druck von mindestens 10 mbar über Atmosphärendruck aufweist.

Gemäß einem Arbeitsbeispiel 5 ist pro Filtervorrichtung eine Heizvorrichtung vorhanden, welche der Filterstufe(n) der Filtervorrichtung thermische Energie zuführt, wenn diese in dem Regenerationsmodus ist.

Gemäß einem Arbeitsbeispiel 6 ist das Versorgungswasser deionisiert und wird überwacht, z.B. dessen elektrischer Leitwert zur Sicherstellung der Wasserqualität und des Grads der Deionisierung. Ferner werden der Füllstand und die Temperatur des Versorgungswassers überwacht, um eine Überhitzung des Wasserstoffgenerators zu hemmen. Die Überwachung des Versorgungswassers erfolgt mit einer Kombinationssonde als Messglied, welche mehrere Sensoren aufweist und in dem Wassertank angeordnet ist. Eine schlechte Wasserqualität (z.B. Verunreinigung im Wasser) kann den Elektrolyseur beschädigen. Die Überwachung des Füllstands schützt die Pumpe und den Elektrolyseur vor Trockenlauf und stellt sicher, dass genügend Wasser zur Wasserförderung vorhanden ist.

Gemäß einem Arbeitsbeispiel 7 wird bei der Wasserelektrolyse entstehendes Sauerstoffgas in das Sicherheitsgehäuse hinein abgeführt, durch welches die Sicherheitsatmosphäre hindurch strömt, die mittels der Umgebungsluft bereitgestellt wird. Dies hemmt eine sicherheitsrelevante Anreicherung von Sauerstoffgas in der

Nähe des Wasserstoffgenerators. Alternativ oder zusätzlich wird der Wasserelektrolyse entzogenes Wasser (dann auch als Abwasser bezeichnet), das von dem Wasserstoffgas mitgeführt wird, von dem Wasserstoffgas getrennt und in dem Gasmischbehälter gesammelt. Dies begünstigt einen kostengünstigen und sicheren Aufbau.

5 Gemäß einem Arbeitsbeispiel 8 ist der Druck des Wasserstoffgases und/oder des Regeneriergases ein Niederdruck und/oder zumindest kleiner als 2 bar (z.B. 1,5 bar Absolutdruck oder weniger). Dies reduziert die Anforderungen an die Komponenten und die Dichtheit, was die gesetzliche Zulassung erleichtert, den Betrieb erleichtert und Kosten spart.

10 Gemäß einem Arbeitsbeispiel 9 weist der Elektrolyseur mehrere (z.B. drei oder mehr) Elektrolysezellen auf, welche elektrisch in Reihe geschaltet sind (siehe Beispiel 61). Die Reihenschaltung reduziert die elektrische Stromstärke für eine vorgegebene elektrische Leistung, die der Elektrolyseur umsetzt. Damit werden auch die Anforderungen an die Infrastruktur zur elektrischen Versorgung des Elektrolyseurs (z.B. elektrische Kabel und elektrischer Generator) reduziert, was Kosten spart und den Betrieb vereinfacht.

15 Gemäß einem Arbeitsbeispiel 10 weist der Elektrolyseur pro Elektrolysezelle mindestens eine protonendurchlässige Polymermembran (PEM) auf, mittels welcher die Elektrolysezelle bereitgestellt ist (dann auch als PEM-Zelle bezeichnet). Die PEM-Zelle ist günstig, wartungsarm und betriebsfreundlich. Beispielsweise benötigt die PEM-Zelle keinen Druckaufbau und ist daher sofort einsatzbereit, keine Nachlaufzeit, keine Entlüftung und kann bei Raumtemperatur gestartet werden.

20 Gemäß einem Arbeitsbeispiel 11 wird das Abwasser nicht wieder der Wasserelektrolyse zugeführt, sondern entsorgt. Dazu wird ausgangsseitig des Elektrolyseurs ein offenes Ende des Wasserkreises bereitgestellt. Dies hemmt die Vermischung von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas und ist kostengünstiger zu implementieren, als eine geschlossener Wasserkreis, welcher das Kondensat-Wasser wieder dem Versorgungswasser zuführt, und dadurch zusätzliche Sicherheitsvorkehrungen benötigt.

25 Gemäß einem Arbeitsbeispiel 12 ist das Sicherheitsgehäuse eine Überdruckkammer, in welcher ein Überdruck erzeugt wird, in dem mittels eines Lüfters (dann auch als Gebläse bezeichnet) Luft in das Sicherheitsgehäuse eingebracht wird. Der Volumenstrom an Luft, der in das Sicherheitsgehäuse eingebracht wird, ist größer als der Volumenstrom des Wasserstoffgases, das von dem Wasserstoffgenerator erzeugt wird (z.B. um das zehnfache, hundertfache oder mehr). Dies garantiert eine ausreichende Verdünnung, selbst wenn das komplette Wasserstoffgas aufgrund eines Lecks entweicht. Ist die Tür des Sicherheitsgehäuses offen oder wird das Leck sensorisch erfasst, wird der Wasserstoffgenerator automatisch deaktiviert, z.B. mittels Unterbrechens der elektrischen
30 Leistungsversorgung. Der Überdruck kann beispielsweise 10 Millibar über dem hydrostatischen Druck der Erdatmosphäre (auch als Atmosphärendruck bezeichnet) am Ort des Wasserstoffgenerators sein. Alternativ oder zusätzlich wird der Überdruck einmalig händisch mittels einer mechanischen Gasauslassdrossel eingestellt, was es ermöglicht ein ungeregeltes Gebläse zu verwenden, was Kosten spart. Das Gebläse und die Gasauslassdrossel sind mittels eines Gitters geschützt, was die Betriebssicherheit erhöht. Alternativ oder zusätzlich kann das Gebläse einen
35 Staubfilter aufweisen, was die Betriebssicherheit erhöht.

40 Gemäß einem Arbeitsbeispiel 13 stimmen das Regeneriergas und das Brauchgas überein in dem Inertgas. Dies erlaubt es, auf eine Spülung der Filtervorrichtung beim Gaswechsel zu verzichten, was Gas, Zeit und damit Kosten spart. Beispielsweise kann Argon als Inertgas in dem Regeneriergas und dem Brauchgas sein. Geringe Mengen Stickstoffgas können in einer Ar-basierten Anwendung bereits stören. Optional wird das Brauchgas, das der Filtervorrichtung in dem Trennmodus zugeführt wird, in dem Regenerationsmodus verwendet, um mit dem

Wasserstoffgas zu dem Regeneriergas vermischt zu werden. Dies vereinfacht den Aufbau weiter und/oder hemmt, dass die Filtervorrichtung einer Druckschwankung ausgesetzt ist. Beispielsweise wird das Brauchgas, das einen Druck zwischen 5-6 bar aufweist, der Filtervorrichtung und/oder der Gasversorgungsvorrichtung zugeführt. Optional wird das Regeneriergas, welches die Filtervorrichtung verlässt, entsorgt, z.B. mittels eines Entsorgungsauslasses.

- 5 Gemäß einem Arbeitsbeispiel 14 wird das Regenerationssignal (z.B. 24 Volt aufweisend), mittels dessen die Steuerventile angesteuert werden, von einem der Steuerventile abgezweigt und der Gasversorgungsvorrichtung zugeführt. Dies vereinfacht den Aufbau und reduziert damit Kosten. Sobald das Steuerventil das Regenerationssignal erhält, wird der Wasserstoffgenerator gestartet, z.B. gemäß der Wechselfolge. Wird das Regenerationssignal abgeschaltet, wird der Wasserstoffgenerator gestoppt, z.B. gemäß einer rückwärts ablaufenden
- 10 Wechselfolge.

Gemäß einem Arbeitsbeispiel 15 erfolgt (z.B. gemäß der Wechselfolge) Folgendes nacheinander beim Starten des Wasserstoffgenerators:

- Überprüfen des Vorratswassers (z.B. dessen Füllstand, Leitfähigkeit und/oder Temperatur);
- Start der Pumpe, um das Vorratswassers dem Wasserstoffgenerator zuzuführen und so (z.B. dessen
- 15 Elektrolysezellen) zu spülen;
- Einspeisen des Inertgases in den Gasmischbehälter, um diesen zu spülen, was das Risiko hemmt, dass Luft in die Filtervorrichtung gelangt;
- Nach 10-20 Sekunden wird elektrische Leistung in den Wasserstoffgenerator eingekoppelt, um die Wasserelektrolyse zu starten, was Wasserstoffgas erzeugt und dem Gasmischbehälter zuführt.

- 20 Gemäß einem Arbeitsbeispiel 16 erfolgt (z.B. gemäß der rückwärts ablaufenden Wechselfolge) Folgendes nacheinander beim Stoppen des Wasserstoffgenerators:

- Unterbrechung der elektrischen Leistung, so dass die Wasserelektrolyse endet;
- Nach 10-20 Sekunden wird das Einspeisen des Inertgases in den Gasmischbehälter unterbrochen, so dass der Gasmischbehälter für diese Zeit wieder gespült wird;
- 25 – Stoppen der Pumpe, so dass kein Vorratswassers mehr dem Wasserstoffgenerator zugeführt wird.

Läuft die Wechselfolge rückwärts ab, kann das Überprüfen des Vorratswassers optional entfallen.

- Gemäß einem Arbeitsbeispiel 17 werden der Vorratsbehälter und/oder das Gasmischglied mittels einer Flasche bereitgestellt, welche eingeschraubt wird (dann auch als Einschraubflasche bezeichnet). Dies ist kostengünstig und kann mit wenig Aufwand skaliert werden. Beispielsweise kann eine Einschraubflasche mit 1 Liter Fassungsvermögen
- 30 gegen eine Einschraubflasche mit mehr oder weniger Fassungsvermögen getauscht werden, ohne den Aufbau der Gasversorgungsvorrichtung ändern zu müssen.

Gemäß einem Arbeitsbeispiel 18 wird die Sicherheit der Gasversorgungsvorrichtung kostengünstig erhöht mittels:

- eines spritzgeschützten elektrischen Generators;
- eines Eingriffsschutz für die manuell stellbaren Ventile, welche eingerichtet sind, die chemische
- 35 Zusammensetzung des Regenerationsgases zu beeinflussen (z.B. Sicherheitsventil und/oder Justage-Stellglied);
- einer Messkette, mittels welcher sicherheitsrelevante Betriebsparameter sensorisch überwacht werden, z.B. der Wasserdruck in dem Elektrolyseur, der Druck des Wasserstoffgases am Ausgang des Elektrolyseurs und/oder in dem Gasmischbehälter, der Druck der Sicherheitsatmosphäre; und

- einer Steuereinheit, welche eine Unterbrechung der dem Elektrolyseur zugeführten elektrischen Leistung auslöst, wenn mittels der Messkette ermittelt wird, dass der Ist-Zustand mindestens eines der überwachten Betriebsparameter einen Schwellenwert überschreitet oder unterschreitet.

Beispielsweise lässt sich ein Leck oder falsch montierter Behälter (z.B. Gasmischbehälter) an einer Abweichung des Drucks des Regenerierergases und/oder des Wasserstoffgases erkennen.

Gemäß einem Arbeitsbeispiel 19 ist jede der folgenden mittels der Arbeitsvorrichtung, die eine Einhausung aufweist, bereitgestellten Anwendungen besonders geeignet, um mittels des Inertgases von der Filtervorrichtung versorgt zu werden:

- eine Glovebox, welche z.B. mittels der Einhausung bereitgestellt ist;
- Schweißen unter Argon, z.B. in der Einhausung;
- eine OLED-Fertigung, z.B. in der Einhausung,
- Untersuchung, Fertigung oder Lagerung von Farbstoffen, , z.B. in der Einhausung;
- Untersuchung, Fertigung oder Lagerung von Li-Ionen-Akkumulatoren oder Komponenten davon, z.B. in der Einhausung.

Diese Anwendungen reflektieren nur einen Bruchteil möglicher Anwendungen der Arbeitsvorrichtung, bei denen Prozesse durchgeführt werden, die empfindlich sind gegenüber dem Einfluss von Luftfeuchtigkeit und Sauerstoffgas.

Gemäß einem Arbeitsbeispiel 20 wird ein Wasserstoff-Inertgas-Gemisch als Regenerationsgas für die Regenerierung mehrerer Reaktoren, mittels denen eine Gasreinigung erfolgt, verwendet. Demgegenüber wird das käuflich zu erwerbende Wasserstoff-Inertgas-Gemisch meist in Druckgasflaschen bereitgestellt, was Kosten erhöht, aber insbesondere die Verfügbarkeit begrenzt. Ferner erfolgt eine direkte Erzeugung des benötigten Wasserstoffgas-Volumenstroms mittels einer PEM-Elektrolysezelle (verkürzt auch als PEM-Zelle bezeichnet) und unmittelbare Mischung (d.h. Verdünnung) mit einem Inertgas (z.B. Stickstoffgas oder Argon), so dass zu keiner Zeit eine sicherheitsrelevante Anreicherung von Wasserstoffgas entstehen kann. Die Gasversorgungsvorrichtung ist in einem zwangsbelüftetem Sicherheitsgehäuse angeordnet, dessen Innendruck überwacht wird, um jederzeit eine Bildung einer potentiell sicherheitsrelevanten Wasserstoffgas-Konzentrationen (z.B. im Leckagefall) zu erkennen und zu hemmen. Die Wasserversorgung der PEM-Zelle erfolgt mittels eines Systems aus Vorratsgefäß (auch als Vorratsbehälter bezeichnet) und Wasserabscheider, die mittels Labor-Gasflaschen bereitgestellt werden, was den Aufbau vereinfacht und kostengünstig ist. Die Überwachung der Wasserversorgung (z.B. Füllstand, Temperatur und/oder Leitfähigkeit des Versorgungswassers) erfolgt mittels einer flexiblen Kombinationssonde, die von oben in das Vorratsgefäß eingeführt wird. Die Gasmischung erfolgt direkt im Wasserabscheider unter Minimierung des Wassergehaltes des Regenerationsgases. Ein Vorteil dieses Arbeitsbeispiels gegenüber einer herkömmlichen Konfiguration ist der auf die Anwendung bezogene einfache Aufbau mit einem deutlich reduzierten Bedarf an Sicherheitstechnologie und damit erheblich reduzierte Kosten gegenüber einer universellen Konfiguration.

Gemäß einem Arbeitsbeispiel 21 erfolgt das Regenerieren eines oder mehrerer Reaktoren mittels eines Regenerierergases, das Wasserstoffgas aufweist. Der Normvolumenstrom des Regenerierergases beträgt 20 l/min. Das Regenerierergasgemisch genügt mindestens den Anforderungen für die Regenerierung von Systemen mit bis zu 60 m³/h Volumenstrom-Kapazität. Das Regeneriergas weist einen Anteil von Wasserstoffgas auf von maximal 5 Vol%. Dies hemmt dessen Entzündlichkeit. Daraus resultiert ein Volumenstrom des Wasserstoffgases, der mittels des Elektrolyseurs erzeugt wird, von maximal 1 l/min.

Gemäß einem Arbeitsbeispiel 22 erfolgt die Erzeugung von Wasserstoffgas mittels eines Elektrolyseurs (z.B. einer oder mehr als einer PEM-Elektrolysezelle aufweisend). Die Versorgung des Elektrolyseurs mit Wasser erfolgt mittels einer Gleichstrom-Membranpumpe, die dem Elektrolyseur einen Volumenstrom des Wassers von ungefähr 1 l/min zuführt. Das Wasser wird mittels der Pumpe dem Vorratsbehälter entnommen und einem dezidierten

5 Eingangsanschluss (dann auch als H₂O-Eingang bezeichnet) des Elektrolyseurs zugeführt. Das Wasser verlässt den Elektrolyseur zusammen mit dem bei der Wasserelektrolyse erzeugten Sauerstoffgas an dem Rückflussanschluss (dann auch als O₂-Ausgang bezeichnet) des Elektrolyseurs und wird in den Vorratsbehälter zurückgeführt. Der Anteil des Wassers, der mittels des Elektrolyseurs zerlegt wird, beträgt 0,8 ml/min (Milliliter pro Minute). Der restliche Anteil des Wassers kann zur Kühlung des Elektrolyseurs beitragen.

10 Gemäß einem Arbeitsbeispiel 23 wird eine (z.B. 1 Liter fassende) Labor-Glasflasche als Vorratsbehälter verwendet. Die Labor-Glasflasche wird zur Befüllung und Entleerung aus dem Ausgangsmaterialeingang (z.B. dessen Schraubverschluss) entnommen. In die Labor-Glasflasche hinein ragt von oben eine flexible Kombinationssonde zu Messung von Leitfähigkeit, Temperatur und Füllstand des Vorratswassers in der Labor-Glasflasche. Der Wasserstoffanschluss (dann auch als H₂-Ausgang bezeichnet) des Elektrolyseurs ist fluidleitend mit einer
15 zusätzlichen (z.B. 1 Liter fassenden) Labor-Glasflasche als Behälter des Gasmischglieds gekoppelt, in welchem die Abscheidung von Wassertropfen erfolgt. Die zusätzliche Labor-Glasflasche ist ebenso entnehmbar montiert, so dass deren Entleerung durch den Bediener nach der Regenerierung erfolgen kann. In der zusätzlichen Labor-Glasflasche erfolgt die Mischung des Wasserstoffgases mit Inertgas (z.B. Stickstoffgas) zu dem Regeneriergas. Der Zufluss des Inertgases in die zusätzliche Labor-Glasflasche kann mittels eines Nadelventils als Justage-Stellglied beeinflusst
20 werden, welches, einmal justiert, beispielsweise in der Regel nur in einem Fehlerfall oder einer Wartung neu eingestellt wird. Das Nadelventil koppelt die zusätzliche Labor-Glasflasche mit dem Inertgaseingang, an welchen beispielsweise die an die Filtervorrichtung angeschlossene Inertgasquelle angeschlossen ist. Der von der Inertgasquelle bereitgestellte Druck (beispielsweise ungefähr 6 bar über Atmosphärendruck) wird dabei reduziert auf ungefähr 0,5 bar über Atmosphärendruck, was dann der Druck des Regeneriergases ist. Diese begünstigt, dass der
25 Durchfluss des Regeneriergases durch die Filtervorrichtung hinreichend invariant ist gegenüber Schwankungen des Gegendrucks in der Filtervorrichtung, was es ermöglicht, ohne einen zusätzlichen Druck- oder Durchflussregler auszukommen, und so Kosten spart.

Gemäß einem Arbeitsbeispiel 24 wird eine Abweichung der chemischen Ist-Zusammensetzung des Regeneriergases von der chemischen Soll-Zusammensetzung (z.B. angegeben als Verhältnis von Wasserstoffgas zu Inertgas)
30 minimiert. Dazu wird der Druck des Inertgases, dem das Gasmischglied und/oder der Inertgaseingang 108 ausgesetzt sind, überwacht mittels des zweiten Messglieds. Das zweite Messglied weist zwei Druckschalter auf, welche Inertgases ausgesetzt sind, das von dem Inertgaseingang zu dem Gasmischglied strömt. Mittels der zwei Druckschalter wird überwacht, ob der Druck des Inertgases zwischen in einem Bereich zwischen einem Minimaldruck und Maximaldruck als Vorgabeintervall ist. Die Schalter sprechen beispielsweise an bei einem
35 blockiertem Regeneriergasanschluss oder ähnlichen Fehlern.

Gemäß einem Arbeitsbeispiel 25 erfolgt eine Versorgung des Elektrolyseurs (z.B. dessen PEM-Zelle) mit elektrischer Leistung mittels einer Gleichstrom-Konstantstromquelle, welche beispielsweise eine elektrische Spannung in einem Bereich zwischen 3 Volt (V) (z.B. 10 V) und 20 V und/oder eine elektrische Stromstärke in einem Bereich zwischen 10 Ampere (A) und 100 A zur Leistungsversorgung liefert. Die Leistungsversorgung (z.B. Stromversorgung) wird
40 unterbrochen in Antwort darauf, dass ein Fehlerzustand (dann auch als Störung bezeichnet) ermittelt wird. Der Fehlerzustand wird ermittelt, wenn mindestens ein sicherheitsrelevanter Betriebsparameter das Fehlerkriterium

erfüllt. Beispielsweise kann der Elektrolyseur im Betrieb eine elektrische Leistung aufnehmen in einem Bereich zwischen 100 Watt und 500 Watt, z.B. ungefähr 220 Watt.

Gemäß einem Arbeitsbeispiel 26 ist das Fehlerkriterium erfüllt, wenn der Inertgasdruck als sicherheitsrelevanter Betriebsparameter kleiner ist als eine Vorgabe, z.B. der Minimaldruck, und/oder größer ist als eine Vorgabe, z.B. der Maximaldruck. Alternativ oder zusätzlich ist das Fehlerkriterium erfüllt, wenn ermittelt wird, dass die Gasfördervorrichtung ausgefallen oder beeinträchtigt ist (z.B. mittels des zweiten Motorsensors).

Gemäß einem Arbeitsbeispiel 27 wird die Sicherheitsvorrichtung mittels einer Verschaltung von Relais als Schaltkreis bereitgestellt. Der Schaltkreis implementiert die Überwachung der Betriebsparameter Gasversorgungsvorrichtung. Dies erlaubt eine kostengünstige Implementierung, da keine speicherprogrammierbare Steuervorrichtung (PLC) als Sicherheitsvorrichtung benötigt wird. Alternativ oder zusätzlich erfolgt Visualisierung und/oder Beeinflussung der Betriebsparameter der Gasversorgungsvorrichtung, welche beispielsweise nicht sicherheitsrelevant sind, erfolgt mittels eines Systems, das eine Miniatur-PLC und ein Display aufweist zur Anzeige der wichtigsten Betriebsparameter.

Gemäß einem Arbeitsbeispiel 28 wird die Regenerationsphase, in welcher das Regenerationsgas erzeugt wird, initiiert mittels des Regenerationssignals, das von der Filtervorrichtung erzeugt wird, z.B. von deren Steuereinheit. Das Regenerationssignal ist ein 24 V-Signal, mittels dessen die Steuerventile (z.B. im Ventilblock) angesteuert werden.

Gemäß einem Arbeitsbeispiel 29 sind die Sicherheitsvorrichtung, der Wasserstoffgenerator, das Gasmischglied und der Vorratsbehälter in einem gasdichten Sicherheitsgehäuse angeordnet. Das Sicherheitsgehäuse wird mittels eines Gebläses ständig mit ausreichend Umgebungsluft durchströmt, welche an genau einem Luftausgang des Sicherheitsgehäuse (z.B. gedrosselt) austritt. Dies begünstigt, dass der Sicherheitsdruck im Sicherheitsgehäuse ein Überdruck ist, beispielsweise von maximal ungefähr 50 mbar (Millibar) über Atmosphärendruck. Dieser Sicherheitsdruck wird mittels eines Druckschalters überwacht, was eine Ausfallerkennung des Gebläses erleichtert. Der Volumenstrom der Umgebungsluft durch das Sicherheitsgehäuse hindurch ist derart eingerichtet, dass selbst bei Ausströmen der maximal möglichen Menge des erzeugten Wasserstoffgases, direkt in das Sicherheitsgehäuse eine sicherheitsrelevante Anreicherung von Wasserstoffgas gehemmt wird. Dazu kann der Volumenstrom der Umgebungsluft durch das Sicherheitsgehäuse hindurch beispielsweise mindestens ungefähr 50 l/min sein (was ungefähr 3 Kubikmeter pro Stunde entspricht).

Patentansprüche

1. Gasversorgungsvorrichtung (156) aufweisend:
 - einen Inertgaseingang (106) zum Aufnehmen von Inertgas;
 - einen Ausgangsmaterialeingang (104) zum Aufnehmen eines Ausgangsmaterials;
 - 5 • einen Wasserstoffgenerator (102) zum Freisetzen von Wasserstoffgas aus dem Ausgangsmaterial; und
 - einen Regenerationsgasausgang (108) zum Bereitstellen eines Regenerationsgases für eine Filtervorrichtung;
 - wobei die Gasversorgungsvorrichtung (156) eingerichtet ist zum Erzeugen des Regenerationsgases
 - 10 mittels Mischens des erzeugten Wasserstoffgases mit dem Inertgas.
2. Gasversorgungsvorrichtung (156) gemäß Anspruch 1, ferner ein Gasmischglied (240) zum Erzeugen des Regenerationsgases aufweisend, wobei das Gasmischglied (240) einen Kondensatabscheider aufweist, der
- 15 eingerichtet ist, Wasser abzuschcheiden, das mit dem von dem Wasserstoffgenerator (102) erzeugten Wasserstoffgas mitgeführt wird.
3. Gasversorgungsvorrichtung (156) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 2, wobei der Wasserstoffgenerator (102) einen Elektrolyseur aufweist.
- 20 4. Gasversorgungsvorrichtung (156) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Inertgas mittels eines Brauchgases bereitgestellt wird, das eine Verunreinigung aufweist und einen größeren Anteil des Inertgases aufweist als das Regenerationsgas.
5. Gasversorgungsvorrichtung (156) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, ferner eine Sicherheitsvorrichtung
- 25 aufweisend, welche eingerichtet ist, das Freisetzen von Wasserstoffgas zu unterbrechen, wenn ein Betriebsparameter der Gasversorgungsvorrichtung (156) ein Kriterium erfüllt, wobei der Betriebsparameter:
 - auf ein Versorgen des Wasserstoffgenerators (102) mit Wasser bezogen ist;
 - einen Druck einer Sicherheitsatmosphäre repräsentiert, in dem der Wasserstoffgenerator (102) angeordnet ist;
 - 30 • einen Druck des Regenerationsgases repräsentiert; und/oder
 - einen Druck des Inertgases repräsentiert.
6. Gasversorgungsvorrichtung (156) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, ferner ein Leitungsnetzwerk
- 35 aufweisend, welches eingerichtet ist:
 - in einem Regenerationsmodus das mittels des am Inertgaseingang (108) aufgenommene Inertgas dem Erzeugen des Regenerationsgases zuzuführen;
 - und in einem Trennmodus eingerichtet ist, das Regenerationsgas mittels des am Inertgaseingang (108) aufgenommenen Inertgases aus der Gasversorgungsvorrichtung (156) zu verdrängen.
- 40 7. Gasprozesssystem, aufweisend:
 - die Gasversorgungsvorrichtung (156) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6,
 - und die Filtervorrichtung (152), welche eingerichtet ist zum Filtern eines Brauchgases.

8. Gasprozesssystem, aufweisend:

- eine Arbeitsvorrichtung aufweisend einen Arbeitsbereich, wobei die Arbeitsvorrichtung (154) eingerichtet in dem Arbeitsbereich eine Atmosphäre aus einem Brauchgas bereitzustellen;
- eine Filtervorrichtung (152) zum Filtern des Brauchgases der Arbeitsvorrichtung, wobei die Filtervorrichtung (152) einen Regenerationsgaseingang aufweist zum Aufnehmen eines Regenerationsgases zum Regenerieren der Filtervorrichtung (152);
- eine Gasversorgungsvorrichtung (156), welche eingerichtet ist zum Erzeugen des Regenerationsgases mittels Mischens von Wasserstoff mit dem Brauchgas.

9. Gasprozesssystem gemäß einem der Ansprüche 7 bis 8, wobei die Filtervorrichtung (152) eingerichtet ist zum chemischen Binden von Sauerstoffgas als Verunreinigung des Brauchgases, vorzugsweise mittels eines Metalls.

10. Gasprozesssystem gemäß einem der Ansprüche 7 bis 9, ferner aufweisend:

- ein Kammergehäuse, in welchem der Wasserstoffgenerator (102) und vorzugsweise der Ausgangsmaterialeingang angeordnet sind, wobei das Kammergehäuse einen Kammerdeckel aufweist, welcher eingerichtet ist, in einem geschlossenen-Zustand des Kammergehäuses, eine Wartungsöffnung des Kammergehäuses gasdicht zu verschließen; und
- ein Gebläse, welche eingerichtet ist, dem Kammergehäuse Umgebungsluft zuzuführen, mittels welcher ein Überdruck in dem Kammergehäuse gebildet wird.

1 / 5

FIG. 1A

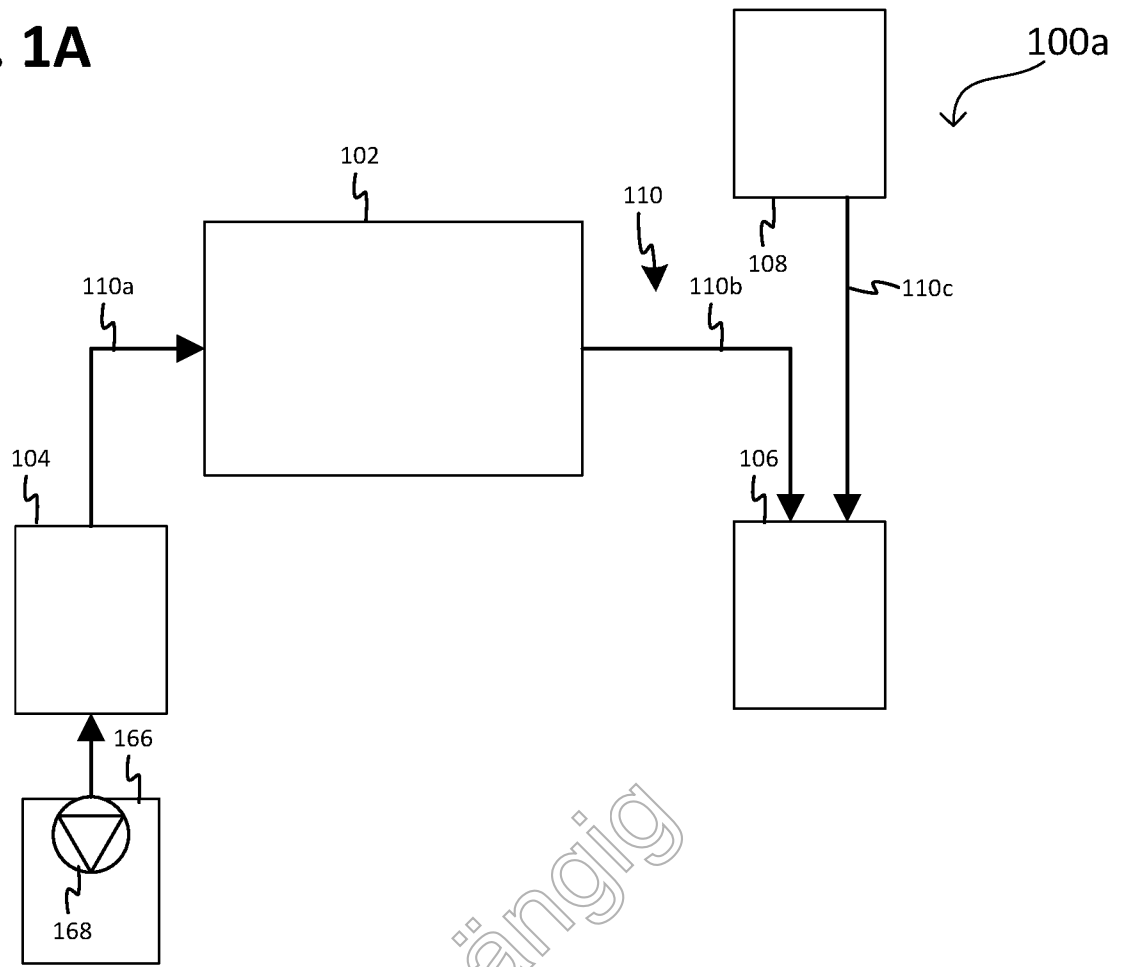


FIG. 1B

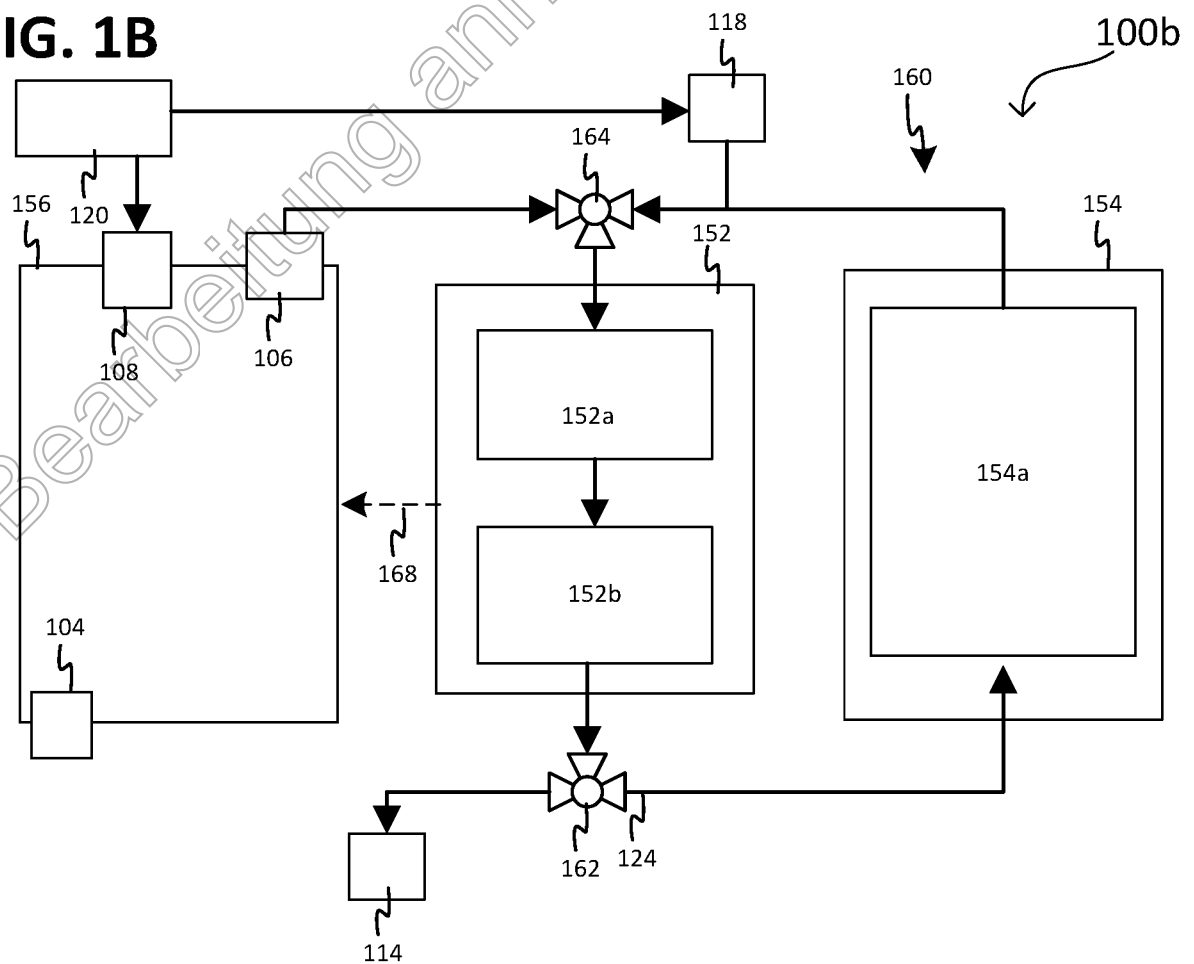
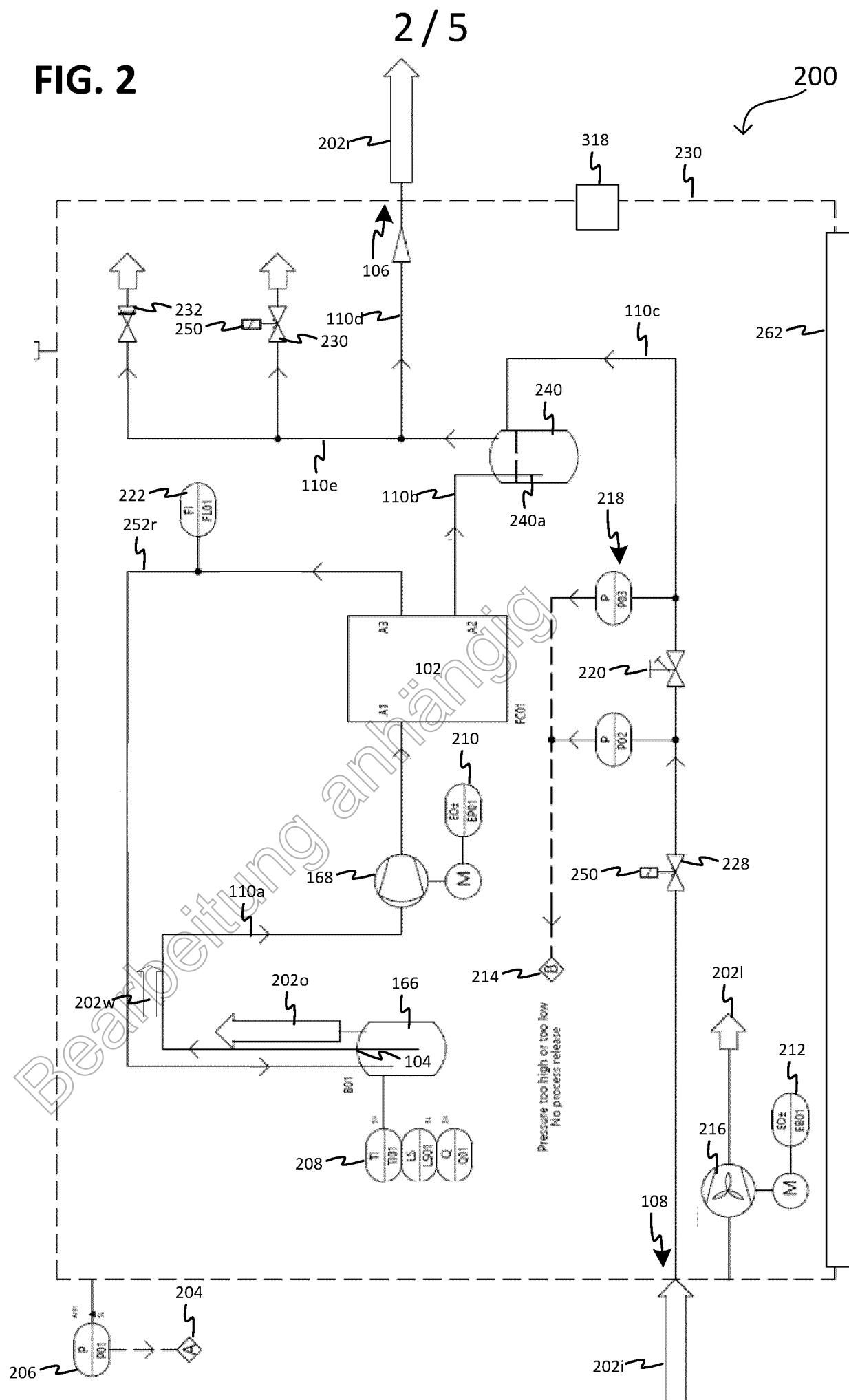


FIG. 2



3 / 5

FIG. 3A

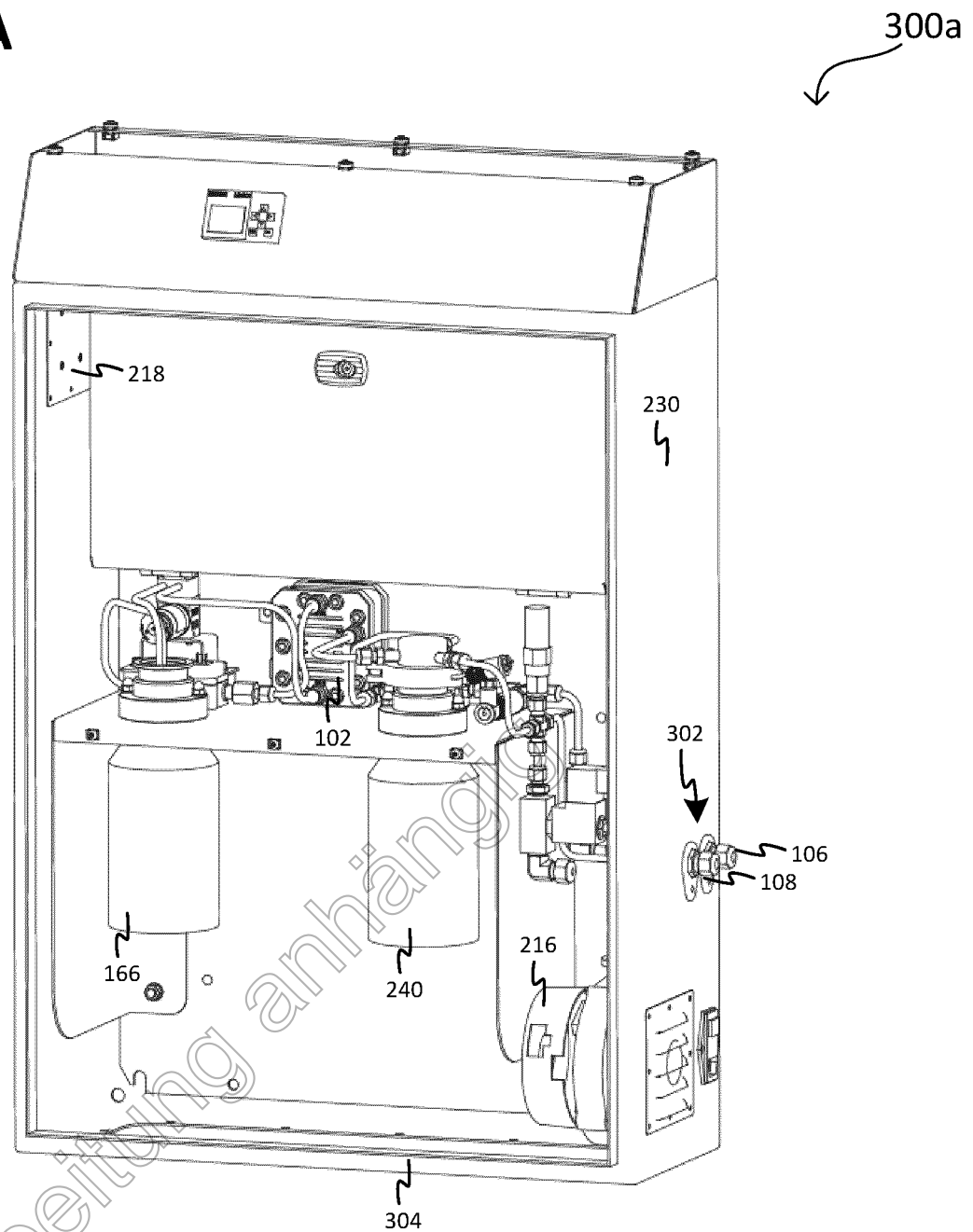


FIG. 3B

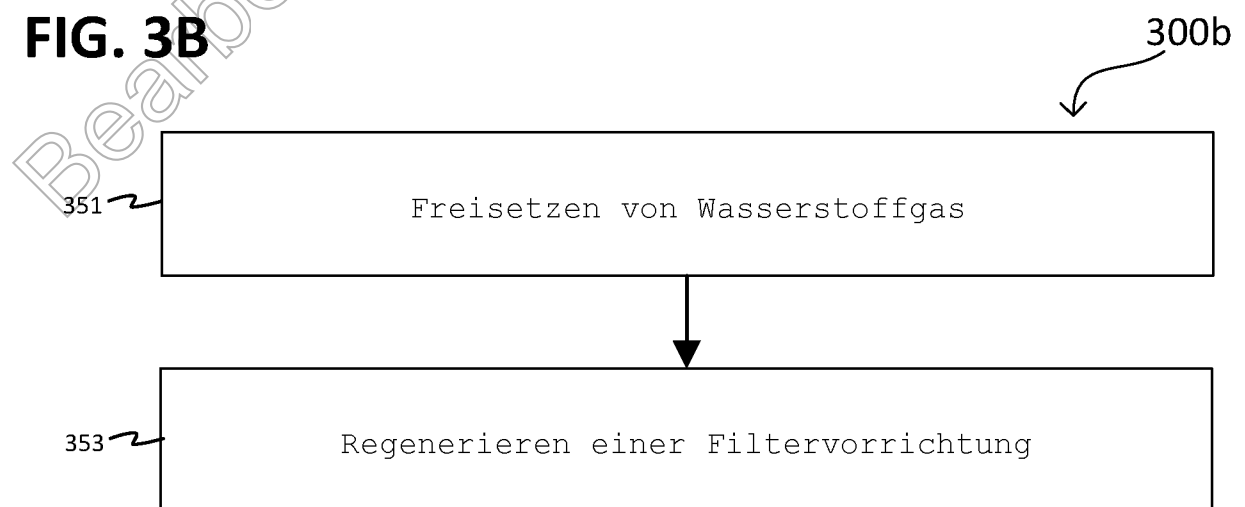


FIG. 4A

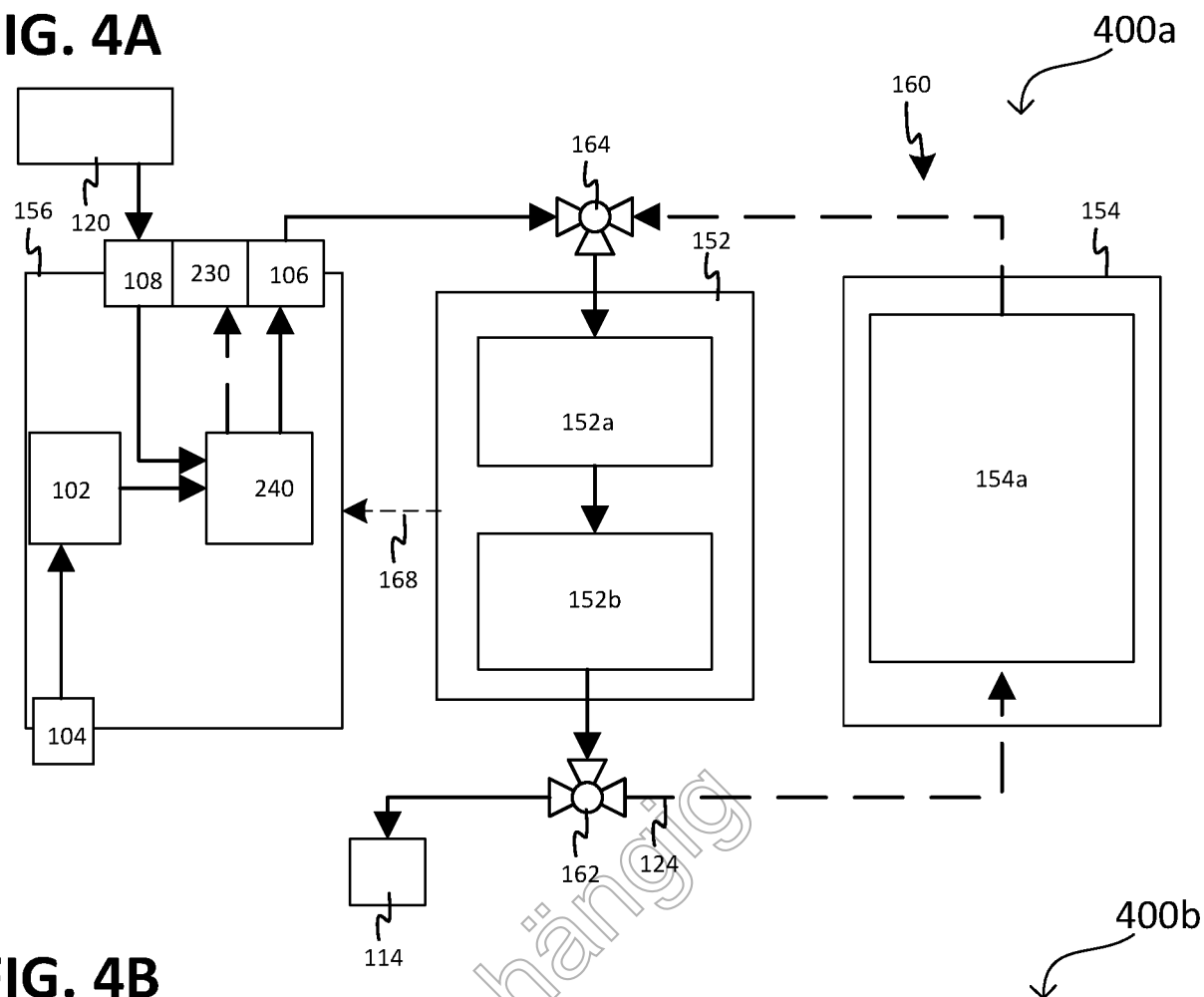
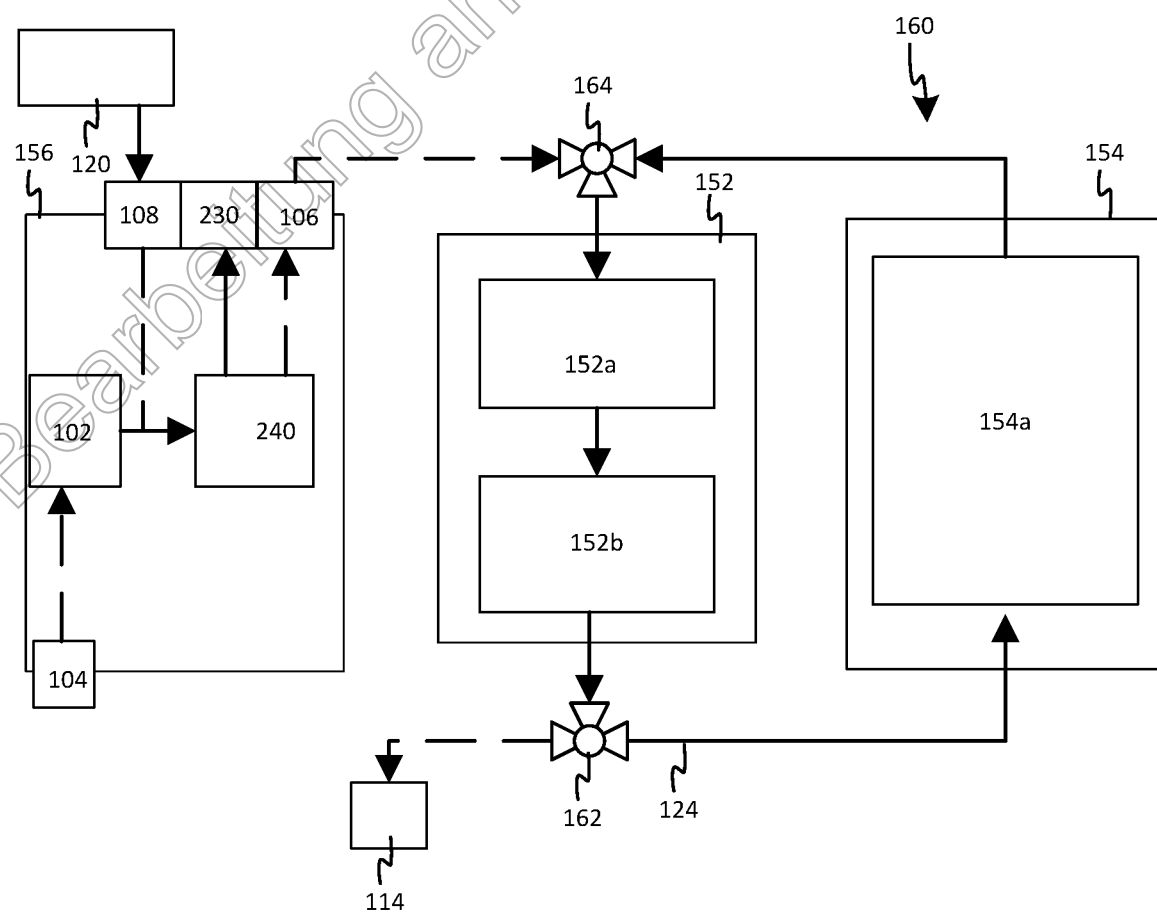


FIG. 4B



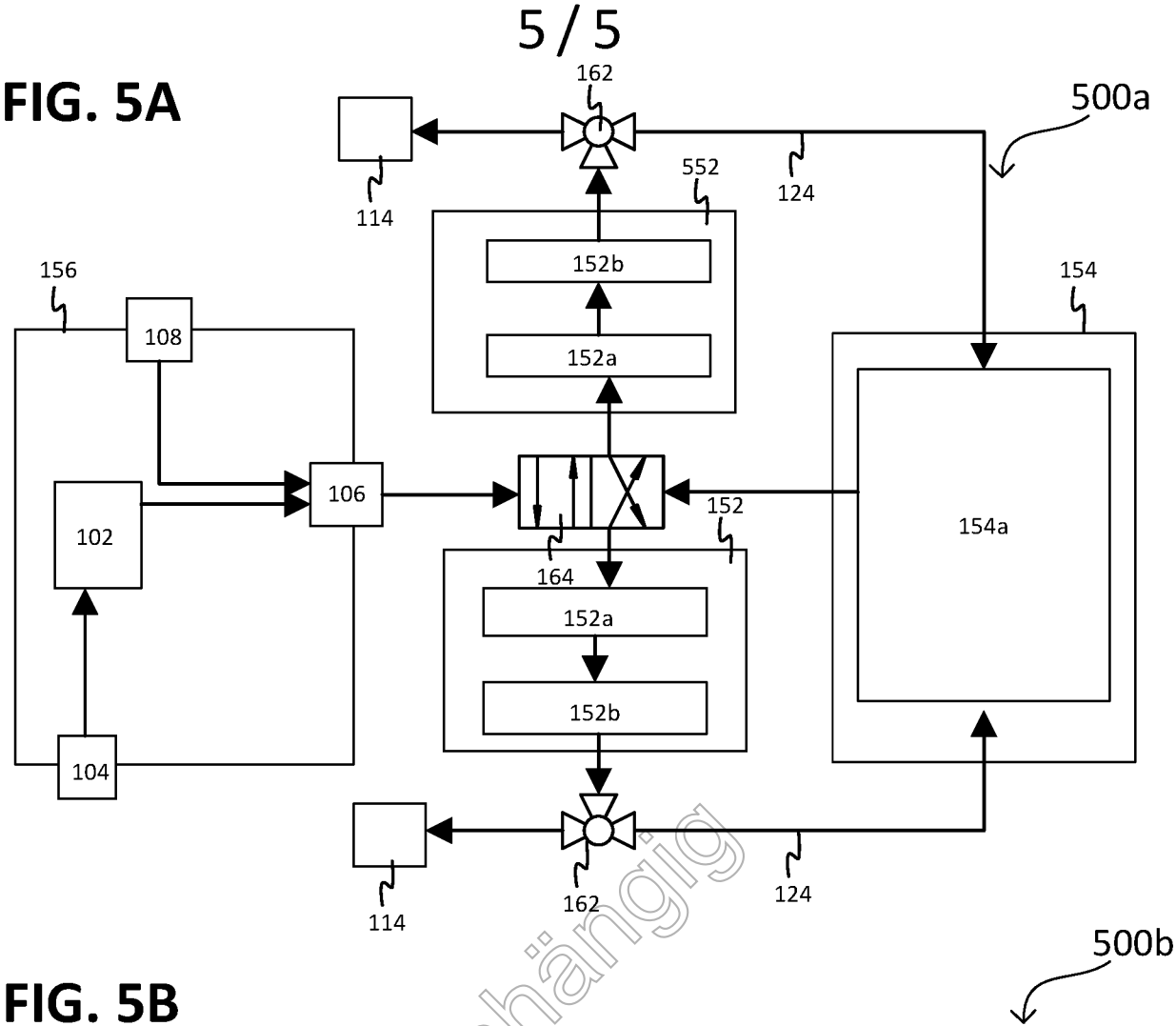


FIG. 1A

