

(19)



(11)

EP 2 204 219 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
07.07.2010 Patentblatt 2010/27

(51) Int Cl.:
A62C 99/00 (2010.01) A62C 35/62 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08171495.8**

(22) Anmeldetag: **12.12.2008**

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

(72) Erfinder:
• **Eberlein, Anselm**
30419, Hannover (DE)
• **Kersten, Peter Uwe**
63939, Würth am Main (DE)

(71) Anmelder: **Amrona AG**
6302 Zug (CH)

(74) Vertreter: **Rupprecht, Kay et al**
Meissner, Bolte & Partner GbR
Widenmayerstraße 48
80538 München (DE)

(54) **Inertisierungsverfahren zur Brandverhütung und/oder Feuerlöschung sowie Inertisierungsanlage zur Durchführung des Verfahrens**

(57) Die Erfindung betrifft ein Inertisierungsverfahren sowie eine Inertisierungsanlage (1) zur Brandverhütung und/oder Feuerlöschung, wobei zum Einstellen und/oder Halten eines vorgebbaren und im Vergleich zur normalen Umgebungsluft reduzierten Sauerstoffgehalts in der Raumatmosphäre eines umschlossenen Raumes (2) ein Gasseparationssystem (3, 4) vorgesehen ist, mit welchem von einem Stickstoff und Sauerstoff enthaltenden Ausgangs-Gasgemisch zumindest ein Teil des Sauerstoffs angetrennt und auf diese Weise am Ausgang (4a)

des Gasseparationssystems (3, 4) ein mit Stickstoff angereichertes Gasgemisch bereitgestellt wird. Um zu erreichen, dass ein vorgegebenes Inertisierungsniveau mit möglichst geringem Energieaufwand eingestellt und gehalten werden kann, ist erfindungsgemäß eine Steuereinrichtung (5) vorgesehen, welche ausgelegt ist, das Gasseparationssystem (3, 4) derart anzusteuern, dass der Sauerstoffrestgehalt des mit Stickstoff angereicherten Gasgemisches in Abhängigkeit von dem aktuell in der Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes (10) herrschenden Sauerstoffgehalt verändert wird.

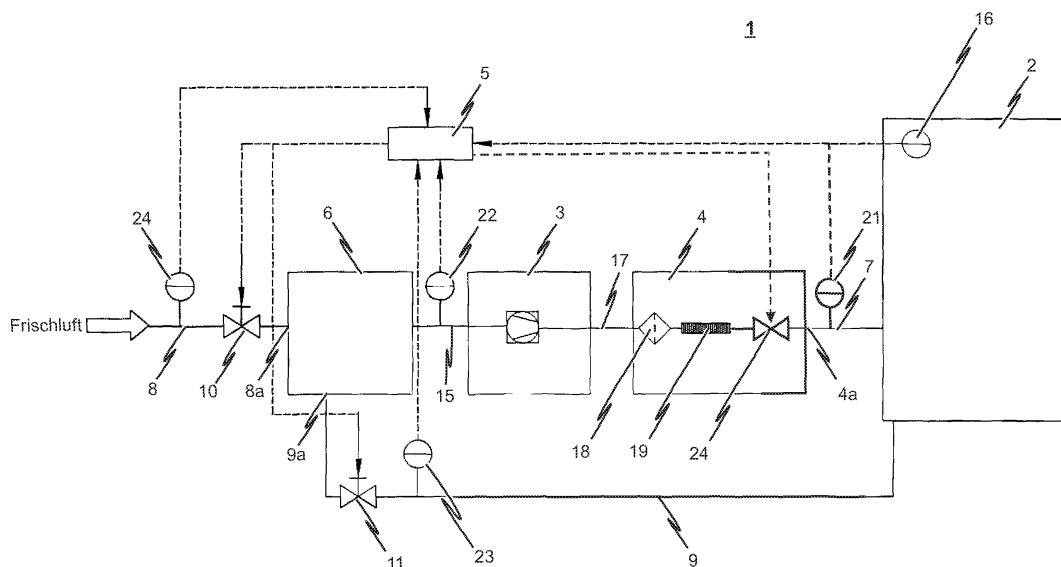


Fig. 1

EP 2 204 219 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Inertisierungsverfahren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1. Demgemäß betrifft die Erfindung ein Inertisierungsverfahren zur Brandverhütung und/oder Feuerlöschung, bei welchem in der Raumatmosphäre eines umschlossenen Raumes ein vorgebbarer und im Vergleich zur normalen Umgebungsluft reduzierter Sauerstoffgehalt eingestellt und gehalten wird. Hierzu wird ein Anfangs-Gasgemisch bereitgestellt, welches Sauerstoff, Stickstoff und ggf. weitere Komponenten aufweist, wobei aus diesem bereitgestellten Anfangs-Gasgemisch in einem Gasseparationssystem zumindest ein Teil des Sauerstoffs abgetrennt und auf diese Weise am Ausgang des Gasseparationssystems ein mit Stickstoff angereichertes Gasgemisch bereitgestellt wird, und wobei dieses mit Stickstoff angereicherte Gasgemisch in die Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes geleitet wird.

[0002] Die Erfindung betrifft ferner eine Inertisierungsanlage zum Einstellen und/oder Halten eines vorgebbaren und im Vergleich zur normalen Umgebungsluft reduzierten Sauerstoffgehalts in der Raumatmosphäre eines umschlossenen Raumes, wobei die Inertisierungsanlage ein Gasseparationssystem aufweist, mit welchem von einem Stickstoff und Sauerstoff enthaltenen Anfangs-Gasgemisch zumindest ein Teil des Sauerstoffs abgetrennt und auf diese Weise am Ausgang des Gasseparationssystems ein mit Stickstoff angereichertes Gasgemisch bereitgestellt wird, und wobei die Inertisierungsanlage ein Zuführleitungssystem aufweist zum Zuführen des mit Stickstoff angereicherten Gasgemisches zu dem umschlossenen Raum.

[0003] Bei einer Inertisierungsanlage der zuvor genannten Art handelt es sich insbesondere um eine Anlage zur Minderung des Risikos und zum Löschen von Bränden in einem zu überwachenden Schutzraum, wobei zur Brandverhütung bzw. Brandbekämpfung der Schutzraum dauerinertisiert wird. Die Wirkungsweise einer solchen Inertisierungsanlage beruht auf der Kenntnis, dass in umschlossenen Räumen der Brandgefahr dadurch begegnet werden kann, dass in dem betroffenen Bereich die Sauerstoffkonzentration im Normalfall auf einem Wert von beispielsweise etwa 12 bis 15 Vol.-% dauerhaft abgesenkt wird. Bei dieser Sauerstoffkonzentration können die meisten brennbaren Materialien nicht mehr brennen. Haupteinsatzgebiet sind insbesondere EDV-Bereiche, elektrische Schalt- und Verteilerräume, umschlossene Einrichtungen sowie Lagerbereiche mit hochwertigen Wirtschaftsgütern.

[0004] Die bei dem Inertisierungsverfahren resultierende Präventions- bzw. Löschwirkung beruht dabei auf dem Prinzip der Sauerstoffverdrängung. Normale Umgebungsluft besteht bekanntlich zu etwa 21 Vol.-% aus Sauerstoff, zu etwa 78 Vol.-% aus Stickstoff und zu etwa 1 Vol.-% aus sonstigen Gasen. Um in einem Schutzraum das Risiko der Entstehung eines Brandes wirksam verringern zu können, wird die Sauerstoffkonzentration in

dem betreffenden Raum durch Einleiten von Inertgas, wie beispielsweise Stickstoff, verringert. Im Hinblick auf die Brandlöschung von den meisten Feststoffen ist es bekannt, dass eine Löschwirkung bereits dann einsetzt, wenn der Sauerstoffanteil unter 15 Vol.-% absinkt. Abhängig von den in dem Schutzraum vorhandenen brennbaren Materialien kann ein weiteres Absenken des Sauerstoffanteils auf beispielsweise 12 Vol.-% erforderlich sein. Demnach kann durch eine Dauerinertisierung des Schutzraumes auch das Risiko der Entstehung eines Brandes in dem Schutzraum in effektiver Weise vermindert werden.

[0005] Der vorliegenden Erfindung liegt die Problemstellung zugrunde, eine Inertisierungsanlage der eingangs genannten Art derart weiterzubilden, dass in möglichst wirtschaftlicher Weise in dem umschlossenen Raum ein vorab festgelegtes Inertisierungsniveau eingestellt und aufrechterhalten werden kann. Insbesondere soll eine Lösung angegeben werden, mit der die bei der Inertisierung eines umschlossenen Raumes anfallenden Betriebskosten reduziert werden können. Des Weiteren soll ein entsprechendes Inertisierungsverfahren angegeben werden, welches eine kostengünstige Inertisierung und insbesondere Dauerinertisierung eines umschlossenen Raumes gewährleistet.

[0006] Im Hinblick auf das Verfahren wird diese Aufgabe mit einem Inertisierungsverfahren der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der Sauerstoffrestgehalt des am Ausgang des Gasseparationssystems bereitgestellten und mit Stickstoff angereicherten Gasgemisches in Abhängigkeit von dem aktuell in der Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes herrschenden Sauerstoffgehalt verändert wird.

[0007] Im Hinblick auf die Vorrichtung wird die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe mit einer Inertisierungsanlage der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass eine Steuereinrichtung vorgesehen ist, welche ausgelegt ist, das Gasseparationssystem derart anzusteuern, dass der Sauerstoffrestgehalt des mit Stickstoff angereicherten Gasgemisches in Abhängigkeit von dem aktuell in der Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes herrschenden Sauerstoffgehalt verändert wird.

[0008] Der Erfindung liegt dabei die Erkenntnis zugrunde, dass die Stickstoff-Reinheit des am Ausgang des Gasseparationssystems bereitgestellten und mit Stickstoff angereicherten Gasgemisches bzw. der Sauerstoffrestgehalt des am Ausgang des Gasseparationssystems bereitgestellten und mit Stickstoff angereicherten Gasgemisches einen Einfluss auf die sogenannte "Absenkezeit" hat. Unter dem Begriff "Absenkezeit" ist die Zeitdauer zu verstehen, welche erforderlich ist, um in der Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes ein vorgegebenes Inertisierungsniveau einzustellen.

[0009] Im Einzelnen wurde vorliegend erkannt, dass mit zunehmender Stickstoff-Reinheit der Luftfaktor des Gasseparationssystems exponentiell ansteigt.

[0010] Unter dem Begriff "Luftfaktor" ist das Verhältnis

der pro Zeiteinheit dem Gasseparationssystem bereitgestellten Menge an Anfangs-Gasgemisch zur pro Zeiteinheit am Ausgang des Gasseparationssystems bereitgestellten Menge an mit Stickstoff angereichertem Gas zu verstehen. Bei einem Stickstoffherzeuger ist üblicherweise die Stickstoff-Reinheit am Ausgang des Gasseparationssystems frei wählbar und kann am Stickstoffgenerator eingestellt werden. Dabei gilt grundsätzlich, dass die Betriebskosten des Stickstoffgenerators umso günstiger sind, je niedriger die eingestellte Stickstoff-Reinheit ausfällt. Dann nämlich kann mit vergleichsweise kurzer Laufzeit des Kompressors am Ausgang des Gasseparationssystems ein mit Stickstoff angereichertes Gasgemisch mit der eingestellten Stickstoff-Reinheit bereitgestellt werden.

[0011] Im Hinblick auf die bei der Inertisierung des Raumes anfallenden Betriebskosten der Inertisierungsanlage müssen jedoch weitere Faktoren berücksichtigt werden. Hierzu gehören insbesondere Spülfaktoren, um mit Hilfe des am Ausgang des Gasseparationssystems bereitgestellten und mit Stickstoff angereicherten Gasgemisches den Sauerstoff in der Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes soweit zu verdrängen, dass das vorgegebene Inertisierungsniveau erreicht wird bzw. aufrechterhalten bleiben kann. Zu diesen Spülfaktoren gehören insbesondere die pro Zeiteinheit von dem Gasseparationssystem bereitstellbare Menge an mit Stickstoff angereichertem Gas, das Raumvolumen des umschlossenen Raumes und die Differenz zwischen dem aktuell in der Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes herrschenden Sauerstoffgehalt und dem Sauerstoffgehalt, der dem vorgegebenen Inertisierungsniveau entspricht. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass im Hinblick auf die Absenkezeit die Stickstoff-Reinheit des am Ausgang des Gasseparationssystems bereitgestellten Gasgemisches bzw. der Sauerstoffrestgehalt des mit Stickstoff angereicherten Gasgemisches ebenfalls eine entscheidende Rolle spielt, da der Spülvorgang schneller von statten geht, je geringer der Sauerstoffrestgehalt in dem mit Stickstoff angereicherten Gasgemisch ist.

[0012] Unter dem hier verwendeten Begriff "Gasseparationssystem" ist ein System zu verstehen, mit dem aus einem Anfangs-Gasgemisch, welches zumindest die Komponenten "Sauerstoff" und "Stickstoff" aufweist, eine Aufteilung in mit Sauerstoff angereichertes Gas sowie in mit Stickstoff angereichertes Gas erfolgen kann. Üblicherweise basiert die Funktionsweise eines derartigen Gasseparationssystems auf der Wirkung von Gasseparationsmembranen. Das bei der vorliegenden Erfindung zum Einsatz kommende Gasseparationssystem ist in der ersten Linie zur Abscheidung von Sauerstoff aus dem Anfangs-Gasgemisch konzipiert. Ein derartiges Gasseparationssystem wird häufig auch als "Stickstoffgenerator" bezeichnet.

[0013] Bei einem derartigen Gasseparationssystem kommt beispielsweise ein Membranmodul oder dergleichen zum Einsatz, in welchem die verschiedenen in dem Anfangs-Gasgemisch enthaltenen Komponenten (wie

beispielsweise Sauerstoff, Stickstoff, Edelgase etc.) entsprechend ihrer molekularen Struktur unterschiedlich schnell durch die Membrane diffundieren. Als Membrane kann eine Hohlfasermembrane zum Einsatz kommen. Sauerstoff, Kohlendioxid und Wasserstoff haben einen hohen Diffusionsgrad und verlassen aufgrund dessen bei der Durchströmung des Membranmoduls das Anfangs-Gasgemisch relativ schnell. Stickstoff mit einem niedrigen Diffusionsgrad durchdringt die Hohlfasermembrane des Membranmoduls sehr langsam und reichert sich auf diese Weise beim Durchströmen der Hohlfaser bzw. des Membranmoduls an. Die Stickstoff-Reinheit bzw. der Sauerstoffrestgehalt in dem aus dem Gasseparationssystem austretenden Gasgemisch wird von der Durchströmgeschwindigkeit bestimmt. Durch die Variation von Druck und Volumenstrom lässt sich das Gasseparationssystem auf die geforderte Stickstoff-Reinheit und nötige Stickstoffmenge einstellen. Im Einzelnen wird die Reinheit des Stickstoffes durch die Geschwindigkeit, mit der das Gas durch die Membrane strömt (Verweilzeit), geregelt.

[0014] Das abgeschiedene, mit Sauerstoff angereicherte Gasgemisch wird üblicherweise gesammelt und unter atmosphärischem Druck in die Umgebung abgelassen. Das komprimierte, mit Stickstoff angereicherte Gasgemisch wird am Ausgang des Gasseparationssystems bereitgestellt. Bei der Analyse der Produktgas-Zusammensetzung erfolgt die Messung über den Sauerstoffrestgehalt in Vol.-%. Der Stickstoffgehalt wird berechnet, indem der gemessene Sauerstoffrestgehalt von 100 % abgezogen wird. Dabei ist zu berücksichtigen, dass dieser Wert zwar als Stickstoffgehalt bzw. Stickstoff-Reinheit bezeichnet wird, es sich aber faktisch um den Inertgehalt handelt, da sich dieser Teilstrom nicht nur aus Stickstoff, sondern auch aus anderen Gaskomponenten, wie beispielsweise Edelgasen, zusammensetzt.

[0015] Üblicherweise wird das Gasseparationssystem bzw. der Stickstoffgenerator mit Druckluft gespeist, die von vorgeschalteten Filtereinheiten gereinigt wird. Grundsätzlich ist es möglich, zur Bereitstellung des mit Stickstoff angereicherten Gases ein Druckwechselverfahren (PSA-Technologie) anzuwenden, die mit zwei Molekularsiebbetten arbeitet, wobei beide Siebe abwechselnd von einem Filtermodus in einen Regenerationsmodus geschaltet werden, wodurch der Strom von mit Stickstoff angereichertem Gas gewährt wird.

[0016] Wenn beispielsweise im Stickstoffgenerator eine Membrantechnik zum Einsatz kommt, wird die allgemeine Erkenntnis ausgenutzt, dass verschiedene Gase unterschiedlich schnell durch Materialien diffundieren. Beim Stickstoffgenerator werden in diesem Fall die unterschiedlichen Diffusionsgeschwindigkeiten der Hauptbestandteile der Luft, nämlich Stickstoff, Sauerstoff und Wasserdampf, technisch zur Erzeugung eines Stickstoffstromes bzw. einer mit Stickstoff angereicherten Luft genutzt. Im Einzelnen wird zur technischen Realisierung eines auf der Membrantechnik basierenden Stickstoff-

generators auf die Außenflächen von Hohlfasermembranen ein Separationsmaterial aufgebracht, durch welches Wasserdampf und Sauerstoff sehr gut diffundieren. Der Stickstoff hingegen besitzt für dieses Separationsmaterial nur eine geringe Diffusionsgeschwindigkeit. Wird die derart präparierte Hohlfaser innen von Luft durchströmt, diffundieren Wasserdampf und Sauerstoff schnell durch die Hohlfaserwandung nach außen, während der Stickstoff weitgehend im Faserinneren gehalten wird, so dass während des Durchganges durch die Hohlfaser eine starke Aufkonzentration des Stickstoffes stattfindet. Die Effektivität dieses Trennungsvorganges ist im Wesentlichen von der Strömungsgeschwindigkeit in der Faser und der Druckdifferenz über die Hohlfaserwandung hinweg abhängig. Mit sinkender Strömungsgeschwindigkeit und/oder höherer Druckdifferenz zwischen Innen- und Außenseite der Hohlfasermembran steigt die Reinheit des resultierenden Stickstoffstromes an. Allgemein ausgedrückt kann somit bei einem auf der Membrantechnik basierenden Stickstoffgenerator der Grad der Stickstoffanreicherung in der vom Stickstoffgenerator bereitgestellten mit Stickstoff angereicherten Luft in Abhängigkeit von der Verweilzeit der von der Druckluftquelle bereitgestellten Druckluft in dem Luftseparationssystem des Stickstoffgenerators gesteuert werden.

[0017] Wenn andererseits beispielsweise im Stickstoffgenerator die PSA-Technik zum Einsatz kommt, werden unterschiedliche Bindungsgeschwindigkeiten des Luftsauerstoffes und Luftstickstoffes an speziell behandelte Aktivkohle ausgenutzt. Dabei ist die Struktur der verwendeten Aktivkohle so verändert, dass eine extrem große Oberfläche mit einer großen Anzahl von Mikro- und Submikroporen ($d < 1 \text{ nm}$) vorhanden ist. Bei dieser Porengröße diffundieren die Sauerstoffmoleküle der Luft wesentlich schneller in die Poren hinein, als die Stickstoffmoleküle, so dass sich die Luft in der Umgebung der Aktivkohle mit Stickstoff anreichert. Bei einem auf der PSA-Technik basierenden Stickstoffgenerator kann daher - wie auch bei einem auf der Membrantechnik basierenden Generator - der Grad der Stickstoffanreicherung in der vom Stickstoffgenerator bereitgestellten mit Stickstoff angereicherten Luft in Abhängigkeit von der Verweilzeit der von der Druckluftquelle bereitgestellten Druckluft in dem Stickstoffgenerators gesteuert werden.

[0018] Wie bereits angedeutet, liegt der erfindungsgemäßen Lösung die Erkenntnis zugrunde, einerseits dass mit zunehmender Stickstoff-Reinheit der Luftfaktor des Gasseparationssystems exponentiell ansteigt, und andererseits dass zum Einstellen eines vorgegebenen Inertisierungsniveaus der Kompressor der Inertisierungsanlage um so länger laufen muss, je geringer die Differenz zwischen dem in der Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes aktuell herrschenden Sauerstoffgehalt und dem Sauerstoffrestgehalt in dem mit Stickstoff angereichertem Gasgemisch ist. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass der Zeitdauer des Absenkvorganges eines zu inertisierenden Raumes, sei es für die Halterege- lung des Raumes bei einem festen Restsauerstoffgehalt

oder während des Absenkens auf ein neues Absenkungsniveau, der Energieverbrauch der Inertisierungsanlage nahezu direkt proportional ist, da der dem Gasseparationssystem vorgeschaltete Kompressor auf seinem Arbeitspunkt mit optimalen Wirkungsgrad digital gefahren wird.

[0019] Demnach bleibt festzuhalten, dass - wenn für die Stickstoff-Reinheit ein niedriger Wert von beispielsweise nur 90 Vol.-% gewählt wird - die Inertisierungsanlage zum Einstellen eines Inertisierungsniveaus relativ lange betrieben werden muss. Wird der Wert der Stickstoff-Reinheit beispielsweise auf 95 Vol.-% erhöht, erhöht sich ebenfalls die Differenz zwischen dem Sauerstoffgehalt des einzustellenden Inertisierungsniveaus und dem Sauerstoffrestgehalt des am Ausgang des Gasseparationssystems bereitgestellten Gasgemisches, was für sich genommen die zum Einstellen eines Inertisierungsniveaus notwendige Laufzeit des Kompressors und somit den Energieverbrauch der Inertisierungsanlage herabsetzt. Allerdings kommt hier noch der Umstand zum Tragen, dass sich bei Erhöhung der Stickstoff-Reinheit am Ausgang des Gasseparationssystems zwangsläufig auch der Luftfaktor erhöht. Im Hinblick auf die zum Einstellen eines Inertisierungsniveaus erforderliche Laufzeit des Kompressors bzw. den Energieverbrauch der Inertisierungsanlage wirkt sich dieser Umstand negativ aus. Dieser negative Einfluss überwiegt, wenn die durch Erhöhung der Stickstoff-Reinheit bedingte Zunahme des Luftfaktors merklich wird.

[0020] Entgegen den üblichen aus dem Stand der Technik bekannten Systemen, bei denen für die Stickstoff-Reinheit ein fester Wert gewählt wird, wurde bei der erfindungsgemäßen Lösung erkannt, dass bei der Inertisierung des umschlossenen Raumes der Sauerstoffrestgehalt in dem am Ausgang des Gasseparationssystems bereitgestellten und mit Stickstoff angereicherten Gasgemisch an den aktuell in der Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes herrschenden Sauerstoffgehalt vorzugsweise automatisch oder wahlweise automatisch anzupassen ist, um auf diese Weise die Stickstoff-Reinheit des Gasseparationssystems auf einen zeitoptimalen Wert einzustellen.

[0021] Unter dem hier verwendeten Begriff "zeitoptimierter Wert der Stickstoff-Reinheit" ist die Stickstoff-Reinheit des Gasseparationssystems bzw. der Restsauerstoffgehalt in dem am Ausgang des Gasseparationssystems bereitgestellten und mit Stickstoff angereicherten Gasgemisches zu verstehen, mit welchem bei einer definierten Inertisierungsanlage, bei welcher die pro Zeiteinheit bereitstellbare Menge an mit Stickstoff angereichertem Gasgemisch konstant ist, die Zeitdauer für den Absenkvorgang von einem aktuellen Sauerstoffgehalt auf einen vorgegebenen und einem Inertisierungsniveau entsprechenden Sauerstoffgehalt ein Minimum annimmt.

[0022] Vorteilhafte Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Lösung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0023] In einer bevorzugten Realisierung des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahren ist vorgesehen, dass der Sauerstoffrestgehalt des mit Stickstoff angereicherten Gasgemisches bzw. die Stickstoff-Reinheit des Gasseparationssystems vorzugsweise automatisch gemäß einer vorab ermittelten Kennlinie eingestellt wird. Diese Kennlinie gibt den zeitoptimierten Verlauf des Sauerstoffrestgehaltes in dem mit Stickstoff angereicherten Gasgemisch gegenüber dem Sauerstoffgehalt in der Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes an. Hierbei sind unter dem Ausdruck "zeitoptimierter Verlauf des Sauerstoffrestgehaltes" die von dem Sauerstoffgehalt in der Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes abhängigen zeitoptimierten Werte des Sauerstoffrestgehaltes zu verstehen. Wie bereits angedeutet, entspricht der zeitoptimierte Wert des Sauerstoffrestgehaltes dem Wert des Sauerstoffrestgehaltes, der bei dem Gasseparationssystem zu wählen ist, damit mit Hilfe des Inertisierungsverfahrens in der Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes innerhalb kürzester Zeit ein vorgebbarer und im Vergleich zur normalen Umgebungsluft reduzierter Sauerstoffgehalt einstellbar ist.

[0024] Die Kennlinie, nach welcher bei der bevorzugten Realisierung des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahren der Sauerstoffrestgehalt abhängig von dem in der Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes aktuell herrschenden Sauerstoffgehalt eingestellt wird, ist für das Gasseparationssystem bzw. die Inertisierungsanlage vorab ermittelt (gemessen oder berechnet) worden.

[0025] Da bei der erfindungsgemäßen Lösung die Stickstoff-Reinheit des Gasseparationssystems bzw. der Sauerstoffrestgehalt in dem mit Stickstoff angereicherten Gasgemisch vorzugsweise automatisch abhängig von dem in der Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes aktuell herrschenden Sauerstoffgehalt eingestellt wird, um auf diese Weise mit möglichst geringen Betriebskosten eine Inertisierung des Raumes vornehmen zu können, ist es bevorzugt, wenn kontinuierlich oder zu vorgegebenen Zeiten und/oder Ereignissen der aktuelle Sauerstoffgehalt in der Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes entweder direkt oder indirekt gemessen wird. Ferner ist es bevorzugt, wenn kontinuierlich oder zu vorgegebenen Zeiten und/oder Ereignissen der Sauerstoffrestgehalt in dem mit Stickstoff angereicherten Gasgemisch auf einen vorab festgelegten, zeitoptimierten Wert eingestellt wird. Dieser vorab festgelegte, zeitoptimierte Wert sollte einem Sauerstoffrestgehalt entsprechen, bei welchem mit dem Inertisierungsverfahren der Sauerstoffgehalt in der Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes innerhalb kürzester Zeit um einen vorgegebenen Absenkungsbetrag auf den jeweils aktuellen Sauerstoffgehalt absenkbar ist.

[0026] In einer bevorzugten Weiterentwicklung der erfindungsgemäßen Lösung ist vorgesehen, dass nicht nur die Stickstoff-Reinheit des Gasseparationssystems abhängig von dem in der Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes aktuell herrschenden Sauerstoffgehalt

verändert wird, sondern dass auch der Sauerstoffgehalt in dem Anfangs-Gasgemisch abhängig von dem in der Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes aktuell herrschenden Sauerstoffgehalt verändert wird. Hierbei wird die Kennlinie ausgenutzt, dass der Luftfaktor des Gasseparationssystems herabgesetzt werden kann, wenn das Anfangs-Gasgemisch, mit welchem das Gasseparationssystem versorgt wird, einen reduzierten Sauerstoffgehalt aufweist.

[0027] Demnach ist in einer bevorzugten Realisierung der erfindungsgemäßen Lösung vorgesehen, dass zum Bereitstellen des Anfangs-Gasgemisches ein Teil der in dem umschlossenen Raum enthaltenen Raumluft in geregelter Weise dem Raum entnommen und dem entnommenen Teil der Raumluft in geregelter Weise Frischluft zugeführt wird. Um dabei zu verhindern, dass sich der Druck im Inneren des umschlossenen Raumes durch die Zufuhr von mit Stickstoff angereichertem Gas bzw. durch das Abführen von einem Teil der Raumluft verändert, ist die Menge der Frischluft, die der dem Raum entnommenen Raumluft zugemischt wird, so gewählt, dass die Menge der pro Zeiteinheit dem Raum entnommenen Raumluft identisch ist mit der Menge des mit Stickstoff angereicherten Gasgemisches, welches am Ausgang des Gasseparationssystems bereitgestellt und pro Zeiteinheit in die Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes geleitet wird.

[0028] Im Folgenden wird eine bevorzugte Realisierung der erfindungsgemäßen Inertisierungsanlage anhand der beigefügten Zeichnungen beschrieben.

[0029] Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Ansicht einer Inertisierungsanlage gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 eine schematische Ansicht einer Inertisierungsanlage gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 3 eine graphische Darstellung des Luftfaktors gegenüber der Stickstoff-Reinheit bei der Inertisierungsanlage gemäß Fig. 1 oder Fig. 2, sowie eine graphische Darstellung der Absenkezeit gegenüber der Stickstoff-Reinheit, und zwar bei der Absenkung des Sauerstoffgehaltes von ursprünglich 17,4 Vol.-% auf 17,0 Vol.-% sowie bei einer Absenkung des Sauerstoffgehaltes von ursprünglich 13,4 Vol.-% auf 13,0 Vol.-%;

Fig. 4 eine graphische Darstellung der zeitoptimierten Stickstoff-Reinheit gegenüber dem aktuellen Sauerstoffgehalt in der Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes bei der Inertisierungsanlage gemäß Fig. 1 oder Fig. 2;

Fig. 5 eine graphische Darstellung des Luftfaktors des Gasseparationssystems bei der Inertisie-

rungsanlage gemäß Fig. 1 oder Fig. 2 gegenüber dem Sauerstoffgehalt des Anfangs-Gasgemisches, welches dem Gasseparationssystem zugeführt wird, um zumindest ein Teil des Sauerstoffes aus dem Anfangs-Gasgemisch abzutrennen und auf diese Weise am Ausgang des Gasseparationssystems ein mit Stickstoff angereichertes Gasgemisch bereitzustellen; und

Fig. 6 eine graphische Darstellung der erzielbaren Energieeinsparungen, wenn mit der erfindungsgemäßen Lösung in der Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes der Sauerstoffgehalt abgesenkt wird.

[0030] Fig. 1 zeigt in einer schematischen Darstellung einer ersten beispielhaften Ausführungsform einer Inertisierungsanlage 1 gemäß der vorliegenden Erfindung. Die dargestellte Inertisierungsanlage 1 dient zum Einstellen und Halten eines vorgebbaren Inertisierungsniveaus in der Raumatmosphäre eines umschlossenen Raumes 2. Der umschlossene Raum 2 kann beispielsweise eine Lagerhalle sein, bei welcher als präventive Brandschutzmaßnahme der Sauerstoffgehalt in der Raumluft auf ein bestimmtes Inertisierungsniveau von beispielsweise 12 Vol.-% oder 13 Vol.-% Sauerstoffgehalt abgesenkt und gehalten wird.

[0031] Die Inertisierung des umschlossenen Raumes 2 wird mit Hilfe einer Steuereinrichtung 5 wahlweise automatisch durchgeführt. Hierzu weist die Inertisierungsanlage 1 gemäß der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform ein Gasseparationssystem bestehend aus einem Kompressor 3 sowie einem Stickstoffgenerator 4 auf. Der Kompressor 3 dient dazu, dem Stickstoffgenerator 4 in komprimierter Weise ein Anfangs-Gasgemisch bereitzustellen, welches zumindest die Komponenten Sauerstoff und Stickstoff aufweist. Hierzu ist der Ausgang des Kompressors 3 über ein Leitungssystem 17 mit dem Eingang des Stickstoffgenerators 4 verbunden, um dem Stickstoffgenerator 4 mit dem komprimierten Anfangs-Gasgemisch zu versorgen. Denkbar ist es, dass am Ausgang des Kompressors 3 das Anfangs-Gasgemisch auf einen Druck von beispielsweise 7,5 bis 9,5 bar und vorzugsweise 8,8 bar komprimiert ist.

[0032] Der Stickstoffgenerator 4 weist mindestens ein Membranmodul 19, beispielsweise ein Hohlfasermembranmodul auf, durch welches das von dem Kompressor 3 bereitgestellte Anfangs-Gasgemisch - nachdem dieses einen geeigneten Filter 18 passiert hat - gedrückt wird. In dem Membranmodul 19 diffundieren die verschiedenen in dem Anfangs-Gasgemisch enthaltenden Komponenten (insbesondere Sauerstoff und Stickstoff) entsprechend ihrer molekularen Struktur unterschiedlich schnell durch die Hohlfasermembrane des Membranmoduls 19. Die Gasseparation basiert dabei auf dem an sich bekannten Wirkungsprinzip, wonach Stickstoff mit einem niedrigen Diffusionsgrad die Hohlfasermembrane sehr lang-

sam durchdringt und sich auf diese Weise beim Durchströmen der Hohlfasern des Membranmoduls 19 anreichert. Am Ausgang 4a des Stickstoffgenerators 4 wird auf diese Weise ein mit Stickstoff angereichertes Gasgemisch bereitgestellt. Dieses mit Stickstoff angereicherte Gasgemisch liegt - wie auch das am Eingang des Stickstoffgenerators 4 eingespeiste Anfangs-Gasgemisch - in komprimierter Form vor, wobei allerdings das Durchströmen des mindestens einen Membranmoduls 19 des Stickstoffgenerators 4 zu einem Druckverlust von beispielsweise 1,5 bis 2,5 bar führt.

[0033] Obwohl in Fig. 1 nicht explizit dargestellt, wird das im Stickstoffgenerator 4 abgeschiedene und mit Sauerstoff angereicherte Gasgemisch gesammelt und unter atmosphärischem Druck in die Umgebung abgelassen.

[0034] Das am Ausgang 4a des Stickstoffgenerators 4 bereitgestellte und mit Stickstoff angereicherte Gasgemisch wird über eine Zuführleitung 7 dem umschlossenen Raum 2 zugeführt, um den Sauerstoffgehalt in der Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes 2 abzusinken bzw. um ein in dem Raum 2 bereits eingestelltes Absenkungsniveau durch Nachführen von mit Stickstoff angereichertem Gas aufrechtzuerhalten.

[0035] Damit sich der Druck im Inneren des umschlossenen Raumes 2 beim Zuführen von dem mit Stickstoff angereicherten Gasgemisch nicht ändert, ist eine geeignete Druckentlastung vorzusehen. Diese kann beispielsweise in Gestalt von sich selbstständig öffnenden bzw. schließenden Druckentlastungsklappen (in Fig. 1 nicht dargestellt) ausgeführt sein. Andererseits ist es aber auch denkbar, dass das bei der Inertisierung des Raumes 2 zum Zwecke der Druckentlastung abzuführende Raumluftvolumen über ein Rückführleitungssystem 9 einer Mischkammer 6 zugeführt wird.

[0036] Die aus dem umschlossenen Raum 2 abgeführte Raumluft wird über einen ersten Eingang 9a der Rückführleitung 9 der Mischkammer 6 zugeführt. Die Mischkammer 6 weist ferner einen zweiten Eingang 8a auf, in welchem ein Zufuhrleitungssystem 8 zum Zuführen von Frischluft zu der Mischkammer 6 mündet. In der Mischkammer 6 wird das Anfangs-Gasgemisch bereitgestellt, welches mit Hilfe des Kompressors 3 komprimiert wird, und aus welchem in dem Gasseparationssystem (Stickstoffgenerator 4) zumindest ein Teil des Sauerstoffs abgetrennt wird. Aus diesem Grund ist der Ausgang der Mischkammer 6 mit dem Eingang des Kompressors 3 über ein geeignetes Leitungssystem 15 verbunden.

[0037] Im Einzelnen ist in dem Rückführleitungssystem 9 ein erstes mit der Steuereinrichtung 5 ansteuerbares Ventil 11, welches insbesondere als Absperrventil ausgeführt ist, und in dem Frischluft-Zufuhrleitungssystem 8 ein zweites ebenfalls mit der Steuereinrichtung 5 ansteuerbares Ventil 10, insbesondere in Gestalt eines Absperrventils, vorgesehen. Auf diese Weise kann durch eine geeignete Ansteuerung der entsprechenden Ventile 10, 11 sichergestellt werden, dass die Menge der Frischluft, die der dem Raum 2 entnommenen Raumluft zuge-mischt wird, so gewählt ist, dass die Menge der pro Zeit-

einheit dem Raum 2 entnommenen Raumluft identisch ist mit der Menge des am Ausgang 4a des Stickstoffgenerators 4 bereitgestellten und mit Stickstoff angereicherten Gasgemisches, welche pro Zeiteinheit in die Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes 2 geleitet wird.

[0038] Die Inertisierungsanlage 1 gemäß der in Fig. 1 schematisch dargestellten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass die bereits erwähnte Steuereinrichtung 5 mit den entsprechenden ansteuerbaren Komponenten der Inertisierungsanlage 1 verbunden und ausgelegt ist, automatisch den Stickstoffgenerator 4 bzw. das Gasseparationssystem 3, 4 derart anzusteuern, dass das am Ausgang 4a des Gasseparationssystems 3, 4 bereitgestellte und mit Stickstoff angereicherte Gasgemisch einen Sauerstoffrestgehalt aufweist, der von dem in der Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes 2 aktuell herrschenden Sauerstoffgehalt abhängt. Insbesondere wird bei der dargestellten bevorzugten Realisierung der erfindungsgemäßen Inertisierungsanlage 1 mit Hilfe der Steuereinrichtung 5 der Stickstoffgenerator 4 derart angesteuert, dass abhängig von dem mit Hilfe eines Sauerstoffmesssystems 16 gemessenen Sauerstoffgehalt in der Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes 2 das mit Stickstoff angereicherte Gasgemisch einen Sauerstoffrestgehalt zwischen 10,00 Vol.-% bis 0,01 Vol.-% aufweist, wobei der Sauerstoffrestgehalt des mit Stickstoff angereicherten Gasgemisches mit abnehmendem Sauerstoffgehalt in der Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes abnimmt.

[0039] Hierzu umfasst die erfindungsgemäße Inertisierungsanlage 1 neben dem bereits erwähnten Sauerstoffmesssystem 16 zum Messen bzw. Ermitteln des aktuellen Sauerstoffgehaltes in der Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes 2 ferner ein Sauerstoffrestgehalt-Messsystem 21 zum Messen des Sauerstoffrestgehaltes in dem am Ausgang 4a des Stickstoffgenerators 4 bereitgestellten und mit Stickstoff angereicherten Gasgemisch bzw. zum Bestimmen der Stickstoff-Reinheit des am Ausgang 4a des Stickstoffgenerators 4 bereitgestellten Gasgemisches auf. Beide Messsysteme 16, 21 sind mit der Steuereinrichtung 5 entsprechend verbunden.

[0040] In Fig. 2 ist in einer schematischen Ansicht eine Inertisierungsanlage 1 gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gezeigt. Die Inertisierungsanlage 1 gemäß der zweiten Ausführungsform eignet sich insbesondere dazu, in möglichst wirtschaftlicher Weise in einem klimatisierten Raum, wie etwa in einem Kühlraum oder in einer Kühllagerhalle, ein vorab festgelegtes Inertisierungsniveau einzustellen und aufrechtzuerhalten. Der Aufbau und die Funktionsweise der Inertisierungsanlage 1 gemäß der in Fig. 2 dargestellten Ausführungsform entsprechen im Wesentlichen dem Aufbau und der Funktionsweise der zuvor unter Bezugnahme auf Fig. 1 beschriebenen Inertisierungsanlage, so dass zur Vermeidung von Wiederholungen nachfol-

gend nur auf die Unterschiede eingegangen werden soll.

[0041] Wie in Fig. 2 dargestellt, ist es für eine möglichst wirtschaftliche Inertisierung eines klimatisierten Raumes 2 bevorzugt, wenn in dem Rückführleitungssystem 9 zwischen dem Raum 2 und der Mischkammer 6 ein Wärmetauschersystem 13 vorgesehen ist. Ferner ist es von Vorteil, wenn - wie in Fig. 2 angedeutet - das Rückführleitungssystem 9 mit einer entsprechenden thermischen Isolierung 20 zumindest teilweise ummantelt, damit ein Vereisen des Rückführleitungssystems 9 vermieden werden kann, wenn die aus dem umschlossenen Raum 2 abgeführte, heruntergekühlte Raumluft über das Rückführleitungssystem 9 dem Wärmetauschersystem 13 zugeführt wird, bevor die Raumluft dann in die Mischkammer 6 geleitet wird. Das Wärmetauschersystem 13 kann bei Bedarf einen Stützventilator 14 aufweisen, damit die Raumluft ohne Druckverlust aus der Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes 2 abgeführt werden kann.

[0042] Das Wärmetauschersystem 13 dient dazu, zumindest einen Teil der beim Betrieb des Kompressors 3 anfallenden Abwärme auszunutzen, um die abgeführte und heruntergekühlte Raumluft entsprechend aufzuwärmen. Für das Wärmetauschersystem 13 kommen unterschiedliche Systeme zum Einsatz, wie etwa ein Lamellenwärmetauscher, über den zumindest ein Teil der thermischen Energie des Abluft des Kompressors 3 über ein Wärmetauschermedium, wie beispielsweise Wasser, auf die abgeführten Raumluft übertragen wird, so dass die Temperatur der abgeführten Raumluft auf eine moderate Temperatur von beispielsweise 20° C aufzuwärmen, was für die Funktionsweise und den Wirkungsgrad des Stickstoffgenerators 4 von Vorteil ist.

[0043] Nachdem die aus dem umschlossenen Raum 2 abgeführte Raumluft das Wärmetauschersystem 13 passiert hat, wird sie über einen ersten Eingang 9a der Rückführleitung 9 der Mischkammer 6 zugeführt. Die Mischkammer 6 weist ferner einen zweiten Eingang 8a auf, in welchem ein Zufuhrleitungssystem 8 zum Zuführen von Frischluft zu der Mischkammer 6 mündet. In der Mischkammer 6 wird das Anfangs-Gasgemisch bereitgestellt, welches mit Hilfe des Kompressors 3 komprimiert wird, und aus welchem in dem Gasseparationssystem (Stickstoffgenerator 4) zumindest ein Teil des Sauerstoffs abgetrennt wird. Aus diesem Grund ist der Ausgang der Mischkammer 6 mit dem Eingang des Kompressors 3 über ein geeignetes Leitungssystem 15 verbunden.

[0044] Wie es nachfolgend unter Bezugnahme auf die graphischen Darstellungen gemäß den Figuren 3 bis 5 im Einzelnen dargelegt wird, kann durch ein geeignetes Einstellen der Stickstoff-Reinheit des Stickstoffgenerators 4 bzw. durch ein geeignetes Einstellen des Sauerstoffrestgehaltes in dem am Ausgang 4a des Gasseparationssystems 4 bereitgestellten und mit Stickstoff angereicherten Gasgemisch in einer zeitoptimierten Weise ein vorgegebenes Absenkungsniveau in der Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes 2 eingestellt werden. Demnach ist bei der erfindungsgemäßen Lösung

vorgesehen, dass die Stickstoff-Reinheit des Stickstoffgenerators 4 bei der Inertisierung des umschlossenen Raumes 2 in Abhängigkeit von dem aktuellen Sauerstoffgehalt in der Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes eingestellt und angepasst wird.

[0045] Die Stickstoff-Reinheit kann verändert werden, indem die Verweilzeit des Anfangs-Gasgemisches in dem mindestens einen Membranmodul 19 des Stickstoffgenerators 4 variiert wird. Hierzu ist es beispielsweise denkbar, dass am Ausgang des Membranmoduls 19 mit einem geeigneten Regelventil 24 der Durchfluss durch das Membranmodul 19 und ein Gegendruck gesteuert werden. Ein hoher Druck auf der Membrane und eine lange Verweilzeit (niedriger Durchfluss) führen zu einer hohen Stickstoff-Reinheit am Ausgang 4a des Stickstoffgenerators.

[0046] Vorzugsweise wird für die jeweilige Stickstoff-Reinheit ein zeitoptimierter Wert gewählt, der es ermöglicht, dass mit der Inertisierungsanlage in kürzester Zeit ein vorab festgelegtes Inertisierungsniveau in dem umschlossenen Raum 2 eingestellt und gehalten werden kann. Durch Verwendung entsprechender zeitoptimierter Werte für die Stickstoff-Reinheit ist es beim Einstellen und Halten eines vorgegebenen Inertisierungsniveaus in der Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes möglich, die Zeitdauer des Absenkvorgangs (sei es für die Halteregeleung bei einem festen Restsauerstoffgehalt oder während des Absenkens auf ein neues Absenkungsniveau) zu reduzieren und somit auch den Energieverbrauch der Inertisierungsanlage herabzusetzen, da der Kompressor 3 auf seinem Arbeitspunkt mit optimalem Wirkungsgrad digital (ein/aus) gefahren wird.

[0047] Des Weiteren zeichnet sich die Inertisierungsanlage 1 gemäß der in Fig. 1 oder in Fig. 2 dargestellten Ausführungsform dadurch aus, dass dem Gasseparationssystem bestehend aus dem Kompressor 3 und dem Stickstoffgenerator 4 von der Mischkammer 6 ein Anfangs-Gasgemisch bereitgestellt wird, welches einen Sauerstoffgehalt aufweist, der niedriger als der Sauerstoffgehalt von normaler Umgebungsluft (d.h. etwa 21 Vol.-%) sein kann. Im Einzelnen ist hierfür die bereits genannte Rückführungsleitung 9 vorgesehen, mit welcher zumindest ein Teil der Raumluft des umschlossenen Raumes 2 der Mischkammer 6 in einer von der Steuereinrichtung 5 über das Ventil 11 geregelten Weise zugeführt werden kann. Wenn demnach in dem umschlossenen Raum 2 der Sauerstoffgehalt bereits reduziert ist, wird über die Rückführungsleitung 9 der Mischkammer 6 ein im Vergleich zur normalen Umgebungsluft mit Stickstoff angereichertes Gasgemisch zugeführt. Dieser Teil der Raumluft wird in der Mischkammer 6 mit Zuluft vermischt, um für den Kompressor 3 bzw. den Stickstoffgenerator 4 die erforderliche Menge des Anfangs-Gasgemisches bereitzustellen. Da der Sauerstoffgehalt des Anfangs-Gasgemisches einen Einfluss auf den Luftfaktor des Gasseparationssystems bzw. des Stickstoffgenerators 4 hat, und somit auch einen Einfluss auf den zeitoptimierten Wert der Stickstoff-Reinheit des Stickstoffge-

nerators 4 hat, ist bei der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Inertisierungsanlage 1 in dem Leitungssystem 15 zwischen dem Ausgang der Mischkammer 6 und dem Eingang des Kompressors 3 ein Sauerstoffmesssystem 22 zum Messen des Sauerstoffgehaltes in dem Ausgang-Gasgemisch vorgesehen. Optional hierzu ist es ferner denkbar, entsprechende Sauerstoffmesssysteme 23, 24 in der Rückführleitung 9 bzw. in der Frischluftzuführungsleitung 8 vorzusehen, um kontinuierlich oder zu vorgegebenen Zeiten bzw. Ereignissen den Sauerstoffgehalt in der Zuluft und in der mit Stickstoff angereicherten Raumluft zu erfassen. Anhand der Messergebnisse kann durch geeignetes Ansteuern der Ventile 10 bzw. 11 die Zusammensetzung des Anfangs-Gasgemisches (insbesondere im Hinblick auf den Sauerstoffgehalt) geeignet beeinflusst werden.

[0048] Nachfolgend wird unter Bezugnahme auf die graphischen Darstellungen gemäß den Figuren 3 bis 5 die Wirkungsweise der erfindungsgemäßen Lösung anhand der in Fig. 1 oder in Fig. 2 schematisch dargestellten Inertisierungsanlage 1 beschrieben. Hierbei wird davon ausgegangen, dass bei der in Fig. 1 oder Fig. 2 schematisch dargestellten Inertisierungsanlage 1 der umschlossene Raum 2 ein Raumvolumen von 1.000 m³ aufweist. Ferner soll davon ausgegangen werden, dass die Inertisierungsanlage 1 ausgelegt ist, am Ausgang 4a des Stickstoffgenerators 4 pro Stunde insgesamt maximal 48 m³ mit Stickstoff angereichertes Gas bereitzustellen.

[0049] In Fig. 3 ist in einer graphischen Darstellung der Luftfaktor des bei der in Fig. 1 oder Fig. 2 schematisch dargestellten Inertisierungsanlage 1 zum Einsatz kommenden Stickstoffgenerators 4 bei unterschiedlichen Stickstoff-Reinheiten dargestellt. Demgemäß bleibt festzuhalten, dass der Luftfaktor exponentiell mit abnehmendem Sauerstoffrestgehalt in dem am Ausgang 4a des Stickstoffgenerators 4 bereitgestellten und mit Stickstoff angereicherten Gasgemisch zunimmt. Im Einzelnen liegt der Luftfaktor bei einem Sauerstoffrestgehalt von 10 Vol.-% (Stickstoff-Reinheit: 90 %) bei etwa 1,5, was bedeutet, dass pro m³ Anfangs-Gasgemisch am Ausgang 4a des Stickstoffgenerators 4 eine Menge von 0,67 m³ an mit Stickstoff angereichertem Gasgemisch bereitgestellt werden kann. Dieses Verhältnis verschlechtert sich mit zunehmender Stickstoff-Reinheit, wie es der graphischen Darstellung in Fig. 3 entnommen werden kann.

[0050] In Fig. 3 ist zusätzlich zu der Entwicklung des Luftfaktors dargestellt, wie sich die Regelabsenkzeit bei unterschiedlichen Stickstoff-Reinheiten mit zunehmender Stickstoff-Reinheit verhält. Im Einzelnen ist zum einen dargestellt, wie lange der Kompressor 3 laufen muss, um in der Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes 2 den Sauerstoffgehalt von ursprünglich 17,4 Vol.-% auf 17,0 Vol.-% abzusinken. Zusätzlich hierzu ist zum anderen dargestellt, wie lange der Kompressor 3 laufen muss, um bei der Inertisierungsanlage 1 gemäß Fig. 1 oder Fig. 2 in der Raumluftatmosphäre des umschlossenen Raumes 2 den Sauerstoffgehalt von ursprünglich 13,4 Vol.-% auf 13,0 Vol.-% abzusinken.

[0051] Der Vergleich der beiden Absenkenzeiten (Absenkenzeit bei Regelung 17,4 Vol.-% → 17,0 Vol.-% und Absenkenzeit bei Regelung 13,4 Vol.-% → 13,0 Vol.-%) zeigt, dass zum Einstellen und Halten eines Inertisierungsniveaus von 17,0 Vol.-% die Laufzeit des Kompressors 3 minimiert werden kann, wenn am Stickstoffgenerator 4 eine Stickstoff-Reinheit von etwa 93,3 Vol.-% eingestellt wird. Zum Einstellen und Halten eines Inertisierungsniveaus bei 13 Vol.-% Sauerstoffgehalt liegt hingegen die zeitoptimierte Reinheit bei etwa 94,1 Vol.-% Stickstoff. Demnach ist die Absenkenzeit bzw. Laufzeit des Kompressors 3 zum Einstellen eines vorgegebenen Inertisierungsniveaus in der Raumluftatmosphäre des umschlossenen Raumes 2 abhängig von der beim Stickstoffgenerator 4 eingestellten Stickstoff-Reinheit bzw. abhängig von dem am Stickstoffgenerator 4 eingestellten Sauerstoffrestgehalt in dem am Ausgang 4a des Stickstoffgenerators 4 bereitgestellten und mit Stickstoff angereicherten Gasgemisch.

[0052] Die jeweiligen Minima der Absenkenzeit gegenüber der Stickstoff-Reinheit wird nachfolgend als "zeitoptimierte Stickstoff-Reinheit" bezeichnet. In der Darstellung gemäß Fig. 4 ist die zeitoptimierte Stickstoff-Reinheit bei der Inertisierungsanlage 1 gemäß Fig. 1 oder Fig. 2 dargestellt. Im Einzelnen ist für unterschiedliche Sauerstoffkonzentrationen in der Raumluftatmosphäre des umschlossenen Raumes 2 die zeitoptimierte Reinheit angegeben, welche für das Gasseparationssystem 3, 4 der Inertisierungsanlage 1 gemäß Fig. 1 oder Fig. 2 gilt.

[0053] Der in Fig. 4 dargestellten Kennlinie ist unmittelbar zu entnehmen, dass der Stickstoffgenerator 4 so einzustellen ist, dass mit abnehmendem Sauerstoffgehalt in der Raumluftatmosphäre des umschlossenen Raumes 2 der Sauerstoffrestgehalt in dem am Ausgang 4a des Gasseparationssystems 3, 4 bereitgestellten Gasgemisches abnimmt. Wenn demgemäß die Stickstoff-Reinheit des Stickstoffgenerators beim Inertisieren des umschlossenen Raumes 2 gemäß der in Fig. 4 dargestellten Kennlinie betrieben wird, ist es möglich, mit möglichst geringer Laufzeit des Kompressors 3 und somit mit möglichst geringem Energieaufwand das vorgegebene Inertisierungsniveau in der Raumluftatmosphäre des umschlossenen Raumes 2 einzustellen und zu halten.

[0054] In Fig. 5 ist in einer graphischen Darstellung der Einfluss des Sauerstoffgehaltes in dem Anfangs-Gasgemisch auf den Luftfaktor des Gasseparationssystems 3, 4 gezeigt. Demnach sinkt der Luftfaktor bei einer fixierten Stickstoff-Reinheit des Gasseparationssystems 3, 4 bei Reduzierung des Sauerstoffgehaltes in dem Anfangs-Gasgemisch. Wie bereits angedeutet, ist bei der Inertisierungsanlage 1 gemäß der schematischen Darstellung in Fig. 1 die Rückführungsleitung 9 vorgesehen, über welche ein Teil der (ggf. bereits mit Stickstoff angereicherten) Raumluft in geregelter Weise der Mischkammer 6 zugeführt wird, um auf diese Weise den Sauerstoffgehalt in dem Anfangs-Gasgemisch von den ursprünglichen 21 Vol.-% (Sauerstoffgehalt der normalen Umgebungsluft) zu reduzieren. Durch diese Rezirkulation der

bereits mit Stickstoff angereicherten Raumluft kann somit der Luftfaktor des Gasseparationssystems 3, 4 weiter reduziert werden, so dass die Effizienz des Gasseparationssystems 3, 4 ansteigt und die zum Einstellen und Halten eines vorgegebenen Inertisierungsniveaus aufzubringende Energie noch weiter reduziert werden kann.

[0055] Vorzugsweise wird die in Fig. 5 dargestellte Kennlinie mit dem zuvor unter Bezugnahme auf die graphischen Darstellungen in den Figuren 3 und 4 gezeigten Verfahren so kombiniert, dass für jede Sauerstoffkonzentration in dem Anfangs-Gasgemisch und im Raum 2 eine optimierte Liefereinheit des Stickstoffs gefunden wird.

[0056] In Fig. 6 sind - für eine berechnete Anwendung - erzielbare Energieeinsparungen (in %) über den in der Raumluftatmosphäre eines umschlossenen Raumes eingestellten Sauerstoffgehalt dargestellt, wenn mit der erfindungsgemäßen Lösung die Sauerstoffkonzentration in der Raumluftatmosphäre des umschlossenen Raumes abgesenkt wird. Hierbei wurde ein Fall berücksichtigt, bei welchem einerseits während der Inertisierung des Raumes für die Stickstoff-Reinheit des Stickstoffgenerators die zeitoptimierte Stickstoff-Reinheit gewählt wurde, und bei welchem andererseits eine Rezirkulation der bereits mit Stickstoff angereicherten Raumluft erfolgte, um auf diese Weise den Luftfaktor des Stickstoffgenerators weiter zu reduzieren und seine Effizienz zu steigern.

[0057] Die Erfindung ist nicht auf die unter Bezugnahme auf die Darstellungen der beigefügten Zeichnungen gezeigten Ausführungsbeispiele beschränkt.

Patentansprüche

1. Inertisierungsverfahren zur Brandverhütung und/oder Feuerlöschung, bei welchem in der Raumluftatmosphäre eines umschlossenen Raumes (2) ein vorgebar und im Vergleich zur normalen Umgebungsluft reduzierter Sauerstoffgehalt eingestellt und gehalten wird, wobei das Verfahren die folgenden Verfahrensschritte aufweist:

- es wird ein Anfangs-Gasgemisch bereitgestellt, welches Sauerstoff, Stickstoff und ggf. weitere Komponenten aufweist;
- es wird in einem Gasseparationssystem (3, 4) zumindest ein Teil des Sauerstoffs aus dem bereitgestellten Anfangs-Gasgemisch abgetrennt und auf diese Weise am Ausgang (4a) des Gasseparationssystems (3, 4) ein mit Stickstoff angereichertes Gasgemisch bereitgestellt; und
- das mit Stickstoff angereicherte Gasgemisch wird in die Raumluftatmosphäre des umschlossenen Raumes (2) geleitet,

dadurch gekennzeichnet, dass

der Sauerstoffrestgehalt des mit Stickstoff angereicherten Gasgemisches in Abhängigkeit von dem ak-

- tuell in der Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes (10) herrschenden Sauerstoffgehalt verändert wird.
2. Inertisierungsverfahren nach Anspruch 1, wobei der Sauerstoffrestgehalt des mit Stickstoff angereicherten Gasgemisches mit abnehmendem Sauerstoffgehalt in der Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes (2) reduziert wird.
 3. Inertisierungsverfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Sauerstoffrestgehalt des mit Stickstoff angereicherten Gasgemisches gemäß einer vorab ermittelten Kennlinie eingestellt wird, wobei die Kennlinie den zeitoptimierten Wert des Sauerstoffrestgehaltes des mit Stickstoff angereicherten Gasgemisches gegenüber dem Sauerstoffgehalt in der Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes (2) angibt, gemäß welchem mit dem Inertisierungsverfahren innerhalb kürzester Zeit in der Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes (2) ein vorgebbare und im Vergleich zur normalen Umgebungsluft reduzierter Sauerstoffgehalt einstellbar ist.
 4. Inertisierungsverfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei kontinuierlich oder zu vorgegebenen Zeiten und/oder Ereignissen der aktuell in der Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes (2) herrschende Sauerstoffgehalt direkt oder indirekt gemessen wird, und wobei kontinuierlich oder zu vorgegebenen Zeiten und/oder Ereignissen der Sauerstoffrestgehalt des mit Stickstoff angereicherten Gasgemisches auf einen vorab festgelegten Wert eingestellt wird, bei welchem mit dem Inertisierungsverfahren der Sauerstoffgehalt in der Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes innerhalb kürzester Zeit um einen vorgegebenen Absenkungsbetrag auf den jeweils aktuellen Sauerstoffgehalt absenkbar ist.
 5. Inertisierungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Sauerstoffrestgehalt des mit Stickstoff angereicherten Gasgemisches abhängig von dem aktuellen Sauerstoffgehalt in der Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes auf einen Wert zwischen 0,01 Vol.-% und 10,00 Vol.-%, und vorzugsweise auf einen Wert zwischen 5, 5 Vol.-% und 7,5 Vol.-% eingestellt wird.
 6. Inertisierungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Sauerstoffgehalt des Anfangs-Gasgemisches, aus welchem zumindest ein Teil des Sauerstoffs abgetrennt wird, in Abhängigkeit von dem aktuell in der Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes (2) herrschenden Sauerstoffgehalt verändert wird.
 7. Inertisierungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei zum Bereitstellen des Anfangs-Gasgemisches ein Teil der in dem umschlossenen Raum (2) enthaltenen Raumluft in geregelter Weise dem Raum (2) entnommen wird, und wobei dem entnommenen Teil der Raumluft in geregelter Weise Frischluft zugemischt wird.
 8. Inertisierungsverfahren nach Anspruch 7, wobei die Menge der Frischluft, die der dem Raum (2) entnommenen Raumluft pro Zeiteinheit zugemischt wird, so gewählt wird, dass die Menge der pro Zeiteinheit dem Raum (2) entnommenen Raumluft identisch ist mit der Menge des mit Stickstoff angereicherten Gasgemisches, welche pro Zeiteinheit in die Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes (2) geleitet wird.
 9. Inertisierungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei der Sauerstoffrestgehalt des mit Stickstoff angereicherten Gasgemisches automatisch in Abhängigkeit von dem aktuell in der Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes (2) herrschenden Sauerstoffgehalt eingestellt wird.
 10. Inertisierungsanlage zum Einstellen und/oder Halten eines vorgebbaren und im Vergleich zur normalen Umgebungsluft reduzierten Sauerstoffgehalts in der Raumatmosphäre eines umschlossenen Raumes (2), wobei die Inertisierungsanlage (1) ein Gasseparationssystem (3, 4) aufweist, mit welchem von einem Stickstoff und Sauerstoff enthaltenen Anfangs-Gasgemisch zumindest ein Teil des Sauerstoffs abgetrennt und auf diese Weise am Ausgang (4a) des Gasseparationssystems (3, 4) ein mit Stickstoff angereichertes Gasgemisch bereitgestellt wird, und wobei die Inertisierungsanlage (1) ein Zufuhrleitungssystem (7) aufweist zum Zuführen des mit Stickstoff angereicherten Gasgemisches zu dem umschlossenen Raum (2), **gekennzeichnet durch**, eine Steuereinrichtung (5), welche ausgelegt ist, das Gasseparationssystem (3, 4) derart anzusteuern, dass der Sauerstoffrestgehalt des mit Stickstoff angereicherten Gasgemisches in Abhängigkeit von dem aktuell in der Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes (10) herrschenden Sauerstoffgehalt verändert wird.
 11. Inertisierungsanlage nach Anspruch 10, wobei die Steuereinrichtung (5) ferner ausgelegt ist, in Abhängigkeit von dem aktuell in der Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes herrschenden Sauerstoffgehalt das Gasseparationssystem (3, 4) derart anzusteuern, dass der Sauerstoffrestgehalt des am Ausgang (4a) des Gasseparationssystems (3, 4) bereitgestellten und mit Stickstoff angereicher-

ten Gasgemisches automatisch reduziert wird, wenn der Sauerstoffgehalt in der Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes (2) abnimmt; und/oder wobei die Steuereinrichtung (5) ferner ausgelegt ist, das Gasseparationssystem (3, 4) derart anzusteuern, dass das am Ausgang (4a) des Gasseparationssystems (3, 4) bereitgestellte und mit Stickstoff angereicherte Gasgemisch einen Sauerstoffrestgehalt zwischen 10,00 Vol.-% bis 0,01 Vol.-% aufweist.

12. Inertisierungsanlage nach einem der Ansprüche 10 oder 11, welche ferner ein Sauerstoffmesssystem (16) aufweist, welches ausgelegt ist, kontinuierlich oder zu vorgegebenen Zeiten und/oder Ereignissen den Sauerstoffgehalt in der Raumatmosphäre zu erfassen und den Wert des erfassten Sauerstoffgehaltes der Steuereinrichtung (5) als aktueller Sauerstoffgehalt zuzuführen.

13. Inertisierungsanlage nach einem der Ansprüche 10 bis 12, wobei ferner eine Mischkammer (6) vorgesehen ist zum Bereitstellen des Anfangs-Gasgemisches, wobei in der Mischkammer (6) ein erstes Leitungssystem (9) mündet, über welches in einer von der Steuereinrichtung (5) geregelten Weise ein Teil der in dem umschlossenen Raum (2) enthaltenen Raumluft dem Raum (2) entnommen und der Mischkammer (6) zugeführt wird, und wobei in der Mischkammer (6) ein zweites Leitungssystem (8) mündet, über welches in einer von der Steuereinrichtung (5) geregelten Weise Frischluft der Mischkammer (6) zugeführt wird.

14. Inertisierungsanlage nach Anspruch 13, welche ferner in dem ersten Leitungssystem (9) ein erstes mit der Steuereinrichtung (5) ansteuerbares Ventil (11), insbesondere Absperrventil, und in dem zweiten Leitungssystem (8) ein zweites mit der Steuereinrichtung (5) ansteuerbares Ventil (10), insbesondere Absperrventil, aufweist, wobei die Steuereinrichtung (5) ausgelegt ist, dass erste und/oder zweite Ventil (11, 10) derart anzusteuern, dass die Menge der pro Zeiteinheit dem Raum (2) entnommenen Raumluft identisch ist mit der Menge des mit Stickstoff angereicherten Gasgemisches, welche pro Zeiteinheit der Raumatmosphäre des umschlossenen Raumes (2) zugeführt wird.

15. Inertisierungsanlage nach Anspruch 13 oder 14, wobei das Gasseparationssystem (3, 4) einen Stickstoffgenerator (4) und einen Kompressor (3) aufweist, wobei über die Steuereinrichtung (5) die Stickstoff-Reinheit bzw. der Sauerstoffrestgehalt des am Ausgang (4a) des Stickstoffgenerators (4) bereitgestellten und mit Stickstoff angereicherten Gasgemisches einstellbar ist, und wobei der Kompressor (3)

zwischen der Mischkammer (6) und dem Stickstoffgenerator (4) angeordnet ist.

16. Inertisierungsanlage nach einem der Ansprüche 13 bis 15, wobei in dem ersten Leitungssystem (9) ein Wärmetauschersystem (13) vorgesehen ist zum Übertragen von thermischer Energie zwischen der aus dem umschlossenen Raum (2) entnommenen Raumluft und der Abwärme des Kompressors (3).

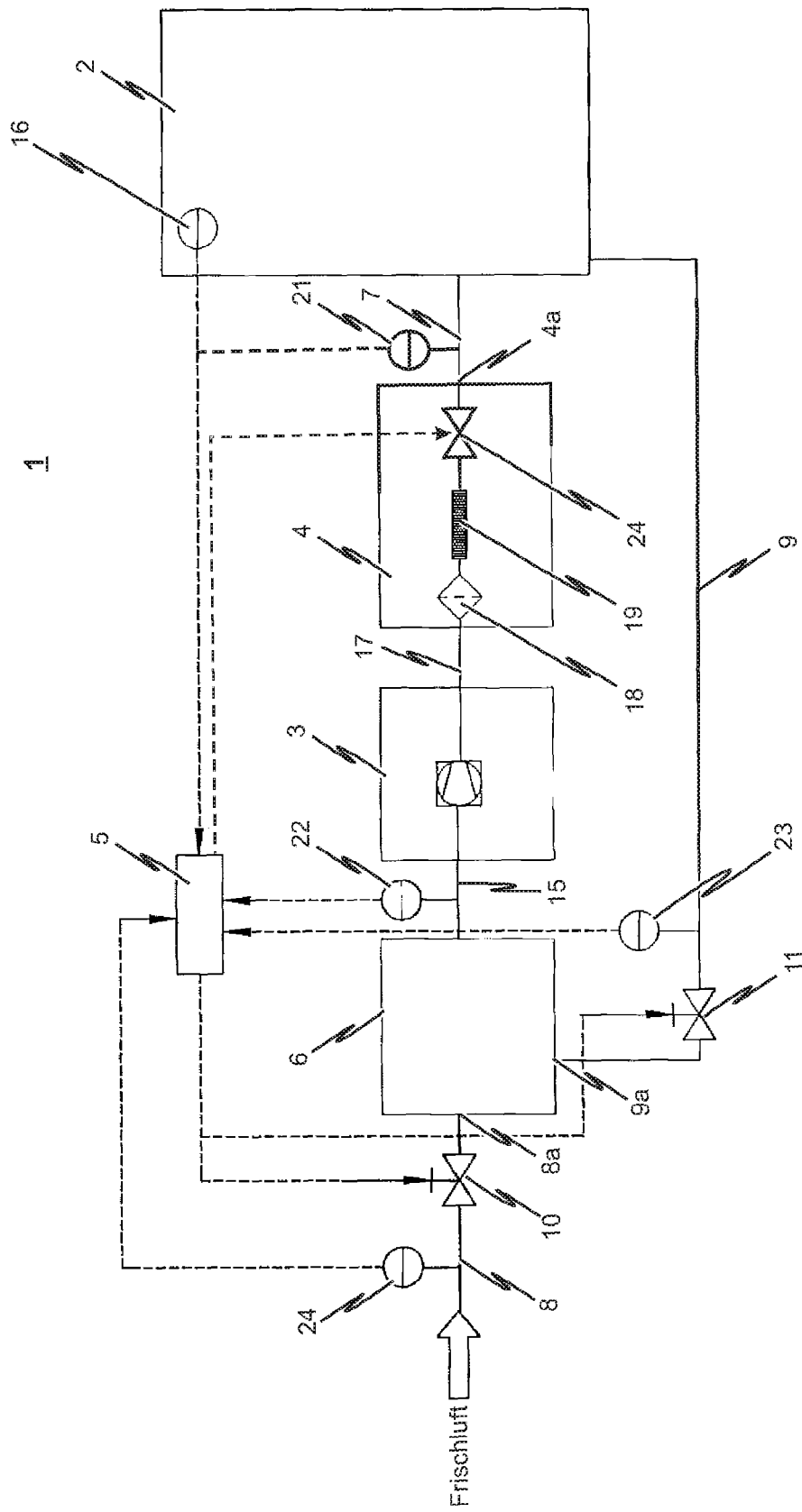


Fig. 1

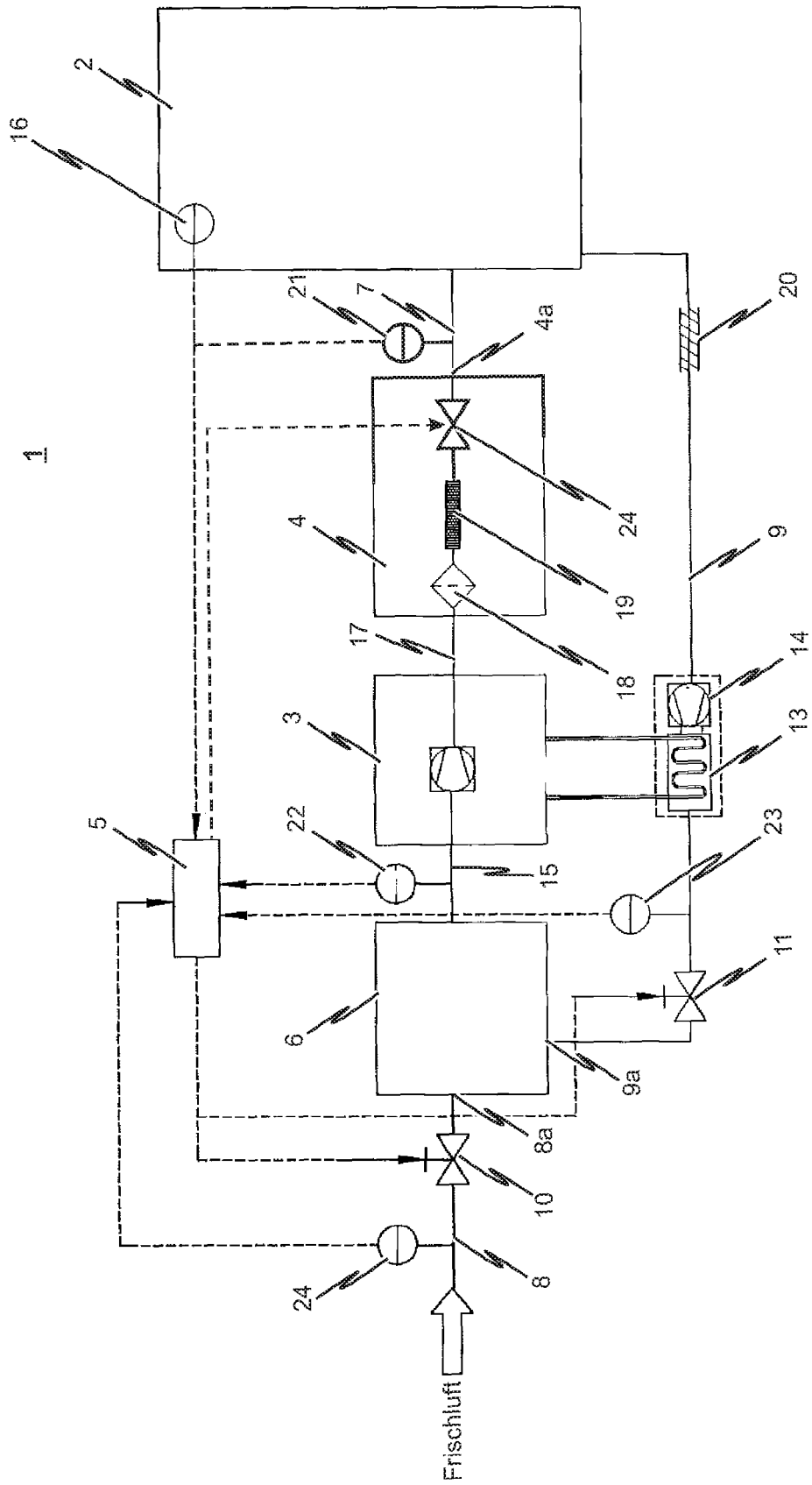


Fig. 2

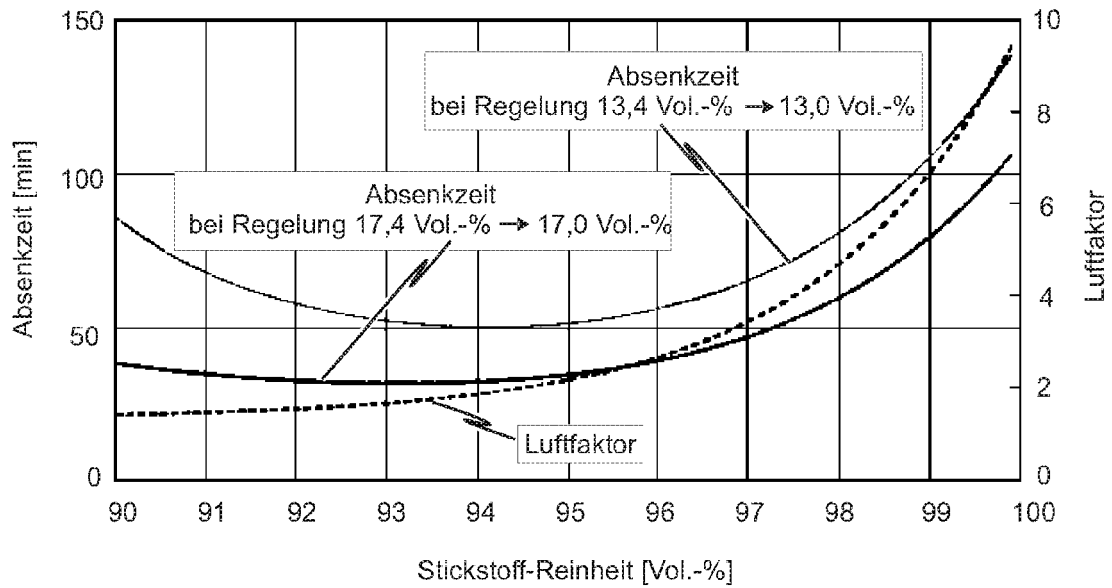


Fig. 3

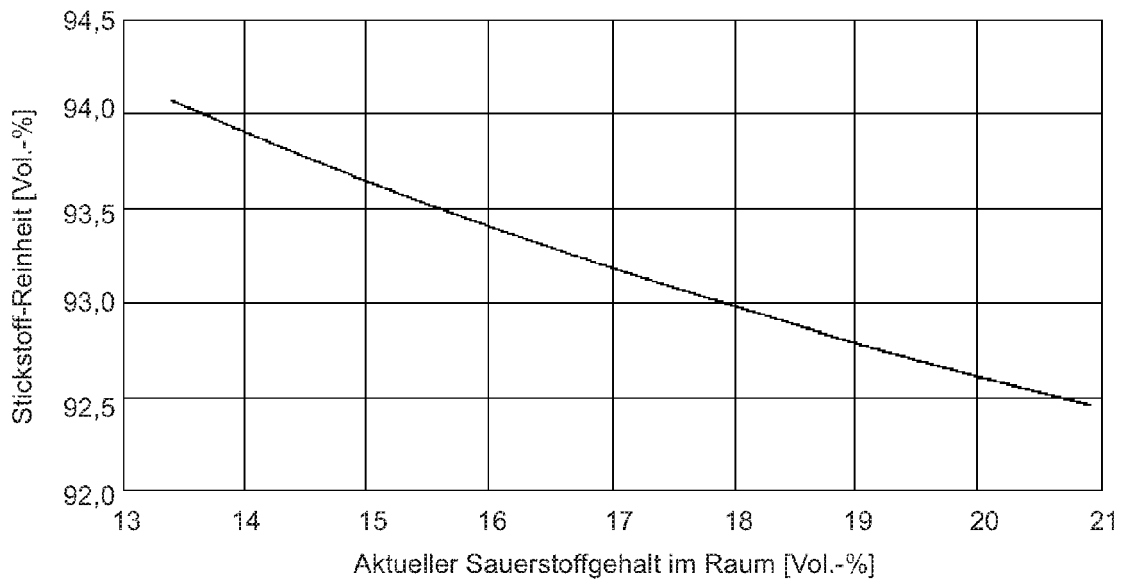
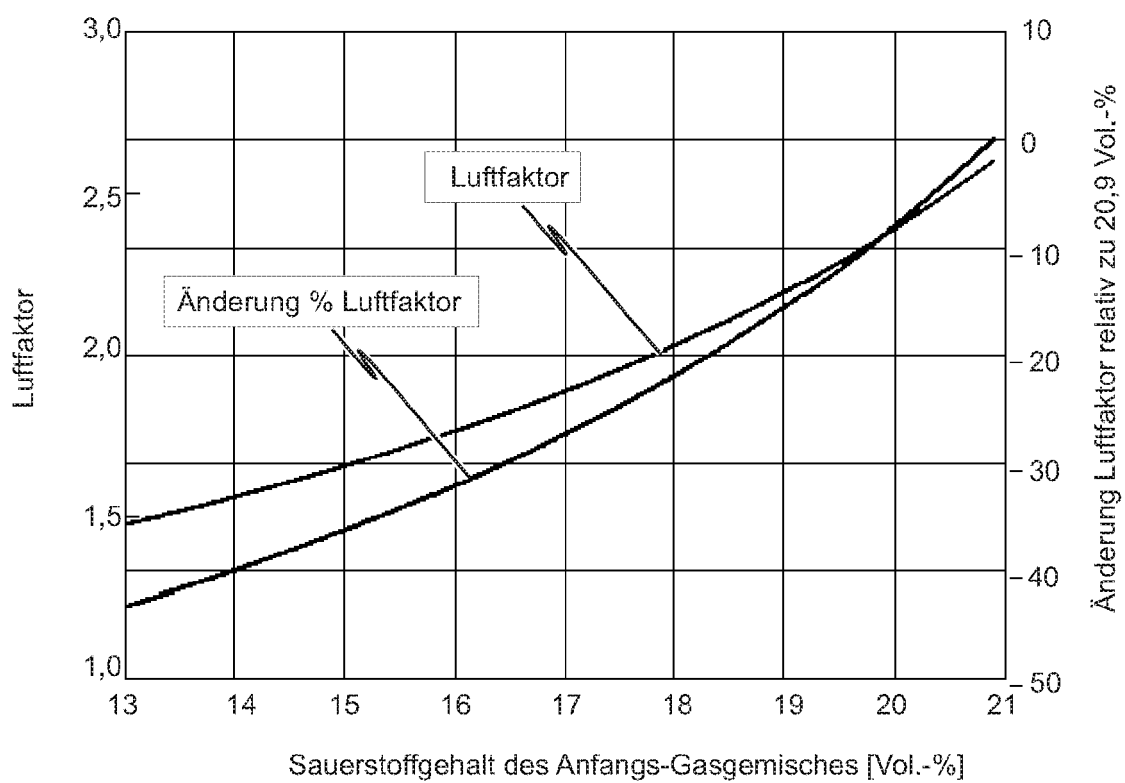


Fig. 4

*Fig. 5*

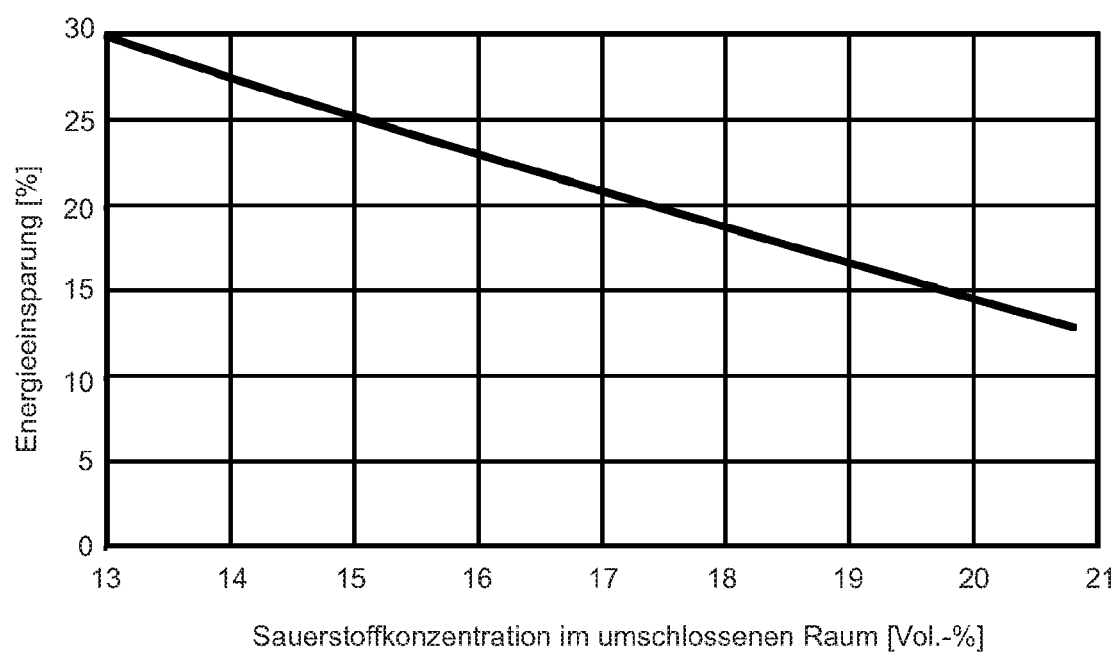


Fig. 6



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 08 17 1495

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X A	DE 102 49 126 A1 (PREUSSAG AG MINIMAX [DE]) 9. Juni 2004 (2004-06-09) * Absatz [0014] * * Abbildungen * -----	1,2,6, 9-12 3-5,7,8, 13-16	INV. A62C39/00 A62C35/62
X A	JP 11 226340 A (NOHMI BOSAI LTD) 24. August 1999 (1999-08-24) * Zusammenfassung * -----	1,2,6, 9-12 3,5,7,8, 13-16	
A	EP 1 913 980 A (AMRONA AG [CH]) 23. April 2008 (2008-04-23) * Abbildungen 1,2 * -----	1,10	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) A62C
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 13. Mai 2009	Prüfer Nehrdich, Martin
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

2

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 08 17 1495

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

13-05-2009

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 10249126	A1	09-06-2004	KEINE		
JP 11226340	A	24-08-1999	JP	3947610 B2	25-07-2007
EP 1913980	A	23-04-2008	AT	420700 T	15-01-2009
			DK	1913980 T3	11-05-2009
			WO	2008046673 A1	24-04-2008
			ES	2319457 T3	07-05-2009
			SI	1913980 T1	30-04-2009
			US	2008156505 A1	03-07-2008

EPO FORM P0461

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