



(10) **DE 10 2013 214 230 B4** 2016.03.03

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2013 214 230.7**

(22) Anmeldetag: **19.07.2013**

(43) Offenlegungstag: **22.01.2015**

(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **03.03.2016**

(51) Int Cl.: **F24F 3/16** (2006.01)

**F24F 7/00** (2006.01)

**G21C 9/00** (2006.01)

**B01D 53/047** (2006.01)

**G21F 7/00** (2006.01)

**G21D 1/00** (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**AREVA GmbH, 91052 Erlangen, DE**

(72) Erfinder:  
**Hill, Axel, 64589 Stockstadt, DE**

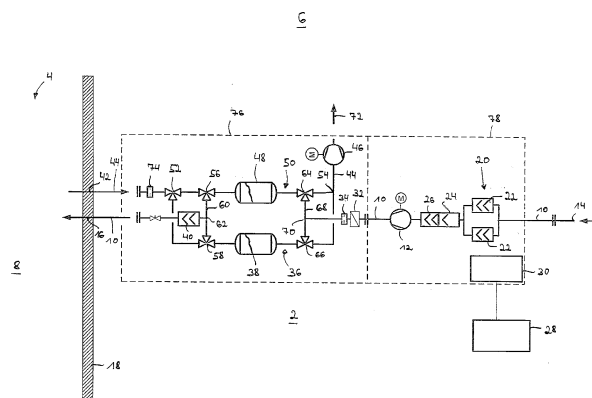
(74) Vertreter:  
**Tergau & Walkenhorst Patentanwälte PartGmbH,  
60322 Frankfurt, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:  
**DE 000002312303 C2**  
**WO 2006/ 097 217 A1**

(54) Bezeichnung: **Verwendung eines Belüftungssystems und zugehöriges Betriebsverfahren zum Einsatz während eines schweren Störfalls in einer kerntechnischen Anlage**

(57) Zusammenfassung: Ein Belüftungssystem (2) für einen von Betriebspersonal begehbaren Betriebsraum in einer kerntechnischen Anlage, insbesondere einen Leitstand (4) in einem Kernkraftwerk (6), soll bei schweren Störfällen mit Freisetzung von radioaktiver Aktivität zumindest für eine Zeitspanne von einigen Stunden eine Zufuhr von dekontaminierter Frischluft ermöglichen. Insbesondere soll dabei der Anteil von radioaktiven Edelgasen in der dem Betriebsraum zugeführten Frischluft möglichst gering sein. Dazu ist erfindungsgemäß das Belüftungssystem (2) ausgestattet mit

- einer von einem externen Einlass (14) zu dem Betriebsraum geführten Zuluftleitung (10), in die ein erstes Gebläse (12) und eine erste Adsorberkolonne (z. B. 38) zur Edelgas-Adsorption/Desorption geschaltet sind,
- einer von dem Betriebsraum zu einem externen Auslass (72) geführten Abluftleitung (44), in die ein zweites Gebläse (46) und eine zweite Adsorberkolonne (z. B. 48) zur Edelgas-Adsorption/Desorption geschaltet sind, und
- Umschaltmitteln zur Vertauschung der Rollen von erster und zweiter Adsorberkolonne (38, 48).



## Beschreibung

**[0001]** In einem Kernkraftwerk muss bei Stör- oder Unfallsituationen abhängig vom jeweiligen Störfall und von gegebenenfalls eingeleiteten Gegenmaßnahmen mit einer möglicherweise signifikanten Freisetzung von radioaktiven Spaltprodukten, insbesondere Jod, Aerosole und Edelgasen gerechnet werden. Durch Leckagen des Containments muss hierbei, bevor es zu einer Freisetzung in die Kraftwerks-umgebung kommt, auch mit einer Freisetzung und Verteilung von Aktivität in den Kraftwerksgebäuden (z. B. Hilfsanlagegebäude, Schaltanlage, Warte, etc.) ausgegangen werden. Hierbei stellt insbesondere, neben der Freisetzung von aerosolgebundener Aktivität, die Freisetzung von Edelgasen ein Problem für das Kraftwerkspersonal dar. Die Behandlung von in Kernkraftwerken austretenden Edelgasen wird u.a. in der Druckschrift DE 23 12 303 C2 thematisiert.

**[0002]** Zu einer massiven Edelgasfreisetzung kommt es unter Umständen auch bei der Einleitung einer gefilterten Druckentlastung und der Ausbildung einer Edelgaswolke über dem Kraftwerksgelände. Je nach Wetterlage kann eine längerfristige Belastung nicht vollkommen ausgeschlossen werden.

**[0003]** Für die Einleitung von sogenannten Accident-Management Maßnahmen ist es zwingend erforderlich, dass die Bedingungen in der auch als Leitstand oder Leitwarte bezeichneten Warte einen Aufenthalt des Betriebspersonals ermöglichen, ohne dass es zu einer unzulässigen Strahlenbelastung und Kontamination des Personals kommt.

**[0004]** Bei auslegungsüberschreitenden Störfällen mit "Station Black-Out" (SBO) stehen die bestimmungsgemäßen bzw. normalbetrieblichen Lüftungs- und Filteranlagen nicht mehr zur Verfügung, um die wesentlichen Lüftungstechnischen Parameter zur Aufrechterhaltung der Begehrbarkeit der Warte zu gewährleisten.

**[0005]** Bisherige Konzepte sehen zur Beherrschung derartiger Szenarien eine Isolation der Warte vor. Die Versorgung erfolgt beispielsweise mit mobilen Belüftungsanlagen, die mit verschiedenen Filtern ausgestattet sind. Eine zufriedenstellende Edelgasrückhaltung ist mit diesen Anlagen nicht möglich.

**[0006]** Andere Konzepte versorgen die Warte mit gespeicherter Druckluft. Die Lagerhaltung in Druckbehältern für einen größeren Zeitraum ist jedoch sehr aufwändig und daher begrenzt. Ein modularer und mobiler Systemaufbau ist praktisch nicht möglich. Druckspeicherkonzepte erfordern überdies einen hohen Aufwand bei einer Nachrüstung in laufenden Anlagen.

**[0007]** Ein Belüftungssystem mit

- einer von einem externen Einlass zu einem zu belüftenden Raum geführten Zuluftleitung, in die ein erstes Gebläse und eine erste Adsorberkolonne zur CO<sub>2</sub>-Adsorption/Desorption geschaltet sind,
- einer von dem Raum zu einem externen Auslass geführten Abluftleitung, in die ein zweites Gebläse und eine zweite Adsorberkolonne zur CO<sub>2</sub>-Adsorption/Desorption geschaltet sind, und
- Umschaltmitteln zur Vertauschung der Rollen von erster und zweiter Adsorberkolonne

ist aus WO 2006/097217 A1 bekannt.

**[0008]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein möglichst einfach und kompakt gehaltenes Belüftungssystem für einen Leitstand einer kerntechnischen Anlage oder einen ähnlichen von Betriebspersonal begehbaren Raum bereitzustellen, welches bei schweren Störfällen mit Freisetzung von radioaktiver Aktivität zumindest für eine Zeitspanne von einigen Stunden eine Zufuhr von dekontaminierter Frischluft ermöglicht, so dass es zu einer möglichst geringen Strahlenbelastung von im Leitstand anwesendem Betriebspersonal kommt. Insbesondere soll dabei der Anteil von radioaktiven Edelgasen in der dem Leitstand zugeführten Frischluft möglichst gering sein. Das Belüftungssystem soll ferner einen möglichst passiven Charakter besitzen und nur wenig elektrische Energie verbrauchen. Des Weiteren soll ein besonders vorteilhaftes Verfahren zum Betreiben eines derartigen Belüftungssystems angegeben werden.

**[0009]** Die zuerst genannte Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch die Merkmale des Anspruchs 1. In Bezug auf das Verfahren wird die Aufgabe gelöst durch die Merkmale des Anspruchs 9.

**[0010]** Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche und gehen im Übrigen aus der nachfolgenden detaillierten Beschreibung hervor.

**[0011]** Das erfindungsgemäß verwendete Belüftungssystem weist unter anderem vorteilhafterweise ein Aerosol- und Jodfiltermodul auf. Die Ansaugluft in der Zuluftleitung wird hierbei über ein Gebläse angesaugt und über Schwebstofffilter zur Abscheidung der Aerosole geführt. Nach der Abscheidung der Schwebstoffe werden vorteilhafterweise radioaktive Jodverbindungen in einem Aktivkohlefilterbett abgeschieden. Zur Abscheidung des radioaktiven Methyljodids durch Isotopentausch oder Salzbildung kann imprägnierte Aktivkohle eingesetzt werden. Dem Aktivkohlebett ist vorteilhafterweise zur Rückhaltung von Abrieb ein Partikelfilter nachgeschaltet.

**[0012]** Die so gefilterte Luft wird dann in einem zweiten Prozessschritt einem Edelgasmodul zugeführt. Das Edelgasmodul beinhaltet im Wesentlichen zwei

Adsorberkolonnen in Zwillingskonfiguration, die mit Adsorbens/Adsorbensen, vorzugsweise Aktivkohle, gefüllt sind. Das Adsorbens der Kolonnen kann auch aus mehreren Schichten von Aktivkohle und/oder Zeolith und/oder Molekularsieben aufgebaut sein.

**[0013]** Die Zuluft tritt in die erste Adsorberkolonne ein, wobei die Edelgase wie z. B. Xenon, Krypton durch eine dynamische Adsorption bei ihrem Durchlauf durch die Kolonne verzögert werden. Nach der Kolonne ist zweckmäßigerweise ein Filter zur Rückhaltung von Adsorberpartikeln angeordnet.

**[0014]** Die Abluft aus dem zu versorgenden Raum-bereich wird gleichzeitig über die zweite Adsorberkolonne geführt und bewirkt dort eine Rückspülung der zuvor akkumulierten Edelgasaktivität, so dass diese Kolonne wieder zur Beladung nach der Umschaltung bereit steht. Die Umschaltung wird spätestens kurz vor dem Durchbruch der Aktivität in der ersten Adsorberkolonne vorgenommen, wobei diese dann mit der Abluft rückgespült wird. Die Umschaltung wird vorzugsweise passiv durch ein Zeitglied oder eine Aktivitätsmessung ausgelöst.

**[0015]** Die Rückspülung wird vorteilhafterweise durch ein Gebläse in der Abluftleitung unterstützt, wobei die Volumenvergrößerung des Abluftstroms durch den Unterdruck den Rückspülprozess der Edelgase verstärkt.

**[0016]** In der Abluftleitung der Warte befindet sich vorteilhafterweise eine Drossel, die zur passiven Überhitzung der Abluft und damit zu einer Verringerung der in der Abluft befindlichen Feuchtigkeit führt (Expansionstrocknung). Dadurch wird die Desorptionsgeschwindigkeit der Edelgase in der nachgeschalteten, zu spülenden Adsorberkolonne begünstigt.

**[0017]** In der Zuluftleitung zum Edelgasmodul befinden sich vorteilhafterweise eine Drossel und/oder ein Lufttrockner, um zu verhindern, dass zu hohe Feuchtigkeit auf die Edelgaskolonnen gefördert wird.

**[0018]** Das Edelgasmodul kann zusätzlich mit einem passiven Kühlepeicher zur Erhöhung der k-Werte ausgerüstet werden. Der k-Wert beschreibt in diesem Zusammenhang die Adsorptionskapazität des Adsorbermaterials für Edelgas in z. B. der Einheit  $\text{cm}^3$  Edelgas/g Adsorbens. Der k-Wert ist abhängig von der Temperatur, dem Druck und Feuchtegehalt des Gases. Er wird in der Regel empirisch ermittelt.

**[0019]** Die Adsorberkolonnen werden bevorzugt im Druckwechselverfahren betrieben, d. h. Unterdruck der zu spülenden Kolonne und Überdruck der zu beladenden Kolonne (jeweils in Relation zum Atmosphärendruck), um die k-Werte der Kolonnen zu verbessern und deren Abmessungen zu reduzieren. Der

Überdruck in der von der Zuluft durchströmten Adsorberkolonne wird beispielsweise mit einem Einstellventil in der Zuluftleitung reguliert.

**[0020]** Die Abluft wird zusammen mit den rückgespülten Edelgasen in die Kraftwerksumgebung mit genügend Abstand zu der Zuluftansaugung abgegeben.

**[0021]** Das Belüftungssystem umfasst zweckmäßigerweise eine Steuerung und entsprechende Einstellorgane für Durchfluss und Drücke.

**[0022]** Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, dass neben den luftgetragenen Aktivitäten in Form von Aerosolen und Jod/Jodverbindungen (insbesondere Organojod) zugleich die radioaktiven Edelgase von der Zuluft der Warte zurückgehalten werden. Mit dem Druckwechsel- und Spülverfahren der Zwillingskolonnen können selbst langlebige Edelgasisotope wie Krypton-85 zuverlässig aus dem Zuluftstrom abgeschieden werden. Die zur Entfernung der Edelgase von dem Sorbens/Adsorbens benötigten Bedingungen werden passiv durch Expansionsüberhitzung unterstützt. Bedarf an elektrischem Betriebsstrom besteht im Wesentlichen nur für die Gebläse in der Zuluft- und der Abluftleitung sowie in geringem Umfang für die zugeordnete Steuereinheit und für die Umschaltmittel zur Umschaltung zwischen den Betriebszyklen. Dieser Bedarf kann problemlos mit einem autarken Energieversorgungsmodul (z. B. durch Batterien und/oder ein Dieselaggregat) für mindestens 72 h gedeckt werden.

**[0023]** Zusammengefasst werden zur Sicherstellung der Begehrbarkeit der Warte folgende Funktionen gewährleistet:

- Isolation der Wartenlüftung von den restlichen Gebäudeteilen
- Überdruck gegenüber den angrenzenden Gebäuderäumen (z. B.  $< 1$  mbar)
- Einhaltung der zulässigen Kohlenmonoxid- und Kohlendioxid-Konzentration
- Jodrückhaltung
- Aersolrückhaltung
- Rückhaltung der Edelgase (z. B. Kr, Xe)
- Begrenzung der Dosis (z. B.  $< 100$  mSv/7d)
- Temperaturbegrenzung zur Einhaltung der I&C Temperatur-Qualifikationen
- Sicherstellung der oben genannten Funktionen für mindestens 72 h

**[0024]** Weitere Vorteile sind in stichpunktartiger Zusammenfassung:

- modularer und mobiler Systemaufbau
- geringer Aufwand und hohe Flexibilität bei Integration in laufende Anlagen
- geringer Wartungsaufwand

- eine aufwendige Lagerhaltung von atemfähiger Luft entfällt
- Abdeckung größerer Luftmengen (Luftwechsel) und Raumbereiche möglich

**[0025]** Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachfolgend anhand einer Zeichnung näher erläutert. Die einzige Figur gibt nach Art eines Blockfließbildes einen schematischen und stark vereinfachten Überblick über ein Belüftungssystem für einen Leitstand eines Kernkraftwerkes.

**[0026]** Das in der Figur dargestellte Störfall-Belüftungssystem, kurz Belüftungssystem **2** dient der Frischluftzufuhr eines auch als Leitwarte oder im Englischen als Main Control Room (MCR) bezeichneten Leitstandes **4** eines Kernkraftwerkes **6** in Unfall- oder Störfallsituationen, insbesondere in der Anfangsphase eines schweren Störfalles mit Freisetzung von nuklearen Spaltprodukten innerhalb des Kraftwerksgebäudes und gegebenenfalls auch in der Umgebung.

**[0027]** In derartigen Szenarien, die üblicherweise mit dem Ausfall der Eigenstromversorgung des Kernkraftwerkes **6** und damit auch mit dem Ausfall des normalbetrieblichen Belüftungssystems (nicht dargestellt) für den Leitstand **4** einhergehen, kommt es in besonderem Maße darauf an, den Leitstand **4** noch für eine gewisse Zeitspanne – etwa bis zu 72 h nach dem Einsetzen des Störfalles – ohne Gefährdung des Bedienpersonals besetzt halten zu können, um anfängliche Gegenmaßnahmen einzuleiten und zu überwachen. Möglicherweise muss das Bedienpersonal auch so lange in dem Leitstand **4** verharren, bis nach dem Abklingen eines anfänglichen Aktivitätsmaximums in der Umgebung eine sichere Evakuierung möglich ist.

**[0028]** Zu diesem Zweck ist das Belüftungssystem **2** für den Leitstand **4** einerseits für eine Zufuhr von dekontaminierter und sauerstoffreicher Frischluft – auch Zuluft genannt – aus der Umgebung des Leitstandes **4** oder des Kraftwerksgebäudes ausgelegt und mit entsprechenden Filter- und Reinigungsstufen ausgestattet. Andererseits bewirkt das Belüftungssystem **2** einen Abtransport von verbrauchter und kohlendioxidreicher Luft – auch Abluft genannt – aus dem Leitstand **4** in die Umgebung. Im Gegensatz zu anderen, bislang gebräuchlichen Konzepten ist dabei weder eine Frischluftzufuhr aus einem zugehörigen Druckluftspeichersystem noch eine nennenswerte Rezirkulation und Wiederaufbereitung der Luft im Innenraum des Leitstandes **4** vorgesehen.

**[0029]** Konkret ist an den zumindest näherungsweise hermetisch gegenüber der äußeren Umgebung gekapselten Innenraum **8** des Leitstandes **4** eine auch als Frischluftzufuhrleitung oder kurz Frischluftleitung bezeichnete Zuluftleitung **10** angeschlossen, über die während des Betriebes des Belüftungssys-

tems **2** mit Hilfe eines Gebläses **12** Frischluft aus der Umgebung angesaugt und in den Innenraum **8** gefördert wird. Der Ansaug einlass oder kurz Einlass **14** der Zuluftleitung **10** kann in einiger Entfernung zum Leitstand **4** liegen, insbesondere außerhalb des Kraftwerksgebäudes. Je nach Störfallverlauf kann die über den Einlass **14** angesaugte Frischluft dennoch erheblich mit radioaktiven Spaltprodukten, insbesondere in Gestalt von Aerosolen, Jod und Jodverbindungen sowie Edelgasen belastet sein. Diese Bestandteile sollten möglichst vollständig und zuverlässig aus dem Frischluftstrom – auch Zuluftstrom genannt – entfernt werden, bevor dieser durch eine Durchführung **16** in der Umfassungswand **18** (nur ausschnittsweise dargestellt) hindurch in den Innenraum **8** des Leitstandes **4** eingeleitet wird.

**[0030]** Hierzu ist in Richtung des Frischluftstroms gesehen stromabwärts des Einlasses **14** eine erste Filterstufe in Gestalt eines Aerosolfilters **20** in die Zuluftleitung **10** geschaltet, hier im Beispiel realisiert durch zwei strömungsmäßig parallel geschaltete HEPA-Filter **22** (HEPA = High Efficiency Particulate Airfilter, zu Deutsch sinngemäß Schwebstofffilter). Die HEPA-Filter **22** bewirken demnach eine hocheffiziente Abscheidung der auch als Schwebeteilchen bezeichneten Aerosolpartikel aus dem Frischluftstrom, insbesondere in Bezug auf die Isotope Te, Cs, Ba, Ru, Ce, La.

**[0031]** Weiter stromabwärts ist eine zweite Filterstufe mit einem Jodfilter **24** und einem nachgeschalteten Partikelfilter **26** in die Zuluftleitung **10** geschaltet. Der Jodfilter **24** ist bevorzugt in Gestalt eines Aktivkohlefilterbetts mit einer Schichtdicke von beispielsweise 0,1 bis 0,5 m verwirklicht. Nach der zuvor im Aerosolfilter **20** erfolgten Abscheidung der Schwebstoffe werden in dem Jodfilter **24** radioaktive Jodverbindungen und elementares Jod beispielsweise mit einem  $k$ -Wert  $> 8$  bei Kontaktzeiten von 0,1 bis 0,5 s abgeschieden. Zur Abscheidung des radioaktiven Methyljodids durch Isotopentausch oder Salzbildung kann imprägnierte Aktivkohle (z. B. mit Kaliumjodid als Imprägnierungsmittel) eingesetzt werden. Der dem Jodfilter **24** nachgeschaltete Partikelfilter **26** ist zur Rückhaltung von Abrieb aus dem Aktivkohlebett vorgesehen.

**[0032]** Stromabwärts der zweiten Filterstufe ist ein Fördergebläse oder kurz Gebläse **12** zum Transport des Frischluftstroms in die Zuluftleitung **10** geschaltet. Das vorzugsweise elektrisch angetriebene Gebläse **12** besitzt eine Ansaugleistung im Bereich von beispielsweise 1.000 bis 6.000 m<sup>3</sup>/h.

**[0033]** Zur Bereitstellung des erforderlichen Betriebsstroms ist ein autarkes, von der normalbetrieblichen Eigenstromversorgung und vorzugsweise auch vom gewöhnlichen (anlagenweiten) Notstromnetz unabhängiges Stromversorgungsmodul **28** vor-

gesehen, etwa auf der Basis von elektrischen Batterien/Akkumulatoren und/oder eines Dieselaggregats. Das Stromversorgungsmodul **28** aktiviert sich im Anforderungsfall vorzugsweise eigenständig nach Art einer unterbrechungsfreien Stromversorgung oder wird alternativ über eine zugeordnete Steuereinheit **30** angesteuert.

**[0034]** Weiter stromabwärts ist optional ein auch als Kühlfalle bezeichneter Lufttrockner **32** in die Zuluftleitung **10** geschaltet, mit dem sich kondensierbare Bestandteile aus dem Frischluftstrom abtrennen lassen. Es kann sich beispielsweise um eine passive Kühlfalle mit Silikagel und/oder Eis als Trocknungsmittel handeln. Dadurch wird der Feuchtigkeitsgehalt des in die nachgeschalteten Funktionseinheiten (siehe unten) strömenden Frischluftstroms reduziert. Demselben Zweck dient eine alternativ oder zusätzlich vorhandene, hier im Ausführungsbeispiel in Strömungsrichtung der Frischluft gesehen hinter dem Lufttrockner **32** angeordnete Drossel **34**, welche nach dem Prinzip der Expansionstrocknung auf den Frischluftstrom einwirkt. Es kann sich dabei insbesondere um ein regelbares Drosselventil handeln.

**[0035]** Im Anschluss an die Filterung und Trocknung durchströmt der Frischluftstrom bei entsprechender Stellung zugehöriger Stellorgane (siehe unten) beispielsweise den Leitungsabschnitt **36**, in den eine Edelgas-Adsorberkolonne oder kurz Adsorberkolonne **38** geschaltet ist. Dabei werden die im Frischluftstrom enthaltenen Edelgase, vor allem Xenon und Krypton, im Rahmen eines sich dynamisch einstellenden Gleichgewichts durch physikalische und/oder chemische Adsorption an das in der Adsorberkolonne **38** vorhandene Adsorbens gebunden und somit in dem Leitungsabschnitt **36** verzögert, solange die Adsorptionskapazität der Adsorberkolonne **38** noch nicht erschöpft ist. Als Adsorbens können insbesondere ein oder mehrere Schichten Aktivkohle und/oder Zeolith und/oder Molekularsiebe vorgesehen sein.

**[0036]** Der Adsorberkolonne **38** ist ein zum Leitstand **4** führender Leitungsabschnitt nachgeschaltet, in den ein Partikelfilter **40** zur Rückhaltung von abgelösten Adsorberpartikeln geschaltet ist.

**[0037]** Schließlich tritt der auf die beschriebene Weise dekontaminierte Frischluftstrom über die Durchführung **16** durch die Umfassungswand **18** des Leitstandes **4** in dessen Innenraum **8** ein, so dass diesem unverbrauchte, sauerstoffreiche Atemluft mit einem für das Betriebspersonal zulässigen Aktivitätsgrad zugeführt wird.

**[0038]** Vervollständigt wird der Luftaustausch durch die Abfuhr von verbrauchter, kohlendioxidreicher Atemluft aus dem Leitstand **4** über die mit dessen Innenraum **8** verbundene und durch die Durchführung **42** in der Umfassungswand **18** in die Umgebung ge-

führte Abluftleitung **44**, in die zur Unterstützung des Gastransports ein Gebläse **46** geschaltet ist. Dabei handelt es sich vorzugsweise um ein elektrisch angetriebenes Gebläse **46**, das ebenso wie das Gebläse **12** über das Stromversorgungsmodul **28** mit elektrischem Strom versorgt wird.

**[0039]** Da das Adsorptionsvermögen der auf den Frischluftstrom einwirkenden Adsorberkolonne **38** bei praktikabler Baugröße üblicherweise schon nach relativ kurzer Betriebsdauer erschöpft ist, ist das Belüftungssystem **2** für eine Rückspülung der adsorbierten Edelgase in die Umgebung im laufenden Betrieb ausgelegt. Zu diesem Zweck sind zwei im Wesentlichen baugleiche Adsorberkolonnen **38** und **48** vorhanden, die über entsprechende Leitungsverzweigungen und -anschlüsse sowie Stellorgane, hier in Form von 3-Wege-Ventilen, derart mit Frischluft oder mit Abluft beaufschlagt werden, dass eine der beiden Adsorberkolonnen **38** und **48** wie bereits beschrieben im Adsorptionsbetrieb auf den Frischluftstrom einwirkt, während die andere zeitgleich im Desorptionsbetrieb bzw. Spülbetrieb durch den Abluftstrom rückgespült und somit für den nächsten Adsorptionszyklus bereit gemacht wird. Durch Umschalten der Stellorgane kann die Rolle der Adsorberkolonnen **38** und **48** vertauscht und somit in Bezug auf die jeweilige Kolonne zyklisch zwischen Adsorptionsbetrieb und Desorptionsbetrieb gewechselt werden.

**[0040]** Bei dem in der Figur dargestellten Ausführungsbeispiel ist diese Funktionalität dadurch realisiert, dass die eine Adsorberkolonne **38** in dem Leitungsabschnitt **36** angeordnet ist, und die andere Adsorberkolonne **48** in strömungsmäßiger Antiparallelschaltung in dem Leitungsabschnitt **50**. Beide Leitungsabschnitte **36** und **50** vereinen sich auf der einen Seite in dem 3-Wege-Ventil **52** und auf der anderen Seite in der auf der Saugseite des Gebläses **46** angeordneten Vereinigung **54**. Ferner ist auf der einen Seite zwischen dem 3-Wege-Ventil **52** und den beiden Adsorberkolonnen **38**, **48** eine durch die beiden 3-Wege-Ventile **56** und **58** schaltbare Querverbindung **60** zwischen die beiden Leitungsabschnitte **36** und **50** geschaltet, die über einen T-Anschluss **62** mit dem zum Partikelfilter **40** führenden Abschnitt der Zuluftleitung **10** verbunden ist. Auf der anderen Seite ist in analoger Ausgestaltung zwischen den Adsorberkolonnen **38**, **48** und der Vereinigung **54** eine durch die beiden 3-Wege-Ventile **64** und **66** schaltbare Querverbindung **68** geschaltet, die über einen T-Anschluss **70** mit dem von der Drossel **34** kommenden Abschnitt der Zuluftleitung **10** verbunden ist.

**[0041]** Bei entsprechend gewählten Ventilstellungen strömt wie bereits weiter oben beschrieben die von der Drossel **34** kommende Zuluft über den T-Anschluss **70**, das 3-Wege-Ventil **66**, die in der Figur untere Adsorberkolonne **38**, das 3-Wege-Ventil **58** und den T-Anschluss **62** zum Partikelfilter **40** und von dort

weiter zum Leitstand **4**. In dem anderen Leitungsstrang strömt die vom Leitstand **4** kommende Abluft über das 3-Wege-Ventil **52**, das 3-Wege-Ventil **56**, die in der Figur obere Adsorberkolonne **48** und das 3-Wege-Ventil **64** zum Sauganschluss des Gebläses **46** und von dort weiter zu einem Abluftkamin oder zu einem sonstigen Auslass **72**, der zweckmäßigerweise in einiger Entfernung zum Einlass **14** für Frischluft liegt.

**[0042]** Das heißt, die im vorherigen Zyklus in der Adsorberkolonne **48** durch Adsorption akkumulierten Edelgase werden in diesem Betriebsmodus durch die weitgehend edelgasfreie Abluft aus dem Innenraum **8** des Leitstandes **4** von dem Adsorbens desorbiert und mit dem Abluftstrom in die Umgebung zurückgespült. Die Rückspülung wird durch das stromabwärts der rückgespülten Adsorberkolonne **48** angeordnete Gebläse **46** unterstützt, wobei die Volumenvergrößerung des Abluftstroms durch den Unterdruck den Rückspülprozess der Edelgase verstärkt.

**[0043]** In der Abluftleitung **44** von der Warte befindet sich in Richtung des Abluftstroms gesehen stromaufwärts des 3-Wege-Ventils **52** und somit stromaufwärts der gerade im Spülbetrieb befindlichen Adsorberkolonne **48** eine Drossel **74**, vorzugsweise in Gestalt eines einstellbaren Drosselventils, die zur passiven Überhitzung der Abluft und damit zu einer Verringerung der in der Abluft befindlichen Feuchtigkeit führt (Expansionstrocknung). Dadurch wird die Desorptionsgeschwindigkeit der Edelgase in der nachgeschalteten Adsorberkolonne **48** begünstigt.

**[0044]** Nach der Umschaltung vertauschen sich die Rollen der Adsorberkolonnen **38** und **48**. Nun strömt die Frischluft von der Drossel **34** kommend über das 3-Wege-Ventil **64**, die Adsorberkolonne **48** und das 3-Wege-Ventil **56** zum Partikelfilter **40** und von dort zum Leitstand **4**. Die Abluft aus dem Leitstand **4** hingegen strömt von der Drossel **74** kommend über das 3-Wege-Ventil **52**, das 3-Wege-Ventil **58**, die Adsorberkolonne **38** und das 3-Wege-Ventil **66** zum Gebläse **46** und von dort zum Auslass **72**. Die zuvor beladene Adsorberkolonne **38** wird nun durch die Abluft rückgespült, während die Adsorberkolonne **48** für eine Reinigung der Frischluft und dementsprechend für eine erneute Beladung zur Verfügung steht.

**[0045]** Zur Steuerung der Umschaltvorgänge mittels der 3-Wege-Ventile **52**, **56**, **58**, **64**, **66** ist eine Steuereinheit **30** vorgesehen, welche zweckmäßigerweise auch die beiden Gebläse **12** und **46** und gegebenenfalls weitere Stellorgane für Durchfluss und Drücke ansteuert. Für den Fachmann versteht sich, dass die Umschaltfunktionalität auch mittels anderer Leitungstopologien und Stellorgane in äquivalenter Weise realisiert werden kann.

**[0046]** Wie durch die gestrichelten Umrandungslinien angedeutet, ist das Belüftungssystem **2** vorzugsweise modular aus einem Edelgasmodul **76**, einem Jod- und Aerosolmodul **78** und einem Stromversorgungsmodul **28** aufgebaut. Die Grenzen zwischen den Modulen können im Detail natürlich auch anders gewählt sein, und es kann weitere Module oder Submodule geben. Die einzelnen Module sind beispielsweise in Standardcontainern transportabel untergebracht, so dass ein einfacher Transport zum Einsatzort und dort ein einfacher Aufbau durch Verbindung der zugehörigen, standardisierten Leitungsanschlüsse erfolgen kann.

**[0047]** Auch wenn die Beschreibung bislang auf die Belüftung des (zentralen) Leitstandes eines Kernkraftwerkes ausgerichtet war, so ist doch klar, dass das Belüftungssystem **2** auch für die Störfall-Belüftung von anderen Raumbereichen innerhalb eines Kernkraftwerkes oder allgemeiner einer kerntechnischen Anlage – etwa auch Brennelementlager, Wiederaufbereitungsanlagen, brennstoffverarbeitende Anlagen etc. – verwendet werden kann, etwa von Hilfsanlagegebäuden, Schaltanlagenräumen, Messwarten oder anderen Bedien- und Überwachungsräumen. Für derartige Räume wird in zusammenfassender, schlagwortartiger Weise auch die Bezeichnung „Betriebsraum“ verwendet.

#### Bezugszeichenliste

<b>2</b>	Belüftungssystem
<b>4</b>	Leitstand
<b>6</b>	Kernkraftwerk
<b>8</b>	Innenraum
<b>10</b>	Zuluftleitung
<b>12</b>	Gebläse
<b>14</b>	Einlass
<b>16</b>	Durchführung
<b>18</b>	Umfassungswand
<b>20</b>	Aerosolfilter
<b>22</b>	HEPA-Filter
<b>24</b>	Jodfilter
<b>26</b>	Partikelfilter
<b>28</b>	Stromversorgungsmodul
<b>30</b>	Steuereinheit
<b>32</b>	Lufttrockner
<b>34</b>	Drossel
<b>36</b>	Leitungsabschnitt
<b>38</b>	Adsorberkolonne
<b>40</b>	Partikelfilter
<b>42</b>	Durchführung
<b>44</b>	Abluftleitung
<b>46</b>	Gebläse
<b>48</b>	Adsorberkolonne
<b>50</b>	Leitungsabschnitt
<b>52</b>	3-Wege-Ventil
<b>54</b>	Vereinigung
<b>56</b>	3-Wege-Ventil
<b>58</b>	3-Wege-Ventil

<b>60</b>	Querverbindung
<b>62</b>	T-Anschluss
<b>64</b>	3-Wege-Ventil
<b>66</b>	3-Wege-Ventil
<b>68</b>	Querverbindung
<b>70</b>	T-Anschluss
<b>72</b>	Auslass
<b>74</b>	Drossel
<b>76</b>	Edelgasmodul
<b>78</b>	Jod- und Aerosolmodul

### Patentansprüche

1. Verwendung eines Belüftungssystems (2) zur Belüftung eines von Betriebspersonal begehbaren Betriebsraums in einer kerntechnischen Anlage, insbesondere eines Leitstands (4) in einem Kernkraftwerk (6), wobei das Belüftungssystem (2) folgende Merkmale umfasst:

- eine von einem externen Einlass (14) zu dem Betriebsraum geführte Zuluftleitung (10), in die ein erstes Gebläse (12) und eine erste Adsorberkolonne (38) zur Edelgas-Adsorption/Desorption geschaltet sind,
- eine von dem Betriebsraum zu einem externen Auslass (72) geführte Abluftleitung (44), in die ein zweites Gebläse (46) und eine zweite Adsorberkolonne (48) zur Edelgas-Adsorption/Desorption geschaltet sind, und
- wobei zur Vertauschung von Adsorptions- und Desorptionsbetrieb von erster und zweiter Adsorberkolonne (38, 48) zwei über 3 Wege-Ventile schaltbare Querverbindungen (60, 68) zwischen der Zuluftleitung (10) und der Abluftleitung (44) angeordnet sind.

2. Verwendung eines Belüftungssystems (2) nach Anspruch 1, wobei das erste Gebläse (12) in Strömungsrichtung der Zuluft gesehen stromaufwärts der ersten Adsorberkolonne (38) angeordnet ist.

3. Verwendung eines Belüftungssystems (2) nach Anspruch 2, wobei zwischen dem ersten Gebläse (12) und der ersten Adsorberkolonne (38) eine Drossel (34) und/oder ein Lufttrockner (32) in die Zuluftleitung (10) geschaltet sind.

4. Verwendung eines Belüftungssystems (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das zweite Gebläse (46) in Strömungsrichtung der Abluft gesehen stromabwärts der zweiten Adsorberkolonne (48) angeordnet ist.

5. Verwendung eines Belüftungssystems (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei in Strömungsrichtung der Abluft gesehen stromaufwärts der zweiten Adsorberkolonne (48) eine Drossel (74) in die Abluftleitung (44) geschaltet ist.

6. Verwendung eines Belüftungssystems (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei ein Jodfilter (24)

und ein Aerosolfilter (20) in die Zuluftleitung (10) geschaltet sind.

7. Verwendung eines Belüftungssystems (2) nach Anspruch 6, wobei der Jodfilter (24) und der Aerosolfilter (20) in Strömungsrichtung der Zuluft gesehen stromaufwärts des ersten Gebläses (12) angeordnet sind.

8. Verwendung eines Belüftungssystems (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 7 mit einem autarken Stromversorgungsmodul (28).

9. Verfahren zum Betreiben eines Belüftungssystems (2) zur Belüftung eines von Betriebspersonal begehbaren Betriebsraums in einer kerntechnischen Anlage, insbesondere eines Leitstands (4) in einem Kernkraftwerk (6), wobei das Belüftungssystem (2) folgende Merkmale umfasst:

- eine von einem externen Einlass (14) zu dem Betriebsraum geführte Zuluftleitung (10), in die ein erstes Gebläse (12) und eine erste Adsorberkolonne (38) zur Edelgas-Adsorption/Desorption geschaltet sind,
- eine von dem Betriebsraum zu einem externen Auslass (72) geführte Abluftleitung (44), in die ein zweites Gebläse (46) und eine zweite Adsorberkolonne (48) zur Edelgas-Adsorption/Desorption geschaltet sind, und
- Umschaltmittel zur Vertauschung der Rollen von erster und zweiter Adsorberkolonne (38, 48), wobei simultan eine der beiden Adsorberkolonnen (38) von Zuluft durchströmt und dadurch mit radioaktiven Edelgasen beladen wird und die andere Adsorberkolonne (48) von Abluft durchströmt und dadurch rückgespült wird und wobei die Rollen der beiden Adsorberkolonnen (38, 48) durch Umschaltung vertauscht werden, sobald die Adsorptionskapazität der aktuell beladenen Adsorberkolonne (38) erschöpft ist.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

