

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
22. Januar 2015 (22.01.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/007409 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G21F 9/02 (2006.01) G21C 19/30 (2006.01)
G21C 9/00 (2006.01) G21D 3/06 (2006.01)
G21C 9/06 (2006.01) G21F 7/015 (2006.01)
G21C 13/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/058721

(22) Internationales Anmeldedatum:
29. April 2014 (29.04.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2013 214 230.7 19. Juli 2013 (19.07.2013) DE

(71) Anmelder: AREVA GMBH [DE/DE]; Paul-Gossen-
Straße 100, 91052 Erlangen (DE).

(72) Erfinder: HILL, Axel; An der Schlossmühle 9, 64589
Stockstadt (DE).

(74) Anwalt: KUGLER, Jörg; Patentanwälte Rechtsanwälte
Tergau & Walkenhorst, Eschersheimer Landstr. 105-107,
60322 Frankfurt am Main (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH,
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: VENTILATION SYSTEM AND ASSOCIATED OPERATING METHOD FOR USE DURING A SERIOUS
INCIDENT IN A NUCLEAR PLANT

(54) Bezeichnung : BELÜFTUNGSSYSTEM UND ZUGEHÖRIGES BETRIEBSVERFAHREN ZUM EINSATZ WÄHREND
EINES SCHWEREN STÖRFALLS IN EINER KERntechnischen ANLAGE

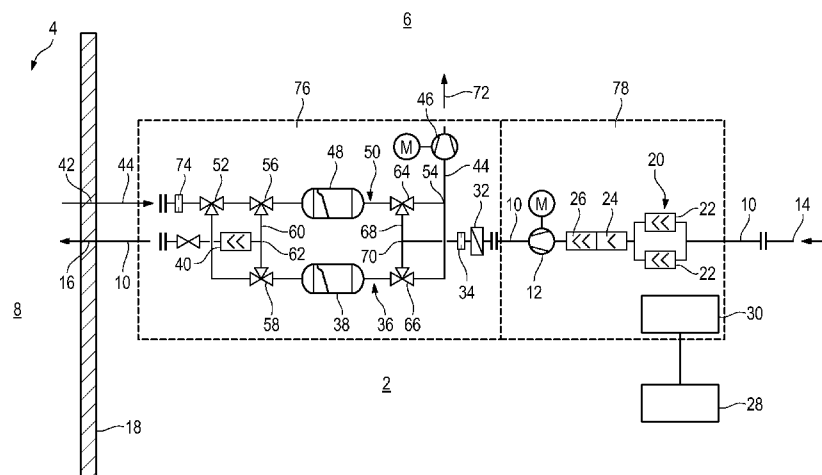


Fig.

(57) Abstract: A ventilation system (2) for an operating room accessible to service personnel in a nuclear plant, in particular a control room (4) in a nuclear power plant (6), is intended to enable a supply of decontaminated fresh air at least for a time span of a few hours in the event of serious incidents involving the release of radioactive activity. In particular, the content of radioactive inert gases in the fresh air supplied to the operating room should be as low as possible. For this purpose, in accordance with the invention the ventilation system (2) is equipped with • an air supply line (10) passed from an external inlet (14) to the operating room, with a first fan (12) and a first inert gas adsorber column (e.g. 38) being connected into said air supply line (10), • an air discharge line (44) passed from the operating room to an external outlet (72), with a second fan (46) and a second inert gas adsorber column (e.g. 48) being connected into said air discharge line (44), and • switchover means for interchanging the roles of the first and second inert gas adsorber columns (38, 48).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2015/007409 A1



LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS,
SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

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 Edelgas- Adsorberkolonne (z. B. 38) geschaltet sind, • einer von dem Betriebsraum zu einem externen Auslass (72) geführten Abluftleitung (44), in die ein zweites Gebläse (46) und eine zweite Edelgas-Adsorberkolonne (z. B. 48) geschaltet sind, und • Umschaltmitteln zur Vertauschung der Rollen von erster und zweiter Edelgas-Adsorberkolonne (38, 48).

Beschreibung

Belüftungssystem und zugehöriges Betriebsverfahren zum Einsatz während eines schweren Störfalls in einer kerntechnischen Anlage

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 Kraftwerksumgebung 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.

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.

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.

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 Begehbarkeit der Warte zu gewährleisten.

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.

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.

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 anzugeben, 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.

In Bezug auf die Vorrichtung wird die Aufgabe erfindungsgemäß gelöst durch die Merkmale des Anspruchs 1. In Bezug auf das Verfahren wird die Aufgabe gelöst durch die Merkmale des Anspruchs 10.

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

Das erfindungsgemäße 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.

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/Adsorbensien, vorzugsweise Aktivkohle, gefüllt sind. Das Adsorbens der Kolonnen kann auch aus mehreren Schichten von Aktivkohle und/oder Zeolith und/oder Molekularsieben aufgebaut sein.

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.

Die Abluft aus dem zu versorgenden Raumbereich 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.

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

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.

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.

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 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.

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.

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

Das Belüftungssystem umfasst zweckmäßigerweise eine Steuerung und entsprechende Einstellorgane für Durchfluss und Drücke.

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 Edel-

gase 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.

Zusammengefasst werden zur Sicherstellung der Begehbarkeit 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

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

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachfolgend anhand einer Zeichnung näher erläutert. Die einzige Figur gibt nach Art eines Blockfließbildes einen sche-

matischen und stark vereinfachten Überblick über ein Belüftungssystem für einen Leitstand eines Kernkraftwerkes.

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.

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.

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.

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 Belüftungssystems 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.

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.

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.

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 m³/h.

Zur Bereitstellung des erforderlichen Betriebsstroms ist ein autarkes, von der normalbetrieblichen Eigenstromversorgung und vorzugsweise auch vom gewöhnlichen (anlagenweiten) Notstromnetz unabhängiges Stromversorgungsmodul 28 vorgesehen, 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.

Weiter stromabwärts ist optional ein auch als Kühlfalle bezeichneter Lufttrockner 32 in die Zuluftleitung 10 geschaltet, mit dem sich kondensierbare Bestandteile aus den 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.

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 Edel-

gase, vor allem Xenon und Krypton, im Rahmen eines sich dynamisch einstellen- den Gleichgewichts durch physikalische und/oder chemische Adsorption an das in der Adsorberkolonne 38 vorhandene Adsorbens gebunden und somit in dem Lei- tungsabschnitt 36 verzögert, solange die Adsorptionskapazität der Adsorberkolon- ne 38 noch nicht erschöpft ist. Als Adsorbens können insbesondere ein oder meh- rere Schichten Aktivkohle und/oder Zeolith und/oder Molekularsiebe vorgesehen sein.

Der Adsorberkolonne 38 ist ein zum Leitstand 4 führender Leitungsabschnitt nachgeschaltet, in den ein Partikelfilter 40 zur Rückhaltung von abgelösten Ad- sorberpartikeln geschaltet ist.

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 Atem- luft mit einem für das Betriebspersonal zulässigen Aktivitätsgrad zugeführt wird.

Vervollständigt wird der Luftaustausch durch die Abfuhr von verbrauchter, kohlen- dioxidreicher Atemluft aus dem Leitstand 4 über die mit dessen Innenraum 8 ver- bundene und durch die Durchführung 42 in der Umfassungswand 18 in die Um- gebung geführte 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 Stromver- sorgungsmodul 28 mit elektrischem Strom versorgt wird.

Da das Adsorptionsvermögen der auf den Frischluftstrom einwirkenden Adsorber- kolonne 38 bei praktikabler Baugröße üblicherweise schon nach relativ kurzer Be- triebsdauer erschöpft ist, ist das Belüftungssystem 2 für eine Rückspülung der adsorbierten Edelgase in die Umgebung im laufenden Betrieb ausgelegt. Zu die- sem 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 be-

reits 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.

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.

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 zum einem Abluftkamin oder zu einem sonstigen Auslass 72, der zweckmäßigerweise in einiger Entfernung zum Einlass 14 für Frischluft liegt.

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.

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.

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.

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.

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.

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

2	Belüftungssystem	64	3-Wege-Ventil
4	Leitstand	66	3-Wege-Ventil
6	Kernkraftwerk	68	Querverbindung
8	Innenraum	70	T-Anschluss
10	Zuluftleitung	72	Auslass
12	Gebläse	74	Drossel
14	Einlass	76	Edelgasmodul
16	Durchführung	78	Jod- und Aerosolmodul
18	Umfassungswand		
20	Aerosolfilter		
22	HEPA-Filter		
24	Jodfilter		
26	Partikelfilter		
28	Stromversorgungsmodul		
30	Steuereinheit		
32	Lufttrockner		
34	Drossel		
36	Leitungsabschnitt		
38	Adsorberkolonne		
40	Partikelfilter		
42	Durchführung		
44	Abluftleitung		
46	Gebläse		
48	Adsorberkolonne		
50	Leitungsabschnitt		
52	3-Wege-Ventil		
54	Vereinigung		
56	3-Wege-Ventil		
58	3-Wege-Ventil		
60	Querverbindung		
62	T-Anschluss		

Ansprüche

1. Belüftungssystem (2) für einen von Betriebspersonal begehbaren Betriebsraum in einer kerntechnischen Anlage, insbesondere einen Leitstand (4) in einem Kernkraftwerk (6), mit
 - einer von einem externen Einlass (14) zu dem Betriebsraum geführten Zuluftleitung (10), in die ein erstes Gebläse (12) und eine erste Edelgas-Adsorberkolonne (z. B. 38) geschaltet sind,
 - einer von dem Betriebsraum zu einem externen Auslass (72) geführten Abluftleitung (44), in die ein zweites Gebläse (46) und eine zweite Edelgas-Adsorberkolonne (z. B. 48) geschaltet sind, und
 - Umschaltmitteln zur Vertauschung der Rollen von erster und zweiter Edelgas-Adsorberkolonne (38, 48).
2. Belüftungssystem (2) nach Anspruch 1, wobei das erste Gebläse (12) in Strömungsrichtung der Zuluft gesehen stromaufwärts der ersten Edelgas-Adsorberkolonne (z. B. 38) angeordnet ist.
3. Belüftungssystem (2) nach Anspruch 2, wobei zwischen dem ersten Gebläse (12) und der ersten Edelgas-Adsorberkolonne (z. B. 38) eine Drossel (34) und/oder ein Lufttrockner (32) in die Zuluftleitung (10) geschaltet sind.
4. Belüftungssystem (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das zweite Gebläse (46) in Strömungsrichtung der Abluft gesehen stromabwärts der zweiten Edelgas-Adsorberkolonne (z. B. 48) angeordnet ist.
5. Belüftungssystem (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei in Strömungsrichtung der Abluft gesehen stromaufwärts der zweiten Edelgas-

Adsorberkolonne (z. B. 48) eine Drossel (74) in die Abluftleitung (44) geschaltet ist.

6. Belüftungssystem (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei ein Jodfilter (24) und ein Aerosolfilter (20) in die Zuluftleitung (10) geschaltet sind.

7. Belüftungssystem (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. Belüftungssystem (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 7 mit einem autarken Stromversorgungsmodul (28).

9. Belüftungssystem (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Umschaltmittel mehrere 3-Wege-Ventile (52, 56, 58, 64, 66) umfassen.

10. Verfahren zum Betreiben eines Belüftungssystems (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem simultan eine der beiden Edelgas-Adsorberkolonnen (z. B. 38) von Zuluft durchströmt und dadurch mit radioaktiven Edelgasen beladen wird und die andere Edelgas-Adsorberkolonne (z. B. 48) von Abluft durchströmt und dadurch rückgespült wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem die Rollen der beiden Edelgas-Adsorberkolonnen (38, 48) durch Umschaltung vertauscht werden, sobald die Adsorptionskapazität der aktuell beladenen Edelgas-Adsorberkolonne (z. B. 38) erschöpft ist.

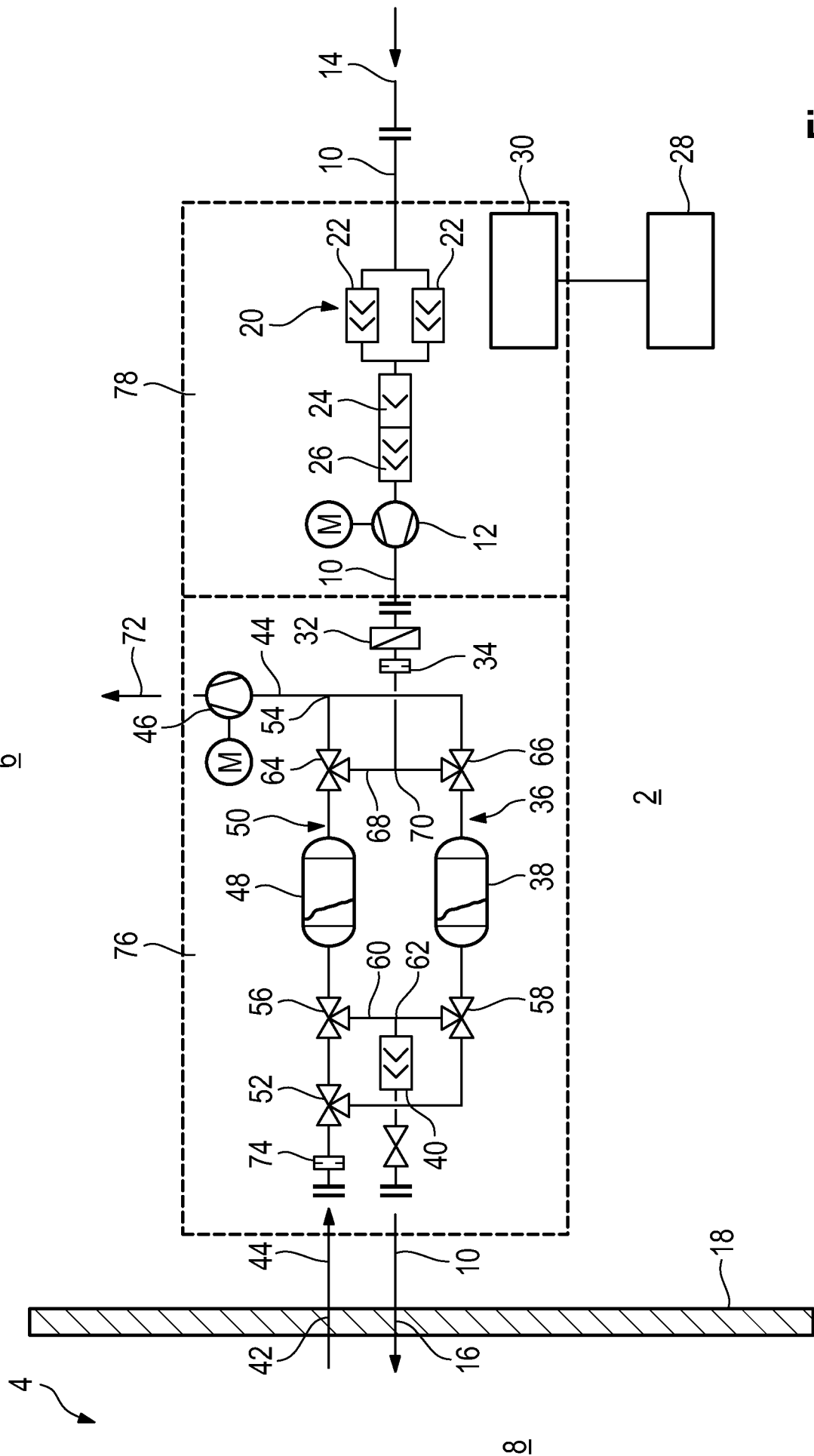


Fig. 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2014/058721

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
INV.	G21F9/02 G21D3/06	G21C9/00 G21F7/015
	G21C9/06	G21C13/02 G21C19/30
ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
G21F C01B B01D G21C G21D		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 34 18 972 A1 (KERNFORSCHUNGSANLAGE JUELICH [DE]) 28 November 1985 (1985-11-28)	1-5,9-11
Y	page 6, line 4 - page 21, line 35; figures 1-4	1-8
Y	----- US 4 369 048 A (PENCE DALLAS T [US]) 18 January 1983 (1983-01-18) column 3, line 45 - column 5, line 30	6-8
X	----- EP 0 307 581 A1 (SIEMENS AG [DE]) 22 March 1989 (1989-03-22)	1-5,9-11
Y	column 1, line 40 - column 9, line 3; figures 1-6	6-8
	----- -/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
2 September 2014		12/09/2014
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Lohberger, Severin

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2014/058721

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 3 890 121 A (THOMAS JESS W) 17 June 1975 (1975-06-17)	1-5,7-11
Y	column 3, line 19 - column 4, line 21; figures 1-4	6
Y	----- DE 196 50 266 A1 (WUERTZ RUEDIGER DR [DE]) 10 June 1998 (1998-06-10) column 2, line 25 - column 3, line 25 -----	1-8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/058721

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 3418972	A1	28-11-1985	DE 3418972 A1 28-11-1985
		JP S60260411 A	23-12-1985

US 4369048	A	18-01-1983	NONE

EP 0307581	A1	22-03-1989	DE 3729517 A1 16-03-1989
		EP 0307581 A1	22-03-1989
		SU 1743338 A3	23-06-1992
		US 4881958 A	21-11-1989

US 3890121	A	17-06-1975	NONE

DE 19650266	A1	10-06-1998	NONE

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	G21F9/02 G21D3/06	G21C9/00 G21F7/015
	G21C9/06	G21C13/02 G21C19/30
ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
G21F C01B B01D G21C G21D		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 34 18 972 A1 (KERNFORSCHUNGSANLAGE JUELICH [DE])	1-5,9-11
Y	28. November 1985 (1985-11-28) Seite 6, Zeile 4 - Seite 21, Zeile 35; Abbildungen 1-4	1-8
Y	----- US 4 369 048 A (PENCE DALLAS T [US]) 18. Januar 1983 (1983-01-18) Spalte 3, Zeile 45 - Spalte 5, Zeile 30	6-8
X	----- EP 0 307 581 A1 (SIEMENS AG [DE]) 22. März 1989 (1989-03-22)	1-5,9-11
Y	Spalte 1, Zeile 40 - Spalte 9, Zeile 3; Abbildungen 1-6	6-8
	----- -/-	
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
2. September 2014		12/09/2014
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Lohberger, Severin

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 3 890 121 A (THOMAS JESS W) 17. Juni 1975 (1975-06-17)	1-5,7-11
Y	Spalte 3, Zeile 19 - Spalte 4, Zeile 21; Abbildungen 1-4	6
Y	----- DE 196 50 266 A1 (WUERTZ RUEDIGER DR [DE]) 10. Juni 1998 (1998-06-10) Spalte 2, Zeile 25 - Spalte 3, Zeile 25 -----	1-8

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/058721

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 3418972	A1	28-11-1985	DE 3418972 A1 28-11-1985
		JP S60260411 A	23-12-1985
US 4369048	A	18-01-1983	KEINE
EP 0307581	A1	22-03-1989	DE 3729517 A1 16-03-1989
		EP 0307581 A1	22-03-1989
		SU 1743338 A3	23-06-1992
		US 4881958 A	21-11-1989
US 3890121	A	17-06-1975	KEINE
DE 19650266	A1	10-06-1998	KEINE