

(19)



(11)

EP 2 890 936 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
28.12.2016 Patentblatt 2016/52

(51) Int Cl.:
F24F 11/00 ^(2006.01) **F24F 7/007** ^(2006.01)
F24F 7/08 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13742031.1**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2013/066026

(22) Anmeldetag: **30.07.2013**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2014/032891 (06.03.2014 Gazette 2014/10)

(54) **VERFAHREN ZUR BEDARFSGERECHTEN REGELUNG EINER VORRICHTUNG FÜR EINE SCHICHTLÜFTUNG UND VORRICHTUNG FÜR EINE SCHICHTLÜFTUNG**

METHOD FOR ON-DEMAND CONTROL OF A DEVICE FOR LAYERED VENTILATION AND DEVICE FOR LAYERED VENTILATION

PROCÉDÉ DE RÉGLAGE D'UN DISPOSITIF DE VENTILATION PAR COUCHES EN FONCTION DES BESOINS ET DISPOSITIF DE VENTILATION PAR COUCHES

(84) Benannte Vertragsstaaten:

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

- **SCHÄFER, Mirko**
36217 Ronshausen (DE)
- **DETZER, Rüdiger**
35418 Buseck (DE)

(30) Priorität: **30.08.2012 DE 102012108018**

(74) Vertreter: **Patentanwälte Walther Hinz Bayer PartGmbB**
Heimradstrasse 2
34130 Kassel (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
08.07.2015 Patentblatt 2015/28

(73) Patentinhaber: **Universität Kassel**
34109 Kassel (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1-102007 045 044 FR-A1- 2 859 522
JP-A- 2006 258 358

(72) Erfinder:

- **HESELBACH, Jens**
34125 Kassel (DE)

EP 2 890 936 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung einer Vorrichtung für eine Schichtlüftung in einem zu belüftenden Raum, wobei sich eine Schichtgrenze zwischen einer ersten geodätisch unteren Luftschicht und einer zweiten geodätisch oberen Luftschicht bildet, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, sowie eine zur Durchführung des Verfahrens ausgebildete Vorrichtung für eine Schichtlüftung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 10.

Technisches Gebiet

[0002] Für die Belüftung von Räumen, insbesondere hoher Produktionshallen, haben sich mehrere Konzepte etabliert. Konventionelle Lüftungssysteme wie die sogenannte Mischbelüftung erzeugen ein gleichmäßiges Temperatur- und Schadstoffniveau in dem zu belüftenden Raum durch eine starke Zuluftströmung im Deckenbereich. Dadurch wird nahezu das gesamte Raumluftvolumen in Bewegung gesetzt. Insbesondere bei hohen Raumhöhen wird so ein erheblicher Bereich des Raumes klimatisiert, welcher für Menschen und Produktionsprozesse nicht benötigt wird.

[0003] Bei der sogenannten Schichtlüftung wird hingegen die Zuluft über Luftauslässe in Bodennähe in den zu belüftenden Raum eingebracht. Oberhalb von sich im Raum befindlichen thermischen Quellen, wie zum Beispiel Produktionsanlagen, maschinentechnischen Einrichtungen oder sich im Raum befindlichen Personen, entstehen thermische Konvektionsströmungen. In den Konvektionsströmungen steigt die durch die thermischen Quellen erwärmte Raumluft aufgrund ihrer geringeren Dichte in den oberen Raumbereich, und transportiert so auch Schadstoffe aus dem Aufenthaltsbereich der sich im Raum befindlichen Personen in eine über diesem Bereich liegende Luftschicht. Beim Betrieb einer Vorrichtung zur Schichtlüftung bildet sich somit eine Schichtgrenze zwischen einer geodätisch unteren ersten Luftschicht und einer geodätisch oberen zweiten Luftschicht aus. Die Höhe der Schichtgrenze über der Bodenebene des zu belüftenden Raumes hängt dabei im Wesentlichen von der in die erste untere Luftschicht eingeführten Luftmenge und der aus der oberen zweiten Luftschicht abtransportierten Luftmenge ab. Idealerweise werden die zu- und abgeführten Luftmenge, also die Zuluftmengen und die Abluftmengen, so eingestellt, dass sich die Schichtgrenze in einer Höhe von beispielsweise 2,5 Metern über der Bodenebene des Raumes stabilisiert. Dadurch ist zum einen gesichert, dass die Schadstoffbelastung in dem Produktionsbereich, in dem sich Menschen aufhalten, deutlich verringert ist, bei gleichzeitig minimiertem Energiebedarf für den Betrieb der Lüftungssysteme. Weiteren Einfluss auf die sich bei Betrieb einer Vorrichtung zur Schichtlüftung einstellenden Bedingungen der Raumluft, insbesondere der Dynamik der Konvektionsströmungen, hat die Temperatur der Zuluft.

[0004] Bei bestehenden Vorrichtungen zur Schichtlüftung wird die zugeführte Luftmenge üblicherweise auf einen repräsentativen stationären Betriebszustand der Produktion eingestellt. Da keine automatische Anpassung an den laufenden Produktionsprozess zum Beispiel an Produktions- oder Mitarbeiterpausen oder Schichtwechsel erfolgt, verschiebt sich die Höhe der Schichtgrenze in energetisch ungünstige und vom Menschen und Maschinen nicht benötigte Bereiche. Auch wird die Höhe der Schichtgrenze empfindlich durch die Anordnung der thermischen Quellen innerhalb des zu belüftenden Raumes, wie auch von der Ausführung und Anordnung der lufttechnischen Einrichtung bestimmt. Bei der Installation einer Vorrichtung zur Schichtlüftung in einem Raum, beispielsweise in einer Fertigungshalle, ist daher eine strömungstechnische Optimierung erforderlich. Bei Änderung der Produktionsbedingungen, zum Beispiel bei Einbau neuer Produktionsanlagen, muss durch eine weitere aufwendige Vermessung der herrschenden Luft- und Strömungsbedingungen die Vorrichtung zur Schichtlüftung neu justiert werden.

Stand der Technik

[0005] Aus der DE 10 2007 045 044 A1 ist ein Klimagerät bekannt, welches mit einem oder mehreren konventionellen impulsarmen Schichtlüftungsdurchlässen im Raum kombiniert werden kann. Insbesondere kann eine Mehrzahl von Klimageräten miteinander kombiniert werden, um eine flexible Klimatisierung einer größeren Fabrikhalle zu ermöglichen. Durch Verschieben eines oder mehrerer Klimageräte im Raum können individuelle Bedürfnisse erfüllt werden.

[0006] Jedoch bleibt auch bei bekannten Lüftungssystemen das energetische ungünstige Verschieben der Schichtgrenze bei sich ändernden laufenden Produktionsprozessen bestehen. Auch ist es oft aus Platzgründen nicht möglich, Klimaanlage innerhalb der Produktionsstätten zum Zweck der Stabilisierung der Schichtgrenze zu verschieben.

Darstellung der Erfindung: Aufgabe, Lösung, Vorteile

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren sowie eine Vorrichtung der eingangs genannten Art bereitzustellen, welche den Energiebedarf einer Vorrichtung zur Schichtlüftung durch eine flexible, vollautomatische, bedarfsgerechte Regelung der Höhe der Schichtgrenze senkt.

[0008] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit der im Anspruch 1 angegebenen Merkmalskombination, sowie durch eine, zur Durchführung dieses Verfahrens ausgebildete, Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 10 gelöst.

[0009] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Regelung einer Vorrichtung für eine Schichtlüftung in einem zu belüftenden Raum bildet sich eine Schichtgrenze zwi-

schen einer ersten geodätisch unteren Luftschicht und einer zweiten geodätisch oberen Luftschicht aus, wird der Ist-Wert der Höhe der Schichtgrenze an mindestens einem Ort im zu belüftenden Raum ermittelt, wird der Ist-Wert mit einem Soll-Wert verglichen, und wird einer Abweichung des Ist-Werts vom Soll-Wert durch Regelung der Vorrichtung für eine Schichtlüftung entgegengesteuert. In vorteilhafter Weise kann durch das erfindungsgemäße Verfahren ein optimaler Betrieb der Vorrichtung für eine Schichtlüftung gewährleistet werden, welche flexibel auf sich ändernde Raumluftbedingungen, beispielsweise bedingt durch veränderte Produktionszustände, reagiert. Durch Anpassung von beispielsweise der Lüftungsleistung während Produktionspausen kann der Energiebedarf durch geringere Ventilatorleistungen sowie damit einhergehenden geringeren erforderlichen Kühlleistungen des Zuluftvolumenstroms gesenkt werden.

[0010] Zweckmäßige Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

[0011] In einer bevorzugten Ausführung des Verfahrens werden die Betriebsparameter der Vorrichtung für eine Schichtlüftung, insbesondere der zugeführte Luftstrom bzw. die zugeführten Luftmenge und/oder die Temperatur der zugeführten Luft und/oder der abgeführte Luftstrom bzw. die abgeführte Luftmenge geregelt. So kann in vorteilhafter Weise durch geeignete Wahl der Temperatur der zugeführten Luft die Stärke der Thermikströmungen eingestellt werden. Weiterhin kann die Temperatur der zugeführten Luft entsprechend bekannter Behaglichkeitskriterien für das Arbeiten am Arbeitsplatz eingestellt werden. Durch Einstellen der Volumenströme der Zu- und/oder Abluft wird neben der Höhe der Schichtgrenze die pro Zeiteinheit aus dem zu belüftenden Raum ausgetragene Schadstoffmenge bestimmt.

[0012] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform wird der zugeführte Luftstrom, insbesondere pulsarm in den zu belüftenden Raum eingeleitet. Durch die impulsarme Einführung der Zuluft werden Luftverwirbelungen und Querströmungen verhindert, und eine Stabilisierung der Schichtgrenze bevorteilt.

[0013] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird der Ist-Wert der Höhe der Schichtgrenze aus einem oder mehreren der an dem mindestens einen Ort im zu belüftenden Raum gemessenen Parameter der Raumluft bestimmt. Die gemessenen Parameter sind dabei insbesondere die Temperatur, die Schadstoffkonzentration, der Druck, die Strömungsgeschwindigkeit und Strömungsrichtung der Raumluft, sowie die Luftfeuchtigkeit. Auch die an dem mindestens einen Ort gemessenen Gradienten der vorgenannten Parameter können zur Bestimmung des Ist-Wertes der Höhe der Schichtgrenze dienen. So kann beispielsweise die Schichtgrenze durch einen großen Temperaturgradienten angezeigt werden. Jedoch ist mit einem entsprechenden funktionalen Zusammenhang prinzipiell jede Kombination der an dem mindestens einen Ort gemessenen Parameter der Raumluft zur Ermittlung des Ist-Werts der Höhe der Schichtgrenze über der Bodenebene geeignet.

Auch eine Kombination von mehreren Werten eines an mehreren Orten gemessenen Parameters oder mehrerer an mehreren Orten gemessenen Parametern ist zur Ermittlung des Ist-Werts der Höhe der Schichtgrenze geeignet, insbesondere kann die in unterschiedlichen repräsentativen Höhen gemessene Temperatur und/oder Schadstoffkonzentration zur Ermittlung des Ist-Werts der Höhe der Schichtgrenze benutzt werden.

[0014] In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird die örtliche Abhängigkeit der an mehreren Orten und/oder in mehreren Höhen gemessenen Werte eines oder mehrerer Parameter mit einer mathematischen Funktion modelliert bzw. wird eine mathematischen Funktion an die örtliche Abhängigkeit der an mehreren Orten und/oder in mehreren Höhen gemessenen Werte eines oder mehrerer Parameter angepasst. Weiter wird mittels analytischer oder iterativer Verfahren, insbesondere durch analytische oder iterative Bestimmung des Ortes des maximalen Gradienten der Funktion des oder der gemessenen Parameter, bevorzugt der Ist-Wert der Höhe der Schichtgrenze über mindestens einem Ort der Bodenebene ermittelt. Besonders bevorzugt wird eine mathematische Funktion an den höhenabhängigen Verlauf der in mehreren unterschiedlichen Höhen gemessenen Werte eines oder mehrerer Parameter, insbesondere an den höhenabhängigen Temperaturverlauf und/oder an den höhenabhängigen Verlauf der Schadstoffkonzentration angepasst. Bevorzugt wird durch analytische oder iterative Bestimmung des maximalen Temperatur- und/oder Schadstoffkonzentrationsgradienten der Ist-Wert der Höhe der Schichtgrenze ermittelt. Als Anpassungsfunktion an beispielsweise den höhenabhängigen Temperaturverlauf oder Schadstoffkonzentrationsverlauf eignen sich insbesondere Polynomfunktionen und/oder Sigmoidfunktionen. Jedoch kann auch jede andere geeignete Funktion als Anpassungsfunktion dienen. Weiter bevorzugt können neben den Extremwerten der Gradienten des Temperaturverlaufs oder der Schadstoffkonzentration auch die Extremwerte weiterer Parameter, insbesondere weiterer der oben genannten Parameter, bestimmt werden. Ebenso kann bevorzugt auch eine mehrdimensionale analytische oder iterative Bestimmung der Extremwerte der gemessenen Parameter durchgeführt werden.

[0015] In einer weiter bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens können durch Bestimmung der Strömungsgeschwindigkeit und/oder der Strömungsrichtung der Raumluft insbesondere an den Wänden des zu belüftenden Raumes auftretende Fallströmungen ermittelt werden, und durch entsprechende Ansteuerung und Regelung der Vorrichtung für eine Schichtlüftung eine dadurch entstehende Vermischung der oberen und unteren Luftschicht vermieden werden. Fallströmungen treten dabei insbesondere an außen liegenden Wänden des zu belüftenden Raumes durch Abkühlung der sich in der zweiten geodätisch oberen Luftschicht befindlichen erwärmten Raumluft auf. Mit besonderem Vorteil lässt sich durch Messung der Temperatur bzw. des Temperatur-

gradienten an mindestens einem Ort im Raum der aktuelle Ist-Wert der Höhe der Schichtgrenze bestimmen.

[0016] Weiter bevorzugt werden in einer vorteilhaften Ausführung des Verfahrens vorbestimmte Werte eines oder mehrerer Parameter, insbesondere vorbestimmte Werte eines oder mehrerer der oben genannten Parameter Temperatur, Schadstoffkonzentration, Druck, Strömungsgeschwindigkeit und Strömungsrichtung und Luftfeuchtigkeit, deren Gradienten, sowie die Zeit, dazu benutzt, einen Soll-Wert der Höhe der Schichtgrenze an dem mindestens einen Ort im zu belüftenden Raum festzulegen. Vorteilhafterweise lässt sich somit für bestimmte Zeiträume, insbesondere bei Schichtende oder Schichtwechsel, oder für Zeiten niedriger Produktionsauslastung eine energetisch vorteilhafte geringere Lüftungsleistung, insbesondere durch Absenken des Soll-Werts der Höhe der Schichtgrenze, vorbestimmen.

[0017] In einer weiter bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird die Größe der Änderung der Betriebsparameter der Vorrichtung zur Schichtlüftung, insbesondere die Amplitude der Regelsignale mittels einer, insbesondere in ein Computerprogramm implementierten, Vorschrift ermittelt. Die Regelsignale dienen dann als Eingangssignale für die Änderung der Betriebsparameter. Besonders bevorzugt hängt die Amplitude der Regelsignale von der Größe der Abweichung des Ist-Wertes der Höhe der Schichtgrenze vom Soll-Wert ab. Diese Abhängigkeit kann beispielsweise linear oder quadratisch sein. Durch den funktionsartigen Zusammenhang der Amplitude der Regelsignale von der Abweichung des Ist-Wertes vom Soll-Wert wird vorteilhafterweise erreicht, dass bei einer großen Abweichung des Ist-Wertes vom Soll-Wert durch eine entsprechend große Amplitude des Regelsignals ein schnelles Regeln des Ist-Wertes an den Soll-Wert heran möglich wird. Eine besonders bevorzugte Ausführungsform des Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass der Ist-Wert der Höhe der Schichtgrenze an mehreren Orten und/oder in mehreren Höhen über insbesondere mehreren Orten der Bodenebene in dem zu belüftenden Raumes ermittelt wird. Durch die mehrfache Bestimmung der Ist-Höhe der Schichtgrenze an mehreren Orten lässt sich in vorteilhafter Weise ein repräsentatives Bild des Verlaufes der Schichtgrenze über den zu belüftenden Raum ermitteln und ein präziseres Regeln der Vorrichtung zur Schichtlüftung wird möglich mit vorteilhafter Energieersparnis.

[0018] In einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens wird die Größe der Regelsignale direkt aus den Abweichungen der gemessenen Werte der Parameter der Raumluft von den vorbestimmten Werten der Parameter bestimmt. So kann beispielsweise anstatt der Höhe der Schichtgrenze eine bestimmte Schadstoffkonzentration als Soll-Wert vorbestimmt werden, und der Ist-Wert der gemessenen Schadstoffkonzentration kann durch verfahrensgemäße Regelung der Vorrichtung zur Schichtlüftung an den Soll-Wert heran geregelt werden. Auch eine Kombination der gemessenen Parameter der Raumluft kann entsprechend einer Kombination von

Soll-Werten dieser Parameter durch Regelung der Vorrichtung zur Schichtlüftung verändert werden.

[0019] Insbesondere bevorzugt wird der Ist-Wert der Höhe der Schichtgrenze über insbesondere mehreren Orten der Bodenebene des zu belüftenden Raumes geregelt. So ist es vorteilhafterweise möglich, durch gezieltes Zuführen von Zuluft bzw. Frischluft in einzelnen Bereichen des zu belüftenden Raumes den lokalen Ist-Wert der Höhe der Schichtgrenze zu beeinflussen. Durch die Belüftung von Teilbereichen des zu belüftenden Raums kann die Lüftungsleistung reduziert werden, was vorteilhafterweise zu einer Energieersparnis führt. Weiterhin kann durch lokale Anpassung des Ist-Wertes der Höhe der Schichtgrenze ungewünscht auftretenden Querströmungen der Raumluft innerhalb des zu belüftenden Raums, insbesondere innerhalb der Produktionshalle, begegnet werden. Derartige Querströmungen können zum Beispiel durch sich rasch ändernde thermische Strömungen entstehen, Öffnen und Schließen von Türen, oder sich aufgrund von verändernden Außentemperaturen abkühlenden oder erwärmenden Seitenwänden. Weiter bevorzugt können derartige Querströmungen durch Messung der Strömungsgeschwindigkeit bzw. Strömungsrichtung an repräsentativen Orten des Raumes ermittelt werden.

[0020] Eine weitere Lösung des Problems besteht in der Bereitstellung einer Vorrichtung zur Schichtlüftung von Räumen, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens entsprechend einem der Ansprüche 1 bis 9, mit den Merkmalen des Anspruchs 10. Die erfindungsgemäße Vorrichtung umfasst mindestens eine zur Zuführung von Luft in eine geodätisch untere erste Luftschicht ausgebildete Vorrichtung, und mindestens eine zur Abführung von Luft aus einer geodätisch oberen zweiten Luftschicht ausgebildete Vorrichtung, sowie mindestens eine im zu belüftenden Raum anordbare Messvorrichtung und mindestens eine zur Regelung der Vorrichtung zur Schichtlüftung ausgebildete Regeleinrichtung. Mit erfindungsgemäßem Vorteil kann aus den von der mindestens einen im zu belüftenden Raum anordbaren Messvorrichtung ermittelten Werten der Parameter der Raumluft, insbesondere der Werte der Temperatur, der Schadstoffkonzentration, des Druckes, der Strömungsgeschwindigkeit, der Strömungsrichtung, der Luftfeuchtigkeit und/oder deren Gradienten, der aktuelle Ist-Wert der Höhe der Schichtgrenze bestimmt werden. Weiter kann mittels der Regeleinrichtung einer Abweichung des Ist-Wertes von einem vorbestimmten Soll-Wert entgegengeregt werden. Dadurch wird vorteilhafterweise der Energiebedarf der Lüftungsanlage durch geringere Ventilatorleistungen sowie damit einhergehenden erforderlichen Kühlleistung des Zuluftvolumenstroms bewirkt.

[0021] In einer weiter vorteilhaften Ausführungsform der Vorrichtung ist diese zur Beeinflussung einer sich im Betrieb zwischen der geodätisch unteren ersten Luftschicht und der geodätisch oberen zweiten Luftschicht ausgebildeten Schichtgrenze ausgebildet. Besonders bevorzugt ist die Schichtgrenze insbesondere situations-

abhängig, ortsabhängig, zeitabhängig, abhängig vom Betriebszustand und/oder vordefiniert, bevorzugt durch Regelung der Schichtlüftung durch die Regeleinrichtung, beeinflussbar. Je nach Tageszeit, Produktionsauslastung oder Schichtbetrieb, kann somit situationsabhängig die Vorrichtung zur Schichtlüftung geregelt werden, was zu einer besonders vorteilhaften Energieersparnis führt. Besonders vorteilhaft ist, dass die Vorrichtung zur ortsabhängigen Beeinflussung der Schichtgrenze ausgebildet ist. Es kann somit ortsabhängig eine Stabilisierung der Schichtgrenze erreicht werden, was mit weiterem Vorteil zu einer Energieersparnis führt.

[0022] Eine besonders bevorzugte Ausführungsform der Vorrichtung zur Schichtlüftung ist dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine im zu belüftenden Raum anordbare Messvorrichtung insbesondere zur Messung der Temperatur und/oder des Temperaturgradienten und/oder des Druckes und/oder des Druckgradienten und/oder der Strömungsgeschwindigkeit und/oder der Strömungsrichtung und/oder der Schadstoffkonzentration und/oder des Gradienten der Schadstoffkonzentration und/oder der Luftfeuchtigkeit und/oder des Gradienten der Luftfeuchtigkeit der Raumluft ausgebildet ist.

[0023] Mit besonderem Vorteil lässt sich durch die Messung der vorgenannten Parameter der Ist-Wert der Höhe der Schichtgrenze über der Bodenebene an mindestens einem Ort im Raum bestimmen. Ebenso ist es möglich Luftströmungen, insbesondere thermisch verursachte Querströmungen bzw. Fallströmungen an den Wänden zu bestimmen, und durch Regelung der Vorrichtung durch das Regelsystem diesen Störungen, insbesondere diesen Störungen der Schichtgrenze, entgegenzuwirken.

[0024] In einer ganz besonders bevorzugten Ausführungsform der Vorrichtung zur Schichtlüftung sind mindestens zwei Messvorrichtungen vorgesehen, welche in insbesondere unterschiedlichen geodätischen Höhen an bevorzugt unterschiedlichen Orten im zu belüftenden Raum beabstandet anordbar sind. Durch Anordnung der Messvorrichtungen in unterschiedlichen geodätischen Höhen und an unterschiedlichen Orten im Raum können die Messwerte an repräsentativen Schichten und Orten innerhalb des Raumes bestimmt werden, was vorteilhafterweise zu einer präziseren Bestimmung des örtlichen Verlaufs der Schichtgrenze sowie möglichen Querströmungen und thermischen Strömungen genutzt werden kann.

[0025] Eine weitere Lösung des Problems besteht in einem Raum gemäß Anspruch 14 umfassend eine Vorrichtung zur Schichtlüftung zur bedarfsgerechten Belüftung nach einem der Ansprüche 10 bis 13.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

[0026] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachstehend anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen in rein schematischer Darstellung:

Fig. 1 ein Flussdiagramm des Ablaufes des Verfahrens zur Steuerung einer Vorrichtung zur Schichtlüftung, und

Fig. 2 ein Schnittbild eines zu belüftenden Raums mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Schichtlüftung.

Bevorzugte Ausführungsform der Erfindung

[0027] Fig. 1 und Fig. 2 stellen das Verfahren (100) zur Regelung einer Vorrichtung (10) zur Schichtlüftung in einer bevorzugten Ausführungsform sowie eine zur Durchführung des Verfahrens (100) ausgebildete und sich in einem zu belüftenden Raum (11) befindliche Vorrichtung (10) zur Schichtlüftung dar. Anhand von Fig. 1 wird das Verfahren (100) in Form eines Flussdiagramms dargestellt.

[0028] Das Verfahren (100) umfasst folgende Schritte:

- (V1) Start der Vorrichtung (10) zur Schichtlüftung,
- (V2) Ausbildung einer Schichtgrenze (12) zwischen erster unterer Luftschicht (13) und zweiter oberer Luftschicht (14),
- (V3) Messung der Parameter der Raumluft (15) an mindestens einem Ort (16) im zu belüftenden Raum (11),
- (V4) Ermittlung des Ist-Wertes der Schichtgrenze (12),
- (V5) Vergleich des Ist-Wertes mit vorbestimmten Soll-Wert,
- (V6) Ermittlung der Amplitude der Regelsignale,
- (V7) Regelung der Vorrichtung (10) zur Schichtlüftung,
- (V8) Auswertung externer Abbruchbedingungen,
- (V9) Wiederholung der Verfahrensschritte (V3) bis (V8), oder
- (V10) Ende des Verfahrens.

[0029] Nach Start der Vorrichtung (10) zur Schichtlüftung (V1), welcher beispielsweise zu Schichtbeginn erfolgen kann, bildet sich im laufenden Betrieb durch Einleiten von Zuluft (17) in den Bodenbereich (18) des zu belüftenden Raumes (11) bei gleichzeitigem Abführen von Abluft (19) aus dem Deckenbereich (20) des zu belüftenden Raumes (11) eine Schichtgrenze (12) zwischen einer ersten geodätisch unteren Luftschicht (13) und einer zweiten geodätisch oberen Luftschicht (14) aus (V2). Die dem zu belüftenden Raum (11) in den Bodenbereich (18) zugeführte Luft (17) weist bevorzugt eine geringe Schadstoffkonzentration auf. Die zugeführte Zuluft (17) erwärmt sich über den sich im Raum (11) befindlichen Produktionsanlagen (21) bzw. über den sich im Raum (11) befindlichen Personen (22), und steigt aufgrund der verringerten Dichte von erwärmter Luft im Raum (11) auf, wobei sich im Arbeitsbereich (23) der Personen (22) befindliche Schadstoffe mittels der entstehenden Konvektionsströme (24) in den oberen Bereich (25) des Raumes (11) transportiert werden. Die er-

wärmte und mit einer höheren Schadstoffkonzentration belastete Luft wird darauf folgend als Abluft (19) aus dem oberen Bereich (25) des zu belüftenden Raumes (11) abgeführt. Zur Stabilisierung der Schichtgrenze (12) müssen die Betriebsparameter der Vorrichtung (10) zur Schichtlüftung, entsprechend der Produktionsbedingungen, d.h. beispielsweise entsprechend der Verteilung der Produktionsanlagen (31) innerhalb des Raumes (11) sowie der zeitlichen Auslastung der Produktion, eingestellt werden. Die Betriebsparameter der Vorrichtung (10) zur Schichtlüftung sind dabei insbesondere der zugeführten Luftstrom (17a) bzw. die zugeführte Luftmenge (17), die Temperatur der zugeführten Luft (17) und der abgeführte Luftstrom (19a) bzw. die abgeführte Luftmenge (19).

[0030] Zur Regelung dieser Betriebsparameter werden in dem Verfahren (100) an mindestens einem Ort (16) im zu belüftenden Raum (11) Parameter der Raumluft (15) gemessen (V3). Die gemessenen Parameter können dabei beispielsweise die Temperatur T, der Temperaturgradient dT/dH bezüglich der Höhe (H) über der Bodenebene (26) des zu belüftenden Raumes (11), und die Schadstoffkonzentration sein (V3). Aus den gemessenen Parametern der Raumluft (15) wird mit einer Funktion der Ist-Wert der Höhe der Schichtgrenze (12) über der Bodenebene (26) ermittelt (V4). Zur Ermittlung (V4) der Höhe der Schichtgrenze (12) kann eine mathematische Funktion an den Verlauf der in mehreren Höhen (H) gemessenen Werte eines Parameters, beispielsweise der Temperatur, angepasst werden. Mit analytischen oder iterativen Verfahren wird dann der Ort des maximalen Gradienten des Temperaturverlaufes bestimmt. In diesem Fall kann die Schichtgrenze (12) durch einen großen Temperaturgradienten dT/dh angezeigt werden. Jedoch ist mit einer entsprechenden Funktion prinzipiell jede Kombination der gemessenen Parameter der Raumluft (15) zur Ermittlung des Ist-Wertes der Höhe der Schichtgrenze (12) über der Bodenebene (26) geeignet (V4). Entsprechend der für den zu belüftenden Raum (11) vorbestimmten Werte der Parameter der Raumluft (15) an den Messorten (16a, 16b) wird ein Soll-Wert der Höhe der Schichtgrenze (12) über der Bodenebene (26) bestimmt. Daraufhin wird der Ist-Wert der Höhe der Schichtgrenze (12) mit dem Soll-Wert der Höhe der Schichtgrenze (12) verglichen (V5). Eine Vorschrift, beispielsweise eine in ein Computerprogramm implementierte Vorschrift, ermittelt nun die Größe, d.h. die Amplitude der Regelsignale (V6) aus der ermittelten Abweichung des Ist-Wertes der Höhe der Schichtgrenze (12) von dem Soll-Wert der Höhe der Schichtgrenze (12). Die Regelsignale werden dabei so bestimmt, dass der Abweichung des Ist-Wertes der Höhe der Schichtgrenze (12) von dem Soll-Wert der Höhe der Schichtgrenze (12) durch Veränderung der Betriebsparameter der Vorrichtung (10) zur Schichtlüftung entgegengewirkt wird. Die Regelsignale dienen als Eingangssignale für die Regelung der Vorrichtung zur Schichtlüftung (V7). Solange keine externen Abbruchbedingungen, beispielsweise ein Produktionsstopp, vorliegen (V8) wird das Verfahren (100)

mit erneuter Messung der Parameter der Raumluft (15) fortgesetzt (V3) und wiederholt.

[0031] Die vorbestimmten Parameter der Raumluft (15) und damit auch der Soll-Wert der Höhe der Schichtgrenze (12) können auch zeitlich veränderlich sein. Es ist dadurch möglich, zum Beispiel in Arbeitspausen den Soll-Wert der Höhe der Schichtgrenze (12) tiefer anzusetzen was sich vorteilhaft auf die Energiebilanz des Verfahrens (100) auswirkt, da eine geringere Ventilatorleistung und damit einhergehend eine geringere Kühlleistung des zugeführten Luftvolumenstroms (17a) erforderlich ist.

[0032] Weiter ist es auch möglich die Größe der Regelsignale direkt aus den Abweichungen der gemessenen Werte der Parameter der Raumluft (15) von den vorbestimmten Werten der Parameter der Raumluft (15) zu bestimmen. Somit kann das Verfahren (100) auch so ausgestaltet sein, dass anstatt der Höhe der Schichtgrenze (12) beispielsweise eine bestimmte Schadstoffkonzentration als Soll-Wert vorbestimmt wird, und der Ist-Wert der gemessenen Schadstoffkonzentration durch Regelung der Vorrichtung (10) zur Schichtlüftung verändert wird (V7). Auch eine Kombination der gemessenen Parameter der Raumluft (15) kann entsprechend einer Kombination von Soll-Werten dieser Parameter durch Regelung der Vorrichtung (10) zur Schichtlüftung verändert werden (V7).

[0033] Fig.2 stellt einen Raum (11) umfassend einer Vorrichtung (10) zur Schichtlüftung dar, welche zur Anwendung des Verfahrens (100) zur Regelung einer Vorrichtung (10) zur Schichtlüftung ausgebildet ist.

[0034] Durch Betrieb der Vorrichtung (10) zur Schichtlüftung hat sich zwischen einer ersten geodätisch unteren Luftschicht (13) und einer zweiten geodätisch oberen Luftschicht (14) eine Schichtgrenze (12) ausgebildet. Der ersten geodätisch unteren Luftschicht (13) wird durch Schichtlüftungsdurchlässe (27, 28) der Vorrichtung (10) zur Schichtlüftung ein bestimmter Luftvolumenstrom (17a) zugeführt. Ein erster Schichtlüftungsdurchlass (27) befindet sich an einer Raumwand (29) und ist an einen Zuluftkanal (30) angeschlossen. Weiterhin kann ein zweiter Schichtlüftungsdurchlass (28) eines Fassadenklimageräts (31), welches eine Vorrichtung (32) zur Regelung der Zulufttemperatur umfasst, in einer Außenwand (33) des Raumes (11) vorgesehen sein. Die Schichtlüftungsdurchlässe (27, 28) können dabei mit Ausströmgittern (34) versehen sein, welche eine impulsarme Zuführung von Zuluft (17) in die erste Luftschicht (13) ermöglichen. Oberhalb von thermischen Quellen (21, 22), wie beispielsweise Produktionsanlagen (21) oder sich im zu belüftenden Raum (11) befindlichen Personen (22), entstehen durch Erwärmung der Luft aufsteigende Konvektionsströme (24), welche Schadstoffe aus dem Bodenbereich (18) in den oberen Bereich (25) des Raumes (11) transportieren. In der Decke (35) des zu belüftenden Raumes (11) befinden sich Vorrichtungen (36) zur Abführung der sich in der zweiten geodätisch oberen Luftschicht (14) befindlichen erwärmten und

schadstoffbelasteten Abluft (19). Die Vorrichtungen (36) zur Abführung der Abluft (19) sind dafür mit einem Abluftkanal (37) verbunden.

[0035] Durch die in den Konvektionsströmen (24) aufsteigende Luft können sich in der zweiten oberen Luftschicht (14) Luftverwirbelungen (38) ausbilden. An der Außenwand (33) des zu belüftenden Raumes (11) kann bei niedrigen Außentemperaturen eine Abkühlung der sich im oberen Raumbereich (25) befindlichen erwärmten Luft stattfinden, was zu Fallströmungen (39) entlang der Außenwand (33) führt. Weiter können sich bedingt durch die Fallströmungen (39) oder durch sich ändernde thermische Konvektionsströme (24) Querströmungen (40) der Raumluft (15) ausbilden.

[0036] Die zur Durchführung des Verfahrens (100) ausgebildete Vorrichtung (10) zur Schichtlüftung weist mehrere an unterschiedlichen Orten (16a, 16b) und in unterschiedlichen Höhen angeordnete Messvorrichtungen (41) auf. Die Messvorrichtungen (41) können dabei an den Wänden (29, 33) des zu belüftenden Raumes (11) oder sich an in diesem Raum (11) befindlichen Säulen (42) etc. angebracht sein. Aus den von den Messvorrichtungen (41) ermittelten Werten der Parameter der Raumluft (15), beispielsweise der Temperatur und/oder der Schadstoffkonzentration, wird mittels eines in einer Regelvorrichtung (43) ausgeführten Computerprogrammes der Ist-Wert der Höhe der Schichtgrenze (12) ermittelt. Aufgrund der Vielzahl der sich an unterschiedlichen Orten (16a, 16b) befindlichen Messvorrichtungen (41) kann der Ist-Wert der Höhe der Schichtgrenze (12) an mehreren Orten (16a, 16b) bestimmt werden. Daraufhin wird durch die Regelvorrichtung (43) der Ist-Wert mit einem vorbestimmten Soll-Wert der Höhe der Schichtgrenze (12) verglichen und ausgehend von der Abweichung des Ist-Werts vom Soll-Wert die Amplitude der Regelsignale zur Änderung der Betriebsparameter der Vorrichtung (10) zur Schichtlüftung ermittelt.

Liste der Bezugszeichen

[0037]

- 100 Verfahren zur Regelung einer Vorrichtung zur Schichtlüftung
- 10 Vorrichtung zur Schichtlüftung
- 11 Zu belüftender Raum
- 12 Schichtgrenze
- 13 Erste geodätisch untere Luftschicht
- 14 Zweite geodätisch obere Luftschicht
- 15 Raumluft
- 16 Ort im zu belüftenden Raum
- 16a Erster Messort
- 16b Zweiter Messort
- 17 Zuluft
- 17a zugeführter Luftstrom
- 18 Bodenbereich
- 19 Abluft
- 19a abgeführter Luftstrom

- 20 Deckenbereich
- 21 Produktionsanlagen
- 22 Person
- 23 Arbeitsbereich
- 5 24 Konvektionsströme
- 25 Oberer Raumbereich
- 26 Bodenebene
- 27 Erster Schichtlüftungsdurchlass
- 28 Zweiter Schichtlüftungsdurchlass
- 10 29 Raumwand
- 30 Zuluftkanal
- 31 Fassadenklimagerät
- 32 Vorrichtung zur Temperaturregelung der Zuluft
- 33 Außenwand
- 15 34 Ausströmgitter
- 35 Decke
- 36 Vorrichtung zur Abführung von Abluft
- 37 Abluftkanal
- 38 Luftverwirbelungen
- 20 39 Fallströmungen
- 40 Querströmungen
- 41 Messvorrichtung
- 42 Säule
- 43 Regelvorrichtung
- 25 V1 Beginn des Verfahrens, Start der Vorrichtung zur Schichtlüftung
- V2 Ausbildung einer Schichtgrenze
- V3 Messung der Parameter der Raumluft
- 30 V4 Ermittlung des Ist-Wertes der Höhe der Schichtgrenze
- V5 Vergleich des Ist-Werts mit Soll-Wert
- V6 Ermittlung der Amplitude der Regelsignale
- V7 Regelung der Vorrichtung zur Schichtlüftung
- 35 V8 Auswertung externer Abbruchbedingungen
- V9 Wiederholung des Verfahrens ab V3
- V10 Ende des Verfahrens, Abschalten der Vorrichtung zur Schichtlüftung
- 40 H Höhe über Bodenebene

Patentansprüche

- 45 1. Verfahren (100) zur Regelung einer Vorrichtung (10) für eine Schichtlüftung in einem zu belüftenden Raum (11), wobei sich eine Schichtgrenze (12) zwischen einer ersten geodätisch unteren Luftschicht (13) und einer zweiten geodätisch oberen Luftschicht (14) bildet (V2), **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ist-Wert der Höhe der Schichtgrenze (12) an mindestens einem Ort (16) im zu belüftenden Raum (11) ermittelt wird (V4), dass der Ist-Wert mit einem Soll-Wert verglichen wird (V5), und dass einer Abweichung des Ist-Werts vom Soll-Wert durch Regelung der Vorrichtung (10) für eine Schichtlüftung entgegen gesteuert wird (V7).
- 50
- 55

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Betriebsparameter der Vorrichtung (10) für eine Schichtlüftung, insbesondere der zugeführte Luftstrom (17a) bzw. die zugeführte Luftmenge (17) und/oder die Temperatur der zugeführten Luft (17) und/oder der abgeführten Luftstrom (19a) bzw. die abgeführte Luftmenge (19), geregelt werden.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ist-Wert der Höhe der Schichtgrenze (12) aus einem oder mehreren der an mindesten einen Ort (16) im zu belüftenden Raum (11) gemessenen Parameter der Raumluft (15), insbesondere Temperatur, Schadstoffkonzentration, Druck, Strömungsgeschwindigkeit, Strömungsrichtung, Luftfeuchtigkeit und/oder deren Gradienten ermittelt wird.
4. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine mathematische Funktion, insbesondere ein Polynom oder eine Sigmoidfunktion, an die örtliche Abhängigkeit der an mehreren Orten und/oder in mehreren Höhen gemessenen Werte eines oder mehrerer Parameter, insbesondere an den höhenabhängigen Temperaturverlauf und/oder an den höhenabhängigen Verlauf der Schadstoffkonzentration, angepasst wird.
5. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch analytische oder iterative Verfahren der maximale Gradient, insbesondere der maximale Gradient des höhenabhängigen Temperaturverlaufs und/oder der maximale Gradient des höhenabhängigen Schadstoffkonzentrationsverlaufs, ermittelt wird, und dass bevorzugt aus dem Ort/der Höhe des maximalen Gradienten, insbesondere des Temperaturverlaufes und/oder des Schadstoffkonzentrationsverlaufs, der Ist-Wert der Höhe der Schichtgrenze über der Bodenebene ermittelt wird.
6. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Soll-Wert an dem mindesten einen Ort (16) im zu belüftenden Raum (11) durch vorbestimmte Werte der Parameter Zeit, Temperatur, Schadstoffkonzentration, Druck, Strömungsgeschwindigkeit, Strömungsrichtung, Luftfeuchtigkeit und/oder deren Gradienten festgelegt wird.
7. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Größe der Änderung der Betriebsparameter, insbesondere die Amplitude der Regelsignale, ermittelt wird (V5), und dass bevorzugt die Amplitude der Regelsignale von der Größe der Abweichung des Ist-Wertes vom Soll-Wert, beispielsweise linear oder quadratisch, abhängt.
8. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ist-Wert der Höhe der Schichtgrenze (12) an mehreren Orten (16a, 16b) und/oder in mehreren Höhen über insbesondere mehreren Orten der Bodenebene (26) des zu belüftenden Raums (11) ermittelt wird.
9. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ist-Wert der Höhe der Schichtgrenze (12) über insbesondere mehreren Orten der Bodenebene (26) des zu belüftenden Raumes (11) geregelt wird.
10. Vorrichtung (10) zur Schichtlüftung von Räumen (11), insbesondere zur Durchführung des Verfahrens (100) entsprechend einem der Ansprüche 1 bis 9, umfassend mindestens eine, zur Zuführung von Luft (17) in eine geodätisch untere erste Luftschicht (13), ausgebildete Vorrichtung (27, 28), und mindestens eine zur Abführung von Luft (19) aus einer geodätisch oberen zweiten Luftschicht (14), ausgebildete Vorrichtung (36), **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung (10) zur Schichtlüftung mindestens eine, im zu belüftenden Raum (11) anordbare, Messvorrichtung (41) aufweist, und dass die Vorrichtung (10) zur Schichtlüftung mindestens eine, zur Regelung der Vorrichtung (10) zur Schichtlüftung ausgebildete, Regeleinrichtung (43) aufweist.
11. Vorrichtung zur Schichtlüftung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung (10) zur Schichtlüftung zur Beeinflussung einer sich im Betrieb zwischen der geodätisch unteren ersten Luftschicht (13) und der geodätisch oberen zweiten Luftschicht (14) ausbildenden Schichtgrenze (12) ausgebildet ist, wobei die Schichtgrenze (12) insbesondere situationsabhängig, ortsabhängig, zeitabhängig, abhängig vom Betriebszustand und/oder vordefiniert bevorzugt durch Regelung der Vorrichtung (10) zur Schichtlüftung durch die Regeleinrichtung (43) beeinflussbar ist.
12. Vorrichtung zur Schichtlüftung nach einem der Ansprüche 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine, im zu belüftenden Raum (11) anordbare Messvorrichtung (41) insbesondere zur Messung der Temperatur und/oder des Temperaturgradienten und/oder des Drucks und/oder des Druckgradienten und/oder der Strömungsgeschwindigkeit und/oder der Strömungsrichtung und/oder der Schadstoffkonzentration und/oder des Gradienten der Schadstoffkonzentration und/oder der Luftfeuchtigkeit und/oder des Gradienten der Luftfeuchtigkeit der Raumluft (15) ausgebildet ist.
13. Vorrichtung zur Schichtlüftung nach einem der An-

sprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung zur Schichtlüftung mindestens zwei Messvorrichtungen (41) umfasst, welche in insbesondere unterschiedlichen geodätischen Höhen an bevorzugt unterschiedlichen Orten (16a, 16b) im Raum (11) anordbar sind.

14. Raum (11) umfassend einer Vorrichtung (10) zur Schichtlüftung zur bedarfsgerechten Belüftung nach einem der Ansprüche 10 bis 13.

Claims

1. A method (100) for closed-loop control of a device (10) for layered ventilation in a room to be ventilated (11), wherein a layer boundary (12) is formed between a first geodetically lower air layer (13) and a second geodetically upper air layer (14) (V2), **characterized in that** the actual value of the height of the layer boundary (12) is determined in at least one place (16) in the room to be ventilated (11) (V4), that the actual value is compared with the nominal value (V5), and that a deviation of the actual value from the nominal value is countered by a closed-loop control of the device (10) for layered ventilation (V7).
2. The method according to claim 1, **characterized in that** the operational parameters of the device (10) for layered ventilation, in particular the supplied airflow (17a), respectively the amount of supplied air (17) and/or the temperature of the supplied air (17) and/or the extracted airflow (19a), respectively the amount of extracted air (19), are closed-loop controlled.
3. The method according to one of the claims 1 or 2, **characterized in that** the actual value of the height of the layer boundary (12) is determined based on one or several of the parameters of the room air (15) measured in at least one place (16) in the room to be ventilated (11), in particular the temperature, the concentration of pollutants, the pressure, the flow velocity, the direction of flow, the air humidity and/or their gradients.
4. The method according to one of the afore-mentioned claims, **characterized in that** a mathematical function, in particular a polynomial or a sigmoid function, is adapted to the local dependency of the values of one or several parameters measured in several places and/or at several heights, in particular to the height-dependent temperature progression and/or the height-dependent progression of the concentration of pollutants.
5. The method according to one of the afore-mentioned claims, **characterized in that** the maximum gradi-

ent, in particular the maximum gradient of the height-dependent temperature progression and/or the maximum gradient of the height-dependent progression of the concentration of pollutants is determined using analytical or iterative methods and that the actual value of the height of the layer boundary above ground level is preferably determined based on the place/the height of the maximum gradient, in particular of the temperature progression and/or of the progression of the concentration of pollutants.

6. The method according to one of the afore-mentioned claims, **characterized in that** the nominal value in the at least one place (16) in the room to be ventilated (11) is defined by predetermined values of the following parameters: time, temperature, concentration of pollutants, pressure, flow velocity, direction of flow, air humidity and/or their gradients.
7. The method according to one of the afore-mentioned claims, **characterized in that** the magnitude of the change of the operational parameters, in particular the amplitude of the closed-loop control signals, is determined (V5) and that the amplitude of the closed-loop control signals depends, for example linearly or quadratically, on the magnitude of the deviation of the actual value from the nominal value.
8. The method according to one of the afore-mentioned claims, **characterized in that** the actual value of the height of the layer boundary (12) is determined in several places (16a, 16b) and/or at different heights above, in particular, several places of the ground level (26) of the room to be ventilated (11).
9. The method according to one of the afore-mentioned claims, **characterized in that** the actual value of the height of the layer boundary (12) above, in particular, several places of the ground level (26) of the room to be ventilated (11) is closed-loop controlled.
10. A device (10) for layered ventilation of rooms (11), in particular for implementing the method (100) according to one of the claims 1 to 9, comprising at least one device (27, 28) designed to supply air (17) into a first geodetically lower air layer (13) and at least one device (36) designed to extract air (19) from a second geodetically upper air layer (14), **characterized in that** the device (10) for layered ventilation has at least one measuring device (41) adapted to be disposed in the room to be ventilated (11) and that the device (10) for layered ventilation has at least one closed-loop control device (43) designed for closed-loop control of the device (10) for layered ventilation.
11. The device for layered ventilation according to claim 10, **characterized in that** the device (10) for layered

ventilation is designed to manipulate a layer boundary (12) forming during operation between the first geodetically lower air layer (13) and the second geodetically upper air layer (14), wherein the layer boundary (12) is manipulable in particular depending on the situation, the place, the time, the state of operation and/or predefined, preferably a closed-loop control of the device (10) for layered ventilation by the closed-loop control device (43).

12. The device for layered ventilation according to one of the claims 10 or 11, **characterized in that** the at least one measuring device (41) adapted to be disposed in the room to be ventilated (11) is designed in particular for measuring the temperature and/or the temperature gradient and/or the pressure and/or the pressure gradient and/or the flow velocity and/or the direction of flow and/or the concentration of pollutants and/or the gradient of the concentration of pollutants and/or the air humidity and/or the gradient of the air humidity of the room air (15).
13. The device for layered ventilation according to one of the claims 10 to 12, **characterized in that** the device for layered ventilation comprises at least two measuring devices (41), which are adapted to be disposed in particular at different geodetic heights, preferably in different places (16a, 16b) in the room (11).
14. A room (11) comprising a device (10) for layered ventilation for on-demand ventilation according to one of the claims 10 to 13.

Revendications

1. Procédé (100) de commande en boucle fermée d'un dispositif (10) de ventilation par couches dans un espace à ventiler (11), où une limite de couches (12) se forme entre une première couche d'air géodésiquement inférieure (13) et une seconde couche d'air géodésiquement supérieure (14) (V2), **caractérisé en ce que** l'on détermine la valeur réelle de la hauteur de la limite de couches (12) en au moins un endroit (16) de l'espace à ventiler (11) (V4), que l'on compare la valeur réelle avec une valeur nominale (V5), et que l'on contre une divergence entre la valeur réelle et la valeur nominale par une commande en boucle fermée du dispositif (10) de ventilation par couches (V7).
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'on commande en boucle fermée les paramètres de fonctionnement du dispositif (10) de ventilation par couches, en particulier le flux d'air acheminé (17a), respectivement la quantité d'air acheminé (17) et/ou la température de l'air acheminé (17) et/ou

le flux d'air évacué (19a), respectivement la quantité d'air évacué (19).

3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'on détermine la valeur réelle de la hauteur de la limite de couches (12) à partir d'un ou plusieurs paramètres de l'air ambiant (15) mesurés en au moins un endroit (16) de l'espace à ventiler (11), en particulier la température, la concentration en polluants, la pression, la vitesse du flux, la direction du flux, l'humidité de l'air et/ou leurs gradients.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on adapte une fonction mathématique, en particulier un polynôme ou une fonction sigmoïde à la dépendance locale entre les valeurs d'un ou plusieurs paramètres mesurés en plusieurs endroits et/ou à plusieurs hauteurs, en particulier à l'évolution de la température en fonction de la hauteur et/ou à l'évolution de la concentration en polluants en fonction de la hauteur.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on détermine le gradient maximal, en particulier le gradient maximal de l'évolution de la température en fonction de la hauteur et/ou le gradient maximal de l'évolution de la concentration en polluants en fonction de la hauteur, par des procédés analytiques ou itératifs, et que l'on détermine la valeur réelle de la hauteur de la limite de couches au-dessus du niveau du sol de préférence à partir de l'endroit/de la hauteur du gradient maximal, en particulier de l'évolution de la température et/ou de l'évolution de la concentration en polluants.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on définit la valeur nominale à l'au moins un endroit (16) de l'espace à ventiler (11) par des valeurs prédéterminées des paramètres que sont le temps, la température, la concentration en polluants, la pression, la vitesse du flux, la direction du flux, l'humidité de l'air et/ou leurs gradients.
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on détermine l'ampleur du changement des paramètres de fonctionnement, en particulier l'amplitude des signaux de réglage (V5), et que l'amplitude des signaux de réglage dépend, par exemple linéairement ou quadratiquement, de préférence de l'ampleur de la divergence entre la valeur réelle et la valeur nominale.
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on détermine la valeur réelle de la hauteur de la limite de couches

(12) en plusieurs endroits (16a, 16b) et/ou à plusieurs hauteurs au-dessus d'en particulier plusieurs endroits du niveau du sol (26) de l'espace à ventiler (11).

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on commande en boucle fermée la valeur réelle de la hauteur de la limite de couches (12) au-dessus d'en particulier plusieurs endroits du niveau du sol (26) de l'espace à ventiler (11).

10. Dispositif (10) de ventilation par couches d'espaces (11), en particulier pour la mise en oeuvre du procédé (100) selon l'une des revendications 1 à 9, comprenant au moins un dispositif (27, 28) conçu pour amener de l'air (17) dans une première couche d'air géodésiquement inférieure (13), et au moins un dispositif (36) conçu pour évacuer de l'air (19) de la seconde couche d'air géodésiquement supérieure (14), **caractérisé en ce que** le dispositif (10) de ventilation par couches comporte au moins un dispositif de mesure (41) pouvant être disposé dans l'espace à ventiler (11) et que le dispositif (10) de ventilation par couches comporte au moins un dispositif de commande en boucle fermée (43) conçu pour commander le dispositif (10) de ventilation par couches en boucle fermée.

11. Dispositif de ventilation par couches selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** le dispositif (10) de ventilation par couches est conçu pour influencer sur une limite de couches (12) se formant, lors du fonctionnement, entre la première couche d'air géodésiquement inférieure (13) et la seconde couche d'air géodésiquement supérieure (14), où la limite de couche (12) est influençable par le dispositif de commande en boucle fermée (43), en particulier en fonction de la situation, de l'endroit, du temps, de l'état de fonctionnement et/ou de manière prédéterminée, de préférence par une commande en boucle fermée du dispositif (10) de ventilation par couches.

12. Dispositif de ventilation par couches selon l'une des revendications 10 ou 11, **caractérisé en ce que** l'au moins un dispositif de mesure (41) pouvant être disposé dans l'espace à ventiler (11) est conçu en particulier pour mesurer la température et/ou le gradient de température et/ou la pression et/ou le gradient de pression et/ou la vitesse du flux et/ou la direction du flux et/ou la concentration en polluant et/ou le gradient de la concentration en polluant et/ou l'humidité et/ou le gradient de l'humidité de l'air ambiant (15).

13. Dispositif de ventilation par couches selon l'une des revendications 10 à 12, **caractérisé en ce que** le dispositif de ventilation par couches comprend au moins deux dispositifs de mesure (41) qui peuvent

être disposés en particulier à différentes hauteurs géodésiques en des endroits (16a, 16b) de préférence différents de l'espace à ventiler (11).

14. Espace (11) comprenant un dispositif (10) de ventilation par couches pour une ventilation en fonction des besoins selon l'une des revendications 10 à 13.

100

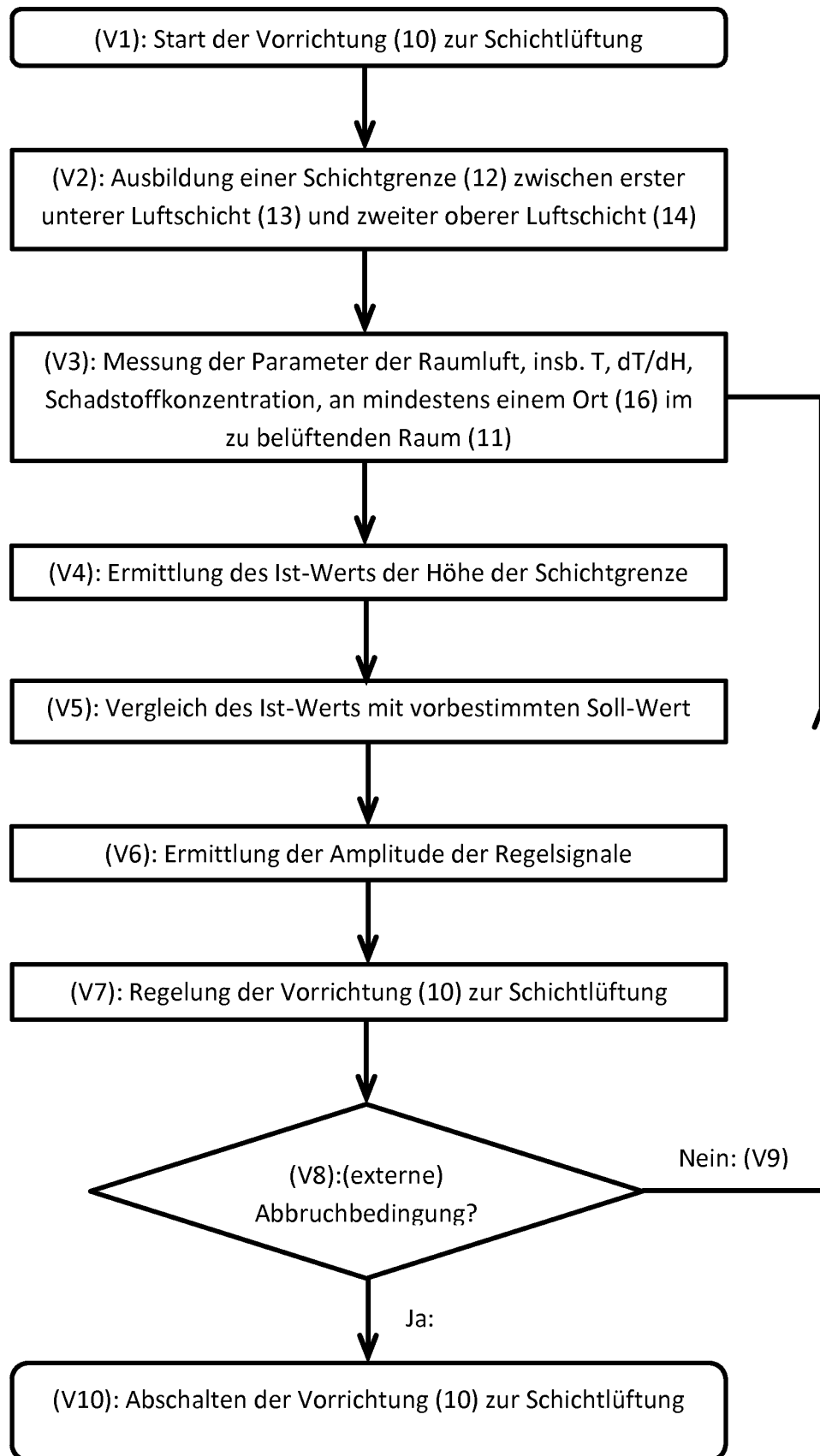


Fig. 1

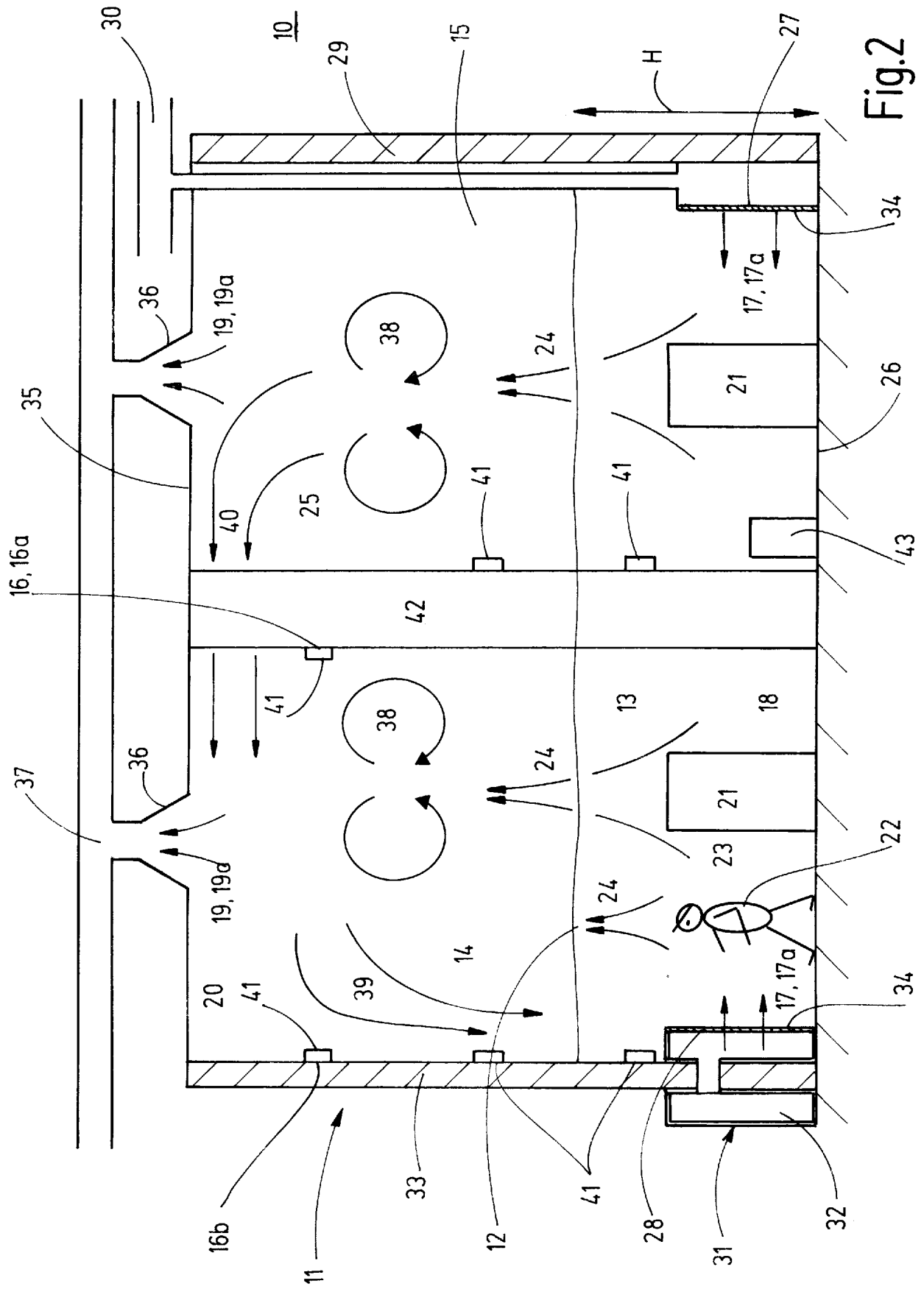


Fig. 2

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102007045044 A1 [0005]