

12

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

45 Veröffentlichungstag der Patentschrift:  
**18.07.90**

51 Int. Cl. 5: **F24D 5/08**

21 Anmeldenummer: **87107646.9**

22 Anmeldetag: **26.05.87**

---

54 **Wärmestrahler zur Grossraumbeheizung.**

---

30 Priorität: **10.06.86 DE 8615565 U**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**16.12.87 Patentblatt 87/51**

45 Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**18.07.90 Patentblatt 90/29**

84 Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH DE FR GB IT LI NL SE**

56 Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 0 070 360**  
**EP-A- 0 132 153**  
**US-A- 4 529 123**

73 Patentinhaber: **Künzel, Haiko Paul, Oberer Ehmschen 79,  
D-2084 Rellingen(DE)**

72 Erfinder: **Künzel, Haiko Paul, Oberer Ehmschen 79,  
D-2084 Rellingen(DE)**

74 Vertreter: **Richter, Werdermann & Gerbaulet, Neuer  
Wall 10, D-2000 Hamburg 36(DE)**

**EP 0 249 087 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Wärmestrahler zur Großraumbeheizung mit mindestens einem Strahlungsrohr an dessen einem Ende eine Brennereinrichtung und an dessen anderem Ende ein an einem Kaminabzug anschließbarer Abgasstutzen angeordnet ist, wobei das Strahlungsrohr im Bereich der Brennereinrichtung zur Abschirmung gegen eine direkte Flammbeaufschlagung und Überhitzung eine feuerfeste Isolierung und einen zur Abstrahlung langwelliger Wärmestrahlung geeignet großen Durchmesser aufweist.

Derartige Wärmestrahler werden an der Decke eines zu beheizendes Raumes unter einem Reflektor aufgehängt und mit einer atmosphärischen Gasbrennereinrichtung betrieben, welche Flüssiggas oder Erdgas verbrennt.

Strahler dieser Art geben Wärme in Form von Infrarotwärmestrahlung ab und sind daher geeignet zur Verwendung beim Heizen von Großräumen wie Arbeits- oder Sporthallen od.dgl.

Die Anwendung von Infrarotstrahlern, bei denen Abgastemperaturen von etwa 500° auftreten; ist jedoch im Hinblick auf den Wirkungsgrad gegenüber Strahlern, die in einem mittleren Temperaturbereich unter Abstrahlung einer langwelligeren Wärmestrahlung arbeiten, mit deutlichen Nachteilen verbunden, da die bei Mitteltemperaturstrahlern niedrigeren Abgastemperaturen von etwa 200° eine wesentlich bessere Ausnutzung der Verbrennungswärme ermöglichen. Der Anwendung von gasbetriebenen Wärmestrahlern steht in Einzelfällen auch entgegen, daß nicht überall ein Gasanschluß oder ein Gasspeicher zur Verfügung steht.

Auch ist die Anwendung von, Infrarotstrahlern mit Nachteilen verbunden, da nicht nur die Abgasverluste sehr hoch sind, sondern daß auch der Wirkungsgrad der Aufheizung der Räume erheblich geringer ist als bei einer langwelligeren Mitteltemperaturstrahlung.

Es sind zwar bereits Wärmestrahler zur Großraumbeheizung mit einem Strahlrohr vorgeschlagen worden, jedoch nur für den Betrieb mit einem atmosphärischen Gasbrenner. Dabei ist an einem Ende des Strahlrohres die Brennereinrichtung vorgesehen, während am anderen Ende die einen Unterdruck erzeugende Saugereinrichtung angeordnet ist die dazu dient, die relativ weiche Flamme des atmosphärischen Gasbrenners über die ganze Länge des Strahlrohres zu ziehen. Hierbei ist das Strahlrohr mit einem zur Abstrahlung langwelliger Wärmestrahlung geeigneten großen Durchmesser ausgebildet und weist im Bereich der Brennereinrichtung zur Abschirmung gegen eine direkte Flammbeaufschlagung und Überhitzung eine feuerfeste Isolierung auf (US-PS 4 529 123).

Eine derartige Vorrichtung kann jedoch nicht ohne weiteres mit einem Gebläsebrenner betrieben werden, wie er beispielsweise aus der EP-A 132 153 bekannt ist, da bei den Gebläsebrennern ein kurzer, sehr heißer Flammstrahl erzeugt wird, der zu einer Zerstörung des Strahlrohres und – aufgrund der Rückstrahlung auf den Brenner – des Brenners führen würde.

Es ist jedoch schwierig, die bekannten Druck-Öl-Düsenbrenner mit einem Gebläse bei den bekannten Wärmestrahlern einzusetzen, da hier ja erhebliche technische Schwierigkeiten zu überwinden sind. Ein atmosphärischer Brenner erzeugt eine weiche, relativ kalte Flamme, die sich langziehen läßt und daher eine gleichmäßige Wärmeabstrahlung erzeugt. Ein Gebläsebrenner dagegen schafft eine kurze buschige Flamme mit hohen Flammtemperaturen von beispielsweise etwa 1300°C. Hierdurch entsteht eine sehr hohe Temperatur im Bereich der Brennereinrichtung, die mit wachsendem Abstand zur Brennereinrichtung stark abnimmt. Andererseits sind mit den atmosphärischen Brennern keine hohen Leistungen übertragbar, so daß bekannte Vorrichtungen nach der Art der US-PS 4 529 123 üblicherweise bis maximal 30 Kw ausgelegt werden.

Wenn nun versucht würde einen Gebläsebrenner für Öl oder Gas einzusetzen wäre zu berücksichtigen, daß dieser nur eine kurze Flamme mit einem starken Flammkern aufweist. Die hierin liegende Problematik dieser Brenner wurde bisher noch nicht gelöst, weshalb diese Brenner bisher auch noch keine Verwendung bei derartigen Wärmestrahlern gefunden haben. Atmosphärische Brenner können Gas und Verbrennungsluft laminar in das Brenrohr leiten und so die Flamme über mehrere Meter ausdehnen, was die Temperaturbelastung auf das Rohr automatisch gleichmäßig verteilt, so daß eine Isolierung über die Strahlrohrlänge weder üblich noch erforderlich ist.

Andererseits ist es erst durch moderne Isolationsmaterialien, die über 1800°C aushalten, überhaupt möglich geworden, Gebläsebrenner einzusetzen. Hierbei waren aber diverse Probleme zu lösen. Ein Problem besteht darin, daß eine Abstimmung des Brenners mit dem Isoliermaterial und dem Rohrdurchmesser erfolgen muß. Die Isolierung war dabei so zu wählen, daß das Strahlrohr an keiner Stelle 420°C überschreitet, um die gewünschte Wärmestrahlung zu erreichen und andererseits auch die Rückstrahlung auf den Brenner nicht zu groß wird. So war einer der Abstimmungspunkte, daß die Strahler gegen Überhitzen einen Sicherheitstemperaturbegrenzer aufweisen müssen.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, einen Wärmestrahler der eingangs genannten Art so weiterzubilden daß die Anwendung eines Drucköl-Düsenbrenners mit einem Gebläse möglich wird daß die an die Umgebung abzugebende Wärmemenge in bezug auf den Energieaufwand vergrößert wird, der insgesamt eine große Heizleistung bringt und durch Anpassung der heizwirksamen Oberfläche eine möglichst große Wärmemenge gezielt und gleichmäßig auf zu beheizende Objekte übertragen kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß bei einem Wärmestrahler der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß

a) die Brennereinrichtung als Drucköl-Düsenbrenner mit einem Gebläse ausgebildet ist,

b) das Strahlungsrohr über seine gesamte Länge mit einer mit zunehmendem Abstand zur Brennereinrichtung eine abnehmende Dicke und/oder Wirksamkeit aufweisende Isolationsschicht versehen ist, und

c) das Strahlungsrohr über seine gesamte Länge gasdicht ausgebildet ist und die Brenneinrichtung im Überdruckbereich betreibbar ausgebildet ist, wobei im Strahlungsrohr und/oder im Bereich des Abgasstutzens ein Strömungswiderstand angeordnet ist.

Mit dieser Ausbildung ist erreichbar, daß in den Bereichen, wo eine hohe Wärmemenge geballt auftritt, eine Abstrahlung im Infrarotbereich verhindert wird und diese Wärme noch zur Aufheizung der von der Brenneinrichtung weiter entfernten Partien des Strahlrohres zur Verfügung steht. Durch die Verringerung der Wirksamkeit der Isolation kann damit eine ganz gleichmäßige Wärmestrahlung erreicht werden.

Weitere bevorzugte Ausführungsformen sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachstehend anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 in einer schaubildlichen Ansicht von unten eine Ausführungsform eines Wärmestrahlens,

Fig. 2 in einer schematischen Seitendarstellung den Wärmestrahler gemäß Fig. 1,

Fig. 3 den Wärmestrahler in einer senkrechten Schnittdarstellung gemäß Linie III-III in Fig. 2,

Fig. 4 in schematischer Darstellung einen in einem Gebäude angeordneten Wärmestrahler und

Fig. 5 in einer Diagrammdarstellung die Raumtemperatur in bezug auf die Raumhöhe für unterschiedliche Beheizungssysteme.

Fig. 1 zeigt einen Wärmestrahler mit einem U-förmig gebogenen Strahlungsrohr 10, an dessen einem Ende eine Brenneinrichtung 20 und an dessen anderem Ende ein einen Kaminabzug anschließbarer Abgasstutzen 30 angeordnet ist, die im Strahlungsrohr 10 einen Unterdruck erzeugt. Durch diesen Unterdruck wird die durch die Brenneinrichtung 20 erzeugte Brennerflamme und das dabei entstehende Verbrennungsgas-Luft-Gemisch von der Brennerseite des Strahlrohres 10 zum Abgasstutzen 30 gezogen und durch diese hinausgesaugt. Das Strahlrohr 10 ist aus Längselementen 11 und 12 und einem Verbindungsstück 13 aufgebaut. Im Bereich des Abgasstutzens 30 ist das Ende des Strahlungsrohres 10 durch einen Reinigungsdeckel 12c verschlossen.

Die aus einem Druckölbrenner 21 und einem Gebläse 22 bestehende Brenneinrichtung 20 ist am brennerseitigen Ende des Strahlungsrohres 10 an einer Schwenkvorrichtung oder einer Tür befestigt, um eine Inspektion zu erleichtern.

Das Strahlungsrohr 10 ist, wie in Fig. 2 dargestellt über seine gesamte Länge L mit einer Isolationsschicht 60 versehen, die eine von der Brennerseite des Strahlungsrohres 10 her abnehmende Wirksamkeit aufweist. Die Abstufung der Wirksamkeit kann entweder linear gewählt werden oder wird an die Abnahme der Temperatur des Verbrennungsgas-Luft-Gemisches angepaßt, wobei durch die Anordnung der Isolationsschicht 60 erreichbar ist daß das Verbrennungsgas-Luft-Gemisch im gesamten Durchlaufbereich durch das Strahlungsrohr 10 eine

relativ hohe Temperatur aufweist, so daß eine gleichmäßige Erwärmung des Strahlungsrohres 10 und damit eine gleichmäßige Abstrahlung möglich ist.

Die Isolierung 50 im brennerseitigen Bereich des Strahlungsrohres kann durch einen konzentrisch im Strahlungsrohr nahe der Brenneinrichtung 20 angeordneten Rohrstützen 150 ausgeführt werden, der mit der Brenneinrichtung 20 verbunden ist, wobei der zwischen dem Strahlungsrohr 10 und dem Rohrstützen 150 gebildete Ringraum 151 auf der der Brenneinrichtung 20 zugewandten Seite verschlossen ist. In dem Ringraum 151 kann eine zusätzliche Isolationsschicht 152 angeordnet werden. Damit ergibt sich eine einfach aufgebaute, sehr wirksame Abschirmung, so daß die direkt vor der Brenneinrichtung 20 aufgebaute Flammfront das Strahlungsrohr nicht beaufschlagt, so daß auch in diesem Bereich eine Abstrahlung im Mitteltemperaturbereich über langwellige Abstrahlung ermöglicht wird.

Über dem Strahler ist ein trapezförmiger Reflektor 40 angeordnet, dessen Innenseite verspiegelt sein kann, um eine bessere Strahlungsreflexion zu ermöglichen. Bevorzugterweise ist der Reflektor 40 auf seiner von dem Strahler abgewandten Seite mit einer zusätzlichen Isolationsschicht 41 versehen, so daß eine Isolation zur Raumdecke hin erfolgt, damit fast die gesamte Wärmeenergie zur Raumwärmerzeugung zur Verfügung steht.

Das Strahlungsrohr 10, das einen Durchmesser D so aufweist, daß sich aufgrund der zur Verfügung stehenden Wärmemenge eine langwellige Wärmeabstrahlung ergibt, kann zusätzlich im Bereich seiner sich gegenüberliegenden Seiten 11a, 12a und/oder im Bereich der nach unten gewandten Seiten 11b, 12b mit zusätzlichen Isolationen versehen sein, die eine gleichmäßige Wärmeabstrahlung nach unten und zum Reflektor 40 hin bewirken, so daß insgesamt eine gleichmäßige Wärmeabstrahlung ermöglicht wird.

Der Wärmestrahler 100 wird bei einer Anordnung in einem Raum über Trägerleisten 42 an einer Raumdecke 31 in geeignetem Abstand aufgehängt. Einseitig ist er mit der Saugeinrichtung 30 an einen Schornstein 130 angeschlossen, während der am entgegengesetzten Ende des Strahlungsrohres 10 angeordnete Brenner 20 über eine Ölleitung 72 die einen ÖlfILTER 73 und eine Ölpumpe 71 aufweist mit einem Öltank 70 verbunden ist. Die Steuerung der Brenneinrichtung 20 erfolgt dabei in an sich bekannter Weise über einen Raumfühler 81 und/oder ein Zeitsteuerungsgerät 80 (Fig. 4).

Wenn ein derartiger Wärmestrahler zur Beheizung von Großräumen verwendet wird, ergeben sich gegenüber konventionellen Heizungssystemen wesentliche Vorteile. Durch die Umwandlung der langwelligen Strahlung beim Auftreffen auf den Körper wird ein Wohlbefinden schon etwa 3° C früher als bei anderen Heizungssystemen erreicht, was zu einem um ca. 15% verringerten Wärmebedarf führt. Da die Temperaturverteilung über die Raumhöhe auch gegenüber konventionellen Heizungen wesentlich günstiger ist, da die Wärme beim Auftreffen der Strahlung unten frei wird, während andere konventionelle Heizungen die Luft erwärmen, die in

die Höhe steigt, ist eine weitere Energieeinsparung einer Beheizung mit Wärmestrahlern in Großräumen erreichbar.

Wie in Fig. 5, in der die Wärmeverteilung über der Raumhöhe in Abhängigkeit von der Raumtemperatur dargestellt ist, ergibt sich rein qualitativ die gesparte Energie 3, wenn die Temperaturkurve 1 eines Wärmestrahlers, die beispielsweise am Soll-Meßpunkt einer Temperatur von 15° C aufweist, mit der Temperaturkurve 2 einer Luftheizung verglichen wird, die am Soll-Meßpunkt eine Temperatur von ca. 18° C aufweist.

Diese optimale Wärmeverteilung in Großräumen ist jedoch nur dann erreichbar, wenn die Wärmeerzeugung nicht über einen Infrarotstrahler, sondern über einen Mitteltemperaturstrahler mit langwelliger Wärmeabstrahlung durchgeführt wird, und wenn die voranstehend beschriebenen Isolationsmöglichkeiten optimal zur Erreichung der Gleichmäßigkeit der Abstrahlung genutzt werden.

Die gesamte Ausbildung des Wärmestrahlers ist derart konzipiert, daß die Brenneinrichtung im Überdruckbereich betreibbar ist. Hierzu ist das Strahlungsrohr 10 über seine gesamte Länge L gasdicht ausgebildet, und es sind im Strahlungsrohr Strömungswiderstände vorgesehen. So kann beispielsweise ein als Blende 170 ausgebildeter Strömungswiderstand im Bereich des Abgasstutzens 30 angeordnet sein. Hierdurch ergibt sich eine erhebliche Verbesserung des Gesamtwirkungsgrades.

Weiterhin kann vorgesehen sein, daß im Strahlungsrohr 10 ein oder mehrere (in der Zeichnung nicht dargestellte) Turbolatoren angeordnet sind. Diese als Leitbleche oder Verwirbelungseinrichtungen ausgebildeten Turbolatoren zerstören die laminare Strömung, so daß in der das Strahlungsrohr 10 von der Brenneinrichtung 20 her durchströmenden Gasmenge eine Verwirbelung derart erreicht wird, daß auch die heißen Kerngase des Gasstrahles die Innenwandung des Strahlungsrohres 10 beaufschlagen und die Wärmeabgabe in bezug auf das Gas beschleunigen. Hierdurch wird eine wesentliche Senkung der Abgastemperaturen bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung der gewünschten Strahlung erreicht, wodurch der Wirkungsgrad erheblich verbessert wird.

#### Patentansprüche

1. Wärmestrahler zur Großraumbeheizung mit mindestens einem Strahlungsrohr (10), an dessen einem Ende eine Brenneinrichtung (20) und an dessen anderem Ende ein an einem Kaminabzug anschließbarer Abgasstutzen (30) angeordnet ist, wobei das Strahlungsrohr (10) im Bereich der Brenneinrichtung (20) zur Abschirmung gegen eine direkte Flammbeaufschlagung und Überhitzung eine feuerfeste Isolierung (50; 150) und einen zur Abstrahlung langwelliger Wärmestrahlung geeigneten großen Durchmesser (D) aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß

- a) die Brenneinrichtung (20) als Drucköl-Düsenbrenner (21) mit einem Gebläse (22) ausgebildet ist,
- b) das Strahlungsrohr (10) über seine gesamte

Länge (L) mit einer mit zunehmendem Abstand zur Brenneinrichtung eine abnehmende Dicke und/oder Wirksamkeit aufweisende Isolations-schicht (60) versehen ist, und

- 5 c) das Strahlungsrohr (10) über seine gesamte Länge (L) gasdicht ausgebildet ist und die Brenneinrichtung (20) im Überdruckbereich betreibbar ausgebildet ist, wobei im Strahlungsrohr (10) und/oder im Bereich des Abgasstutzens (30) ein Strömungswiderstand (170) angeordnet ist.

- 10 2. Wärmestrahler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Isolations-schicht (60) nur den halben Rohrumfang des Strahlungsrohres (10) bedeckend auf einer von einem Reflektor (40) abgewandten Seite angeordnet ist.

- 15 3. Wärmestrahler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Isolation (50) als im Strahlungsrohr (10) konzentrisch angeordneter Rohrstutzen (150) mit im Ringraum (151) zwischen dem Rohrstutzen (150) und dem Strahlungsrohr (10) angeordneter Isolationsschicht (152) besteht.

- 20 4. Wärmestrahler nach einem der vorangegangenen Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Strahlungsrohr (10, 11, 12, 13) U-förmig ausgebildet ist und an seinen sich gegenüberliegenden Seiten (11a, 12a) eine zusätzliche Isolation zur Abschirmung einer gegenseitigen Wärmestrahlungsaufschlagung aufweist.

- 25 5. Wärmestrahler nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß im Strahlungsrohr (10) ein oder mehrere Turbolatoren angeordnet sind.

#### Claims

- 35 1. Thermal radiator for the heating of large areas or rooms with at least one radiation tube (10). On the one end of which a burner facility (20) is disposed and at the other end of which there is disposed an exhaust gas pipe (30) that can be connected to a chimney breeching, in which the radiation tube (10), within the area of the burner facility (20), is provided with a refractory insulation (50:150) for shielding against a direct flame action and against overheating and possesses a large diameter (D) suitable for the emission of long-wave thermal radiation, characterized in that

- 40 a) the burner facility (20) is constructed in the form of a pressure oil nozzle burner (21) with a blower (22),

- 45 b) the radiation tube (10) over its entire length (L) is provided with an insulating layer (60) which, with increasing distance from the burner facility, possesses a decreasing thickness and/or effectiveness and

- 50 c) the radiation tube (10), over its entire length (L), is constructed so as to be gas-proof and in that the burner facility (20) is constructed so as to be operable within the excessive pressure ranges, while inside the radiation tube (10) and/or within the area of the exhaust gas pipe (30), a drag (170) is mounted.

- 55 2. Thermal radiator according to Claim 1, characterized in that the insulating layer (60) is disposed on a side which faces away from a reflector (40) so

as to cover solely half the turbulator circumference of the radiation tube (10).

3. Thermal radiator according to Claim 1, characterized in that the insulation (50) is constructed in such a way that it constitutes a socket (150) mounted concentrically inside the radiation tube (10) with an insulating layer (152) disposed within the annular space (151) between the socket (150) and the radiation tube (10).

4. Thermal radiator according to any of the preceding Claims 1 to 3 characterized in that the radiation tube (10, 11, 12, 13) is constructed so as to have the shape of a "U" and, on its oppositely located sides (11a, 12a), is provided with an additional insulation for shielding against a reciprocal thermal radiation action.

5. Thermal radiator according to any of the preceding Claims 1 to 4, characterized in that one or several turbulators are fitted inside the radiation tube (10).

### Revendications

1. Radiateur thermique pour le chauffage de locaux de grandes dimensions avec au moins un tube rayonnant (10) à l'une des extrémités duquel il est disposé un dispositif de brûleur (20) et à l'autre extrémité duquel il est disposé une tubulure de gaz d'échappement (30) pouvant être raccordée à un évent de cheminée, le tube rayonnant (10) présentant, dans la zone du dispositif du brûleur (20), une isolation réfractaire (50; 150) ayant l'effet d'un écran contre une prise directe des flammes et contre la surchauffe et ayant un grand diamètre (D) approprié à l'émission du rayonnement thermique à ondes longues, caractérisé en ce que

a) le dispositif du brûleur (20) est configuré comme un brûleur de mazout à jet sous pression sans mélange préalable (21) avec une soufflante (22),

b) le tube rayonnant (20) est équipé sur toute sa longueur (L) d'une couche isolante (60) présentant une épaisseur et/ou efficacité décroissante, plus l'écart avec le dispositif du brûleur augmente et

c) que le tube rayonnant (10) est configuré en étant étanche au gaz sur toute sa longueur (L) et que le dispositif du brûleur (20) est configuré de manière à être opérationnel dans le domaine de surpression, une résistance hydraulique (170) étant disposée dans le tube rayonnant (10) et/ou dans la zone de la tubulure du gaz d'échappement (30).

2. Radiateur thermique selon la revendication 1, caractérisé en ce que la couche isolante (60) est placée en ne couvrant que la moitié de la circonférence du tube rayonnant (10) sur un côté qui est détourné d'un réflecteur (40).

3. Radiateur thermique selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'isolation (50) est constituée comme une tubulure (150) placée de manière concentrique dans le tube rayonnant (10) avec une couche isolante placée dans l'espace annulaire (151) entre la tubulure (150) et le tube rayonnant (10).

4. Radiateur thermique selon l'une des revendications précédentes 1 à 3, caractérisé en ce que le

tube rayonnant (10, 11, 12, 13) est configuré en forme de U et qu'il présente, sur ses côtés opposés (11a, 12a) une isolation supplémentaire ayant l'effet d'un écran contre un impact réciproque du rayonnement thermique.

5. Radiateur thermique selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'un ou plusieurs dispositifs de turbulence sont placés dans le tube rayonnant (10).

FIG.1

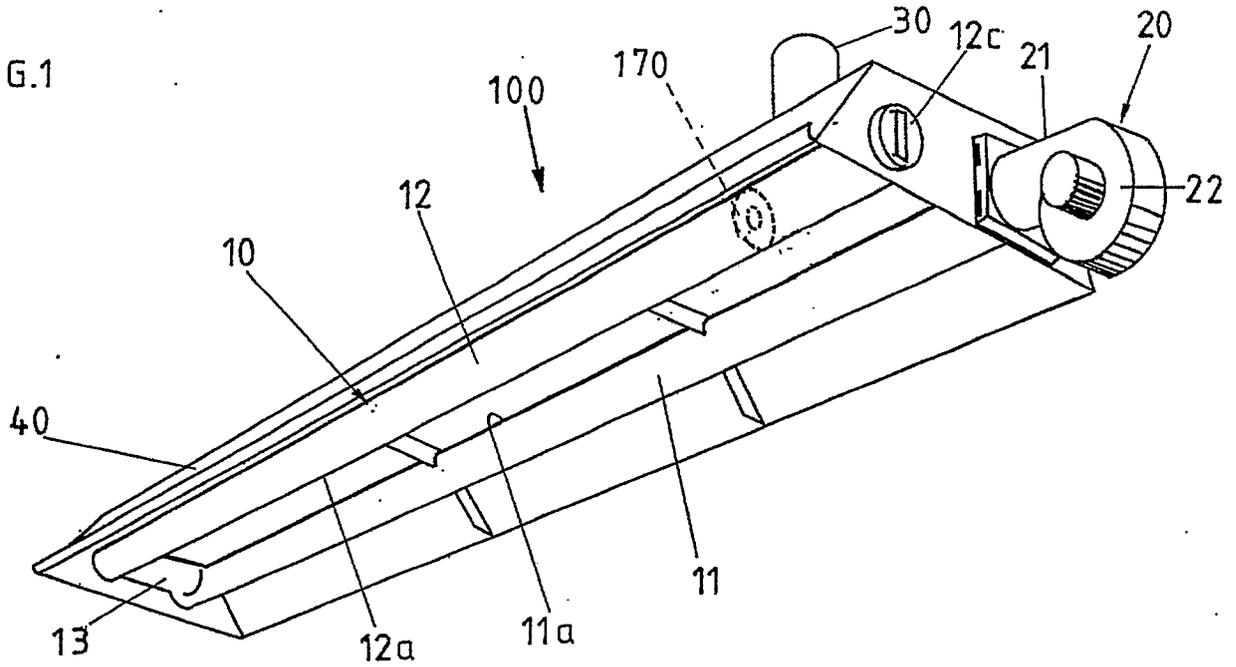


FIG.2

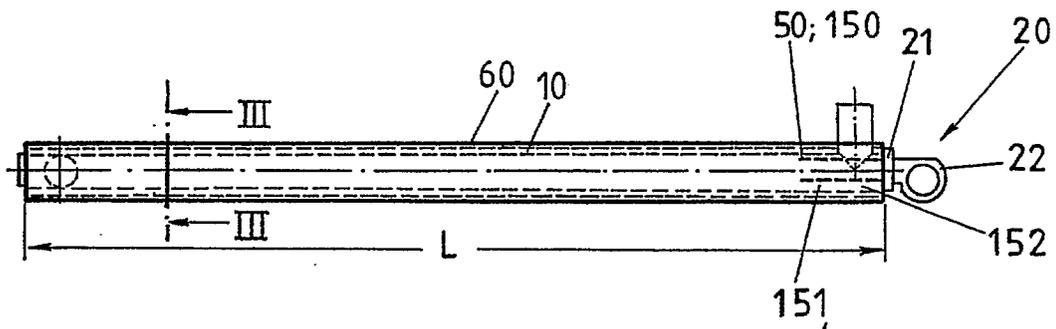


FIG.3

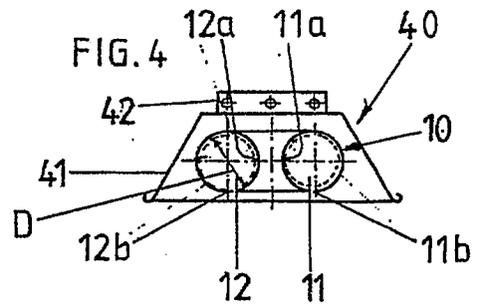
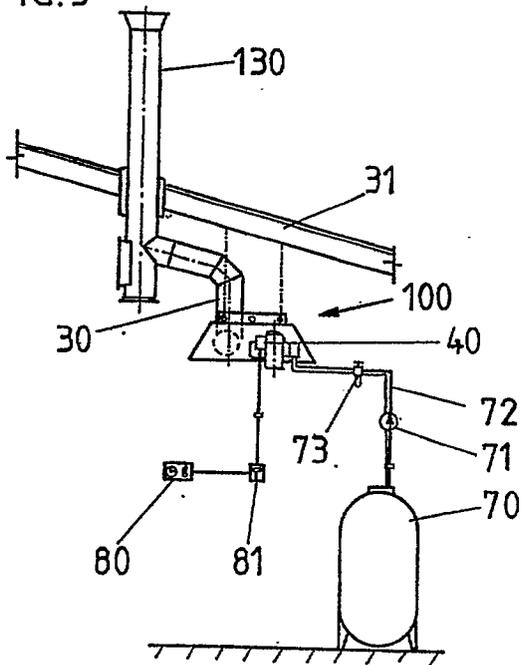


FIG. 5

