



(11) **EP 1 413 998 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**02.04.2008 Patentblatt 2008/14**

(51) Int Cl.:  
**G08B 17/12 (2006.01) G08B 21/16 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **03023055.1**

(22) Anmeldetag: **14.10.2003**

(54) **Vorrichtung zum Erkennen von Glimmnestern**

Device for the recognition of smouldering fire hotspots

Dispositif pour la reconnaissance de noyaux de feux couvants

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR**

(30) Priorität: **25.10.2002 DE 10249743**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**28.04.2004 Patentblatt 2004/18**

(73) Patentinhaber: **Forschungsgesellschaft für  
angewandte  
Systemsicherheit und Arbeitsmedizin  
68165 Mannheim (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Lorenz, Dirk  
69115 Heidelberg (DE)**  
• **De Vries, René  
79618 Rheinfelden (DE)**

(74) Vertreter: **Jany, Peter et al  
Patentanwalt  
Karlstrasse 87  
76137 Karlsruhe (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**DE-A- 4 304 890 US-A- 3 824 392**

**EP 1 413 998 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents 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

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Erkennen von Glimmnestern in einer pneumatischen Förderleitung. Solche Vorrichtungen umfassen nach dem Stand der Technik einen in Strömungsrichtung der Förderleitung längserstreckten Verdrängungskörper, der in der Förderleitung angeordnet ist und mindestens einen IR-Sensor zum Detektieren von Glimmnestern aufweist.

**[0002]** In allen Bereichen, in denen Gemische aus Luft und brennbaren oder entzündlichen Stäuben vorkommen, können sich unter gewissen Umständen und Bedingungen sogenannte Glimmnester bilden. Glimmnester sind Verklumpungen der vorhandenen brennbaren oder entzündlichen staubförmigen Bestandteile in dem Gemisch, die sich durch chemische Reaktionen in ihrem Innern bis auf mehrere hundert Grad Celsius aufheizen können. Dabei zeigen die äußeren Schichten solcher Glimmnester hingegen durchweg Temperaturen, die unter 100 °C liegen.

**[0003]** Glimmnester können gefährliche und verheerende Staubexplosionen verursachen. Derartige Staubexplosionen treten in der Regel in der Weise auf, daß die Glimmnester aus der pneumatischen Förderleitung, in der zumeist wegen der hohen Staubkonzentration keine Explosion auftreten kann, in Silos oder andere Anlagenteile eingetragen werden und dort aufbrechen. In diesen Silos oder Anlagenteilen liegen im allgemeinen explosionsfähige Staub-Luftgemische vor, die durch ein aufbrechendes Glimmnest und die dabei freigelegte Glut zur Explosion gebracht werden können. Die Folgen einer solchen, durch aufbrechende Glimmnester ausgelösten Explosion sind oft verheerend und können hohen Sachschaden, Verletzte und Tote umfassen.

**[0004]** Die vorstehend erläuterte Problematik trifft im besonderen Maße auf die Nahrungsmittelindustrie zu. Dort treten bei nahezu jedem Herstellungsprozeß brennbare Stäube auf, die sehr häufig durch pneumatische Förderleitungen transportiert werden. Als Beispiele seien die Verarbeitung von Getreidemehl, Milchpulver, Maisstärke, Kakaopulver oder auch Tiermehl genannt.

**[0005]** Nach einer bekannt gewordenen Statistik stellen Glimmnester die zweithäufigste Zündquelle bei Staubexplosionen dar. Aus diesem Grund ist man seit langer Zeit bestrebt, zuverlässige Vorrichtungen zum Erkennen von Glimmnestern zu entwickeln.

**[0006]** Aus der Literaturstelle W. Bartknecht, Explosionsschutz, Springer-Verlag 1993, ist eine Vorrichtung zum Erkennen von Glimmnestern in stationären Anlagenteilen wie etwa Silos bekannt, die seit einigen Jahren zuverlässig im Einsatz ist. Sie beruht auf der Detektion von CO, das von den Glimmnestern emittiert wird.

**[0007]** Die Detektion von CO ist jedoch in pneumatischen Förderleitungen aus technischen Gründen nicht möglich. Deshalb werden in diesem Fall heiße Gegenstände anhand ihrer Infrarot-Emission detektiert. Die aus dem Stand der Technik bekannten Detektionssysteme benutzen durchweg mehrere infrarot-empfindliche Sen-

soren, zum Beispiel Photoleiter aus Bleisulfid, sogenannte PbS-Sensoren, die in der Rohrwand der zu überwachenden pneumatischen Förderleitung in Form eines Meßkopfes eines Detektors so integriert sind, daß sie mit ihren infrarot-empfindlichen Blickfeldbereichen in die Rohrleitung hineinschauen. An den Detektoren vorbeifliegende Glimmnester emittieren Wärmestrahlung, die von den Detektoren bzw. PbS-Sensoren registriert wird und in diesen eine Widerstandsänderung hervorruft. Diese Widerstandsänderung führt zu einer Strom- oder Spannungsänderung, die das Meßsignal darstellt, das verstärkt und elektronisch weiterverarbeitet wird.

**[0008]** Auf diese Weise können Funken oder heiße Gegenstände innerhalb des in der Förderleitung strömenden Förderstromes erkannt werden, deren Oberflächentemperatur oberhalb von etwa 250 °C liegt. Dies ist allerdings nur dann möglich, wenn weitere technische Randbedingungen eingehalten werden, was in den allermeisten Fällen in der Nahrungsmittelindustrie nicht möglich ist.

**[0009]** In unter den üblichen Bedingungen der Nahrungsmittelindustrie durchgeführten Experimenten der Anmelderin hat sich gezeigt, daß mit gebräuchlichen Glimmnestdetektionssystemen Glimmnester nicht mit dem erforderlichen Grad an Sicherheit erkannt werden können. Es wurde deutlich, daß eine zuverlässige Glimmnestdetektion mit herkömmlichen Systemen nur möglich ist, wenn eine Produktkonzentration von 1 kg/m<sup>2</sup> bei staubförmigen Produkten und 6 kg/m<sup>2</sup> bei körnigen Produkten nicht überschritten wird. Diese Angabe bezieht sich auf einen Förderrohrdurchmesser von kleiner oder gleich 120 mm.

**[0010]** Herkömmliche Glimmnestdetektionssysteme haben mehrere Nachteile, die zu den ermittelten Grenzen für den Einsatz führen. Ein erster Nachteil liegt in der Anordnung der Sensoren in der Rohrwand, was zur Folge hat, daß die von den Glimmnestern in Richtung der Sensoren emittierte IR-Strahlung aufgrund der zu langen zu durchdringenden Weglänge bei höheren als den oben angegebenen Produktbeladungen im Förderrohr vom Förderprodukt absorbiert wird und die Sensoren nicht erreicht.

**[0011]** Ein zweiter Nachteil besteht darin, daß durch den Einbau der Sensoren in der Rohrwand die Sensoren durch an der Rohrwand abgelagerten Staub unempfindlicher werden oder sogar erblinden. Dies wird dadurch hervorgerufen, daß die Strömungsgeschwindigkeit in der Förderleitung an der Rohrwand geringer ist als im Zentrum.

**[0012]** Ein dritter Nachteil gebräuchlicher Detektionssysteme ist dadurch gegeben; daß bei diesen oft Glas Komponenten senkrecht oder schräg zur Richtung des in der Förderleitung geförderten Produktstromes stehen. Hierdurch kann es infolge von Frontalzusammenstößen dieser Glasteile mit im Förderstrom mitgeführten Festkörpern zu Glasbruch kommen, was eine aufwendige Betriebsunterbrechung und Instandsetzung nach sich zieht.

**[0013]** Ein vierter Nachteil bekannter Detektionsvor-

richtungen besteht in der Regel darin, daß sie (auch aufgrund des Abstands der Sensoren zu den Glimmnestern) nur Objekte erkennen können, die eine Oberflächentemperatur von mehr als 250 °C aufweisen. Wie eingangs ausgeführt wurde, zeigen dagegen Glimmnester in den allermeisten Fällen Oberflächentemperaturen unter 100 °C, so daß eine höhere Empfindlichkeit der Detektionsvorrichtung für eine sichere Erkennung der Glimmnester erforderlich ist.

**[0014]** Aus dem Dokument DE 4304890 A1 ist eine gattungsgemäße Vorrichtung zum Erkennen von Glimmnestern in einer pneumatischen Förderleitung bekannt, die einen längserstreckten Verdrängungskörper umfaßt, der in der Förderleitung angeordnet ist und einen oder mehrere IR-Sensoren zum Detektieren von Glimmnestern aufweist. Mit dieser bekannten Vorrichtung werden die vorstehend geschilderten Nachteile teilweise behoben. Aufgrund der Anordnung der IR-Sensoren auf einem Verdrängungskörper in der Förderleitung ist der mittlere Abstand zu den vorbeifliegenden Glimmnestern reduziert und gleichzeitig ist die durch Ablagerungen an der Rohrwand bedingte Verschmutzungsproblematik reduziert.

**[0015]** Es hat sich aber herausgestellt, daß auch mit der aus diesem Dokument bekannten Vorrichtung keine dauerhaft zuverlässige Erkennung von Glimmnestern möglich ist, da die auf dem Verdrängungskörper angeordneten IR-Sensoren verschmutzen und die Gefahr einer Beschädigung durch in dem Förderstrom anliegenden Festkörper gegeben ist.

**[0016]** Aus dem Dokument US 3,824,392 ist eine Vorrichtung zum Erkennen heißer Teilchen in einem Massenstrom bekannt, bei dem ein lichtsensitiver Sensor in einer kuppelförmigen, lichtdurchlässigen Kalotte sitzt. Die Kalotte dient dem Schutz der Lichtsensoren, die in die Rohrwand eingelassen sind. Aus diesem Grund ist die Kalotte am inneren Rohrrand angeordnet. Nachteilig bei dieser bekannten Vorrichtung ist, daß die Kalotte stark zum Verschmutzen neigt, weil sie im Bereich der Rohrwand angeordnet ist, wo die Strömungsgeschwindigkeit gering ist, und zudem ungünstig quer zur Strömungsrichtung orientiert ist.

**[0017]** Aus dem Dokument DE 691 24 165 T2 ist ein lichtübertragender Stab für einen Funken-Detektor bekannt. Der lichtleitende Stab überträgt IR-Strahlung zu einem IR-Sensor und ist an einem Ende mit einer IR-durchlässigen Scheibe aus Quarzglas verschlossen.

**[0018]** Der Erfindung liegt unter Berücksichtigung dieses Standes der Technik die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zum Erkennen von Glimmnestern zu schaffen, bei der die IR-Sensoren derart geschützt angeordnet sind, daß ein dauerhaft zuverlässiger Betrieb ermöglicht wird. Dabei soll die Vorrichtung sowohl hinsichtlich der Verschmutzungs- und Ablagerungsproblematik als auch hinsichtlich möglicher Beschädigungen der Sensoren oder von Glasteilen einen sicheren Betrieb ermöglichen. Der Erfindung liegt auch die Aufgabe zugrunde, den Einbau der IR-Sensoren zu erleichtern.

**[0019]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des beigefügten Anspruchs 1 gelöst. Bevorzugte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen und der nachfolgenden Beschreibung mit zugehörigen Zeichnungen.

**[0020]** Eine erfindungsgemäße Vorrichtung zum Erkennen von Glimmnestern in einer pneumatischen Förderleitung, umfassend einen in Strömungsrichtung der Förderleitung längserstreckten Verdrängungskörper, der in der Förderleitung angeordnet ist und mindestens einen IR-Sensor zum Detektieren von Glimmnestern aufweist, umfaßt also einen Verdrängungskörper, der eine in Strömungsrichtung der Förderleitung längserstreckte Hülse aufweist, die zumindest an manchen Stellen IR-durchlässig ist, wobei die IR-Sensoren im Innern der Hülse an IR-durchlässigen Stellen der Hülse angeordnet sind.

**[0021]** Durch die erfindungsgemäße Anordnung der IR-Sensoren im Innern einer IR-durchlässigen Hülse sind die IR-Sensoren vor Verschmutzungen und Beschädigungen geschützt. Die Hülse selbst ist aufgrund ihrer in Strömungsrichtung längserstreckten Anordnung vor Ablagerungen geschützt, insbesondere wenn sie eine möglichst glatte und ebenflächige Außenseite aufweist. Auf diese Weise kann eine betriebssichere Anordnung der IR-Sensoren auf einem Verdrängungskörper in der Förderleitung erzielt werden.

**[0022]** Für den Betrieb der erfindungsgemäßen Vorrichtung reicht es prinzipiell aus, wenn die Hülse an den Stellen, an denen im Innern die IR-Sensoren angeordnet sind, IR-durchlässig ist, beispielsweise durch eingesetzte, IR-durchlässige Fenster. IR-durchlässige Fenster können beispielsweise aus Quarz oder Saphir bestehen. Aus fertigungstechnischen Gründen kann es jedoch vorteilhaft sein, wenn die Hülse insgesamt aus einem IR-durchlässigen Material gebildet ist. Hierfür kommt insbesondere Quarzglas in Frage. Zylinderförmige Hülsen aus Quarzglas stehen kostengünstig zur Verfügung.

**[0023]** Die Hülse kann außenseitig mit Einfassungen oder Abdeckungen versehen sein, beispielsweise wenn besondere Schutzmaßnahmen wegen hoher Drücke oder großer in der Förderleitung geförderter Festkörper erforderlich sind. Bevorzugt ist jedoch, wenn die Hülse die radiale Außenseite des Verdrängungskörpers bildet, d.h. sie keine außenseitige Abdeckung mehr aufweist. In diesem Fall ergibt sich durch die längserstreckte Anordnung der möglichst glatten Hülse ein optimaler Schutz gegen Ablagerungen, Verschmutzungen und Beschädigungen von Hülse und/oder IR-Sensoren.

**[0024]** Im Rahmen der Erfindung ist es vorteilhaft, wenn der längserstreckte Verdrängungskörper möglichst wenige Unebenheiten auf der Außenseite aufweist, damit die Strömung in der Rohrleitung möglichst wenig gestört wird. Da der Einbau von Fenstern in eine Hülse zu Unebenheiten führen kann, sind die IR-Sensoren bevorzugt im Inneren der Hülse angeordnet. Wie oben erläutert, ist es dabei vorteilhaft, wenn in die Hülse nicht

IR-durchlässige Fenster eingesetzt sind, sondern die Hülse insgesamt aus einem IR-durchlässigen Material gebildet ist, weil dadurch eine möglichst glatte Außen-seite der Hülse erzielt werden kann.

**[0025]** Der Verdrängungskörper bzw. die Hülse in einer erfindungsgemäßen Vorrichtung dienen nicht nur dem Schutz der IR-Sensoren, sondern haben auch die Aufgabe, durch eine günstige Formgebung die Strömung in der Rohrleitung möglichst wenig zu stören und gleichzeitig, aufgrund von Formgebung, Ausrichtung und Platzierung in der Rohrleitung eine passive Reinigung zu erzielen, die auf einer Ausnutzung der hohen Strömungsgeschwindigkeit in der Rohrmitte, der parallelen Ausrichtung zwischen Rohrachse und Hülsenachse sowie der Formgebung beruht.

**[0026]** Eine erfindungsgemäße Vorrichtung weist vorteilhafterweise mehrere IR-Sensoren auf, die derart über den Umfang des Verdrängungskörpers verteilt angeordnet sind, daß deren jeweils einen Sektor um den Verdrängungskörper bildende Blickfelder die Förderleitung um den Verdrängungskörper abdecken. Auf diese Weise wird eine lückenlose Überwachung des Raumes um die Förderleitung ermöglicht. Dabei können die IR-Sensoren vorteilhafterweise in azimuthaler und/oder axialer Richtung des Verdrängungskörpers gegeneinander versetzt sein. Die Anzahl der IR-Sensoren liegt vorteilhafterweise zwischen 3 und 10, vorzugsweise zwischen 5 und 8.

**[0027]** In besonders sicherheitskritischen Systemen oder in Systemen, die schlecht zugänglich sind, können auch mehrere IR-Sensoren für einen Sektor vorgesehen sein. Auf diese Weise kann eine redundante Überwachung erfolgen oder beim Ausfall eines IR-Sensors auf einen anderen umgeschaltet werden.

**[0028]** Mit der Erfindung wird eine Vorrichtung zum Erkennen von Glimmnestern geschaffen, die eine sichere, dauerhafte und empfindliche Erkennung von Glimmnestern ermöglicht. Ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht darin, daß sie fertigungstechnisch unaufwendig hergestellt werden kann und sowohl einen einfachen Einbau in bestehende Förderleitungen als auch eine unaufwendige Wartung und Reparatur ermöglicht.

**[0029]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Die darin beschriebenen Besonderheiten können einzeln oder in Kombination miteinander eingesetzt werden, um bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung zu schaffen.

**[0030]** Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Ansicht einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Erkennen von Glimmnestern in einer pneumatischen Förderleitung,

Fig. 2 einen Schnitt A-A' zu Fig. 1,

Fig. 3 einen Schnitt B-B' zu Fig. 1,

Fig. 4 einen Schnitt C-C' zu Fig. 1,

Fig. 5 einen Längsschnitt einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Erkennen von Glimmnestern in einer pneumatischen Förderleitung, ähnlich wie Fig. 1,

Fig. 6 die zweite Aufhängung und einen Schnitt durch die daran befestigte Vorderhülse,

Fig. 7 die erste Aufhängung und einen Schnitt durch die daran befestigte Endhülse,

Fig. 8 einen Schnitt D-D' zu Fig. 5,

Fig. 9 eine Aufsicht auf den Deckel,

Fig. 10 eine Aufsicht auf das Rohrstück der Förderleitung, in welches das Detektionssystem eingebaut wird,

Fig. 11 eine Seitenansicht der Aufnahmebuchse für die Sensoren,

Fig. 12 eine Einzelheit zu Fig. 11,

Fig. 13 eine elektronische Schaltung der IR-Sensoren in der Hülse,

Fig. 14 einen Schaltplan eines Vorverstärkers für einen IR-Sensor,

Fig. 15 einen Schaltplan einer Hauptverstärker- und Komparatorschaltung und

Fig. 16 eine Logikschaltung zur Signalauswertung.

**[0031]** Die Fig. 1 zeigt eine schematische Ansicht einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Erkennen von Glimmnestern 1, die sich mit einer Geschwindigkeit  $v$  in einer pneumatischen Förderleitung 2 bewegen. Die Glimmnestdetektionsvorrichtung umfaßt einen längserstreckten Verdrängungskörper 3, der in der Förderleitung angeordnet ist und IR-Sensoren 4 zum Detektieren von Glimmnestern 1 aufweist.

**[0032]** In dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Förderleitung 2 im Bereich des Verdrängungskörpers 3 aus weiter unten erläuterten Gründen aufgeweitet. Selbstverständlich ist es auch bedarfsweise möglich, die Förderleitung 2 im Bereich des Verdrängungskörpers 3 mit demselben Querschnitt wie in den anschließenden Rohrab schnitten auszubilden oder sogar zu verengen.

**[0033]** Der Verdrängungskörper 3 ist mit einer ersten Haltevorrichtung 5 und einer zweiten Haltevorrichtung 6 an der Rohrwand der Förderleitung 2 befestigt und vorzugsweise in der Mitte des Querschnittes der Förderleitung 2 angeordnet. Er umfaßt eine in Strömungsrichtung  $u$  der Förderleitung längserstreckte Hülse 7, die zumin-

dest an manchen Stellen IR-durchlässig ist. Die IR-Sensoren 4 sind im Innern der Hülse 7 an IR-durchlässigen Stellen der Hülse 7 angeordnet. Am vorderen Ende 8 und am hinteren Ende 9 ist die Hülse 7 mit strömungsgünstigen Verschlüssen versehen.

**[0034]** Vorteilhafterweise ist der Verdrängungskörper 3 strömungsgünstig geformt. Insbesondere ist es vorteilhaft, wenn der Verdrängungskörper 3 am vorderen, strömungsaufwärts gelegenen Ende 8 sich entgegen der Strömungsrichtung u verjüngend ausgebildet ist bzw. wenn der Verdrängungskörper 3 am hinteren, strömungsabwärts gelegenen Ende 9 sich in der Strömungsrichtung u verjüngend ausgebildet ist.

**[0035]** Bei den IR-Sensoren handelt es sich um infrarot-empfindliche Sensoren, vorzugsweise um Photoleiter aus Bleiselenid oder Bleisulfid, sogenannte PbSe- oder PbS-Sensoren. Diese IR-Sensoren 4 reagieren auf die von Glimmnestern 1 emittierte Infrarot-Strahlung, und ihr Signal wird zum Erkennen vorbeifliegender Glimmnester 1 ausgewertet.

**[0036]** Der Durchmesser d der Förderleitung 2 beträgt etwa 80 mm und der Außendurchmesser des Verdrängungskörpers 3 ca. 25 mm. Um einen Rückstau des in der Förderleitung 2 geförderten Produkts durch den Einbau des Verdrängungskörpers 3 in die Förderleitung 2 zu vermeiden, ist die Förderleitung 2 im Bereich des Verdrängungskörpers 3 auf einen Durchmesser D von etwa 90 mm aufgeweitet, so daß die freie Querschnittsfläche A (siehe Fig. 3) der Förderleitung 2 auch im Bereich des Verdrängungskörpers 3 als freier Querschnitt B (siehe Fig. 4) für die Strömung zur Verfügung steht. Der Abstand zwischen der Wandung der Förderleitung 2 und dem äußeren Rand des Verdrängungskörpers 3 beträgt somit etwa 30 mm. Die Länge L des aufgeweiteten Bereichs der Förderleitung 2 beträgt ca. 300 mm.

**[0037]** Die Fig. 2 zeigt in einem Schnitt A-A' zu Fig. 1 die Anordnung der IR-Sensoren 4 in der Hülse 7. Die IR-Sensoren 4 sind vorzugsweise mit zu dem Verdrängungskörper 3 radial orientierter Blickrichtung angeordnet, so daß sie jeweils einen Sektor S des für die Strömung in der Förderleitung 2 freien Querschnitts um den Verdrängungskörper 3 erfassen. Vorteilhafterweise umfaßt die erfindungsgemäße Vorrichtung mehrere IR-Sensoren 4, die derart über den Umfang des Verdrängungskörpers 3 verteilt angeordnet sind, daß deren jeweils einen Sektor S um den Verdrängungskörper 3 bildende Blickfelder die Förderleitung 2 um den Verdrängungskörper 3 abdecken. Auf diese Weise kann der für die Strömung freie Raum um den Verdrängungskörper 3 lückenlos auf das Vorhandensein von Glimmnestern 1 überwacht werden.

**[0038]** Um die Abdeckung des freien Querschnitts um den Verdrängungskörper 3 zu erzielen, werden die IR-Sensoren 4 vorteilhafterweise in azimuthaler Richtung, d.h. in einer Querschnittsebene senkrecht zur Strömungsrichtung u, und/oder in axialer Richtung, d.h. in Längsrichtung des Verdrängungskörpers 3 gegeneinander versetzt. In Fig. 2 ist der azimuthale Versatz und in

Fig. 1 der axiale Versatz der IR-Sensoren 4 veranschaulicht. Dadurch, daß die IR-Sensoren 4 gegenüber ihren Nachbarn versetzt sind, wird eine vollständige Überwachung des Raumes rund um die Hülse 7 gewährleistet.

**[0039]** Die Zahl der IR-Sensoren 4 hängt von den jeweiligen baulichen Gegebenheiten und der Größe des Erfassungsbereichs der jeweiligen IR-Sensoren 4 ab. In der Regel wird es vorteilhaft sein, wenn die Zahl der IR-Sensoren 4 zwischen 3 und 10, vorzugsweise zwischen 5 und 8, liegt. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel werden sechs IR-Sensoren 4 verwendet.

**[0040]** Aufgrund der Anordnung des Verdrängungskörpers 3 in der Mitte der Förderleitung 2 kann ein Glimmnest 1 die IR-Sensoren 4 nur in einem maximalen Abstand passieren, der erheblich kleiner ist als der Abstand, der sich bei Anordnung der IR-Sensoren 4 in der Rohrwand der Förderleitung 2 unter Verzicht des Einsatzes eines Verdrängungskörpers 3 ergibt.

**[0041]** Nach einem weiteren vorteilhaften Merkmal wird vorgeschlagen, daß der radiale Abstand zwischen der Außenseite des Verdrängungskörpers 3 bzw. der Hülse 7 und der Innenwandung der Förderleitung 2 im Bereich des Verdrängungskörpers 3 derart klein gewählt wird oder daß der Durchmesser des Verdrängungskörpers 3 derart groß gewählt wird, daß die IR-Sensoren 4 Glimmnester 1 erkennen können, die entlang der Innenwandung der Förderleitung 2 gefördert werden, wo sie sich in einem maximalen Abstand zu den IR-Sensoren 4 befinden. Dadurch wird ein geringer Abstand zwischen der Außenseite des Verdrängungskörpers 3 bzw. der Hülse 7 und dem äußeren Rand eines vorbeifliegenden Glimmnestes 1 erzielt und eine sichere Erkennung gewährleistet.

**[0042]** Die Fig. 3 veranschaulicht in einem Schnitt den freien Querschnitt A im Bereich der Förderleitung 2 vor oder hinter dem Verdrängungskörper 3, und in Fig. 4 ist der freie Querschnitt B der Förderleitung 2 im Bereich des Verdrängungskörpers 3 dargestellt. Nach einem vorteilhaften Merkmal wird vorgeschlagen, daß der Querschnitt bzw. Durchmesser der Förderleitung 2 im Bereich des Verdrängungskörpers 3 gegenüber dem stromauf- und/oder stromabwärts gelegenen Bereich der Förderleitung 2 vergrößert ist. Eine weitere vorteilhafte Ausbildung kann darin bestehen, daß der im Bereich des Verdrängungskörpers 3 für die Strömung in der Förderleitung 2 frei bleibende Querschnitt B mindestens so groß ist wie der Querschnitt A der weiter stromauf- und/oder stromabwärts gelegenen Förderleitung 2.

**[0043]** Wenn der im Bereich des Verdrängungskörpers 3 für die Strömung in der Förderleitung 2 frei bleibende Querschnitt B mindestens so groß oder größer ist als der Querschnitt A der weiter stromauf- und/oder stromabwärts gelegene Förderleitung 2 wird gewährleistet, daß es durch die Anordnung des Verdrängungskörpers 3 in der Förderleitung 2 zu keiner nennenswerten Verengung der Förderleitung bzw. Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit kommt. In besonderen Ausführungsformen kann es möglicherweise aber auch vorteil-

haft sein, den Querschnitt B kleiner als den Querschnitt A zu wählen, beispielsweise um eine hohe Strömungsgeschwindigkeit  $v$  zur Verminderung von Ablagerungen und Verschmutzungen der Hülse 7 zu erzielen.

**[0044]** Die Fig. 5 zeigt einen Längsschnitt einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Erkennen von Glimmnestern 1 in einer Förderleitung 2 entsprechend Fig. 1.

**[0045]** Der Verdrängungskörper 3 umfaßt eine Hülse 7, in der die IR-Sensoren 4 angeordnet sind. Die Hülse 7 und die weiteren Elemente des Verdrängungskörpers 3 werden mit einer ersten Haltevorrichtung 5 im Innern, vorzugsweise in der Mitte der Förderleitung 2, gehalten. Die erste Haltevorrichtung 5 ist in dem dargestellten bevorzugten Ausführungsbeispiel als Haltekrümmer ausgebildet und am hinteren, strömungsabwärts gelegenen Ende 9 des Verdrängungskörpers 3 angeordnet. Diese Anordnung ist gegenüber einer Anbringung der ersten Haltevorrichtung 5 am vorderen, strömungsaufwärts gelegenen Ende 8 des Verdrängungskörpers 3 vorteilhaft, weil dadurch die Anströmung der die IR-Sensoren 4 enthaltenden Hülse 7 besser gestaltet werden kann und nicht durch ein Strömungsschatten der ersten Haltevorrichtung 5 beeinträchtigt wird.

**[0046]** Aus strömungstechnischen Gründen ist es vorteilhaft, wenn der Verdrängungskörper 3 strömungsgünstig geformt ist, also eine strömungsmechanisch günstige oder günstigste Form aufweist. In dem Ausführungsbeispiel ist der Verdrängungskörper 3 am vorderen, strömungsaufwärts gelegenen Ende 8 sich entgegen der Strömungsrichtung  $u$  verjüngend sowie am hinteren, strömungsabwärts gelegenen Ende 9 sich in der Strömungsrichtung  $u$  verjüngend ausgebildet. Er umfaßt am vorderen, strömungsaufwärts gelegenen Ende 8 eine Vorderhülse 11 in Form eines Stromlinienkörpers, um einen Strömungsabriß beim Übergang auf die Hülse 7 möglichst zu vermeiden.

**[0047]** Die Vorderhülse 11 ist mit einer zweiten Haltevorrichtung 6 verbunden, mit der der Verdrängungskörper 3 in der Förderleitung 2 gehalten ist und die in einem axialen Abstand zu der ersten Haltevorrichtung 5 an dem Verdrängungskörper 3 angeordnet ist. Die zweite, am vorderen Ende 8 angeordnete Haltevorrichtung 6 dient im wesentlichen dazu, die Richtung des Verdrängungskörpers 3 in der Strömung zu stabilisieren. Da durch die zweite Haltevorrichtung 6 keine elektrischen Leitungen geführt werden, ist die zweite Haltevorrichtung 6 schwächer als die erste Haltevorrichtung 5 ausgebildet. Dies hat den Vorteil, daß die zweite Haltevorrichtung 6 einen möglichst kleinen Strömungsschatten erzeugt, was Ablagerungen auf der Hülse 7 vermeidet.

**[0048]** Nach einem weiteren vorteilhaften Merkmal wird vorgeschlagen, daß der Querschnitt der Vorderhülse 11 mindestens so groß ist, daß sich die längserstreckte Hülse 7 im Strömungsschatten der Vorderhülse 11 befindet. Dadurch wird die Hülse 7 gut gegen Beschädigungen durch in der Förderleitung 2 heranfliegende Teile geschützt. Aus diesem Grund ist es auch vorteilhaft, wenn die Vorderhülse 11 aus einem schlagfesten Mate-

rial, insbesondere aus Stahl, gefertigt ist.

**[0049]** Die IR-durchlässige Hülse 7, in deren Innern die IR-Sensoren 4 angeordnet sind, ist mittels O-Ringen 13 gegen die Vorderhülse 11 und gegen eine Endhülse 12 abgedichtet. Dadurch wird erreicht, daß der Innenraum der Hülse 7 und somit die IR-Sensoren 4 staubfrei angeordnet sind.

**[0050]** Die Vorderhülse 11, die Hülse 7 und die Endhülse 12 sind außenseitig glatt und gehen stetig und bündig ineinander über. Die Außenseite des Verdrängungskörpers 3 ist somit insgesamt, insbesondere der von der Hülse 7 gebildete Teil, weitgehend glatt. Dies ist sowohl in Bezug auf den von dem Verdrängungskörper 3 ausgehenden Strömungswiderstand als auch in Bezug auf die Vermeidung von Ablagerungen und Verschmutzungen auf dem Verdrängungskörper 3, insbesondere auf der Hülse 7, vorteilhaft.

**[0051]** Zur Montage und eventuellen Wartung des Verdrängungskörpers 3 oder der IR-Sensoren 4 ist es vorteilhaft, wenn die Förderleitung 2 im Bereich des Verdrängungskörpers 3 einen mit einem verschließbaren Deckel 14 versehenen Ausschnitt 15 aufweist. Dadurch ist die Vorrichtung leicht zugänglich, schnell ein- und ausbaubar und kann erforderlichenfalls insgesamt in einer kurzen Betriebsunterbrechung gegen eine andere vormontierte Einheit ausgetauscht werden.

**[0052]** Auf dem Deckel 14 ist ein Vorverstärkergehäuse 10 montiert. Im Vorverstärkergehäuse 10 wird das obere Ende der ersten Haltevorrichtung 5 mit einer Gewindehülse 19 verschraubt. Das Innere des Vorverstärkergehäuses 10 wird mit einem O-Ring 18 gegen die Gewindebuchse, den Boden des Vorverstärkergehäuses 10 und die erste Haltevorrichtung 5 abgedichtet.

**[0053]** Die Figur 6 zeigt das vordere Ende 8. Die Vorderhülse 11 (im Schnitt dargestellt) ist mit der zweiten Haltevorrichtung 6 verbunden (geschraubt, geschweißt o.ä.). An der zweiten Haltevorrichtung befindet sich ein Schlüsselansatz 17. Der Schlüsselansatz 17 dient dazu, die zweite Haltevorrichtung 6 und die damit verbundene Vorderhülse 11 bei der Montage gegen Verdrehen zu sichern.

**[0054]** Die Figur 7 zeigt das hintere Ende 9. Die als Krümmer ausgebildete erste Haltevorrichtung 5 ist fest mit der daran angesetzten Endhülse 12 verbunden. Die Haltevorrichtung 5 ist hohl ausgebildet und in ihrem Innern verlaufen die elektrischen Anschlußleitungen für die IR-Sensoren 4. Durch die erste Haltevorrichtung 5 werden die elektrischen Anschlußleitungen von der Aufnahmebuchse 20 direkt in ein Vorverstärkergehäuse 10 geführt. Durch einen Paßstift 16 wird die erste Haltevorrichtung 5 im Deckel 14 axial fixiert. Wie in Figur 5 dargestellt, wird der Innenraum des Vorverstärkergehäuses 10 mit einem O-Ring 18 abgedichtet.

**[0055]** Die Figur 8 veranschaulicht in einem Schnitt D - D' zu Fig. 5, daß die Förderleitung 2 im Bereich des Verdrängungskörpers 3 einen verschließbaren Deckel 14 aufweist. Der Deckel 14 wird bei der Montage mit dem auf die Förderleitung aufgesetzten Flansch 21 ver-

schraubt. Der Verdrängungskörper 3 ist vorteilhafterweise mit einer oder mehreren Haltevorrichtungen mit dem Deckel 14 verbunden.

**[0056]** In Fig. 9 ist die Aufsicht auf den Deckel 14, der den Ausschnitt 15 verschließt dargestellt.

**[0057]** Die Fig. 10 zeigt eine Aufsicht auf die Förderleitung 2 im Bereich des Verdrängungskörpers 3, wobei der Deckel 14 abgenommen ist. Man erkennt den Ausschnitt 15 in der Förderleitung 2, in den der Verdrängungskörper eingesetzt werden kann. Der Deckel 14 wird mit dem auf die Förderleitung 2 aufgesetzten Flansch 21 verschraubt. In manchen Ausführungsformen kann auch die Verwendung einer Schnellschlussvorrichtung zweckmäßig sein. Zwischen Deckel 14 und Flansch 21 kann eine dünne Dichtung eingesetzt werden, so dass der Ausschnitt 15 in der Förderleitung 2 abgedichtet wird.

**[0058]** Die Fig. 11 zeigt in einer Einzelheit zur Fig. 5 eine hülsenförmige Aufnahmebuchse 20, die in der Hülse 7 angeordnet ist und die IR-Sensoren 4 trägt. Die Öffnungen in der Aufnahmebuchse 20, in die die IR-Sensoren 4 eingesetzt werden, sind ebenfalls dargestellt. Man erkennt, daß die IR-Sensoren 4 sowohl in azimuthaler als auch in axialer Richtung der Aufnahmebuchse 20 gegeneinander versetzt sind, damit die von ihnen abgedeckten sektorförmigen Blickfelder den gesamten Raum um den Verdrängungskörper 3 abdecken.

**[0059]** Die Aufnahmebuchse 20 besteht vorteilhafterweise aus Metall, beispielsweise Aluminium oder Eisen. Um den Einbau der IR-Sensoren 4 in die Aufnahmebuchse 20 zu erleichtern, kann vorgesehen sein, daß die Aufnahmebuchse 20 aus zwei Teilen aufgebaut ist. Die beiden Teile der Aufnahmebuchse 20 können dabei aus montage-technischen Gründen unsymmetrisch aufgebaut sein. Bei der Montage können sie durch zwei paßgenaue Metallringe zusammengehalten werden, und die komplette Aufnahmebuchse 20 mit den IR-Sensoren 4 kann mittels Distanzscheiben zwischen den beiden Auflagepunkten des Verdrängungskörpers 3 gelagert werden.

**[0060]** In Fig. 12 ist in einer Aufsicht auf die Aufnahmebuchse 20 die azimuthale Anordnung der IR-Sensoren bzw. der von ihren Blickfeldern erfaßten Sektoren S veranschaulicht. Es werden in dem dargestellten Ausführungsbeispiel IR-Sensoren 4 mit einem Blickfeldwinkel von 60° verwendet, so daß insgesamt 6 IR-Sensoren 4 für eine 360°-Überwachung der Förderleitung erforderlich sind. Bei IR-Sensoren 4 mit anderen Blickfeldwinkeln erhöht bzw. erniedrigt sich die Zahl der erforderlichen IR-Sensoren entsprechend.

**[0061]** Die Figuren 13 bis 16 veranschaulichen Ausführungsformen der elektronischen Schaltung zum Betreiben der IR-Sensoren 4 und Auswerten ihrer Signale. Die Fig. 13 zeigt eine elektronische Schaltung, die in der Aufnahmebuchse 20 untergebracht ist. Dargestellt sind die mit S1 bis S6 bezeichneten IR-Sensoren 4 mit jeweils dazugehörigen 1 M -Widerständen. An +V liegt die Betriebsspannung für die Sensoren an. Die Ausgänge führen durch das Innere der hohl ausgebildeten ersten Hal-

tevorrichtung 5 zu einem Vorverstärker. Die Kondensatoren dienen der Glättung der Betriebsspannung.

**[0062]** Die IR-Sensoren 4 werden mit einer konstanten Vorspannung betrieben. Die Spannungsänderung aufgrund einer Widerstandsänderung beim Auftreffen von IR-Strahlung wird verstärkt und gemessen. Ein IR-Sensor 4 stellt einen sich ändernden Ohmschen Widerstand dar. Jeder IR-Sensor 4 ist mit einem Ohmschen Widerstand von 1 M so in Reihe geschaltet, daß eine Widerstandsänderung des IR-Sensors 4 einen Spannungsabfall zwischen diesem Widerstand und dem IR-Sensor 4 hervorruft. Diese Spannungsänderung ist das Nutzsignal. Die beiden parallel geschalteten Kondensatoren dienen dazu, eventuell in der Vorspannung auftretende Schwankungen auszugleichen.

**[0063]** Die Signale der in Fig. 13 dargestellten elektronischen Schaltung werden in Vorverstärkern, die sich vorzugsweise außerhalb der Förderleitung 2 aber möglichst nah an den Sensoren befinden, verstärkt. Der Schaltplan eines solchen Vorverstärkers ist in Fig. 14 dargestellt. Der gesamte Vorverstärker besteht aus sechs solchen einzelnen nicht-invertierenden Verstärkern. Damit das vom IR-Sensor kommende Spannungssignal verstärkt werden kann, muß das Signal von der Vorspannung abgetrennt werden. Dies erfolgt mit einem Kondensator am Eingang des Vorverstärkers.

**[0064]** Zur Verstärkung sehr kleiner Spannungen werden rauscharme Operationsverstärker verwendet, da die später nachfolgende Verstärkerstufe das Rauschen mit verstärkt. Der im Vorverstärker verwendete Operationsverstärker OPA 627 ist ein solch rauscharmer Operationsverstärker mit einer sehr geringen Eingangsrauschspannung. Die Vorverstärkerschaltung verdreifacht die Eingangssignale. Zum Dämpfen hochfrequenter Störungen wird die Versorgungsspannung des Operationsverstärkers der Vorverstärkerschaltung über eine Tiefpaßschaltung von hochfrequenten Störungen befreit.

**[0065]** Die Ausgangssignale der Vorverstärkerschaltungen werden in Hauptverstärkerschaltungen weiter verstärkt. Der Hauptverstärker setzt sich aus sechs invertierenden Verstärkern zusammen, von denen einer in Fig. 15 dargestellt ist. Für die Verstärkerschaltung wurde der Präzisions-Operationsverstärker LT 1028 verwendet. Die Verstärkung kann an 10 k Präzisionspotentiometern eingestellt werden. Am Ausgang eines Hauptverstärkers durchläuft das Signal eine Hochpaßschaltung und wird anschließend durch eine Diode von negativen Anteilen befreit. Danach wird das Signal auf eine Komparatorschaltung, die ebenfalls in Fig. 15 dargestellt ist, gegeben. Diese Schaltung wurde mit einem präzisen und kostengünstigen Standardoperationsverstärker OP 07 E realisiert. Die Ansprechschwelle des Komparators kann mit Hilfe eines 10 k Potentiometers variiert werden. Beim Überschreiten dieser eingestellten Triggerschwellenspannung gibt der Komparator einen hohen Rechteckimpuls ab, dessen Dauer mit der Dauer der Schwellenüberschreitung übereinstimmt.

**[0066]** Die Ausgangssignale der sechs Komparator-schaltungen werden auf die sechs Eingänge einer in Fig. 16 dargestellten Logikschaltung geführt, die über Flip-Flops sieben Leuchtdioden ansteuert. Jedem IR-Sensor 4 ist eine rote LED zugeordnet. Diese sechs LEDs sind, entsprechend der räumlichen Orientierung der Sensoren im Rohr, kreisförmig angeordnet und durchnummeriert. Eine siebte, gelbe LED dient der generellen Anzeige eines Detektionseignisses, bei dem ein Glimmnest 1 erkannt wurde. Die roten LEDs leuchten bei einem Komparator-rechtecksignal des entsprechenden IR-Sensors 4 auf und erlöschen erst bei Betätigung einer Reset-Taste. Anhand der roten LEDs kann man erkennen, wo in der Förderleitung 2 ein Glimmnest 1 detektiert wurde.

**[0067]** Die vorstehend beschriebene elektronische Schaltung kann vorzugsweise für einen Erprobungsbe-trieb verwendet werden. Für eine serienmäßige Anwen-dung kann die elektronische Schaltung abgewandelt werden, beispielsweise durch eine automatische Einstel-lung der Triggerschwelle mit Hilfe eines Spitzenwertspei-chers oder durch die komplette Signalauswertung mittels eines Rechners.

**[0068]** Die beispielhaft beschriebene Ausführungs-form einer erfindungsgemäßen Vorrichtung weist eine Vielzahl von Vorteilen auf. Durch die Anordnung der IR-Sensoren 4 in einem Verdrängungskörper 3 in der Mitte der pneumatischen Förderleitung 2 ist der maximal mög-liche Abstand zwischen einem IR-Sensor 4 und einem vorbeifliegenden Glimmnest 1 so weit reduziert, daß eine sichere Glimmnesterkennung möglich ist. Die Vorrich-tung weist somit nicht den Nachteil von Erkennungssys-temen auf, bei denen die IR-Sensoren 4 in der Wandung der Förderleitung 2 angeordnet sind und bei denen die Absorption der von den Glimmnestern 1 emittierten IR-Strahlung durch das Fördergut wesentlich ist.

**[0069]** Die zentrale Anbringung des die IR-Sensoren 4 tragenden Verdrängungskörpers 3 in der Mitte der För-derleitung 2 hat den weiteren Vorteil, daß durch die hohe Strömungsgeschwindigkeit in der Mitte der Rohrleitung die Hülse 7 am Verdrängungskörper 3 stets sauber ge-halten wird; Staubablagerungen und eine damit einher-gehende Erblindung der IR-Sensoren werden vermie-den.

**[0070]** Ferner können die IR-Sensoren 4 und die elek-tronische Schaltung einer erfindungsgemäßen Vorrich-tung so ausgeliegt werden, daß die Beschränkung her-kömmlicher Systeme auf die Erkennung von Glimmne-tern 1 mit Oberflächentemperaturen oberhalb von 250 °C entfällt. Die beschriebene Vorrichtung kann so aus-gebildet werden, daß sogar Glimmnest 1 mit einer Oberflächentemperatur von weniger als 100 °C zuver-lässig erkannt werden können. Dies stellt einen erhebli-chen Sicherheitsgewinn dar.

**[0071]** Ein weiterer, durch die konstruktive Ausbildung erzielter Vorteil ist dadurch gegeben, daß die Strömungs-richtung u nicht senkrecht auf empfindliche Oberflächen, beispielsweise aus Glas, des Verdrängungskörpers 3 bzw. der IR-Sensoren 4 trifft, sondern überwiegend oder

vorzugsweise ausschließlich parallel zu diesen empfind-lichen Flächen orientiert ist. Damit werden nicht nur Ver-schmutzungen und Ablagerungen weitestgehend ver-mieden, sondern auch direkte Schläge durch das För-dergut oder in der Strömung mitgeführte Festkörper. Zu-mindest wird durch diese konstruktive Ausbildung die Gefahr von Glasbruch aufgrund von mit im Förderstrom transportierten Festkörpern sehr erheblich reduziert.

## 10 Bezugszeichenliste

### [0072]

- |    |                         |
|----|-------------------------|
| 1  | Glimmnest               |
| 2  | Förderleitung           |
| 3  | Verdrängungskörper      |
| 4  | IR-Sensor               |
| 5  | erste Haltevorrichtung  |
| 6  | zweite Haltevorrichtung |
| 7  | Hülse                   |
| 8  | vorderes Ende           |
| 9  | hinteres Ende           |
| 10 | Vorverstärkergehäuse    |
| 11 | Vorderhülse (Kappe)     |
| 12 | Endhülse                |
| 13 | O-Ring                  |
| 14 | Deckel                  |
| 15 | Ausschnitt              |
| 16 | Paßstift                |
| 17 | Schlüsselansatz         |
| 18 | O-Ring                  |
| 19 | Gewindehülse            |
| 20 | Aufnahmebuchse          |
| 21 | Flansch                 |
| A  | freier Querschnitt      |
| B  | freier Querschnitt      |
| D  | Durchmesser             |
| d  | Durchmesser             |
| L  | Länge                   |
| S  | Sektor                  |
| u  | Strömungsrichtung       |
| v  | Geschwindigkeit         |

## Patentansprüche

- Vorrichtung zum Erkennen von Glimmnestern (1) in einer pneumatischen Förderleitung (2), umfassend einen in Strömungsrichtung (u) der Förderleitung (2) längserstreckten Verdrängungskörper (3), der in der Förderleitung (2) angeordnet ist und mindestens einen IR-Sensor (4) zum Detektieren von Glimmne-tern (1) aufweist,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
der Verdrängungskörper (3) eine in Strömungsrich-tung (u) der Förderleitung (2) längserstreckte Hülse (7) aufweist, die zumindest an manchen Stellen IR-



- durchlässig ist,  
die IR-Sensoren (4) im Innern der Hülse (7) an IR-durchlässigen Stellen der Hülse (7) angeordnet sind, und  
in der Hülse (7) eine die IR-Sensoren (4) tragende Aufnahmebuchse (20) angeordnet ist, die aus zwei Teilen aufgebaut ist, die sich in Längsrichtung der Hülse (7) erstrecken.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Hülse (7) insgesamt aus einem IR-durchlässigen Material, insbesondere aus Quarzglas oder Safir, gebildet ist.
  3. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Hülse (7) insgesamt aus einem IR-durchlässigen Safir gebildet ist.
  4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Hülse (7) die radiale Außenseite des Verdrängungskörpers (3) bildet.
  5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Innenraum der Hülse (7) gegenüber der Förderleitung (2) abgedichtet ist.
  6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Verdrängungskörper (3) strömungsgünstig geformt ist.
  7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Verdrängungskörper (3) am vorderen, strömungsaufwärts gelegenen Ende (8) sich entgegen der Strömungsrichtung (u) verjüngend ausgebildet ist.
  8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Verdrängungskörper (3) am hinteren, strömungsabwärts gelegenen Ende (9) sich in der Strömungsrichtung (u) verjüngend ausgebildet ist.
  9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Verdrängungskörper (3) mit einer ersten Haltevorrichtung (5) im Innern, vorzugsweise in der Mitte der Förderleitung (2) gehalten ist.
  10. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** die erste Haltevorrichtung (5) einen Haltekrümmer umfaßt.
  11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** die erste Haltevorrichtung (5) am hinteren, strömungsabwärts gelegenen Ende (9) des Verdrängungskörpers (3) angeordnet ist.
  12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** sie eine zweite Haltevorrichtung (6) umfaßt, mit der der Verdrängungskörper (3) in der Förderleitung (2) gehalten ist und die in einem axialen Abstand zu der ersten Haltevorrichtung (5) an dem Verdrängungskörper (3) angeordnet ist.
  13. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Verdrängungskörper (3) am vorderen, stromaufwärts gelegenen Ende (8) eine strömungsgünstig geformte Vorderhülse (11) mit einer strömungsmechanisch günstigen oder günstigsten Form aufweist.
  14. Vorrichtung nach den Ansprüchen 12 und 13, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Vorderhülse (11) mit der zweiten Haltevorrichtung (6) verbunden ist.
  15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Querschnitt der Vorderhülse (11) mindestens so groß ist, daß sich die längserstreckte Hülse (7) im Strömungsschatten der Vorderhülse (11) befindet.
  16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Vorderhülse (11) aus einem schlagfesten Material, insbesondere aus Stahl gefertigt ist.
  17. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** sie mehrere IR-Sensoren (4) aufweist, die derart über den Umfang des Verdrängungskörpers (3) verteilt angeordnet sind, daß deren jeweils einen Sektor (S) um den Verdrängungskörper (3) bildende Blickfelder die Förderleitung (2) um den Verdrängungskörper (3) abdecken.
  18. Vorrichtung nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, daß** die IR-Sensoren in azimuthaler und/oder axialer Richtung des Verdrängungskörpers (3) gegeneinander versetzt sind.
  19. Vorrichtung nach Anspruch 17 oder 18, **dadurch gekennzeichnet, daß** sie 3 bis 10, vorzugsweise 5 bis 8 IR-Sensoren (4) umfaßt.
  20. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die IR-Sensoren (4) mit zu dem Verdrängungskörper (3) radial orientierter Blickrichtung angeordnet sind.
  21. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Querschnitt (B) bzw. Durchmesser der Förderleitung (2) im Bereich des Verdrängungskörpers (3) gegenüber dem stromauf- und/oder stromabwärts gelegenen

Bereich der Förderleitung vergrößert ist.

22. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der im Bereich des Verdrängungskörpers (3) für die Strömung in der Förderleitung (2) frei bleibende Querschnitt (B) mindestens so groß ist wie der Querschnitt (A) der weiter stromauf- und/oder stromabwärts gelegenen Förderleitung (2). 5
23. Vorrichtung nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet, daß** der im Bereich des Verdrängungskörpers (3) für die Strömung in der Förderleitung (2) frei bleibende Querschnitt (B) größer ist als der Querschnitt (A) der weiter stromauf- und/oder stromabwärts gelegenen Förderleitung (2). 10
24. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der radiale Abstand zwischen der Außenseite des Verdrängungskörpers (3) bzw. der Hülse (7) und der Innenwandung der Förderleitung (2) im Bereich des Verdrängungskörpers (3) derart klein oder der Durchmesser des Verdrängungskörpers (3) derart groß gewählt ist, daß die IR-Sensoren (4) entlang der Innenwandung geförderte Glimmnester (1) erkennen können. 20
25. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Förderleitung (2) im Bereich des Verdrängungskörpers (3) einen verschließbaren Deckel (14) aufweist. 25
26. Vorrichtung nach Anspruch 25, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Verdrängungskörper (3) mit einer oder mehreren Haltevorrichtungen (5, 6) mit dem Deckel (14) verbunden ist. 30
27. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** sich auf dem Deckel (14) ein abgedichtetes Vorverstärkergehäuse (10) befindet, welches über die als Haltekrümmer ausgeführte hintere Haltevorrichtung (5) mit dem Innenraum der Hülse (7) verbunden ist. 35

## Claims

1. A device for detecting smoulder spots (1) in a pneumatic conveyor line (2), comprising a displacer (3) elongated in the flow direction (u) of the conveyor line, said displacer being disposed in the conveyor line (2) and having at least one IR sensor (4) for detecting smoulder spots (1), **characterised in that** the displacer (3) comprises a sleeve (7) elongated in the flow direction (u) of the conveyor line (2), said sleeve being IR-permeable at least at several points, 40

the IR-sensors (4) are disposed in the interior of the sleeve (7) at IR-permeable points of the sleeve (7), and

there is disposed in the sleeve (7) a mounting bush (20) carrying the IR-sensors (4), said mounting bush being constituted by two parts which extend in the longitudinal direction of the sleeve (7).

2. The device according to claim 1, **characterised in that** the sleeve (7) as a whole is made from an IR-permeable material, in particular of quartz glass or sapphire. 10
3. The device according to claim 1, **characterised in that** the sleeve (7) overall is made from an IR-permeable sapphire. 15
4. The device according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the sleeve (7) forms the radial outer side of the displacer (3). 20
5. The device according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the interior space of the sleeve (7) is sealed with respect to the conveyor line (2). 25
6. The device according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the displacer (3) is formed in a flow-favourable manner. 30
7. The device according to claim 6, **characterised in that** the displacer (3) at the front end (8) located upstream is designed tapering against the flow direction (u). 35
8. The device according to claim 6 or 7, **characterised in that** the displacer (3) at the rear end (9) located downstream is designed tapering in the flow direction (u). 40
9. The device according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the displacer (3) is held with a first holding device (5) in the interior, preferably in the middle, of the conveyor line (2). 45
10. The device according to claim 9, **characterised in that** the first holding device (5) comprises a holding elbow. 50
11. The device according to claim 9 or 10, **characterised in that** the first holding device (5) is disposed at the rear end (9) of the displacer (3) located downstream. 55
12. The device according to any one of the preceding claims, **characterised in that** it comprises a second holding device (6), with which the displacer (3) is held in the conveyor line (2) and which is disposed

on the displacer (3) at an axial distance from the first holding device (5).

13. The device according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the displacer (3) at the front end (8) located upstream comprises a front sleeve (11) shaped in a flow-favourable manner with a shape which is favourable or most favourable in terms of flow mechanics. 5
14. The device according to claims 12 and 13, **characterised in that** the front sleeve (11) is connected to the second holding device (6). 10
15. The device according to any one of claims 13 to 14, **characterised in that** the cross-section of the front sleeve (11) is at least so large that the elongated sleeve (7) is located in the flow shadow of the front sleeve (11). 15
16. The device according to any one of claims 13 to 15, **characterised in that** the front sleeve (11) is produced from an impact-resistant material, in particular from steel. 20
17. The device according to any one of the preceding claims, **characterised in that** it comprises a plurality of IR-sensors (4), which are disposed distributed over the periphery of the displacer (3) in such a way that their fields of vision forming in each case a sector (S) around the displacer (3) cover the conveyor line (2) around the displacer (3). 25
18. The device according to claim 17, **characterised in that** the IR-sensors are offset with respect to one another in the azimuthal and/or axial direction of the displacer (3). 30
19. The device according to claim 17 or 18, **characterised in that** it comprises 3 to 10, preferably 5 to 8, IR-sensors (4). 35
20. The device according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the IR-sensors (4) are disposed with a direction of view orientated radially with regard to the displacer (3). 40
21. The device according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the cross-section (B) or diameter of the conveyor line (2) is enlarged in the region of the displacer (3) compared to the region of the conveyor line located upstream and/or downstream. 45
22. The device according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the cross-section (B) in the region of the displacer (3) remaining free for the flow in the conveyor line (2) is at least as large 50

as the cross-section (A) of the conveyor line (2) located farther upstream and/or downstream.

23. The device according to claim 21, **characterised in that** the cross-section (B) in the region of the displacer (3) remaining free for the flow in the conveyor line (2) is greater than the cross-section (A) of the conveyor line (2) located farther upstream and/or downstream. 55
24. The device according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the radial distance between the outer side of the displacer (3) or the sleeve (7) and the inner wall of the conveyor line (2) in the region of the displacer (3) is selected so small or the diameter of the displacer (3) so large that the IR-sensors (4) can detect smoulder spots (1) conveyed along the inner wall. 60
25. The device according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the conveyor line (2) in the region of the displacer (3) comprises a closable cover (14). 65
26. The device according to claim 25, **characterised in that** the displacer (3) is connected by one or more holding devices (5, 6) to the cover (14). 70
27. The device according to any one of the preceding claims, **characterised in that** there is located on the cover (14) a sealed pre-strengthened housing (10), which is connected to the interior space of the sleeve (7) by means of the rear holding device (5) designed as a holding elbow. 75

## Revendications

1. Dispositif pour la reconnaissance de sources d'ignition ou de noyaux de feux couvants (1) dans une conduite de transport pneumatique (2), comprenant un corps déplaceur (3) allongé dans la direction d'écoulement (u) de la conduite de transport (2), qui est disposé dans la conduite de transport (2) et présente au moins un capteur IR (4) pour la détection de sources d'ignition (1),  
**caractérisé en ce que**  
le corps déplaceur (3) présente un manchon (7) allongé dans la direction d'écoulement (u) de la conduite de transport (2), qui est transparent aux IR au moins en certains points,  
les capteurs IR (4) sont disposés à l'intérieur du manchon (7) à des points du manchon (7) qui sont transparents aux IR,  
une douille de réception (20) portant les capteurs IR (4) est disposée dans le manchon (7), laquelle est constituée de deux parties qui s'étendent dans la direction longitudinale du manchon (7). 80

2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le manchon (7) est formé en totalité d'un matériau transparent aux IR, en particulier de verre de quartz ou de saphir.
3. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le manchon (7) est formé en totalité d'un saphir transparent aux IR.
4. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le manchon (7) forme le côté extérieur radial du corps déplaceur (3).
5. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'intérieur du manchon (7) est rendu étanche par rapport à la conduite de transport (2).
6. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le corps déplaceur (3) est formé de manière à favoriser l'écoulement.
7. Dispositif selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** le corps déplaceur (3) est réalisé de manière à s'amincir à l'encontre de la direction d'écoulement (u) à l'extrémité avant (8), située en amont du courant.
8. Dispositif selon la revendication 6 ou 7, **caractérisé en ce que** le corps déplaceur (3) est réalisé de manière à s'amincir dans la direction d'écoulement (u) à l'extrémité arrière (9), située en aval du courant.
9. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le corps déplaceur (3) est maintenu par un premier dispositif de maintien (5) à l'intérieur, de préférence au milieu de la conduite de transport (2).
10. Dispositif selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** le premier dispositif de maintien (5) comprend un tuyau coudé de maintien.
11. Dispositif selon la revendication 9 ou 10, **caractérisé en ce que** le premier dispositif de maintien (5) est disposé à l'extrémité arrière (9), située en aval du courant, du corps déplaceur (3).
12. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comprend un deuxième dispositif de maintien (6) au moyen duquel le corps déplaceur (3) est maintenu dans la conduite de transport (2) et qui est disposé sur le corps déplaceur (3) à une distance axiale par rapport au premier dispositif de maintien (5).
13. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le corps déplaceur (3) présente à l'extrémité avant (8), située en amont du courant, un manchon avant (11) formé de manière à favoriser l'écoulement avec une forme fluidiquement favorable ou la plus favorable.
14. Dispositif selon les revendications 12 et 13, **caractérisé en ce que** le manchon avant (11) est relié au deuxième dispositif de maintien (6).
15. Dispositif selon l'une des revendications 13 à 14, **caractérisé en ce que** la section transversale du manchon avant (11) est au moins assez grande pour que le manchon (7) allongé se trouve dans l'ombre d'écoulement du manchon avant (11).
16. Dispositif selon l'une des revendications 13 à 15, **caractérisé en ce que** le manchon avant (11) est réalisé dans un matériau résistant aux chocs, en particulier en acier.
17. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** présente plusieurs capteurs IR (4) qui sont répartis sur la périphérie du corps déplaceur (3) de façon que leurs champs de vision formant chacun un secteur (S) autour du corps déplaceur (3) couvrent la conduite de transport (2) autour du corps déplaceur (3).
18. Dispositif selon la revendication 17, **caractérisé en ce que** les capteurs IR sont décalés les uns par rapport aux autres en direction azimutale et/ou axiale du corps déplaceur (3).
19. Dispositif selon la revendication 17 ou 18, **caractérisé en ce qu'il** comprend 3 à 10, de préférence 5 à 8 capteurs IR (4).
20. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les capteurs IR (4) sont disposés avec une direction d'observation orientée radialement par rapport au corps déplaceur (3).
21. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la section transversale (B) ou le diamètre de la conduite de transport (2) dans la région du corps déplaceur (3) est agrandi(e) par rapport à la région de la conduite de transport située en amont et/ou en aval.
22. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la section transversale (B) restant libre pour l'écoulement dans la conduite de transport (2) dans la région du corps déplaceur (3) est au moins aussi grande que la section transversale (A) de la conduite de transport (2) située plus loin en amont et/ou en aval.
23. Dispositif selon la revendication 21, **caractérisé en**

**ce que** la section transversale (B) restant libre pour l'écoulement dans la conduite de transport (2) dans la région du corps déplaceur (3) est plus grande que la section transversale (A) de la conduite de transport (2) située plus loin en amont et/ou en aval.

5

24. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la distance radiale entre le côté extérieur du corps déplaceur (3) ou du manchon (7) et la paroi intérieure de la conduite de transport (2) dans la région du corps déplaceur (3) est choisie suffisamment petite ou le diamètre du corps déplaceur (3) choisi suffisamment grand pour que les capteurs IR (4) puissent reconnaître des sources d'ignition (1) transportées le long de la paroi intérieure.
25. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la conduite de transport (2) présente un couvercle (14) pouvant être fermé dans la région du corps déplaceur (3).
26. Dispositif selon la revendication 25, **caractérisé en ce que** le corps déplaceur (3) est relié par un ou plusieurs dispositifs de maintien (5, 6) au couvercle (14).
27. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**un boîtier de préamplificateur (10) rendu étanche se trouve sur le couvercle (14) et est relié à l'intérieur du manchon (7) par le dispositif de maintien arrière (5) réalisé sous forme de tuyau coudé de maintien.

10

15

20

25

30

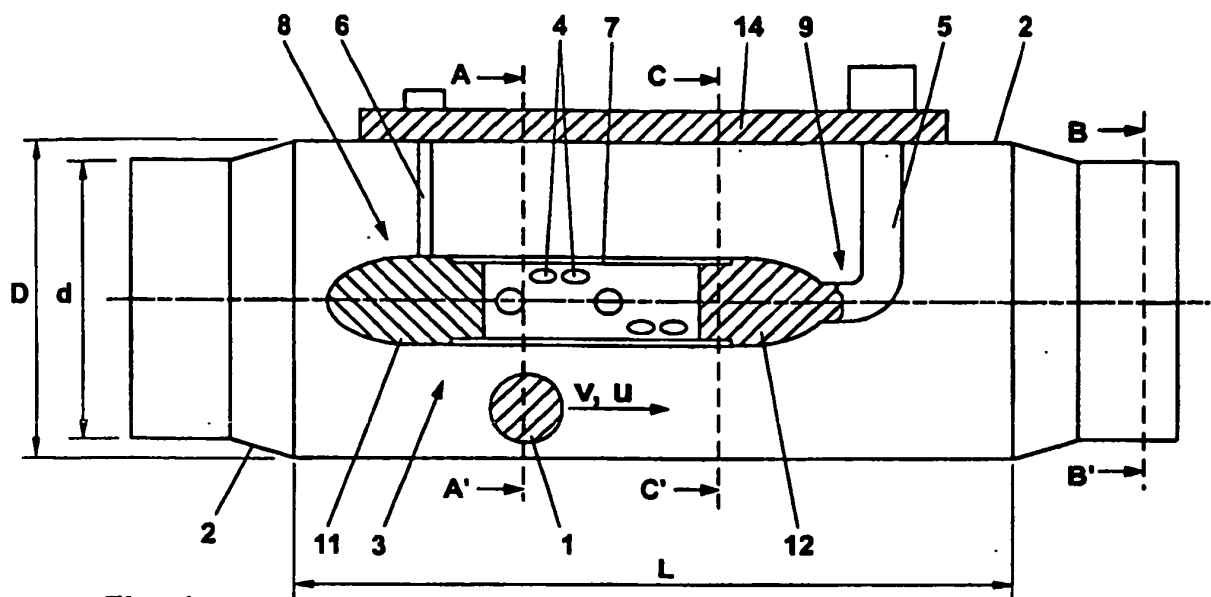
35

40

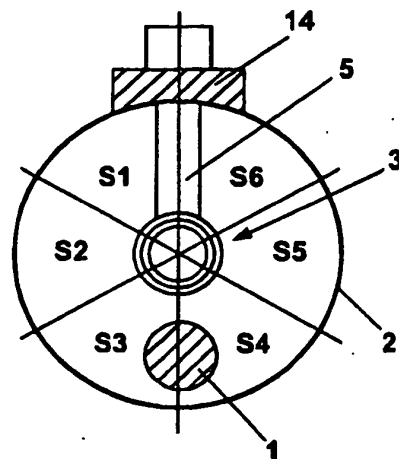
45

50

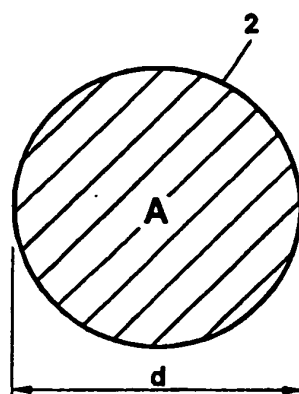
55



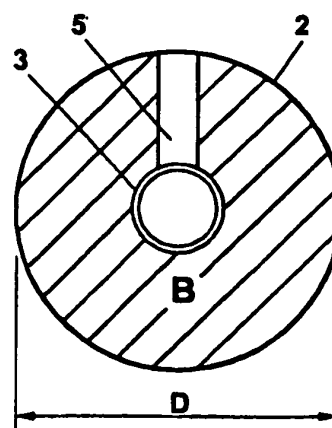
**Fig. 1**



**Fig. 2**



**Fig. 3**



**Fig. 4**

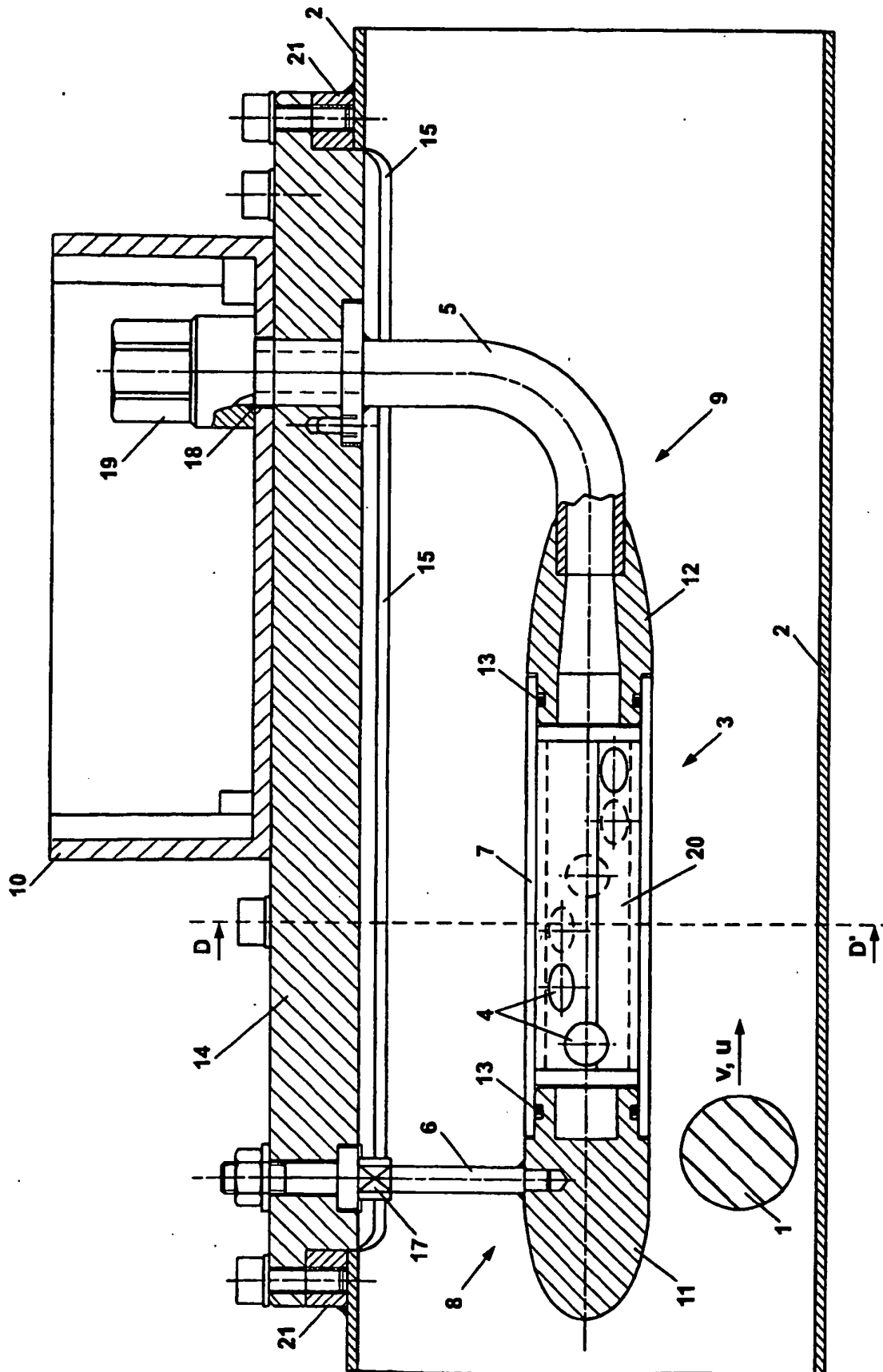


Fig. 5

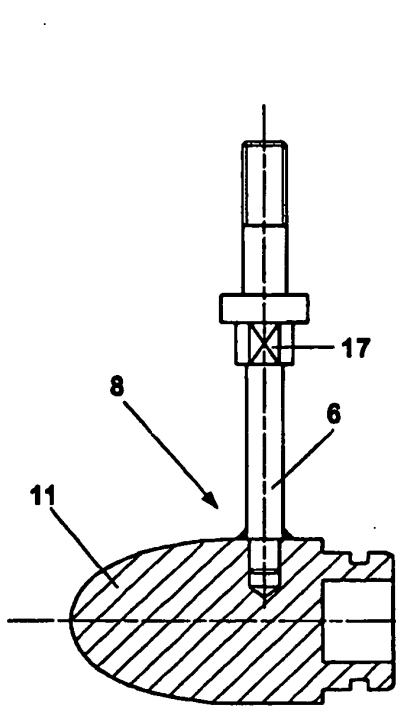


Fig. 6

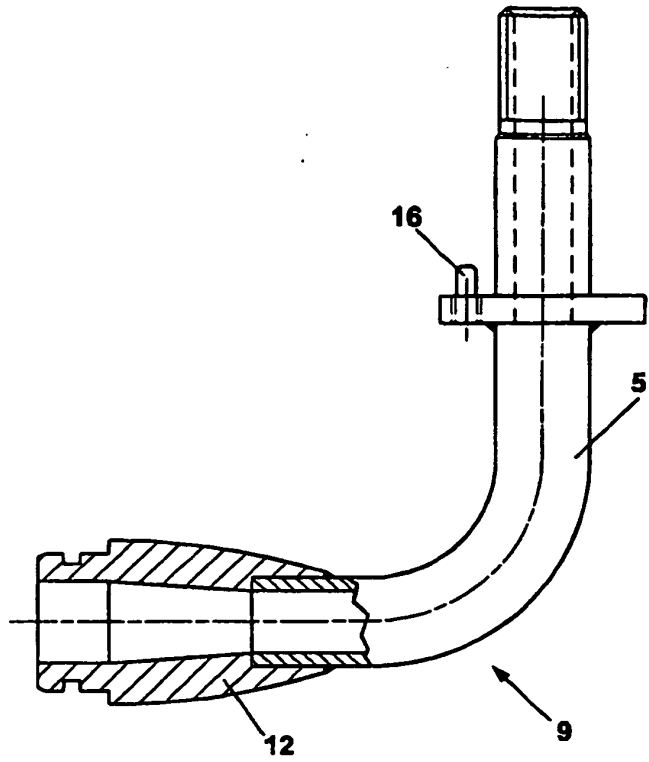


Fig. 7

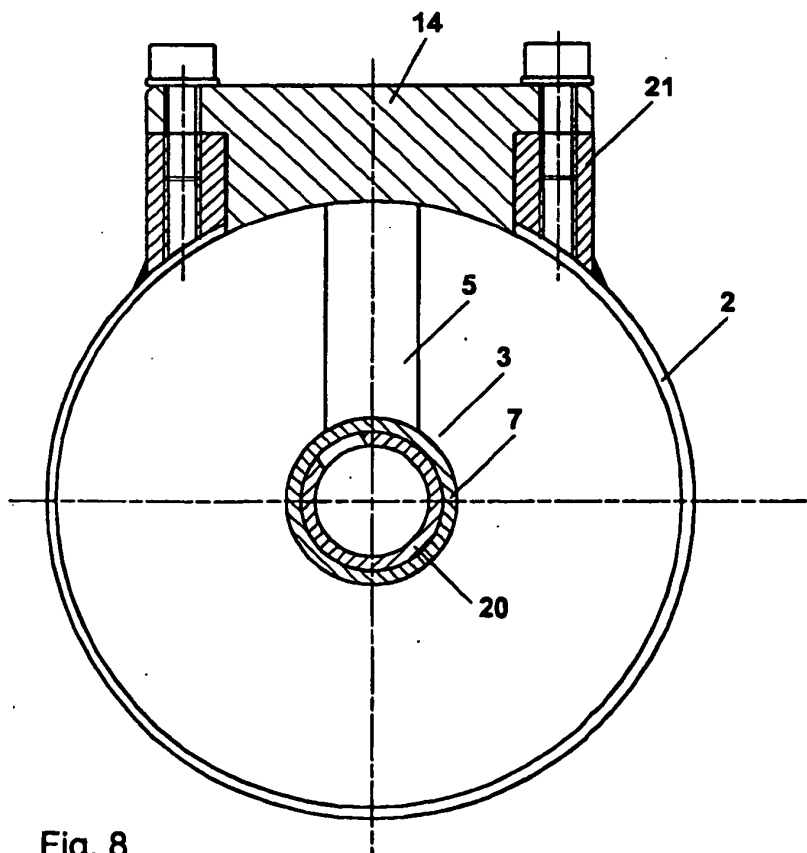


Fig. 8



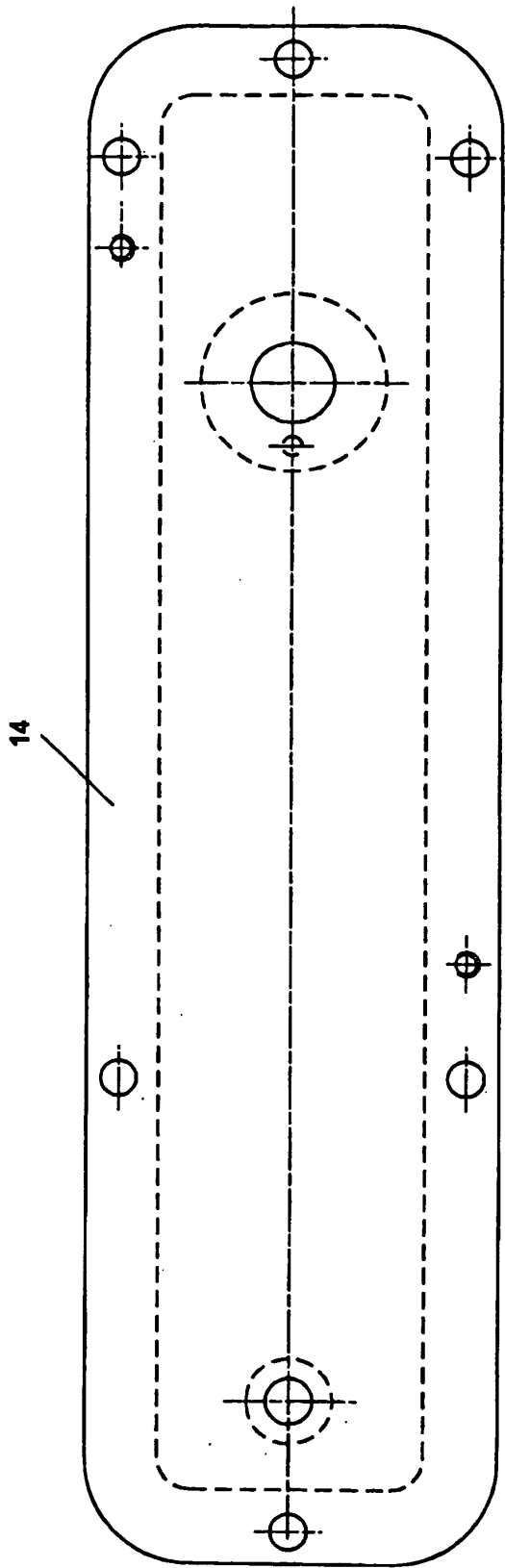


Fig. 9

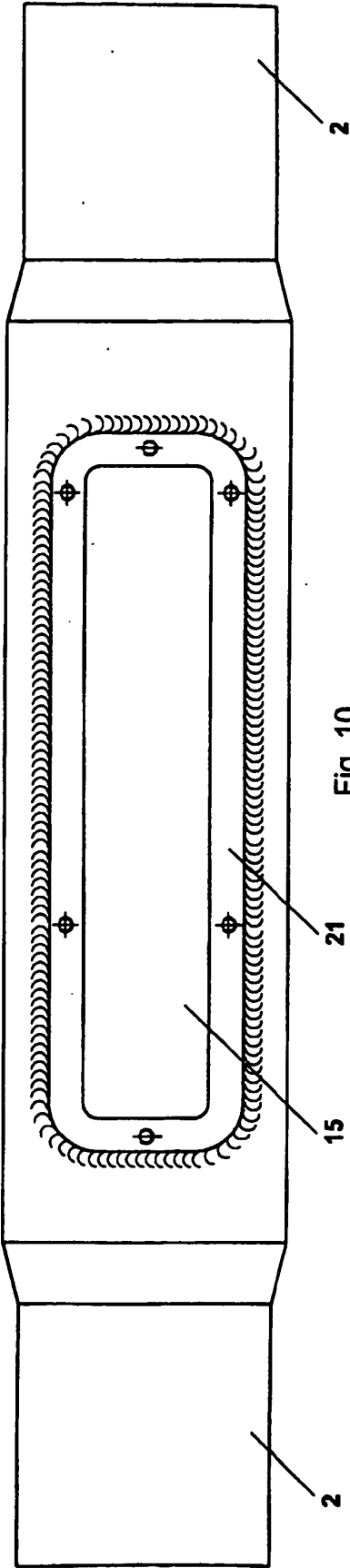


Fig. 10

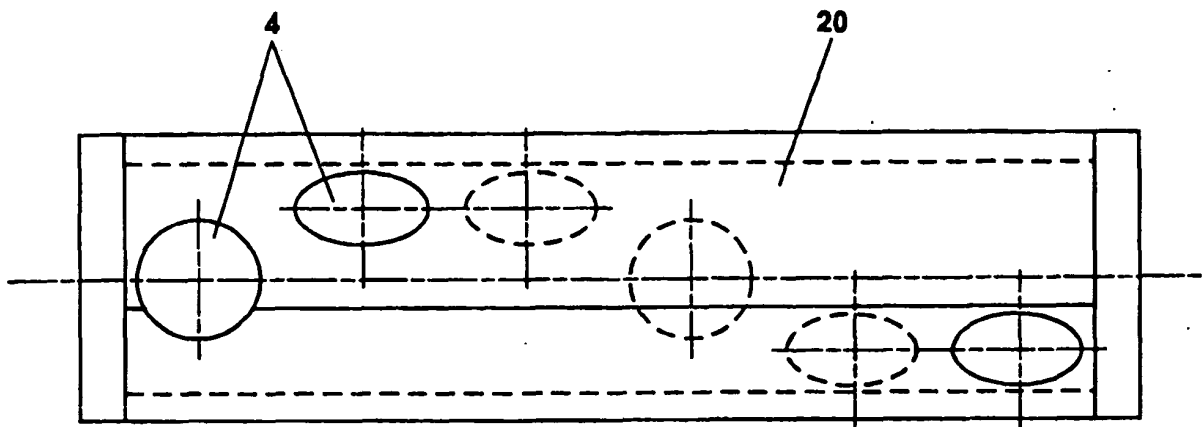


Fig. 11

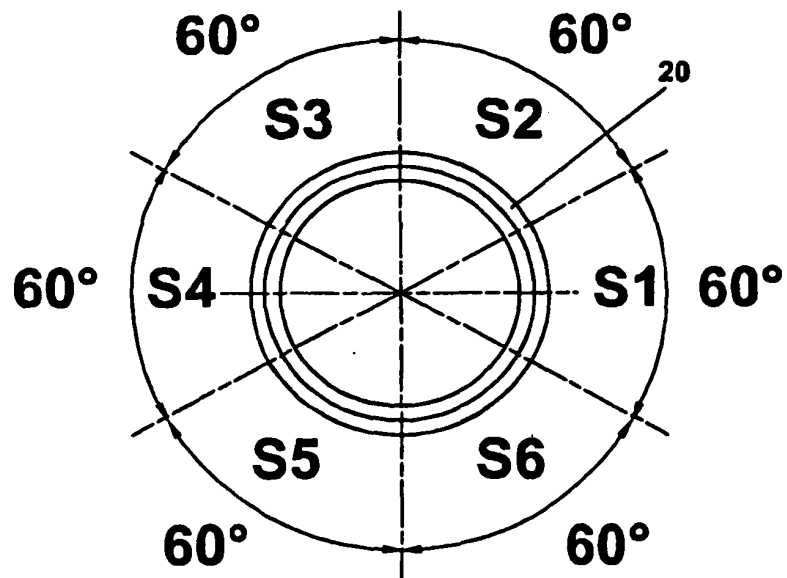


Fig. 12

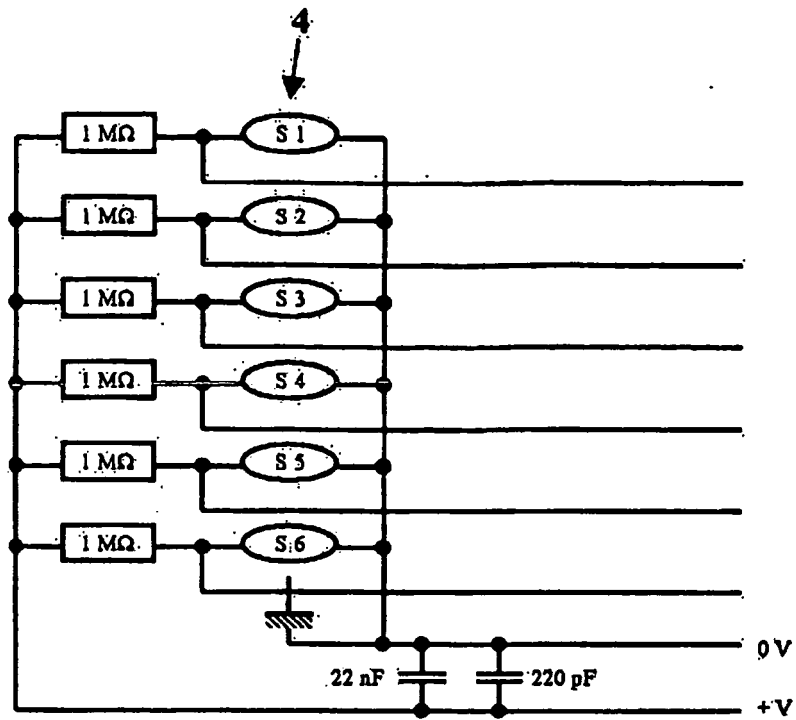


Fig. 13

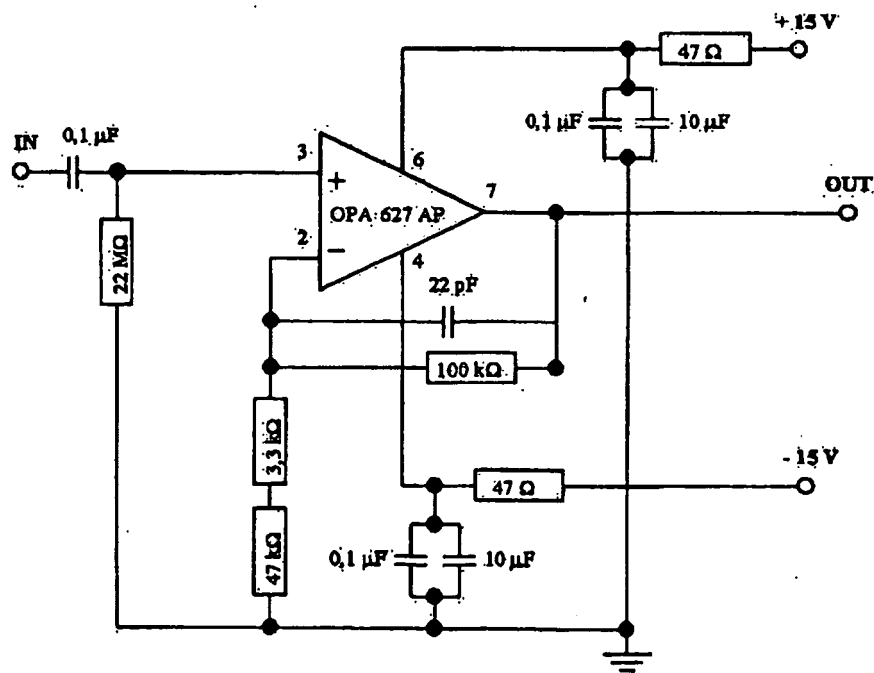


Fig. 14

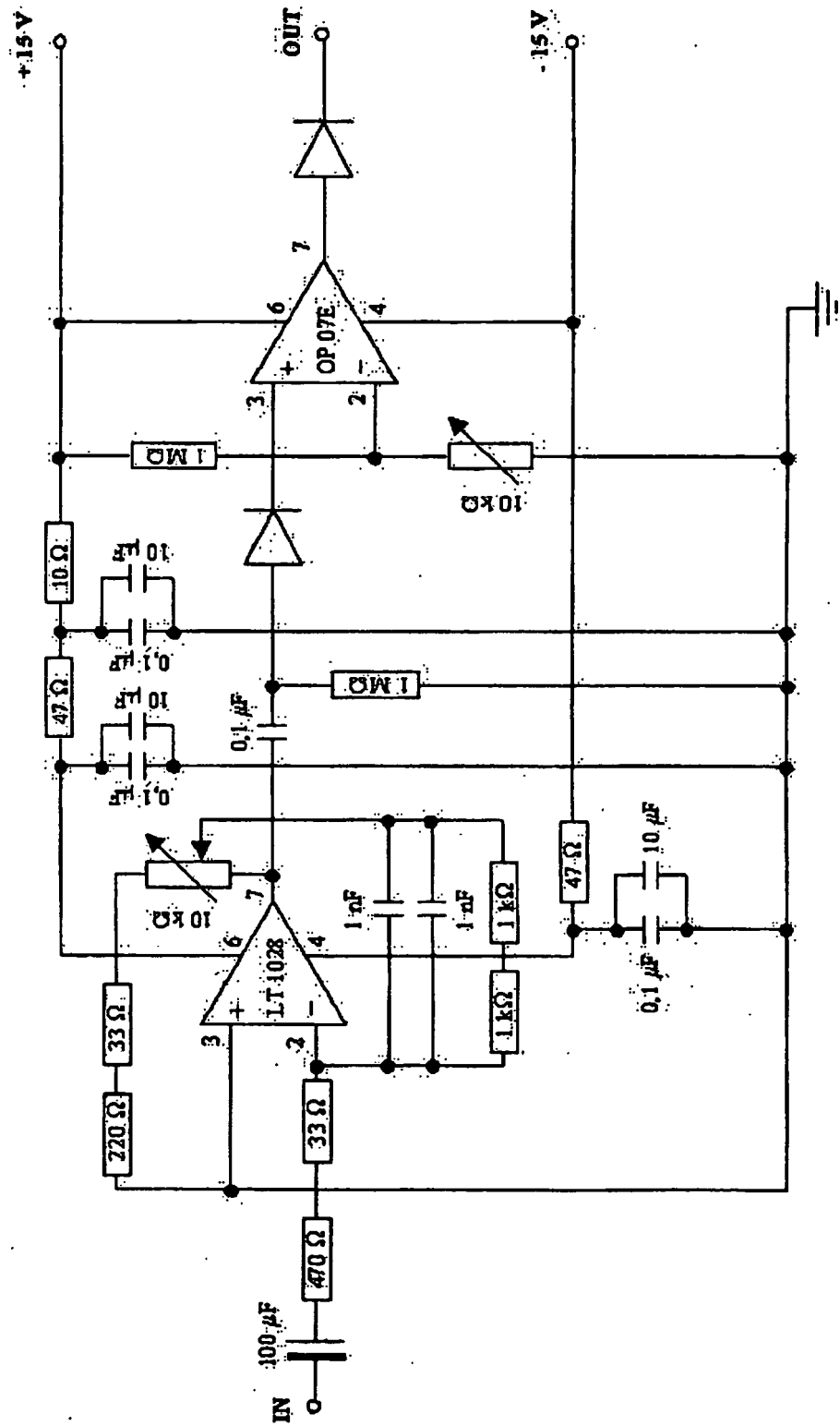


Fig. 15

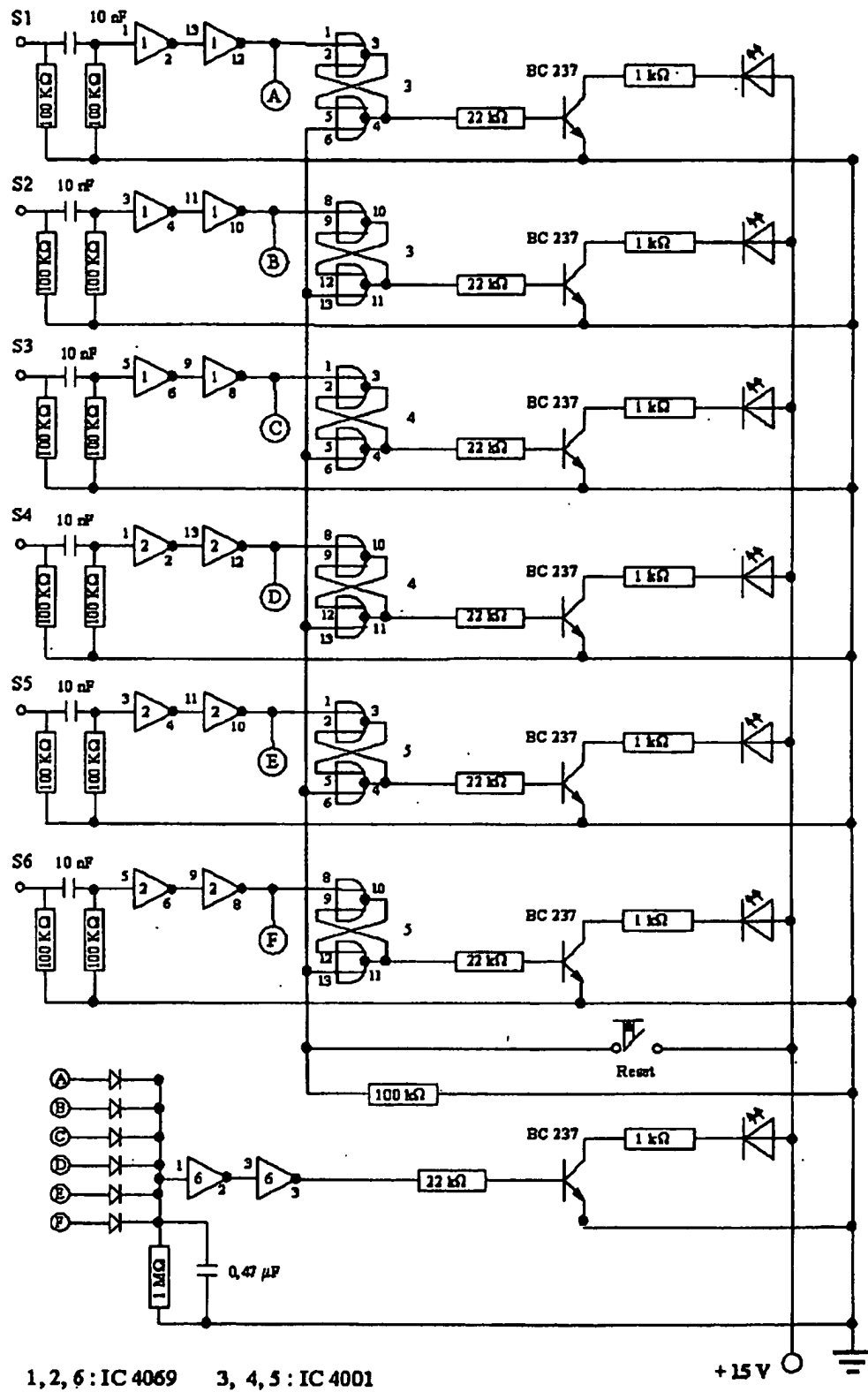


Fig. 16

## 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 4304890 A1 [0014]
- US 3824392 A [0016]
- DE 69124165 T2 [0017]

### In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **W. BARTKNECHT.** Explosionsschutz. Springer-Verlag, 1993 [0006]