



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) **DD** (11) **262 920 A1**

4(51) G 01 P 3/36

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

in der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	WP G 01 P / 305 831 5	(22)	10.08.87	(44)	14.12.88
(71)	Akademie der Wissenschaften der DDR, Institut für Mechanik, PSF 408, Karl-Marx-Stadt, 9010, DD				
(72)	Astalosch, Frank, Dipl.-Phys.; Hofmann, Alfred, Dr.-Ing.; Kämpfe, Lothar; Körte, Günther, Dr.-Ing.; Petrak, Dieter, Dr. sc. techn.; Przybilla, Erwin, Dipl.-Ing., DD				
(54)	Vorrichtung zur Ermittlung der räumlichen Geschwindigkeit von bewegten Teilchen, insbesondere in Mehrphasenströmungen				

(55) Geschwindigkeitsermittlung, berührungslos, bewegte Teilchen, Mehrphasenströmung, faseroptische Ortsfrequenzfilter, Lichtleitfasern, optoelektronischer Wandler, Frequenzanalysator

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Ermittlung der räumlichen Geschwindigkeit von bewegten Teilchen, insbesondere in Mehrphasenströmungen, wobei sich die Teilchen nahe einer Lichtquelle zugeordneten Beleuchtungslichtleitfasern und einem faseroptischen Ortsfrequenzfilter befinden, welches aus gitterartig angeordneten Lichtempfängerfasern besteht und einer optoelektronischen Wandleranordnung zugeordnet ist, die über Verstärker auf einen Frequenzanalysator geschaltet ist. Die Erfindung ist insbesondere anwendbar zur berührungslosen Ermittlung der räumlichen Geschwindigkeitskomponenten von festen, flüssigen oder gasförmigen Teilchen in strömenden oder ruhenden Fluiden. Gemäß der Erfindung ist für jede Bewegungskordinate der Teilchen ein faseroptisches Ortsfrequenzfilter eng benachbart vorgesehen, denen Beleuchtungslichtleitfasern zugeordnet sind und deren Gitterachsen parallel zu den Koordinaten verlaufen, wobei jedes Ortsfrequenzfilter über je eine optoelektronische Wandleranordnung und Verstärker auf einen mehrkanaligen Frequenzanalysator geführt ist.

Patentansprüche:

1. Vorrichtung zur Ermittlung der räumlichen Geschwindigkeit von bewegten Teilchen, insbesondere in Mehrphasenströmungen, wobei sich die Teilchen zwischen oder neben einer Lichtquelle zugeordneten Beleuchtungslichtleitfasern und einem faseroptischen Ortsfrequenzfilter befinden, welches aus gitterartig längs einer Gitterachse angeordneten Lichtempfängerfasern besteht und einer optoelektronischen Wandleranordnung zugeordnet ist, die über Verstärker auf einen Frequenzanalysator geschaltet ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß für jede Bewegungskordinate (x; y; z) der Teilchen (13) ein faseroptischer Ortsfrequenzfilter (4) vorgesehen ist, wobei die Ortsfrequenzfilter (4) eng benachbart angeordnet und ihnen jeweils Beleuchtungslichtleitfasern (5) zugeordnet sind sowie deren Gitterachsen (G) parallel zu den Bewegungskordinaten (x; y; z) verlaufen, und jedes Ortsfrequenzfilter (4) über jeweils eine optoelektronische Wandleranordnung und Verstärker auf einen mehrkanaligen Frequenzanalysator geführt ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwei faseroptische Ortsfrequenzfilter (4) in einer gemeinsamen optischen Wirkungsfläche (3.1) vereinigt sind und deren Gitterachsen (Gx; Gy) in dieser Wirkungsfläche (3.1) liegen, welche parallel zu zwei Bewegungskordinaten (x; y) der Teilchen (13) verläuft.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein drittes faseroptisches Ortsfrequenzfilter (4), dessen Gitterachse (Gz) der dritten Bewegungskordinate (z) der Teilchen (13) parallel ist, in einer weiteren optischen Wirkungsfläche (3.2) angeordnet ist, welche vorzugsweise rechtwinklig zur gemeinsamen optischen Wirkungsfläche (3.1) der beiden vereinigten Ortsfrequenzfilter (4.1; 4.2) verläuft.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Lichtempfängerfasern der beiden vereinigten sowie des dritten faseroptischen Ortsfrequenzfilters (4) je zu gesonderten Faserbündeln zusammengefaßt sind, wobei das Faserbündel des dritten Ortsfrequenzfilters (4) unmittelbar nach der optischen Wirkungsfläche (3.2) vorzugsweise rechtwinklig abgebogen ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Lichtempfängerfasern der beiden vereinigten sowie des dritten faseroptischen Ortsfrequenzfilters (4) jeweils zu gesonderten Faserbündeln zusammengefaßt sind, wobei das Faserbündel des dritten Ortsfrequenzfilters (4) im Bereich dessen optischer Wirkungsfläche (3.2) schräg zur gemeinsamen optischen Wirkungsfläche (3.1) abgetrennt ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die faseroptischen Ortsfrequenzfilter (4) als Einfachgitter (4.1) ausgeführt sind, deren Gitterachsen (Gx; Gy) sich rechtwinklig kreuzen.
7. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die faseroptischen Ortsfrequenzfilter (4) als Differenzgitter (4.2) ausgeführt sind, wobei jedes Differenzgitter (4.2) über jeweils zwei optoelektronische Wandler und einen Differenzverstärker auf je einen Kanal des mehrkanaligen Frequenzanalysators geschaltet ist.
8. Vorrichtung nach den Ansprüchen 2 und 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß jedes Differenzgitter (4.2) aus einer Reihe sich in der jeweiligen Gitterachse (Gx; Gy) erstreckenden Lichtempfängerfasern (6) besteht und beide vereinigte Differenzgitter (4.2x; 4.2y) in Form eines Winkels oder eines Kreuzes angeordnet sind.
9. Vorrichtung nach den Ansprüchen 2 und 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß jedes Differenzgitter (4.2) aus Gitterelementen (A; B; E; D) besteht, welche linienförmig rechtwinklig zur jeweiligen Gitterachse (Gx; Gy) angeordnete Lichtempfängerfasern (6) enthalten; die Gitterachsen (Gx; Gy) beider vereinigter Differenzgitter (4.2x; 4.2y) sich rechtwinklig kreuzen und die Lichtempfängerfasern (6) beider vereinigter Differenzgitter (4.2x; 4.2y) in Form einer Matrix angeordnet sind, wobei Zeilen der Matrix die Gitterelemente (A; B) des einen und Spalten die Gitterelemente (E; D) des anderen Differenzgitters (4.2) enthalten.
10. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei Anwendung des Reflexionsverfahrens die Beleuchtungslichtleitfasern (5) in die Gitteranordnung der faseroptischen Ortsfrequenzfilter (4) eingeordnet sind.
11. Vorrichtung nach den Ansprüchen 2, 9 und 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß in die matrixenförmige Anordnung der Lichtempfängerfasern (6.1; 6.2; 6.3; 6.4) beider vereinigter Differenzgitter (4.2x; 4.2y) Spalten und/oder Zeilen mit Beleuchtungslichtleitfasern (5) eingefügt sind.
12. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Gitterkonstanten (c) der faseroptischen Ortsfrequenzfilter (4) gleichgroß sind.

13. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die jeweilige Anzahl der Gitterelemente (A; B; E; D) der Ortsfrequenzfilter (4) gleich ist.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Ermittlung der räumlichen Geschwindigkeit von bewegten Teilchen, insbesondere in Mehrphasenströmungen, wobei sich die Teilchen zwischen oder neben einer Lichtquelle zugeordneten Beleuchtungslichtleitfasern und einem faseroptischen Ortsfrequenzfilter befinden, welches aus gitterartig längs einer Gitterachse angeordneten Lichtempfängerfasern besteht und einer optoelektronischen Wandleranordnung zugeordnet ist, die über Verstärker auf einen Frequenzanalysator geschaltet ist.

Die Erfindung ist insbesondere anwendbar zur berührungslosen Ermittlung der räumlichen Geschwindigkeitskomponenten von festen, flüssigen oder gasförmigen Teilchen in strömenden oder ruhenden Fluiden.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Es ist bekannt, bei der berührungslosen Geschwindigkeitsmessung das Ortsfilterverfahren anzuwenden, wobei die örtliche Filterwirkung gitterartiger Strukturen zur gezielten Umsetzung der Teilchengeschwindigkeit in ein schmalbandiges Signal ausgenutzt wird. Beim faseroptischen Ortsfilter besteht das optische System im wesentlichen aus einer gitterförmigen Lichtleitfaseranordnung, der das Licht auf geeignete Weise zugeführt wird.

Gemäß DD-PS 142606 und Freiburger Forschungsheft A 661 „Neuere Meßergebnisse und theoretische Betrachtungen zur feststoffbeladenen Glasströmung in vertikalen Rohrleitungen“, Leipzig 1983, S. 46–55, besteht eine entsprechende Vorrichtung zur Geschwindigkeitsermittlung von Teilchen aus einem faseroptischen Ortsfrequenzfilter ohne Abbildungsoptik dergestalt, daß flexible Lichtleitfasern als Lichtempfängerfasern stirnseitig in der optischen Wirkungsfläche einer Meßflanke münden.

Die Mündungsflächen sind längs einer Linie, der Gitterachse, in äquidistantem Abstand angeordnet, so daß die erwähnte gitterartige Struktur entsteht. Diese sei als Einfachgitter bezeichnet. Die anderen Enden der Lichtempfängerfasern sind auf eine optoelektronische Wandleranordnung geführt, welche über einen Verstärker auf einen Frequenzanalysator geschaltet ist.

Die Beleuchtung der Teilchen, deren Geschwindigkeit ermittelt werden soll, erfolgt durch einer Lichtquelle zugeordnete Beleuchtungslichtleitfasern. Beim Absorptionsverfahren münden diese gegenüber der optischen Wirkungsfläche der Meßflanke, welche das faseroptische Ortsfrequenzfilter enthält, so daß sich die Teilchen zwischen Beleuchtungslichtleitfasern und Ortsfrequenzfilter befinden. Das heißt, das durch die Teilchen absorbierte Licht wird zur Messung verwendet. Dagegen münden beim Reflexionsverfahren die Beleuchtungslichtleitfasern gleichfalls in der optischen Wirkungsfläche der Meßflanke, so daß das von den Teilchen reflektierte Licht zur Messung verwendet wird.

Bei dieser bekannten Vorrichtung ist es erforderlich, die Gitterachse des faseroptischen Ortsfrequenzfilters exakt mit der Bewegungsrichtung der Teilchen, deren Geschwindigkeit ermittelt werden soll, in Übereinstimmung zu bringen. Abweichungen führen zu einer Verringerung der Selektivität. Es ist also notwendig, die Bewegungsrichtung der Teilchen zu ermitteln und die optische Wirkungsfläche der Meßflanke der Vorrichtung in der Wirkungsfläche verdrehbar auszuführen. Sollten Geschwindigkeitskomponenten in einer Ebene ermittelt werden, so ist (sofern die Ebene parallel zur optischen Wirkungsfläche der Meßflanke verläuft) die Gitterachse des Ortsfrequenzfilters nacheinander in die jeweilige Bewegungsrichtung zu verdrehen und eine Messung durchzuführen. Da allerdings beiden Messungen auf Grund ihres zeitlichen Versatzes nicht das gemeinsame Meßvolumen zugrunde liegt, ist diese Methode grundsätzlich fehlerbehaftet.

Insbesondere ist die Anwendung dieser bekannten Vorrichtung problematisch bei undefinierten, regellosen Teilchenbewegungen im Raum.

Im Gegensatz zu den Einfachgittern gemäß den vorstehend benannten Quellen ist es nach DE-OS 2809 355 bereits bekannt, ein faseroptisches Ortsfrequenzfilter aus zwei Gruppen von Lichtempfängerfasern aufzubauen, wobei die Mündungsflächen längs der Gitterachse äquidistant so angeordnet sind, daß immer abwechselnd eine Faser der einen und eine der anderen Gruppe angehört. Diese Ortsfrequenzfilter seien als Differenzgitter bezeichnet. Sie gestatten eine höhere Selektivität und die Unterdrückung der niederfrequenten Signalanteile sowie die Oberwellen, so daß eine wesentliche Verbesserung der Signalgüte zu verzeichnen ist. Jedoch ist die exakte Ausrichtung der Gitterachse zur Bewegungsrichtung bzw. zu zwei Bewegungskomponenten der Teilchen mit obengenannten nachteiligen Folgen gleichfalls erforderlich. Räumliche Messungen sind nicht möglich.

Gemäß DD-PS 243 119 ist weiterhin ein faseroptisches Differenzgitter bekannt, dessen Gitterelemente jeweils aus rechtwinklig zur Gitterachse angeordnete Lichtempfängerfaserbündeln besteht. Mit dieser Vorrichtung ist die Erfassung von Teilchenbewegungen mit einer bestimmten Neigung zur Gitterachse (in der Wirkungsfläche des faseroptischen Differenzgitters) möglich, wobei jedoch die Größe der Neigung von der Breite der Lichtempfängerfaserbündel abhängig ist. Jedoch ist bei dieser Vorrichtung gleichfalls nur die Erfassung der Bewegungskomponente in Richtung der Gitterachse möglich. Aus diesem Grunde muß auch bei dieser bekannten Vorrichtung die Gitterachse grundsätzlich in Richtung der Teilchenbewegung ausgerichtet sein; die Erfassung von zwei Geschwindigkeitskomponenten in einer Ebene (parallel zur optischen Wirkungsfläche) erfordert zwei Meßvorgänge bei verdrehter optischer Wirkungsfläche/Gitterachse. Die Geschwindigkeitsmessung räumlicher Teilchenbewegungen ist nicht möglich.

Ziel der Erfindung

Es ist Ziel der Erfindung, eine Vorrichtung anzugeben, mit der in einem einzigen und gleichzeitigen Meßvorgang alle Geschwindigkeitskomponenten insbesondere bei räumlicher Teilchenbewegung ermittelbar und dabei Meßfehler weitgehend vermieden sind.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Die Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung zur Ermittlung der räumlichen Geschwindigkeit von bewegten Teilchen, insbesondere in Mehrphasenströmungen, wobei sich die Teilchen zwischen oder neben einer Lichtquelle zugeordneten Beleuchtungslichtleitfasern und einem faseroptischen Ortsfrequenzfilter befinden, welches aus gitterartig längs einer Gitterachse angeordneten Lichtempfängerfasern besteht und einer optoelektronischen Wandleranordnung zugeordnet ist, die über Verstärker auf einen Frequenzanalysator geschaltet ist, zu schaffen, wobei dem Meßvorgang ein weitgehend gemeinsames Meßvolumen, welches die bewegten Teilchen enthält, zugrunde gelegt wird.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß für jede Bewegungskordinate der Teilchen ein faseroptischer Ortsfrequenzfilter vorgesehen ist, wobei die Ortsfrequenzfilter eng benachbart angeordnet und ihnen jeweils Beleuchtungslichtleitfasern zugeordnet sind sowie deren Gitterachsen parallel zu den Bewegungskordinaten verlaufen, und jedes Ortsfrequenzfilter über jeweils eine optoelektronische Wandleranordnung und Verstärker auf einen mehrkanaligen Frequenzanalysator geführt ist.

Eine besonders zweckmäßige Ausführungsform ist dadurch gekennzeichnet, daß zwei faseroptische Ortsfrequenzfilter in einer gemeinsamen optischen Wirkungsfläche vereinigt sind und deren Gitterachsen in dieser Wirkungsfläche liegen, welche parallel zu zwei Bewegungskordinaten der Teilchen verläuft.

Zwecks Ermittlung räumlicher Geschwindigkeitskomponenten ist es vorteilhaft, daß ein drittes faseroptisches Ortsfrequenzfilter, dessen Gitterachse der dritten Bewegungskordinate der Teilchen parallel ist, in einer weiteren optischen Wirkungsfläche angeordnet ist, welche vorzugsweise rechtwinklig zur gemeinsamen optischen Wirkungsfläche der beiden vereinigten Ortsfrequenzfilter verläuft.

Dabei sind in einer fertigungstechnisch günstigen ersten Variante die Lichtempfängerfasern der beiden vereinigten sowie des dritten faseroptischen Ortsfrequenzfilters jeweils zu gesonderten Faserbündeln zusammengefaßt, wobei das Faserbündel des dritten Ortsfrequenzfilters unmittelbar nach der optischen Wirkungsfläche vorzugsweise rechtwinklig abgebogen ist.

In einer weiteren fertigungstechnisch günstigen Variante sind die Lichtempfängerfasern der beiden vereinigten sowie des dritten faseroptischen Ortsfrequenzfilters jeweils zu gesonderten Faserbündeln zusammengefaßt, wobei das Faserbündel des dritten Ortsfrequenzfilters im Bereich dessen optischer Wirkungsfläche schräg zur gemeinsamen optischen Wirkungsfläche abgetrennt ist.

Die faseroptischen Ortsfrequenzfilter können als Einfachgitter ausgeführt sein, deren Gitterachsen sich rechtwinklig kreuzen. Zur Erhöhung der Genauigkeit sind die faseroptischen Ortsfrequenzfilter als Differenzgitter ausgeführt, wobei jedes Differenzgitter über jeweils zwei optoelektronische Wandler und einen Differenzverstärker auf je einen Kanal des mehrkanaligen Frequenzanalysators geschaltet ist. Dabei kann jedes Differenzgitter aus einer Reihe sich in der jeweiligen Gitterachse erstreckenden Lichtempfängerfasern bestehen und beide vereinigte Differenzgitter sind in Form eines Winkels oder eines Kreuzes angeordnet.

In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform besteht jedes Differenzgitter aus Gitterelementen, welche linienförmig rechtwinklig zur jeweiligen Gitterachse angeordnete Lichtempfängerfasern enthalten; die Gitterachsen beider vereinigter Differenzgitter kreuzen sich rechtwinklig und die Lichtempfängerfasern beider vereinigter Differenzgitter sind in Form einer Matrix angeordnet, wobei Zeilen der Matrix die Gitterelemente des einen und Spalten die Gitterelemente des anderen Differenzgitters enthalten.

Bei Anwendung des Reflexionsverfahrens sind zweckmäßigerweise die Beleuchtungslichtleitfasern in die Gitteranordnung der faseroptischen Ortsfrequenzfilter eingeordnet. Vorteilhaft ist es, daß in die matrixenförmige Anordnung der Lichtempfängerfasern beider vereinigter Differenzgitter Spalten und/oder Zeilen mit Beleuchtungslichtleitfasern eingefügt sind.

Um in jeder Koordinatenrichtung eine gleiche Empfindlichkeit und einen gleichen Frequenzbereich zu erreichen, ist es zweckmäßig, daß die Gitterkonstanten der faseroptischen Ortsfrequenzfilter gleichgroß und daß die jeweilige Anzahl der Gitterelemente der Ortsfrequenzfilter gleich sind.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird nachfolgend an mehreren Ausführungsbeispielen näher erläutert. In der zugehörigen Zeichnung zeigen:

- Fig. 1: die räumliche Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung für die Ermittlung von zunächst zwei Geschwindigkeitskomponenten,
- Fig. 2: die Ansicht auf die gemeinsame optische Wirkungsfläche zweier erfindungsgemäß vereinigter faseroptischer Ortsfrequenzfilter als Differenzgitter (in anderem Maßstab),
- Fig. 3: eine Ansicht gemäß Fig. 2 mit einfacheren faseroptischen Ortsfrequenzfiltern (verkleinert),
- Fig. 4: eine Ansicht gemäß Fig. 2 mit einer anderen Gitteranordnung (verkleinert),
- Fig. 5: eine Ansicht gemäß Fig. 2 mit faseroptischen Einfachgittern (verkleinert),
- Fig. 6: eine Darstellung gemäß Fig. 1 mit der Anordnung der Faserbündel für die Ermittlung von drei Geschwindigkeitskomponenten,
- Fig. 7: eine andere Variante gemäß Fig. 6.

Entsprechend dem ersten Ausführungsbeispiel besteht eine erfindungsgemäße Vorrichtung für die Ermittlung von (zunächst) zwei Geschwindigkeitskomponenten (die dritte Komponente möge = 0 oder vernachlässigbar sein) aus einem Schaft 1 (Fig. 1), welcher über nicht gezeichnete Befestigungsvorrichtungen in einer Rohrleitung — in der sich eine Mehrphasenströmung befindet — angeordnet werden kann.

Am Schaft 1 schließt sich ein Sondenrohr 2 an, welches flexible Lichtleitfasern enthält. Diese münden, wie weiter unten genauer beschrieben, stirnseitig bezüglich des Sondenrohrs 2 in einer optischen Wirkungsfläche 3, welche aus einer speziellen Anordnung von zwei faseroptischen Ortsfrequenzfiltern 4 besteht (s. u.). Die Lichtleitfasern werden in Beleuchtungslichtleitfasern 5 und Lichtempfängerfasern 6 eingeteilt. Da die Vorrichtung gemäß Fig. 1 bezüglich der Beleuchtung

der Teilchen der Mehrphasenströmung für Absorptions- und Reflexionsbetrieb ausgelegt ist, sind — für den Reflexionsbetrieb — in der optischen Wirkungsfläche 3 Beleuchtungslichtleitfasern 5 in die faseroptischen Ortsfrequenzfilter 4 eingeordnet. Für den Absorptionsbetrieb sind, der optischen Wirkungsfläche 3 gegenüberliegend, weitere Beleuchtungslichtleitfasern 5 in einem faseroptischen Lichtgeber 7 vorgesehen, welcher am Schaft 1 befestigt ist.

Die der optischen Wirkungsfläche 3 abgewandten Enden der Beleuchtungslichtleitfasern 5 sind — im Inneren des Schaftes 1 — mit einem Lichtleitkabel 8 verbunden, welches auf eine Lichtquelle 9 (z. B. eine Halogenlampe enthaltend) geführt ist.

Die der optischen Wirkungsfläche 3 abgewandten Enden der Lichtempfängerfasern 6 sind — gleichfalls im Inneren des Schaftes 1 — auf eine optoelektronische Wandleranordnung, im Beispiel bestehend aus Fotodioden, geführt. Diese sind über Verstärker und ein Kabel 10 mit einer Auswerteelektronik 11, enthaltend einen mehrkanaligen Frequenzanalysator, verbunden. Der Auswerteelektronik 11 ist als Ausgabegerät ein Drucker 12 zugeordnet.

Der Schaft 1 der Vorrichtung ist in der Mehrphasenströmung aufnehmenden Rohrleitung so positioniert, daß sich die Teilchen 13 der Mehrphasenströmung im wesentlichen in einer Ebene bewegen, die parallel zur optischen Wirkungsfläche 3 ist (Fig. 1). Entsprechend ist der optischen Wirkungsfläche 3 ein kartesisches Koordinatensystem x, y zugeordnet, d. h. der Geschwindigkeitsvektor v der Teilchen 13 kann in die Geschwindigkeitskomponenten v_x und v_y aufgeteilt werden.

Die optische Wirkungsfläche 3 ist in der Vorrichtung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel (Fig. 1) als gemeinsame optische Wirkungsfläche 3.1 ausgeführt, da, wie im folgenden dargestellt, in ihr zwei faseroptische Ortsfrequenzfilter 4 (nicht explizit dargestellt) vereinigt sind. In einer einfachen Ausführungsform (Fig. 5) sind diese Ortsfrequenzfilter 4 als Einfachgitter 4.1 ausgeführt, d. h. den Koordinaten x, y sind Gitterachsen G_x, G_y parallel, auf denen im äquidistanten Abstand (Gitterkonstante C_x, C_y) die Mündungsflächen der Lichtempfängerfasern 6.1 (mit Schrägkreuz gekennzeichnet) und 6.2 (mit Kreuz gekennzeichnet) angeordnet sind. Zusätzlich sind (zur Realisierung des Reflexionsverfahrens) Beleuchtungslichtleitfasern 5 eingeordnet. Zur Erhöhung der Genauigkeit werden jedoch als faseroptische Ortsfrequenzfilter 4 Differenzgitter 4.2 eingesetzt (Fig. 2, Fig. 3, Fig. 4).

Gemäß Fig. 3 und 4 kreuzen sich die Gitterachsen G_x, G_y kreuz- oder winkelförmig, wobei jeweils den Gitterachsen G_x, G_y zwei Gruppen von Lichtempfängerfasern 6.1, 6.2 (mit Schrägkreuz bzw. Kreuz gekennzeichnet) und 6.3, 6.4 (links- bzw. rechtschrag schraffiert) mit den Gitterkonstanten C_x, C_y zugeordnet sind. Wie oben sind wieder Beleuchtungslichtleitfasern 5 eingeordnet.

Eine bevorzugte Ausführungsform der gemeinsamen optischen Wirkungsfläche 3.1 aus zwei Differenzgittern 4.2 stellt Fig. 2 dar. Dabei kreuzen sich die Gitterachsen G_x, G_y gleichfalls; jeder Gitterachse G_x, G_y sind jedoch Gitterelemente A, B, E, D zugeordnet welche aus einem linienförmigen Bündel von Lichtempfängerfasern 6.1 bis 6.4 bestehen und welche rechtwinklig zur jeweiligen Gitterachse C_x, G_y angeordnet sind. So ist die (mit Schrägkreuz gekennzeichnete) erste Gruppe von Lichtempfängerfasern 6.1 des Differenzgitters 4.2y aus Gitterelementen A aufgebaut, die je ein Bündel von Lichtempfängerfasern 6.1 enthalten, welches sich linienförmig rechtwinklig zur Gitterachse G_y erstreckt. Das gleiche gilt (für Kreuz gekennzeichnete) zweite Gruppe von Lichtempfängerfasern 6.2 des Differenzgitters 4.2y, der Gitterelemente mit B bezeichnet seien.

Analog besteht das der Gitterachse G_x zugeordnete Differenzgitter 4.2x aus zwei Gruppen von Gitterelementen E, D, wobei Gitterelement E aus je einem Bündel von Lichtempfängerfasern 6.3 (rechtsschrag schraffiert) und Gitterelement D aus je einem Bündel von Lichtempfängerfasern 6.4 (linksschrag schraffiert) besteht und die Gitterelemente E, D sich linienförmig rechtwinklig zur Gitterachse G_x erstrecken. Zum Erreichen einer kleinen Bauform sind die Lichtempfängerfasern 6.1 bis 6.4 in Form einer Matrix angeordnet (Fig. 2), deren Zeilen die Gitterelemente A, B des einen Differenzgitters 4.2y und deren Spalten die Gitterelemente E, D des anderen Differenzgitters 4.2x enthalten. In dieser Matrix sind Spalten mit Beleuchtungslichtleitfasern 5 eingefügt. Analog könnten auch Zeilen mit Beleuchtungslichtleitfasern 5 eingefügt sein. Das Beispiel gemäß Fig. 2 stellt eine besonders zweckmäßige Ausführungsform dar. Es wäre aber auch andere Formen der matrixartigen Anordnung der Lichtempfänger- und Beleuchtungslichtleitfasern möglich. So können bei einer quadratischen Matrix auch schrag verlaufende Spalten und Zeilen den Ortsfrequenzfiltern in x - bzw. y -Richtung zugeordnet sein.

Um in jeder Koordinate x, y eine gleiche Empfindlichkeit und einen gleichen Frequenzbereich zu erreichen, ist es zweckmäßig, die Gitterkonstanten C_x, C_y und auch die Anzahl der Gitterelemente A, B, E, D in Richtung der Gitterachsen G_x, G_y gleichgroß auszuführen. Das gilt in analoger Weise auch für die Gitterausführungen nach den Figuren 3–5, wo die Gitterelemente durch die stirnseitigen Mündungsflächen der Lichtempfängerfasern 6 in der optischen Wirkungsfläche 3 (3.1) gebildet sind.

Die Wirkungsweise des ersten Ausführungsbeispiels:

Ein Teilchen 13 der Mehrphasenströmung bewege sich mit einer Geschwindigkeit entsprechend dem Geschwindigkeitsvektor v im Raum unmittelbar vor der gemeinsamen optischen Wirkungsfläche 3.1 (Reflexionsbetrieb) bzw. zwischen dieser und vor dem faseroptischen Lichtgeber 7 (Absorptionsbetrieb). Dieser Raum sei als Meßvolumen bezeichnet.

Bei der Bewegung des Teilchens 13 durch das Meßvolumen erzeugt dieses Teilchen 13 infolge seiner Beleuchtung durch die Beleuchtungslichtleitfasern 5 ein sich mit der Geschwindigkeit des Teilchens 13 bewegendes Lichtintensitätsmuster auf der gemeinsamen optischen Wirkungsfläche 3.1 bzw. den beiden entsprechend vereinigten faseroptischen Ortsfrequenzfiltern 4 gemäß Fig. 2 bis 5. Dementsprechend verursacht die Geschwindigkeitskomponente V_x des Teilchens 13 ein Lichtintensitätsmuster auf dem der Gitterachse G_x zugeordneten Einfachgitter 4.1x (Fig. 5) bzw. dem Differenzgitter 4.2x (Fig. 2 bis 4), und die Geschwindigkeitskomponente V_y ein dieser entsprechenden Muster auf dem der Gitterachse G_y zugeordneten Einfachgitter 4.1y (Fig. 5) bzw. dem Differenzgitter 4.2y (Fig. 2 bis 4). Durch die den Ortsfrequenzfilter 4 zugeordneten Fotodioden werden Geschwindigkeitsproportionale, zeitlich begrenzte elektrische Signale erzeugt, welche über Verstärker (Einfachgitter 4.1) bzw. Differenzgitter (Differenzverstärker 4.2) jeweils einem Kanal (je Komponente) des mehrkanaligen Frequenzanalysators zugeführt werden. Dieser ermittelt die den Komponenten zugeordneten Signalfrequenzen f_x, f_y , woraus sich die jeweilige Geschwindigkeitskomponente

$$V_x = f_x \cdot C_x$$

$$V_y = f_y \cdot C_y$$

(1)

bzw. über bekannte Beziehungen Größe und Lage des Geschwindigkeitsvektors V errechnen und über den Drucker 12 ausgeben läßt.

Das zweite Ausführungsbeispiel (Fig. 6) betrifft eine erfindungsgemäße Vorrichtung für die Ermittlung von drei Geschwindigkeitskomponenten unter Anwendung des Reflexionsverfahrens. Schaft 1, Sondenrohr 2 und stirnseitig

angeordnete optische Wirkungsfläche 3 als gemeinsame optische Wirkungsfläche 3.1 — bestehend aus einer Vereinigung der zwei den Koordinaten x , y zugeordneten faseroptischen Ortsfrequenzfilter 4 — sind analog zum ersten Ausführungsbeispiel gemäß den Fig. 1 bis 5. Der faseroptische Lichtgeber 7 wurde weggelassen, könnte jedoch bei Anwendung des Absorptionsverfahrens in analoger Weise wie beim ersten Ausführungsbeispiel ausgeführt sein. Neben dem Sondenrohr 2 ist ein zweites Sondenrohr 14 vorgesehen, welches ein weiteres Bündel von Lichtempfängerfasern 6 enthält. Diese münden stirnseitig in der weiteren optischen Wirkungsfläche 3.2, wobei das zweite Sondenrohr 14 unmittelbar vor seinem vorderen Ende rechtwinklig abgebogen ist. Die weitere optische Wirkungsfläche 3.2 ist somit rechtwinklig zur gemeinsamen optischen Wirkungsfläche 3.1, d. h. parallel zur z -Achse eines räumlichen Koordinatensystems x , y , z . Dieser weiteren optischen Wirkungsfläche 3.2 ist ein drittes faseroptisches Ortsfrequenzfilter 4 zugeordnet, dessen Gitterachse G_z der z -Achse parallel ist und welches als Einfachgitter (analog zu Fig. 5) oder als Differenzgitter (analog zu Fig. 2–4) — je nach Ausführung der beiden vereinigten faseroptischen Ortsfrequenzfilter 4 der Koordinaten x und y — ausgeführt ist.

Bei Bewegung der Teilchen 13 durch das Meßvolumen, welches durch den Raum unmittelbar vor der gemeinsamen optischen Wirkungsfläche 3.1 und der weiteren optischen Wirkungsfläche 3.2 bestimmt ist, erzeugen diese Teilchen 13 infolge der Beleuchtung durch die in die drei faseroptischen Ortsfrequenzfilter 4 eingefügten Beleuchtungslichtleitfasern 5 auf jeder optischen Wirkungsfläche 3.1 und 3.2 sich mit den Geschwindigkeitskomponenten V_x , V_y , V_z bewegendes Lichtintensitätsmuster, welche über die den faseroptischen Ortsfrequenzfiltern 4 zugeordneten Fotodioden entsprechende elektrische Signale auslösen. Diese werden analog zum 1. Ausführungsbeispiel ausgewertet.

Das dritte Ausführungsbeispiel (Fig. 7) dient gleichfalls der Ermittlung von drei Geschwindigkeitskomponenten. Es enthält im Vergleich zu Fig. 6 eine ggf. fertigungstechnisch günstigere Gestaltung des weiteren Bündels von Lichtempfängerfasern 6, die im zweiten Sondenrohr 14 aufgenommen sind. Dazu ist dessen vordere Stirnfläche schräg abgetrennt, d. h. die weitere optische Wirkungsfläche 3.2, in der die Lichtempfängerfasern 6 des dritten, der Koordinate z zugeordneten faseroptischen Ortsfrequenzfilters 4 münden, verläuft schräg zur gemeinsamen optischen Wirkungsfläche 3.1. Dementsprechend verläuft auch die Gitterachse G_z schräg zur z -Koordinate, so daß vom dritten faseroptischen Ortsfrequenzfilter 4 auch der y -Achse zugeordnete Signale aufgenommen werden. Diese sind unter Nutzung der Signale, die vom der y -Achse zugeordneten Ortsfrequenzfilter 4 der gemeinsamen optischen Wirkungsfläche 3.1 aufgenommen werden, zu korrigieren.

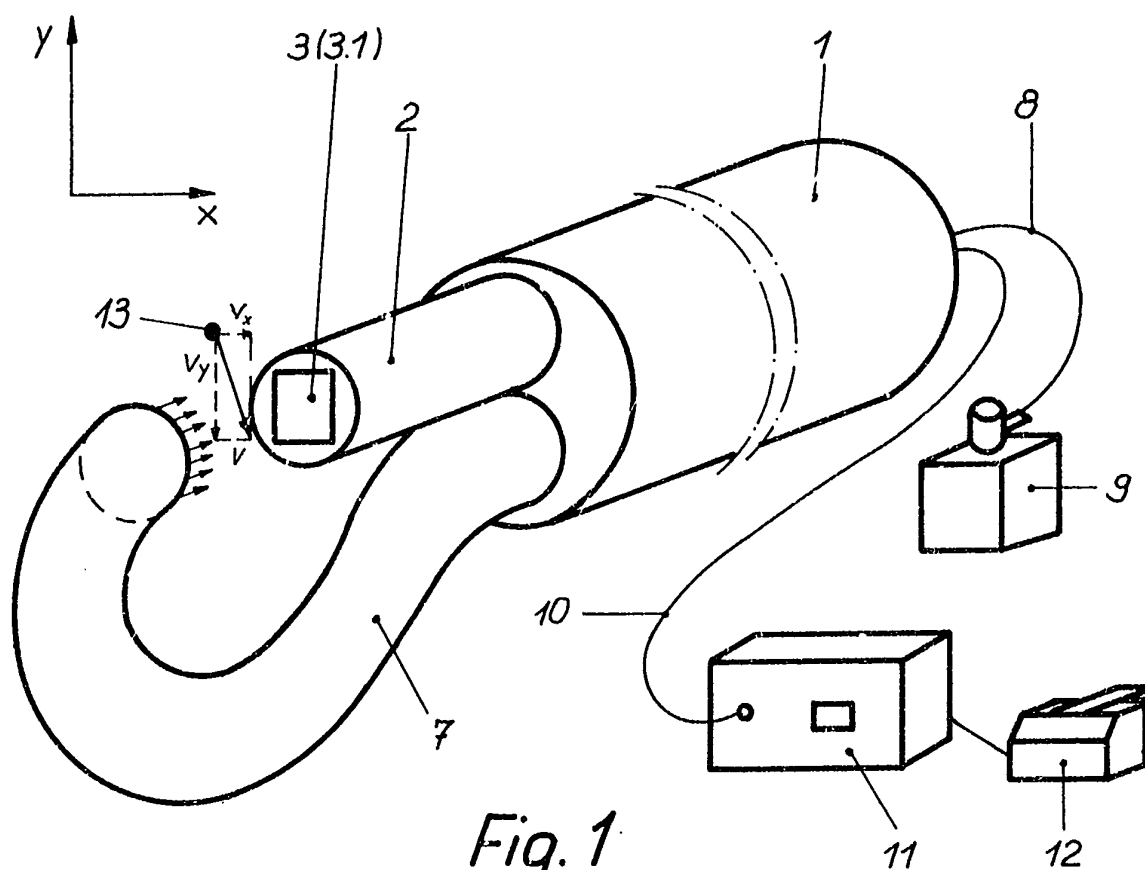


Fig. 1

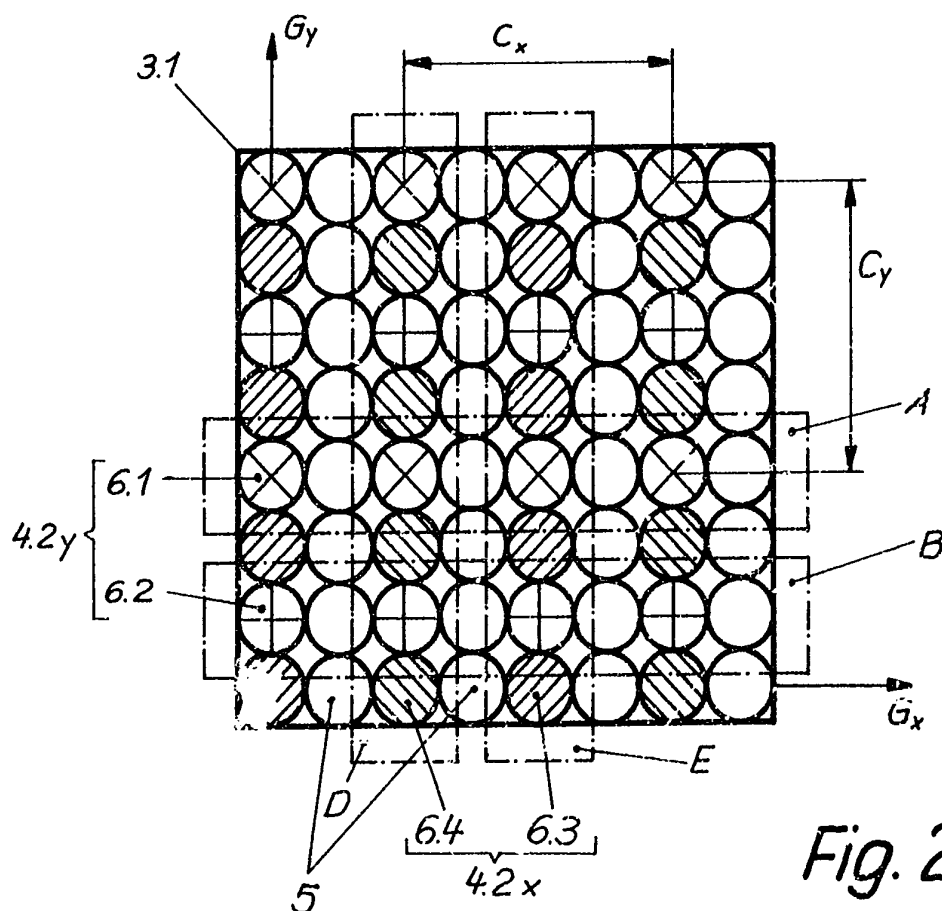


Fig. 2

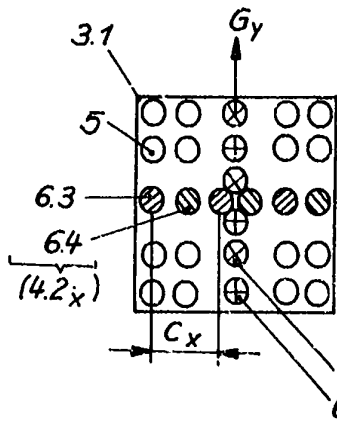


Fig. 3

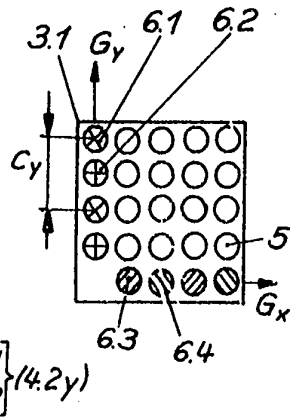


Fig. 4

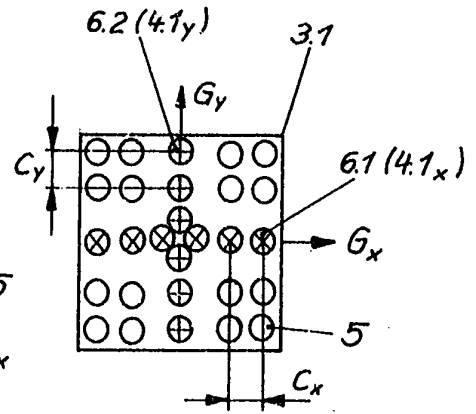


Fig. 5

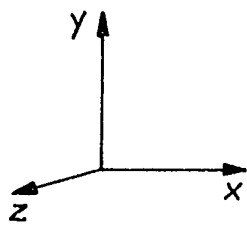


Fig. 6

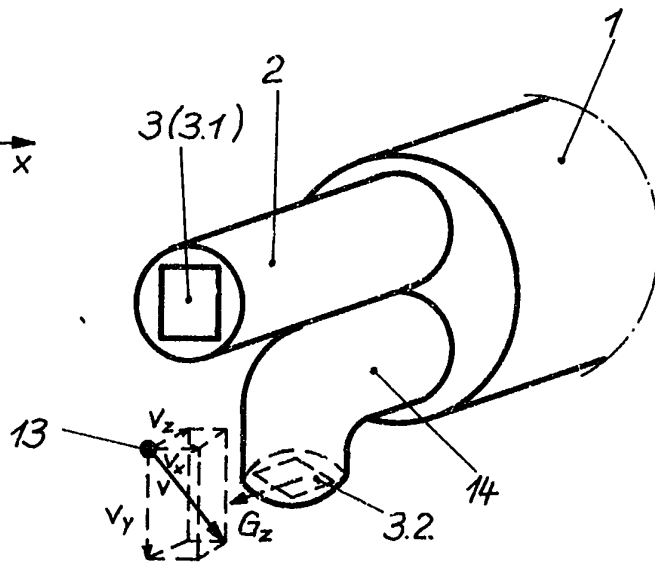


Fig. 7

