

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: **A 1254/2007**

(22) Anmeldetag: **09.08.2007**

(43) Veröffentlicht am: **15.02.2009**

(51) Int. Cl.⁸: **G01F 1/74** (2006.01),
G01F 1/704 (2006.01),
G01F 1/56 (2006.01),
G01F 1/58 (2006.01),
G01P 5/18 (2006.01),
G01P 5/22 (2006.01)

(73)Patentinhaber:

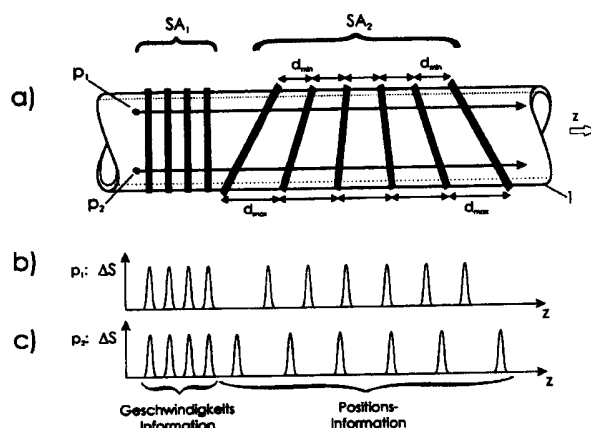
TECHNISCHE UNIVERSITÄT GRAZ
A-8010 GRAZ (AT)
FORSCHUNGSOLDING TU GRAZ GMBH
A-8010 GRAZ (AT)

(72)Erfinder:

FUCHS ANTON DIPL.ING. DR.
GRAZ (AT)
ZANGL HUBERT DIPL.ING. DR.
GRAZ (AT)
BRASSEUR GEORG DIPL.ING. DR.
WIEN (AT)

(54) **VORRICHTUNG ZUM BESTIMMEN VON STRÖMUNGSPARAMETERN EINER PARTIKEL - FLUIDUM - STRÖMUNG**

(57) Eine Vorrichtung zum Bestimmen von Strömungsparametern einer Partikel - Fluidum - Strömung, mit einem auf Partikel ansprechenden ersten Sensorarray (SA1), welches in Ebenen normal/schräg zur Strömungsrichtung (z) eine äquidistante Teilung aufweist, sowie mit einer Auswerteeinheit (4), welcher die auf Partikeldurchgänge zurückzuführenden Signale (e) der Sensoreinheit zugeführt sind und die zur Ermittlung einer Partikelgeschwindigkeit auf Basis dieser Signale eingerichtet ist, wobei zusätzlich zu dem ersten Sensorarray (SA1) ein zweites Sensorarray (SA2; SA2', SA2'') vorgesehen ist, welches innerhalb von Ebenen normal/schräg zur Strömungsrichtung eine unterschiedliche Teilung aufweist, und deren Signale gleichfalls der Auswerteeinheit (4) zugeführt sind, welche dazu eingerichtet ist, aus den ihr von beiden Arrays zugeführten Signalen eine Partikelgeschwindigkeit als Funktion des Ortes in Ebenen senkrecht zur Strömungsrichtung zu ermitteln.



ZUSAMMENFASSUNG

Eine Vorrichtung zum Bestimmen von Strömungsparametern einer Partikel - Fluidum - Strömung, mit einem auf Partikel ansprechenden ersten Sensorarray (SA1) , welches in Ebenen normal/schräg zur Strömungsrichtung (z) eine äquidistante Teilung aufweist, sowie mit einer Auswerteeinheit (4) , welcher die auf Partikeldurchgänge zurückzuführenden Signale (e) der Sensoreinheit zugeführt sind und die zur Ermittlung einer Partikelgeschwindigkeit auf Basis dieser Signale eingerichtet ist, wobei zusätzlich zu dem ersten Sensorarray (SA1) ein zweites Sensorarray (SA2; SA2', SA2'') vorgesehen ist, welches innerhalb von Ebenen normal/schräg zur Strömungsrichtung eine unterschiedliche Teilung aufweist, und deren Signale gleichfalls der Auswerteeinrichtung (4) zugeführt sind, welche dazu eingerichtet ist, aus den ihr von beiden Arrays zugeführten Signalen eine Partikelgeschwindigkeit als Funktion des Ortes in Ebenen senkrecht zur Strömungsrichtung zu ermitteln.

Fig. 6

VORRICHTUNG ZUM BESTIMMEN VON STRÖMUNGSPARAMETERN EINER PARTIKEL - FLUIDUM - STRÖMUNG

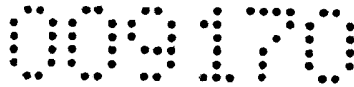
Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zum Bestimmen von Strömungsparametern einer Partikel - Fluidum -Strömung, mit einem auf Partikel ansprechenden Sensorarray, welches in Ebenen senkrecht zur Strömungsrichtung eine äquidistante Teilung aufweist, sowie mit einer Auswerteeinheit, welcher die auf Partikeldurchgänge zurückzuführenden Signale der Sensoreinheit zugeführt sind und die zur Ermittlung einer Partikelgeschwindigkeit auf Basis dieser Signale eingerichtet ist.

In einer Vielzahl von Anwendungen in Industrie und Wissenschaft wird Material in Form von Zwei- und Mehrphasenströmungen durch Förderleitungen transportiert. Typische Beispiele für einen solchen Transport sind die pneumatische Förderung von Schüttgütern und der Materialtransport in Flüssigkeits-Feststoff Strömungen.

Die Förderparameter, an denen man bei einem solchen Transport interessiert ist, sind die Materialgeschwindigkeit und die Materialkonzentration. Aus ihnen kann der Massenfluss, d.h. die durch den Förderquerschnitt pro Zeiteinheit bewegte Menge an Material, errechnet werden.

Eine Vorrichtung der eingangs angegebenen Art ist beispielsweise in O. Fiedler et al., "Measurement of Local Particle Velocities and Velocity Distributions in Gas-Solid Flows by Means of the Spatial Filter Method", Powder Technologie 94, (1997), pp. 51 - 57, beschrieben, insbesondere am Beispiel von Quarzsand in einer Luftströmung, wobei ein CCD-Kamera Array verwendet wird. Es wird hier auch darauf eingegangen, dass die Auswertung durch Anwendung einer FFT-Analyse oder durch Periodenmessung der sich ergebenden Signale erfolgen kann. Derartige Verfahren zur Geschwindigkeitsmessung werden auch als Ortsfilterverfahren oder „Spatial Filtering“ bezeichnet, wobei in diesem Zusammenhang auf das Dokument DD 218 170 A1 verwiesen werden kann, in welchem die Geschwindigkeitsmessung am Beispiel von auf einem Förderband bewegten Gütern mit Hilfe von linearen CCD-Arrays erläutert wird.

Eine Anordnung zur Messung der Geschwindigkeit selbstleuchtender, weil heißer Kohlepartikel in einem Heizkraftwerk ist in K. Christofori und K. Michel, „Velocimetry with Spatial Filters Based on Sensor Arrays“, Flow Meas. Instrum., Vol. 7, No. 3/4, pp. 265 - 272, 1996 beschrieben. Diese Anordnung verwendet gleichfalls eine CCD-Struktur, auf welche mit Hilfe einer Optik ein Bild der strömenden Partikel abgebildet wird. Der CCD-Struktur ist



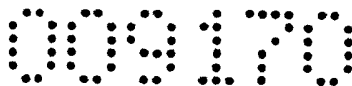
bereits eine Gitterstruktur inhärent, sodass kein besonderes Gitter im Strahlengang erforderlich ist. Die Literaturstelle geht näher auf die Übertragungsfunktion eines Ortsfilters sowie auf die Signalverarbeitung ein.

An dieser Stelle sollen die in Zusammenhang mit der Erfindung verwendeten Begriffe, soweit erforderlich, definiert werden:

Unter eine Partikel - Fluidum -Strömung sollen Strömungen verstanden werden, die bevorzugt, jedoch nicht ausschließlich, in Leitungen geführt sind, und die aus Gasen und/oder Flüssigkeiten bestehen. Der Begriff „Partikel“ soll hier nicht nur Feststoffe, wie z.B. Sandkörner oder Getreidekörner beinhalten, sondern ganz allgemein von einer Strömung mitgeführte Bereiche mit von dem eigentlichen Strömungsfluidum unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften. Solche Eigenschaften können z.B. optischer und/oder elektrischer Art sein oder die Dichte betreffen. „Partikel“ können somit, nur um Beispiele zu nennen, auch Gasblasen in einer Flüssigkeit oder Ölperlen in Wasser sein und schließlich auch Lebewesen in Wasser.

Der Begriff „Sensorarray“ soll andererseits eine Anordnung bezeichnen, die in Verbindung mit einem oder mehreren Sensoren ein in Strömungsrichtung angeordnetes Muster beinhaltet, z.B. ein Strichgitter oder eine Vielzahl von Sensoren, wobei der Durchgang von Partikeln durch den Einflussbereich des Sensorarrays zu periodischen Signalen führt, aus welchen die Geschwindigkeit von Teilchen ermittelt werden kann. Außer optischen Sensorarrays sollen insbesondere auch kapazitive Sensorarrays umfasst sein. In dieser Beziehung sei auf S.R. Woodhead, J.E. Amadi-Echendu, „Solid Phase Velocity Measurements Utilising Electrostatic Sensors and Cross Correlation Signal Processing“, Proceedings of the Instrumentation and Measurement Technology Conference, 24 - 26 April 1995, p. 774 - 777 verwiesen und angemerkt, dass ein „Array“ im einfachsten Fall nur zwei Elektroden oder Sensoren aufweisen muss, die Verwendung eines Arrays mit einer größeren Anzahl von Elektroden oder Sensoren jedoch zu einer besseren Signalqualität führen kann.

In vielen Fällen, wie bei der Förderung von Schüttgut, sind die interessierenden Strömungsparameter Materialgeschwindigkeit und Materialkonzentration, da man daraus einfach den Massenfluss, d.h. die durch den Förderquerschnitt pro Zeiteinheit bewegte Materialmenge berechnen kann. Durch ungleichmäßige Verteilung von Materialgeschwindigkeit und Materialkonzentration in der Förderleitung wäre es für eine zuverlässige Bestimmung des Massenflusses notwendig, eine räumlich auflösende Messung der beiden Förderparameter durchzuführen, mit anderen Worten also das Verteilungsprofil über dem Förderleitungsquerschnitt zu ermitteln. Ein Nachteil der bekannten Verfahren und Vorrichtungen liegt



somit darin, dass bestenfalls ein mittlerer Massenfluss bestimmbar ist, nicht jedoch eine Messung, welche die Verteilung der Partikel in Richtungen senkrecht zur Förderrichtung, mit anderen Worten das Verteilungsprofil liefern kann.

Eine Aufgabe der Erfindung liegt in der Schaffung einer ein Ortsfilterverfahren verwendenden Vorrichtung, mit deren Hilfe ohne großen konstruktiven Aufwand auch das Verteilungsprofil ermitteln kann.

Diese Aufgabe wird mit einer Vorrichtung der eingangs genannten Art gelöst, bei welcher erfindungsgemäß zusätzlich zu dem ersten Sensorarray ein zweites Sensorarray vorgesehen ist, welches innerhalb von Ebenen normal zur Strömungsrichtung eine unterschiedliche Teilung aufweist, und deren Signale gleichfalls der Auswerteeinrichtung zugeführt sind, welche dazu eingerichtet ist, aus den ihr von beiden Arrays zugeführten Signalen eine Partikelgeschwindigkeit als Funktion des Ortes in Ebenen senkrecht zur Strömungsrichtung zu ermitteln.

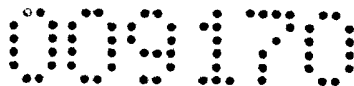
Dank der Erfindung mit ihrer räumlichen Codierung der Messaufnehmer wird eine eindeutige Zuordnung eines empfangenen Messsignals zu einem bestimmten Gebiet des Querschnitts ermöglicht, es können ein Geschwindigkeitsprofil und ein Konzentrationsprofil bestimmt werden und schließlich lassen sich auch Informationen über Ausmaß und Geometrie von Partikeln oder Partikelanhäufungen ableiten.

Der verwendete Begriff „normal/schräg“ soll dahingehend verstanden werden, dass die Elektroden bzw. deren Ebenen üblicherweise normal zur Strömungsrichtung stehen, jedoch auch Lagen schräg zur Strömungsrichtung möglich bzw. unter bestimmten Messbedingungen vorteilhaft bzw. auf Grund örtlicher Gegebenheiten nicht zu vermeiden sind.

Eine einfach realisierbare und wenig komplexe Ausführung der Erfindung sieht vor, dass das erste und das zweite Sensorarray in Strömungsrichtung gesehen in Abstand voneinander angeordnet sind.

Es ist weiters möglich, dass das erste und/oder das zweite Sensorarray als Elektrodenarray innerhalb und/oder außerhalb der Strömung ausgebildet ist, eine Wahl kann entsprechend der zu untersuchenden Strömung getroffen werden.

Eine vor allem bei entsprechend klaren Strömungen, wie Wasser oder Gasen mit nicht zu hoher Partikeldichte kann es zweckmäßig sein, wenn das erste und/oder zweite Sensorarray



ein optisches Gitter aufweist, welches ebenso wie ein Strömungsabschnitt im Strahlengang zwischen einer Lichtquelle und einem Fotodetektors liegt.

Bei einer weiteren optischen Realisierung kann in sinnvoller Weise vorgesehen sein, dass das erste und/oder zweite Sensorarray ein Array von Lichtquellen aufweist, in deren Strahlengang ein Strömungsabschnitt sowie ein Photodetektor liegen bzw. dass das erste und/oder zweite Sensorarray ein Array von Fotodetektoren besitzt, welches von einer Lichtquelle ausgesandtes, einen Strömungsabschnitt durchsetzendes Licht auffängt.

Um die Signalverarbeitung zu erleichtern, kann weiters vorgesehen sein, dass das erste das zweite Sensorarray solche Teilungen aufweisen, dass die Ausgangssignale dieser Arrays in deutlich unterscheidbaren Frequenzbereichen liegen.

Die Erfindung samt weiteren Vorteilen ist im Folgenden an Hand beispielsweise Ausführungsformen näher erläutert, die in der Zeichnung veranschaulicht sind. In dieser zeigen

Fig. 1 eine beispielhafte, zum Stand der Technik gehörende Ausführungsform zur Bestimmung der Geschwindigkeit mit Hilfe kapazitiver Prinzipien und einem Sensorarray, bestehend aus äquidistant entlang der Förderleitung verteilten Elektroden,

Fig. 2 ein beispielhaftes, quasiperiodisches Messsignal (Summensignal) für einen Aufbau gemäß Fig. 1 nach dem Stand der Technik,

Fig. 3 an Hand von Diagrammen die Auswertung des Messsignals mittels Fourier-Transformation zur Bestimmung der Geschwindigkeit in einem Aufbau gemäß Fig. 1 nach dem Stand der Technik,

Fig. 4 eine einfache beispielhafte Ausführungsform des Erfindungsgegenstandes unter Nutzung optischer Prinzipien, wobei nach einem ersten äquidistanten Sensorarray zur Geschwindigkeitsbestimmung zwei schräge Messebenen als zweites Sensorarray für die Bestimmung der Partikelposition vorgesehen ist,

Fig. 5 für Partikellagen innerhalb eines runden oder quadratischen Rohrleitungsquerschnitts beispielhafte Messsignale (Summensignale) für einen Aufbau gemäß Fig. 4 zur Bestimmung der Partikelgeschwindigkeit und der Partikelposition,

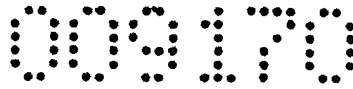


Fig. 6: eine weitere beispielhafte Ausführungsform des Erfindungsgegenstandes mit einem aufgefächerten Gitter als zweites Sensorarray zur Bestimmung der Partikelpositionen sowie den beispielhaften Messsignalen für zwei unterschiedliche Partikeltrajektorien,

Fig. 7 beispielhafte Frequenzspektren für Partikel mit geringer Geschwindigkeit und Partikelpositionen vorwiegend im unteren Bereich eines Rohrquerschnittes sowie für Partikel mit hoher Geschwindigkeit und Partikelpositionen vorwiegend im oberen Bereich des Rohrquerschnittes,

Fig. 8 ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung unter Nutzung kapazitiver Prinzipien samt zugehörigen Messsignalen,

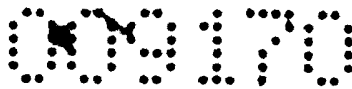
Fig. 9 eine weitere zweckmäßige Ausführungsform der Erfindung mit kapazitiven Sensoren, bei welcher die Elektroden zur Kodierung der Partikelposition in Form zweier Sensorarrays stromauf und stromab eines ersten Sensorarrays für die Geschwindigkeitsmessung vorgesehen sind und

Figur 10 ein Ablaufdiagramm für die Bestimmung der Geschwindigkeit und der Partikelverteilung gemäß der Erfindung aus den Frequenzspektren der Messsignale.

Das Verfahren bzw. eine Vorrichtung zur Bestimmung der Partikelgeschwindigkeit mit Hilfe äquidistanter, entlang der Förderrichtung verteilter Messaufnehmer nach dem Stand der Technik wird nun an Hand der Fig. 1 bis 3 verdeutlicht. Ein solches Verfahren ist auch für die industriell häufig verwendete pneumatische Dünnstromförderung anwendbar, bei welcher die Feststoffpartikel dispers in der Gasphase vorliegen.

Dank der Erfindung mit ihrer räumlichen Codierung der Messaufnehmer wird eine eindeutige Zuordnung eines empfangenen Messsignals zu einem bestimmten Gebiet des Querschnitts ermöglicht, es können ein Geschwindigkeitsprofil und ein Konzentrationsprofil bestimmt werden und schließlich lassen sich auch Informationen über Ausmaß und Geometrie von Partikeln oder Partikelanhäufungen ableiten.

Entlang der Flussrichtung der beförderten Medien, d.h. in Längsrichtung einer Förderleitung 1, hier als z-Richtung angenommen, werden geeignete Messaufnehmer in äquidistanten Abständen angebracht. Bei dem gezeigten Beispiel wird ein Sensorarray SA 1 verwendet, das Sendelektroden S1 bis S3 und Empfangselektroden E1 bis E4 verwendet. Ein Wechselspannungs-Sendesignal s wird den über elektrische Verbindungen 2 miteinander verbundenen Sendelektroden S1,...S3 zugeführt, ein Empfangssignal e wird von den gleichfalls über



elektrische Verbindungen 3 miteinander verbundenen Empfangselektroden E1, ...E4 abgenommen und einer hier nicht näher beschriebenen, dem Fachmann bekannten Auswerteeinheit 4 zugeführt, die auch das Sendesignal s liefern kann. Kapazitive Prinzipien, nämlich die Auswertung der unterschiedlichen relativen Dielektrizitätszahlen in den einzelnen Phasen der Strömung, sind beispielsweise in dem bereits genannten Artikel von S.R. Woodhead, J.E. Amadi-Echendu beschrieben und gehören zum dem Fachmann bekannten Stand der Technik.

Ganz allgemein sind geeignete Messaufnehmer solche, die durch eine Eigenschaft des transportierten Materials beeinflussbar sind, wobei Schwankungen in der Materialzusammensetzung der beförderten Medien, hervorgerufen durch deren mehrphasige Ausprägung, mit Hilfe dieser Messaufnehmer in auswertbare Signale umgesetzt werden. Als weiteres Beispiel sind optische Prinzipien zu nennen, d.h. die Auswertung der unterschiedlichen optischen Eigenschaften, wie optischer Dichte und Reflexion in den einzelnen Phasen der Strömung. Wie z.B. in der DD 218 170 A1 oder in dem schon genannten Artikel von K. Christofori und K. Michel beschrieben.

In Fig. 1 sind zwei Partikel p1 und p2 dargestellt, welche bei ihrem Durchgang durch das Sensorarray SA1 zu Empfangssignalen führen, nämlich auf Grund einer Kapazitätsänderung ΔC , wozu auf Fig. 2 verwiesen wird. Das Ziel der Anbringung von ersten Messaufnehmern als erstes Sensorarray SA1 ist die Ausbildung eines sich periodisch wiederholenden Musters der Sensitivitätsbereiche. Ein Sensitivitätsbereich ist jener Bereich in der Förderleitung 1, in welchem ein Messaufnehmer durch eine Eigenschaft des transportierten Materials beeinflussbar ist. Ein Muster der Sensitivitätsbereiche ist der Verlauf der Summe der Sensitivitäten (Gradient aus Änderung des Messaufnehmerausgangssignals bezogen auf eine Änderung der beeinflussenden Materialeigenschaft) aller Messaufnehmer entlang einer Partikeltrajektorie.

Das sich periodisch wiederholende Muster der Sensitivitätsbereiche der ersten Messaufnehmer bewirkt für mit konstanter Geschwindigkeit strömende Medien ein quasiperiodisches Signal für die Summe der Messaufnehmer. Bei langsam bewegter Mehrphasenströmung wird die Periodizität des Messsignals geringere Frequenz aufweisen als für eine schnell bewegte Strömung. Die Geschwindigkeitsinformation kann demnach aus der Frequenz des Messsignals ermittelt werden, was in der Praxis durch eine Fourier-Transformation realisiert werden kann. Eine Gewichtung der Messaufnehmersignale vor der Summation kann bei bestimmten Applikationen vorteilhaft zu einer Vorfilterung verwendet werden. Auch Funktionen höherer Ordnung zur Transformation, wie zum Beispiel Effektivwertbildung, können für manche Anwendungen sinnvoll sein.



Fig. 3 zeigt das Empfangssignal e bzw. die Kapazitätsänderung ΔC für zwei mit unterschiedlicher Geschwindigkeit v_1 bzw. v_2 bewegte Partikel p_1 und p_2 sowie die zugehörigen Fourier-Transformierten (rechts in Fig. 3).

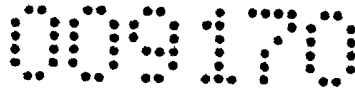
Die Erfindung geht von einer Vorrichtung nach dem Stand der Technik aus, wie sie an Hand von Beispielen (kapazitiv, optisch) soeben beschrieben wurde.

Für die präzise Bestimmung des Massenflusses, d.h. jener Masse an Material, die pro Zeiteinheit durch den Querschnitt einer Förderleitung strömt, ist es erforderlich, ein Geschwindigkeitsprofil zu ermitteln. Der Ansatz der Erfindung liegt darin, Messaufnehmer in Form zumindest eines zusätzlichen zweiten Sensorarrays so zu verteilen, dass eine räumliche Kodierung des Leitungsquerschnittes realisiert wird.

Die Anordnung von Elektroden in äquidistanten Abständen zur Bestimmung der Geschwindigkeit des geförderten Mediums ist somit in der Erfindung durch eine geeignete Anordnung von weiteren Messaufnehmern, z.B. Elektroden stromauf der Geschwindigkeitsmessung, zur räumlichen Kodierung erweitert, wobei eine eindeutige Zuweisung der Partikeltrajektorien zum entsprechenden Querschnittsgebiet der Förderleitung getroffen werden kann.

Wie in Fig. 4 gezeigt, ist es im einfachsten Fall möglich, mit zwei zusätzlichen, schräg zur Flussrichtung gestellten Messebenen ein Profil der Materialgeschwindigkeit über dem Rohrleitungsquerschnitt zu bestimmen. Die Positionen bzw. Trajektorien der Partikel können durch die Kodierung in den beiden Messebenen eindeutig bestimmt werden, wie dies in der Fig. 5 in den Zeitsignalen für zwei Partikelpositionen verdeutlicht ist. ΔI ist beispielsweise die Änderung des Lichtstroms, im Allgemeinen der Signalintensität.

Eine Kodierung wird bei dem in Fig. 4 gezeigten Ausführungsbeispiel mit Hilfe optischer Messprinzipien, nämlich Lichtquellen 5, 6 und Photodetektoren 7, 8 realisiert. Es wird entweder die Abschattung der beförderten Partikel (Durchlichtverfahren) oder die Rückstreuung von Licht durch Partikel (Streulichtverfahren) ausgewertet. In dem zweckmäßigen Aufbau nach Fig. 4 sind dem äquidistanten Abschnitt von Messaufnehmern, dem ersten Sensorarray SA1, zwei weitere, schräg angeordnete Ebenen, die im Leitungsquerschnitt gesehen um 90° gegeneinander verdreht sind, als zweites Sensorarray SA2 nachgeschaltet. In b) der Fig. 4 ist strichliert ein optisches Gitter 9 eingezeichnet, das in dem Strahlengang zwischen der Lichtquelle 5 und dem Photodetektor 7 angeordnet ist. Eine solche Anordnung aus einer einzigen Lichtquelle und einem einzigen Photodetektor in Verbindung mit einem Strichgitter kann sowohl als erstes als auch als zweites Sensorarray verwendet werden.



Weiters kann sowohl für das erste als auch für das zweite Sensorarray an Stelle einer einzigen Lichtquelle ein Array von Lichtquellen, z.B. von Laserdioden, verwendet werden, ebenso wie entweder ein einziger Photodetektor zum Einsatz kommen kann, dem das Licht aller Lichtquellen eines Arrays zugeführt ist, oder ein Array von Photodetektoren.

Durch die Schrägstellung dieser Ebenen ändern sich zwangsläufig die Abstände zwischen den Ebenen für ein achsparallel befördertes Partikel. Die Zeitunterschiede Δt_y und Δt_x im Zeitbereich wirken sich für unterschiedliche Partikeltrajektorien im Rohrquerschnitt in Form von Frequenzverschiebungen im Frequenzbereich aus und sind auf diese Weise messtechnisch erfassbar und auswertbar.

Die Partikelposition hinsichtlich der x- und y- Koordinaten kann bei einem Aufbau nach Fig. 4 berechnet werden aus:

$$x = \frac{\Delta t_x}{\Delta t} - d_x = k_1 \cdot \frac{f}{f_x} - d_x$$

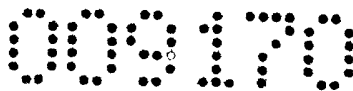
$$y = \frac{\Delta t_y}{\Delta t} - d_y = k_2 \cdot \frac{f}{f_y} - d_y$$

mit d_x und d_y als Offset.

Es ist dabei unerheblich, ob der Rohrleitungsquerschnitt eine runde oder eine quadratische Geometrie aufweist.

Aus Fig. 6 geht eine weitere Ausführungsform der Erfindung hervor, die stromab eines ersten Sensorarrays ein zweites Sensorarray SA2 in Form eines aufgefächerten Gitters zur Bestimmung der Partikelpositionen besitzt, wobei die Darstellungen b) und c) der Fig. 6 beispielhafte Messsignale für zwei unterschiedliche Partikeltrajektorien bzw. Partikel p1 und p2 zeigen. Mit $d_{\min}$ und $d_{\max}$ sind der minimale bzw. maximale Abstand zwischen zwei Sensorelementen bezeichnet, mit ΔS die Änderung der Signalstärke.

An dieser Stelle sei auf eine in der Praxis nicht unwichtige Ausgestaltung der ersten bzw. zweiten Sensorarrays hingewiesen. Um bei Vorhandensein lediglich eines Ausgangssignals, wie dies z.B. bei kapazitiven Sensorelementen oft der Fall ist, eine Trennung der Ausgangssignale eines ersten von jenen eines zweiten Sensorarrays einfach vornehmen zu können, werden die entsprechenden Arrays so ausgelegt, dass sie Signale in unterschiedlichen, technisch leicht, z.B. mittels Bandpässen trennbare Frequenzbereichen liefern. Dies wird



durch deutlich unterscheidbare Gitterabstände – Abstände der Sensorelemente – ermöglicht und Fig. 6 zeigt dies in augenscheinlicher Weise.

Fig. 7 zeigt an Hand von zwei Diagrammen die spektrale Energieverteilung PSD für den Fall geringerer Geschwindigkeit und einer höheren Partikelkonzentration im unteren Rohrquerschnitt (Fig. 7a) bzw. für den Fall einer höheren Geschwindigkeit und einer höheren Partikelkonzentration im oberen Rohrquerschnitt (Fig. 7b).

Wie in den Fig. 8 und 9 gezeigt, kann die gewünschte räumliche Kodierung durch eine eindeutige Sequenz breiter und schmaler Abstände von Messaufnehmern dem äquidistanten ersten Sensorarray SA1 vor- und/oder nachgeschaltet sein. Fig. 8 zeigt einen stromauf des ersten Sensorarrays legendes zweites Sensorarray SA2 und für vier Partikel p1, p2, p3 und p4 die entsprechenden Signale ΔC , wogegen in Fig. 9 eine Vorrichtung nach der Erfindung dargestellt ist, bei welcher sowohl stromauf des ersten Sensorarrays SA1 als auch stromab von diesem ersten Sensorarray SA1 je ein zweites Sensorarray SA2' und SA2'' angeordnet ist.

Man erkennt, dass sich abhängig von der Position bzw. abhängig von der Trajektorie eines mit konstanter Geschwindigkeit durch den Messaufbau beförderten Feststoffpartikels p1...p4 geometriebedingt ein eindeutiges Signalmuster ergibt, das entsprechend der Geschwindigkeit in der Zeitachse gestaucht und gedehnt sein kann, wozu auf die Darstellungen der Fig. 8 und 9 unter b) verwiesen wird. Dieses Signalmuster erlaubt eine räumliche Detektion und somit die Bestimmung eines Geschwindigkeitsprofils.

Unter Nutzung der Tatsache, dass kleine Partikel zu einer entsprechend geringen Erhöhung der Dielektrizitätszahl eines Einheitsvolumens beitragen, wogegen große Partikel einen höheren Einfluss auf die Dielektrizitätszahl und in der Folge auf das kapazitive Messsignal haben, lassen sich bei Kenntnis der Partikelpositionen und ihrer deterministischen Empfindlichkeiten für die Anordnung der Messaufnehmer die Partikelgrößen und die Verteilung der Partikel bestimmen. Für optische Prinzipien hat die Partikelgröße ebenfalls einen Einfluss auf das Messsignal. Hier werden Abschattung oder Rückstreuung von der Größe der Partikel beeinflusst. Die Partikelhäufigkeiten bzw. deren Verteilung kann aus der Varianz der Messsignale geschätzt werden. Sowohl für optische als auch für kapazitive Messprinzipien liefert der Zusammenhang zwischen Signalamplituden, hervorgerufen durch strömende Partikel, und der Signalleistung des Messsignals eine zweckmäßige Bestimmung der Partikeldimensionen.

Fig. 10 zeigt den oben bereits mehrfach beschriebenen Messablauf mit einer Vorrichtung nach der Erfindung nochmals an Hand eines prinzipiellen Ablaufdiagramms. Unter „Analy-

se Frequenzbereich 1 bzw. Frequenzbereich 2“ ist die mögliche Aufspaltung der Frequenzbereiche zu verstehen, wie sie weiter oben in Zusammenhang mit Fig. 5 bereits erläutert wurde.

Um eine Plausibilitätsprüfung zu implementieren, ist es auch möglich, eine weitere, redundante stromab liegende Ebene mit einer zweiten Vorrichtung gemäß der Erfindung vorzusehen, d.h. eine Verdopplung vorzunehmen und eine Korrelation zwischen stromaufwärts und stromabwärts liegenden Ebenen zu berechnen. Für den Fall stark turbulenter Strömung und Partikeltrajektorien, die besonders von einer achsparallelen Bahn abweichen ist das Korrelationsergebnis sehr schlecht und kann verworfen werden. Wenn gleich die Strömung im allgemeinen innerhalb einer Leitung mit geschlossenem Querschnitt geführt sein wird, ist die Erfindung auch auf nicht allseitig begrenzte Strömungen anwendbar, wie auf einen an der Oberseite offenen Kanal oder auf einen Abschnitt einer nicht im engeren Sinn begrenzten Strömung, wie einer Meeresströmung. Ebenso ist es für das erfindungsgemäße Messprinzip belanglos, welche Sensoren in den Sensorarrays verwendet werden, wobei auch das Messprinzip des ersten Sensorarrays ein anderes sein kann, als jenes des zweiten Sensorarrays. Die Erfindung ist natürlich nicht auf optische oder kapazitive Messprinzipien eingeschränkt, sondern es können in Abhängigkeit von Größe und Dichte der „Partikel“ zu deren Erfassung in ersten und zweiten Sensorarrays beispielsweise auch Gamma- oder Beta-Strahlen eingesetzt werden oder auch Ultraschall.

Wien, den 9. August 2007

ANSPRÜCHE

1. Vorrichtung zum Bestimmen von Strömungsparametern einer Partikel - Fluidum - Strömung, mit einem auf Partikel ansprechenden Sensorarray (SA1) , welches in Ebenen normal/schräg zur Strömungsrichtung (z) eine äquidistante Teilung aufweist, sowie mit einer Auswerteeinheit (4) , welcher die auf Partikeldurchgänge zurückzuführenden Signale (e) der Sensoreinheit zugeführt sind und die zur Ermittlung einer Partikelgeschwindigkeit auf Basis dieser Signale eingerichtet ist,

dadurch gekennzeichnet, dass

zusätzlich zu dem ersten Sensorarray (SA1) ein zweites Sensorarray (SA2; SA2', SA2'') vorgesehen ist, welches innerhalb von Ebenen normal/schräg zur Strömungsrichtung eine unterschiedliche Teilung aufweist, und deren Signale gleichfalls der Auswerteeinrichtung (4) zugeführt sind, welche dazu eingerichtet ist, aus den ihr von beiden Arrays zugeführten Signalen eine Partikelgeschwindigkeit als Funktion des Ortes in Ebenen senkrecht zur Strömungsrichtung zu ermitteln.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das erste und das zweite Sensorarray (SA1, SA2) in Strömungsrichtung gesehen in Abstand voneinander angeordnet sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das erste und/oder das zweite Sensorarray (SA2; SA2', SA2'') als Elektrodenarray innerhalb und/oder außerhalb der Strömung ausgebildet ist.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das erste und/oder zweite Sensorarray ein optisches Gitter (9) aufweist, welches ebenso wie ein Strömungsabschnitt im Strahlengang zwischen einer Lichtquelle (5, 6) und einem Fotodetektor (7, 8) liegt.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das erste und/oder zweite Sensorarray ein Array von Lichtquellen aufweist, in deren Strahlengang ein Strömungsabschnitt sowie ein Photodetektor liegen.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das erste und/oder zweite Sensorarray (SA1, SA2) ein Array von Fotodetektoren (7, 8) besitzt, welches

von einer Lichtquelle ausgesandtes, einen Strömungsabschnitt durchsetzendes Licht auf-
fängt.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das erste
das zweite Sensorarray (SA1, SA2) solche Teilungen aufweisen, dass die Ausgangssignale
dieser Arrays in deutlich unterscheidbaren Frequenzbereichen liegen.

Wien, den 9. August 2007

Fig. 1

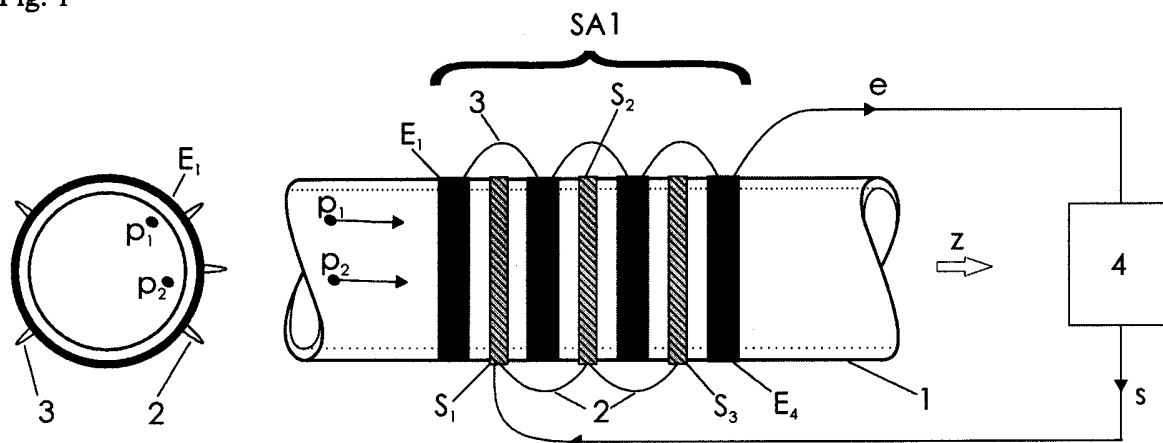


Fig. 2

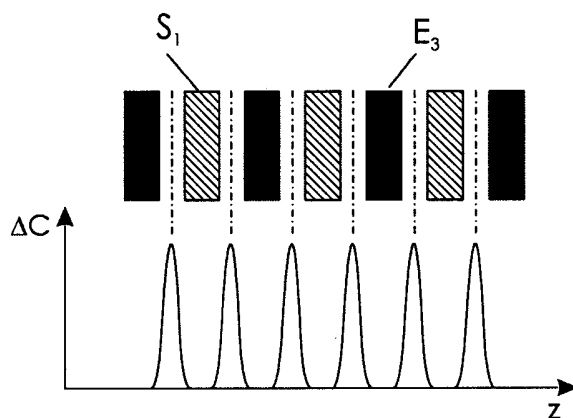


Fig. 3

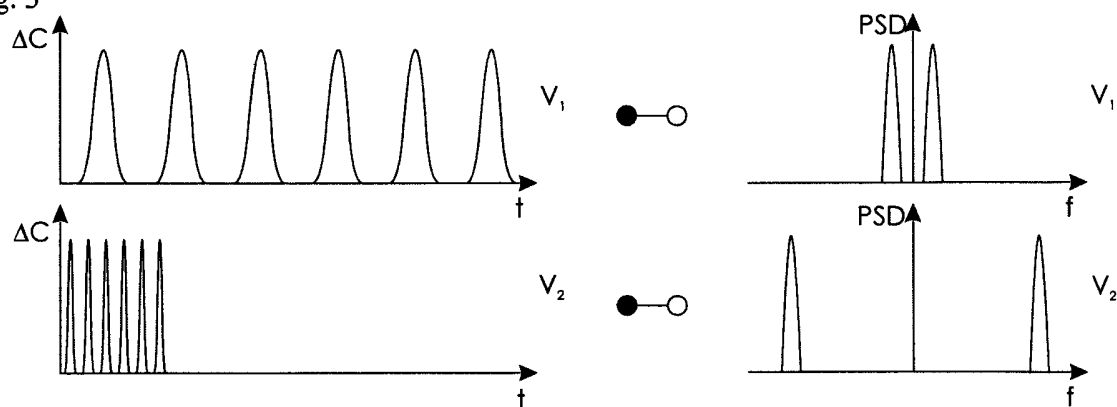


Fig. 4

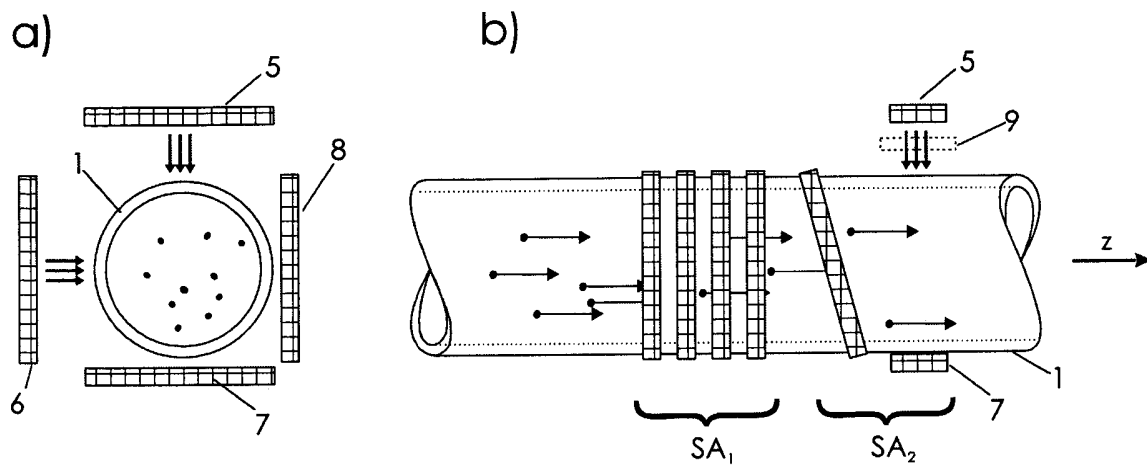


Fig. 5

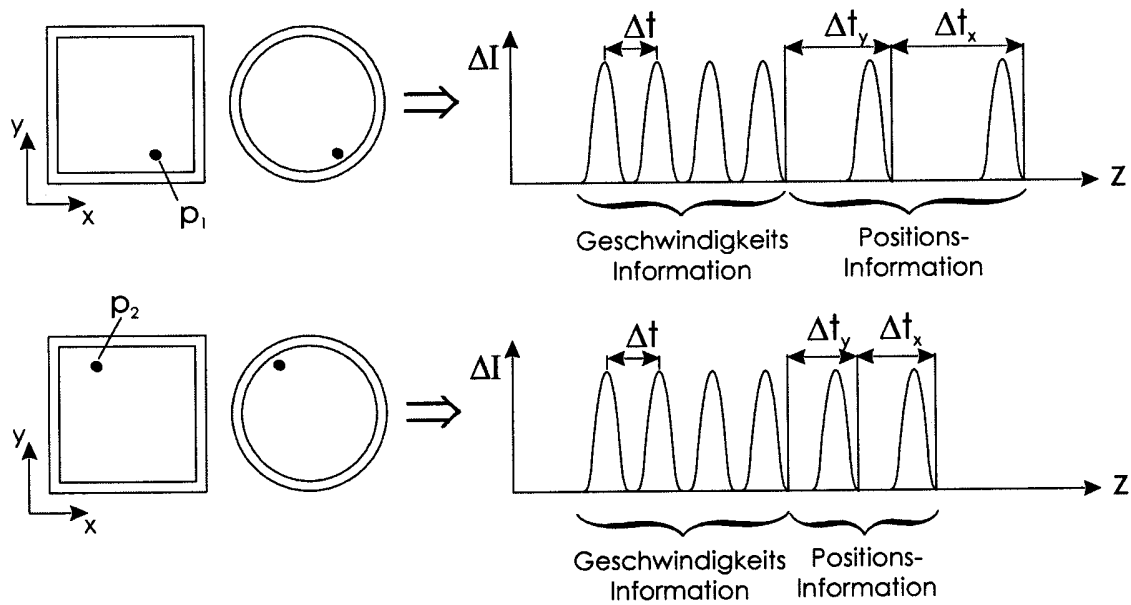


Fig. 6

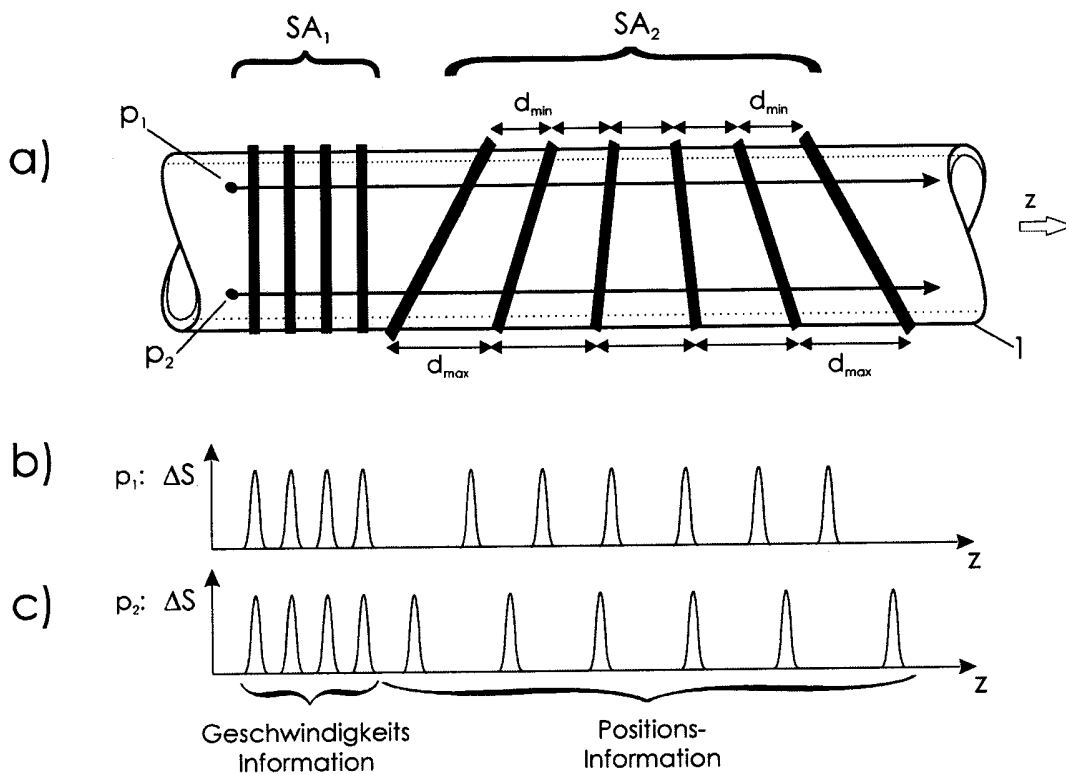


Fig. 7

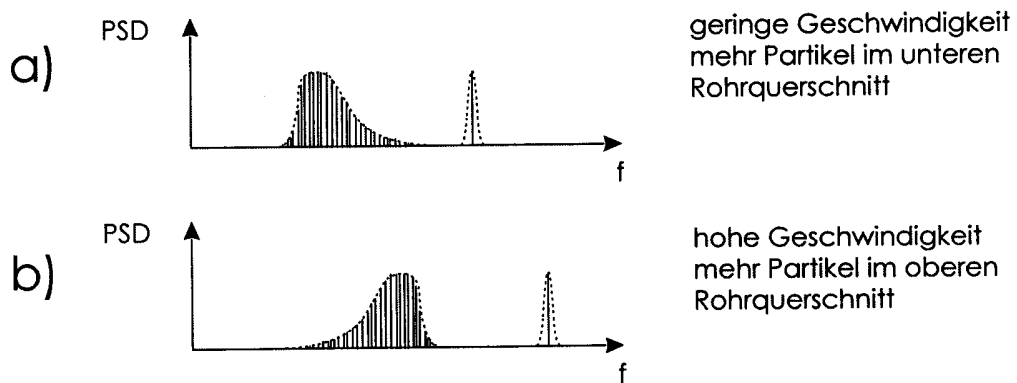


Fig. 8

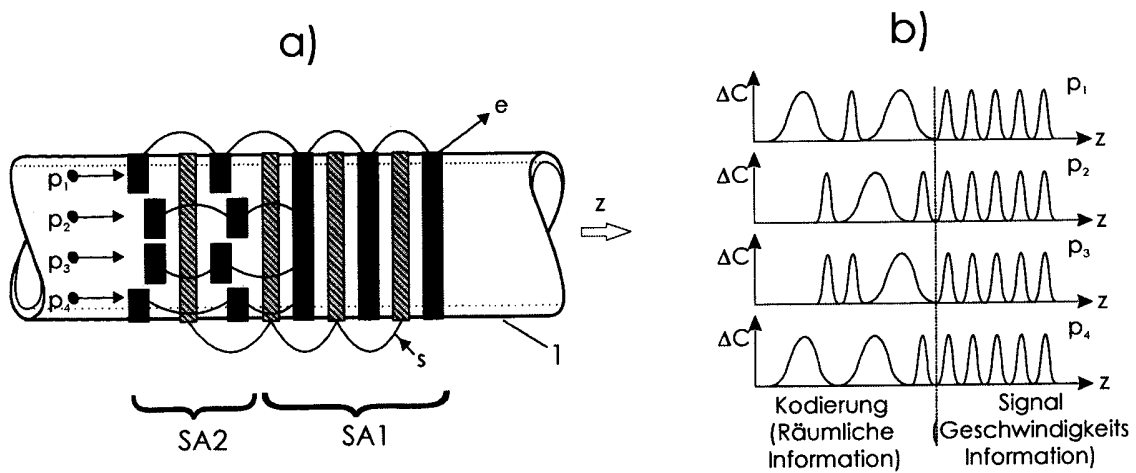


Fig. 9

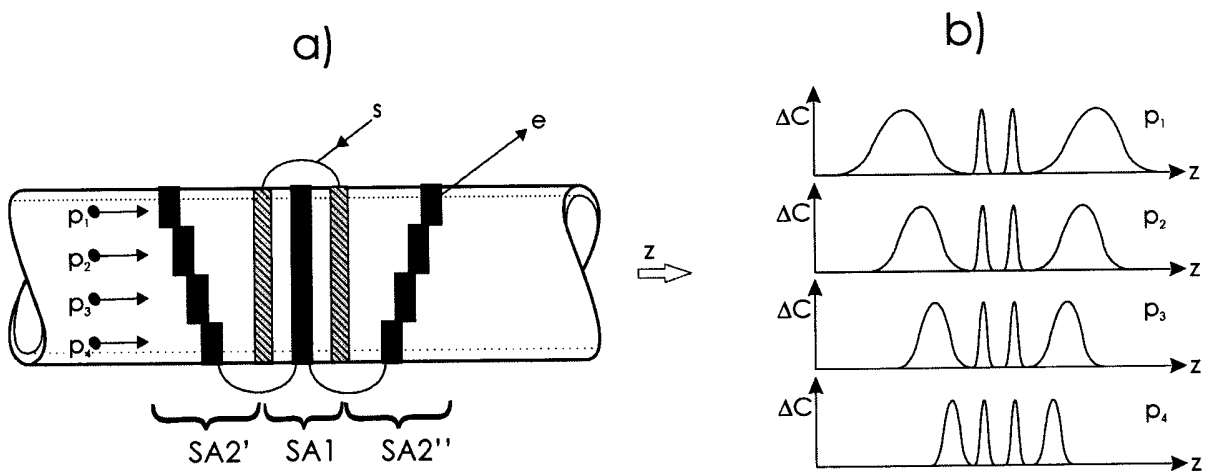
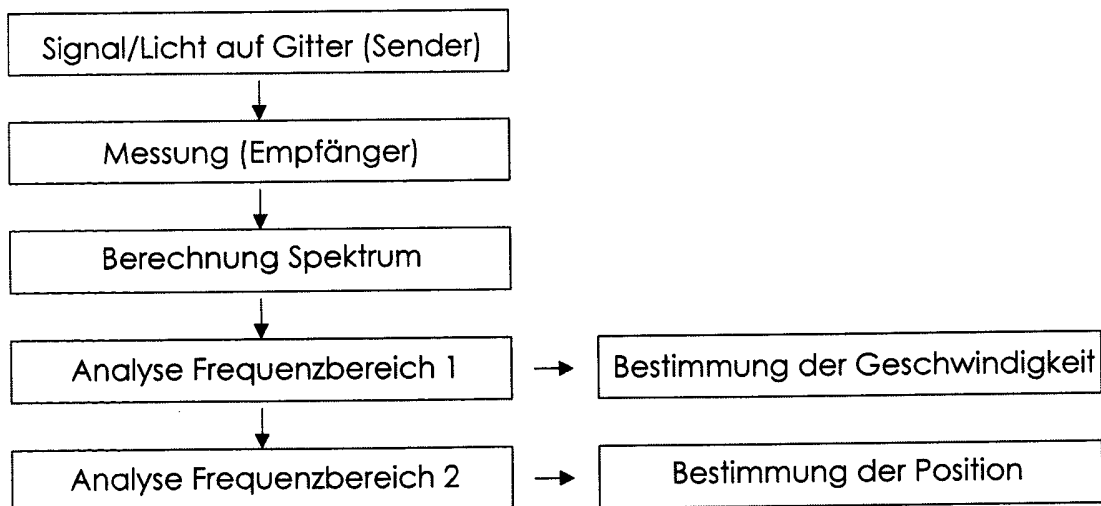


Fig. 10



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC ⁸ : G01F 1/74 (2006.01); G01F 1/704 (2006.01); G01F 1/56 (2006.01); G01F 1/58 (2006.01); G01P 5/18 (2006.01); G01P 5/22 (2006.01)		
Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß ECLA: G01F 1/74; G01F 1/704; G01F 1/56; G01F 1/58D; G01P 5/18; G01P 5/22; G01F 1/704;		
Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation): G01F, G01P		
Konsultierte Online-Datenbank: EPOQUE Volltext, WPI, IEEEExplore		
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 9. August 2007 eingereichten Ansprüchen 1 - 7 erstellt.		
Kategorie ⁹⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	US 2007/083340 A1 (BAILEY); 12. April 2007 (12.04.2007) <i>Absätze [0012] - [0014];</i>	1
A	<i>fig. 1 - 4</i> --	2 - 7
A	DE 32 35 750 A1 (ENDRESS UND HAUSER); 29. März 1984 (29.03.1984) <i>Seiten 3 - 11; fig. 1 - 3</i> --	1 - 7
A	Fuchs, A et al.: "Flow-Velocity Measurement for Bulk Granular Solids in Pneumatic Conveyor Pipes Using Random-Data Correlator Architecture" IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol. 55, No. 4, Aug. 2006; pp. 1228 - 1234 DOI: 10.1109/TIM.2006.876569 <i>Kapitel I - III</i> --	1 - 7
A	WO 2007/041735 A1 (TECHNISCHE UNIVERSITÄT GRAZ); 19. April 2007 (19.04.2007) <i>Zusammenfassung; fig. 1</i> ----	1 - 7
Datum der Beendigung der Recherche: 11. Juni 2008		☐ Fortsetzung siehe Folgeblatt Prüfer(in): Dipl.-Ing. BAUER
⁹⁾ Kategorien der angeführten Dokumente: X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung : der Anmeldungs- gegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung : der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist. A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert. P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde. E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein älteres Recht hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). & Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.		