

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 1 555 440 A2**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

**20.07.2005 Patentblatt 2005/29**

(51) Int Cl.7: **F04D 29/30, F04D 29/44**

(21) Anmeldenummer: **04029745.9**

(22) Anmeldetag: **15.12.2004**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HU IE IS IT LI LT LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

**AL BA HR LV MK YU**

• **Castor, Frank**

**73730 Esslingen (DE)**

• **Nicolai, Manfred**

**70567 Stuttgart (DE)**

• **Rose, Thomas**

**70374 Stuttgart (DE)**

(30) Priorität: **13.01.2004 DE 102004001845**

(71) Anmelder: **J. Eberspächer GmbH & Co. KG**  
**73730 Esslingen (DE)**

(74) Vertreter:

**Ruttensperger, Bernhard, Dipl.-Phys. et al**  
**Weickmann & Weickmann**

**Patentanwälte**

**Postfach 86 08 20**

**81635 München (DE)**

(72) Erfinder:

• **Krüger, Jan**

**73765 Neuhausen (DE)**

(54) **Förderorgan, insbesondere Rotor oder Stator, zur Förderung eines fließfähigen, vorzugsweise gasförmigen, Mediums**

(57) Ein Förderorgan, insbesondere Rotor oder Stator, zur Förderung eines fließfähigen, vorzugsweise gasförmigen, Mediums, umfasst eine Mehrzahl von in einer Umfangsrichtung (U) um eine Zentralachse (A) mit Umfangsabstand aufeinander folgend angeordneten Schaufeln (S1-S7), wobei in einer wenigstens einen Teil der Schaufeln (S1-S7) umfassenden Gruppe von in einer Umfangsrichtung (U) unmittelbar aufeinander folgende Schaufeln entweder ein erster Umfangsabstand (a) oder ein von dem ersten Umfangsabstand (a) sich unterscheidender zweiter Umfangsabstand (b) zu einer in Umfangsrichtung (U) jeweils folgenden Schaufel vorgesehen ist und wobei zwischen wenigstens zwei einander unmittelbar benachbarten Schaufeln (S1-S7) der erste Umfangsabstand (a) vorgesehen ist und zwischen wenigstens zwei einander unmittelbar benachbarten Schaufeln (S1-S7) der zweite Umfangsabstand vorgesehen ist.

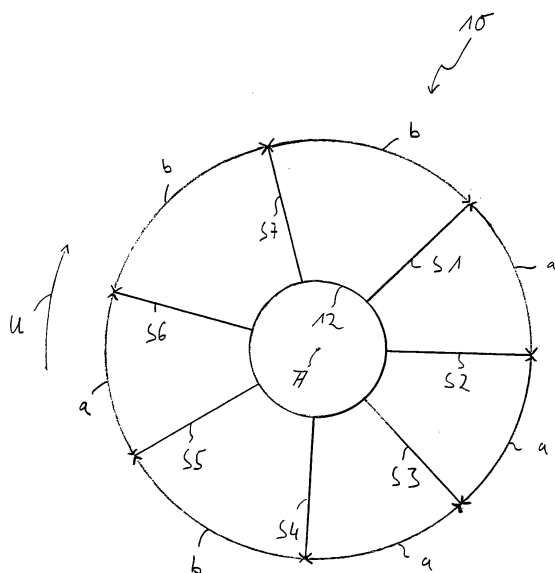


Fig. 1

EP 1 555 440 A2

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Förderorgan, also beispielsweise einen Rotor oder einen Stator, durch welches ein fließfähiges Medium, im Allgemeinen ein gasförmiges Medium, beispielsweise aber auch ein flüssiges Medium, vorangefördert wird.

**[0002]** Beispielsweise bei so genannten Seitenkanalgebläsen, wie sie in Standheizungen oder Zuheizern von Kraftfahrzeugen zum Fördern der Verbrennungsluft zum Einsatz kommen, ist ein halbschalenartig ausgestaltetes Förderrad mit einer Mehrzahl von in Umfangsrichtung um eine Drehachse dieses Förderrads aufeinander folgenden Schaufeln ausgestattet. Dieses Förderrad rotiert mit seinem die Schaufeln tragenden Bereich über einem Ringkanal an einem Gehäuse, der an seiner dem Förderrad zugewandten Seite offen ist. Durch die Rotation des Förderrads wird die zu fördernde Luft durch eine Einlassöffnung angesaugt, komprimiert bzw. vorangefördert und im Bereich einer Auslassöffnung wieder abgegeben. Zwischen der Einlassöffnung und der Auslassöffnung ist ein so genannter Unterbrecher, durch welchen der ansonsten ringförmig durchlaufende, im Gehäuse vorgesehene Kanal unterbrochen ist.

**[0003]** Durch die im Förderbetrieb periodisch auftretende Vorbeibewegung von Schaufeln an feststehenden Komponentenbereichen, wie z.B. dem Unterbrecher, werden periodische Anregungen erzeugt. Die Anregungsfrequenz entspricht dabei der Drehzahl des Förderrads multipliziert mit der Anzahl der am Förderrad vorgesehenen Schaufeln. Durch diese Anregung kann ein so genannter Schneidenton mit einer charakteristischen Frequenz beispielsweise im Bereich von etwa 1500 Hz erzeugt werden, der dem sonstigen Geräuschspektrum überlagert ist und über dieses Spektrum deutlich hinausragt. Um die Wahrnehmbarkeit dieses Tons bzw. derartiger Geräusche zu mindern, werden häufig Schalldämpfer eingesetzt, um das Transportieren der Geräusche in dem geförderten Medium, also der Luft, zu erschweren.

**[0004]** Aus der DE 39 39 957 A1 ist ein Seitenkanalgebläse bekannt, bei dem zum Vermeiden derartiger charakteristischer Geräusche die Schaufeln in unregelmäßigem Relativabstand zueinander angeordnet sind. Hier wird ein Abweichungsbereich des gegenseitigen Abstands im Bereich von  $\pm 20\%$  vorgeschlagen, wobei die Verteilung grundsätzlich statistisch sein soll, ggf. sogar lauter unterschiedliche Abstände vorgesehen sein sollen, gleichwohl jedoch das Auftreten einer Unwucht durch entsprechende Schaufelpositionierung verhindert werden soll.

**[0005]** Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Förderorgan, insbesondere einen Rotor oder einen Stator, zur Förderung eines fließfähigen Mediums vorzusehen, durch welches Förderorgan die Erzeugung betriebscharakteristischer Geräusche weiter vermindert werden kann.

**[0006]** Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch ein Förderorgan, insbesondere Rotor oder Stator, zur Förderung eines fließfähigen, vorzugsweise gasförmigen, Mediums, umfassend eine Mehrzahl von in einer Umfangsrichtung um eine Zentralachse mit Umfangsabstand aufeinander folgend angeordneten Schaufeln, wobei in einer wenigstens einen Teil der Schaufeln umfassenden Gruppe von in einer Umfangsrichtung unmittelbar aufeinander folgenden Schaufeln entweder ein erster Umfangsabstand oder ein von dem ersten Umfangsabstand sich unterscheidender zweiter Umfangsabstand zu einer in Umfangsrichtung jeweils folgenden Schaufel vorgesehen ist und wobei zwischen wenigstens zwei einander unmittelbar benachbarten Schaufeln der erste Umfangsabstand vorgesehen ist und zwischen wenigstens zwei einander unmittelbar benachbarten Schaufeln der zweite Umfangsabstand vorgesehen ist.

**[0007]** Elementar ist bei der vorliegenden Erfindung, dass durch den Übergang von einer hinsichtlich des gegenseitigen Umfangsabstands statistischen Verteilung der Schaufeln, also im Prinzip des statistischen Auswählens des gegenseitigen Umfangsabstands aus einem beliebigen, gleichwohl begrenzten Umfangsabstandsbereich, zu lediglich zwei möglichen Umfangsabständen zumindest bei einer Gruppe der Schaufeln eine im Vergleich zur statistischen Umfangsverteilung mit einer Vielzahl beliebiger Umfangsabstände eine deutlich bessere Geräuschqualität erlangt werden kann.

**[0008]** Dabei ist es vorteilhaft, wenn bei der Gruppe von Schaufeln der erste Umfangsabstand und der zweite Umfangsabstand wenigstens zweimal vorkommen, vorzugsweise wenn bei allen Schaufeln an dem Förderorgan der Umfangsabstand zu einer in der Umfangsrichtung unmittelbar folgenden Schaufel entweder der erste Umfangsabstand oder der zweite Umfangsabstand ist. Grundsätzlich können aber im Vergleich zur Positionierung der Schaufeln mit einer Vielzahl verschiedener Umfangsabstände zueinander auch dann bereits eine deutlich verbesserte Geräuschqualität erzielt werden, wenn die Gruppe von Schaufeln wenigstens die Hälfte der an dem Förderorgan vorgesehenen Schaufeln umfasst bzw. wenn nur bei einer Schaufel der Umfangsabstand zu einer in der Umfangsrichtung unmittelbar folgenden Schaufel nicht der erste und auch nicht der zweite Umfangsabstand ist.

**[0009]** Bei einer weiter optimierten Variante des erfindungsgemäßen Förderorgans kann vorgesehen sein, dass bei den Schaufeln der Gruppe von Schaufeln in der Umfangsrichtung die Abfolge von erstem Umfangsabstand und zweitem Umfangsabstand einer pseudostatistischen Binärfolge oder einer Teilsequenz davon entspricht, wobei jeder der beiden Binärzustände einem Umfangsabstand von erstem Umfangsabstand und zweitem Umfangsabstand entspricht. Durch die Auswahl der Verteilung der Umfangsabstände in der Gruppe von Schaufeln gemäß einer pseudostatistischen Binärfolge, im Allgemeinen auch Maximalfolge genannt,

kann ein nahezu gleichförmiges Rauschen ohne charakteristische Frequenzerhöhungen erlangt werden.

**[0010]** Insbesondere kann bei dem erfindungsgemäßen Förderorgan vorgesehen sein, dass die Anzahl  $n$  der Schaufeln definiert ist durch

$$n=2^Z - 1,$$

wobei:  $Z=2,3,4,5,6,\dots$ , also eine positive ganze Zahl größer als 1, ist.

**[0011]** Weiter ist vorzugsweise vorgesehen, dass ein Umfangsabstand von erstem Umfangsabstand und zweitem Umfangsabstand bei der Gruppe von Schaufeln mit einer Häufigkeit von  $0,5 \times 2^Z$  vorkommt und der andere Umfangsabstand von erstem Umfangsabstand und zweitem Umfangsabstand mit einer Häufigkeit von  $0,5 \times 2^Z - 1$  vorkommt.

**[0012]** Um insbesondere auch unter Berücksichtigung der Anzahl an Schaufeln in einfacher Art und Weise eine Vorgabe für den ersten Umfangsabstand bzw. den zweiten Umfangsabstand machen zu können, wird weiter vorgeschlagen, dass der erste Umfangsabstand und der zweite Umfangsabstand als Winkelabstand repräsentiert sind durch:

$$\text{erster Umfangsabstand (a)} = \alpha_0 - \beta$$

$$\text{zweiter Umfangsabstand (b)} = \alpha_0 + \beta$$

wobei:

$\alpha_0$  = Winkelbereich, der durch die Gruppe von Schaufeln belegt ist, geteilt durch  $n$

$n$  = Anzahl der Umfangsabstände

$\beta$  = Umfangsabstand-Veränderungsbetrag

wobei weiter gilt:

$$\beta < 180^\circ / n.$$

**[0013]** Es sei hier darauf hingewiesen, dass in einem Fall, in dem die Gruppe von Schaufeln alle Schaufeln des Förderorgans umfasst, auch zwischen der ersten Schaufel der Gruppe und der letzten Schaufel der Gruppe der erste Umfangsabstand oder der zweite Umfangsabstand vorgesehen sein kann, so dass die Gruppe in sich ringartig geschlossen ist. Dies bedeutet, dass die Anzahl der Zwischenräume zwischen einzelnen Schaufeln der Gruppe von Schaufeln gleich der Anzahl an Schaufeln ist. Ist der Abstand zwischen der ersten Schaufel und der letzten Schaufel nicht der erste Umfangsabstand oder der zweite Umfangsabstand oder umfasst die Gruppe von Schaufeln nicht alle Schaufeln, so ist die Anzahl der Zwischenräume zwischen den ein-

zelnen Schaufeln der Gruppe von Schaufeln um 1 kleiner als die Anzahl der Schaufeln, wenn die erste Schaufel, welche zu einer in Umfangsrichtung folgenden Schaufel dann nicht den ersten Umfangsabstand und auch nicht den zweiten Umfangsabstand aufweist, noch als die Gruppe beendende Schaufel interpretiert wird. Wird diese Schaufel nicht der Gruppe zugerechnet, so endet die Gruppe von Schaufeln hinsichtlich des durch diese belegten Winkelbereichs mit einem Umfangsabstand, so dass grundsätzlich der gleiche Belegungswinkel angenommen werden kann, wie in dem Fall, in dem die vorangehend angesprochene Schaufel noch der Gruppe zugerechnet wird, jedoch die Anzahl der Schaufeln der Anzahl an Umfangsabständen der Gruppe entspricht. In dem Fall, in dem die Gruppe von Schaufeln alle Schaufeln umfasst und überdies ringartig geschlossen ist, d.h. an dem Förderorgan überhaupt nur der erste Umfangsabstand und der zweite Umfangsabstand vorkommen, entspricht der von der Gruppe von Schaufeln, also allen Schaufeln, belegte Winkelbereich dem gesamten Winkelbereich von  $360^\circ$ . Ist beispielsweise zwischen der ersten Schaufel und der letzten Schaufel nicht der erste Umfangsabstand oder der zweite Umfangsabstand vorgesehen oder umfasst die Gruppe von Schaufeln nicht alle Schaufeln, so ist der von dieser Gruppe belegte Winkelbereich von der ersten Schaufel bis zur letzten Schaufel der Gruppe von Schaufeln grundsätzlich kleiner als  $360^\circ$ .

**[0014]** Alternativ kann vorgesehen sein, dass der erste Umfangsabstand und der zweite Umfangsabstand als Winkelabstand repräsentiert sind durch:

$$\text{erster Umfangsabstand (a)} = \alpha_0 - \beta + \Delta$$

$$\text{zweiter Umfangsabstand (b)} = \alpha_0 + \beta + \Delta$$

wobei:

$\alpha_0$  = Winkelbereich, der durch die Gruppe von Schaufeln belegt ist, geteilt durch  $n$

$n$  = Anzahl der Umfangsabstände

$\beta$  = Umfangsabstand-Veränderungsbetrag

wobei weiter gilt:

$$\beta < 180^\circ / n$$

und

$$\Delta = +x \cdot \beta / n,$$

wenn in der Gruppe von Schaufeln die Häufigkeit des ersten Umfangsabstands um die Anzahl  $x$  größer ist als die Häufigkeit des zweiten Umfangsabstands,

$$\Delta = -x \cdot \beta/n,$$

wenn in der Gruppe von Schaufeln die Häufigkeit des zweiten Umfangsabstands um  $x$  größer ist als die Häufigkeit des ersten Umfangsabstands.

**[0015]** Bei dieser Variante wird berücksichtigt, dass der erste Umfangsabstand und der zweite Umfangsabstand ggf. nicht mit gleicher Häufigkeit auftreten und insofern durch Einführen des Korrekturterms  $\Delta$  sichergestellt werden kann, dass alle Schaufeln der Gruppe jeweils zur in Umfangsrichtung folgenden Schaufel der Gruppe entweder den ersten oder den zweiten Umfangsabstand aufweisen können.

**[0016]** Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend mit Bezug auf die beiliegenden Figuren detailliert beschrieben. Es zeigt:

Fig. 1 den prinzipiellen Aufbau eines erfindungsgemäß ausgestalteten Förderrads;

Fig. 2 eine Detailansicht des in Fig. 1 dargestellten Förderrads.

**[0017]** Der Aufbau eines erfindungsgemäßen Förderorgans wird nachfolgend mit Bezug auf ein in Fig. 1 allgemein mit 10 bezeichnetes Förderrad beschrieben, wie es beispielsweise Einsatz finden kann bei einem so genannten Seitenkanalgebläse. Der weitere Aufbau eines derartigen an sich bekannten Seitenkanalgebläses wird hier nicht weiter erläutert. Es sei diesbezüglich aber beispielsweise auf die eingangs erwähnte DE 39 39 957 A1 verwiesen, die diesen grundsätzlichen Aufbau zeigt.

**[0018]** Das erfindungsgemäße Förderrad 10 weist an einer Nabe 12, die gleichermaßen eine Schale oder ein Gehäuse des Förderrads 10 repräsentiert, eine Mehrzahl von in Umfangsrichtung um eine Drehachse oder ein Zentrum A dieses Förderrads 10 aufeinander folgend verteilten Schaufeln S1-S7 auf. Man erkennt, dass die in der Umfangsrichtung U aufeinander unmittelbar folgenden Schaufeln zueinander entweder einen Umfangsabstand  $a$  aufweisen oder einen Umfangsabstand  $b$  aufweisen. Es ergibt sich somit eine Abfolge von Umfangsabständen  $a$ ,  $b$ , die wiedergegeben ist durch die Binärfolge:

$a \ a \ a \ b \ a \ b \ b.$

**[0019]** Diese Binärfolge, von welcher jeder der beiden Binärzustände  $a$  bzw.  $b$  einen der beiden hier möglichen Winkelabstände zwischen zwei unmittelbar benachbarten Schaufeln  $S_i$ ; ( $i=1...7$ ) repräsentiert, entspricht im dargestellten Beispiel einer so genannten pseudostatistischen Binärfolge bzw. Maximalfolge dritter Ordnung. Eine derartige pseudostatistische Binärfolge dritter Ordnung hat  $2^3-1$  ( $=7$ ) Glieder, von welchen hier also jedes einen Umfangsabstand repräsentiert. Es sei hier darauf hingewiesen, dass im Sinne der vorliegenden Erfindung der Ausdruck "Umfangsabstand" bedeutet, welche Umfangslage bzw. Relativ-Umfangslage die einzelnen

Schaukeln  $S_i$  an dem Förderorgan einnehmen. Beispielsweise kann der Umfangsabstand, insofern er als Winkelabstand repräsentiert ist, den Umfangswinkel zwischen zwei Referenzpunkten oder Referenzbereichen an den in Betrachtung stehenden Schaufeln wiedergeben, wobei die an den verschiedenen Schaufeln auszuwählenden Referenzpunkte oder Referenzbereiche einander entsprechen.

**[0020]** Man erkennt also, dass bei dem in Fig. 1 gezeigten Schaufelrad einerseits die Anzahl der Schaufeln S1-S7 der Anzahl der Glieder einer pseudostatistischen Binärfolge dritter Ordnung entspricht, also gleich 7 ist, und dass darüber hinaus auch die Abfolge der Binärzustände, die in dieser Binärfolge vorhanden sind, der Abfolge einer pseudostatistischen Binärfolge dritter Ordnung entspricht. Dies ist selbstverständlich nicht die einzige pseudostatistische Binärfolge dritter Ordnung. Vielmehr kann durch zyklisches Vertauschen der Endglieder dieser Binärfolge insgesamt eine Gruppe von sieben derartigen pseudostatistischen Binärfolgen dritter Ordnung ermittelt werden.

**[0021]** Durch die Anordnung der einzelnen Schaufeln  $S_i$  in der angegebenen Abfolge, also in dem Muster einer pseudostatistischen Binärfolge, wird erreicht, dass die bei Vorbeibewegung an einer feststehenden Baugruppe, wie z.B. dem Unterbrecher eines Seitenkanalgebläses, erzeugten Geräusche ein kontinuierliches Spektrum im Wesentlichen in Form eines weißen Rauschens ergeben, ohne dass bei bestimmten Frequenzen herausragende Überhöhungen des Spektrums vorhanden wären. Somit wird das Auftreten sogenannter Schneidentöne bei Seitenkanalgebläsen, die mit dem erfindungsgemäßen Förderrad 10 ausgestaltet sind, vermieden.

**[0022]** Im Folgenden wird auch unter Bezugnahme auf die Fig. 2 beschrieben, wie die einzelnen Winkelabstände  $a$  und  $b$  bei dem in Fig. 1 gezeigten Förderrad 10 ermittelt werden. Man erkennt in Fig. 2 einen Ausschnitt, der zwei unmittelbar aufeinander folgende Schaufeln  $S_i$  und  $S_{i+1}$  zeigt. Diese weisen den Winkelabstand  $b$  zueinander auf. Dieser Winkelabstand  $b$  setzt sich aus insgesamt drei Winkelanteilen zusammen. Dies ist zum einen ein Winkel  $\alpha_0$ , und sind zum anderen zwei kleinere Winkel  $\beta$  und  $\Delta$ . Der Winkel  $\alpha_0$  entspricht einem Grundwinkel, der beispielsweise dadurch ermittelt werden kann, dass der gesamt zur Verfügung stehende Winkelbereich von  $360^\circ$  geteilt wird durch die Anzahl  $n$  der bei dem Förderrad 10 vorhandenen Schaufeln bzw. Umfangsabstände  $a$ ,  $b$ . Im Falle des Förderrads 10 der Fig. 1 wäre die Anzahl  $n$  gleich 7, so dass sich für den Grundwinkel  $\alpha_0$  ein Wert von etwa  $51,4^\circ$  ergibt.

**[0023]** Der Winkel  $\beta$  repräsentiert einen Veränderungswinkel, um welchen die unmittelbar aufeinander folgenden Schaufeln  $S_i$  und  $S_{i+1}$  grundsätzlich bezüglich einander ausgehend vom Grundwinkel  $\alpha_0$  zueinander verschoben sind. Im Falle des größeren der beiden möglichen Winkelabstände  $b$  wird also der Verände-

rungswinkel  $\beta$  zu dem Grundwinkel  $\alpha_0$  hinzugezählt. In der Fig. 1 erkennt man weiter, dass der größere Winkelabstand  $b$  nur dreimal vorkommt, während der kleinere Winkelabstand  $a$  viermal vorkommt. Dies ist unter anderem eine Folge davon, dass in jeder pseudostatistischen Binärfolge, die grundsätzlich eine ungerade Anzahl an Gliedern aufweist, einer der Binärzustände einmal mehr vorkommt, als der andere Binärzustand. Im vorliegenden Falle ist der Binärzustand  $a$ , also der kleinere Winkelabstand  $a$ , einmal öfter vorhanden, als der Winkelabstand  $b$ . Würde man den Grundwinkel  $\alpha_0$  zum Ermitteln der Winkelabstände  $a$  und  $b$  nunmehr jeweils um den Vergrößerungswinkel  $\beta$  verkleinern bzw. vergrößern, der in einem angenommenen Beispiel bei  $5^\circ$  liegen kann, so ergäbe dies für den Winkelabstand  $a$  einen Winkel von etwa  $46,4^\circ$  und für den Winkelabstand  $b$  einen Winkel von etwa  $56,4^\circ$ . Bei dem in Fig. 1 gezeigten Förderrad 10 ergäbe dies einen Gesamtwinkel von etwa  $355^\circ$ , da einmal mehr  $5^\circ$  abgezogen werden, als hinzugezählt werden. Um aber dafür zu sorgen, dass auch bei einer kreismäßig aufeinander folgenden Anordnung der Schaufeln S1-S7 zwischen allen in Umfangsrichtung unmittelbar aufeinander folgenden Schaufeln nur der Winkel  $a$  oder der Winkel  $b$  vorhanden sein kann, wird ein Korrekturterm  $\Delta$  eingeführt, der definiert ist durch die Größe des Vergrößerungswinkels  $\beta$  geteilt durch die Anzahl der Schaufeln bzw. der Zwischenräume zwischen diesen, also im angenommenen Fall bei etwa  $0,7^\circ$  liegt. Dieser Korrekturterm  $\Delta$  wird zu jedem Winkel  $\alpha_0 + \beta$  oder  $\alpha_0 - \beta$  hinzugezählt, um in der Summe wieder auf  $360^\circ$  zu kommen. Wäre der Winkelabstand  $b$  mit der Häufigkeit 4 vorhanden, während der Winkelabstand  $a$  dann mit der Häufigkeit 3 vorhanden wäre, so könnte gleichermaßen verfahren werden. In diesem Falle hätte jedoch der Korrekturterm  $\Delta$  ein negatives Vorzeichen und würde somit grundsätzlich zur Verkleinerung der gegenseitigen Winkelabstände führen. Wäre beispielsweise einer der Winkelabstände  $a$ ,  $b$  mit einer Häufigkeit vorhanden, die um mehr als 1 größer ist, als die Häufigkeit des anderen Winkelabstands, was dann möglich wäre, wenn von der Verteilung gemäß einer pseudostatistischen Binärfolge abgewichen wird und zu einer sonstigen beliebigen Binärfolge übergegangen wird, so ergäbe sich der Korrekturterm  $\Delta$  aus dem Veränderungswinkel  $\beta$  multipliziert mit der Häufigkeitsdifferenz (im vorangehend beschriebenen Falle war dies 1) und geteilt durch die Anzahl der Schaufeln bzw. der Zwischenräume zwischen diesen.

**[0024]** Durch das Anordnen der Schaufeln  $S_i$  mit einem gegenseitigen Umfangsabstand, der einer Binärfolge entspricht, kann, wie vorangehend bereits dargestellt, eine wesentliche Minderung der im Rotationsbetrieb entstehenden Geräusche erlangt werden. Eine Optimierung kann bei Anordnen gemäß einer pseudostatistischen Binärfolge erlangt werden. Grundsätzlich kann jedoch bereits eine Verbesserung bei der Geräuschqualität erlangt werden, wenn nur bei einer Gruppe der Schaufeln  $S_i$  der gegenseitige Umfangsabstand

gemäß einer solchen Binärfolge ausgewählt ist, während noch andere Schaufeln vorhanden sein können, die dann einen anderen Umfangsabstand aufweisen. Dies wäre dann beispielsweise der Fall, wenn auch bei Auswahl gemäß einer pseudostatistischen Binärfolge der Korrekturterm  $\Delta$  nicht eingeführt wird, und somit ein Winkelabstand vorhanden ist, der dann um die Größe  $\beta$  bezüglich der anderen binären Zustände verschoben ist. In diesem Falle ist jedoch vorzugsweise die Gruppe in sich geschlossen, d.h. ist in Umfangsrichtung nicht unterbrochen. Es sollte jedoch gemäß einem vorteilhaften Aspekt vorgesehen sein, dass zumindest die Hälfte aller Schaufeln  $S_i$  in dieser Gruppe enthalten ist.

**[0025]** Hinsichtlich der verschiedenen zur Ermittlung der Umfangsabstände angesprochenen Größen erkennt man bei dem vorangehenden Beispiel, dass der Grundwinkel  $\alpha_0$  grundsätzlich demjenigen Winkel entspricht, der durch die Gruppe von Schaufeln, bei welchen der Relativabstand gemäß einer Binärfolge ausgewählt ist, überdeckt ist. Bei der insbesondere in Fig. 1 gezeigten in sich kreismäßig geschlossenen Gruppe von Schaufeln, welche also alle Schaufeln des Förderrads 10 umfasst, kann dieser Grundwinkel  $\alpha_0$  durch Teilen des Gesamtwinkels durch die Anzahl der Schaufeln und somit auch die Anzahl der Zwischenräume zwischen den einzelnen Schaufeln ermittelt werden. Umfasst die Gruppe aber nicht alle Schaufeln oder soll beispielsweise bei einer Binärfolge, die alle Schaufeln umfassen soll, der angesprochene Korrekturterm  $\Delta$  nicht eingeführt werden, so dass zwischen der ersten Schaufel und der letzten Schaufel ein anderer Umfangsabstand vorhanden ist, so ist der Grundwinkel  $\alpha_0$  zwischen den einzelnen Schaufeln der Gruppe von Schaufeln zu ermitteln durch Teilen des von der Gruppe von Schaufeln belegten Winkels durch die Anzahl der Schaufeln, verringert um die Anzahl 1, wenn die Gruppe von Schaufeln durch die erste Schaufel beendet wird, die zu einer dann folgenden Schaufel nicht den ersten Umfangsabstand oder den zweiten Umfangsabstand aufweist, da dann eine Schaufel mehr als Umfangsabstände vorhanden ist. Ist die Gruppe von Schaufeln aber definiert jeweils durch die Schaufeln mit dem auf diese in der Umfangsrichtung jeweils folgenden Umfangsabstand, so endet in der Umfangsrichtung die Gruppe von Schaufeln nicht mit einer Schaufel sondern einem Umfangsabstand, so dass gleich viele Umfangsabstände wie Schaufeln in der Gruppe vorhanden sind und insofern das Teilen lediglich durch die Anzahl der Schaufeln und somit auch die Anzahl der Umfangsabstände erfolgt. Insbesondere in dem Fall, in dem die Gruppe von Schaufeln nicht ringartig geschlossen ist und insofern zwischen mindestens zwei Schaufeln des Förderrads ein Winkelabstand oder ein Abstand vorhanden ist, der sich von den beiden in der Gruppe von Schaufeln vorkommenden Abständen unterscheidet, kann auf das Einführen des angesprochenen Korrekturterms  $\Delta$  verzichtet werden.

**[0026]** Vorangehend ist auch mit Bezug auf die Fig. 1

ein Förderrad 10 beschrieben und dargestellt worden, bei dem die Förderschaukeln S1-S7 gemäß der Vorgabe einer pseudostatistischen Binärfolge dritter Ordnung angeordnet sind. Es ist selbstverständlich, dass auch pseudostatistische Binärfolgen höherer Ordnung herangezogen werden können. Beispielsweise könnte bei einer pseudostatistischen Binärfolge vierter Ordnung ein Förderrad mit  $2^4-1$  (= 15) Schaukeln ausgestaltet sein. Eine der 15 möglichen pseudostatistischen Binärfolgen dritter Ordnung wäre beispielsweise gegeben durch

a a a a b a b a a b b a b b b.

**[0027]** Auch hier repräsentieren die Binärzustände a und b jeweils einen von zwei möglichen Winkelabständen. Es sei hier darauf hingewiesen, dass die Art und Weise, wie derartige pseudostatistische Binärfolgen ermittelt werden können, bekannt ist und beispielsweise publiziert ist in Proceedings of the IEEE, Vol. 64, No. 12, December 1976, "Pseudo-Random Sequences and Arrays", von F. Jessie MacWilliams und Neil J.A. Sloane, member, IEEE. Dort sind insbesondere auch mit Bezug auf eine pseudostatistische Binärfolge vierter Ordnung alle 15 möglichen durch zyklisches Vertauschen der Glieder erlangbaren pseudostatistischen Binärfolgen gezeigt. Selbstverständlich können auch noch höherwertige pseudostatistischen Binärfolgen zur Ermittlung der Anzahl an Schaukeln und auch der gegenseitigen Abstände herangezogen werden. Eine pseudostatistische Binärfolge fünfter Ordnung mit  $2^5-1$  (= 31) Gliedern ist beispielsweise gegeben durch

a a a a a b b a a b a b b a b b b a b a a a a b a b b b.

**[0028]** Hier sei darauf hingewiesen, dass dies nur eine von 31 möglichen pseudostatistischen Binärfolgen fünfter Ordnung ist. Selbstverständlich können auch bei Bedarf noch höherwertige Folgen herangezogen werden, jeweils in Abhängigkeit davon, wie hoch die Anzahl der zum Einsatz zu bringenden Schaukeln sein soll.

**[0029]** Abschließend sei darauf hingewiesen, dass bei Anordnen der Schaukeln gemäß einer pseudostatistischen Binärfolge es grundsätzlich auch möglich ist, in gewissen Bereichen diese Binärfolge zu unterbrechen, beispielsweise dadurch, dass in einem Zwischenbereich ein Umfangsabstand vorgesehen ist, der weder dem ersten noch dem zweiten Umfangsabstand gemäß der Binärfolge entspricht, danach jedoch die Binärfolge fortgesetzt wird und ggf. noch einmal oder mehrere Male unterbrochen wird. Auch dadurch kann eine deutliche Verbesserung der Geräuschqualität im Vergleich zum Stand der Technik erzielt werden. Insbesondere wird es dadurch möglich, die Anzahl der Schaukeln in Abweichung von einer Binärfolge zu erhöhen, so dass aber grundsätzlich über den gesamten Umfang verteilt eine im Wesentlichen durch eine Binärfolge repräsentierte Folge der Umfangsabstände vorgesehen ist. Zum Vermindern der Anzahl an Umfangsabständen ist es möglich, eines oder mehrere der Glieder einer Binärfolge wegzulassen, beispielsweise das letzte oder eine Grup-

pe am Ende der Binärfolge, so dass auch hier im Wesentlichen über den Umfang verteilt eine Abfolge gemäß einer dann aber nicht vollständigen Binärfolge vorgesehen wird.

## Patentansprüche

1. Förderorgan, insbesondere Rotor oder Stator, zur Förderung eines fließfähigen, vorzugsweise gasförmigen, Mediums, umfassend eine Mehrzahl von in einer Umfangsrichtung (U) um eine Zentralachse (A) mit Umfangsabstand aufeinander folgend angeordneten Schaukeln (S1-S7), wobei in einer wenigstens einen Teil der Schaukeln (S1-S7) umfassenden Gruppe von in einer Umfangsrichtung (U) unmittelbar aufeinander folgenden Schaukeln entweder ein erster Umfangsabstand (a) oder ein von dem ersten Umfangsabstand (a) sich unterscheidender zweiter Umfangsabstand (b) zu einer in Umfangsrichtung (U) jeweils folgenden Schaufel vorgesehen ist und wobei zwischen wenigstens zwei einander unmittelbar benachbarten Schaukeln (S1-S7) der erste Umfangsabstand (a) vorgesehen ist und zwischen wenigstens zwei einander unmittelbar benachbarten Schaukeln (S1-S7) der zweite Umfangsabstand vorgesehen ist.
2. Förderorgan nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei den Schaukeln (S1-S7) der Gruppe von Schaukeln der erste Umfangsabstand (a) und der zweite Umfangsabstand (b) wenigstens zweimal vorgesehen sind.
3. Förderorgan nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei allen Schaukeln (S1-S7) der Umfangsabstand zu einer in der Umfangsrichtung (U) jeweils unmittelbar folgenden Schaufel (S1-S7) entweder der erste Umfangsabstand (a) oder der zweite Umfangsabstand (b) ist.
4. Förderorgan nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** nur bei einer Schaufel (S1-S7) der Umfangsabstand zu der in der Umfangsrichtung (U) unmittelbar folgenden Schaufel (S1-S7) nicht der erste Umfangsabstand (a) und nicht der zweite Umfangsabstand (b) ist.
5. Förderorgan nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gruppe von Schaukeln (S1-S7) wenigstens die Hälfte der Schaukeln (S1-S7) umfasst.
6. Förderorgan nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei den Schaukeln (S1-S7) der Gruppe von Schaukeln (S1-S7) in der Umfangsrichtung (U) die Abfolge von erstem Umfangsabstand (a) und zweitem Umfangsabstand (b)

einer pseudostatistischen Binärfolge oder einer Teilsequenz davon entspricht, wobei jeder der beiden Binärzustände einem Umfangsabstand (a, b) von erstem Umfangsabstand (a) und zweitem Umfangsabstand (b) entspricht.

5

7. Förderorgan nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anzahl n der Schaufeln (S1-S7) definiert ist durch

10

$$n=2^Z - 1,$$

wobei:  $Z=2,3,4,5,6,\dots$

15

8. Förderorgan nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Umfangsabstand von erstem Umfangsabstand (a) und zweitem Umfangsabstand (b) bei der Gruppe von Schaufeln (S1-S7) mit einer Häufigkeit von  $0,5 \times 2^Z$  vorkommt und der andere Umfangsabstand von erstem Umfangsabstand (a) und zweitem Umfangsabstand (b) mit einer Häufigkeit von  $0,5 \times 2^Z - 1$  vorkommt.

20

9. Förderorgan nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Umfangsabstand (a) und der zweite Umfangsabstand (b) als Winkelabstand repräsentiert sind durch:

25

$$\text{erster Umfangsabstand (a)} = \alpha_0 - \beta$$

30

$$\text{zweiter Umfangsabstand (b)} = \alpha_0 + \beta$$

35

wobei:

$\alpha_0$ = Winkelbereich, der durch die Gruppe von Schaufeln (S-S7) belegt ist, geteilt durch n  
 n= Anzahl der Umfangsabstände  
 $\beta$ = Umfangsabstand-Veränderungsbetrag

40

wobei weiter gilt:

$$\beta < 180^\circ/n.$$

45

10. Förderorgan nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Umfangsabstand (a) und der zweite Umfangsabstand (b) als Winkelabstand repräsentiert sind durch:

50

$$\text{erster Umfangsabstand (a)} = \alpha_0 - \beta + \Delta$$

55

$$\text{zweiter Umfangsabstand (b)} = \alpha_0 + \beta + \Delta$$

wobei:

$\alpha_0$ = Winkelbereich, der durch die Gruppe von Schaufeln (S-S7) belegt ist, geteilt durch n  
 n= Anzahl der Umfangsabstände  
 $\beta$ = Umfangsabstand-Veränderungsbetrag

wobei weiter gilt:

$$\beta < 180^\circ/n$$

und

$$\Delta = +x \cdot \beta/n,$$

wenn in der Gruppe von Schaufeln (S1-S7) die Häufigkeit des ersten Umfangsabstands (a) um die Anzahl x größer ist, als die Häufigkeit des zweiten Umfangsabstands (b),

$$\Delta = -x \cdot \beta/n,$$

wenn in der Gruppe von Schaufeln (S1-S7) die Häufigkeit des zweiten Umfangsabstands (b) um die Anzahl x größer ist als die Häufigkeit des ersten Umfangsabstands (a).

11. Förderorgan nach Anspruch 8 und einem der Ansprüche 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Umfangsabstand der erste Umfangsabstand (a) ist und der andere Umfangsabstand der zweite Umfangsabstand (b) ist.

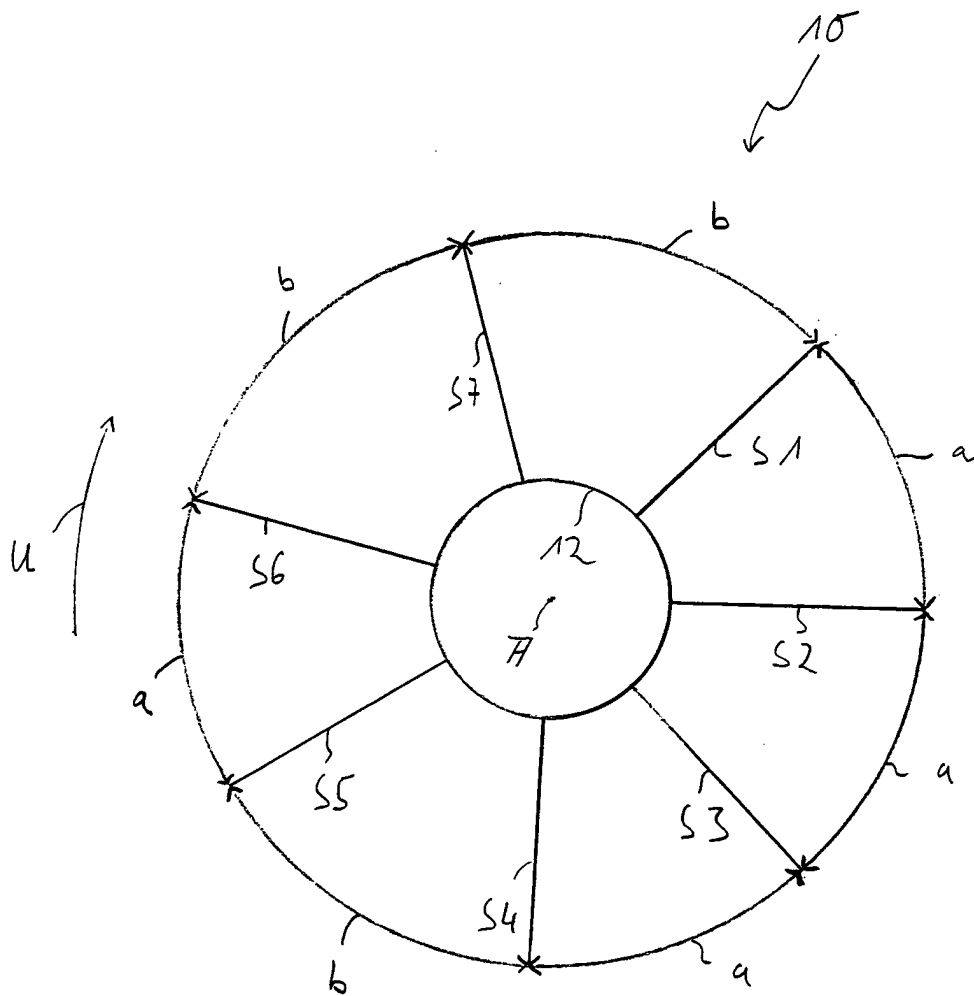


Fig. 1



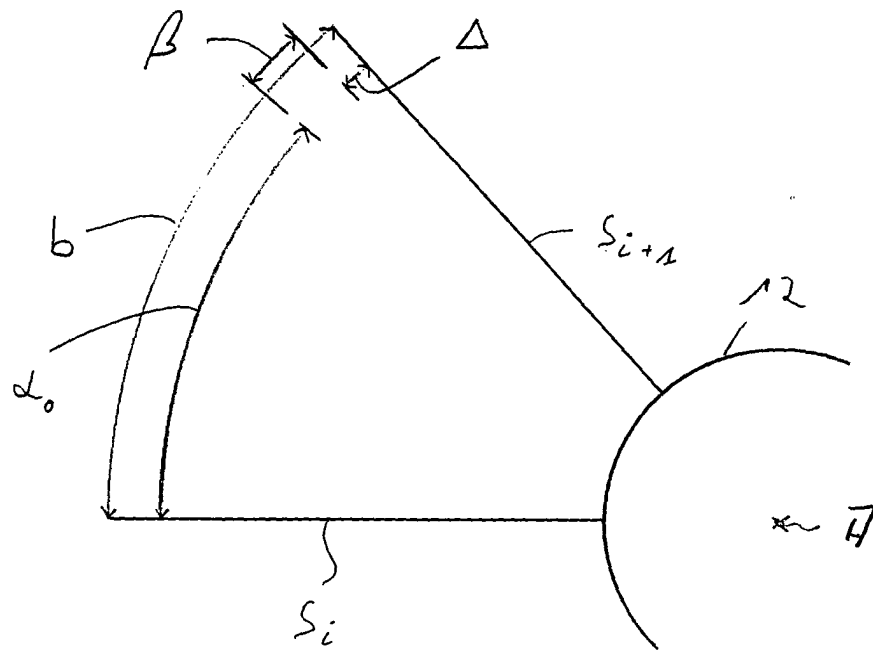


Fig. 2