



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
18.02.2009 Patentblatt 2009/08

(51) Int Cl.:
F04D 27/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08013782.1**

(22) Anmeldetag: **31.07.2008**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA MK RS

(30) Priorität: **10.08.2007 DE 102007037924**

(71) Anmelder: **Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG**
15827 Blankenfelde-Mahlow (DE)

(72) Erfinder:
• **Gümmer, Volker**
15831 Mahlow (DE)
• **Swoboda, Marius**
14532 Stahndorf (DE)

(74) Vertreter: **Weber, Joachim**
Hoefer & Partner
Patentanwälte
Pilgersheimer Strasse 20
81543 München (DE)

(54) **Strömungsarbeitsmaschine mit Ringkanalwandausnehmung**

(57) Die Erfindung bezieht sich auf eine Strömungsarbeitsmaschine mit einem von einem Gehäuse (1) und einer rotierenden Welle (2) gebildeten Strömungspfad, in welchem Reihen von Rotorschaukeln (3) und Statorschaukeln (4) angeordnet sind, wobei in einem Spitzenbereich der Schaukeln (3, 4) in einer Ringkanalwandung des Gehäuses (1) und/oder der Welle (2) zumindest eine ringnutartige Ausnehmung (5) angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Querschnitt und die Lage der Ausnehmung (5) wie folgt definiert sind:

ein in Strömungsrichtung stromauf angeordneter Begrenzungspunkt (E) der Ausnehmung (5) weist einen Abstand $e > 0$ vor dem vorderen Schaukelspitzenpunkt (A) auf,
ein in Strömungsrichtung stromab angeordneter Begrenzungspunkt (F) der Ausnehmung (5) weist einen Abstand (f) zu dem vorderen Schaukelspitzenpunkt (A) auf,

wobei folgendes gilt: $0,5 L > f > 0$,

wobei L als Abstand der Schaukelspitzenpunkte (A und B) definiert ist;

wobei die Wandung der Ausnehmung (5) einen Punkt (S) einschließt, welcher auf einer orthogonalen auf der Linie (AB) durch den Punkt (S) angeordnet ist, wobei eine Gerade durch die Schaukelspitzenpunkte (A und B) und eine Tangente an die Wandung der Ausnehmung (5) mindestens in einem Punkt der in einem Meridianschnitt gegebenen Wandung der Ausnehmung (5) zwischen den Punkten (S) und (F) einen Winkel (beta) einschließen, der $15^\circ \leq \beta \leq 70^\circ$ beträgt, wobei alle Punkte in einer Meridianebene liegen, die durch eine Achsrichtung (x) der Achse (6) der Strömungsarbeitsmaschine und eine Radialrichtung (r) gebildet wird, und wobei alle Abstände parallel zu einer einen vorderen Schaukelspitzenpunkt (A) und einen hinteren Schaukelspitzenpunkt (B) verbindenden Linie gemessen sind.

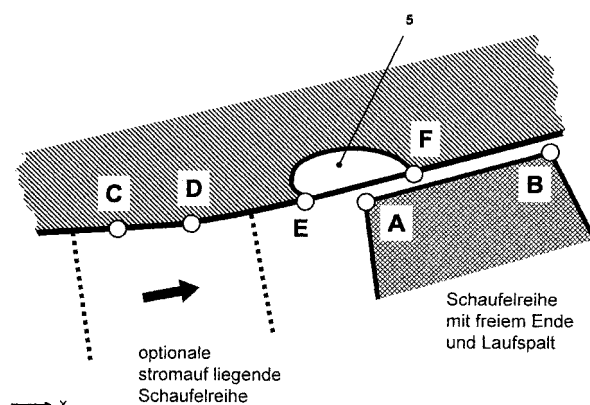


Fig. 4

Beschreibung

[0001] Die aerodynamische Belastbarkeit und die Effizienz von Strömungsarbeitsmaschinen, beispielsweise Bläsern, Verdichtern, Pumpen und Ventilatoren, wird insbesondere durch das Wachstum und die Ablösung von Grenzschichten im Rotor- und Statorspitzenbereich nahe der Gehäuse- beziehungsweise Nabenwand begrenzt. Dies führt bei Schaufelreihen mit Laufspalt bei höherer Belastung zu Rückströmerscheinungen und dem Auftreten von Instabilität der Maschine. Strömungsarbeitsmaschinen nach dem Stand der Technik besitzen entweder keine besonderen Merkmale zur Abhilfe in diesem Bereich (siehe Fig.1) oder es werden als Gegenmaßnahme sogenannte "Casing Treatments" eingesetzt, die aus verschiedensten Konfigurationen aus Kammern und/oder eckigen Schlitzen, zumeist im Gehäuse über dem Rotor, bestehen.

[0002] Bekannte Lösungen werden beispielsweise in folgenden Dokumenten offenbart:

US 2005/0226717 A1 (Flow Control Arrangement)
DE 101 35 003 C1 (Verdichtergehäusestruktur)
DE 103 30 084 A1 (Rezirkulationsstruktur für Turboverdichter)

[0003] Die vorliegende Erfindung bezieht sich somit auf Strömungsarbeitsmaschinen wie etwa Bläser, Verdichter, Pumpen und Ventilatoren, sowohl in axialer, halbaxialer als auch in radialer Bauart. Das Arbeitsmedium oder Fluid kann gasförmig oder flüssig sein.

[0004] Die erfindungsgemäße Strömungsarbeitsmaschine kann eine oder mehrere Stufen mit jeweils einem Rotor und einem Stator umfassen.

[0005] Erfindungsgemäß besteht der Rotor aus einer Anzahl von Schaufeln, die mit der rotierenden Welle der Strömungsarbeitsmaschine verbunden sind und Energie an das Arbeitsmedium abgeben. Der Rotor ist mit freiem Schaufelende am Gehäuse ausgeführt. Der erfindungsgemäße Stator besteht aus einer Anzahl feststehender Schaufeln, die gehäuseseitig mit festem Schaufelende ausgeführt sind.

[0006] Erfindungsgemäß kann die Strömungsarbeitsmaschine vor dem ersten Rotor eine besondere Form eines Stators, ein sogenanntes Vorleitrad, aufweisen.

[0007] Erfindungsgemäß kann mindestens ein Stator oder Vorleitrad abweichend von der unbeweglichen Fixierung auch drehbar gelagert sein, um den Anströmwinkel zu verändern. Eine Verstellung erfolgt beispielsweise durch eine von außerhalb des Ringkanals zugängliche Spindel.

[0008] In besonderer Ausgestaltung kann die Strömungsarbeitsmaschine mindestens eine Reihe verstellbarer Rotoren aufweisen.

[0009] Erfindungsgemäß kann die Strömungsarbeitsmaschine alternativ auch eine Nebenstromkonfiguration derart aufweisen, dass sich der einstromige Ringkanal hinter einer bestimmten Schaufelreihe in zwei konzentri-

sche Ringkanäle aufteilt, die ihrerseits mindestens jeweils eine weitere Schaufelreihe umfassen. Fig. 2 zeigt Beispiele erfindungsgemäß relevanter Strömungsarbeitsmaschinen.

[0010] Einfache existierende Konzepte von "Casing Treatments" in Form von Schlitzen und/oder Kammern in der Ringkanalwand bieten eine Steigerung der Stabilität der Strömungsarbeitsmaschine. Diese wird jedoch aufgrund der ungünstig gewählten Anordnung oder Formgebung nur bei Verlust an Wirkungsgrad erzielt.

[0011] Im Einzelnen betrifft die Erfindung die Form eines Abschnitts der Ringkanalwand sowie die Anordnung und Formgebung von Ausnehmungen in besagtem Ringkanalwandabschnitt im Bereich einer Schaufelreihe mit freiem Ende und Laufspalt einer Strömungsarbeitsmaschine.

[0012] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Strömungsarbeitsmaschine der eingangs genannten Art zu schaffen, welche unter Vermeidung der Nachteile des Standes der Technik eine wirkungsvolle Grenzschichtbeeinflussung im Schaufelspitzenbereich aufweist.

[0013] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch die Merkmalskombination des Hauptanspruchs gelöst, die Unteransprüche zeigen weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

[0014] Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Figuren beschrieben. Dabei zeigt:

- Fig. 1: eine Skizze des Standes der Technik;
- Fig. 2: Beispiele erfindungsgemäß relevanter Strömungsarbeitsmaschinen;
- Fig. 3: eine Skizze der erfindungsgemäßen Lösung;
- Fig. 4: eine Definition erfindungsrelevanter Größen, Teil 1, Meridianschnitt;
- Fig. 5a: eine Definition erfindungsrelevanter Größen, Teil 2, Meridianschnitt;
- Fig. 5b: erfindungsgemäße Umrissformen der Ringkanalwandausnehmung;
- Fig. 6: eine Definition erfindungsrelevanter Größen, Ansicht Y-Y;
- Fig. 7a: eine Ansicht Z-Z, Teil 1;
- Fig. 7b: eine Ansicht Z-Z, Teil 2;
- Fig. 7c: eine Ansicht Z-Z, Teil 3.

[0015] Die Fig. 1 zeigt, markiert durch gestrichelte Umrandungen, die erfindungsrelevanten Zonen, nämlich Bereiche der Strömungsarbeitsmaschine mit freien Schaufelenden mit Laufspalt.

[0016] Die Fig. 3 zeigt eine Skizze einer erfindungsgemäßen Lösung mit mindestens einer Ausnehmung, die durch eine teilweise Überlappung mit dem Laufpfad der betreffenden Schaufelreihe ausgezeichnet ist. Dabei kann es vorteilhaft sein, die Ausnehmung bzw. die Ausnehmungsgruppe ebenfalls teilweise in den beschauelten Bereich einer möglicherweise stromauf liegenden Schaufelreihe reichen zu lassen.

[0017] Die Fig.4 zeigt einen für die Erfindung relevanten Ausschnitt aus der Strömungsarbeitsmaschine, bestehend aus dem Abschnitt einer Naben- oder Gehäusebaugruppe mit der dadurch gebildeten Ringkanalwand und der in diesem Bereich befindlichen Schaufelreihe. Die Konfiguration kann entweder eine Paarung aus einer Rotorschaukelreihe und einer Gehäusebaugruppe oder die Paarung aus einer Statorschaukelreihe und einer Nabenbaugruppe darstellen. Ebenfalls eingezeichnet sind eine optional stromauf angeordnete Schaufelreihe sowie der in die dargestellte Meridianebene projizierte Umriss der erfindungsgemäßen Ringkanalwandausnehmung. Ein kleiner Pfeil zeigt die Maschinenachsrückrichtung an und ein dicker Pfeil deutet die Hauptströmungsrichtung an. Weiterhin finden sich sechs kennzeichnende Punkte der Konfiguration. Das sind zunächst die Schaufelspitzenpunkte an Vorder- und Hinterkante A und B. Die vordere und hintere Begrenzung der Ringkanalwandausnehmung am Hauptströmungspfad ist mit den Punkten E und F gekennzeichnet.

Zusätzlich finden sich zwei weitere Hilfspunkte C und D stromauf der betreffenden Schaufelreihe, mit deren Hilfe der Verlauf der Ringkanalwand charakterisiert wird.

[0018] Die Fig.5a zeigt eine reduzierte Darstellung der Merkmale aus Fig.4, jedoch nun mit weiteren Punkten und geometrischen Angaben. Zwischen den Schaufelspitzenpunkten A und B wird die Bezugssehnenlänge L definiert. Alle angegebenen Abstände werden in der dargestellten Meridianebene (Ebene gebildet durch Achsrückrichtung x und Radialrichtung r) parallel zum Verlauf der Schaufelspitze, d. h. parallel zur Verbindungslinie A-B gemessen. Der Hilfspunkt D liegt stromauf von A im Abstand $d = 0,25 L$.

[0019] Der Hilfspunkt C liegt stromauf von A im Abstand $c = 0,75 L$. Eine Gerade durch die Hilfspunkte C und D schließt mit einer Geraden durch die Schaufelspitzenpunkte A und B den Winkel α ein.

[0020] Erfindungsgemäß beträgt der Winkel α in der eingezeichneten Richtungskonvention zwischen -15° und 30° .

[0021] Erfindungsgemäß befindet sich der vordere Begrenzungspunkt der Ringkanalwandausnehmung E im Abstand $e > 0$ vor dem Vorderkantenpunkt A. In besonderen Fällen kann Punkt E zudem stromauf von Punkt D und/oder im beschaukelten Bereich einer eventuell stromauf der betrachteten Schaufelreihe befindlichen anderen Schaufelreihe angeordnet sein.

[0022] Erfindungsgemäß befindet sich der hintere Begrenzungspunkt der Ringkanalwandausnehmung F im Abstand f hinter dem Vorderkantenpunkt A, wobei $0,5 L > f > 0$ gilt.

[0023] Die Orthogonale auf der Linie A-B durch den Punkt A ergibt als Schnittpunkt mit dem projizierten Umriss der Ringkanalwandausnehmung den Punkt S.

[0024] Erfindungsgemäß beträgt der Winkel β , der in der eingezeichneten Richtung positiven Betrages ist und zwischen der Geraden durch die Schaufelspitzenpunkte A und B und einer Tangente an den Umriss der

Ringkanalwandausnehmung gegeben ist, mindestens in einem Punkt des im Meridianschnitt gegebenen Umrisses der Ausnehmung zwischen S und F minimal 15° und maximal 70° . Auf diese Weise wird sichergestellt, dass das Fluid, das von der Schaufel im Überlappungsbereich (Bereich zwischen Punkten S und B) in die Ausnehmung gedrückt wird, auf effektive Weise stromaufwärts vor die Schaufelreihe gelangt.

[0025] In besonders günstiger Ausgestaltung der Ringkanalwandausnehmung beträgt der Winkel β mindestens in einem Punkt des im Meridianschnitt gegebenen Umrisses der Ausnehmung zwischen E und S zwischen 15° und 40° . Auf diese Weise wird ein besonders schonender Wiedereintritt des Fluids stromauf der Schaufelreihe in den Hauptströmungspfad ermöglicht.

[0026] Fig.5b zeigt einige erfindungsgemäß mögliche Umrissformen der Ringkanalwandausnehmung. Dabei kann die Umrissform vollständig gekrümmt oder auch geradlinig verlaufen. Als fertigungstechnisch einfach zu erreichende erfindungsgemäße Formation der Ausnehmung gilt insbesondere die unten links und rechts in Fig. 5b dargestellte Dreiecksform.

[0027] Die Fig.6 zeigt die Ansicht Y-Y, wie sie in Fig. 5a eingezeichnet ist. Dargestellt ist hier eine Paarung aus Rotorschaukelreihe und Gehäuse, die folgenden Aussagen gelten jedoch ebenfalls für die analog darstellbare Paarung aus Statorschaukelreihe und Nabe.

[0028] Die Figur zeigt zwei Schaufelspitzen in Umgebung eines Abschnittes der Gehäusewand. Die Ringkanalwand (hier beispielhaft Gehäuse) besitzt eine Reihe von Ausnehmungen, die in Umfangsrichtung verteilt angeordnet sind. In einer besonders vorteilhaften erfindungsgemäßen Lösung sind die Ausnehmungen, anders als in Fig.6 dargestellt, mit unterschiedlichen Abständen in Umfangsrichtung zueinander angeordnet. Die Ausnehmungen sind etwa an der Position ihrer maximalen Eindringtiefe in die Ringkanalwand gezeigt. Die Ausnehmungen besitzen erfindungsgemäß einen Neigungswinkel γ gegen die Radialrichtung der Maschine. Die Neigung der Ausnehmungen beträgt erfindungsgemäß $25^\circ < \gamma < 75^\circ$ und zeigt dementsprechend in die Laufrichtung der relativ zu ihnen bewegten Schaufeln. Die Größe der Eindringtiefe und die Wahl der Form am Fuß der Ausnehmung sind für die vorliegende Erfindung von untergeordneter Bedeutung und daher frei wählbar.

[0029] Die Fig.7a bis 7c zeigen jeweils in der Ansicht Z-Z eine Abwicklung des Umfangs der Strömungsarbeitsmaschine im Bereich der Ringkanalwandausnehmung. Gepunktet angedeutet sind zwei Schaufeln der betreffenden Schaufelreihe, an der die Ausnehmung angeordnet ist. Dargestellt sind, in teilweise Überdeckung mit der Schaufelreihe, die Öffnungen einer Anordnung von Ausnehmungen an der Ringkanalwand. Erfindungsgemäß sind die Öffnungen in Strömungsrichtung von schlanker Natur, d. h. die Ausdehnung in Umfangsrichtung ist kleiner als die Ausdehnung senkrecht dazu.

[0030] Die Fig. 7a zeigt die Ausrichtung der Ausnehmungsöffnungen in Richtung der Maschinenachse (linke

Bildhälfte) sowie eine weitere erfindungsgemäße Anordnung, bei der die schlanken Öffnungen der Ausnehmungen gegen die Maschinenachsrichtung um den Winkel δ geneigt sind. Der Winkel δ kann erfindungsgemäß Werte bis zu 35° annehmen und garantiert auf diese Weise eine entgegengesetzte Staffelung der Ausnehmungsöffnungen und der Profile der betreffenden Schaufelreihe.

[0031] Die Fig. 7b zeigt zwei erfindungsgemäße Anordnungen, bei denen im Rahmen der Erfindung unterschiedlich lange und/oder unterschiedlich positionierte Ausnehmungen entlang des Umfangs Verwendung finden.

[0032] Die Fig. 7c zeigt zwei erfindungsgemäße Anordnungen, bei denen im Rahmen der Erfindung eine Variation der Breite der Ausnehmungsöffnung in seiner Längsrichtung vorgesehen ist.

[0033] Bei der erfindungsgemäßen Strömungsarbeitsmaschine wird somit ein bislang unerreichtes Maß an raumsparender Randströmungsbeeinflussung erzielt, die zudem eine bedeutende Reduzierung des Bau- und Kostenaufwandes ermöglicht (weniger variable Stator und Zwischenstufenabblasing), der an Maschinen nach dem Stand der Technik zur Bereitstellung einen genügenden Betriebsbereiches erforderlich wäre. Dies ist bei unterschiedlichen Arten von Strömungsarbeitsmaschinen wie Bläsern, Verdichtern, Pumpen und Ventilatoren möglich. Je nach Ausnutzungsgrad des Konzeptes sind Reduktionen der Kosten und des Gewichts für die Strömungsarbeitsmaschine von 10% bis 20% zu erzielen. Hinzu kommt eine Verbesserung des Wirkungsgrades, die mit 0,2% bis 0,5% zu beziffern ist.

Bezugszeichenliste

[0034]

- 1 Gehäuse
- 2 Welle
- 3 Rotorschaukel
- 4 Statorschaukel
- 5 Ausnehmung
- 6 Maschinenachse

Patentansprüche

1. Strömungsarbeitsmaschine mit einem von einem Gehäuse (1) und einer rotierenden Welle (2) gebildeten Strömungspfad, in welchem Reihen von Rotorschaukeln (3) und Statorschaukeln (4) angeordnet sind, wobei in einem Spitzenbereich der Schaukeln (3, 4) in einer Ringkanalwandung des Gehäuses (1) und/oder der Welle (2) zumindest eine ringnutartige Ausnehmung (5) angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Querschnitt und die Lage der Ausnehmung (5) wie folgt definiert sind:

- ein in Strömungsrichtung stromauf angeordneter Begrenzungspunkt (E) der Ausnehmung (5) weist einen Abstand $e > 0$ vor dem vorderen Schaufelspitzenpunkt (A) auf,
- ein in Strömungsrichtung stromab angeordneter Begrenzungspunkt (F) der Ausnehmung (5) weist einen Abstand (f) zu dem vorderen Schaufelspitzenpunkt (A) auf,
- wobei folgendes gilt: $0,5 L > f > 0$,
- wobei L als Abstand der Schaufelspitzenpunkte (A und B) definiert ist;
- wobei die Wandung der Ausnehmung (5) einen Punkt (S) einschließt, welcher auf einer orthogonalen auf der Linie (A-B) durch den Punkt (S) angeordnet ist,
- wobei eine Gerade durch die Schaufelspitzenpunkte (A und B) und eine Tangente an die Wandung der Ausnehmung (5) mindestens in einem Punkt der in einem Meridianschnitt gegebenen Wandung der Ausnehmung (5) zwischen den Punkten (S) und (F) einen Winkel (β) einschließen, der $15^\circ \leq \beta \leq 70^\circ$ beträgt,

- wobei alle Punkte in einer Meridianebene liegen, die durch eine Achsrichtung (x) der Achse (6) der Strömungsarbeitsmaschine und eine Radialrichtung (r) gebildet wird,
- wobei alle Abstände parallel zu einer einen vorderen Schaufelspitzenpunkt (A) und einen hinteren Schaufelspitzenpunkt (B) verbindenden Linie gemessen sind,
- wobei zwei weitere Punkte (C) und (D) den Verlauf der Ringkanalwand stromauf der Ausnehmung kennzeichnen, (C) im Abstand $0,75 L$ vor dem Schaufelspitzenpunkt (A) und (D) im Abstand $0,25 L$ vor dem Schaufelspitzenpunkt (A), und
- wobei die Verbindungslinie (A-B) mit der Verbindungslinie (C-D) einen Winkel $-15^\circ < \alpha < 30^\circ$ einschließt.

2. Strömungsarbeitsmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Winkel β $15^\circ \leq \beta \leq 40^\circ$ beträgt.
3. Strömungsarbeitsmaschine nach einem der Ansprüche 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Begrenzungspunkt (E) stromauf eines Punkts (D) angeordnet ist, wobei der Punkt (D) stromauf des Schaufelspitzenpunktes (A) in einem Abstand $d = 0,25 L$ angeordnet ist.
4. Strömungsarbeitsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Punkt (E) im beschaukelten Bereich einer stromauf der betrachteten Schaukeln (3, 4) befindlichen weiteren Schaufelreihe angeordnet ist.

5. Strömungsarbeitsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Form der Wandung der Ausnehmung (5) vollständig gekrümmt ausgebildet ist. 5
6. Strömungsarbeitsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Form der Wandung der Ausnehmung (5) zumindest in Teilbereich geradlinig verläuft. 10
7. Strömungsarbeitsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ausnehmung (5) einen Neigungswinkel (γ) gegen die Radialrichtung (r) der Strömungsarbeitsmaschine aufweisen, der $25^\circ \leq \gamma \leq 75^\circ$ beträgt. 15
8. Strömungsarbeitsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Längskante der Ausnehmung (5) in einem Winkel (δ) gegen die Richtung der Maschinenachse (6) geneigt ist, wobei (δ) $\leq 35^\circ$ ist. 20
9. Strömungsarbeitsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eine Ausnehmung in ihrem Öffnungsquerschnitt an der Ringkanalwand eine variierende Breite bzw. Ausdehnung in Umfangsrichtung aufweist. 25
10. Strömungsarbeitsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Falle mehrerer Ausnehmungen zwei in Umfangsrichtung benachbarte Ausnehmungen unterschiedliche Positionen oder Ausdehnungen (axial wie umfangsgerichtet) besitzen. 30

35

40

45

50

55

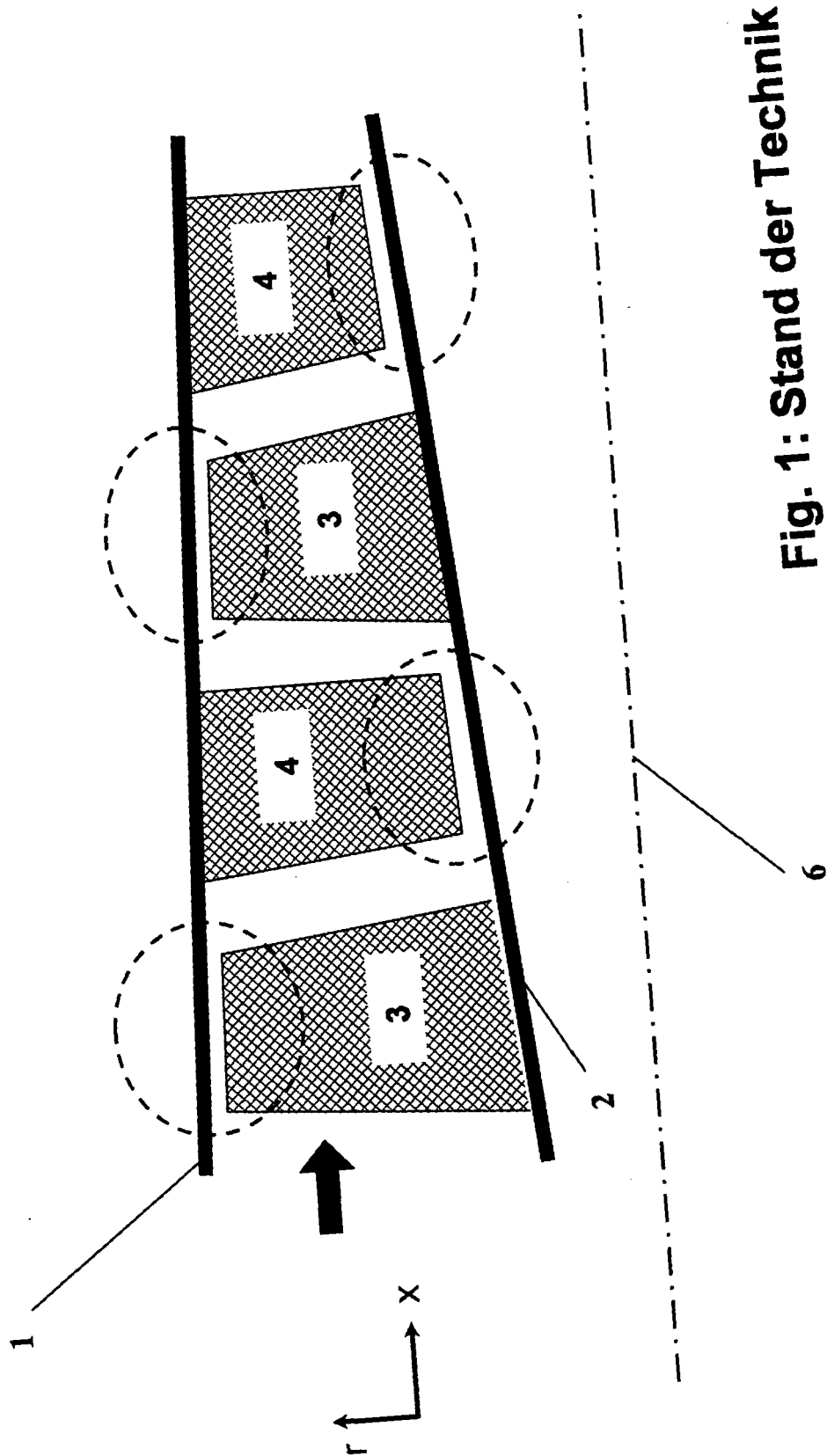
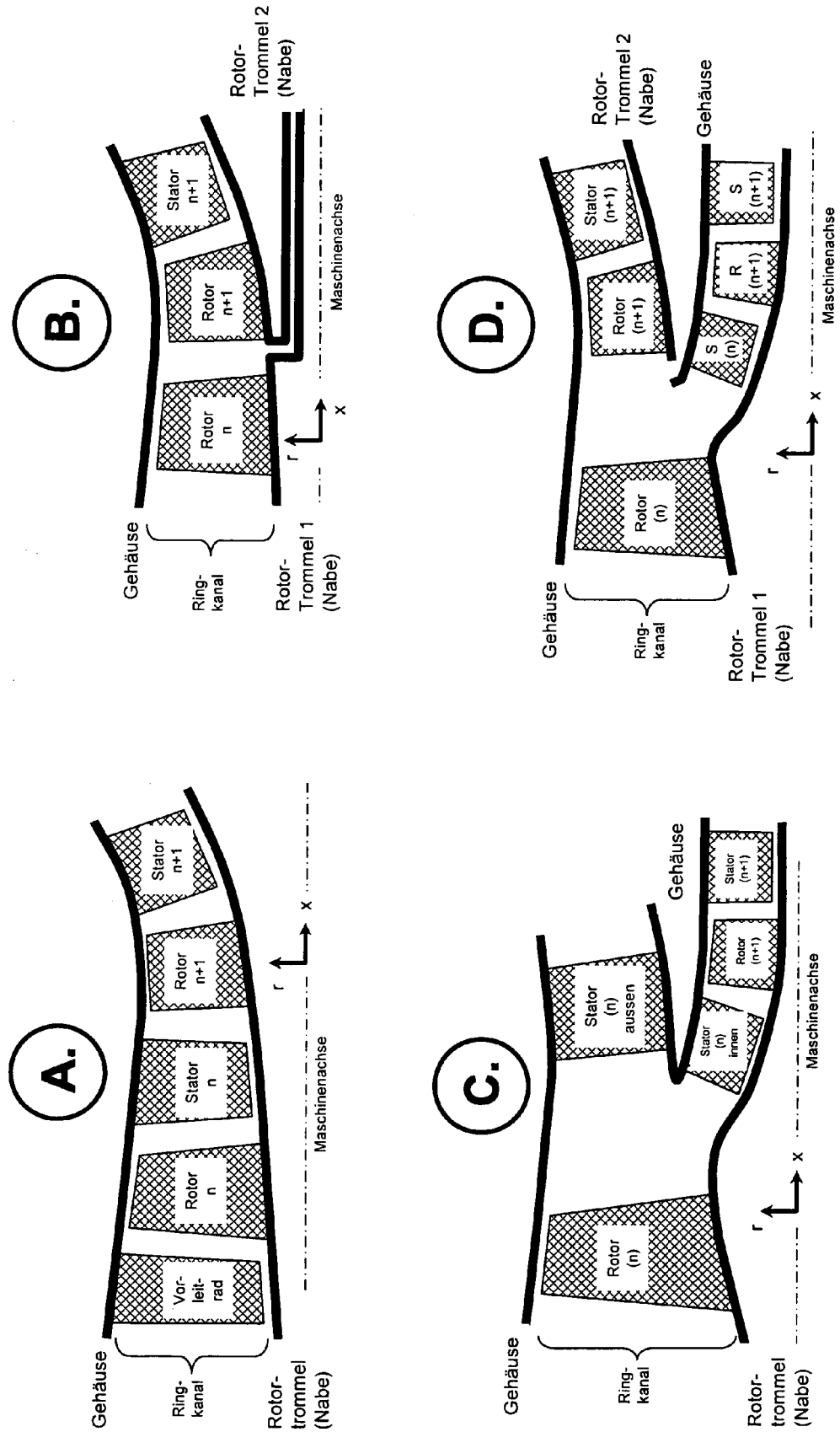
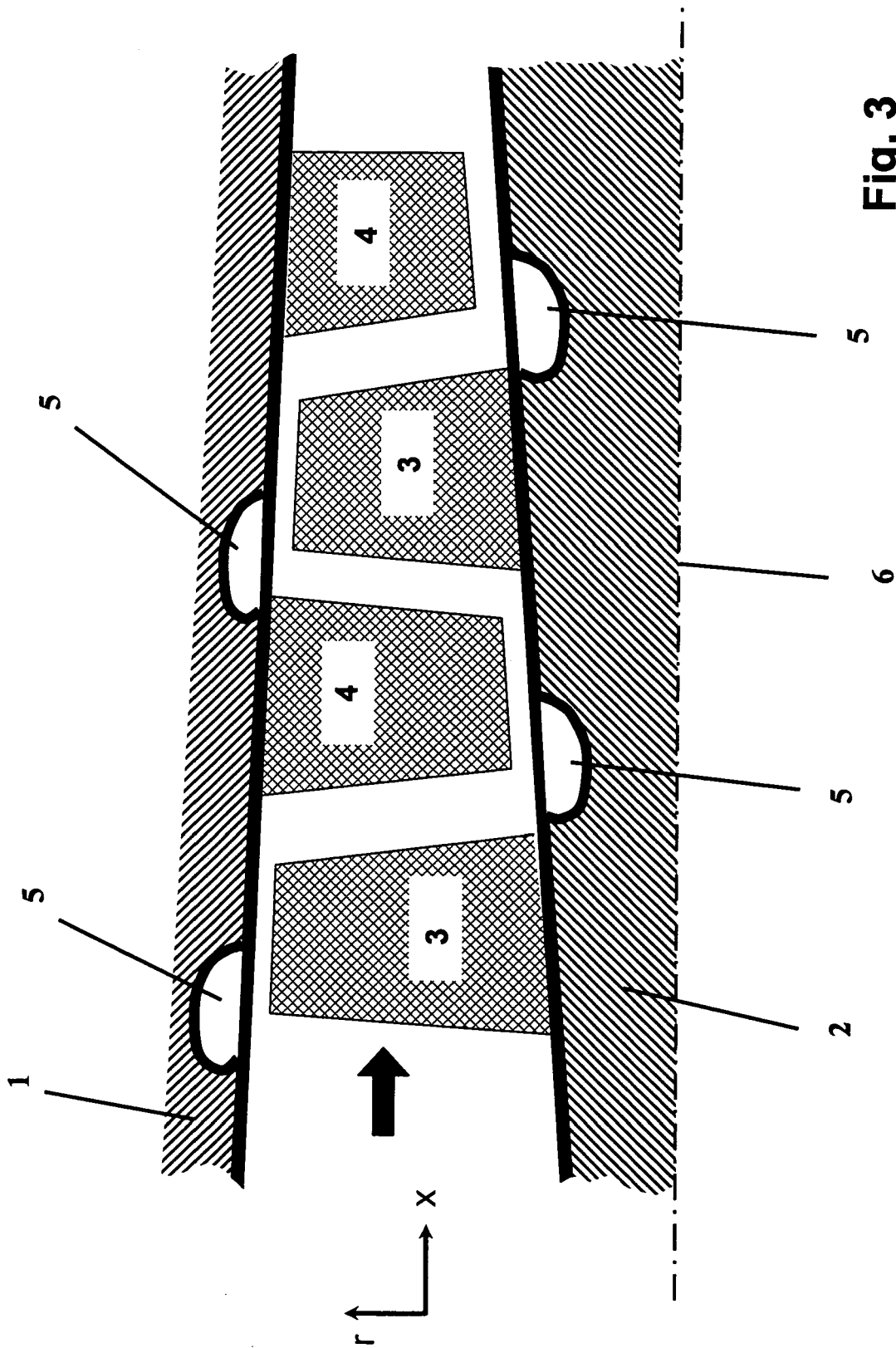


Fig. 1: Stand der Technik

Fig. 2





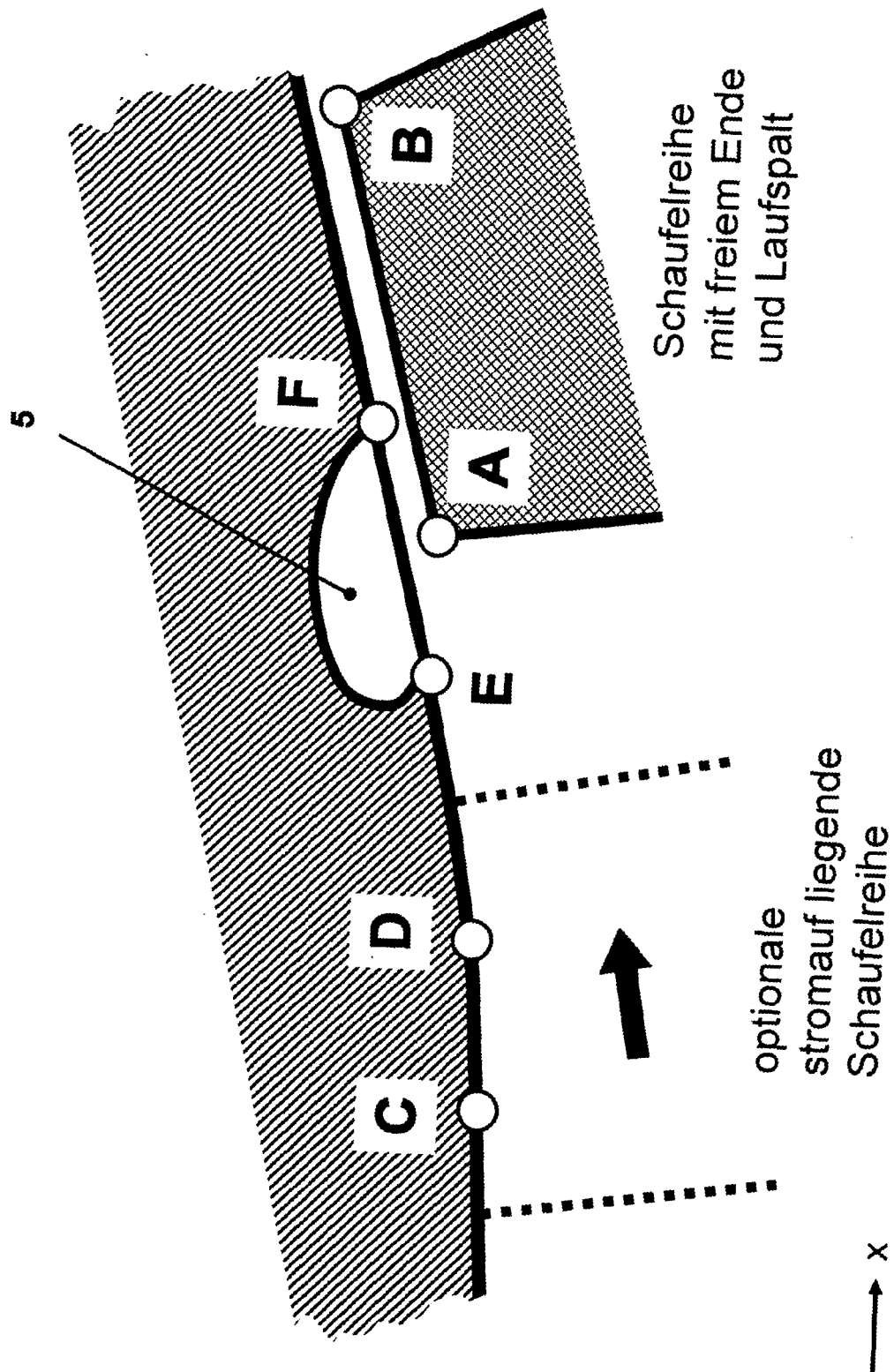


Fig. 4

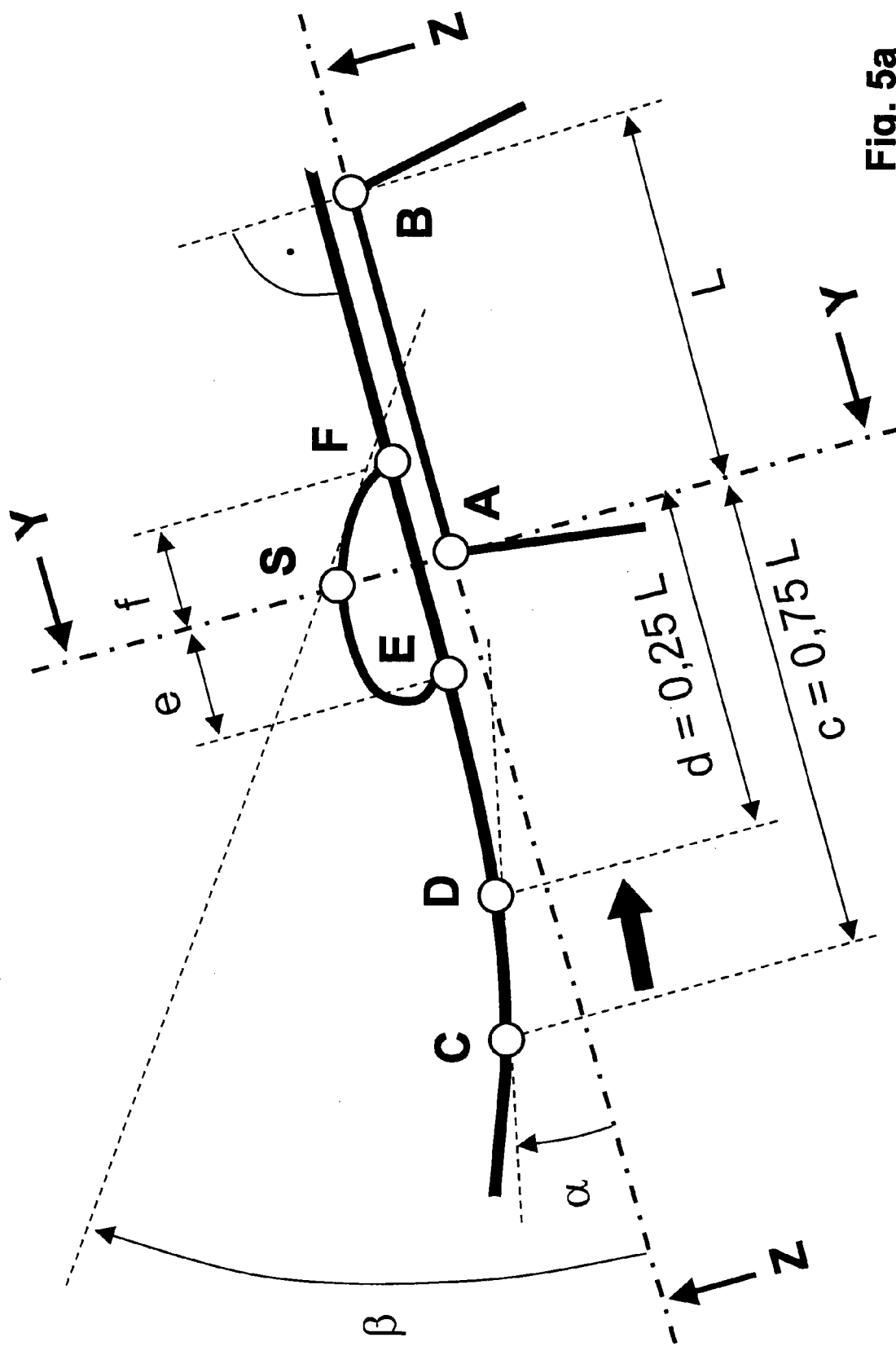
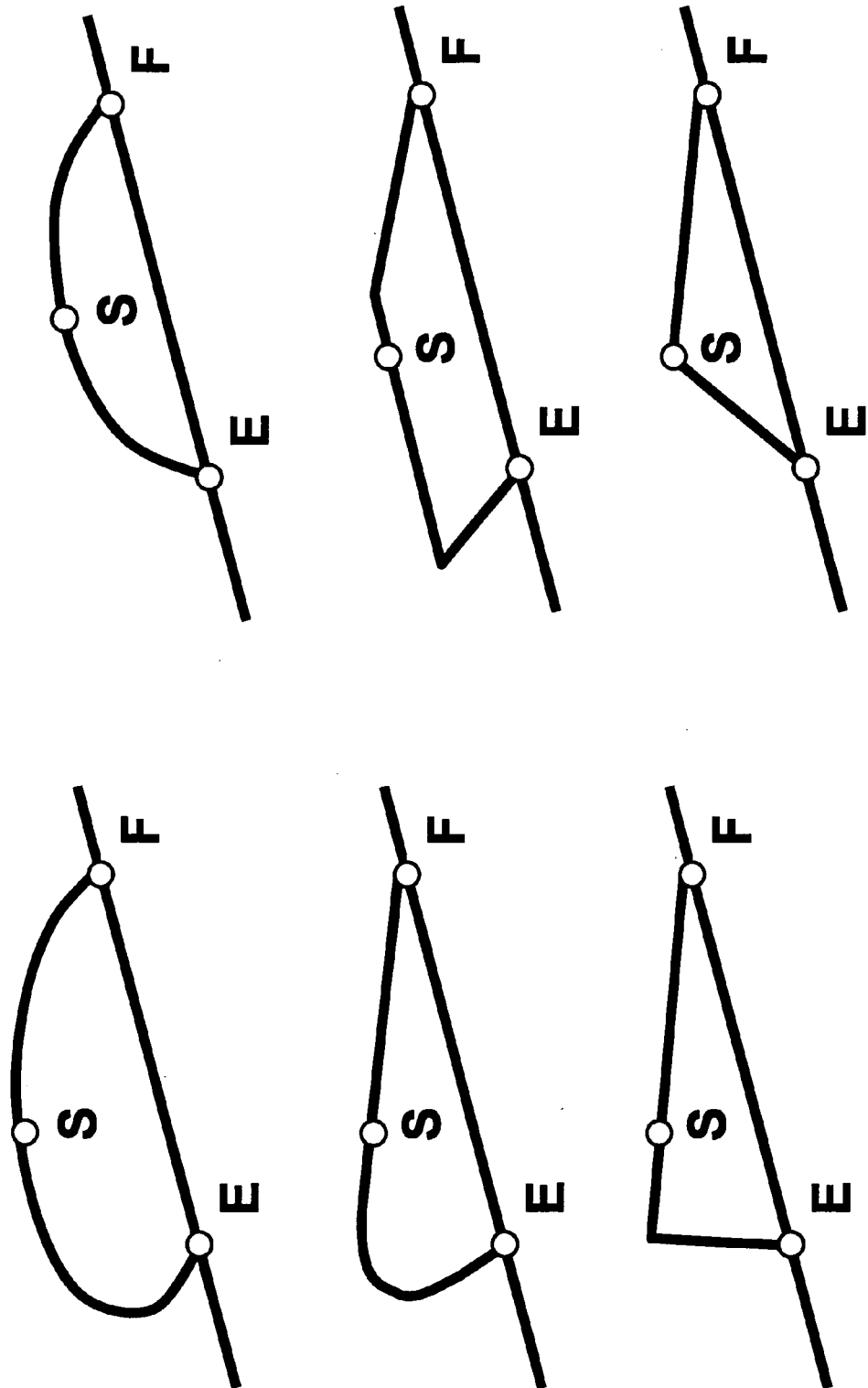


Fig. 5a

Fig. 5b



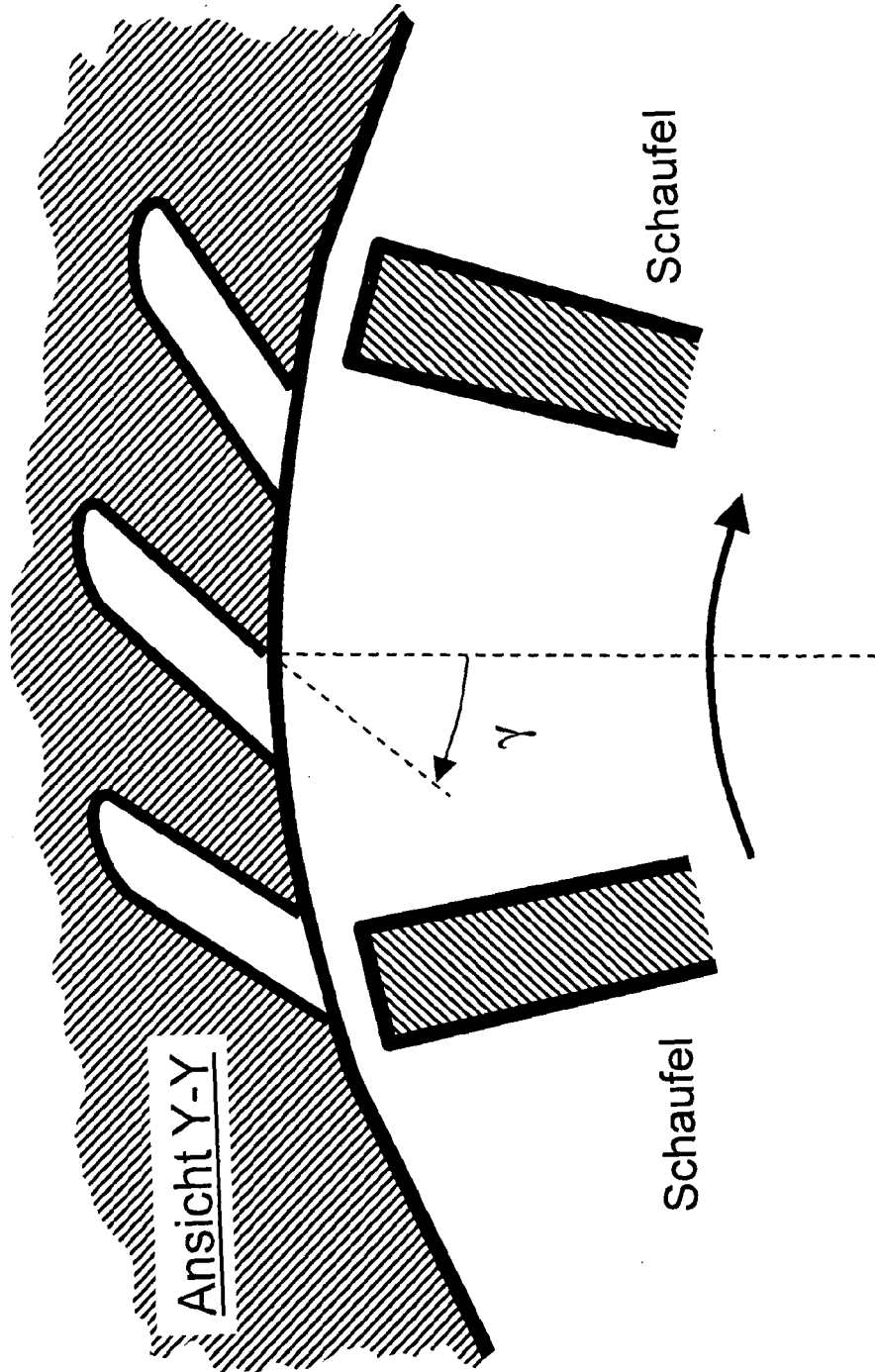


Fig. 6

Fig. 7a

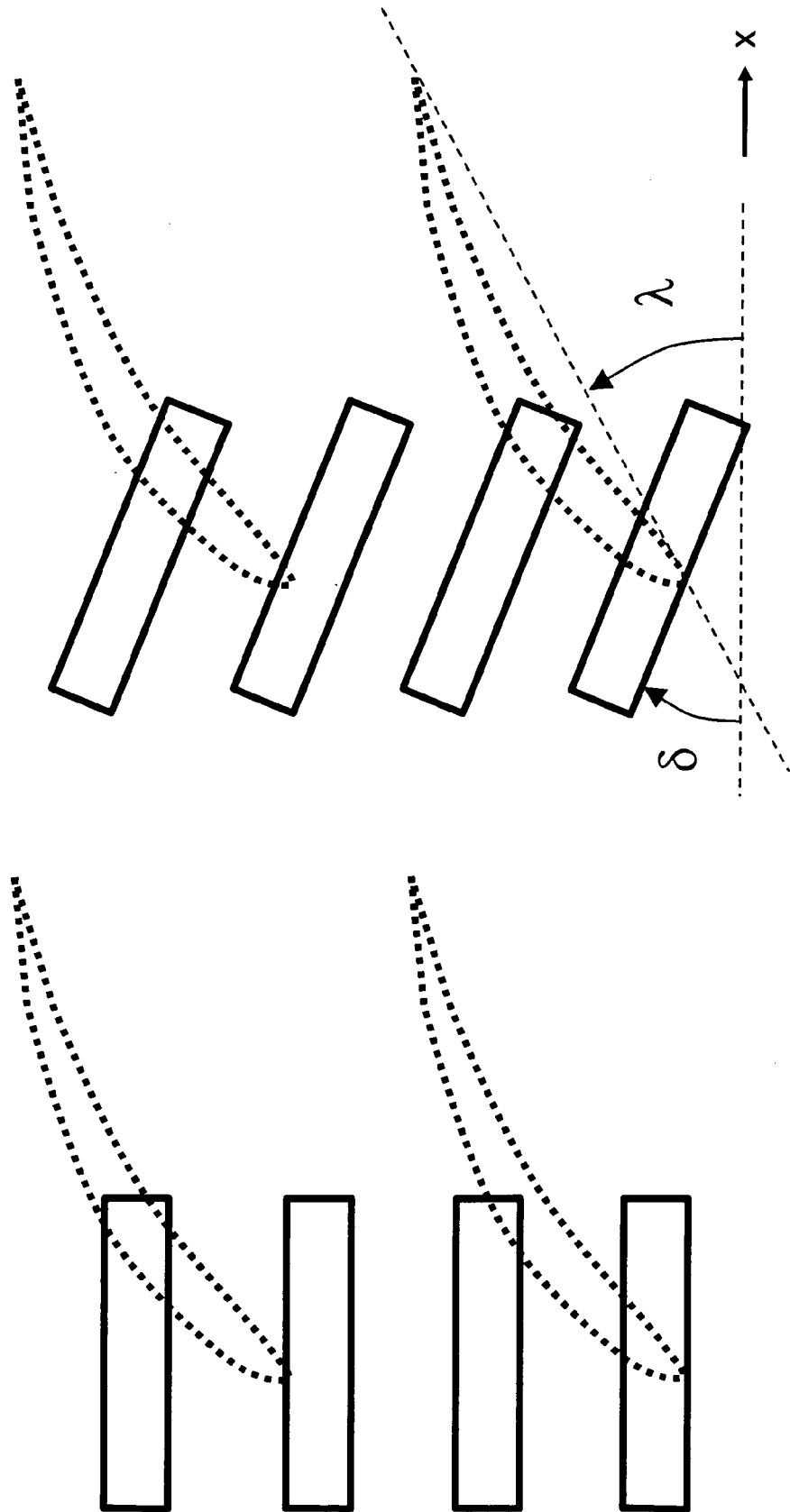


Fig. 7b

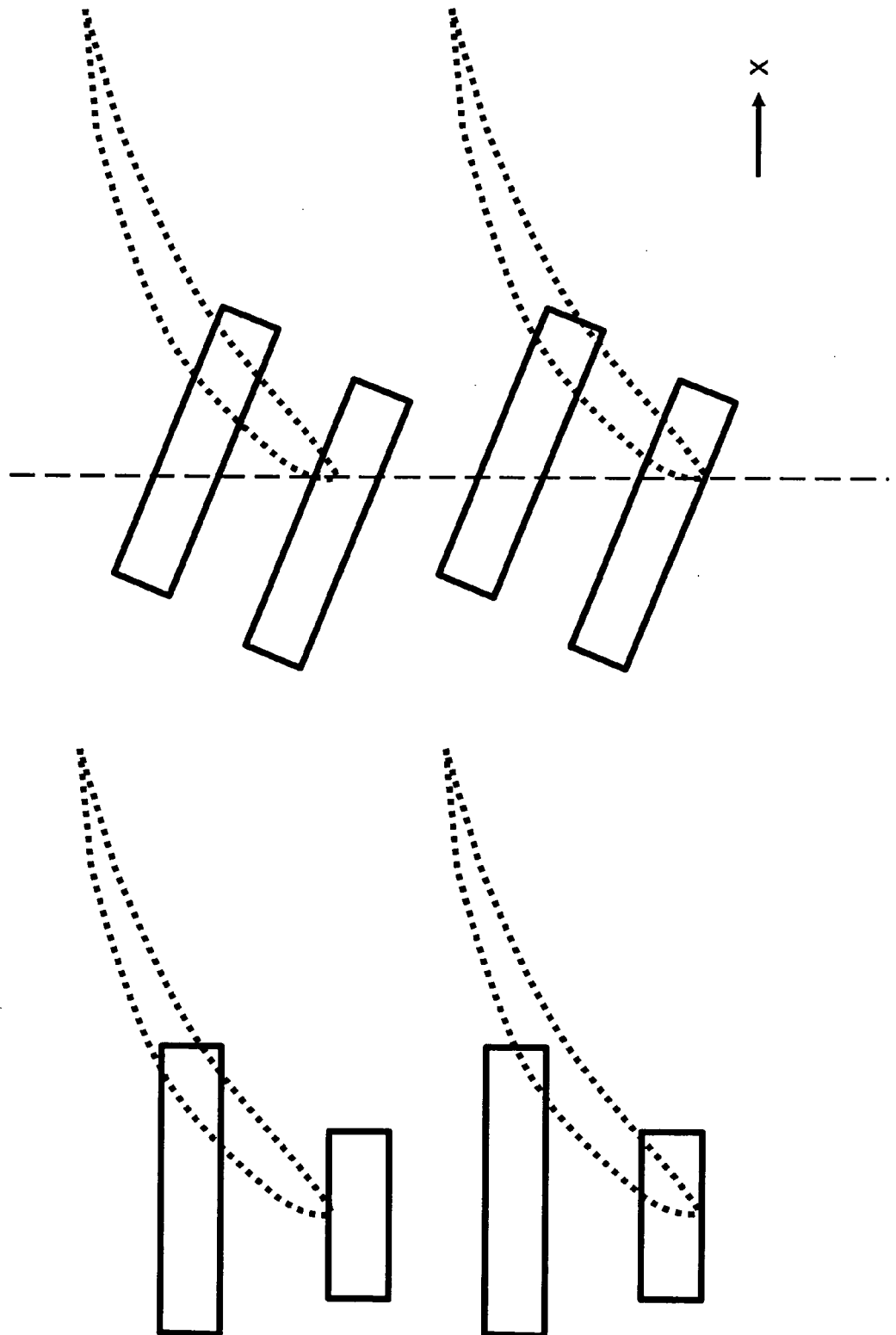
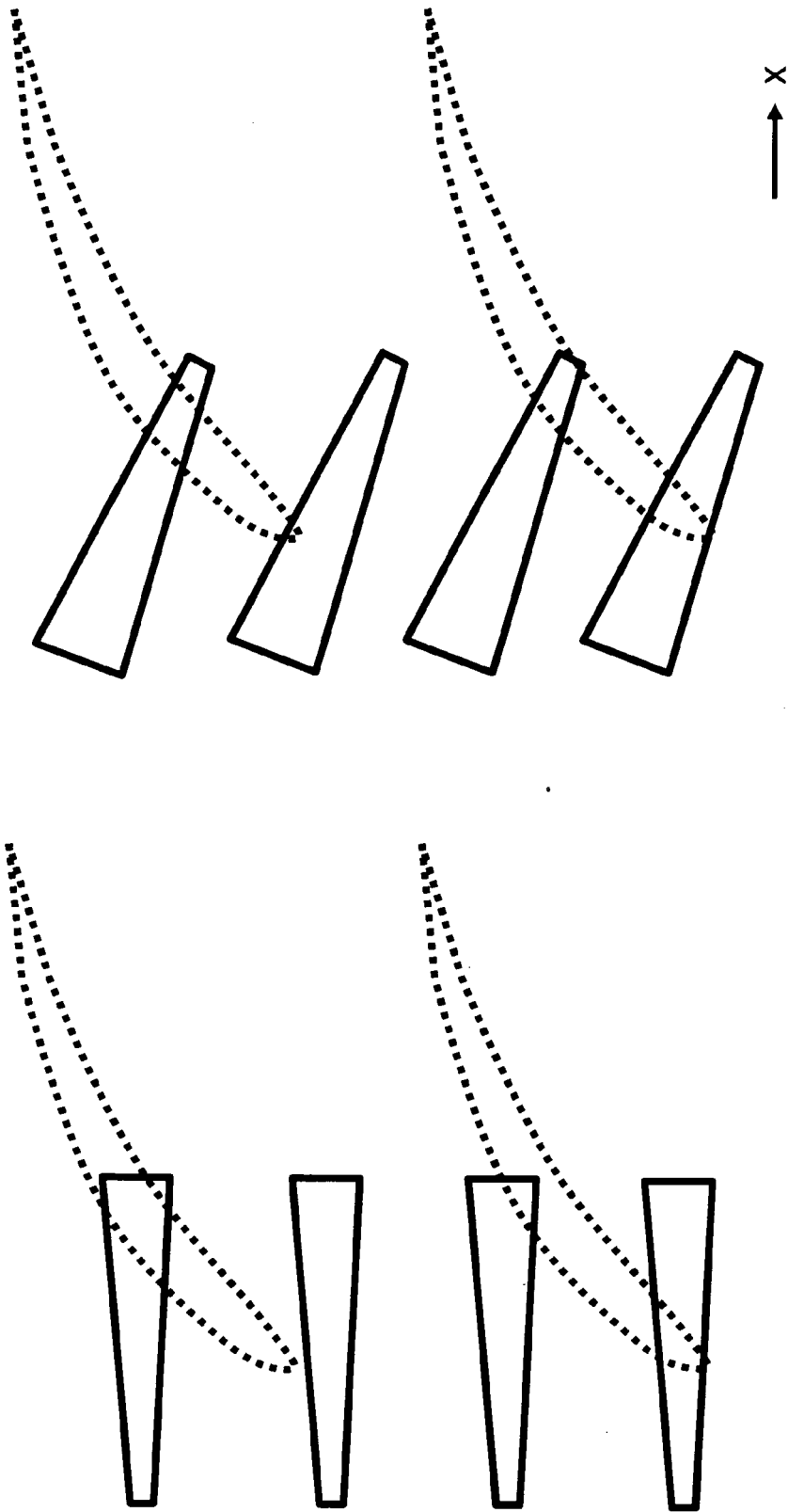


Fig. 7c



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 20050226717 A1 [0002]
- DE 10135003 C1 [0002]
- DE 10330084 A1 [0002]