

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft den Abströmteil eines Turbinen-Regelrades, gebildet durch eine gehäuseseitige und eine nabenseitige Kanalwand, welche Kanalwände einen Strömungskanal einschliessen, welcher Strömungskanal als Ringtorus ausgebildet ist.

Stand der Technik

[0002] Die erste Stufe des Hochdruckteils von Dampfturbinen wird bevorzugt als Gleichdruckbeschaufelung ausgelegt. Die Gleichdruck-Räder bieten an dieser Stelle trotz der gegenüber einer Überdruckbeschaufelung potentiell höheren Gitterverluste merkbare Vorteile gegenüber den in den folgenden Stufen üblichen Reaktionsstufen.

[0003] Bevorzugt werden sie als Regelstufen eingesetzt, wenn die Maschine in Festdruckfahrweise nicht mit ihrem Auslegungsmassenstrom beaufschlagt wird. Hierzu wird der Leitapparat in Form von im Gehäuse integrierten Düsen realisiert, die segmentweise mit unter hohem Druck stehendem Arbeitsfluid beaufschlagt werden. Es ist damit möglich, die Stufe segmentweise nahe ihrem Auslegungspunkt zu betreiben, wenn die Maschine in Teillast betrieben wird. Über das Laufrad besteht in diesem Fall kein ausgeprägtes Druckgefälle, und schädliche Kurzschluss-Strömungen durch die nicht beaufschlagten Schaufelkanäle werden weitgehend vermieden.

[0004] Die Schaufeln der Regelstufen werden häufig auf einem Durchmesser angeordnet, der deutlich grösser ist, als der Durchmesser der folgenden Überdruckstufen. Somit kann in der ersten Stufe der Hochdruckturbine ein hoher Enthalpieabbau vorgenommen werden, ohne dass ein nennenswerter Axialschub auf den Läufer übertragen wird. Der im Vergleich zu den durchströmten Schaufelkanälen auf einem grossen Durchmesser angeordnete Spalt zwischen Laufrad und Gehäuse kann ohne besondere Massnahmen toleriert werden, da über den Spalt zumindest bei Betrieb im Auslegungspunkt keine nennenswerte Druckdifferenz vorliegt. Als weiterer Vorteil sei angemerkt, dass durch das resultierende geringe Verhältnis von Schaufelhöhe zu mittlerem Schaufelradius der Reaktionsgrad auch ohne dreidimensionale Schaufelkonturierung über den Radius nahezu konstant bleibt, eine echte Gleichdruckbeschaufelung also einfach realisiert werden kann.

[0005] Bei Teilbeaufschlagung einer Regelstufe ist die Abströmung aus dem Laufrad im Teillastbetrieb mit starken Gradienten in Umfangsrichtung behaftet. Es muss vermieden werden, die folgende Überdruckstufe in Umfangsrichtung derart inhomogen anzuströmen, da ansonsten strukturmechanische Probleme wie auch starke Sekundärströmungen in den folgenden Schaufelgittern auftreten.

[0006] Üblicherweise werden die Übergänge der Rad-durchmesser vom Austritt des Regelstufen-Laufrades zum Eintritt in die folgende Stufe daher nicht kontinuierlich ausgeführt, sondern durch eine Stufe der Nabe unmittelbar am Laufradaustritt, die den Nabendurchmesser sprunghaft auf den des folgenden Schaufelgitters reduziert. Desgleichen wird das Gehäuse zunächst eine Strecke stromab des Regelrades auf dessen Aussendurchmesser weitergeführt, bevor es sprunghaft auf den Aussendurchmesser der stromab folgenden Stufe reduziert wird. Durch die Unstetigkeiten der Kanalkontur entstehen stromab des Regelrades zwei grosse Rezirkulationsgebiete, in denen die Regelrad-Abströmung ausgemischt und in Umfangsrichtung homogenisiert wird. Diese Wirbel sind mit grossen Verlusten behaftet, auch im Vollastbetrieb, wenn ohnehin eine in Umfangsrichtung weitgehend homogene Regelrad-Abströmung gegeben ist, und keine turbulente Mischung notwendig wäre.

[0007] Zugleich wird die Zuströmung zur folgenden Stufe über die Kanalhöhe sehr inhomogen, wodurch weitere Verluste induziert werden.

[0008] Die Verwendung S-förmiger Tori zur Führung einer axialen Hauptströmung einer Strömungsmaschine zwischen Stufen mit stark unterschiedlichen Mittelschnittdurchmessern ist bekannt und auch naheliegend. Insbesondere im vorliegenden Fall ist diese a priori ungeeignet. Es ergeben sich dabei im Teillastbetrieb Probleme in der nachfolgenden Stufe, die aufgrund des Fehlens einer Mischkammer im Strömungspfad in Umfangsrichtung stark inhomogen angeströmt wird, da im Teillastbetrieb die verlustbehaftete turbulente Ausmischung ja ein wichtiges Funktionsprinzip von Regelradmaschinen darstellt.

[0009] Es sei noch anzumerken, dass sich hier gerade in dem Fall, dass die Mittelschnitt-Durchmesser des Regelrades und der stromab folgenden Stufe nicht stark unterschiedlich sind, bei der konventionellen Art der Mischkammergestaltung Probleme ergeben, da auch in einem solchen Fall keine hinreichende Intensität der Ausmischung erreicht wird.

[0010] Die Auslegung des Überströmbereichs von einer Regelstufe einer Turbomaschine zu einem stromab folgenden Schaufelgitter bewegt sich also im Spannungsfeld zwischen einer verlustarmen Strömung bei Vollbeaufschlagung und einer guten - verlustbehafteten - Ausmischung der Umfangsinhomogenitäten bei Teilbeaufschlagung. Beides zu realisieren, und gleichzeitig eine auch über die Kanalhöhe möglichst homogene Anströmung der folgenden Stufe zu erreichen, ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung.

Darstellung der Erfindung

[0011] Die vorliegenden Erfindung betrifft den Abströmteil eines Turbinen-Regelrades, gebildet durch eine gehäuseseitige und eine nabenseitige Kanalwand, welche Kanalwände einen Strömungskanal einschlies-

sen, welcher Strömungskanal als Ringtorus ausgebildet ist.

[0012] Aufgabe der Erfindung ist, die Mischkammer so zu gestalten und im Überströmkanal anzuordnen, dass bei Teilbeaufschlagung des Regelrades die notwendige verlustbehaftete Ausmischung mit hinreichender Intensität abläuft, um eine in Umfangsrichtung homogene Anströmung der stromab folgenden Turbinenstufe zu gewährleisten. Daneben ist auch darauf zu achten, dass der Einfluss sich ausbildender Grenzschichten in einem vertretbaren Rahmen gehalten und eine radial möglichst gleichförmige Anströmung der folgenden Stufe erreicht wird.

[0013] Erfindungsgemäss werden diese Ziele dadurch erreicht, dass der Strömungskanal im Längsschnitt stromab des Regelrades eine Krümmung erhält, stromab derer der Kanal mit einer radialen Komponente auf den Durchmesser der stromab folgenden Stufe geführt wird. Im Anschluss an den geneigten Teil erhält der Strömungskanal auf dem Radius der folgenden Stufe eine der ersten Krümmung entgegengerichtete Umlenkung, und wird parallel zur Maschinenachse in das stromab gelegene Leitgitter geführt. Dabei werden die bei nach dem Stand der Technik üblichen Unstetigkeiten der Kanalkonturierung vermieden. Durch die zwei entgegengesetzt verlaufenden Strömungsumlenkungen bildet der Strömungskanal, der selbstverständlich in Umfangsrichtung um die Maschinenachse verläuft, einen im Maschinen-Längsschnitt allgemein S-förmigen Ringtorus. Wie ohne weiteres nachvollziehbar, nähert sich dieser um so mehr einem zylindrischen Ringtorus an, je geringer der Durchmesserunterschied zwischen dem Regelrad und der nachfolgenden Turbinenstufe ist, wobei dieser Grenzfall hier ebenfalls eingeschlossen ist.

[0014] Erfindungsgemäss wird weiterhin an der radial aussen liegenden Kanalwand eine umlaufende Mischkavität angeordnet, die auf geeignete Weise, bevorzugt durch einen Ringspalt, mit dem Strömungskanal verbunden ist. Dabei müssen das Volumen der Mischkavität und der Querschnitt des Eintrittsspaltess so abgestimmt werden, dass einerseits eine gute Durchmischung einer in Umfangsrichtung inhomogenen Strömung erreicht wird. Andererseits muss die Bildung von Strömungsresonanzen durch die geometrische Anpassung des Volumens der Mischkavität und ihrer Verbindung zum durchströmten Kanal vermieden werden.

[0015] Auch ist die axiale Lage der Mischkavität bzw. des Eintrittsspaltess in die Mischkavität zweckmässig zu wählen, da ansonsten unerwünschte Wechselwirkungen mit der Hauptströmung auftreten.

[0016] Aus dieser Konfiguration resultiert bei zweckmässiger Auslegung der Kanal- und Mischkammer-Geometrie folgende Wirkung: Bei Vollbeaufschlagung des Regelrades strömt das Arbeitsfluid nahezu axial, d.h. ohne signifikanten Drall, aus dem Regelrad aus, und der Strömungskanal wird ohne nennenswerte Umfangskomponente durchströmt. Da das Arbeitsfluid

keine wesentliche Geschwindigkeitskomponente normal zur Kanalwand hat, wird die Mischungskavität weitgehend überströmt. In diesem Falle resultieren keine Mischungsverluste. Bei Teilbeaufschlagung des Regelrades hingegen ist die Regelradabströmung mit einer Umfangskomponente behaftet, die umso stärker ist, je grösser der Abstand des Lastpunktes vom Auslegungspunkt, mithin also auch, je inhomogener die Regelradabströmung, ist. Im Falle der drallbehafteten Strömung tritt nun aufgrund der Zentrifugalkräfte Fluid in die Mischkammer ein, so, dass in Umfangsrichtung vorliegende Inhomogenitäten ausgemischt werden. Die Ausmischung ist umso intensiver, je stärker der Drall der Regelradabströmung ist. Die Ausmischung der Umfangshomogenitäten und die hierbei notwendig in Kauf zu nehmenden Druckverluste werden somit lastabhängig durch diese Inhomogenitäten selbst gesteuert.

[0017] Aufgrund der speziellen Funktionsweise - Drallsteuerung der Mischintensität - sind Unstetigkeiten des Verlaufs des Strömungskanals zwischen Regelrad und folgender Stufe keine Voraussetzung für die bestimmungsgemässe Funktion des Regelrad-Abströmteils. Durch die erfindungsgemässe Ausführung des Regelrad-Abströmteils wird auch dann eine im Bedarfsfall hinreichende Mischintensität erreicht, wenn das Regelrad und die nachfolgende Stufe den gleichen Mittelschnitt-Durchmesser aufweisen, und aus dem S-förmigen Ringtorus ein zylindrischer Ringtorus wird.

[0018] Bei der erfindungsgemässen Ausführung des Abströmteils eines Regelrades wird der Strömungskanal zwischen dem Regelrad und der stromab folgenden Turbinenstufe gegenüber den Radkammern herkömmlicher Bauart mit deutlich geringerem turbulentem Queraustausch durchströmt. Den hierdurch entstehenden dicken Grenzschichten kann entgegengewirkt werden, indem der Strömungskanal insgesamt leicht düsenförmig, das heisst mit abnehmender Querschnittsfläche, ausgelegt wird.

[0019] Als weiterer Vorteil der Erfindung ist aufzuführen, dass der Drehimpuls einer drallbehafteten Strömung vom Regelrad-Austritt zum Eintritt der folgenden Stufe weitgehend erhalten bleibt, da bei zweckmässiger Auslegung nur der zur Umfangs-Homogenisierung notwendige Teilstrom turbulent vermischt wird. Somit kann der Drall effizient bei der Auslegung der Stufenkinematik genutzt werden; der bei drallbehafteter Strömung insbesondere bei einem radial nach innen gerichteten Strömungskanal zwangsläufig entstehende positive radiale Druckgradient kann durch die Gestaltung der Kanalkrümmung im Übergang vom gegen die Maschinenachse geneigten zum rein axialen Teil wirkungsvoll kompensiert werden.

55 Kurze Beschreibung der Zeichnung

[0020] Im folgenden werden Beispiele für die Ausführung der Erfindung anhand der Zeichnung erläutert. Im

einzelnen zeigen:

- Fig. 1 die Kanalkonturierung und die Anordnung der Mischkammer bei einer Maschine, bei der das Regelrad auf einem grösseren Durchmesser als die folgende Stufe angeordnet ist.
- Fig. 2 die Kanalkonturierung und die Anordnung der Mischkammer bei einer Maschine, bei der das Regelrad auf einem kleineren Durchmesser als die folgende Stufe angeordnet ist.
- Fig. 3 die Mischkammer und deren Verbindung mit dem Strömungskanal.
- Fig. 4 einen Teil einer Abwicklung der radial äusseren Kanalwand mitsamt dem folgenden Turbinen-Leitrad mit Blickrichtung von der Maschinenachse radial nach aussen.
- Fig. 5 eine Ausführungsvariante der nabenseitigen Kanalwand.
- Fig. 6, 7, 8 Beispiele für weitere zweckmässige Ausführungsformen der nabenseitigen Kanalwand.
- Fig. 9, 10, 11 Beispiele für die Ausführung der Erfindung durch Einbauten in ausgeführten Maschinen.

Weg zur Ausführung der Erfindung

[0021] Die prinzipielle Ausführung der Erfindung ist in den Figuren 1 und 2 der Abbildung dargestellt. Auf der Welle 40 einer Turbomaschine ist der Regelrad-Läufer LA I mit dem Mittelschnitt-Durchmesser D_1 angeordnet. Eine axiale Strecke x_{ges} stromab des Regelrad-Austritts ist eine zweite Turbinenstufe, bestehend aus dem Leitrad LE II und dem Laufrad LA II angeordnet, dessen Mittelschnitt-Durchmesser D_2 im allgemeinen von dem des Regelrades verschieden ist. In Fig. 1 ist der Fall $D_2 < D_1$ dargestellt, in Fig. 2 der Fall $D_2 > D_1$. Der Abströmteil wird durch die gehäuseseitige Kanalwand 31 und die nabenseitige Kanalwand 41 gebildet, die den Strömungskanal 50 einschliessen. In den Figuren 1 und 2 werden die Kanalwände (31, 41) durch die Welle 40 und das Gehäuse 30 gebildet. Der Abströmkanal 50 des Regelrades überführt die Strömung ohne Unstetigkeiten der Kanalwände 31, 41, d.h. ohne sprunghafte Änderungen der Kanalhöhe h , vom Durchmesser D_1 auf den Durchmesser D_2 . Bei dieser Durchmesseränderung bleibt der Drehimpuls einer drallbehafteten Regelradabströmung erhalten, weshalb sich bei der in Fig. 1 dargestellten Konfiguration der Drall der Strömung bis vor den Eintritt in das stromab folgende Leitrad LE II signifikant erhöht, wodurch sich wiederum ein starker radialer Druckgradient über der Kanalhöhe ausbildet, dergestalt, dass der Druck von der nabenseitigen Kanalwand zur gehäuseseitigen Kanalwand

ansteigt. Einer radial derart inhomogenen Anströmung des Leitrades LE II kann entgegengewirkt werden durch die Krümmung der Kanalkontur im Bereich AA, BB, die ihrerseits einen Druckanstieg von der gehäuseseitigen Kanalwand 31 zur nabenseitigen Kanalwand 41 induziert, und die bei zweckmässiger Auslegung die radiale Druckverteilung und mithin auch die meridionale- und Umfangskomponente der Geschwindigkeit homogenisiert.

[0022] Bei Teilbeaufschlagung des Regelrades LA I resultiert eine in Umfangsrichtung stark inhomogene und drallbehaftete Abströmung aus dem Regelrad-Läufer LA I. Um eine Ausmischung der Umfangsinhomogenitäten zu erreichen, ist an der gehäuseseitigen Kanalwand die umlaufende Mischkavität 100 angeordnet und mit dem Strömungskanal 50 beispielsweise über einen umlaufenden Ringspalt 110 verbunden. Je stärker der Drall der Regelrad-Abströmung ist, desto mehr Fluid wird durch Zentrifugalkräfte über den Ringspalt 110 in die Mischkavität 100 gefördert und dort turbulent in Umfangsrichtung ausgemischt, wodurch die Umfangsinhomogenitäten ausgeglichen werden. Die Förderung von Fluid in die Mischkammer 100 wird weiterhin durch eine über den Strömungskanal gegenüberliegende Nase B der nabenseitigen Kanalwand 41 intensiviert. Es ist zu beachten, dass bei der in Fig. 2 dargestellten Konfiguration die Punkte B und BB der nabenseitigen Kanalwand 41 identisch sein können, bei der in Fig. 1 dargestellten Konfiguration hingegen nicht. Die analoge Aussage kann über die Lage der Punkte A und AA der gehäuseseitigen Kanalwand getroffen werden.

[0023] Im Interesse der Strömungsführung und der Verlustminimierung ist es von Vorteil, wenn das Gehäuse 30 den Kopfbereich 65 des Regelrad-Läufers LA I und somit den Leckagespalt 67 überdeckt.

[0024] Die bevorzugte Dimensionierung der Mischkavität 100 und deren bevorzugte Lage werden im folgenden anhand der Figuren 1 bis 4 erläutert. Fig. 3 zeigt eine vergrösserte Darstellung der Mischkavität, wie sie sich bei einem Längsschnitt durch die Maschine darstellt. Die Kammergeometrie, die in diesem Fall ellipsenförmig dargestellt ist, ist hierbei von untergeordneter Bedeutung; prinzipiell ist hier eine beliebige Form, beispielsweise Polygonform, möglich. Das Volumen der Mischkammer muss hinreichend viel Arbeitsfluid aufnehmen, um eine gute Ausmischung der Umfangsinhomogenitäten zu ermöglichen. Andererseits darf hier auch nicht so viel Arbeitsfluid zirkulieren, dass die Verluste über ein notwendiges Mass in die Höhe getrieben werden. Zweckmässig erweist es sich, wenn die mit A_{Kammer} bezeichnete hier dargestellte Querschnittsfläche zwischen 70% und 130% der Fläche entspricht, die sich ergäbe, wenn die Kanalhöhe h quadriert würde.

[0025] Der Ringspalt 110 ist durch die Erstreckung in Hauptströmungsrichtung b definiert, sowie durch die Tiefe des sich so ergebenden Halses L . Das Mass b beträgt, ebenfalls aus den oben angestellten Überle-

gungen, zweckmässig das 0,5 - 1,5 - fache der Kanalhöhe h. Das Mass L kann dann bei ansonsten festgelegter Dimensionierung aus der Forderung bestimmt werden, dass die Eigenfrequenz ω_{Kammer} der Mischkavität grösser sein soll, als die grösste in der Aussenströmung vorkommende Anregungsfrequenz. Hieraus ergibt sich die Bestimmungsgleichung zur Dimensionierung des Eintrittshalses 110:

$$\frac{b}{L} = \left(\frac{\omega_{\text{Kammer}}}{a} \right)^2 \cdot A_{\text{Kammer}}$$

worin a die Schallgeschwindigkeit des Arbeitsfluides ist.

[0026] Die Lage der Mischkavität in axialer Richtung bzw. im Strömungskanal ist in Fig. 1 und 2 durch die axiale Lage des Flächenschwerpunktes P der Mischkavität im Maschinen-Längsschnitt, x_P und den Abstand der Austrittskante A vom stromab gelegenen Gittereintritt entlang einer Hauptstromlinie, ξ , definiert. Wesentlich ist hier, dass die Wechselwirkung zwischen der Mischkammerströmung und der Stromaufwirkung des folgenden Schaufelgitters weitgehend vermieden wird. Der Abstand ξ entlang einer Hauptstromlinie von der Austrittskante A der Mischkavität bis zum Eintritt ins Schaufelgitter LE II sollte mit Vorteil mehr als eine Sehnenlänge s, definiert in Fig. 4, der Schaufeln LE II betragen. Unter konstruktiven und fluidmechanischen Gesichtspunkten erweist sich weiterhin ein Mass x_P zwischen 40% und 80% des axialen Masses x_{ges} als zweckmässig.

[0027] In den Ausführungsbeispielen, die in Fig. 1 und 2 dargestellt sind, sind die Schaufeln des Regelradläufers LA I direkt auf der Welle 40 befestigt, wobei die Welle eine solche Form hat, dass sie gleichzeitig die nabenseitige Kontur des Strömungskanals 50 bildet. Gerade in dem häufigen Fall, dass der Nabendurchmesser des Regelrad-Läufers grösser ist als der der folgenden Stufen, resultiert aus dieser Ausführung ein extrem hoher Fertigungs- und Materialaufwandaufwand durch die Bearbeitung eines Wellen-Rohlings mit grossem Durchmesser. Es sei auch darauf verwiesen, dass die Figuren 1 und 2 in erster Linie dazu dienen, dem Fachmann die Idee der Erfindung nahezubringen, obschon die gezeigten Ausführungsvarianten der Erfindung bei entsprechend grossem Aufwand durchaus realisierbar sind.

[0028] Wesentlich häufiger ist in der Praxis der Fall, dass das Regelrad als einzelnes Bauteil gefertigt - beispielsweise gegossen - wird, wobei eine Nabe des Regelrad-Läufers die Durchmesser-Differenz überbrückt. Das Regelrad wird in diesem Fall auf geeignete Weise so auf der Welle befestigt, dass das Moment des Regelrad-Läufers übertragen werden kann.

[0029] In den nachfolgend herangezogenen Figuren 5 bis 8 ist die Nabe 60 des Regelrad-Läufers LA I radial auf der Welle aufgefügt, beispielsweise aufgeschweisst oder aufgepresst, wobei die Fügestelle 66 sich axial

erstreckt. Dies darf jedoch nicht in einschränkendem Sinne verstanden werden, da für den Fachmann eine Reihe anderer Verbindungsmöglichkeiten naheliegen. So könnten hier prinzipiell eine Anzahl formschlüssiger Verbindungen Verwendung finden, ebenso ein Kegelsitz, oder eine axiale Verbindung mittels Zuganker oder einer Flanschverbindung, und dergleichen mehr. Dies berührt jedoch in keinem Falle das Wesen der Erfindung, weshalb es an dieser Stelle weder angebracht noch möglich ist, die Ausführungsalternativen vollzählig darzulegen.

[0030] Zur konstruktiven Ausgestaltung der Nabe, zum Beispiel hohlgegossen, sowie der Art der Verbindung von Nabe und Welle ist jede problemangepasste Lösung vorstellbar. Insbesondere kann der Regelrad-Läufer ohne Einschränkung der erfindungsgemässen Funktion aus mehreren Umfangs-Segmenten bestehen, um die Montage auf der Welle zu erleichtern, oder es können aus Fertigungsgründen radial mehrere Segmente zusammengebaut sein. All diese konstruktiven Details berühren das Wesen der Erfindung ebenfalls nicht.

[0031] In Fig. 5 ist eine Ausführungsvariante dargestellt, bei der der Regelrad-Läufer LA I auf einer verdickten Welle 40 montiert ist. Dabei bildet wiederum die Welle 40 die nabenseitige Kanalwand 41. Kennzeichnend für diese Ausführungsvariante ist die nabenseitige Stufe des Strömungskanals 50 unmittelbar stromab des Regelrad-Läufers LA I. Das hier entstehende Rezirkulationsgebiet wird im Wesentlichen überströmt; daher halten sich die generierten Verluste in einem vertretbaren Mass. Im Gegenzug sinkt der Fertigungsaufwand erheblich.

[0032] In Fig. 6 ist die Nabe 60 des Regelrad-Läufers LA I dergestalt ausgeführt, dass ihre radial äussere Kontur die nabenseitige Kanalwand 41 bildet, die im allgemeinen jede beliebige Kombination erfindungsgemässer Merkmale beinhalten kann. Nachteilig bei der hier dargestellten Variante ist die Erstreckung der Fügeverbindung 66 zwischen Nabe 60 und Welle 40. In Fig. 7 und 8 sind daher exemplarisch alternative Befestigungsmöglichkeiten aufgezeigt.

[0033] Fig. 9 offenbart eine Ausführungsvariante, bei der die Konstruktion von Läufer und Welle einer ausgeführten Maschine unverändert beibehalten werden kann. Dabei wird eine umfangssymmetrische Wellenabdeckung 45, das die nabenseitige Strömungskanalwand 41 bildet, stromab des Regelrad-Läufers LA I auf der Welle 40 beziehungsweise an der Regelrad-Nabe 60 befestigt.

[0034] Ebenso kann die gehäuseseitige Kanalwand 31 durch ein auf geeignete Weise im Gehäuse befestigtes Einbauteil 35 gebildet werden, in welches die Mischkavität 100 integriert ist. Dies bietet den Vorteil, das Gehäuse 30 einer ausgeführten Maschine weiterzuverwenden, ohne die Gussform zu ändern, und es können bei einer Neukonstruktion ungünstige Gusskonstruktionen vermieden werden, da die Kanalwand 31 und die

Mischkavität 100 unabhängig vom Gehäuse 30 entstehen.

[0035] Selbstverständlich können die Einbauteile 35, 45 in dem zwischen Wellenabdeckung 45 und Welle 40 bzw. Gehäuseabdeckung entstehenden Hohlräumen 36, 46 über Versteifungsrippen verfügen; ebenso können sie jeweils mit einer oder mehreren Druckausgleichbohrungen zwischen Strömungskanal 50 und dem Hohlraum 36 bzw. 46 versehen sein.

[0036] Bei den in Fig. 10 und 11 dargelegten Ausführungsvarianten der Erfindung wird die erfindungsgemäße Strömungsführung durch zwei relativ zum Gehäuse feststehende umfangsymmetrische Einbauteile realisiert. Dabei wird die Gehäuseabdeckung 35 auf geeignete Weise im Gehäuse 30 befestigt. Vom Gehäuse 30 weisen Streben 38 in den Strömungskanal 50 hinein, an denen die Rotorabdeckung 45 befestigt ist. Anzahl und Position der Streben 38 werden dabei in erster Linie durch die Festigkeit bestimmt, die notwendig ist, um die Rotorabdeckung 45 sicher zu fixieren; daneben auch durch den Strömungswiderstand, den die Streben 38 induzieren, respektive deren Funktion zur zusätzlichen Strömungsführung, so diese angestrebt wird. Aus den gleichen Überlegungen resultiert deren vorzugsweise Querschnittsgestaltung, und die Streben 38 können beispielsweise als einfache Stäbe, Leitbleche oder schaufelförmig ausgeführt werden. Zu dieser Ausführungsvariante wäre anzumerken, dass bei einem zur Maschinenachse 10 hin orientierten Strömungsverlauf zwischen Regelrad LA I und einem stromab folgenden Leitrad LE II eine möglicherweise durch Zentrifugalkräfte induzierte Rückströmung in der Grenzschicht vermieden werden kann.

[0037] In Fig. 11 ist die in Fig. 10 dargestellte Ausführung insofern ergänzt, dass am stromab gelegenen Ende das Leitgitter LE II unmittelbar zwischen die Abdeckungen 35, 45 integriert ist, und die Leitschaufeln LE II auch eine Funktion als Streben erfüllen. In diesem Falle kann zwischen der Rotorabdeckung 45 und der Welle 40 bzw. der Nabe 60 eine Abdichtung vorgenommen werden, was zweckmässig in dem Ringspalt 48 geschehen könnte. Weiterhin ist eine in den Hohlraum 46 hineinragende Versteifungsrippe der Rotorabdeckung dargestellt.

[0038] Wie für den Fachmann ohne weiteres nachvollziehbar ist, können die Rotorabdeckung 45 und die Gehäuseabdeckung 35 selbstverständlich auch ohne das Gegenstück eingesetzt werden, wobei dann die jeweils gegenüberliegende Kanalwand auf eine andere Art und Weise konturiert werden muss. Ebenso können Rotorabdeckung 45 und Gehäuseabdeckung 35 aus mehreren Einzelteilen zusammengefügt werden, wo dies aus Gründen der Montagefreundlichkeit oder der Fertigung erforderlich ist.

Bezugszeichenliste

[0039]

5	10	Maschinenachse
	30	Gehäuse
	31	gehäuseseitig strömungsbegrenzende Wand
	35	gehäuseseitiges Einbauteil
10	36	zwischen gehäuseseitigem Einbauteil und Gehäuse gebildeter Hohlraum
	38	Stützstreben
	40	Welle
	41	nabenseitig strömungsbegrenzende Wand
15	45	Wellenabdeckung
	46	zwischen Wellenabdeckung und Gehäuse gebildeter Hohlraum
	48	Leckagespalt zwischen Rotorabdeckung und Welle
20	50	Strömungskanal
	60	Nabe des Regelrad-Läufers
	64	Regelrad-Laufschaukeln
	65	Kopfbereich des Regelrad-Läufers
	66	Fügeverbindung
25	67	Regelrad-Leckagespalt
	100	Mischkammer
	110	Verbindung zwischen Mischkammer und Strömungskanal
	A	Austrittsebene der Mischkammer
30	AA	Gegenknickstelle der gehäuseseitig strömungsbegrenzenden Wand
	A _{Kammer}	Fläche der Mischkammer im Maschinen-Längsschnitt
	B	Nase der nabenseitig strömungsbegrenzenden Wand
35	BB	Gegenknickstelle der nabenseitig strömungsbegrenzenden Wand
	D ₁	Mediandurchmesser der Regelrades
	D ₂	Mediandurchmesser der dem Regelrad stromab nachfolgenden Stufe
40	L	Tiefe der Mischkammer-Öffnung
	LA I	Regelrad-Läufer
	LA II	Laufgitter der dem Regelrad stromab nachfolgenden Stufe
45	LE II	Leitgitter der dem Regelrad stromab nachfolgenden Stufe
	P	Schwerpunkt der Mischkammer
	b	Erstreckung der Mischkammer-Öffnung entlang der Kanalwand
50	h	Kanalhöhe
	s	Sehnenlänge der Leitschaufeln der dem Regelrad stromab folgenden Stufe
	x _P	axiale Lage des Mischkammer-Schwerpunktes
55	x _{ges}	axialer Abstand zwischen Regelrad-Austritt und stromab folgendem Stufen-Eintritt
	ξ	Stromlinien-angepasste Koordinate

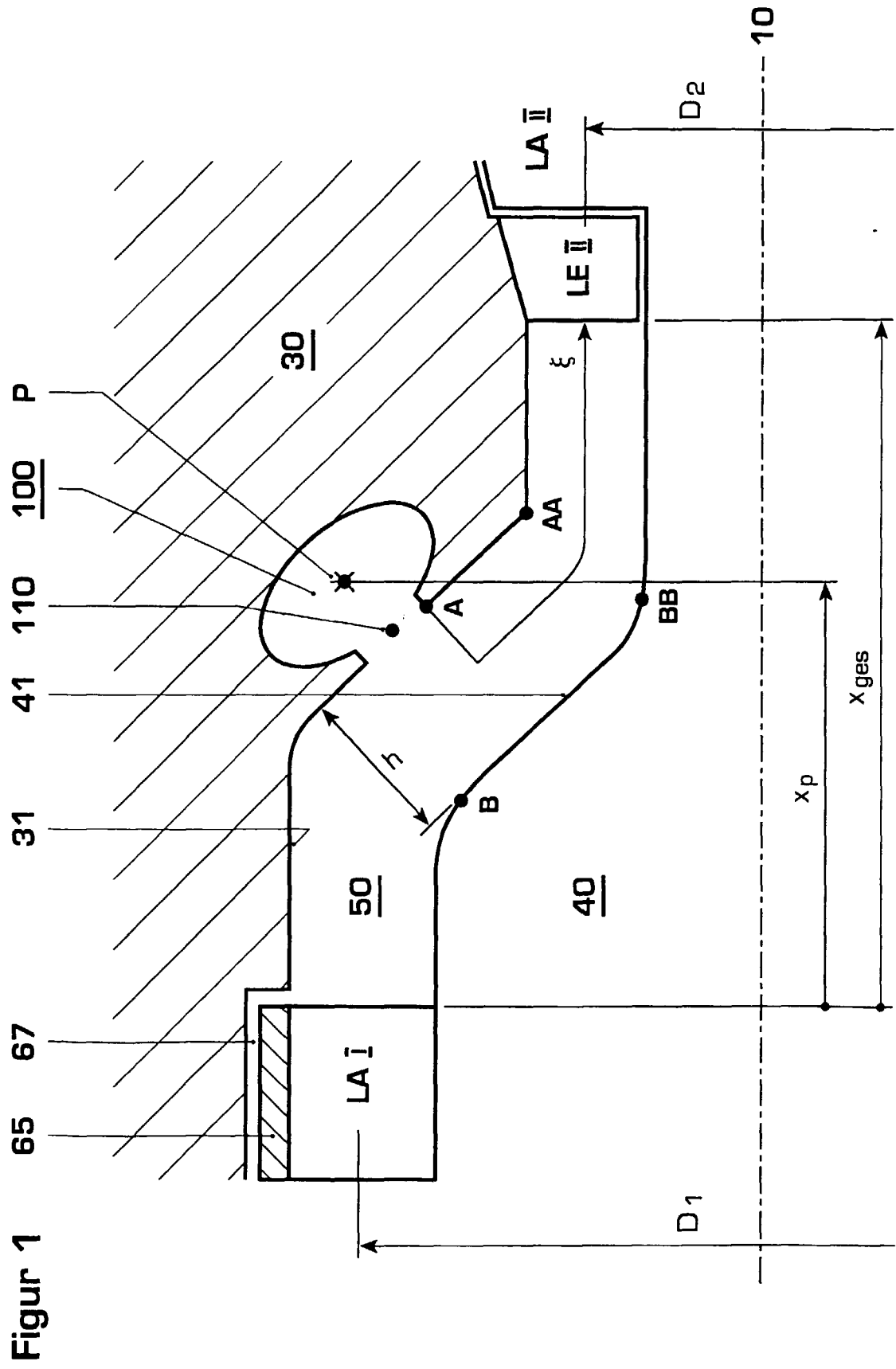
Patentansprüche

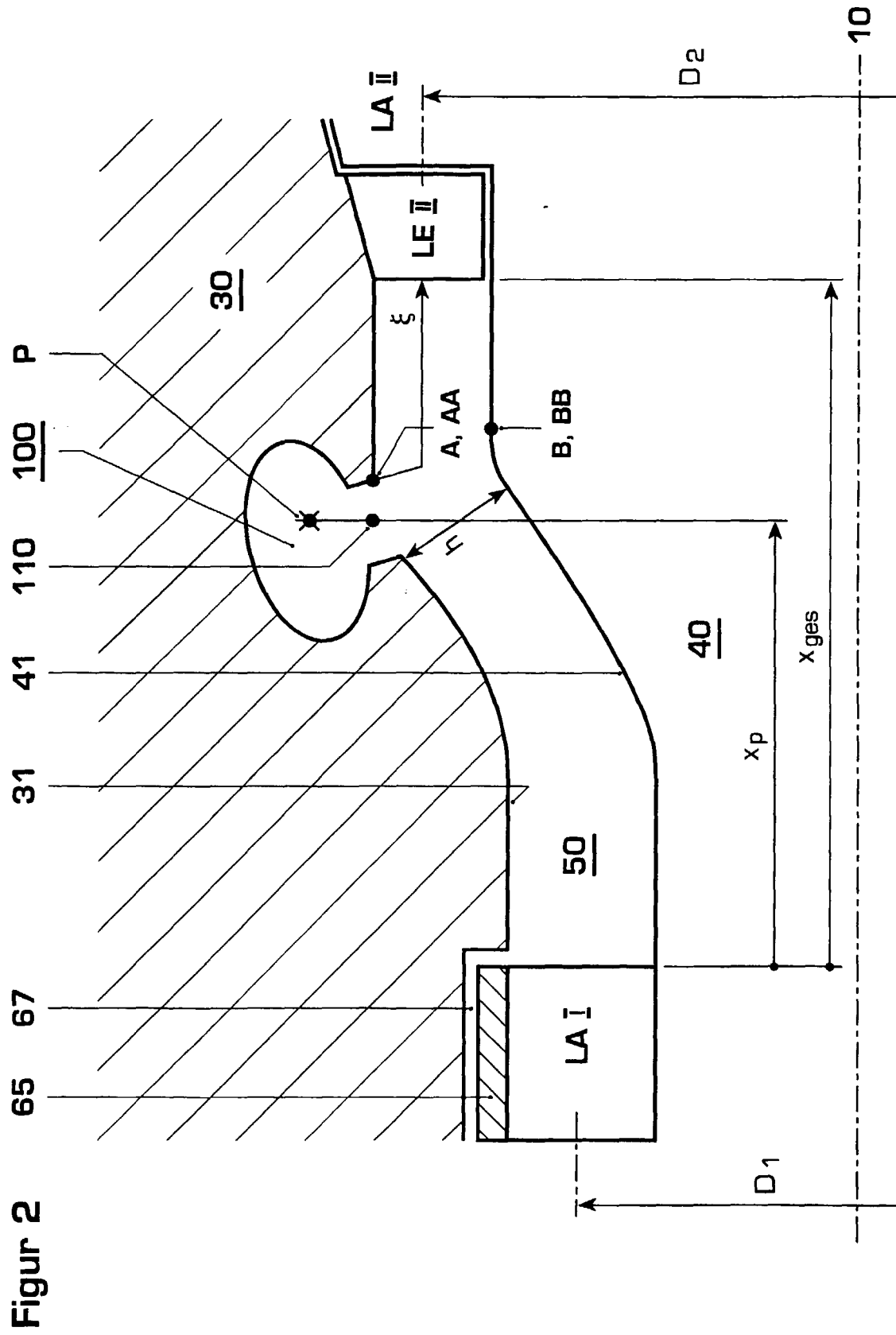
1. Abströmteil eines Turbinen-Regelrades (LA I), gebildet durch eine gehäuseseitige (31) und eine nabenseitige (41) Kanalwand, welche einen Strömungskanal (50) einschliessen, welcher Strömungskanal als Ringtorus ausgebildet ist, wobei dieser Abströmteil zugleich die Zuströmung zu einer stromab angeordneten Turbinenstufe (LE II, LA II) darstellt, dadurch gekennzeichnet, dass eine umlaufende Mischkammer (100) an der radial äusseren Wand (31) des Strömungskanals (50) angeordnet ist, welche Mischkammer mit dem Strömungskanal verbunden ist. 5
2. Abströmteil eines Turbinen-Regelrades nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Strömungskanal (50) stromab des Regelrades stetige Wandkonturen aufweist. 10
3. Abströmteil eines Turbinen-Regelrades nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Austrittsquerschnitt des Strömungskanals weniger als 110% des Eintrittsquerschnitts beträgt. 15
4. Abströmteil eines Turbinen-Regelrades nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Regelrad (LA I) auf einem grösseren Durchmesser als eine nachfolgende Stufe (LE II, LA II) angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Strömungskanal (50) in einem Mittelteil zur Maschinenachse (10) hin geneigt ist. 20
5. Abströmteil eines Turbinen-Regelrades nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Strömungskanal (50) an einem stromabwärtigen Teil (AA, BB) so gekrümmt ist, dass eine Linie von jeder Strömungskanalwand (31, 41) zum Zentrum der Krümmung von der Maschinenachse (10) weg weist. 25
6. Abströmteil eines Turbinen-Regelrades nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Regelrad (LA I) auf einem kleineren Durchmesser als eine nachfolgende Stufe (LE II, LA II) angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Strömungskanal (50) in einem Mittelteil von der Maschinenachse (10) weg weist. 30
7. Abströmteil eines Turbinen-Regelrades nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Strömungskanal (50) an einem stromabwärtigen Teil (AA, BB) so gekrümmt ist, dass eine Linie von jeder Strömungskanalwand (31, 41) zum Zentrum der Krümmung zur Maschinenachse (10) hin weist. 35
8. Abströmteil eines Turbinen-Regelrades nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass eine im Längsschnitt der Maschine sich ergebende Schnittfläche (A_{Kammer}) der Mischkavität (100) zwischen 70% und 130% der Fläche beträgt, die sich bei Quadrierung der Kanalhöhe (h) ergibt. 40
9. Abströmteil eines Turbinen-Regelrades nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Flächenschwerpunkt (P) der Mischkavität (100) zwischen 40% und 80% des axialen Abstandes (x_{ges}) zwischen Regelradaustritt und folgendem Leitrad-Eintritt stromab des Regelrad-Austritts angeordnet ist. 45
10. Abströmteil eines Turbinen-Regelrades nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Mischkammer (100) mit dem Strömungskanal (50) durch einen umlaufenden Ringspalt (110) verbunden ist. 50
11. Abströmteil eines Turbinen-Regelrades nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die stromabwärtige Kante des Ringspaltes (A) mehr als eine Sehnenlänge (s) einer folgenden Leitschaufel (LE II) stromauf des Eintritts in eine folgende Stufe (LE II, LA II) angeordnet ist. 55
12. Abströmteil eines Turbinen-Regelrades nach einem der Ansprüche 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Erstreckung des Ringspaltes (b) auf der Kanalwand (31) in Hauptströmungsrichtung zwischen 50% und 150% der Kanalhöhe (h) beträgt.
13. Abströmteil eines Turbinen-Regelrades nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Volumen der Mischkammer (100) und die Verbindung (110) zum Strömungskanal (50) so aufeinander abgestimmt sind, dass eine resultierende Eigenfrequenz grösser als eine durch die Aussenströmung aufgeprägte Erregerfrequenz ist.
14. Abströmteil eines Turbinen-Regelrades nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die radial innen liegende Kanalwand (41) an der Stelle, die im Strömungskanal (50) der Mischkammer (100) gegenüberliegt, eine Nase (B) in den Strömungskanal hinein aufweist.
15. Abströmteil eines Turbinen-Regelrades nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass ein Läufer des Turbinen-Regelrades (LA I) mindestens aus einem Schaufelkranz (64) und einer Nabe (60) besteht, welche Nabe (60) mit einer Welle (40) verbunden ist.
16. Abströmteil eines Turbinen-Regelrades nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die

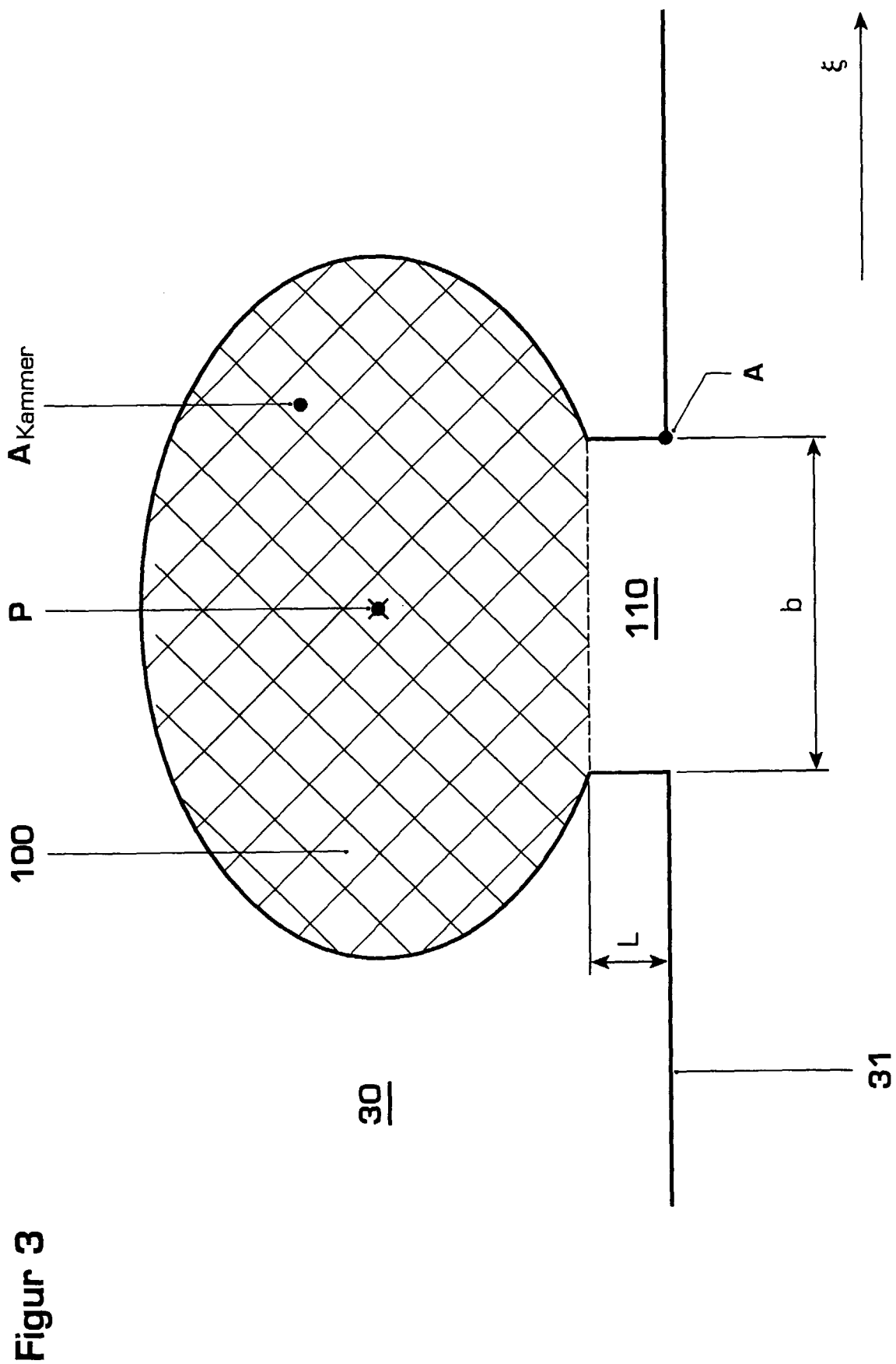
abenseitige Kanalwand (41) unmittelbar am Regelrad-Austritt eine radial nach innen gerichtete Stufe aufweist.

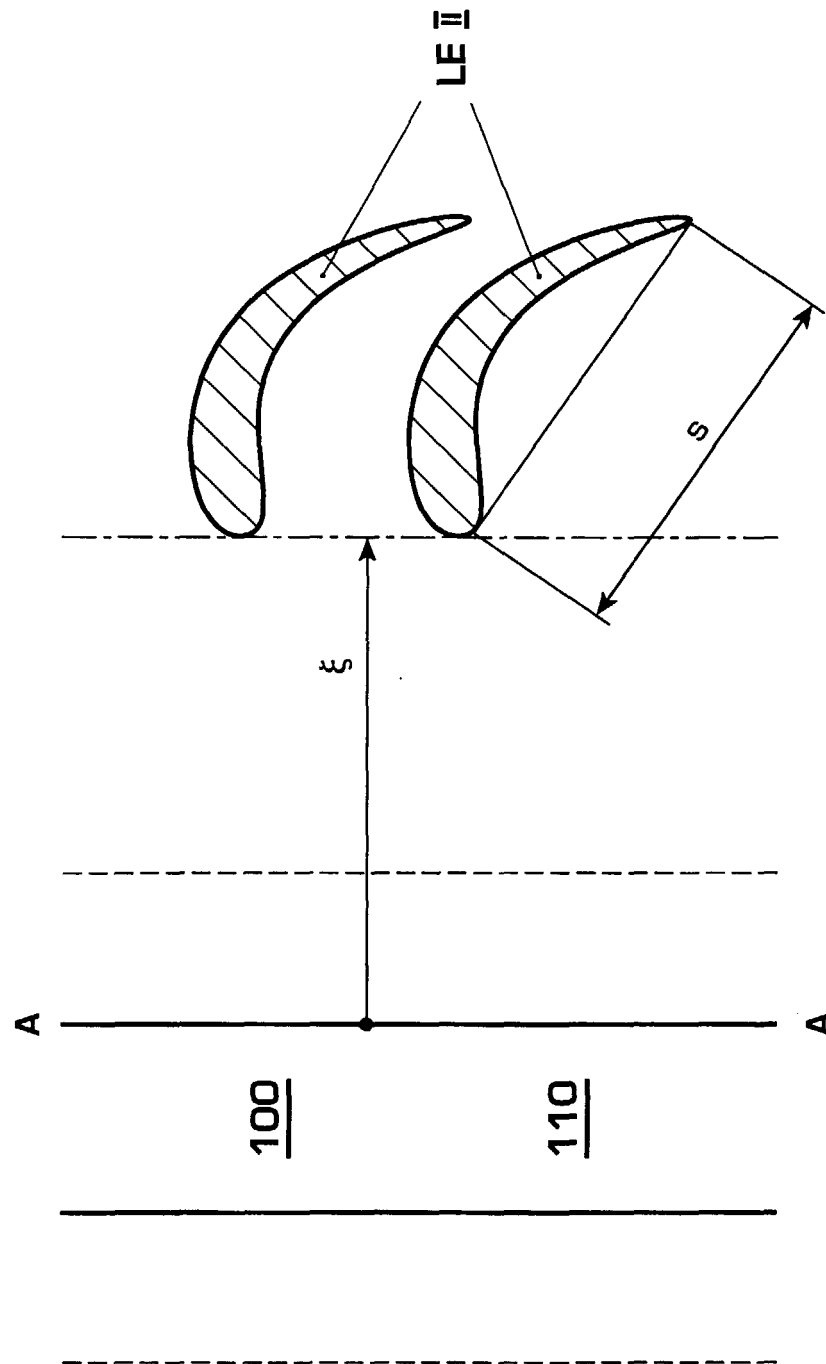
bereich (65) des Regelrad-Läufers (LA I) überdeckt.

17. Abströmteil eines Turbinen-Regelrades nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die abenseitige Kanalwand (41) durch eine Welle (40) der Turbine gebildet wird. 5
18. Abströmteil eines Turbinen-Regelrades nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die abenseitige Wand (41) des Strömungskanals (50) durch die stromab des Regelrad-Austritts axial fortgeführte Nabe (60) des Regelrad-Läufers (LA I) gebildet wird. 10
15
19. Abströmteil eines Turbinen-Regelrades nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die abenseitige Wand (41) des Strömungskanals (50) durch eine umfangssymmetrische Rotorabdeckung (45) gebildet wird. 20
20. Abströmteil eines Turbinen-Regelrades nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Rotorabdeckung (45) an den rotierenden Teilen der Maschine (40, 60) befestigt ist. 25
21. Abströmteil eines Turbinenregelrades nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Rotorabdeckung (45) mit der gehäuseseitigen Kanalwand (31) fest verbunden ist. 30
22. Abströmteil eines Turbinen-Regelrades nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Rotorabdeckung (45) durch Stützstreben (38) an der gehäuseseitigen Kanalwand (31) befestigt ist. 35
23. Abströmteil eines Turbinen-Regelrades nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Rotorabdeckung (45) durch im Wesentlichen radial nach innen gerichtete Platten an der gehäuseseitigen Kanalwand (31) befestigt ist. 40
24. Abströmteil eines Turbinen-Regelrades nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, die Rotorabdeckung (45) durch Schaufelprofile an der gehäuseseitigen Kanalwand (31) befestigt ist. 45
25. Abströmteil eines Turbinen-Regelrades nach einem der Ansprüche 21 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Leitschaufeln (LE II) der stromab folgenden Turbinenstufe (LE II, LA II) zwischen gehäuseseitiger Kanalwand (31) und Rotorabdeckung (45) integriert sind. 50
55
26. Abströmteil eines Turbinen-Regelrades nach einem der Ansprüche 1 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass die gehäuseseitige Kanalwand (31) den Kopf-



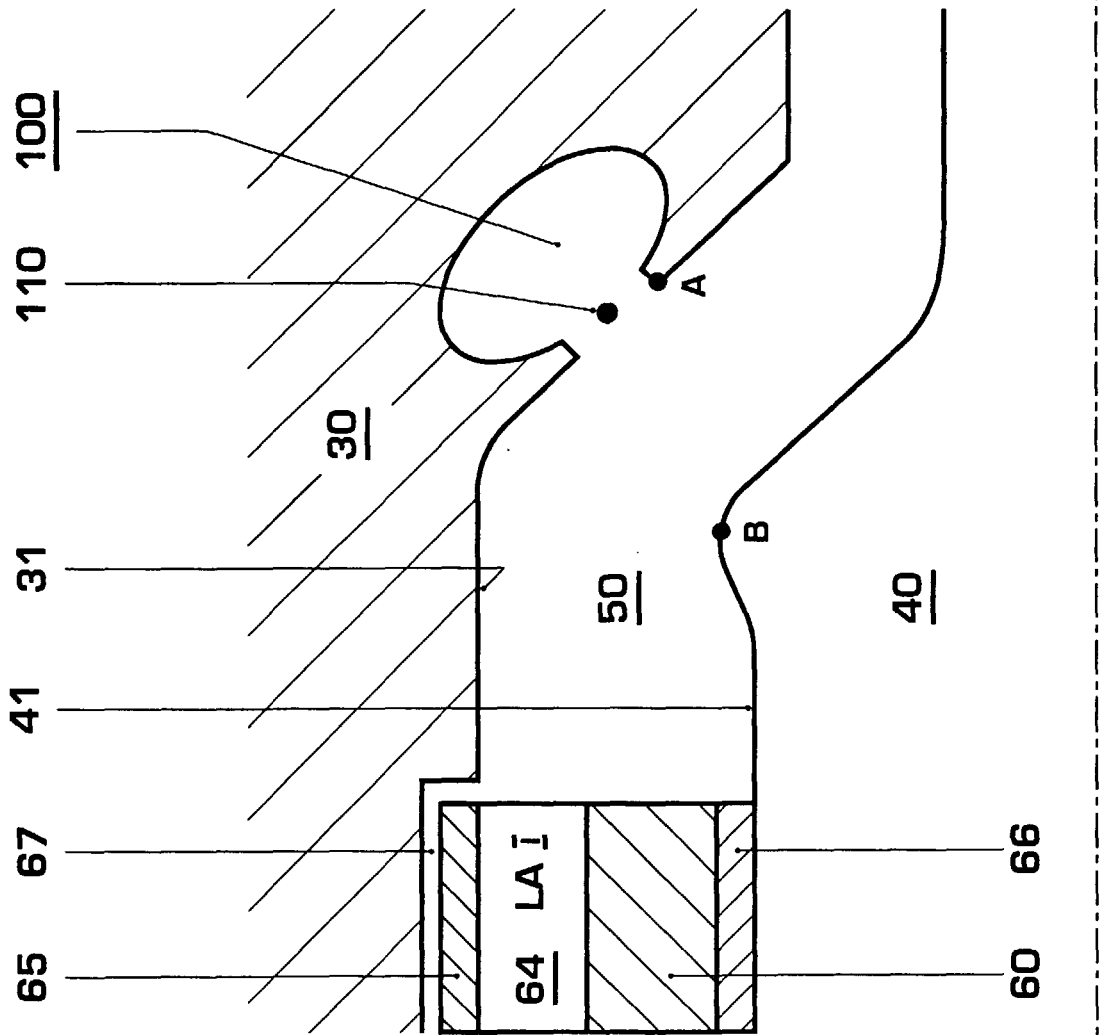




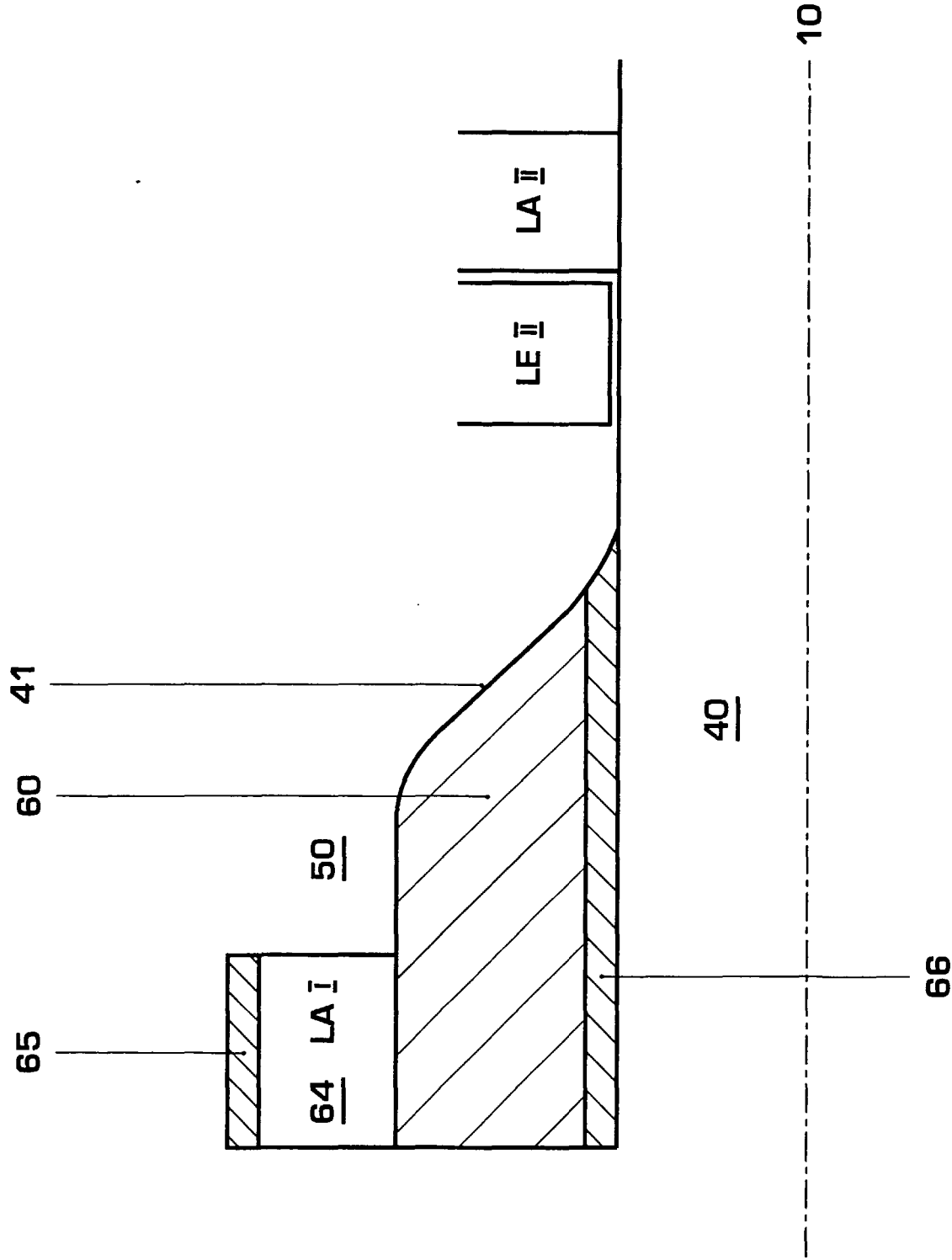


Figur 4

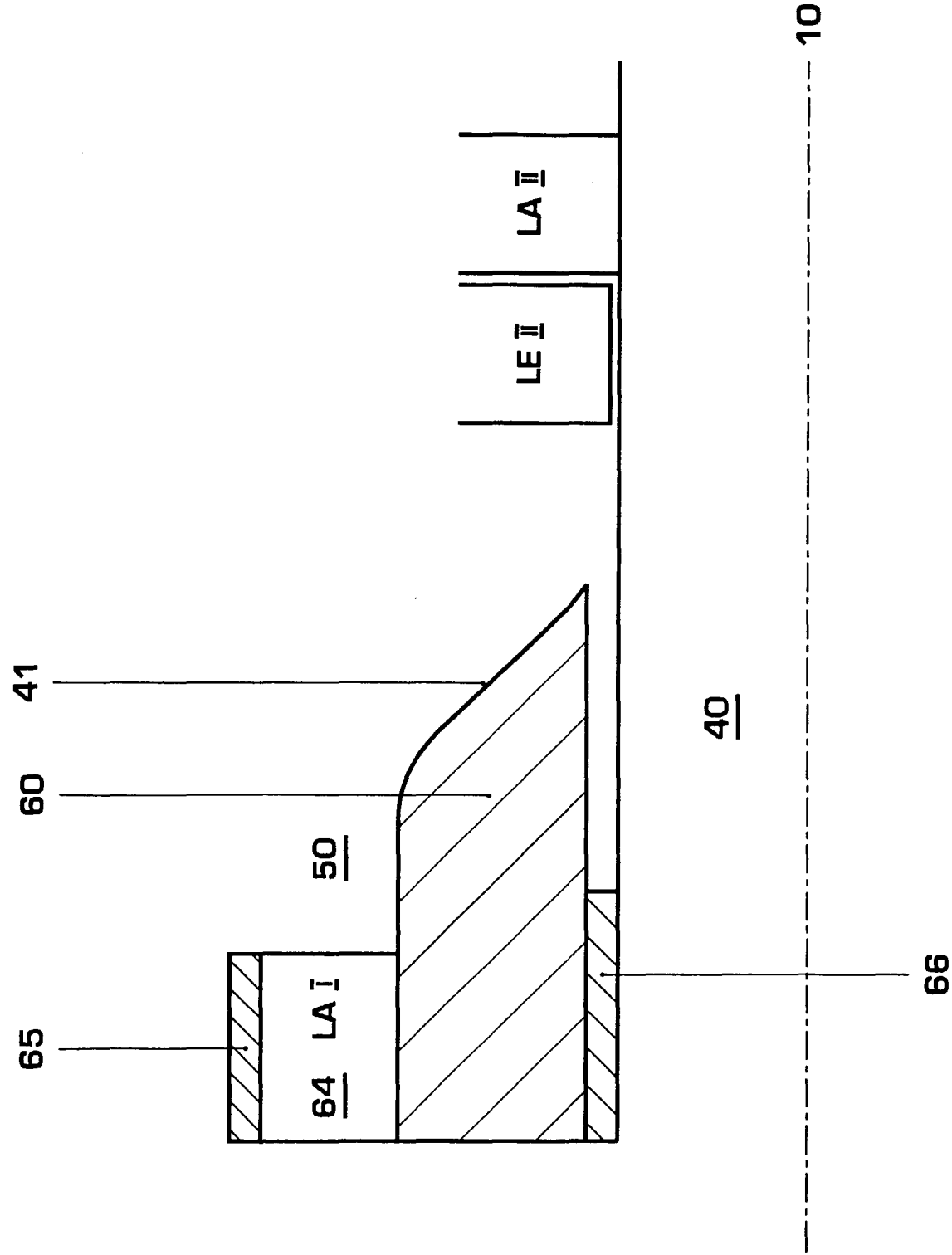
Figur 5



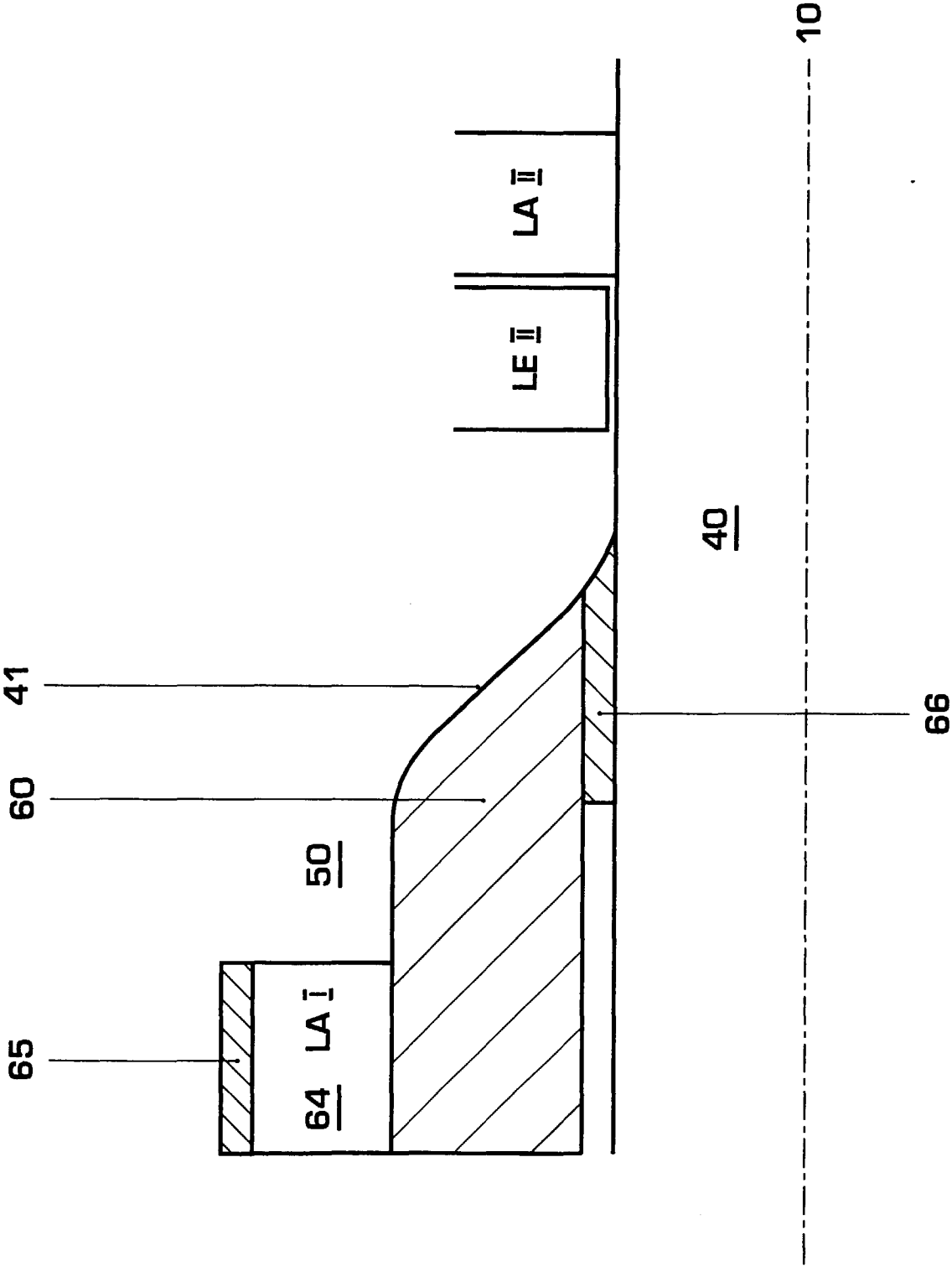
Figur 6



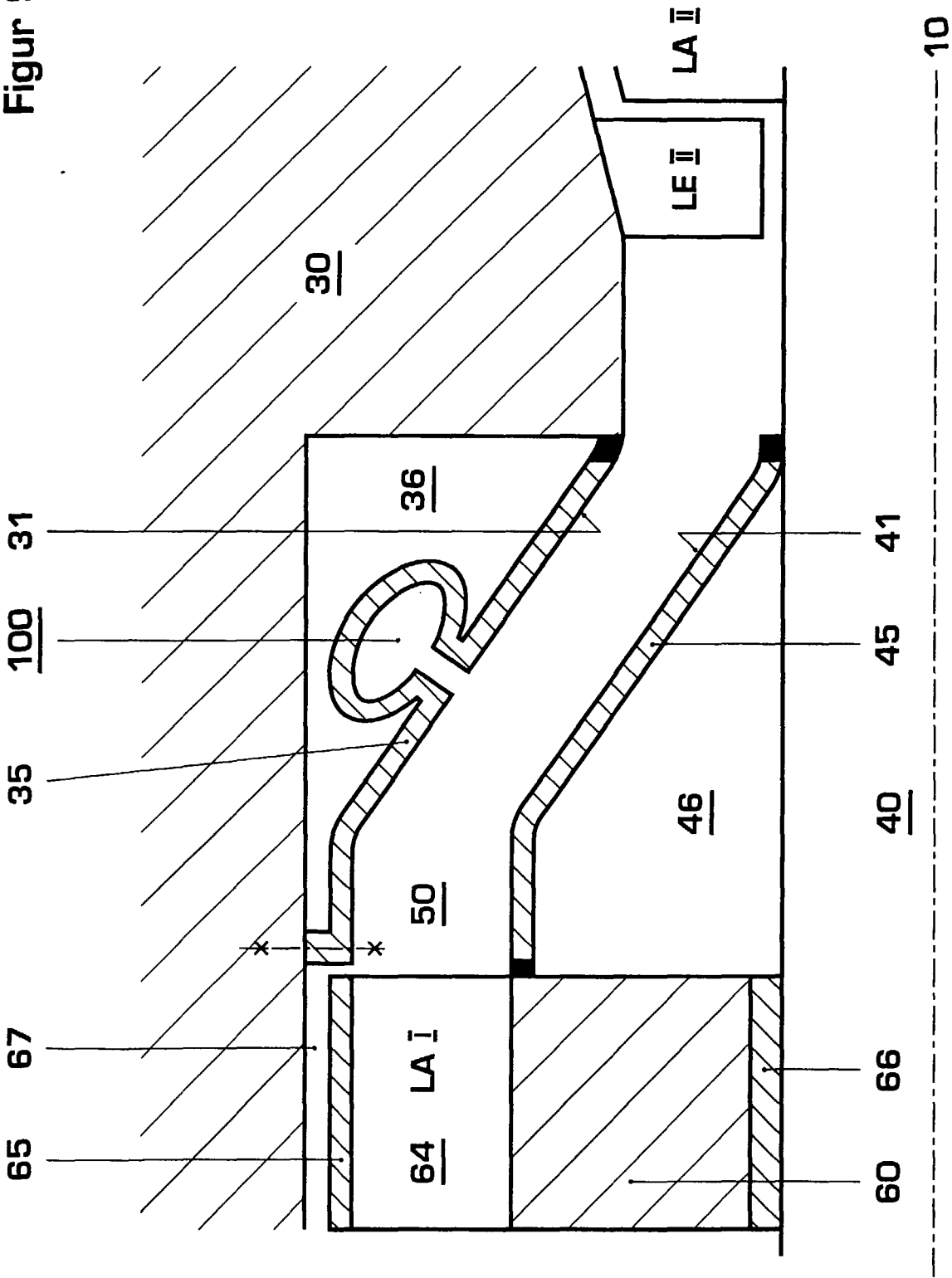
Figur 7



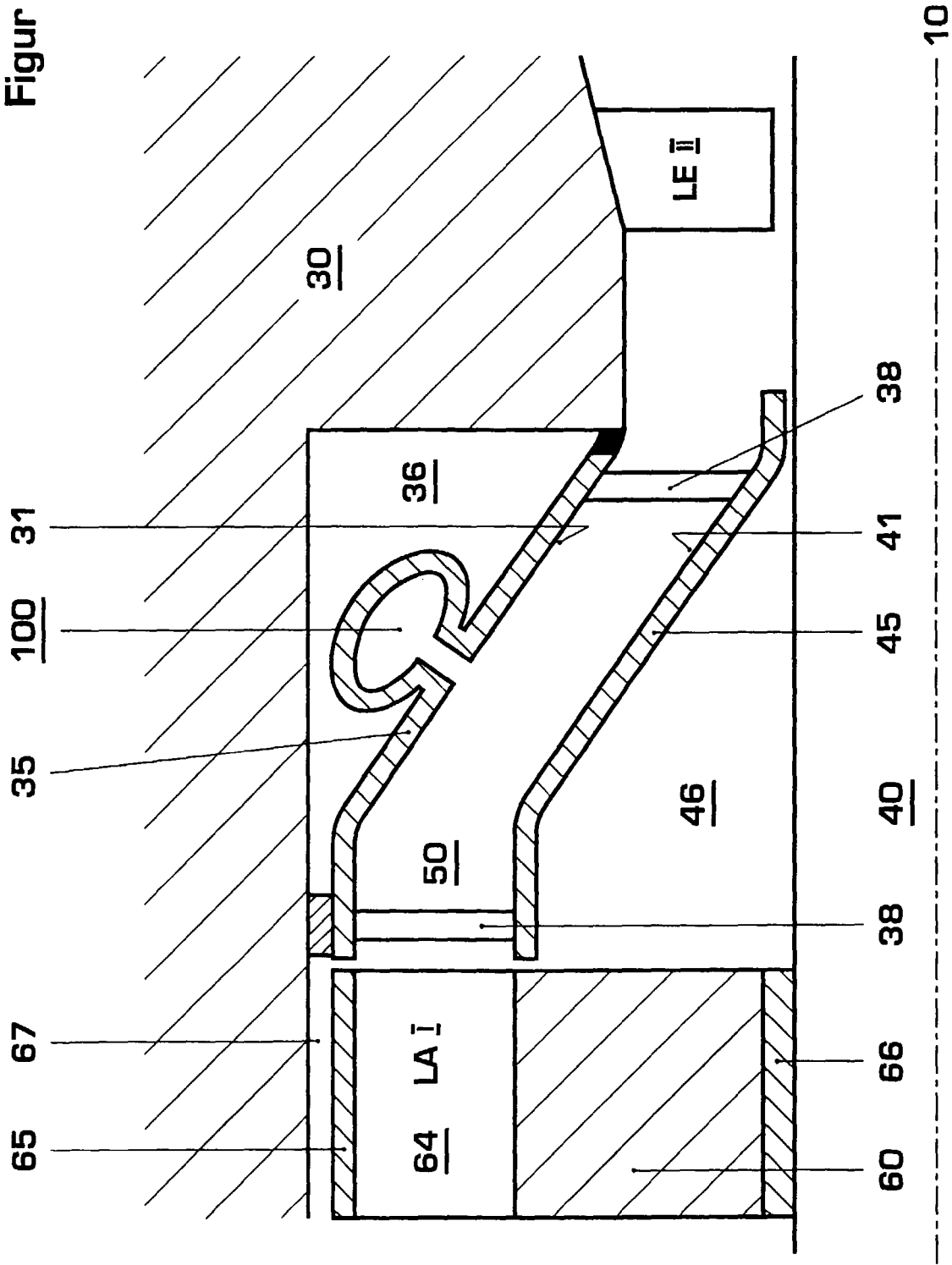
Figur 8



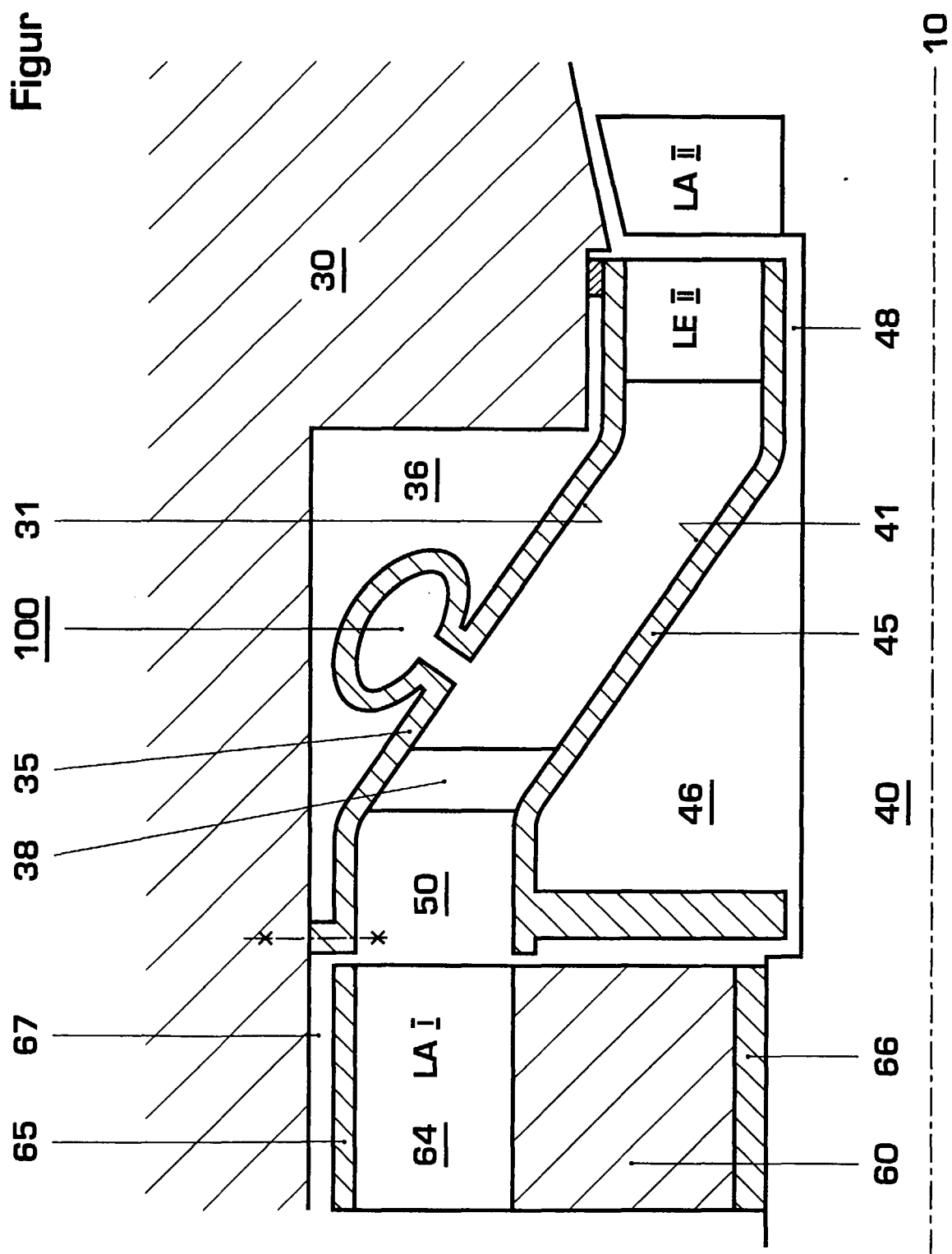
Figur 9



Figur 10



Figur 11





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 98 81 0856

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
X	EP 0 296 440 A (BBC BROWN BOVERI & CIE) 28. Dezember 1988 * Spalte 4, Zeile 20 - Zeile 51; Abbildungen 2-4 * ---	1,2,4,5, 8,19, 21-26	F01D1/16
X	DE 713 016 C (DICKINSON) 30. Oktober 1941 * Seite 2, Zeile 29 - Zeile 62; Abbildung 1 * ---	1,4	
A	DE 599 042 C (SIEMENS-SCHUCKERT) 25. Juni 1934 * Abbildung 3 * -----		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6) F01D
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 26. Januar 1999	Prüfer Iverus, D
<p>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</p> <p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur</p> <p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p>			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 98 81 0856

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

26-01-1999

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0296440 A	28-12-1988	CH 672817 A	29-12-1989
		DE 3877839 A	11-03-1993
		US 4881872 A	21-11-1989
DE 713016 C		KEINE	
DE 599042 C		KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82