

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 50303/2022
(22) Anmeldetag: 03.05.2022
(45) Veröffentlicht am: 15.07.2023

(51) Int. Cl.: **F03B 3/18** (2006.01)
F01D 5/14 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
WO 9510705 A1

(73) Patentinhaber:
ANDRITZ HYDRO GmbH
1120 Wien (AT)

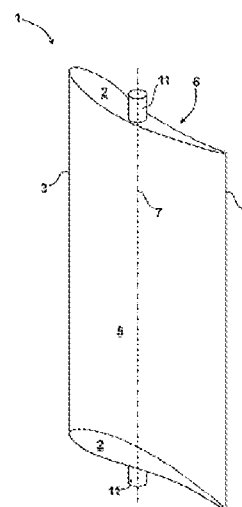
(72) Erfinder:
OSWALD Markus
4614 Marchtrenk (AT)
PEYREDER Rudolf
4040 Linz (AT)
WEISSENBERGER Simon
4100 Ottensheim (AT)

(74) Vertreter:
WIRNSBERGER & LERCHBAUM
Patentanwälte OG
8700 Leoben (AT)

(54) **Leitschaufel**

(57) Die Erfindung betrifft eine Leitschaufel (1) für ein Leitrad einer Pumpe oder Turbine, aufweisend einen Leitschaufelkörper mit zwei Stirnflächen (2), einer Leitschaufeleintrittskante (3), einer Leitschaufile Austrittskante (4) sowie einer ersten strömungsführenden Seitenfläche (5) und einer zweiten strömungsführenden Seitenfläche (5), welche die Leitschaufeleintrittskante (3) und die Leitschaufile Austrittskante (4) verbinden und entlang einer axialen Erstreckung unterschiedliche Strömungsprofile (12) ausbilden, welche jeweils eine Profillehne (8), eine Skelettlinie (9) und einen Skelettkurvenendwinkel (α), unter welchem die Skelettlinie (9) an der Leitschaufile Austrittskante (4) zur Profillehne (8) steht, aufweisen, wobei die Leitschaufel (1) um eine Drehachse (7), welche insbesondere durch zwei Drehzapfen (11) definiert ist, drehbar lagerbar ist, wobei die Leitschaufel (1) entlang der axialen Erstreckung mindestens ein Strömungsprofil (12) mit einem positivem Skelettkurvenendwinkel (α) und mindestens ein Strömungsprofil (12) mit einem negativen Skelettkurvenendwinkel (α) aufweist. Um Verluste in

einer Wasserkraftanlage zu minimieren und einen hohen Wirkungsgrad zu erreichen, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Leitschaufeleintrittskante (3) gegenüber der Drehachse (7) geneigt ist und/oder dass die Leitschaufile Austrittskante (4) gegenüber der Drehachse (7) geneigt ist.



Beschreibung

LEITSCHAUFEL

[0001] Die Erfindung betrifft eine Leitschaufel für ein Leitrad einer Pumpe oder Turbine, aufweisend einen Leitschaufelkörper mit zwei Stirnflächen, einer Leitschaufeleintrittskante, einer Leitschaufelaustrittskante sowie einer ersten strömungsführenden Seitenfläche und einer zweiten strömungsführenden Seitenfläche, welche die Leitschaufeleintrittskante und die Leitschaufelaustrittskante verbinden und entlang einer axialen Erstreckung unterschiedliche Strömungsprofile ausbilden, welche jeweils eine Profildicke, eine Skelettlinie und einen Skelettkurvenendwinkel, unter welchem die Skelettlinie an der Leitschaufelaustrittskante zur Profildicke steht, aufweisen, wobei die Leitschaufel um eine Drehachse, welche insbesondere durch zwei Drehzapfen definiert ist, drehbar lagerbar ist, wobei die Leitschaufel entlang der axialen Erstreckung mindestens ein Strömungsprofil mit positivem Skelettkurvenendwinkel und mindestens ein Strömungsprofil mit einem negativem Skelettkurvenendwinkel aufweist.

[0002] Leitschaufeln sind aus dem Stand der Technik bekannt geworden, um insbesondere bei Turbinen ein Arbeitsmittel in einem optimalen Winkel auf Laufschaufeln eines Laufrades zu leiten. Im Unterschied zu den mit dem Laufrad drehbaren Laufschaufeln sind die Leitschaufeln in aller Regel stationär angeordnet, können jedoch in einem Einlaufgehäuse um die Drehachse gedreht werden, um eine Strömung zu beeinflussen und gegebenenfalls einen Massenstrom zu unterbinden. Hierzu können beispielsweise bei Kaplan- oder Francis-Turbinen die Leitschaufeln regelmäßig entlang eines zum Laufrad coaxialen Kreises im Einlaufgehäuse angeordnet sein, wodurch sich ein sogenannter Leitapparat ergibt, der auch als Leitring bezeichnet wird.

[0003] Bei Wasserkraftwerken ist ein erreichbarer Wirkungsgrad von hoher Bedeutung, weswegen bei der Auslegung eines Wasserkraftwerkes in der Regel zunächst Varianten durch Variation von üblichen Designparametern gebildet und anschließend durch Analyse der Strömungseigenschaften der einzelnen Varianten ermittelt wird, mit welcher der Varianten die besten Ergebnisse erreicht werden können, insbesondere ein optimaler Wirkungsgrad. Üblicherweise werden hierzu computerimplementierte Strömungssimulationen eingesetzt.

[0004] Aus dem Stand der Technik sind so unterschiedliche Designparameter bekannt geworden, die zur Variantenbildung variiert werden und die somit einen Lösungsraum aufspannen, in dem nach einer optimalen Lösung gesucht wird, indem einzelne Varianten rechnerisch und/oder empirisch untersucht werden. Designparameter können beispielsweise bei einer Leitschaufel der Skelettkurvenendwinkel, eine Profildicke und ein Verlauf bzw. eine Wölbung der Skelettlinie sein, die zu einer Vielzahl von möglichen Varianten führen.

[0005] Beispielsweise ist aus dem Dokument EP 3 791 059 B1 ein Leitrad für eine Pumpturbine bekannt geworden, bei welchem das Strömungsprofil im Mittelbereich der Leitschaufel einen größeren Leitschaufelwinkel aufweist als ein Strömungsprofil im Randbereich der Leitschaufel.

[0006] Eine Leitschaufel der eingangs genannten Art ist aus dem Dokument WO 95/10705 A1 bekannt geworden.

[0007] Es hat sich jedoch gezeigt, dass alleine durch Variation von aus dem Stand der Technik bekannten Designparametern in vielen Fällen nur unbefriedigende Ergebnisse erreicht werden.

[0008] Hier setzt die Erfindung an. Aufgabe der Erfindung ist es, eine Leitschaufel der eingangs genannten Art anzugeben, mit welcher eine Strömung in einem Wasserkraftwerk derart beeinflusst werden kann, dass ein verbesserter Wirkungsgrad erreichbar ist.

[0009] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Leitschaufel der eingangs genannten Art gelöst, bei welcher die Leitschaufeleintrittskante gegenüber der Drehachse geneigt ist und/oder die Leitschaufelaustrittskante gegenüber der Drehachse geneigt ist.

[0010] Im Rahmen der Erfindung wurde erkannt, dass durch eine Variation des Skelettkurvenendwinkels von einem positiven Skelettkurvenendwinkel beispielsweise in einem unteren Bereich

der Leitschaufel zu einem negativen Skelettkurvenendwinkel beispielsweise in einem oberen Bereich der Leitschaufel eine günstige Beeinflussung der Strömung möglich ist, durch welche ein erhöhter Wirkungsgrad erreicht werden kann. Eine solche Verformung des Profils entlang einer Länge bzw. einer axialen Erstreckung der Schaufel durch Änderung des Skelettkurvenendwinkels wird auch als Profilstrak bezeichnet. Folglich kann eine entsprechende Leitschaufel auch als Leitschaufel mit einem Strak bezeichnet werden.

[0011] Als axiale Erstreckung wird hier eine Erstreckung entlang der Drehachse, um welche die Leitschaufel drehbar lagerbar ist, angesehen.

[0012] Als Leitschaufeleintrittskante wird jene Kante bzw. jenes Ende der Leitschaufel angesehen, auf welches eine Strömung bei einem Turbinenbetrieb zunächst auftrifft.

[0013] Es versteht sich, dass Leitschaufeleintrittskante und Leitschaufelaustrittskante nicht zwingend als Kanten im geometrischen Sinn zu verstehen sind, sondern beispielsweise auch durch entsprechend gekrümmte Flächen gebildet sein können, sodass beispielsweise die Leitschaufelaustrittskante tatsächlich eine Leitschaufelaustrittsfläche sein kann.

[0014] Anders ausgedrückt ergibt sich durch die Möglichkeit, die Lage der Skelettlinie relativ zur Profillehne entlang der axialen Erstreckung der Leitschaufel zu verändern, sodass der Skelettkurvenendwinkel von positiv auf negativ wechselt, ein zusätzlicher Designparameter, durch welchen der Lösungsraum vergrößert wird. Es hat sich gezeigt, dass dadurch in vielen Fällen ein höherer Wirkungsgrad erreichbar ist.

[0015] Die Begriffe unten und oben können sich dabei auf einen bestimmungsgemäßen Einsatz der Leitschaufel an einer Wasserkraftanlage mit vertikaler Achse beziehen, sodass der untere Bereich üblicherweise näher am Laufrad als der obere Bereich der Leitschaufel ist.

[0016] So hat sich gezeigt, dass eine Strömung an den Leitschaufeln bei diesen Wasserkraftanlagen über eine Höhe sehr unterschiedlich ausgeprägt ist, insbesondere da die Strömung in manchen Bereichen geometriebedingt beschleunigt wird. Durch Einsatz einer gestrakten Leitschaufel mit entlang der Höhe, welche hier auch als axiale Erstreckung bzw. Erstreckung entlang der Drehachse bezeichnet wird, von positiv auf negativ bzw. von negativ auf positiv wechselndem Skelettkurvenendwinkel kann dieser Inhomogenität der Strömung besonders gut Rechnung getragen werden, wodurch eine verbesserte Zuströmung zum Laufrad erreicht, Verluste minimiert und ein Wirkungsgrad verbessert werden können.

[0017] Es versteht sich, dass die Leitschaufeln natürlich auch an einer Wasserkraftanlage mit horizontaler Achse eingesetzt werden können. In diesem Fall ist unten als laufradnah und oben als laufradfern zu interpretieren. Im Leitapparat werden die Leitschaufeln üblicherweise etwa entlang eines Kreises angeordnet und gleichmäßig entlang des Kreisumfangs, welcher koaxial mit dem Laufrad ist, verteilt und über Drehzapfen drehbar gelagert, wenngleich grundsätzlich auch andere Anordnungen möglich sind. In vielen Fällen sind die Drehachsen der einzelnen Leitschaufeln im Leitapparat etwa parallel. Die erfindungsgemäßen Leitschaufeln können auch bei Rohrturbinen eingesetzt werden, wobei Drehachsen der einzelnen Leitschaufeln üblicherweise nicht parallel sind.

[0018] Die erfindungsgemäßen Leitschaufeln können auch bei Rohrturbinen eingesetzt werden, wobei die Drehachsen der Leitschaufeln nicht parallel zur Achse der Wasserkraftanlage sind. In diesem Fall sind die Begriffe unten und oben als radial innen und radial außen bei bestimmungsgemäßer Anordnung im Leitapparat zu interpretieren, sodass ein unterer Bereich einer Leitschaufel näher an der Achse der Rohrturbine ist als ein oberer Bereich.

[0019] Weiter können erfindungsgemäße Leitschaufeln natürlich auch bei Dériaz-Turbinen bzw. Diagonal-Turbinen eingesetzt werden.

[0020] Als Strömungsprofile werden gedachte Schnitte durch die Leitschaufel normal zu einer Drehachse, um welche die Leitschaufel drehbar lagerbar bzw. drehbar gelagert ist, verstanden. Die Drehachse kann mit einer Längsachse der Leitschaufel zusammenfallen und wird üblicherweise durch Drehzapfen definiert, welche an den Stirnseiten der Leitschaufeln angebracht sind

und mit entsprechenden Lagerstellen im Einlaufgehäuse korrespondieren.

[0021] Als Skelettlinie wird eine Verbindungslinie der in ein Profil eingeschriebenen Kreismittelpunkte bezeichnet. Die Skelettlinie ist entsprechend an jeder Position äquidistant zu den strömungsführenden Seitenflächen und verbindet die Leitschaufeleintrittskante mit der Leitschaufe Austrittskante.

[0022] Als Profilsehne wird eine gerade Verbindungslinie von Leitschaufeleintrittskante und Leitschaufe Austrittskante bezeichnet.

[0023] Als positiver Skelettkurvenendwinkel wird hier ein entgegen dem Uhrzeigersinn gemessener Winkel von der Skelettlinie zur Profilsehne bei Blickrichtung von einer oberen Stirnseite der Leitschaukel in Richtung der unteren Stirnseite, also in Draufsicht, angesehen, wenn die Profilsehne von der Skelettlinie entgegen dem Uhrzeigersinn weniger weit als im Uhrzeigersinn beabstandet ist. Bei entsprechender Anordnung der Leitschaukel, sodass die Leitschaufeleintrittskante links und die Leitschaufe Austrittskante rechts positioniert sind, ergibt eine in Draufsicht oberhalb der Profilsehne im Bereich der Leitschaufe Austrittskante angeordnete Skelettlinie somit einen positiven Skelettkurvenendwinkel und eine unterhalb der Profilsehne angeordnete Skelettlinie einen negativen Skelettkurvenendwinkel.

[0024] Die erfindungsgemäßen Wirkungen eines erhöhten Wirkungsgrades durch den entlang der axialen Erstreckung von positiv auf negativ bzw. abhängig von einer Drehrichtung des Laufgrades auch von negativ auf positiv wechselnden Skelettkurvenendwinkel werden grundsätzlich unabhängig von einem konkreten Winkel und auch bereits bei sehr kleinen Winkeln erreicht.

[0025] Als besonders günstig hat es sich jedoch erwiesen, wenn die Leitschaukel ein Strömungsprofil mit einem Skelettkurvenendwinkel von mehr als 2 Grad, insbesondere 5 Grad bis 20 Grad, aufweist. Es hat sich gezeigt, dass gerade jener Bereich bei Wasserkraftwerken häufig zu besonders günstigen Wirkungsgraden führt.

[0026] Weiter hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn die Leitschaukel ein Strömungsprofil mit einem Skelettkurvenendwinkel von weniger als minus 2 Grad, insbesondere minus 5 Grad bis minus 20 Grad, aufweist.

[0027] Insbesondere eine Leitschaukel, die in einem Bereich, beispielsweise einem oberen Randbereich, ein Profil mit einem Skelettkurvenendwinkel von minus 5 Grad bis minus 20 Grad, und in einem anderen Bereich, insbesondere unteren Randbereich, ein Profil mit einem Skelettkurvenendwinkel von 5 Grad bis 20 Grad aufweist, hat sich als günstig zur Erreichung vorteilhafter Strömungsverhältnisse erwiesen.

[0028] Eine Profildicke ist bei Strömungsprofilen abhängig von der Skelettlinie und üblicherweise nahe der Leitschaufeleintrittskante größer als in einem Bereich der Leitschaufe Austrittskante. Die Profildicke kann bei einer erfindungsgemäßen Leitschaukel im Wesentlichen unabhängig von der axialen Erstreckung sein, beispielsweise entlang der axialen Erstreckung um weniger als 20 % variieren. In einem besonders einfachen Fall kann die Leitschaukel damit beispielsweise in einem oberen Bereich ein nach oben gewölbtes Strömungsprofil bzw. eine Skelettlinie mit positiver Krümmung und in einem unteren Bereich das entsprechende Strömungsprofil, beispielsweise ein NACA-Profil ähnliches Strömungsprofil, aufweisen, welches nach unten gewölbt ist bzw. eine negativ gekrümmte Skelettlinie aufweist, sodass die Profildicke nur abhängig von einer Position an der Skelettlinie, jedoch unabhängig von der axialen Position ist. Alternativ ist es natürlich auch möglich, dass die Profildicke entlang der axialen Position variiert und ein unterer Bereich der Leitschaukel beispielsweise an gleichen Positionen relativ zur Skelettlinie größere Profildicken aufweist.

[0029] Beispielsweise kann auch vorgesehen sein, dass ein Strömungsprofil in einem unteren Bereich der Leitschaukel einem Strömungsprofil in einem oberen Bereich der Leitschaukel entspricht, welches um eine Profilsehnenebene gespiegelt ist.

Durch den hier beschriebenen neuen Designparameter einer Skelettlinie, welche die Lage relativ zur Profilsehne ändert, können auch Leitschaukeln gebildet werden, bei welchen die Lage der

Skelettlinie relativ zur Profillehne entlang der axialen Erstreckung mehrmals die Seite wechselt, sich also der Skelettkurvenendwinkel mehrmals von positiv auf negativ bzw. von negativ auf positiv ändert. Bevorzugt ist jedoch gerade für den Einsatz in einer Wasserkraftanlage vorgesehen, dass der Skelettkurvenendwinkel entlang einer axialen Erstreckung der Leitschaufel genau einmal das Vorzeichen wechselt, wobei der Skelettkurvenendwinkel insbesondere in einem bei bestimmungsgemäßer Verwendung oberen Bereich der Leitschaufel negativ und in einem bei bestimmungsgemäßer Verwendung unteren Bereich positiv ist. Dadurch können Strömungsverhältnisse im Zulauf zu einem Laufrad besonders gut in einer Weise beeinflusst werden, welche zur Reduktion von Verlusten beiträgt.

[0030] Bevorzugt ist vorgesehen, dass sich der Skelettkurvenendwinkel entlang einer axialen Erstreckung der Leitschaufel um mehr als 5 Grad, insbesondere um 10 Grad bis 40 Grad, ändert. Dadurch wird die Strömung günstig beeinflusst und werden gleichzeitig unerwünschte Ablösungen vermieden.

[0031] Günstig ist es, wenn die Leitschaufel entlang einer axialen Erstreckung mindestens ein Profil mit einer positiv gekrümmten Skelettlinie und mindestens ein Profil mit einer negativ gekrümmten Skelettlinie aufweist. Zwischen der positiv gekrümmten Skelettlinie und der negativ gekrümmten Skelettlinie kann die Leitschaufel auch einen geraden Bereich aufweisen, in welchem die Skelettlinie mit der Profillehne zusammenfallen kann.

[0032] Es kann vorgesehen sein, dass die Leitschaufeleintrittskante zumindest bereichsweise gegenüber der Drehachse geneigt bzw. verdreht ist. Eine Leitschaufel mit um ein Leitapparatzentrum verdrehten Profilen wird auch als *leaned* bezeichnet. Bei zylindrischen Leitapparaten entspricht dies einer Verdrehung um die Turbinenachse. Es hat sich nun gezeigt, dass eine Leitschaufel, welche nicht nur relativ zur Drehachse geneigt bzw. verdreht ist, sondern auch zusätzlich gestrakt ist, zu besonders günstigen Strömungsverhältnissen führen kann, um Verluste zwischen Leitrad und Laufrad zu minimieren.

[0033] Es kann somit die Leitschaufel in der Weise ausgebildet sein, dass ein Abstand der Leitschaufeleintrittskante zur Drehachse zumindest bereichsweise, vorzugsweise über eine gesamte Höhe der Leitschaufel, mit zunehmender axialer Erstreckung der Leitschaufel stetig abnimmt oder zunimmt.

[0034] Es kann auch vorgesehen sein, dass die Leitschaufelaustrittskante zumindest bereichsweise gegenüber der Drehachse geneigt ist. Bevorzugt ist dann vorgesehen, dass ein Abstand der Leitschaufelaustrittskante zur Drehachse zumindest bereichsweise, vorzugsweise über eine gesamte Höhe der Leitschaufel, mit zunehmender axialer Erstreckung der Leitschaufel stetig abnimmt oder stetig zunimmt.

[0035] Besonders günstig ist es, wenn die Leitschaufel eine mit einer Seitenfläche korrespondierende Schließkante aufweist, sodass eine Schließkante einer Leitschaufel eine Seitenfläche einer daneben angeordneten Leitschaufel in einem geschlossenen Zustand der Leitschaufel berühren kann, um eine Strömung bei Bedarf gänzlich absperren zu können. Normalerweise ist die Schließkante im Bereich der Leitschaufelaustrittskante angeordnet und trifft diese Schließkante nahe der Leitschaufelaustrittskante (meist eine Oberseite der Austrittskante) auf die Seitenfläche der daneben angeordneten weiteren Leitschaufel nahe der Leitschaufeleintrittskante, um den geschlossenen Zustand zu erzeugen.

[0036] Grundsätzlich kann die Schließkante auch durch die Leitschaufelaustrittskante gebildet sein. Es kann auch vorgesehen sein, dass sich in einem geschlossenen Zustand die erste strömungsführende Seitenfläche einer Leitschaufel und die zweite strömungsführende Seitenfläche einer daneben angeordneten, zweiten Leitschaufel berühren, um einen geschlossenen bzw. dichten Zustand zu erreichen. In diesem Fall wird die Schließkante durch eine Berührungslinie oder eine Berührungsfläche der Seitenflächen gebildet.

[0037] Eine entsprechende Leitschaufel wird bevorzugt im Rahmen eines Leitrades für eine Pumpe oder Turbine, insbesondere für eine Kaplan- oder Francis-Turbine oder auch eine Rohrturbine eingesetzt. Folglich ist es günstig, wenn bei einem Leitrad für eine Pumpe oder Turbine,

insbesondere für eine Kaplan- oder Francis-Turbine, das durch mehrere Leitschaufeln gebildet ist, die Leitschaufeln erfindungsgemäß ausgebildet sind.

[0038] Die Leitschaufel ist üblicherweise aus einem Metall gebildet, in der Regel massiv und kann beispielsweise durch Fräsen oder eine Blechkonstruktion hergestellt werden.

[0039] Eine positive Beeinflussung einer Strömung ist bei einem erfindungsgemäß ausgebildeten Leitrad grundsätzlich unabhängig von einer Größe möglich. Besonders bevorzugt ist jedoch vorgesehen, dass ein entsprechendes Leitrad einen Durchmesser von mehr als 2 m aufweist. Der Durchmesser des Leitrades kann beispielsweise an den Drehzapfen der Leitschaufeln gemessen werden. In diesem Fall wird der Durchmesser auch als Zapfenkreisdurchmesser bezeichnet. Es hat sich gezeigt, dass bei Maschinen dieser Größenordnung die erfindungsgemäßen Wirkungen besonders gut genutzt werden können.

[0040] Entsprechend weist die Leitschaufel üblicherweise eine Länge entlang der Drehachse von 0,5 m bis 10 m auf und kann ein Abstand der Leitschaufeleintrittskante von der Leitschaufelaustrittskante beispielsweise etwa 15 cm bis 3,0 m betragen.

[0041] Weitere Merkmale, Vorteile und Wirkungen der Erfindung ergeben sich anhand des nachfolgend dargestellten Ausführungsbeispiels. In den Zeichnungen, auf welche dabei Bezug genommen wird, zeigen:

[0042] Fig. 1 und 2 eine erfindungsgemäße Leitschaufel in unterschiedlichen Ansichten;

[0043] Fig. 3 bis 5 Strömungsprofile der in Fig. 1 und 2 dargestellten Leitschaufel;

[0044] Fig. 6 eine weitere Leitschaufel.

[0045] Fig. 1 und 2 zeigen eine erfindungsgemäße Leitschaufel 1, wobei Fig. 1 die Leitschaufel 1 in einer 3D-Ansicht und Fig. 2 die Leitschaufel 1 in einer Seitenansicht zeigen. Wie dargestellt weist die Leitschaufel 1 eine Leitschaufeleintrittskante 3 und eine Leitschaufelaustrittskante 4 auf, welche durch eine erste strömungsführende Seitenfläche 5 und eine zweite strömungsführende Seitenfläche 6 verbunden sind, welche Seitenflächen 5, 6 endseitig durch Stirnflächen 2 begrenzt werden.

[0046] Die Leitschaufel 1 ist zur drehbaren Anordnung in einem Einlaufgehäuse an den Stirnflächen 2 mit Drehzapfen 11 ausgebildet, welche eine Drehachse 7 definieren, um welche die Leitschaufel 1 drehbar lagerbar ist.

[0047] Die strömungsführenden Seitenflächen 5, 6 bilden in Schnitten normal zur Drehachse 7 Strömungsprofile 12 aus, wobei die Leitschaufel 1 entlang der Drehachse 7 bzw. entlang einer axialen Erstreckung entlang der Drehachse 7 unterschiedliche Profile aufweist, wie dies bereits in der Fig. 1 erkennbar ist.

[0048] Fig. 1 und 2 zeigen die Leitschaufel 1 jeweils in einer bestimmungsgemäßen Anordnung für eine Wasserkraftanlage mit vertikaler Achse, sodass in den Fig. 1 und 2 oben dargestellte Bereiche auch beim Einsatz in der Wasserkraftanlage oben und damit üblicherweise weiter vom Laufrad beabstandet als untere Bereiche sind.

[0049] Fig. 3 zeigt eine Draufsicht auf einen Schnitt durch die Leitschaufel 1 entlang der Linie III-III in Fig. 2, Fig. 4 zeigt einen Schnitt durch die Leitschaufel 1 der Fig. 2 entlang der Linie IV-IV und Fig. 5 zeigt einen Schnitt entlang der Linie V-V in Fig. 2 jeweils in Draufsicht.

[0050] Die in den Fig. 3 bis Fig. 5 dargestellten Schnitte zeigen somit Strömungsprofile 12 an unterschiedlichen Höhenpositionen bzw. an unterschiedlichen Positionen entlang der Drehachse 7. Jedes Strömungsprofil 12 weist dabei analog zur Leitschaufel 1 eine Leitschaufeleintrittskante 3 und eine Leitschaufelaustrittskante 4 auf, welche durch die strömungsführenden Seitenflächen 5, 6 verbunden werden. Weiter weist jedes Strömungsprofil 12 eine Profilsehne 8 und eine Skelettlinie 9 auf, wobei die Profilsehne 8 durch eine gerade Verbindungslinie zwischen der Leitschaufeleintrittskante 3 und der Leitschaufelaustrittskante 4 definiert ist. Die Skelettlinie 9, welche auch Profilmittellinie, Wöblungslinie oder Krümmungslinie genannt wird, ist definiert durch die Verbindungslinie der in ein Profil eingeschriebenen Kreismittelpunkte.

[0051] Die Skelettlinie 9 steht an der Leitschaufelaustrittskante 4 unter einem in den dargestellten Draufsichten entgegen dem Uhrzeigersinn gemessenen Skelettkurvenendwinkel α zur Profilsehne 8, wodurch ein Abströmverhalten der Leitschaukel 1 in diesem Bereich wesentlich bestimmt ist. Dargestellt ist daher der Skelettkurvenendwinkel α an einer Tangente an die Skelettlinie 9 an der Leitschaufelaustrittskante 4.

[0052] Wie in den Fig. 3 bis 5 ersichtlich ist, ändert die Skelettlinie 9 ihre Lage relativ zur Profilsehne von unterhalb der Profilsehne 8 in einem oberen Bereich zu oberhalb der Profilsehne 8 in einem unteren Bereich. Dadurch ändert sich der Skelettkurvenendwinkel α von einem stark negativen Skelettkurvenendwinkel $-\alpha$ im in Fig. 3 dargestellten oberen Bereich zu einem schwach positiven Skelettkurvenendwinkel $+\alpha$ im in Fig. 4 dargestellten mittleren Bereich zu einem stark positiven Skelettkurvenendwinkel $+\alpha$ im in Fig. 5 dargestellten unteren Bereich. Die Verwendung unterschiedlicher Strömungsprofile über die axiale Erstreckung ergibt einen Profilstrak. Es kann dann beispielsweise ein gezielt höherer Drall der Strömung in einem oberen Bereich erreicht werden, wodurch die Strömung nach den Leitschaukeln 1 in einer Weise beeinflusst wird, die günstig für das nachfolgende Laufrad ist, sodass Verluste reduziert und ein Wirkungsgrad erhöht werden können.

[0053] Im dargestellten Ausführungsbeispiel beträgt der Skelettkurvenendwinkel α in dem in Fig. 3 dargestellten Strömungsprofil 12 im oberen Bereich der Leitschaukel 1 etwa minus 15 Grad und im unteren, in Fig. 5 dargestellten Strömungsprofil 12 etwa plus 15 Grad, sodass sich eine Verdrehung bzw. ein Strak von etwa 30 Grad vom oberen Bereich bis zum unteren Bereich ergibt.

[0054] Wie ersichtlich weisen die in Fig. 3 bis Fig. 5 dargestellten Strömungsprofile 12 der Leitschaukel 1 im Wesentlichen ähnliche Profildicken entlang der Skelettlinie 9 auf, sodass das in Fig. 5 dargestellte Strömungsprofil 12 annähernd eine Spiegelung des in Fig. 3 dargestellten Profils um eine horizontale Achse darstellt. Grundsätzlich sind jedoch auch Strömungsprofile 12 mit sich ändernden Profildicken möglich.

[0055] Fig. 6 zeigt eine weitere Leitschaukel 1, welche entlang einer axialen Erstreckung entlang der Drehachse 7 bzw. über eine Höhe verteilt Strömungsprofile 12 analog zu den in Fig. 3 bis 5 dargestellten Strömungsprofilen 12 aufweist, sodass auch diese Leitschaukel 1 eine gestrakte Leitschaukel 1 ist. Ergänzend weist diese Leitschaukel 1 jedoch auch eine gegenüber der Drehachse 7 geneigte Leitschaukeleintrittskante 3 und eine geneigte Leitschaufelaustrittskante 4 auf, weswegen eine solche Leitschaukel 1 auch als *leaned* bezeichnet werden kann.

[0056] Die Leitschaukeleintrittskante 3 und die Leitschaufelaustrittskante 4 weisen dabei einen Neigungswinkel β gegenüber der Drehachse 7 von beispielsweise 16 Grad auf, wobei wie in Fig. 6 dargestellt die Leitschaukeleintrittskante 3 und die Leitschaufelaustrittskante 4 über eine gesamte Länge geneigt sein können. Alternativ könnte auch vorgesehen sein, dass die Leitschaukeleintrittskante 3 und/oder die Leitschaufelaustrittskante 4 nur über einen Teilbereich geneigt verlaufen oder nur eine dieser Kanten geneigt sind.

[0057] Es hat sich gezeigt, dass in manchen Fällen durch eine Leitschaukel 1, welche nicht nur gestrakt, sondern auch *leaned* ist, ein besonders guter Wirkungsgrad erreicht werden kann.

[0058] Eine erfindungsgemäße Leitschaukel 1 wird üblicherweise im Rahmen eines Leitrades bzw. eines Leitapparates in Verbindung mit mehreren ident ausgebildeten weiteren Leitschaukeln 1 eingesetzt, welche regelmäßig entlang eines Kreises angeordnet und über die Drehzapfen 11 drehbar im Einlaufgehäuse gelagert sind, wobei die einzelnen Leitschaukeln 1 gleichzeitig betätigbar sind, um eine Strömung zu einem nachgelagerten Laufrad zu beeinflussen und bei Bedarf absperren zu können.

[0059] Hierzu weisen die Leitschaukeln 1 im Bereich der Leitschaufelaustrittskante 4 üblicherweise eine mit der Seitenfläche korrespondierende Schließkante auf, sodass sich in einem geschlossenen Zustand zwei nebeneinander angeordnete Leitschaukeln über die Schließkante und die Seitenfläche im Wesentlichen durchgängig entlang der axialen Erstreckung berühren und somit das Laufrad gegenüber einer Zuströmung abdichten.

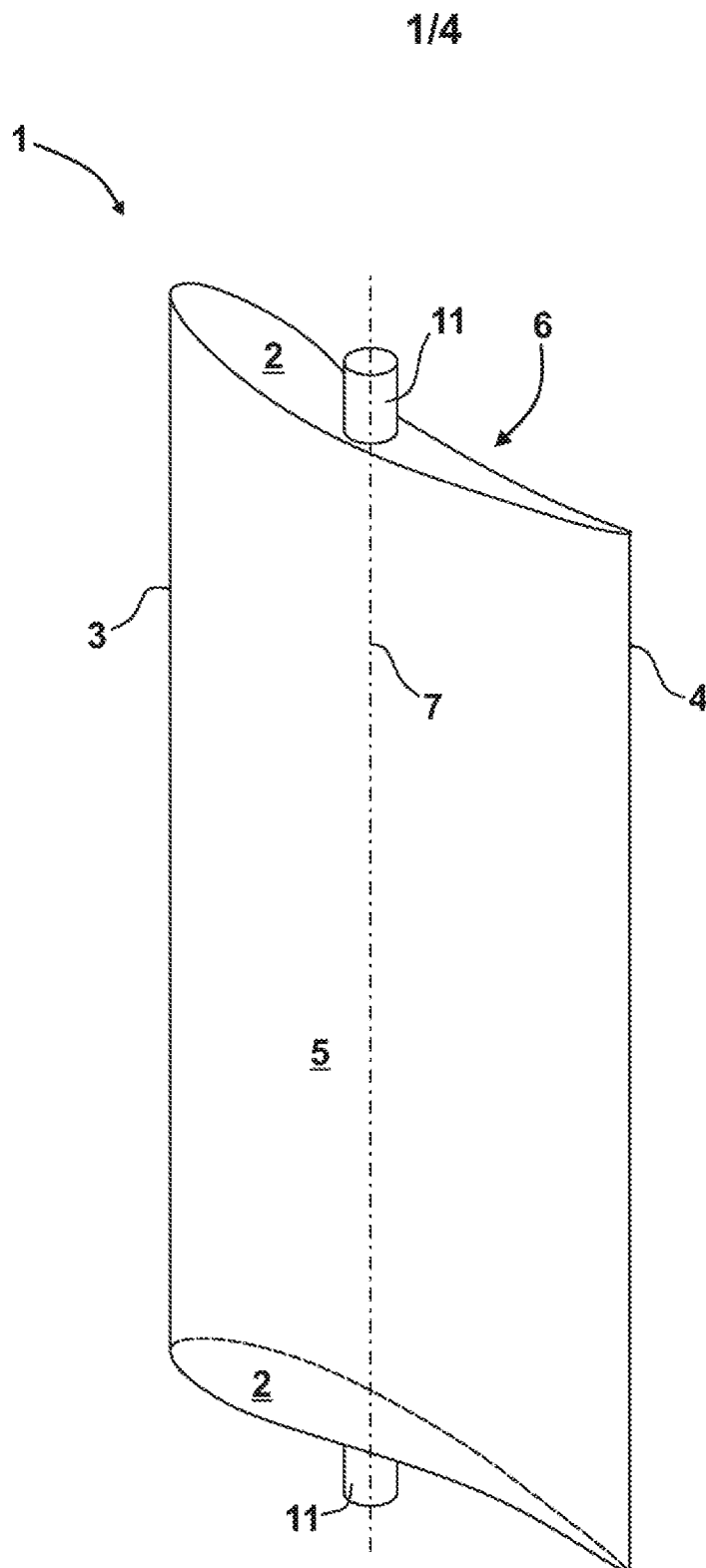
[0060] Mit einem erfindungsgemäß ausgebildeten Leitrad können Verluste in Wasserkraftanlagen reduziert werden, sodass höhere Wirkungsgrade erreichbar sind.

[0061] Durch Einbeziehungen des entsprechenden Designparameters in ein Verfahren zur Auslegung einer Wasserkraftanlage wie beispielsweise einer Pumpe oder Turbine kann somit der Lösungsraum um vielversprechende Varianten erweitert werden, sodass mit einem erfindungsgemäßen Verfahren in vielen Fällen bessere Wasserkraftanlagen ausgelegt und in weiterer Folge hergestellt werden können. Hierzu werden bei der Variantenbildung auch Varianten mit erfindungsgemäß ausgebildeten Leiträdern berücksichtigt, wonach Strömungssituationen, insbesondere Strömungsgeschwindigkeiten zwischen dem Leitrad und dem Laufrad einer entsprechenden Wasserkraftanlage, berechnet und darauf basierend Verluste analysiert werden, wonach jene Variante als Auslegung der Wasserkraftanlage gewählt wird, bei welcher die besten Ergebnisse erzielt werden, insbesondere jene, bei welcher ein maximaler Wirkungsgrad erreicht wird. Anschließend wird die entsprechende Wasserkraftanlage gemäß der ermittelten Auslegung mit üblichen Verfahren hergestellt.

Patentansprüche

1. Leitschaufel (1) für ein Leitrad einer Pumpe oder Turbine, aufweisend einen Leitschaufelkörper mit zwei Stirnflächen (2), einer Leitschaufeleintrittskante (3), einer Leitschaufelaustrittskante (4) sowie einer ersten strömungsführenden Seitenfläche (5) und einer zweiten strömungsführenden Seitenfläche (6), welche die Leitschaufeleintrittskante (3) und die Leitschaufelaustrittskante (4) verbinden und entlang einer axialen Erstreckung unterschiedliche Strömungsprofile (12) ausbilden, welche jeweils eine Profilsehne (8), eine Skelettlinie (9) und einen Skelettkurvenendwinkel (α), unter welchem die Skelettlinie (9) an der Leitschaufelaustrittskante (4) zur Profilsehne (8) steht, aufweisen, wobei die Leitschaufel (1) um eine Drehachse (7), welche insbesondere durch zwei Drehzapfen (11) definiert ist, drehbar lagerbar ist, wobei die Leitschaufel (1) entlang der axialen Erstreckung mindestens ein Strömungsprofil (12) mit einem positivem Skelettkurvenendwinkel (α) und mindestens ein Strömungsprofil (12) mit einem negativen Skelettkurvenendwinkel (α) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Leitschaufeleintrittskante (3) gegenüber der Drehachse (7) geneigt ist und/oder dass die Leitschaufelaustrittskante (4) gegenüber der Drehachse (7) geneigt ist.
2. Leitschaufel (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Leitschaufel (1) ein Strömungsprofil (12) mit einem Skelettkurvenendwinkel (α) von mehr als 2 Grad, insbesondere 5 Grad bis 20 Grad, aufweist.
3. Leitschaufel (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Leitschaufel (1) ein Strömungsprofil (12) mit einem Skelettkurvenendwinkel (α) von weniger als minus 2 Grad, insbesondere minus 5 Grad bis minus 20 Grad, aufweist.
4. Leitschaufel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Skelettkurvenendwinkel (α) entlang einer axialen Erstreckung der Leitschaufel (1) genau einmal das Vorzeichen wechselt, wobei der Skelettkurvenendwinkel (α) insbesondere in einem bei bestimmungsgemäßer Verwendung oberen Bereich der Leitschaufel (1) negativ und in einem bei bestimmungsgemäßer Verwendung unteren Bereich positiv ist.
5. Leitschaufel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich der Skelettkurvenendwinkel (α) entlang einer axialen Erstreckung der Leitschaufel (1) um mehr als 5 Grad, insbesondere um 10 Grad bis 40 Grad, ändert.
6. Leitschaufel (1) nach Anspruch 1 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Leitschaufel (1) entlang einer axialen Erstreckung mindestens ein Profil mit einer positiv gekrümmten Skelettlinie (9) und mindestens ein Profil mit einer negativ gekrümmten Skelettlinie (9) aufweist.
7. Leitschaufel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Neigungswinkel (β) der Leitschaufeleintrittskante (3) 1 Grad bis 20 Grad beträgt.
8. Leitschaufel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Neigungswinkel (β) der Leitschaufelaustrittskante (4) 1 Grad bis 20 Grad beträgt.
9. Leitschaufel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Leitschaufel (1) eine mit einer Seitenfläche korrespondierende Schließkante aufweist, so dass eine Schließkante einer Leitschaufel eine Seitenfläche einer daneben angeordneten Leitschaufel (1) in einem geschlossenen Zustand der Leitschaufeln (1) berührt.
10. Leitrad für eine Pumpe oder Turbine, insbesondere für eine Kaplan- oder Francis-Turbine, das durch mehrere Leitschaufeln (1) gebildet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Leitschaufeln (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9 ausgebildet sind.
11. Leitrad nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Leitrad einen Durchmesser von mehr als 2 m aufweist.

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen



2/4

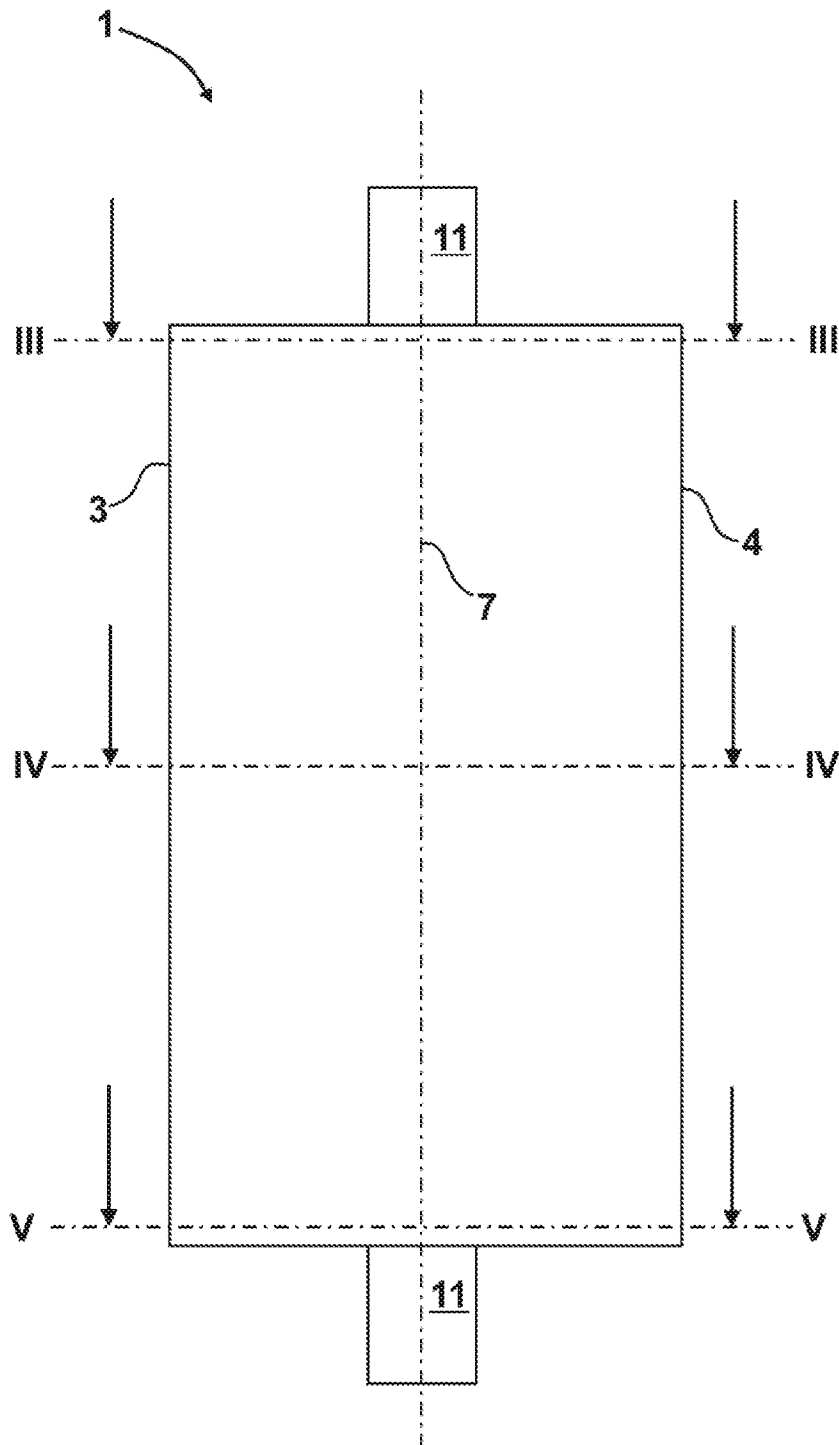


Fig. 2

3/4

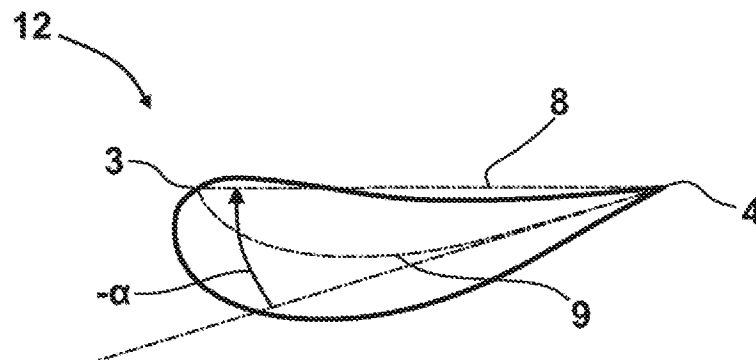


Fig. 3

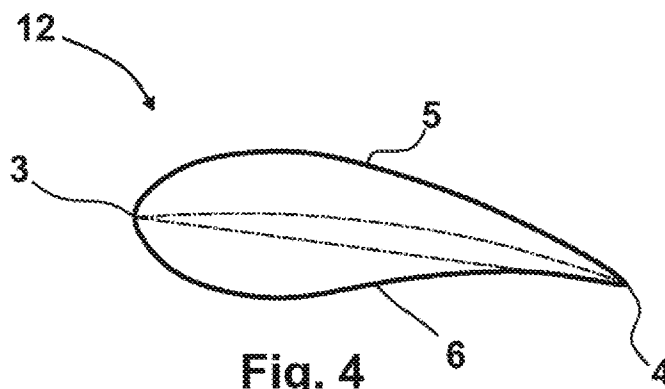


Fig. 4

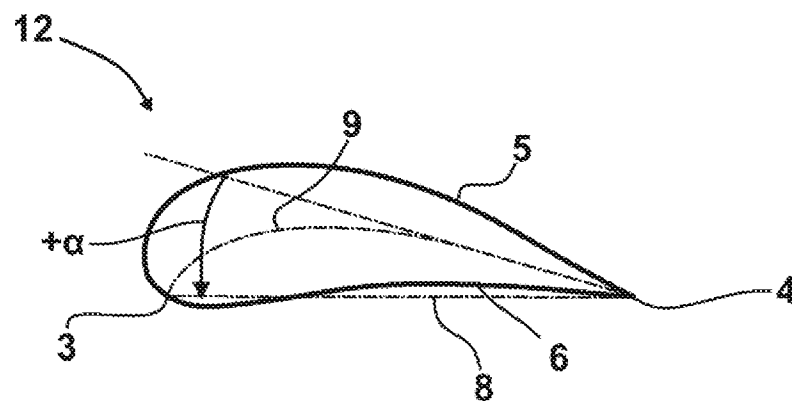


Fig. 5

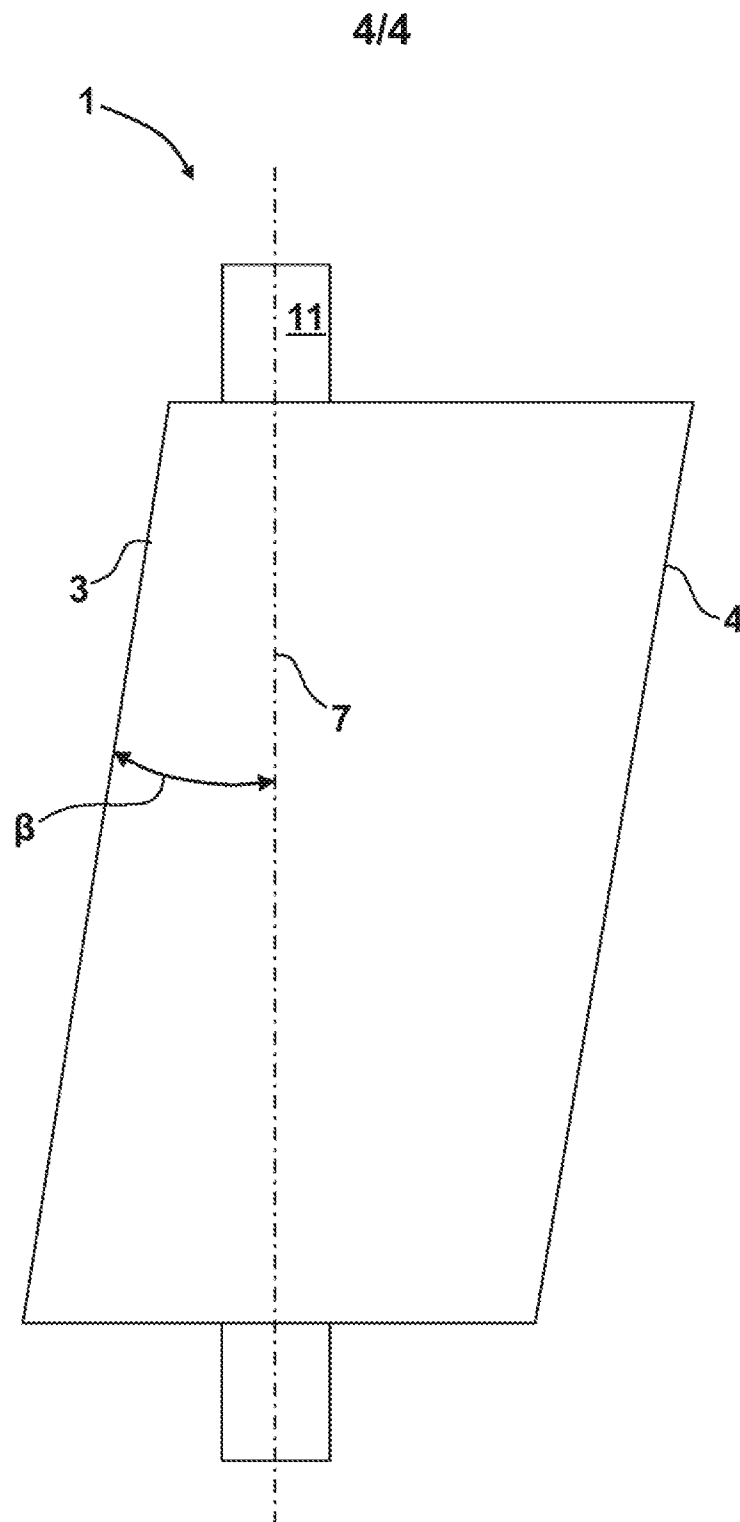


Fig. 6