



(10) DE 10 2011 056 321 B4 2022.12.08

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2011 056 321.0

(51) Int Cl.: **F01D 9/04 (2006.01)**

(22) Anmelddatum: 13.12.2011

(43) Offenlegungstag: 14.06.2012

(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 08.12.2022

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:  
**12/966,476** 13.12.2010 US

(72) Erfinder:  
**Werther, Dominick, Schenectady, N.Y., US;**  
**Burdgick, Steven Sebastian, Schenectady, N.Y., US**

(73) Patentinhaber:  
**General Electric Co., Schenectady, N.Y., US**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

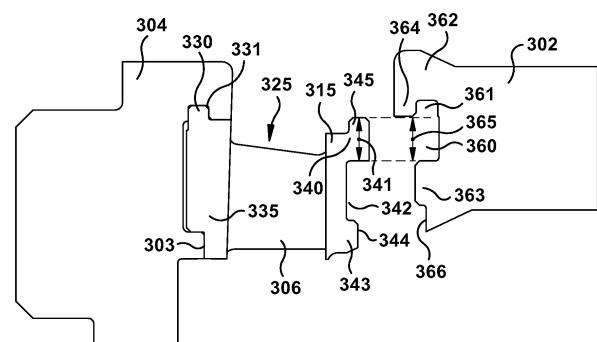
(74) Vertreter:  
**Rüger Abel Patent- und Rechtsanwälte, 73728  
Esslingen, DE**

<b>US</b>	<b>7 427 187</b>	<b>B2</b>
<b>US</b>	<b>2010 / 0 221 108</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2010 / 0 232 934</b>	<b>A1</b>

(54) Bezeichnung: **Singlet-Leitapparatzkonstruktion einer Dampfturbine für eine von hinten bestückte Anordnung und Dampfturbine mit derartiger Singlet-Leitapparatzkonstruktion**

(57) Hauptanspruch: Leitapparat für eine Turbine, wobei der Leitapparat umfasst:  
zumindest ein Schaufelblatt (306, 406, 506) mit einer integrierten inneren Seitenwand (315, 415, 515) und einer integrierten äußeren Seitenwand (335, 435, 535);  
einen Innenring (302, 402, 502), der mit der inneren Seitenwand (315, 415, 515) an einer Verbindungsstelle (565), die eine Verbindungsstelle (565) an einer stromauf liegenden Seite und eine Verbindungsstelle an einer stromab liegenden Seite umfasst, mechanisch verbunden ist, wobei die Verbindungsstelle (565) an der stromauf liegenden Seite eine Verbindung aus einer Haken- oder Schweißverbindung umfasst und wobei die Verbindungsstelle an der stromab liegenden Seite die andere Verbindung aus der Haken- oder Schweißverbindung umfasst;  
einen Außenring (304, 404, 504), der mit der äußeren Seitenwand (335, 435, 535) an einer Verbindungsstelle (303, 403, 503; 332), die eine Verbindungsstelle (332) an der stromauf liegenden Seite und eine Verbindungsstelle (303, 403, 503) an der stromab liegenden Seite umfasst, mechanisch verbunden ist, wobei die Verbindungsstelle (332) an der stromauf liegenden Seite eine Verbindung aus einer Haken- oder Schweißverbindung umfasst und wobei die Verbindungsstelle (303, 403, 503) an der stromab liegenden Seite die andere Verbindung aus der Haken- oder Schweißverbindung umfasst, wobei die Hakenverbindung zwischen dem Außenring (304, 404, 504) und der äußeren Seitenwand (335, 435, 535) mithilfe eines Elementes aus einem Vorsprung mit Haken (330, 430, 530) oder einer komplementären Aussparung (331, 431, 531) umfasst;

sparung (331, 431, 531) an der stromauf liegenden Seite der äußeren Seitenwand (335, 435, 535) ausgebildet ist, und wobei eine stromab liegende Seite des Außenrings (304, 404, 504) das andere Element aus dem Vorsprung mit Haken (330, 430, 530) oder der komplementären Aussparung (331, 431, 531) umfasst, wobei die Hakenverbindung zwischen dem Innenring (302, 402, 502) und der inneren Seitenwand (315, 415, 515) mithilfe eines Elementes aus einem Vorsprung (340, 440) mit Haken (345, 445, 540) oder einer komplementären Aussparung (360, 361, 460, 461, 560, 561) an der stromauf liegenden Seite der inneren Seitenwand (315, 415, 515) ausgebildet ist, und wobei die stromab liegende Seite des Innenrings (302, 402, 502) das andere Element aus dem Vorsprung (340, 440) mit Haken (345, 445, 540) oder der komplementären Aussparung (360, 361, 460, 461, 560, 561) umfasst;  
einen ...



## Beschreibung

### HINTERGRUND DER ERFINDUNG

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich allgemein auf Dampfturbinen und insbesondere auf die Anordnung von Leitapparaten zur rückwärtigen Montage.

**[0002]** Dampfturbinen umfassen typischerweise statische Leitschaufelsegmente, die den Dampfstrom auf rotierende Laufschaufeln lenken, die mit einem Rotor verbunden sind. Bei Dampfturbinen wird der Leitschaufelkranz - eingeschlossen die Schaufelblatt- bzw. Schaufelkonstruktion - auch als Leitrad oder Leitapparat bezeichnet.

**[0003]** Herkömmliche Leitapparate werden vorwiegend mithilfe von zwei Verfahren erstellt. Bei einem ersten Verfahren wird eine Band-/Ring-Konstruktion verwendet, bei dem die Schaufelblätter erst an ein inneres und ein äußeres Band angeschweißt werden, wobei diese Bänder sich in Umfangsrichtung über circa 180 Grad erstrecken. Diese gekrümmten Bänder mit den angeschweißten Schaufelblättern werden anschließend montiert, d.h. sie werden zwischen den inneren und den äußeren Ring des Stators der Turbine geschweißt. Bei dem zweiten Verfahren werden die Schaufelblätter oft direkt - mit einer Kehlschweißnaht an der Verbindungsstelle - an den inneren und den äußeren Ring angeschweißt. Das letztere Verfahren wird typischerweise bei größeren Schaufelblättern angewendet, wo der nötige Zugang zum Erstellen der Schweißnaht vorhanden ist.

**[0004]** In Bezug auf die Anwendung des Band-/Ring-Montageverfahrens existieren verfahrens inhärente Beschränkungen. Eine grundsätzliche Beschränkung des Band-/Ring-Montageverfahrens besteht in der inhärenten Verformung des Strömungswegs - d. h. zwischen benachbarten Schaufeln und den Seitenwänden des Dampfwegs - durch die Schweißnaht. Die bei diesen Anordnungen verwendeten Schweißnähte sind von beträchtlicher Größe und erfordern eine erhebliche Wärmezufuhr. Alternativ können auch sehr tiefe Schweißnähte durch Metallschutzgassschweißen (MSG, engl.: GMAW bzw. MIG) oder durch Elektronenstrahl schweißen ohne Füllmaterial erstellt werden. Diese Zufuhr von Material oder Wärme verursacht eine Verformung des Strömungswegs, z.B. bewirkt das Schwinden von Material, dass die Schaufelblätter sich von ihrer entwurfsgemäßen Position im Strömungsweg weg neigen. In vielen Fällen müssen die Schaufelblätter nach dem Schweißen und nach der Beanspruchungsentlastung nachjustiert werden. Die Folge dieser Verformung des Strömungswegs ist eine reduzierte Leistungsfähigkeit des Stators. Als Folge des Anschweißens der Leitschaufeln an die Statoranordnung kann sich auch das Oberflächen-

profil des inneren und äußeren Bandes verändern, was ebenfalls zu einem ungleichmäßigen Strömungsweg führt. Auf diese Weise werden Leitschaufeln und Bänder verformt und verbogen. Dies erfordert eine beträchtliche Endbearbeitung der Leitschaufel-Anordnung, damit diese den Auslegungskriterien entspricht. Außerdem fehlen bei Montageverfahren, bei denen einzelne Leitschaufelkonstruktionen in Ringe geschweißt werden, eine festgelegte Schweißnahttiefe, Montage-Ausrichtungsmerkmale an dem Innen- und dem Außenring sowie Haltemerkmale für den Fall eines Versagens der Schweißnaht.

**[0005]** Leitschaufeln für Dampfturbinen können als Singlets vorgesehen werden. US 7 427 187 B2 stellt eine Dampfturbinen-Singlet-Leitschaufel 105 mit einem Schaufelblatt 106 mit einer integrierten inneren Seitenwand 115 und einer integrierten äußeren Seitenwand 135 vor (Fig. 1). SINGLET®-Leitapparat ist ein eingetragenes Warenzeichen von General Electric Co. und wird im Folgenden bei Bezugnahme als Singlet-Schaufelblatt oder Singlet-Leitapparat bezeichnet. Das Schaufelblatt 106 und die Seitenwände 115, 135 können zum Beispiel maschinell durch endformnahe Schmieden oder aus einem Materialblock hergestellt werden. Der Innenring 102 kann eine Stufe 136 umfassen, die in der komplementären Aussparung 138 der inneren Seitenwand 115 aufgenommen wird. Die äußere Seitenwand 135 kann eine Stufe 136 umfassen, die in der komplementären Aussparung 138 des Außenrings 104 aufgenommen wird. Es können auch alternative Anordnungen von Stufen und Aussparungen zwischen den Seitenwänden und den Ringen ausgebildet werden. Die Verbindungsstellen 101 zwischen der Seitenwand 115 und dem Innenring 102 sowie die Verbindungsstellen 103 zwischen der äußeren Seitenwand 135 und dem Außenring 104 werden auf jeder Seite durch die Stufen 136 blockiert; so wird die Länge der Schweißnähte begrenzt, und es werden axial kurze Schweißnähte mit geringer Wärmezufuhr ermöglicht, beispielsweise Elektronenstrahl-Schweißnähte. Durch diese komplementären Stufen 136 und Aussparungen 138 wird die Dampfturbinen-Singlet-Leitschaufel 105 zwischen dem Innenring 102 und dem Außenring 104 mechanisch arretiert, was im Fall des Versagens einer Schweißnaht eine Verlagerung des Singlets verhindert. Durch die Schweißnähte mit geringer Wärmezufuhr wird die Verformung des Leitschaufel-Strömungspfads minimiert oder eliminiert.

**[0006]** Die Anordnung von US 7 427 187 B2 weist allerdings auch einige Nachteile auf. Es muss jeweils eine Schweißnaht, wenn auch eine Schweißnaht mit geringer Wärmezufuhr, an den Verbindungsstellen 103 der Anströmkante 118 und der Abströmkante 119 der äußeren Seitenwand 135 mit dem Außenring 104 und an der Verbindungsstelle 101 der inneren

Seitenwand 115 mit dem Innenring 102 ausgeführt werden. Zum Schweißen muss der Zugang zur Anströmkante 118 und zur Abströmkante 119 beider Verbindungsstellen 101, 103 möglich sein. Basierend auf der axialen Abmessung des Innenrings 102 und des Außenrings 104 müssen die entsprechenden axialen Abmessungen der inneren und der äußeren Seitenwand 115, 135 möglicherweise vergleichbar bemessen sein, um an den An- und Abströmkanten 118, 119 Zugang zum Schweißen zu bieten. Bei großen axialen Abmessungen der Ringe würden große axiale Seitenwände benötigt, was wiederum einen großen Materialblock für das Singlet erforderlich machen würde. Da für eine gegebene Leitschaufelgröße eine beträchtliche maschinelle Bearbeitung erforderlich ist, wären ein zusätzlicher Kosten- und Zeitaufwand hier die Folge.

**[0007]** US 2010 / 0 232 934 A1 offenbart einen Singlet-Leitapparat 205 für eine Turbine, der die Merkmale des Oberbegriffs des unabhängigen Anspruchs 1 aufweist, wie in **Fig. 2** gezeigt. Der Singlet-Leitapparat 205 umfasst ein Schaufelblatt 206 mit einer integrierten inneren Seitenwand 215 und einer integrierten äußeren Seitenwand 235, einen Innenring 202 und einen Außenring 204. Die Seitenwände und Ringe sind jeweils an einer Verbindungsstelle miteinander verbunden, mithilfe einer Kombination aus mechanischer Verbindung an einem Ende und Schweißverbindung an dem anderen Ende. Die mechanische Verbindung umfasst, dass entweder die Seitenwände 215, 235 oder die Ringe 202, 204 mit einem vorstehenden Haken 245 versehen sind, wobei das jeweils andere Teil eine entsprechende Hakenaussparung 222 aufweist. In **Fig. 2** sind die Haken 220 an den Seitenwänden 215, 235 dargestellt. Die Verbindungsstelle kann außerdem einen axialen Anschlag 250 und einen radialen mechanischen Anschlag 255 umfassen. Die Anordnung kann weiter umfassen, dass eine oder mehrere Oberflächen an einer Verbindungsstelle zwischen einem Ring und einer Seitenwand in einem Winkel von der Verbindungsstelle weg verlaufen, so dass eine schmale Nut (nicht gezeigt) gebildet wird. Die Anordnung kann weiter einen Ring mit einem aufbrauchbaren Fußabschnitt (nicht gezeigt) umfassen.

**[0008]** Genauer gesagt, sind der axiale Anschlag 250 (der Positionier- und Fail-safe-Anschlag) an der radialen Verbindungsstelle zwischen der äußeren Seitenwand 235 und dem zugehörigen Außenring 204 sowie eine einzige Schweißnaht an der Verbindungsstelle 207 an der Abströmkante 219 zwischen jeder Seitenwand und dem zugehörigen Ring vorgesehen. Der axiale Anschlag (Positionier- und Fail-safe-Anschlag) 250 wird durch einen radial vorstehenden Rand 251 des Außenrings 204 gebildet. Mithilfe des axialen Positionierungsmerkmals an den Seitenwänden wird die Länge der Abströmkanten-Schweißnaht entlang der Verbindungsstelle 203 fest-

gelegt. Derselbe nach innen vorstehende Rand 251 des Außenrings 204 dient als Fail-safe-Merkmal und verhindert eine axiale Stromab-Bewegung der Leitschaufel in Richtung auf die zugehörige stromab angeordnete Laufschaufel (nicht gezeigt) im Fall des Versagens der Abströmkanten-Schweißnaht. Die radialen Verbindungsstellen können weiter einen radialen Anschlag 255 (Positionier- und Schwund-Anschlag) in der Nähe der Abströmkante 219 der Verbindungsstelle 203 umfassen. Durch den radialen Anschlag 255 des Rings wird die radiale Positionierung der äußeren Seitenwand 235 in Bezug auf den Außenring 204 festgelegt. Da durch den radialen Anschlag 255 die Seitenwand in Bezug auf den Ring positioniert wird, kann die radiale Position der Seitenwand in Bezug auf den Ring nicht durch ein Schwinden der Schweißnaht in dem Raum für die radiale Schweißnaht an der Abströmkante 219 verändert werden, da die Position durch den radialen Anschlag 255 fixiert wird.

**[0009]** Bei der vorstehend beschriebenen Anordnung, in der Singlet-Leitapparate 205 mit Schaufelblättern 206 mit einer integrierten inneren Seitenwand 215 und einer äußeren Seitenwand 235 und einem in Stromaufrichtung orientierten Haken 245 an der inneren Seitenwand 215 und der äußeren Seitenwand 235 sowie axialen und radialen Anschlägen 250, 255 für die Verbindungsstelle zwischen der äußeren Seitenwand 235 und dem Außenring 204 verwendet werden, war ein gleichzeitiges Einführen der Singlet-Leitschaufel 225 in Umfangsrichtung in den Außen- und den Innenring 204, 202 erforderlich. Der Innenring 202 und der Außenring 204 sind konzentrisch angeordnet, wobei der Innenring 202 in Bezug auf den Außenring 204 eine feste symmetrische Position einnimmt. Singlet-Leitschaufeln werden der Reihe nach in Umfangsrichtung in die Anordnung eingeführt, wobei die innere Seitenwand 215 in der Aussparung des Innenrings 202 gleitet und die äußere Seitenwand 235 in der Aussparung des Außenrings 204 gleitet. Da die radialen Oberflächen der inneren Seitenwand 215 in Bezug auf die radialen Oberflächen des Innenrings 202 in Umfangsrichtung gleiten müssen und gleichzeitig die radialen Oberflächen der äußeren Seitenwand 235 in Bezug auf die radialen Oberflächen des Außenrings 204 in Umfangsrichtung gleiten müssen, konnte diese Anordnung nicht mit engen radialen Zwischenräumen zwischen den Ringen 202, 204 und den Seitenwänden 215, 235 der Singlets konstruiert werden. Gegenwärtig müssen an diesen Verbindungsstellen große radiale Zwischenräume vorgesehen werden, um die Leitschaufeln in Umfangsrichtung gleichzeitig in die Aussparungen des Innen- und des Außenrings 202, 204 einzusetzen. Es können Zwischenräume in einer Größe von 0,254 mm (über 0,01 Zoll) erforderlich sein.

**[0010]** Zwischenräume dieser Größe geben zu Bedenken über die Integrität der Passung Anlass. Ein lockerer Sitz könnte ein Problem darstellen. Durch die Zwischenräume könnte eine Bewegung der Singlet-Leitschaufel beim Schweißen ermöglicht werden, und möglicherweise wären im kalten Zustand nicht alle Leitschaufelhaken-Verbindungsstellen in Kontakt. Die Zwischenräume führen zu Beanspruchungskonzentrationen in der Konstruktion. Durch die Zwischenräume könnte es auch möglich sein, dass die Leitschaufelanordnung sich in Stromabrichtung bewegt, bis über die Haken ein Kontakt hergestellt wird. Außerdem kann es durch das Leitschaufel-Drehmoment möglich sein, dass die Leitschaufeln sich drehen und sich in Umfangsrichtung bewegen, bis die Haken eingeführt werden. Dadurch kann es zu Beanspruchungsproblemen und zu Problemen mit dem aerodynamischen Verhalten der Leitschaufeln kommen, da sich der Leitschaufelhals verändern kann.

**[0011]** US 2010 / 0 221 108 A1 beschreibt einen Leitapparat mit den Merkmalen des Oberbegriffs des unabhängigen Anspruchs 1 und eine Dampfturbine mit einem derartigen Leitapparat. Die Verbindung zwischen dem Außenring und der integrierten äußeren Seitenwand jeder Singlet-Leitschaufel umfasst eine Schweißverbindung an einer stromaufwärtigen Stelle und eine Hakenverbindung an einer stromabwärtigen Stelle. Die Verbindung zwischen dem Innenring und der integrierten inneren Seitenwand jeder Singlet-Leitschaufel umfasst eine Hakenverbindung an einer stromaufwärtigen Stelle und eine Schweißverbindung an einer stromabwärtigen Stelle. Der Leitapparat ist zur Einführung der Singlet-Leitschaufeln in Aussparungen in dem Innen- und dem Außenring in Umfangsrichtung eingerichtet.

**[0012]** Dementsprechend wäre es wünschenswert, eine Anordnung für einen Leitapparat für Singlet-Leitschaufeln mit integrierten inneren und äußeren Seitenwänden zur Verfügung zu stellen, bei der Singlet-Leitschaufeln auf einfache Weise zwischen den Ringen eingeführt werden können und bei der gleichzeitig enge radiale Zwischenräume an den Verbindungsstellen von Seitenwänden und Ringen beibehalten werden. Es wäre außerdem wünschenswert, die Leistung der Turbine mithilfe verbesserter Schaufelblatt-Toleranzen und besserer Kontrolle des Schaufelhalses zu steigern.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

**[0013]** Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Leitapparat für eine Turbine zur Verfügung gestellt, der die Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs 1 aufweist.

**[0014]** Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine Dampfturbine zur Verfü-

gung gestellt, die die Merkmale des nebengeordneten Patentanspruchs 9 aufweist.

**[0015]** Besonders vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

#### Figurenliste

**[0016]** Diese und andere Merkmale, Gesichtspunkte und Vorteile der vorliegenden Erfindung sind besser verständlich, wenn die folgende detaillierte Beschreibung mit Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen gelesen wird, in denen gleiche Bezugszeichen durchweg gleiche Teile bezeichnen.

**Fig. 1** zeigt eine Singlet-Leitschaufelanordnung nach dem Stand der Technik für eine Dampfturbine;

**Fig. 2** zeigt eine Singlet-Leitschaufelanordnung nach dem Stand der Technik für eine Dampfturbine mit Einführen der Schaufelseitenwände in Umfangsrichtung in den Innen- und den Außenring, wobei die innere und die äußere Seitenwand einen vorderen Haken aufweisen;

**Fig. 3** zeigt auf schematische Weise eine beispielhafte Gegenstrom-Dampfturbine;

**Fig. 4** zeigt auf schematische Weise einen beispielhaften Leitapparat, der in der in **Fig. 3** dargestellten Dampfturbine verwendet werden kann;

**Fig. 5** zeigt eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung für Leitapparate, die ein rückwärtiges Einführen des Innenrings in die inneren Seitenwänden ermöglicht;

**Fig. 6** zeigt eine andere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung für Leitapparate, die ein rückwärtiges Einführen des Innenrings in die inneren Seitenwänden ermöglicht;

**Fig. 7** zeigt eine vergrößerte Ansicht einer äußeren Seitenwand der erfindungsgemäßen Anordnung für Leitapparate;

**Fig. 8** zeigt eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung für Leitapparate, die an einer stromab liegenden Verbindungsstelle von Seitenwand und Ring eine schmale Nut für eine MSG-Schweißnaht aufweist;

**Fig. 9** zeigt eine axiale Ansicht eines Außenrings, einer Singlet-Leitschaufel und einer inneren Seitenwand in montagebereiter Anordnung;

**Fig. 10** zeigt die äußere Seitenwand einer Singlet-Leitschaufel, die in den äußeren Ring eingeführt wurde; der vordere Haken der äußeren Seitenwand steht im Eingriff mit der komplementären Aussparung des Außenrings;

**Fig. 11** zeigt den Innenring in der Position für die Beschickung, kurz bevor er mit der inneren Seitenwand der Singlet-Leitschaufel in Eingriff kommt;

**Fig. 12** zeigt den vorderen Haken der inneren Seitenwand, der in die Aussparung des Innenrings eingeführt wurde;

**Fig. 13** zeigt den inneren Ring, der abgesenkt wurde, um den vorderen Haken in Eingriff mit der Hakenaussparung des Innenrings zu bringen;

**Fig. 14** zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens zur rückwärtigen Montage von Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Anordnung für Leitapparate und

**Fig. 15** zeigt eine Hälfte einer erfindungsgemäßen Ausführungsform eines Singlet-Leitapparats für eine Dampfturbine.

#### AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

**[0017]** Die folgenden Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung bieten viele Vorteile. Unter anderem beinhalten sie eine Anordnung für Leitapparate mit Singlet-Leitschaufeln. Für deren Herstellung ist nur Schweißen mit geringer Wärmezufuhr erforderlich, und es werden nur Schweißnähte an der stromab liegenden Abströmkanten-Verbindungsstelle der Seitenwände und Ringe erstellt, wodurch die Verformung aufgrund der Schweißnähte reduziert wird. Durch den begrenzten Einsatz von Schweißverbindungen, das Entfallen der Nachjustierung nach dem Schweißen und eine vereinfachte Konstruktion verringern sich die Kosten der Leitschaufeln. Die Anordnung ermöglicht die rückwärtige Montage der Singlet-Leitschaufeln zwischen dem Außen- und dem Innenring, um so den Leitapparat auszubilden. Da die Singlet-Leitschaufeln nicht gleichzeitig in Umfangsrichtung eingeführt werden müssen, können deutlich striktere maßliche Einschränkungen auf die radialen Oberflächen der Verbindungsstellen zwischen den Seitenwänden und den Ringen angewendet werden. Striktere maßliche Einschränkungen, geringere Fehlausrichtung und Vermeiden der Verformungen nach dem Schweißen führen zu einer verbesserten Einhaltung der Entwurfstoleranzen für die Leitschaufelform und die Strömungsspalte, wodurch die Leitschaufelleistung verbessert wird.

**[0018]** Durch die Einbeziehung einer erfolgreichen Konstruktion mit Haken- und Schweißverbindung entfällt die Notwendigkeit, in einem beträchtlichen Ausmaß maschinell Material von den einzelnen Singlet-Leitschaufeln zu entfernen, was weiter zur Wirtschaftlichkeit der Konstruktion beiträgt. Außerdem kann die Montage ohne spezielle Montagevor-

richtungen ausgeführt werden, was die Montagezeit und die Montagekosten verringert.

**[0019]** **Fig. 3** ist eine schematische Darstellung einer beispielhaften Gegenstrom-Dampfturbine 10, die gemäß der vorliegenden Erfindung gestaltete Leitapparate enthalten kann. Die Dampfturbine 10 umfasst einen ersten und zweiten Niederdruckabschnitt (ND-Abschnitt) 12 und 14. Jeder Turbinenabschnitt 12 und 14 umfasst mehrere Stufen von Leitapparaten (in **Fig. 1** nicht dargestellt). Eine Rotorwelle 16 verläuft entlang der radialen Mittellinie 15 durch die Turbinenabschnitte 12 und 14. Jeder ND-Abschnitt 12 und 14 umfasst einen Leitapparat 18 und 20. Ein einzelnes Außengehäuse bzw. Gehäuse 22 ist entlang einer horizontalen Ebene und axial in obere und untere Abschnittshälften 24 und 26 aufgeteilt und umschließt beide ND-Abschnitte 12 und 14. Ein mittlerer Abschnitt 28 des Gehäuses 22 umfasst einen Niederdruckdampfeinlass 30. Innerhalb des Außengehäuses bzw. des Gehäuses 22 sind die ND-Abschnitte 12 und 14 innerhalb einer einzigen Stützweite angeordnet und liegen auf Lagern 32 und 34 auf. Ein Strömungsteiler 40 verläuft zwischen dem ersten und zweiten Turbinenabschnitt 12 und 14. Obwohl **Fig. 3** eine zweiflutige Niederdruckturbine zeigt, ist für Durchschnittsfachleute nachvollziehbar, dass die vorliegende Erfindung nicht auf eine Verwendung mit Niederdruckturbinen beschränkt ist und bei jeder zweiflutigen Turbine angewendet werden kann, eingeschlossen unter anderem Mitteldruckturbinen (MD-Turbinen) und Hochdruckturbinen (HD-Turbinen). Außerdem ist die vorliegende Erfindung nicht auf die Anwendung bei zweiflutigen Turbinen beschränkt, sondern kann beispielsweise ebenso bei einflutigen Dampfturbinen verwendet werden.

**[0020]** Beim Betrieb wird dem Niederdruck-Dampfeinlass 30 Niederdruckdampf 50 mittlerer Temperatur aus einer Quelle, wie beispielsweise einer Hochdruck- oder Mitteldruckturbine, durch eine Dampfüberströmleitung (nicht gezeigt) zugeführt. Der Dampf 50 wird durch den Niederdruck-Dampfeinlass 30 geleitet, wobei der Strömungsteiler 40 den Dampfstrom in zwei entgegengesetzte Strömungspfade 52 und 54 aufteilt. Genauer ausgedrückt, wird der Niederdruckdampf 50 durch die ND-Abschnitte 12 und 14 geleitet, wobei dem Dampf Arbeit entzogen wird, um die Rotorwelle 16 zu drehen. Die hinteren Stufen im Dampfströmungspfad können als „äußere Stufen“ bezeichnet werden und die erfindungsgemäßen Leitapparate (nicht gezeigt) enthalten. Eine derartige Dampfturbine kann die erfindungsgemäßen Leitapparate (nicht gezeigt) enthalten. Der Dampf tritt aus den ND-Abschnitten 12 und 14 aus und wird beispielsweise zu einem Kondensator oder einer anderen Wärmequelle (nicht gezeigt) geleitet.

**[0021]** **Fig. 4** ist eine vergrößerte schematische Vorderansicht eines beispielhaften Leitapparats 100, der in der Dampfturbine 10 (in **Fig. 3** gezeigt) verwendet werden kann. Bei einer Ausführungsform kann der Leitapparat 100 ein Leitapparat der letzten Stufe der Dampfturbine 10 sein. Der Leitapparat 100 umfasst einen kreisförmigen Innenring 102, einen kreisförmigen Außenring 104 und mehrere Singlet-Leitschaufeln 105 mit integrierten inneren und äußeren Seitenwänden (nicht gezeigt), wobei sich die Leitschaufeln zwischen den Ringen erstrecken. Der Außenring 104 ist radial auswärts von und im Wesentlichen konzentrisch zu dem Innenring 102 angeordnet. Die Leitschaufeln 106 sind in Umfangsrichtung zwischen den Ringen 102 und 104 beabstandet und erstrecken sich im Wesentlichen radial zwischen dem Innen- und dem Außenring 102 und 104. Eine radial außen liegende Oberfläche 110 des Innenrings 102 und eine radial innen liegende Oberfläche 112 des Außenrings 104 definieren radial innere und radial äußere Begrenzungen eines Dampfströmungspfads durch den Leitapparat 100.

**[0022]** **Fig. 5** zeigt eine mechanische Anordnung einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Leitapparats gemäß der vorliegenden Erfindung. Dem Stand der Technik entsprechende Konstruktionen des Singlet-Typs, die bereits beschrieben wurden, und die ein gleichzeitiges Einführen in Umfangsrichtung in den Innen- und den Außenring des Leitapparats erfordern, können nicht mit schmalen radialen Zwischenräumen zwischen den Ringen und den Seitenwänden der Singlet-Anordnungen montiert werden. Die vorliegende erfindungsgemäße, rückwärtig beschickte (Axialmontage) Konstruktion ermöglicht nahezu Umfangskontakt an den Haken, an der Verbindungsstelle von Singlet und Ring. Hier wird die äußere Seitenwand 335 der Singlet-Leitschaufel 325 mit dem Schaufelblatt 306 während der Montage gezeigt, wobei die Leitschaufel in Eingriff mit dem Außenring 304 steht. Der vordere Haken 330 der äußeren Seitenwand 335 wird in die komplementäre Aussparung 331 des Außenrings 304 eingeführt. An der Verbindungsstelle 303 zwischen der äußeren Seitenwand 335 und dem Außenring 304 werden Außenwand und Ring mithilfe des Gewichts der Singlet-Leitschaufel 325 zusammengepasst.

**[0023]** Der Innenring 302 ist für das Zusammenfügen mit der inneren Seitenwand 315 positioniert. Die innere Seitenwand 315 umfasst den vorderen Vorsprung 340 mit dem vorderen Haken 345. Die Länge 341 ist die Länge des vorderen Vorsprungs 340. Die innere Seitenwand 315 umfasst auch die mittlere Aussparung 342 und den Endvorsprung 343 mit der Oberfläche 344. Der Innenring 302 umfasst die mittlere Aussparung 360 mit einer zum Teil umschlossenen Aussparung 361 für den Eingriff des Hakens 345. Die Aussparung 360 ist zwischen

dem ersten Vorsprung 362 des Innenrings 302 mit dem Hakenhalter 364 und dem zweiten Vorsprung 363 des Innenrings 302 festgelegt. Die Eintrittsöffnung 365 zu der Aussparung 360 ist so bemessen, dass sie die Länge 341 des vorderen Vorsprungs 340 aufnimmt. Wenn der Innenring 302 in den Eingriff mit der inneren Seitenwand 315 bewegt wird, wird der vordere Vorsprung 340 durch die Eintrittsöffnung 365 in die Aussparung 360 eingeführt, der zweite Vorsprung 363 des Innenrings 302 bewegt sich in die Aussparung 342 der inneren Seitenwand und die Oberfläche 344 der inneren Seitenwand kommt in Kontakt mit der Oberfläche 366 des Innenrings. Die Aussparung 361 (Hakenaussparung) des Innenrings ist so bemessen, dass sie den vorderen Haken 345 der inneren Seitenwand 315 aufnimmt, wenn der im Eingriff stehende Innenring 302 so bewegt wird, dass der vordere Haken 345 an seinen Platz gleitet. Die zuvor beschriebene mechanische Anordnung ermöglicht das gleichzeitige rückwärtige Einführen des Innenrings 302 in alle zu dem halben Ring gehörigen Singlet-Leitschaufeln 325.

**[0024]** Eine Anordnung für die rückwärtige Beschickung steht ebenfalls zur Verfügung, wie in **Fig. 6** gezeigt, wenn ein vorderer Haken an dem Innenring und eine Hakenaussparung an der inneren Seitenwand zur Verfügung stehen. Hier wird die äußere Seitenwand 435 der Singlet-Leitschaufel 425 mit dem Schaufelblatt 406 während der Montage gezeigt, wobei die Leitschaufel 425 in Eingriff mit dem Außenring 404 steht. Der vordere Haken 430 des Außenrings 404 wird in die komplementäre Aussparung 431 der äußeren Seitenwand 435 eingesetzt. An der Verbindungsstelle 403 zwischen der äußeren Seitenwand 435 und dem Außenring 404 werden Außenwand und Ring mithilfe des Gewichts der Singlet-Leitschaufel 425 zusammengefügt.

**[0025]** Der Innenring 402 ist für das Zusammenfügen mit der inneren Seitenwand 415 positioniert. Der Innenring 402 umfasst den vorderen Vorsprung 440 mit dem vorderen Haken 445. Die Länge 441 ist die Länge des vorderen Vorsprungs 440. Der Innenring 402 umfasst auch die mittlere Aussparung 442 und den Endvorsprung 443 mit der Oberfläche 444. Die innere Seitenwand 415 umfasst die mittlere Aussparung 460 mit einer zum Teil umschlossenen Aussparung 461 für den Eingriff des Hakens 445. Die Aussparung 460 ist zwischen dem Vorsprung 462 der inneren Seitenwand 415 mit dem Hakenhalter 464 und dem Vorsprung 463 der inneren Seitenwand 415 festgelegt. Die Eintrittsöffnung 465 zu der Aussparung 460 ist so bemessen, dass sie die Länge 441 des vorderen Vorsprungs 440 aufnimmt. Wenn der Innenring 402 in den Eingriff mit der inneren Seitenwand 415 bewegt wird, wird der vordere Vorsprung 440 durch die Eintrittsöffnung 465 in die Aussparung 460 eingeführt, der Vorsprung 463 der inneren Seitenwand 415 bewegt sich in die Aussparung 460.

rung 442 des Innenrings, und die Oberfläche 444 des Innenrings kommt in Kontakt mit der Oberfläche 466 der inneren Seitenwand 415. Die zum Teil umschlossenen Aussparung 461 (Hakenaussparung) der inneren Seitenwand ist so bemessen, dass sie den vorderen Haken 445 des Innenrings aufnimmt, wenn der im Eingriff stehende Innenring abgesenkt wird, so dass der vordere Haken 445 eingeführt wird. Die zuvor beschriebene mechanische Anordnung ermöglicht das gleichzeitige rückwärtige Beschricken des Innenrings 402 mit allen Singlet-Leitschaufeln 425. Ein als solches nicht beanspruchtes Verfahren zum Einführen von Singlet-Leitschaufeln in den Außenring und den Innenring wird nachfolgend noch ausführlich beschrieben.

**[0026]** Bei der vorliegenden erfindungsgemäßen Ausführungsform werden vorteilhafte Elemente bisheriger Verbindungsstellen von Singlet-Leitschaufeln 325 mit integrierter innerer Seitenwand und integrierter äußerer Seitenwand beibehalten. **Fig. 7** zeigt eine vergrößerte Ansicht der Verbindungsstelle zwischen der äußeren Seitenwand 335 und dem Außenring 304. Die stromauf liegende Seite der äußeren Seitenwand 335 ist mit dem vorderen Haken 330 versehen. Diese Merkmale umfassen außerdem den radialen mechanischen Anschlag 355 (Positionier- und Schwund-Anschlag) sowie den axialen Anschlag 357 (Positionier- und Fail-safe-Anschlag). Der radiale und der axiale Anschlag 355, 357 können unabhängig von der gewählten Schweißnahtgestaltung implementiert werden, da bei dieser Haken-Schweißnaht-Anordnung verschiedene Schweißverfahren mit geringer Wärmezufuhr eingesetzt werden können. Mithilfe des Merkmals zur radialen Positionierung wird das Teil während des Schweißens präzise in der richtigen radialen Position gehalten; gleichzeitig ist auch für eine genaue axiale Platzierung gesorgt, ohne dass eine axiale Montagevorrichtung erforderlich wäre. Mithilfe des axialen Positionierungsmerkmals an den Seitenwänden wird die Länge der Abströmkanten-Schweißnaht 310 entlang der Verbindungsstelle 303 festgelegt, wodurch die Länge der axialen Schweißnaht ebenfalls bestimmt wird. Die Abströmkanten-Schweißnaht 310 kann bei dieser Ausführungsform eine Elektronenstrahl-Schweißnaht (ES) sein. Derselbe nach innen vorstehende Rand 380 des zugehörigen Rings dient als Fail-safe-Merkmal und verhindert eine axiale Stromab-Bewegung der Leitschaufel in Richtung auf die zugehörige stromab angeordnete Laufschaufl im Fall des Versagens der Abströmkanten-Schweißnaht. Durch den radialen Anschlag des Rings wird die radiale Positionierung der Seitenwand in Bezug auf den Ring festgelegt. Da durch den radialen Anschlag die Seitenwand in Bezug auf den Ring positioniert wird, kann die radiale Position der Seitenwand in Bezug auf den Ring nicht durch ein Schwinden der Schweißnaht in dem Raum für die radiale Schweißnaht an der Abströmkante verändert

werden, da die Position durch den Schwund-Anschlag fixiert wird. Bei Anordnungen nach dem Stand der Technik könnten beim Schweißen - abhängig vom Schwinden und der Verfestigungsgeschwindigkeit der Schweißnaht - Verformungen oder eine Bewegung in radialer Richtung auftreten. Bei Anordnungen nach dem Stand der Technik könnte die Leitschaufel sich während des Schweißens auch von vorn nach hinten neigen.

**[0027]** An einer inneren radialen Verbindungsstelle 332 des Außenrings 304 mit der Oberfläche 333 der äußeren Seitenwand 335, an dem Haken 330, besteht nahezu Umfangskontakt. Nahezu Umfangskontakt besteht auch an dem radialen Anschlag 355, an der Verbindungsstelle der Oberfläche 358 des Außenrings 304 mit der Oberfläche 359 der äußeren Seitenwand 335. „Nahezu Umfangskontakt“ zwischen einander gegenüberliegenden Oberflächen bei dem Haken und zwischen einander gegenüberliegenden Oberflächen bei dem radialen Anschlag kann so aufgefasst werden, dass das Nominalmaß der gegenüberliegenden Flächen gleich ist. Nahezu Umfangskontakt besteht auch an der Verbindungsstelle 565 (**Fig. 13**) zwischen der Außenoberfläche des Hakens 540 der inneren Seitenwand 515 und der gegenüberliegenden Oberfläche 564 (**Fig. 12**) des Innenrings 502. Ein schmaler Zwischenraum von circa 0,05 mm (0,002 Zoll) ist für gegenüberliegende Oberflächen an dem radialen Anschlag 570 (**Fig. 13**) zwischen der inneren Seitenwand 515 und dem Innenring 502 vorgesehen.

**[0028]** Bei der erfindungsgemäßen Anordnung für das Singlet werden auf jeder Seite des Dampfpfads eine mechanische Hakenverbindung und eine Schweißverbindung verwendet. Das heißt, sowohl der Haken als auch die Schweißnaht befinden sich jeweils an der Verbindungsstelle der äußeren Seitenwand mit dem Außenring und an der Verbindungsstelle der inneren Seitenwand mit dem Innenring. Diese Anordnung trägt weiter dazu bei, die Herstellbarkeit des Singlet-Leitapparats zu verbessern, wobei gleichzeitig das Ausmaß der Verformung des Teils beim Schweißen minimiert wird. Außerdem trägt die Anordnung mit Haken und Schweißnaht zu einer verbesserten Montage und zu einer Senkung der Kosten des Produkts bei, da die vor dem Schweißen zur Montage der Konstruktion erforderliche Befestigung reduziert wird. Durch den Haken auf der Dampfeintrittsseite (stromauf liegende Seite) der Seitenwand wird die Leitschaufel während der Montage radial in ihrer Position gehalten; außerdem trägt der Haken dazu bei, die Leitschaufel zu halten, wenn Druck aufgebracht wird, während die Leitschaufeln vor dem Schweißen in der Anordnung zusammengestellt werden. Bei der Herstellung des Leitapparats wird die Schweißnaht beim Schweißen der gegenüberliegenden (stromab liegenden) Seite zum Schwinden neigen. Durch radiales Schwinden

auf der stromab liegenden Seite besteht die Tendenz, dass die stromauf liegende Seite der Seitenwand mit dem Haken radial angehoben wird. Der Haken ist darüber hinaus bei der Herstellung des Leitapparats nützlich, da er die Leitschaufel an ihrem Platz hält, während die stromab liegende Seite geschweißt wird. Der Haken ermöglicht darüber hinaus mehr ermittelte Kerbfaktoren  $K_t$  im Vergleich zu einer starken Diskontinuität, die beim Schweißen an derselben Verbindungsstelle auftritt. Das auf die Leitschaufel einwirkende Moment wirkt typischerweise stromab, was bewirkt, dass eine Zugkraft auf die Schweißnaht einwirkt. Bei der vorliegenden Anordnung kann die Kraft über einen Haken (vorderer Haken) mit bekannten Kerbfaktoren übertragen werden. Dadurch wird der Engineering-Zyklus vereinfacht und die Ermüdungsbeständigkeit des Teils wird verbessert. Die stromab liegende Schweißnaht steht typischerweise unter Druck, was hinsichtlich des Kerbfaktors  $K_t$  der Schweißnaht weniger bedenklich ist.

**[0029]** Bei der Anordnung mit Haken und Schweißnaht sollen Schweißverfahren mit geringerer Wärmezufuhr angewendet werden, z. B. Elektronenstrahlenschweißen (ESS), Laserstrahlschweißen (LSS), Wolfram-Inertgasschweißen (WIG) oder Metallschutzgassschweißen (MSG). Das WIG-Schweißverfahren kann Folgendes beinhalten: 1) ein WIG-Engspalt-Schweißverfahren mit automatisch zugeführtem heißem oder kaltem Draht und ein- oder zweiseitiger J-Schweißnaht-Vorbereitung, 2) einen Schweißzusatz an der Wurzelschweißnaht und/oder dem Befestigungsanschlag, 3) Diskontinuität in der Schweißnaht in Vertikalrichtung im Gegensatz zur Horizontalrichtung, in der auch die Kraft auf die Schweißnaht einwirkt.

**[0030]** **Fig. 8** zeigt eine Ausführungsform für die erfindungsgemäße Leitapparat-Anordnung mit einer einseitigen Schweißnahtvorbereitung in Form einer schmalen Nut für eine MSG-Schweißnaht an einer stromab liegenden Verbindungsstelle der Seitenwand und des Rings.

**[0031]** Der Vorteil des axialen mechanischen Anschlags besteht darin, dass er eine integrierte Sperre für eine Elektronenstrahl-Schweißnaht bildet und die ungeschweißte Verbindungsstelle (Riss-Ausgangspunkt) 90 Grad in die Richtung der Hauptbelastung des Teils an der Wurzelnahrt der WIG- oder MSG-Konstruktionen bewegt. Bei den gezeigten Konstruktionen befinden sich die aufnehmenden Teile an den Ringen, aber diese können sich - je nach bevorzugter Herstellung - auch an dem Singlet (eingreifende Teile) befinden. Die MSG-Schweißkonfiguration umfasst eine Schweißnahtvorbereitung, durch die bei minimierter Schweißnaht und Wärmezufuhr dennoch die strukturelle Integrität erhalten bleibt.

**[0032]** Die **Fig. 9 - Fig. 13** zeigen ein als solches nicht beanspruchtes Verfahren zum Einführen der Singlet-Leitschaufeln in den Innen- und Außenring eines Leitapparats gemäß der vorliegenden Erfindung. **Fig. 14** ist ein Flussdiagramm zum Einführen der Singlet-Leitschaufeln in den Innen- und Außenring gemäß der vorliegenden Erfindung.

**[0033]** **Fig. 9** ist eine axiale Ansicht und zeigt einen Außenring 504, eine Singlet-Leitschaufel 525 mit dem Schaufelblatt 506 mit integrierter äußerer Seitenwand 535 und integrierter innerer Seitenwand 515 sowie den Innenring 502; die Teile sind montagebereit angeordnet. Die stromauf liegende Oberfläche 508 des Außenrings und die Anströmkante 518 des Schaufelblatts 506 befinden sich oben. Der Außenring 504 ist an seinem Platz fixiert 510, damit er während der Montage seine Ausrichtung beibehält. Die Aussparung 538 des Außenrings 504 ist horizontal ausgerichtet, damit der Ring den vorderen Haken 530 der äußeren Seitenwand 535 aufnehmen kann. Die komplementäre Aussparung 531 (Hakenaussparung) des Außenrings 504 zeigt nach unten. Die Singlet-Leitschaufel 525 wird dann leicht geneigt 511, so dass ein Einführen des vorderen Hakens 530 mit leichtem Schwung in die komplementäre Aussparung 531 des Außenrings 504 erleichtert wird.

**[0034]** **Fig. 10** zeigt die in den Außenring 504 eingeführte 512 äußere Seitenwand 535 der Singlet-Leitschaufel 525, wobei der vordere Haken 530 der äußeren Seitenwand in die komplementäre Aussparung 531 des Außenrings eingreift und die Aussparung der äußeren Seitenwand auf dem Außenringvorsprung 556 aufsitzt, der den axialen Anschlag 557 bildet. Der axiale Anschlag 557 stützt hier die Singlet-Leitschaufel während des Einführens und beim anschließenden Schweißen an der stromab liegenden Verbindungsstelle 503. Die äußeren Seitenwände 535 der Singlet-Leitschaufeln werden der Reihe nach an der End-Eintrittsöffnung des Außenrings 504 eingeführt und in Umfangsrichtung bewegt, bis die Leitschaufeln sich jeweils an ihrem vorgesehenen Platz befinden und der Außenring vollständig beschickt ist.

**[0035]** **Fig. 11** zeigt den Innenring 502 in einer Position, in der er für das Einführen und den Eingriff der inneren Seitenwand 515 der Singlet-Leitschaufel 525 bereitsteht. Der Innenring 502 ist so positioniert, dass er in Bezug auf den vorderen Haken 540 der inneren Seitenwand 515 der in dem Außenring 504 gehaltenen Singlet-Leitschaufel 525 vertikal richtig ausgerichtet ist. Der Innenring 502 wird dann horizontal verschoben, um den vorderen Haken 540 der inneren Seitenwand in die Aussparung 560 des Innenrings einzuführen. **Fig. 12** zeigt den vorderen Haken 540 der inneren Seitenwand 515 eingeführt in die Aussparung 560 des Innenrings 502. Der Vorsprung 563 des Innenrings 502 ist in die Aussparung

542 der inneren Seitenwand eingeführt. Die Oberfläche 544 der inneren Seitenwand 515 mit der radialen Schweißnaht und die Verbindungsstellen-Oberfläche 566 des Innenrings 502 fluchten miteinander. **Fig. 13** zeigt den Innenring 502 abgesenkt 514 (**Fig. 12**), damit der vordere Haken 540 in die Hakenaussparung 561 des Innenrings 502 eingreifen kann. So wird eine sehr enge Anordnung sichergestellt, die nur zu einer vernachlässigbaren Bewegung der Teile vor oder nach dem Schweißen der stromab liegenden Verbindungsstellen 103 führt.

**[0036] Fig. 14** ist ein Flussdiagramm zum rückwärtigen Einführen von Singlet-Leitschaufeln mit integrierten inneren und äußeren Seitenwänden in den Innen- und den Außenring, wobei an radialen Oberflächen beinahe Umfangskontakt besteht. Bei Schritt 610 wird der Außenring so in eine feste Position gebracht, dass die Aussparungsöffnung des Außenrings der komplementären äußeren Seitenwand der Singlet-Leitschaufel zugewandt ist. Bei Schritt 620 wird der vordere Haken der äußeren Seitenwand der Singlet-Leitschaufel zur Aussparungsöffnung des Außenrings hin geneigt. Bei Schritt 630 wird die äußere Seitenwand der Singlet-Leitschaufel in die Aussparung des Außenrings eingeführt. Bei Schritt 640 wird die äußere Seitenwand der Singlet-Leitschaufel in Umfangsrichtung in eine Umfangsposition in der Aussparung des Außenrings geschoben. Bei Schritt 650 werden die äußeren Seitenwände der anderen Singlet-Leitschaufeln ebenfalls eingeführt. Bei Schritt 660 wird der Innenring in eine Position gebracht, in der die mittlere Aussparung vertikal mit den vorderen Haken der Seitenwände der eingeführten Singlet-Leitschaufeln fluchtet. Bei Schritt 670 wird der Innenring zu den inneren Seitenwänden hin geschoben, so dass die vorderen Haken der inneren Seitenwände der eingeführten Singlet-Leitschaufeln in die gegenüberliegenden mittleren Aussparungen des Innenrings eingreifen. Bei Schritt 680 wird der Innenring abgesenkt, so dass die vorderen Haken der inneren Seitenwände der eingeführten Singlet-Leitschaufeln in die komplementären Hakenaussparungen des Innenrings eingreifen. Bei Schritt 690 werden mithilfe von Schweißverfahren mit geringer Wärmezufuhr die stromab liegenden Verbindungsstellen der äußeren Seitenwand an den Außenring und die stromab liegenden Verbindungsstellen der inneren Seitenwand an den Innenring geschweißt.

**[0037] Fig. 15** zeigt einen halben Ring eines Singlet-Leitapparats für eine Dampfturbine. Der Singlet-Leitapparat 590 umfasst den Innenring 502 und den Außenring 504, die mit Singlet-Leitschaufeln 125 beschickt sind, sowie die innere Seitenwand 515 und die äußere Seitenwand 535.

**[0038]** Obwohl in diesem Dokument verschiedene Ausführungsformen beschrieben werden, ist aus

der Beschreibung ersichtlich, dass verschiedene Kombinationen, Variationen und Verbesserungen der beschriebenen Elemente möglich und im Schutzmfang der Erfindung eingeschlossen sind.

**[0039]** Eine Dampfturbinen-Leitschaufel mit einer integrierten inneren und einer integrierten äußeren Seitenwand steht in einem Leitapparat in Eingriff mit einem Innen- und einem Außenring. Bei den bisherigen Konstruktionen waren große Abstände zwischen den radialen Oberflächen erforderlich, um ein gleichzeitiges Einführen der inneren und äußeren Seitenwände in Umfangsrichtung in den Innen- und Außenring zu ermöglichen. Bei der erfindungsgemäßen Anordnung wird die innere Seitenwand rückwärtig in den Innenring eingeführt, was an den Haken - zwischen den Ringen und den integrierten Seitenwänden des Schaufelblatts der Singlet-Leitschaufel - nahezu Umfangskontakt ermöglicht. Durch einen engeren radialen Abstand lassen sich Probleme lösen, die im Zusammenhang mit lockerer Montage stehen, beispielsweise Bewegungen beim Schweißen, Lücken, die zu Beanspruchungskonzentrationen führen, und Leistungsprobleme in Verbindung mit der Gestaltung des Leitschaufelhalses.

## Patentansprüche

1. Leitapparat für eine Turbine, wobei der Leitapparat umfasst:  
zumindest ein Schaufelblatt (306, 406, 506) mit einer integrierten inneren Seitenwand (315, 415, 515) und einer integrierten äußeren Seitenwand (335, 435, 535);  
einen Innenring (302, 402, 502), der mit der inneren Seitenwand (315, 415, 515) an einer Verbindungsstelle (565), die eine Verbindungsstelle (565) an einer stromauf liegenden Seite und eine Verbindungsstelle an einer stromab liegenden Seite umfasst, mechanisch verbunden ist, wobei die Verbindungsstelle (565) an der stromauf liegenden Seite eine Verbindung aus einer Haken- oder Schweißverbindung umfasst und wobei die Verbindungsstelle an der stromab liegenden Seite die andere Verbindung aus der Haken- oder Schweißverbindung umfasst;  
einen Außenring (304, 404, 504), der mit der äußeren Seitenwand (335, 435, 535) an einer Verbindungsstelle (303, 403, 503; 332), die eine Verbindungsstelle (332) an der stromauf liegenden Seite und eine Verbindungsstelle (303, 403, 503) an der stromab liegenden Seite umfasst, mechanisch verbunden ist, wobei die Verbindungsstelle (332) an der stromauf liegenden Seite eine Verbindung aus einer Haken- oder Schweißverbindung umfasst und wobei die Verbindungsstelle (303, 403, 503) an der stromab liegenden Seite die andere Verbindung aus der Haken- oder Schweißverbindung umfasst,  
wobei die Hakenverbindung zwischen dem Außenring (304, 404, 504) und der äußeren Seitenwand

(335, 435, 535) mithilfe eines Elementes aus einem Vorsprung mit Haken (330, 430, 530) oder einer komplementären Aussparung (331, 431, 531) an der stromauf liegenden Seite der äußeren Seitenwand (335, 435, 535) ausgebildet ist, und wobei eine stromab liegende Seite des Außenrings (304, 404, 504) das andere Element aus dem Vorsprung mit Haken (330, 430, 530) oder der komplementären Aussparung (331, 431, 531) umfasst, wobei die Hakenverbindung zwischen dem Innenring (302, 402, 502) und der inneren Seitenwand (315, 415, 515) mithilfe eines Elementes aus einem Vorsprung (340, 440) mit Haken (345, 445, 540) oder einer komplementären Aussparung (360, 361, 460, 461, 560, 561) an der stromauf liegenden Seite der inneren Seitenwand (315, 415, 515) ausgebildet ist, und wobei die stromab liegende Seite des Innenrings (302, 402, 502) das andere Element aus dem Vorsprung (340, 440) mit Haken (345, 445, 540) oder der komplementären Aussparung (360, 361, 460, 461, 560, 561) umfasst; einen mechanischen Anschlag (355, 570) an der Verbindungsstelle der äußeren Seitenwand (335, 435, 535) mit dem Außenring (304, 404, 504), wobei der mechanische Anschlag (355, 570) so gestaltet ist, dass er das Schaufelblatt (306, 406, 506) in der richtigen radialen Position hält, und nahezu Umfangskontakt an zumindest einer radialen Oberfläche der Verbindungsstelle (303, 403, 503; 332) zwischen der äußeren Seitenwand (335, 435, 535) und dem Außenring (304, 404, 504) und an zumindest einer radialen Oberfläche der Verbindungsstelle (565) zwischen der inneren Seitenwand (315, 415, 515) und dem Innenring (302, 402, 502), wobei nahezu Umfangskontakt bedeutet, dass die Nominalmaße der gegenüberliegenden Oberflächen an der zumindest einen radialen Oberfläche der Verbindungsstelle (303, 403, 503; 332) zwischen der äußeren Seitenwand (335, 435, 535) und dem Außenring (304, 404, 504) und an der zumindest einen radialen Oberfläche der Verbindungsstelle (565) zwischen der inneren Seitenwand (315, 415, 515) und dem Innenring (302, 402, 502) gleich sind; **dadurch gekennzeichnet**, dass die Hakenverbindung zwischen dem Innenring (302, 402, 502) und der inneren Seitenwand (315, 415, 515) eine mittlere Aussparung (360, 460, 560) mit einer Eintrittsöffnung (365, 465) zu dieser und eine zum Teil umschlossene Aussparung (361, 461, 561) für den Eingriff des Hakens (345, 445, 540) des Vorsprungs (340, 440) mit Haken (345, 445, 540) aufweist, wobei die mittlere Aussparung (360, 460, 560) mit der Eintrittsöffnung (365, 465) zwischen einem ersten Vorsprung (362, 462) mit einem Hakenhalter (364, 464) und einem zweiten Vorsprung (363, 463) festgelegt ist und wobei die Eintrittsöffnung (365, 465) zu der mittleren Aussparung (360, 460, 560) derart bemessen ist, dass sie eine Länge (341, 441) des Vorsprungs (340, 440) mit Haken (345, 445, 540) aufnimmt.

2. Leitapparat nach Anspruch 1, wobei der nahezu Umfangskontakt an zumindest einer radialen Oberfläche der Verbindungsstelle (303, 403, 503; 332) es umfasst, dass eine nominale radiale Abmessung zumindest einer Oberfläche der äußeren Seitenwand (335, 435, 535) gleich einer nominalen Abmessung der komplementären Oberfläche des Außenrings (304, 404, 504) ist und eine nominale radiale Abmessung zumindest einer Oberfläche der inneren Seitenwand (315, 415, 515) gleich einer nominalen Abmessung der komplementären Oberfläche des Innenrings (302, 402, 502) ist.

3. Leitapparat nach Anspruch 2, wobei die stromauf liegende Verbindungsstelle zwischen der äußeren Seitenwand (335, 435, 535) und dem Außenring (304, 404, 504) den Haken (330, 430, 530) und die komplementäre Aussparung (331, 431, 531) umfasst und der nahezu Umfangskontakt an zumindest einer radialen Oberfläche der Verbindungsstelle zwischen der äußeren Seitenwand (335, 435, 535) und dem Außenring (304, 404, 504) eine innere radiale Verbindungsstelle zwischen dem Haken (331, 431, 531) und der komplementären Aussparung (331, 431, 531) umfasst.

4. Leitapparat nach Anspruch 3, wobei die Verbindungsstelle zwischen der äußeren Seitenwand (335, 435, 535) und dem Außenring (304, 404, 504) den Haken (330, 430, 530) und die komplementäre Aussparung (331, 431, 531) umfasst und der nahezu Umfangskontakt an zumindest einer radialen Oberfläche der Verbindungsstelle zwischen der äußeren Seitenwand (335, 435, 535) und dem Außenring (304, 404, 504) eine radiale Verbindungsstelle an dem mechanischen Anschlag (355, 570) umfasst.

5. Leitapparat nach Anspruch 4, wobei die stromauf liegende Verbindungsstelle (565) zwischen der inneren Seitenwand (315, 415, 515) und dem Innenring (302, 402, 502) den Haken (345, 445, 540) und die komplementäre Aussparung (360, 361, 460, 461, 560, 561) umfasst und der nahezu Umfangskontakt an zumindest einer radialen Oberfläche der Verbindungsstelle (303, 403, 503; 332) zwischen der äußeren Seitenwand (335, 435, 535) und dem Außenring (304, 404, 504) eine äußere radiale Verbindungsstelle zwischen dem Haken (330, 430, 530) und der komplementären Aussparung (331, 431, 531) umfasst.

6. Leitapparat nach Anspruch 2, der weiter einen axialen mechanischen Anschlag (557) an der Verbindungsstelle zwischen der äußeren Seitenwand (335, 435, 535) und dem Außenring (304, 404, 504) umfasst.

7. Leitapparat nach Anspruch 6, wobei der axiale mechanische Anschlag (557) so gestaltet ist, dass

er das Schaufelblatt (306, 406, 506) in der richtigen axialen Position hält.

8. Leitapparat nach Anspruch 6, wobei der axiale mechanische Anschlag (557) als Fail-safe-Anschlag für den Fall eines Versagens einer Schweißnaht an der Verbindungsstelle (303, 403, 503) dient.

9. Dampfturbine mit einem Leitapparat nach einem beliebigen der vorhergehenden Ansprüche, wobei:

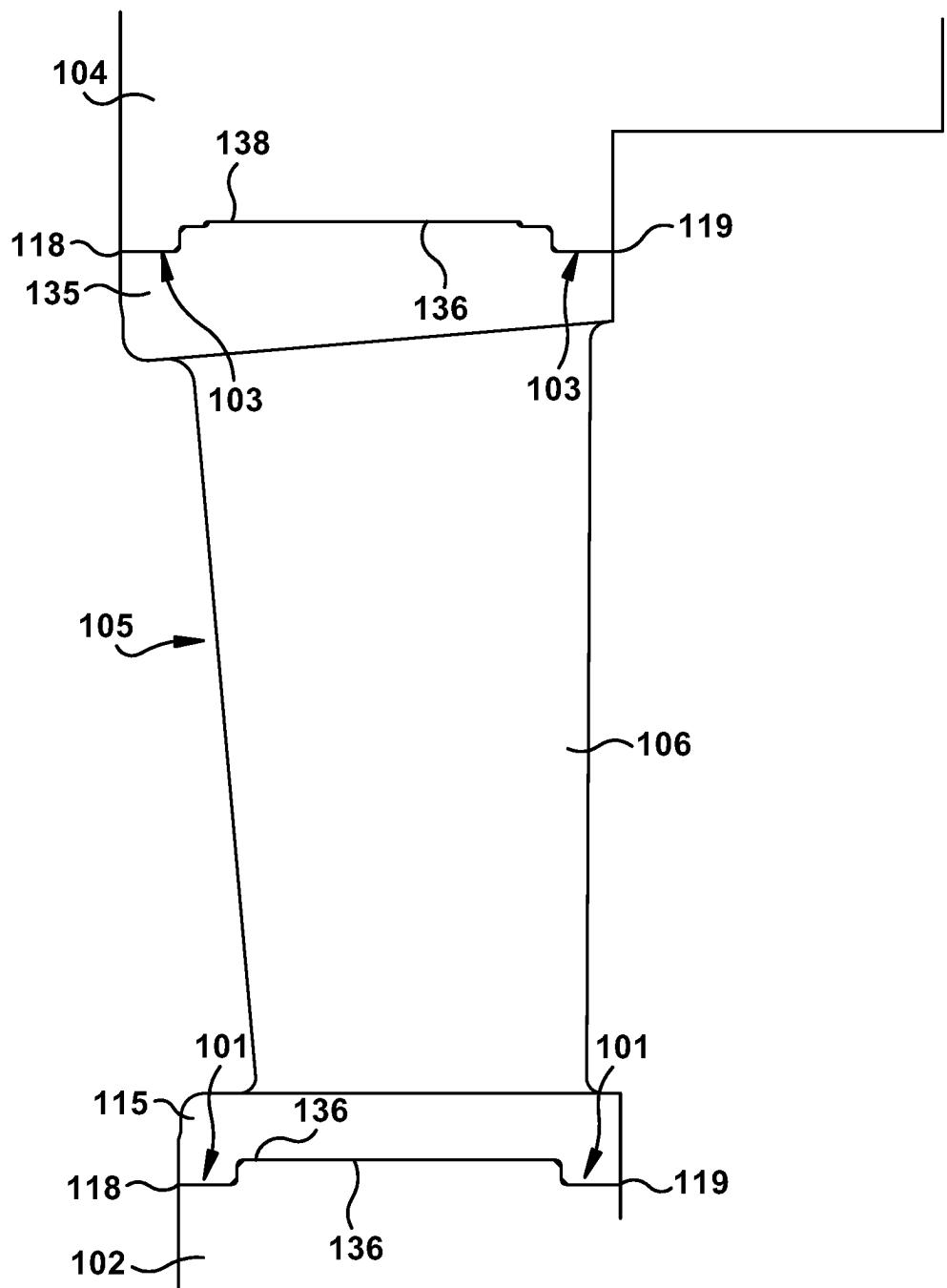
der Außenring (304, 404, 504) ein radialer Außenring (304, 404, 504) ist, der so gestaltet ist, dass er sich in Umfangsrichtung innerhalb der Dampfturbine erstreckt;

der Innenring (302, 402, 502) ein radialer Innenring (302, 402, 502) ist, der so gestaltet ist, dass er sich in Umfangsrichtung innerhalb der Dampfturbine erstreckt; und

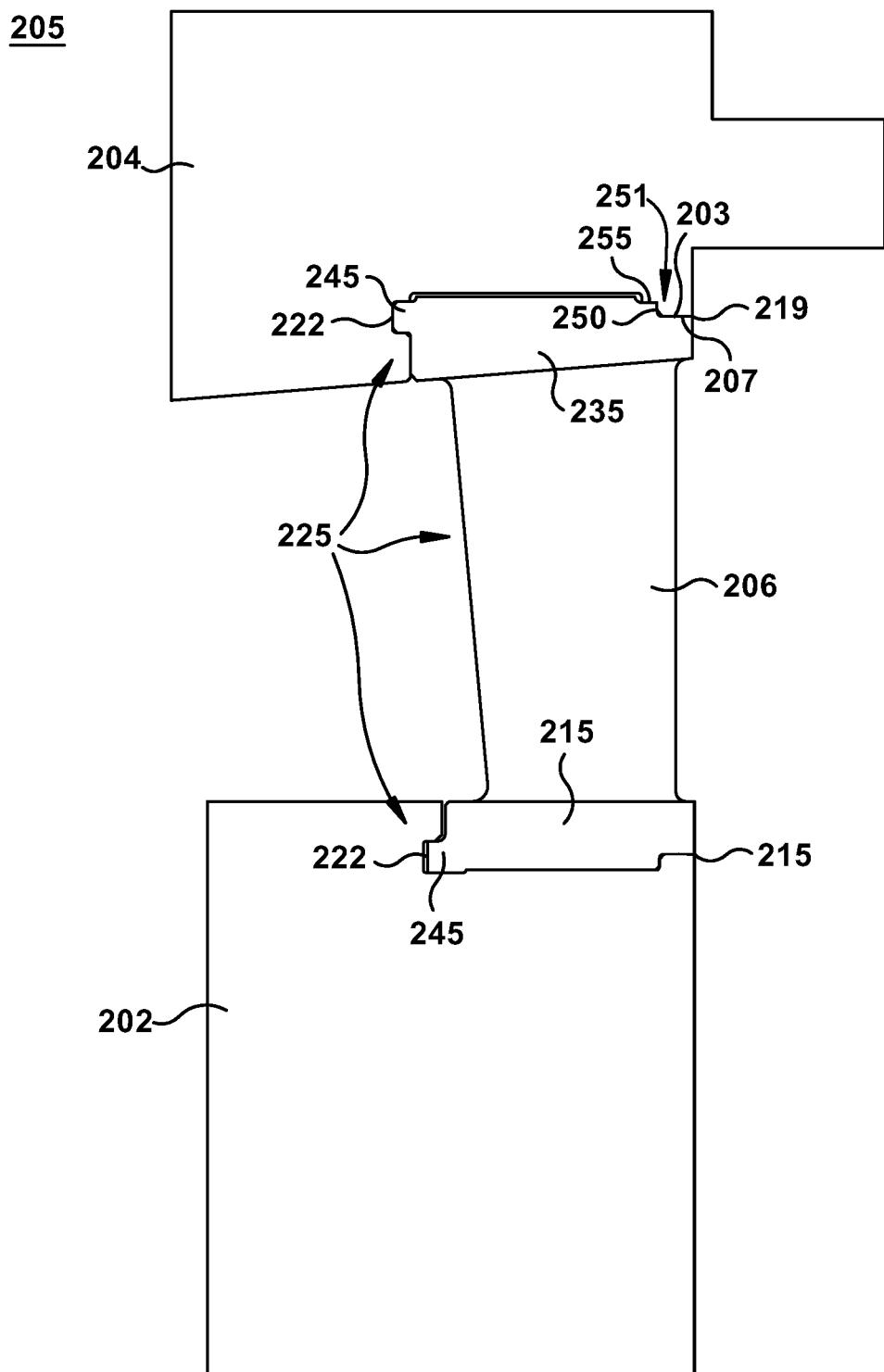
das zumindest eine Schaufelblatt (306, 406, 506) mit der integrierten inneren Seitenwand (315, 415, 515) und der integrierten äußeren Seitenwand (335, 435, 535) eine Leitschaufel (325, 425, 525) bildet, die sich radial zwischen dem Innenring (302, 402, 502) und dem Außenring (304, 404, 504) erstreckt.

Es folgen 10 Seiten Zeichnungen

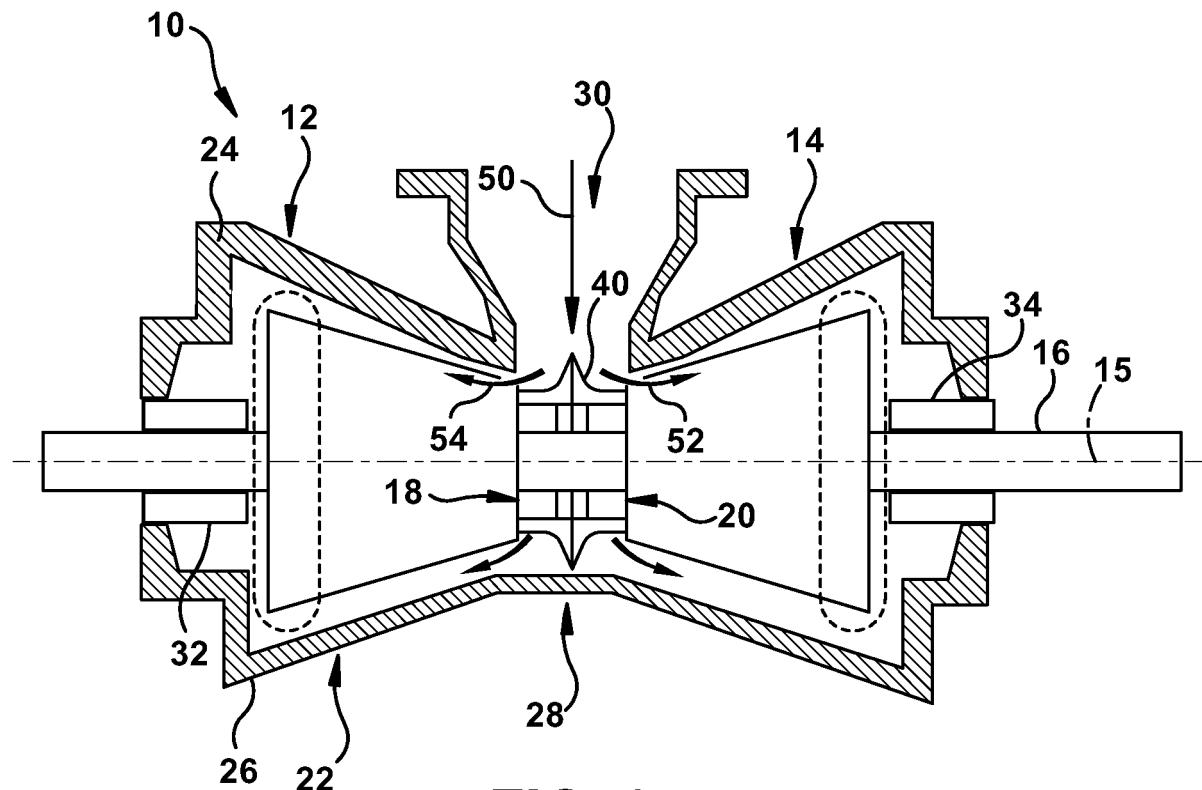
## Anhängende Zeichnungen



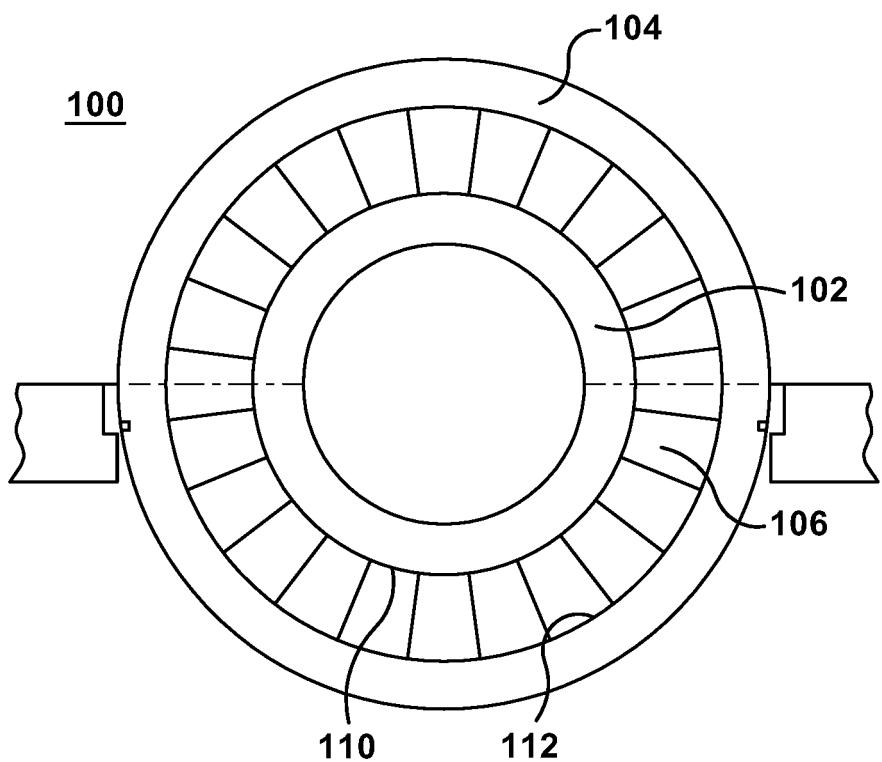
**FIG. 1**  
(Stand der Technik)



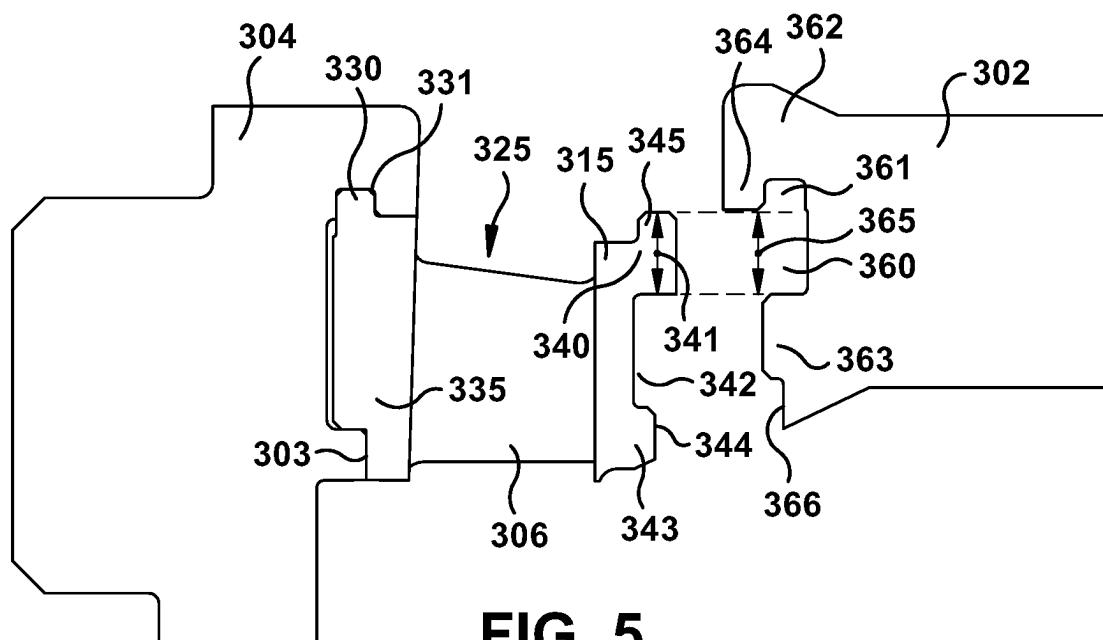
**FIG. 2**  
(Stand der Technik)



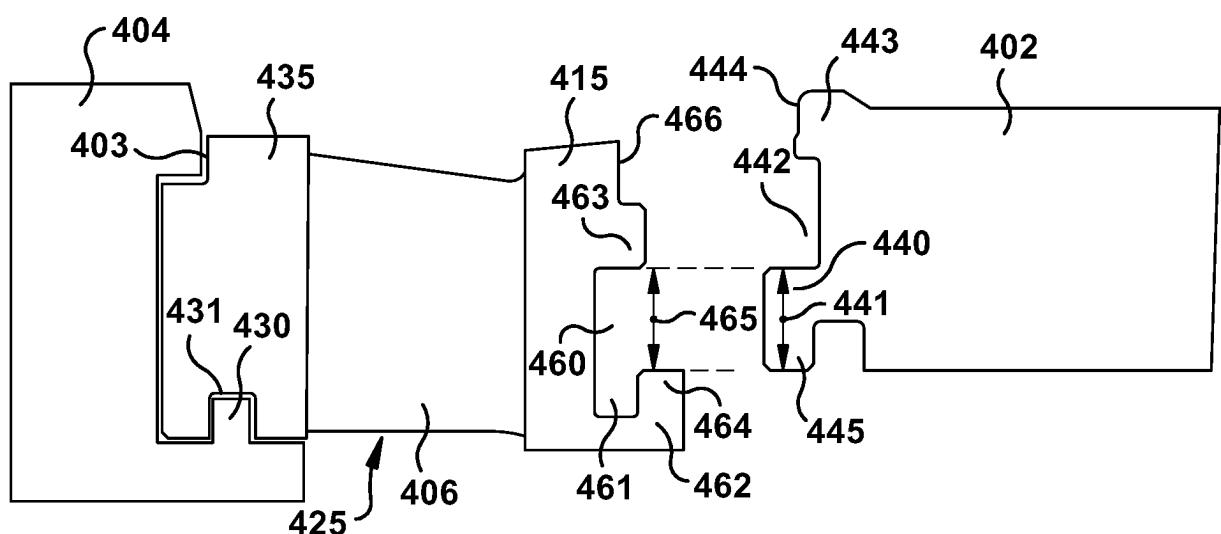
**FIG. 3**



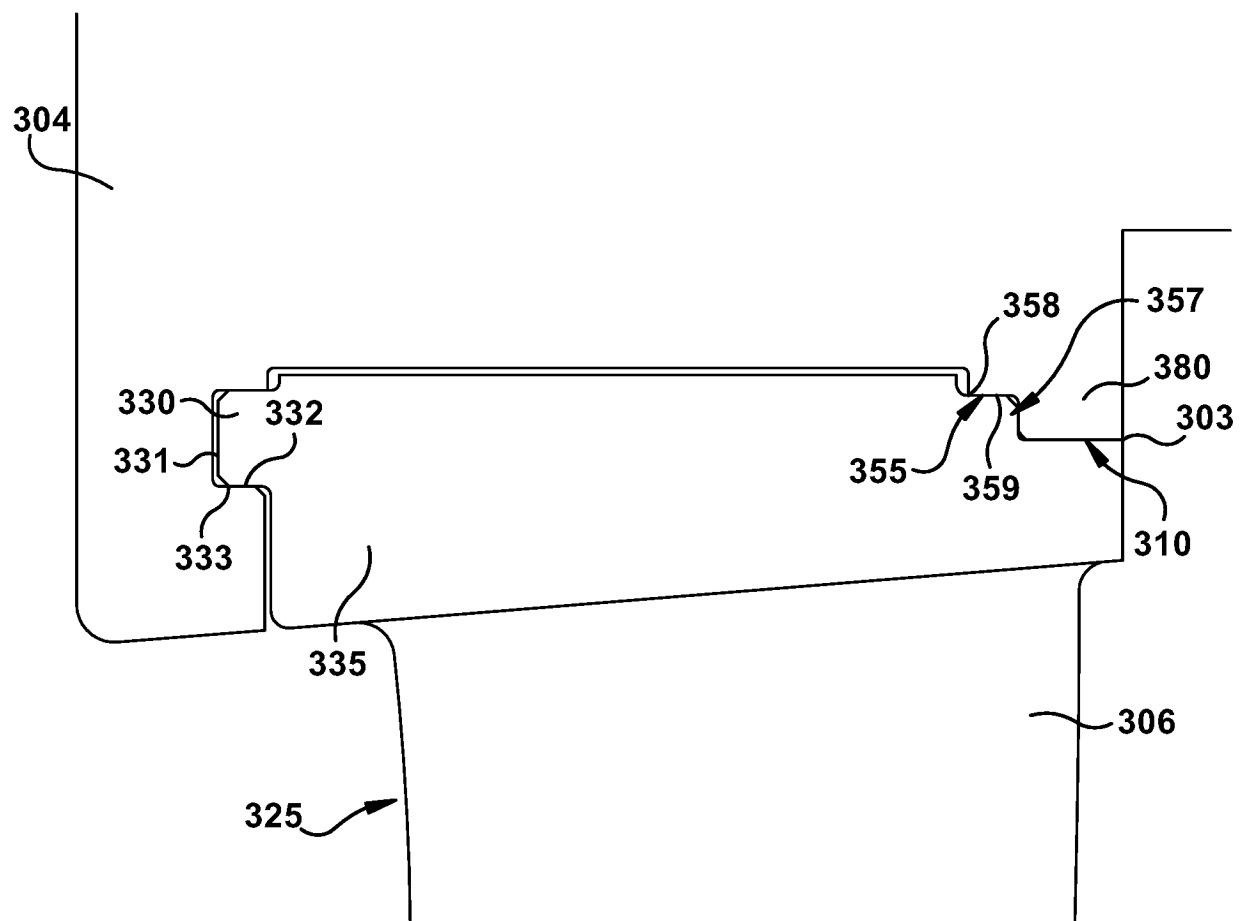
**FIG. 4**



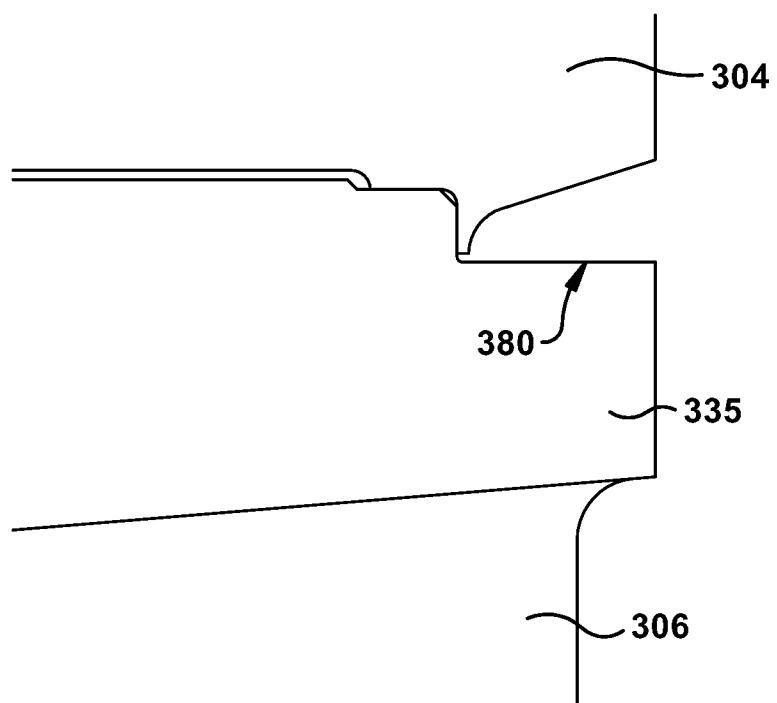
**FIG. 5**



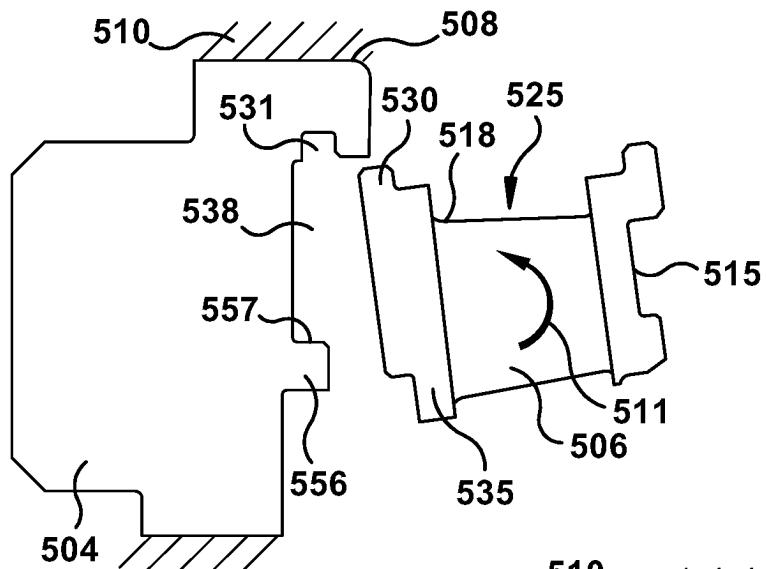
**FIG. 6**



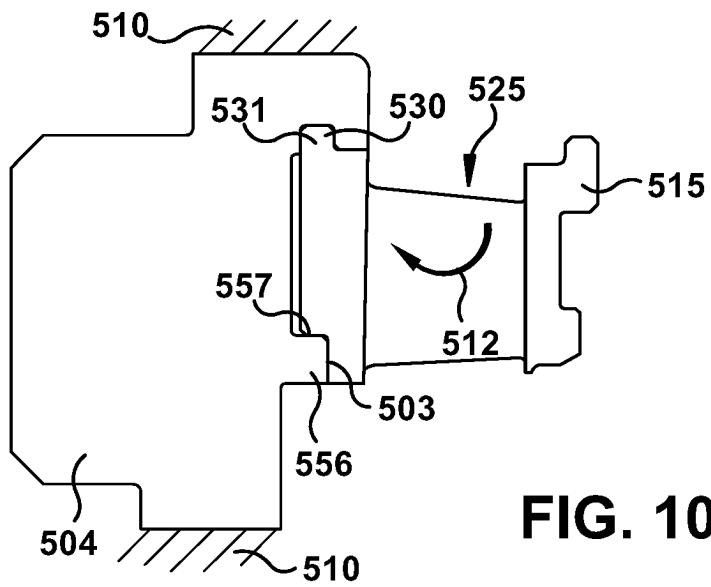
**FIG. 7**



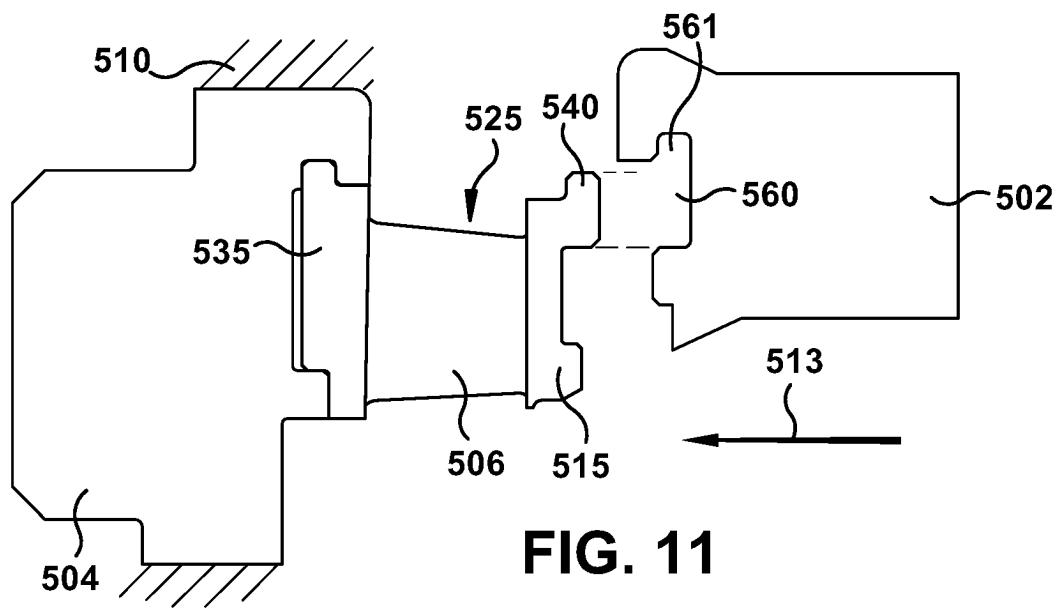
**FIG. 8**



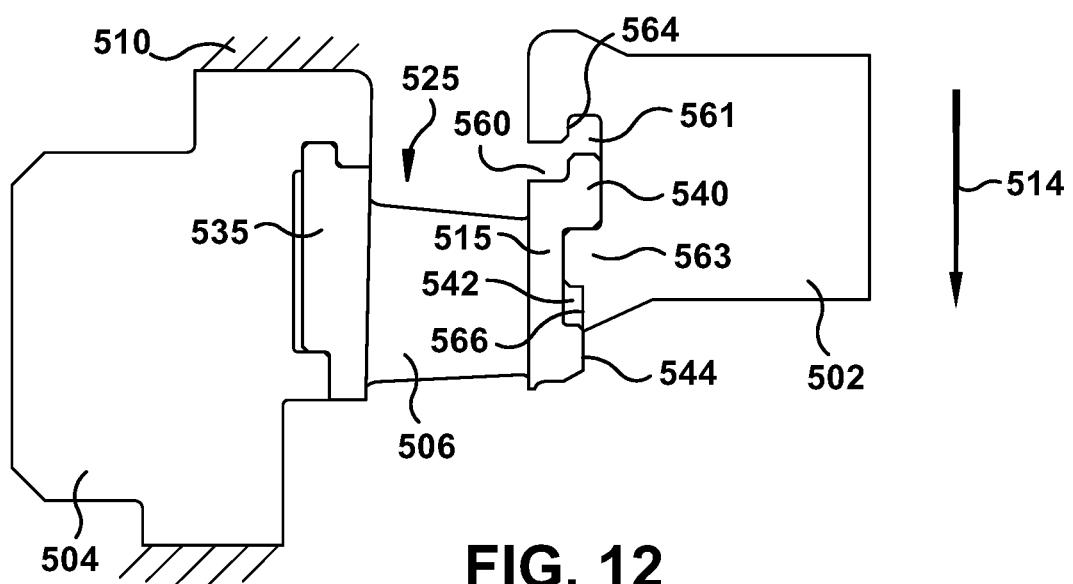
**FIG. 9**



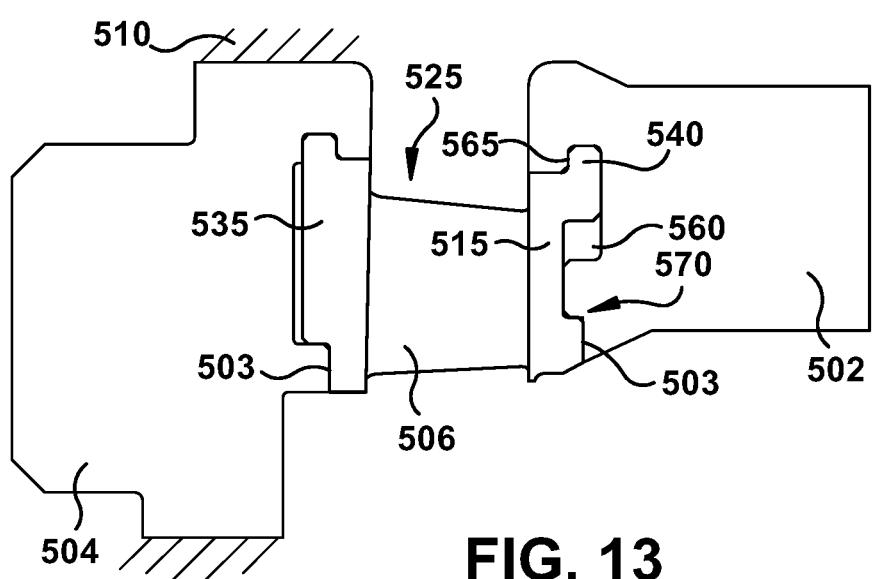
**FIG. 10**



**FIG. 11**



**FIG. 12**



**FIG. 13**

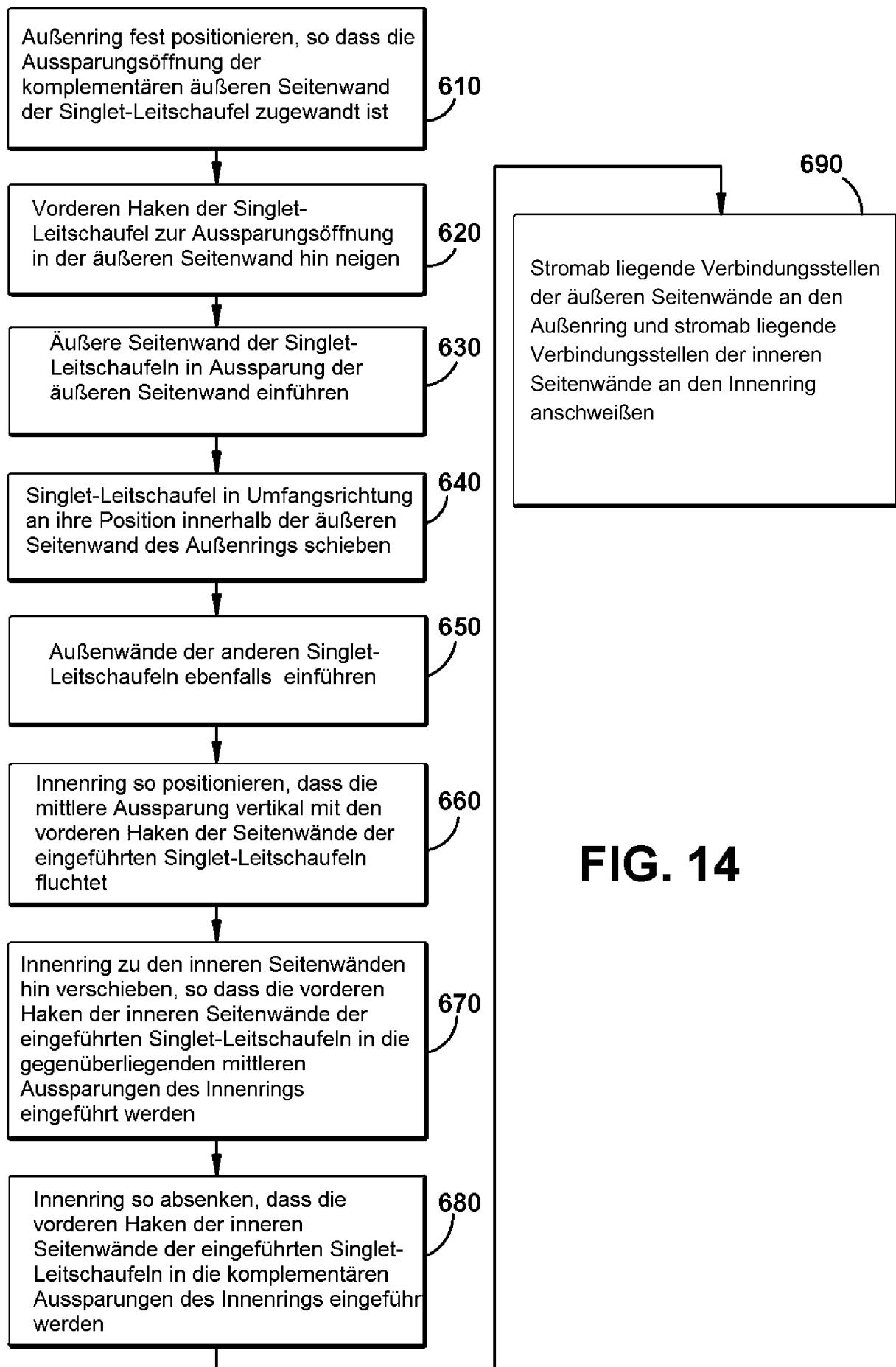


FIG. 14

