



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Laufschaufel mit einer Deckplatte für eine Dampfturbine.

**[0002]** Moderne Dampfturbinen müssen hohen Ansprüchen bezüglich ihres Wirkungsgrads und ihrer Verfügbarkeit genügen. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, ist es bekannt beispielsweise die Laufschaufeln mit einer Deckplatte bzw. einem Deckband zu versehen, wodurch Spaltverluste in der Dampfturbine verringert werden sollen. An dem Deckband sind mehrere Dichtspitzen ausgebildet, wodurch die Spaltweite zwischen dem Deckband und dem Dampfturbinengehäuse verringert ist. Eine durch den Spalt tretende Spaltströmung kann dadurch minimiert und somit der thermodynamische Wirkungsgrad der Dampfturbine gesteigert werden.

**[0003]** Insbesondere sind die Laufschaufeln einer Endstufe einer Niederdruckturbine lang in ihrer radialen Erstreckung gebildet und müssen somit den Belastungen einer hohen Umfangsgeschwindigkeit an den Schaufelspitzen der Laufschaufeln und einer erhöhten Erwärmung aufgrund von in der Endstufe vermehrt auftretenden Ventilationseffekten standhalten. Für die Endstufe kann auch der Werkstoff Titan eingesetzt werden, der sich neben einer hohen Korrosionsbeständigkeit durch eine hohe Festigkeit und ein geringes spezifisches Gewicht auszeichnet. Herkömmlich wird für letzte Laufreihen ein Deckband vorgesehen. Um die mechanische Belastung der Laufschaufel aufgrund der Fliehkraft hervorgerufen durch das Deckband so gering wie möglich zu halten, ist es notwendig das Deckband möglichst leichtgewichtig zu gestalten. Die abdichtende Breite der Deckbänder sind daher in ihrer axialen Erstreckung kürzer als in ihrer der zugehörigen Laufschaufel zugeordneten Breite. Dies reduziert die Dichteffizienz des Deckbands und senkt somit den Wirkungsgrad der Dampfturbine.

**[0004]** Des Weiteren ist ein aufgrund von Kerbwirkung ohnehin stark belasteter Übergangsbereich zwischen der Schaufelspitze der Laufschaufel und dem Deckband einem Tropfenschlag unmittelbar ausgesetzt. Der Tropfenschlag führt zu einer kontinuierlichen Schlagbelastung der Laufschaufel, wodurch die Laufschaufel unter Umständen einem erheblichen Oberflächenabtrag ausgesetzt ist, was mit einer deutlich verkürzten Lebensdauer der Laufschaufel einhergeht.

**[0005]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde eine Laufschaufel für eine Dampfturbine zu schaffen, bei der die oben genannten Probleme weitestgehend überwunden sind und die Laufschaufel vor Tropfenschlagerosion geschützt ist.

**[0006]** Die Aufgabe ist erfindungsgemäß mit einer Laufschaufel für eine Dampfturbine gemäß Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen beschrieben.

**[0007]** Die erfindungsgemäße Laufschaufel für eine Dampfturbine weist ein Schaufelblatt, das eine Schau-

felvorderkante und eine Schaufelspitze aufweist, und eine Deckplatte auf. Die Deckplatte weist eine Grundplatte, die an der Schaufelspitze des Schaufelblatts angebracht und im Wesentlichen parallel zur Maschinenachse der Dampfturbine im Einbauzustand ist, und eine Schildplatte auf, die stromauf der Schaufelvorderkante an der Grundplatte und von dieser radial nach innen vorstehend ausgebildet ist, so dass die Schaufelspitze mit ihrem Bereich der Schaufelvorderkante im Windschatten der Schildplatte liegt, wenn die Laufschaufel von einer Hauptdampfströmung der Dampfturbine angeströmt ist. Der im Windschatten der Schildplatte angeordnete Bereich der Laufschaufel ist somit vor einer durch die Hauptdampfströmung verursachten Tropfenschlagerosion geschützt. Zudem ist bei der erfindungsgemäß ausgebildeten Laufschaufel ein besonders belasteter Übergangsbereich von der Schaufelspitze zur Grundplatte vor der Tropfenschlagerosion geschützt, wodurch kostspielige bauliche Maßnahmen zur Verstärkung dieses Übergangsbereichs nicht vorgenommen werden müssen.

**[0008]** Die Schildplatte ist bevorzugt in einem Axialabstand zur Schaufelvorderkante luvseitig derselben angeordnet, wodurch die axiale Erstreckung der Grundplatte und somit die axiale Dichtungsbreite der Deckplatte groß ist. Eine im Betrieb der zugehörigen Dampfturbine an der Laufschaufel sich einstellende Dampfleckage ist dadurch minimiert, wodurch der Wirkungsgrad der Dampfturbine verbessert ist.

**[0009]** Die Schildplatte ist bevorzugt in ihrer radialen Erstreckung derart ausgebildet, dass ein sich im Betrieb der Dampfturbine leerseitig im Windschatten der Schildplatte ausbildender Totwasserbereich axial entlang der gesamten Grundplatte sich erstreckt. Der Totwasserbereich ist insbesondere rezirkulierend ausgebildet und die Hauptdampfströmung hat keinen direkten Kontakt mit der Grundplatte entlang des Totwasserbereichs, so dass sich durch die Radiallage der Innenkante der Schildplatte ein strömungsmechanisch effektiver Steigungswinkel der Deckplatte ergibt. Da also die Deckplattenunterseite die Hauptdampfströmung nicht direkt führt, braucht die Deckplattenunterseite von der Hauptdampfströmung nicht entsprechend kontaktiert zu sein. Dadurch braucht bei der Konstruktion der Deckplatte lediglich auf Festigkeitsanforderungen Rücksicht genommen werden, wodurch die Deckplatte leichter verglichen mit einer herkömmlichen Konstruktion ausgeführt ist und somit an der Schaufelspitze eine geringere Fliehkraftbelastung auftritt. Ferner ist bevorzugt die Schildplatte derart konstruiert, dass der Totwasserbereich während einer Umströmung der Laufschaufel kontinuierlich erhalten bleibt und nicht etwa eine instationäre Wirbelablösung von der Schildplatte stattfinden kann. Somit ist sichergestellt, dass der Übergangsbereich von der Schaufelspitze zur Grundplatte während des gesamten Betriebs der Dampfturbine vor der Tropfenschlagerosion geschützt ist. Ferner ist ein Auftreten von durch Wirbelablösung verursachten Schwingungen verhindert.

**[0010]** Die Schaufelspitze ist bevorzugt zwischen der

Schildplatte und der Grundplatte mit einem erosionsresistenten Schutzmaterial bedeckt, so dass die Schaufelspitze im Bereich der Schaufelvorderkante vor einer Tropfenschlagerosion geschützt ist. Das Schutzmaterial ist dazu handschuhartig über die Laufschaufelbereiche gezogen, die es schützen soll, beispielsweise über Bereiche der Schaufelspitze und/oder der Grundplatte und/oder der Schildplatte. Das Schutzmaterial kann zudem im Zuge von Wartungs- bzw. Inspektionsarbeiten ausgetauscht werden. Als Folge daraus ergibt sich, dass das Schutzmaterial in seiner Haltbarkeit nur so gebildet zu sein braucht, wie es durch die vorgesehenen Wartungs- bzw. Inspektionsintervalle vorgegeben ist. Ferner kann mit der Formgebung des Schutzmaterials die Umströmung der Deckplatte günstig beeinflusst werden. So ist bevorzugtermaßen die Schaufelspitze zwischen der Schildplatte und der Grundplatte derart mit dem erosionsresistenten Schutzmaterial bedeckt, dass die Schildplatte an der Radialinnenkante von der Hauptdampfströmung ablösefrei umströmbar ist. Bevorzugt ist es ferner, dass die Schaufelvorderkante mit dem erosionsresistenten Schutzmaterial bedeckt ist, wodurch die Schaufelvorderkante vor einer Tropfenschlagerosion geschützt ist.

**[0011]** Im Folgenden werden bevorzugte Ausführungsformen einer erfindungsgemäßen Laufschaufel anhand der beigefügten schematischen Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen Laufschaufel mit einer Deckplatte, die eine Schildplatte und eine Grundplatte aufweist,

Fig. 2 bis 4 weitere Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Laufschaufel, bei der die Schaufelspitze mit einem erosionsfesten Schutzmaterial bedeckt ist, und

Fig. 5 eine herkömmliche Laufschaufel mit einem Deckband.

**[0012]** In den Fig. 1 bis 4 ist eine Laufschaufel 1 für eine Dampfturbine gezeigt. Die Laufschaufel 1 umfasst ein Schaufelblatt 2, das eine Schaufelvorderkante 3 und eine Schaufelspitze 4 aufweist, sowie eine Deckplatte 5. Die Deckplatte 5 umfasst eine Schildplatte 6 und eine Grundplatte 7, mit der die Deckplatte 5 an der Schaufelspitze 4 angebracht ist. Die Grundplatte 7 ist im Einbaustand im Wesentlichen parallel zu einer Maschinenachse 8 der Dampfturbine ausgerichtet. An der Grundplatte 7 ist radial nach innen vorstehend die Schildplatte 6 ausgebildet, die zudem von der Schaufelvorderkante 3 im Abstand angeordnet ist. Die Deckplatte 5 weist ferner mehrere Dichtspitzen 9 zum Abdichten eines Spalts zwischen der Grundplatte 7 und einem Dampfturbinengehäuse 10 auf.

**[0013]** Die in Fig. 1 dargestellte Laufschaufel 1 wird mit einer Hauptdampfströmung, dargestellt durch die

Pfeile 11, beaufschlagt, die das Schaufelblatt 2 und die Deckplatte 5 umströmt. An einer Radialinnenkante 12 der Schildplatte 6 reißt die Hauptdampfströmung ab, wodurch sich leeseitig der Schildplatte 6 ein Totwasserbereich 13 ausbildet, der sich axial entlang der Grundplatte 7 erstreckt. Der Totwasserbereich 13 ist an einem Übergangsbereich 14 zwischen der Schaufelspitze 4 und der Grundplatte 7 angeordnet.

**[0014]** Der Totwasserbereich 13 wird von einem Wirbel 15 gebildet, von dem die Hauptdampfströmung geführt wird. Der Wirbel 15 definiert den strömungsmechanisch effektiven Steigungswinkel 16 der Deckplatte 5, der durch die Konstruktion der Schildplatte 6 vorherbestimmt ist. Da der Steigungswinkel 16 von der Lage der radial innenliegenden Kante der Schildplatte 6 und nicht von der laufschaufelseitigen Kontur der Grundplatte 7 abhängt, ist die Grundplatte 7 plattenartig und dadurch leichtgewichtig gebaut. Die Grundplatte 7 kann daher in ihrer Axialerstreckung lang ausgebildet sein ohne die Laufschaufel 1 unzulässig hoch mechanisch zu belasten. Aufgrund der großen Axialerstreckung der Grundplatte 7 können zusätzliche Dichtspitzen 9 an der Grundplatte 7 vorgesehen werden, wodurch die Dichteffizienz der Deckplatte 5 erhöht und somit der thermodynamische Wirkungsgrad der zugehörigen Dampfturbine gesteigert ist.

**[0015]** Fig. 2 zeigt die erfindungsgemäße Laufschaufel 1, die mit einem erosionsresistenten Schutzmaterial 17 versehen ist. Das Schutzmaterial 17 ist im Bereich der Schaufelspitze 4 zwischen der Schildplatte 6 und der Grundplatte 7 angebracht und schützt den durch Tropfenschlagerosion besonders gefährdeten Übergangsbereich 14 und Teile der Schaufelvorderkante 3. Das Schutzmaterial 17 ist zudem derart gebildet, dass es im Zuge von Wartungs- und Inspektionsarbeiten einfach gewechselt werden kann. In Fig. 3 ist das Schutzmaterial 17 an der Schaufelvorderkante 3 angebracht, wodurch dieser Bereich vor Tropfenschlagerosion geschützt ist. Fig. 4 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der Laufschaufel 1 mit dem angebrachten Schutzmaterial 17. Aufgrund der Formgebung des Schutzmaterials 17 ist die Umströmung der Laufschaufel 1 günstig beeinflusst, wodurch der Übergangsbereich 14 geschützt ist. Ferner ist das Schutzmaterial 17 an den besonders beanspruchten Bereichen von der Schildplatte 6 vor Tropfenschlag geschützt, wodurch die Intervalle zum Wechseln des Schutzmaterials 17 lang sind.

**[0016]** Fig. 5 zeigt demgegenüber eine Laufschaufel 101 für eine Dampfturbine nach dem Stand der Technik. Eine Hauptdampfströmung, dargestellt durch die Pfeile 102, wird im Bereich einer Schaufelspitze 103 der Laufschaufel 101 mittels eines Deckbands 104 geführt. Das Deckband 104 muss dementsprechend konturiert ausgebildet sein, um an seiner laufschaufelseitigen Kontur 105 die Hauptdampfströmung führen zu können und an seiner dem Dampfturbinengehäuse (nicht dargestellt) zugewandten Seite den Spalt mittels Dichtspitzen 106

zu verschließen. Die Masse des Deckbands 104 ist aufgrund dieser Konstruktion derart groß verglichen mit der Masse der erfindungsgemäßen Deckplatte 5, dass die axiale Erstreckung des Deckbands 104 kurz gehalten werden muss. Es können in der Folge nur noch wenige Dichtspitzen 106 auf dem Deckband 104 vorgesehen werden. Dies beeinträchtigt die Dichteffizienz des Deckbands 104 und somit den thermodynamischen Wirkungsgrad der Dampfturbine.

- 5 6. Laufschaufel gemäß Anspruch 4 oder 5, wobei die Schaufelvorderkante (3) derart mit dem erosionsresistenten Schutzmaterial (17) bedeckt ist, dass die gesamte Schaufelvorderkante (3) vor einer Tropfenschlagerosion geschützt ist.

10

### Patentansprüche

1. Laufschaufel (1) für eine Dampfturbine, mit einem Schaufelblatt (2), das eine Schaufelvorderkante (3) und eine Schaufelspitze (4) aufweist, und einer Deckplatte (5), wobei die Deckplatte (5) eine Grundplatte (7), die an der Schaufelspitze (4) des Schaufelblatts (2) angebracht und im Wesentlichen parallel zur Maschinenachse (8) der Dampfturbine im Einbauzustand ist, und eine Schildplatte (6) aufweist, die stromauf der Schaufelvorderkante (3) an der Grundplatte (7) und von dieser radial nach innen vorstehend ausgebildet ist, so dass die Schaufelspitze (4) mit ihrem Bereich der Schaufelvorderkante (3) im Windschatten der Schildplatte (6) liegt, wenn die Laufschaufel (1) von einer Hauptdampfströmung der Dampfturbine angeströmt ist.
2. Laufschaufel gemäß Anspruch 1, wobei die Schildplatte (6) in einem Axialabstand zur Schaufelvorderkante (3) luvseitig derselben angeordnet ist.
3. Laufschaufel gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei die Schildplatte (6) in ihrer radialen Erstreckung derart ausgebildet ist, dass ein sich im Betrieb der Dampfturbine leeseitig im Windschatten der Schildplatte (6) ausbildender Totwasserbereich (13) axial entlang der gesamten Grundplatte (7) sich erstreckt.
4. Laufschaufel gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei die Schaufelspitze (4) zwischen der Schildplatte (6) und der Grundplatte (7) mit einem erosionsresistenten Schutzmaterial (17) bedeckt ist, so dass die Schaufelspitze (4) im Bereich der Schaufelvorderkante (3) vor einer Tropfenschlagerosion geschützt ist.
5. Laufschaufel gemäß Anspruch 4, wobei die Schaufelspitze (4) zwischen der Schildplatte (6) und der Grundplatte (7) derart mit dem erosionsresistenten Schutzmaterial (17) bedeckt ist, dass die Schildplatte (6) an der Radialinnenkante (12) von der Hauptdampfströmung ablösefrei umströmbar ist.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

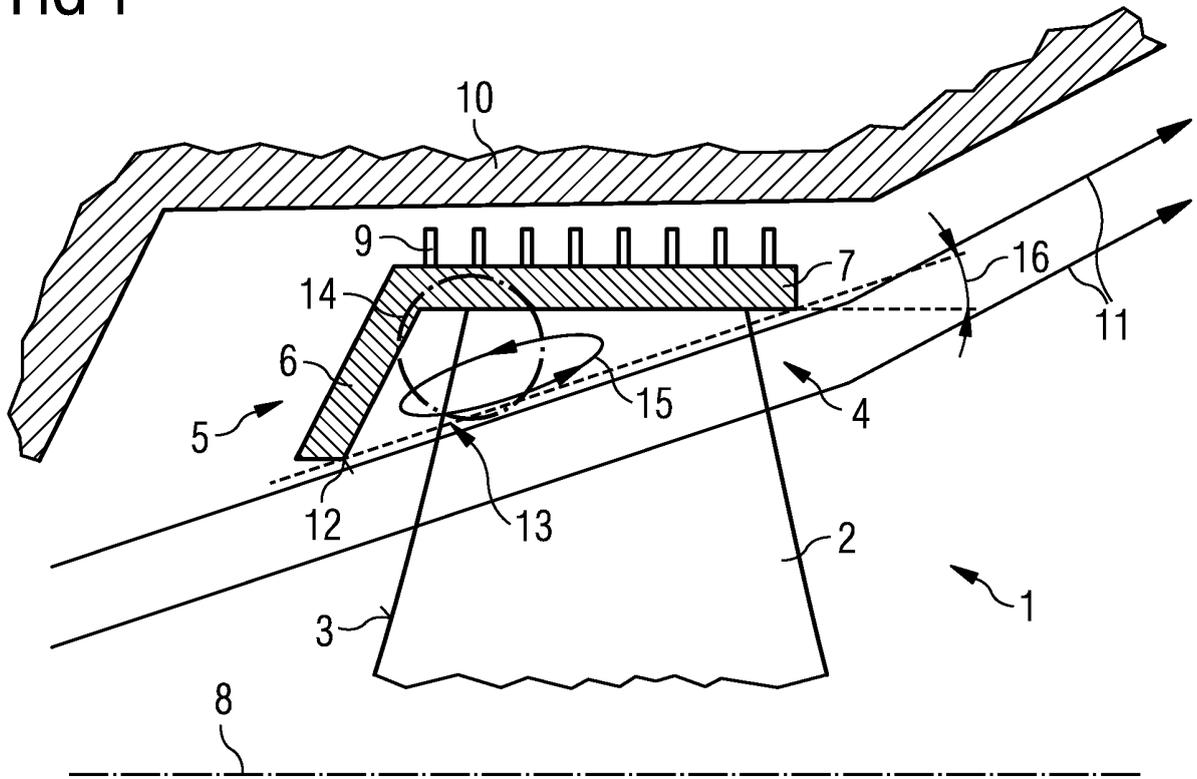


FIG 2

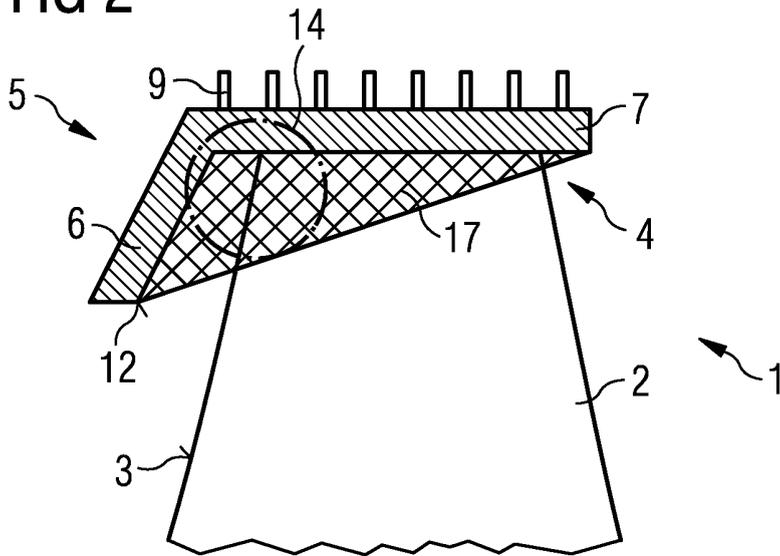


FIG 3

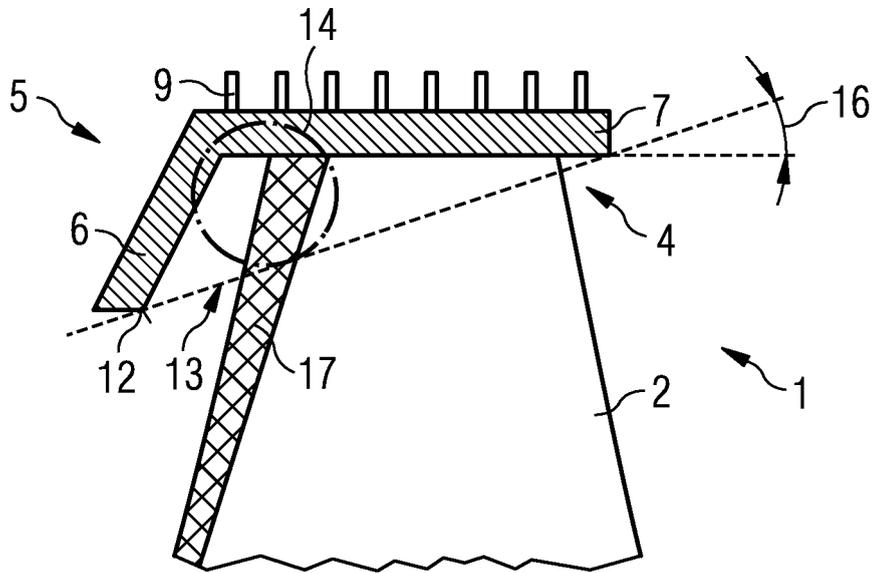
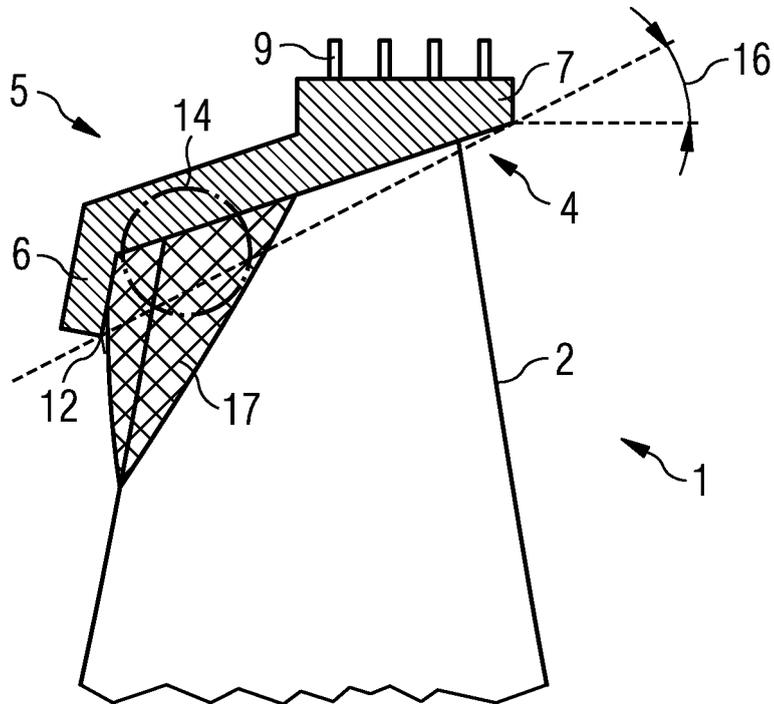
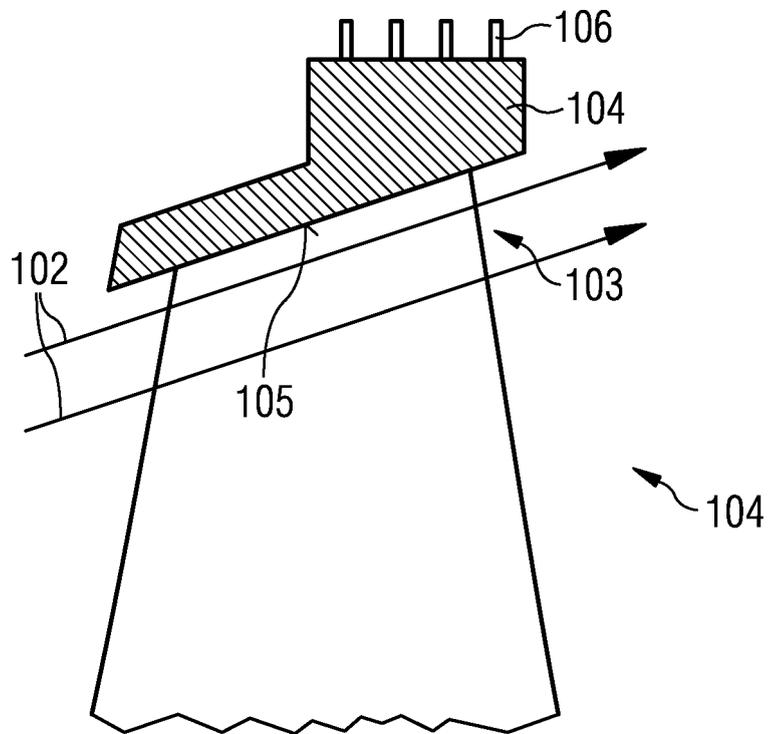


FIG 4



**FIG 5** Stand der Technik





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 10 18 6573

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	GB 214 985 A (ERSTE BRUENNER MASCHINEN FAB) 19. Februar 1925 (1925-02-19)	1-3	INV. F01D5/14 F01D5/22
Y	* Sätze 58-79 * * Abbildung 2 *	4-6	
Y	EP 1 780 379 A2 (TOSHIBA KK [JP]) 2. Mai 2007 (2007-05-02) * Absätze [0017], [0063] - [0067] * * Abbildung 5 * -----	4-6	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F01D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 28. März 2011	Prüfer de la Loma, Andrés
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE 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		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	

1  
EPO FORM 1503\_03\_82 (F04C03)

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

EP 10 18 6573

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

28-03-2011

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
GB 214985	A	19-02-1925	CH 109958 A	01-05-1925
			DE 422950 C	16-12-1925
			FR 29521 E	22-08-1925
			FR 580079 A	29-10-1924
			GB 226504 A	19-02-1925
			NL 13072 C	15-11-1924
			US 1535612 A	28-04-1925
-----				
EP 1780379	A2	02-05-2007	AU 2006233225 A1	17-05-2007
			AU 2009217388 A1	15-10-2009
			CN 1971001 A	30-05-2007
			JP 2007120478 A	17-05-2007
			US 2007101719 A1	10-05-2007
-----				

EPO FORM P0461

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