



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**05.12.2012 Patentblatt 2012/49**

(51) Int Cl.:  
**F01D 25/32** <sup>(2006.01)</sup> **F01K 7/22** <sup>(2006.01)</sup>  
**F22B 37/32** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **12152589.3**

(22) Anmeldetag: **26.01.2012**

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

(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**  
**80333 München (DE)**

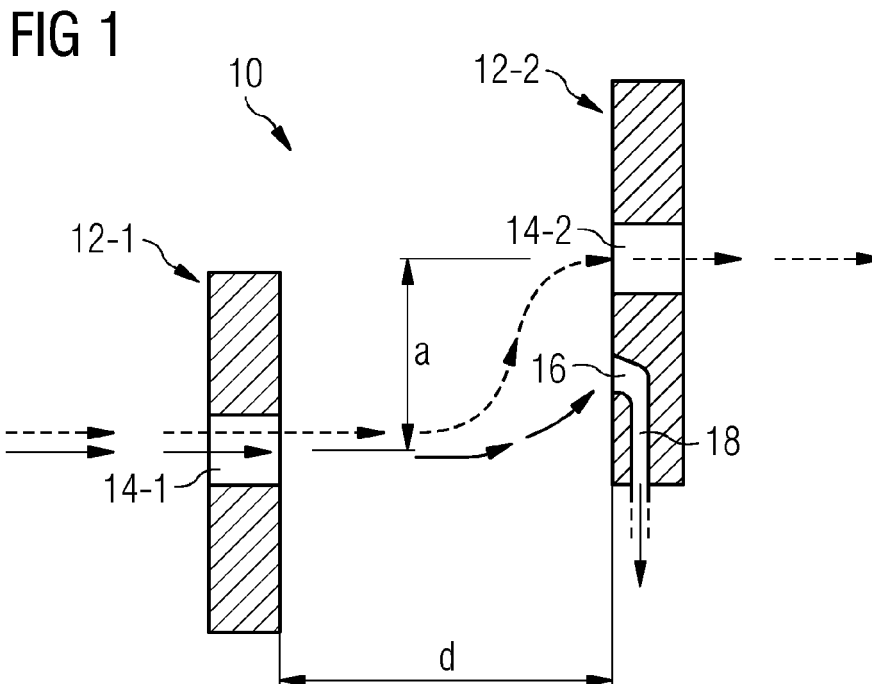
(72) Erfinder:  
• **Stephan, Ingo**  
**02829 Königshain (DE)**  
• **Assmann, Ingo**  
**91058 Erlangen (DE)**

(30) Priorität: **24.03.2011 DE 102011006066**

(54) **Wasserseparator und Verfahren zum Abtrennen von Wasser aus einer Nassdampfströmung**

(57) Die Erfindung betrifft die Abtrennung von Wasser aus einer Nassdampfströmung. Hierfür wird erfindungsgemäß ein Wasserseparator (10) vorgeschlagen, welcher umfasst: ein erstes Sieb (12-1) mit wenigstens einer ersten Sieböffnung (14-1) und ein in Strömungsrichtung dahinter angeordnetes zweites Sieb (12-2) mit wenigstens einer zweiten Sieböffnung (14-2), die mit einem Versatz zur ersten Sieböffnung (14-1) angeordnet

ist, und eine Wasserabfuhreinrichtung (16, 18) zum Abführen von Wasser, welches benachbart der zweiten Sieböffnung (14-2) auf das zweite Sieb (12-2) auftrifft. Ferner betrifft die Erfindung ein entsprechendes Verfahren zum Abtrennen von Wasser aus einer Nassdampfströmung. Eine bevorzugte Verwendung des Wasserseparators (10) bzw. des Verfahrens ist die Abtrennung von Wasser aus einer Nassdampfströmung, die in einer Dampfturbine auftritt.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft einen Wasserseparator und ein Verfahren zum Abtrennen von Wasser aus einer Nassdampfströmung, beispielsweise einer im Bereich einer Dampfturbinenanlage auftretenden Nassdampfströmung. Ferner betrifft die Erfindung die Verwendung eines solchen Wasserseparators bei einer Dampfturbine.

**[0002]** Der Einsatz eines Wasserseparators in einem Wasser-Dampf-Kreislauf einer Dampfturbinenanlage ist beispielsweise aus der EP 0 848 208 B1 bekannt. Bei diesem bekannten Anwendungsbeispiel dient der Wasserseparator zum Abtrennen von Wasser (mitsamt darin gelösten Verunreinigungen) aus einer Nassdampfströmung zwischen einem Verdampfer und einem Überhitzer des Wasser-Dampf-Kreislaufes. Der bekannte Wasserseparator ist als eine "Abscheideflasche" von zylindrischer Form ausgebildet, welche mit zwei tangentialen, in einem flachen Winkel zur Horizontalen angeordneten Dampfeintrittsöffnungen versehen ist, um eine abwärts gerichtete Drallströmung des eintretenden Nassdampfes in der Abscheideflasche zu erzeugen. Der Separator arbeitet somit nach dem Prinzip eines "Fliehkraftabscheiders".

**[0003]** Das Funktionsprinzip des bekannten Wasserseparators bedingt spezielle Bauraumerfordernisse, etwa in Hinblick auf dessen zylindrische Formgestaltung sowie die nur in engen Grenzen variierbare Gestaltung und Anordnung von Dampfeintritts- und Dampfaustrittsöffnungen. Diese speziellen Bauraumerfordernisse können in bestimmten Anwendungsumgebungen einen Nachteil darstellen.

**[0004]** Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine neuartige Art von Wasserseparator bzw. ein neuartiges Verfahren zum Abtrennen von Wasser aus einer Nassdampfströmung anzugeben.

**[0005]** Der erfindungsgemäße Wasserseparator umfasst:

- ein erstes Sieb mit wenigstens einer ersten Sieböffnung und ein in Strömungsrichtung dahinter angeordnetes zweites Sieb mit wenigstens einer zweiten Sieböffnung, die mit einem Versatz zur ersten Sieböffnung angeordnet ist, und
- eine Wasserabfuhrereinrichtung zum Abführen von Wasser, welches benachbart der zweiten Sieböffnung auf das zweite Sieb auftrifft.

**[0006]** Der Begriff "Sieb" wird hier in einem sehr weitgehenden bzw. übertragenen Sinn verwendet. Wie nachfolgend noch erläutert, wird das Sieb nicht in herkömmlicher Weise verwendet, besitzt jedoch eine oder (wie bei herkömmlichen Sieben üblich) mehrere Öffnungen (Sieböffnungen). Eine "Siebfläche" besteht aus einer oder mehreren Sieböffnungen und dem Bereich benachbart der Sieböffnung bzw. den Bereichen zwischen den meh-

renen Sieböffnungen.

**[0007]** Nachfolgend werden der Wasserseparator, dessen Funktionsweise und verschiedene Ausgestaltungen zunächst für denjenigen (sehr einfachen) Fall erläutert, bei welchem der Separator nur eine "erste Sieböffnung" (des ersten Siebes) und nur eine "zweite Sieböffnung" (des zweiten Siebes) aufweist. Es sei jedoch bereits an dieser Stelle angemerkt, dass das erste Sieb und/oder das zweite Sieb jeweils mit einer Mehrzahl von ersten bzw. zweiten Sieböffnungen versehen sein kann. Auch wird unten noch erläutert, dass die beim erfindungsgemäßen Wasserseparator vorgesehene Siebanordnung mehr als zwei Siebe umfassen kann.

**[0008]** Die Funktionsweise der erfindungsgemäßen Siebanordnung aus einem ersten Sieb und einem zweiten Sieb (und gegebenenfalls noch weiteren Sieben) weicht erheblich von der herkömmlichen Funktionsweise einer Anordnung von zwei (oder mehr) hintereinander angeordneten Sieben ab:

Die herkömmliche Funktionsweise eines einzelnen Siebes besteht darin, bei der Durchströmung des Siebes diejenigen Partikel abzufangen, welche aufgrund ihrer Abmessungen nicht durch die Sieböffnungen passen. Eine solche Funktionsweise scheidet im vorliegenden Anwendungsfall ("Ausieben von Wassertröpfchen") daran, dass erstens die in der Dampfströmung befindlichen Wassertröpfchen aufgrund ihrer Formveränderlichkeit einfach durch die Sieböffnungen "hindurchgedrückt" würden und zweitens die Sieböffnungen sehr klein sein müssten, um eine gewisse Zurückhaltungsfunktion für die Wassertröpfchen bereitzustellen, was nachteiligerweise zu einem sehr großen Strömungswiderstand führen würde.

**[0009]** Demgegenüber beruht die Funktion der erfindungsgemäßen Dampfsiebanordnung, die aus wenigstens zwei Sieben mit zueinander versetzten Sieböffnungen besteht, darauf, dass der Dampf nach Durchströmung der ersten Dampföffnung des ersten (stromaufwärtigen) Siebes einer Strömungsumlenkung unterworfen ist, um zu der in Querrichtung versetzt angeordneten zweiten Sieböffnung des zweiten (stromabwärtigen) Siebes zu gelangen. Entscheidend ist hierbei nun, dass bei diesem gekrümmten Verlauf der Dampfströmung zwischen den beiden Sieben die im Dampf enthaltenen Wassertröpfchen aufgrund ihrer Massenträgheit einen tendenziell weniger stark gekrümmten Strömungsweg durchlaufen und somit in einem Bereich des zweiten Siebes benachbart der (bzw. im Abstand zur) zweiten Sieböffnung (bzw. in einem Bereich zwischen zweiten Sieböffnungen) auftreffen. Diese Bereiche (z. B. massive Siebflächen) können jedoch mit geeigneten Ablaufkonstruktionen ausgestattet werden, um die aufgetroffenen Wassertröpfchen abzuführen und somit deren dampfströmungsgetriebene Mitnahme zu den Sieböffnungen des zweiten Siebes zu vermeiden.

**[0010]** Selbstverständlich erfordert auch der erfindungsgemäße Wasserseparator einen gewissen Bau-  
raum. Im Gegensatz zu den bekannten "Abscheidefla-  
schen" können jedoch für viele Anwendungsfälle vorteil-  
haftere Bauformen gewählt werden. Insbesondere kann  
gemäß der Erfindung vorteilhaft ein Wasserseparator so  
gestaltet werden, dass die Richtungen des Dampfeintrit-  
tes (an den ersten Sieböffnungen) und des Dampfaus-  
trittes (z. B. an den zweiten Sieböffnungen) identisch  
sind, wobei ferner vorteilhaft eine sehr kurze Baulänge  
des Wasserseparators ermöglicht ist. Im einfachsten  
Fall wird diese Baulänge von der Summe der "Siebdik-  
ken" des ersten und des zweiten Siebes zuzüglich des  
"Siebabstandes" zwischen den beiden Sieben definiert.  
Falls die Siebanordnung noch ein drittes Sieb (und ge-  
gebenenfalls noch ein viertes Sieb usw.) aufweist, so er-  
höht sich die Baulänge des Wasserseparators entspre-  
chend.

**[0011]** Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen  
Wasserseparators bzw. Wirkprinzips ist die "Skalierbar-  
keit" der Konstruktion an eine vorgegebene Quer-  
schnittsfläche der betreffenden Nassdampfströmung.  
Da jedes verwendete Sieb eine oder mehrere Sieböff-  
nungen aufweisen kann, und auch die Anordnung mehr-  
erer Sieböffnungen an jedem Sieb weitgehend beliebig  
vorgesehen sein kann, lässt sich die erfindungsgemäße  
Konstruktion in einfacher Weise an beliebige Quer-  
schnittsflächen und Querschnittsformen der betreffen-  
den Nassdampfströmung anpassen.

**[0012]** In einer Ausführungsform umfasst die Wasser-  
abfuhrereinrichtung wenigstens einen im Inneren des zwei-  
ten Siebes verlaufenden Wasserablaufkanal und wenig-  
stens eine Einmündung in diesen Wasserablaufkanal an  
einer Prallfläche des zweiten Siebes benachbart der  
zweiten Sieböffnung.

**[0013]** In einer Weiterbildung umfasst die Wasserab-  
fuhrereinrichtung ferner Mittel zum aktiven Abführen von  
im Wasserablaufkanal befindlichem Wasser (z. B. unter  
Einsatz einer "Absaugung" mittels einer Wasserpumpe).

**[0014]** Das erste Sieb kann beispielsweise als eine  
Siebplatte, z. B. ebene Siebplatte, ausgebildet sein. An  
dem ersten Sieb sind keine Komponenten der Wasser-  
abfuhrereinrichtung erforderlich, so dass das erste Sieb  
vorteilhaft mit sehr geringer Dicke vorgesehen sein kann.  
In einer besonders einfachen Ausführung handelt es sich  
um eine Metallplatte (z. B. aus Stahl), die mit einer ersten  
Sieböffnung oder mit einer Mehrzahl von ersten Sieböff-  
nungen versehen ist. Eine Mehrzahl von ersten Sieböff-  
nungen ist bevorzugt in einer regelmäßigen Anordnung  
auf einem eindimensionalen oder zweidimensionalen  
Gitter (in mathematischem Sinne) vorgesehen.

**[0015]** Auch das zweite Sieb (und gegebenenfalls wei-  
tere Siebe) kann als eine Siebplatte (z. B. aus Metall, mit  
einer oder mehreren zweiten Sieböffnungen) ausgebil-  
det sein. Als eine Komponente der Wasserabfuhrereinrich-  
tung kann im Inneren dieser Siebplatte wenigstens ein  
Wasserablaufkanal ausgebildet sein.

**[0016]** Falls das zweite Sieb mit einer Mehrzahl von

zweiten Sieböffnungen versehen ist, die bevorzugt eben-  
falls gemäß einer regelmäßigen Anordnung auf einem  
(mathematischen) Gitter angeordnet sind, so kann der  
genannte Wasserablaufkanal im zweiten Sieb einen  
Wassersammelkanal darstellen, welcher zum Zusam-  
menführen und gemeinsamen Abführen von Wasser ge-  
nutzt wird, welches über mehrere Einzweigungen in den  
Wasserablaufkanal gelangt, wobei diese Einzweigungen  
über entsprechende Einmündungen an den Bereichen  
zwischen den zweiten Sieböffnungen mit (aus der  
Nassdampfströmung abgetrennten) Wasseranteilen  
versorgt werden.

**[0017]** In einer Ausführungsform umfasst der Wasser-  
separator ferner ein in Strömungsrichtung hinter dem  
zweiten Sieb angeordnetes drittes Sieb mit wenigstens  
einer dritten Sieböffnung, die mit einem Versatz zur zwei-  
ten Sieböffnung angeordnet ist, wobei die Wasserabfuhr-  
einrichtung ferner zum Abführen von Wasser, welches  
benachbart der dritten Sieböffnung auf das dritte Sieb  
auftritt, ausgebildet ist.

**[0018]** Wie bereits erwähnt kann der Wasserseparator  
auch noch mehr als drei hintereinander angeordnete Sie-  
be umfassen. Zur Ausbildung der Wasserabfuhrereinrich-  
tung können das zweite, dritte usw. Sieb jeweils mit ge-  
eigneten Wasserablaufkanälen im Inneren dieser z. B.  
als ebene Siebplatten formgestalteten Sieben vorgese-  
hen sein, über welche das aufgetroffene Wasser abge-  
führt werden kann. Bei dem allerersten, d. h. am weite-  
sten stromaufwärts angeordneten Sieb ist eine derartige  
Ablaufkonstruktion entbehrlich. Wesentlich ist vielmehr,  
dass das in Strömungsrichtung zweite Sieb und gege-  
benenfalls noch weitere in der Dampfsiebanordnung fol-  
gende Siebe jeweils mit einer geeigneten Ablaufkon-  
struktion ausgestattet sind und jede Sieböffnung eines  
"nachfolgenden Siebes" mit einem Versatz zu der bzw.  
jeder der Sieböffnungen des "vorausgehenden Siebes"  
angeordnet ist.

**[0019]** Hinsichtlich der Anordnung einer Mehrzahl von  
Sieböffnung in jeweiligen Sieben ist anzumerken, dass  
diese Sieböffnungsanordnungen z. B. für ein erstes Sieb  
und ein drittes Sieb identisch vorgesehen sein können.  
Ebenso können die Sieböffnungsanordnungen eines  
zweiten Siebes und eines vierten Siebes identisch vor-  
gesehen sein, wobei entsprechend des erfindungsgemä-  
ßen Wirkprinzips die Sieböffnungen des zweiten Siebes  
mit einem Versatz bezüglich der Sieböffnungen des er-  
sten Siebes und die Sieböffnungen des dritten Siebes  
mit einem Versatz bezüglich der Sieböffnungen des  
zweiten Siebes vorzusehen sind. Wesentlich ist, dass in  
jedem Zwischenraum zwischen zwei unmittelbar be-  
nachbarten Sieben ein gekrümmter Dampfströmungs-  
verlauf erzwungen wird (um an dem betreffenden strom-  
abwärtigen Sieb ein Auffangen und Abführen von Was-  
sertröpfchen zu ermöglichen).

**[0020]** Das erfindungsgemäße Verfahren zum Abtren-  
nen von Wasser aus einer Nassdampfströmung umfasst  
die Schritte:

- Führen der Nassdampfströmung durch ein erstes Sieb mit wenigstens einer ersten Sieböffnung und ein in Strömungsrichtung dahinter angeordnetes zweites Sieb mit wenigstens einer zweiten Sieböffnung, die mit einem Versatz zur ersten Sieböffnung angeordnet ist, und
- Abführen von Wasser, welches benachbart der zweiten Sieböffnung auf das zweite Sieb auftrifft.

**[0021]** Gemäß einer besonders interessanten Ausgestaltung dieses Verfahrens bzw. Verwendung des erfindungsgemäßen Wasserseparators ist ein Abtrennen von Wasser aus einer Nassdampfströmung vorgesehen, die innerhalb eines Turbinengehäuses einer Dampfturbine auftritt.

**[0022]** Eine Dampfturbine der hier interessierenden Art kann ein Turbinengehäuse mit einer darin drehbar um eine Turbinenachse gelagerten Turbinenwelle umfassen, wobei entlang der Turbinenwelle eine Mehrzahl von mit Wasserdampf durchströmbar Stufengruppen vorgesehen sind, die jeweils aus einer wellenfesten Laufschaufelstruktur und einer damit zusammenwirkenden gehäusefesten Leitschaufelstruktur gebildet sind, so dass in den nacheinander von Wasserdampf durchströmten Stufengruppen jeweils eine druck- und temperaturreduzierende Expansion des Wasserdampfes erfolgt.

**[0023]** Derartige Dampfturbinen sind aus dem Stand der Technik bekannt und können beispielsweise in Kernkraft-, Geothermie-, Solarthermie-, Biomasse- oder anderen Kraftwerken vorteilhaft zur Erzeugung von elektrischer Energie eingesetzt werden.

**[0024]** Lediglich beispielhaft sei auf die DE 197 01 020 A1 verwiesen in welcher eine Dampfturbine der gattungsgemäßen Art beschrieben ist. Diese bekannte Dampfturbine umfasst ein Turbinengehäuse mit einer darin drehbar um eine Turbinenachse gelagerten Turbinenwelle ("Turbinenläufer"), wobei entlang der Turbinenwelle mehrere von Wasserdampf durchströmbar Stufengruppen vorgesehen sind, die jeweils aus einer wellenfesten Laufschaufelstruktur und einer damit kämmenden gehäusefesten Leitschaufelstruktur gebildet sind. Im Turbinenbetrieb erfolgt in den nacheinander von Wasserdampf durchströmten Stufengruppen jeweils eine druck- und temperaturreduzierende Expansion des Wasserdampfes, um Energie aus dem Wasserdampf zum Drehantrieb der Turbinenwelle zu nutzen.

**[0025]** Zur Erzielung eines hohen Wirkungsgrades der Energieumwandlung ist es bekanntlich von Vorteil, wenn in der Turbine eine sehr weitgehende Expansion des Wasserdampfes stattfindet, bei welcher eine möglichst große Temperaturdifferenz zwischen zugeführtem und abgeführten Wasserdampf besteht. Beim Unterschreiten der Taulinie (bzw. Sattedampfkurve) kommt es zum Auskondensieren von Wasser im Dampfströmungsverlauf noch innerhalb des Turbinengehäuses. Die Folge sind Schaufelerosion (z. B. so genannte "Tröpfchen-

schlagerosion") und Erosionskorrosion insbesondere in im Strömungsverlauf weiter hinten liegenden Turbinenbereichen, z. B. in "Niederdruckbereichen".

**[0026]** Bei der aus der DE 197 01 020 A1 bekannten Dampfturbine wird dieses Problem durch eine so genannte "Zwischenüberhitzung" gelöst. Hierbei wird an wenigstens einer Stelle im Dampfströmungsverlauf bereits teilweise expandierter Wasserdampf nicht unmittelbar an eine nachfolgende Stufengruppe abgegeben, sondern zunächst von der Turbine weg zu einem separat von der Turbine installierten Dampferhitzer geleitet, um nach geeigneter Aufheizung wieder in die Turbine zurückgeleitet zu werden.

**[0027]** Diese nach dem Stand der Technik bekannte Lösung mit wenigstens einem außerhalb der Turbine betriebenen Dampferhitzer erfordert einen hohen anlage-technischen Aufwand sowie einen zusätzlichen Energieeinsatz (z. B. Brennstoffenergie).

**[0028]** Es besteht daher Bedarf dafür, bei einer Dampfturbine der oben beschriebenen Art die mit einem Auskondensieren von Wasser im Dampfströmungsverlauf verbundenen Probleme zu vermindern, um auf diese Weise insbesondere auf eine aufwendige Zwischenüberhitzung verzichten zu können.

**[0029]** Gemäß der vorliegenden Erfindung wird daher eine Ausgestaltung der Dampfturbine vorgeschlagen, bei welcher wenigstens eine der Stufengruppen zur Abgabe von Nassdampf mit einem Wasseranteil von mehr als 5% ausgelegt ist, wobei im Dampfströmungsverlauf hinter dieser Stufengruppe ein Wasserseparator der oben bereits beschriebenen Art angeordnet ist, über welchen der Wasserdampf nach Reduktion des Wasseranteils auf weniger als 3%, insbesondere weniger als 2%, an eine nachfolgende der Stufengruppen abgegeben wird.

**[0030]** Bei einer solchen Dampfturbine ist wenigstens eine der Stufengruppen zur Abgabe von Nassdampf mit einem Wasseranteil von mehr als 5%, bevorzugt im Bereich von 5 bis 15% ausgelegt. Die betreffende Stufengruppe ermöglicht damit vorteilhaft eine hohe Effizienz der Energieumwandlung. Zur Vermeidung der ansonsten zu erwartenden Probleme ist im Dampfströmungsverlauf hinter dieser Stufengruppe ein Wasserseparator angeordnet, über welchen der Wasserdampf nach Reduktion des Wasseranteils auf weniger als 3%, bevorzugt weniger als 2%, oder sogar etwa 0%, an eine nachfolgende der Stufengruppen abgegeben wird.

**[0031]** Die erfindungsgemäße Dampfturbine kann insbesondere zur Erzeugung von elektrischer Energie mittels eines davon angetriebenen elektrischen Generators verwendet werden.

**[0032]** Einer im Dampfströmungsverlauf ersten Stufengruppe, beispielsweise als Teil einer "Hochdruckstufe" der Dampfturbine bzw. einer diese Turbine enthaltenden Dampfturbinenanlage, kann Frischdampf mit einem Druck von z. B. mehr als 100 bar und einer Temperatur von z. B. mehr als 400 °C zugeführt werden. Am Ende der im Dampfströmungsverlauf letzten Stufengruppe

kann der expandierte Dampf einen Druck von z. B. weniger als 1 bar (also Unterdruck) und eine Temperatur von z. B. weniger als 50 °C aufweisen.

**[0033]** In einer vorteilhaften Ausführungsform der Turbine ist keine Zwischenüberhitzung im Dampfströmungsverlauf vorgesehen, um den damit verbundenen anlagentechnischen Aufwand zu vermeiden.

**[0034]** Die Dampfturbine kann zwei, drei, vier oder noch mehr Stufengruppen umfassen, wobei im Dampfströmungsverlauf hinter einer oder mehreren Stufengruppen jeweils (wenigstens) ein Wasserseparator mit der oben erläuterten Funktion angeordnet sein kann.

**[0035]** In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Wasserseparator vollständig innerhalb des Turbinengehäuses untergebracht.

**[0036]** Der (wenigstens eine) Wasserseparator weist hierbei eine "Dampfsiebanordnung" der oben bereits beschriebenen Art zum Abfangen von Wassertröpfchen auf. Die bevorzugt innerhalb des Turbinengehäuses untergebrachte Dampfsiebanordnung kann gegenüber dem Turbinengehäuse und/oder gegenüber der Turbinenwelle radial abgedichtet sein, um im Turbinenbetrieb eine Strömung von Nassdampf "an der Dampfsiebanordnung vorbei" zu vermeiden.

**[0037]** In einer anderen Ausführungsform ist der Wasserseparator teilweise außerhalb des Turbinengehäuses angeordnet. Bevorzugt sind hierbei jedoch sämtliche außerhalb des Turbinengehäuses befindlichen Teile des Wasserseparators baulich mit dem Turbinengehäuse zusammengefasst, also z. B. in angeflanschten, angeschweißten oder als Gehäuseangüsse einstückig mit dem Gehäusekorpus verbundenen Rohrleitungen untergebracht bzw. von derartigen Rohrleitungen gebildet. Sämtliche Teile des Wasserseparators sind bevorzugt innerhalb eines (gedachten) zylindrischen Bauraumes untergebracht, dessen axiale Länge der axialen Ausdehnung der Turbinenwelle innerhalb des Turbinengehäuses entspricht und dessen radialer Durchmesser kleiner ist als das 4-fache, bevorzugt kleiner als das 3-fache, des maximalen Durchmessers eines Turbinengehäusekorpus (Turbinengehäuse ohne Wasserseparatorkomponenten).

**[0038]** Bei der teilweisen Ausführung des Wasserseparators außerhalb des Turbinengehäuses kann die Dampfsiebanordnung außerhalb des Turbinengehäuses installiert und mit wenigstens einer Dampfzuleitung und wenigstens einer Dampfrückleitung mit dem Innenraum des Turbinengehäuses verbunden sein.

**[0039]** In jedem Fall umfasst die Dampfsiebanordnung eine Mehrzahl von (hintereinandergeschalteten) Sieben, wobei die Sieböffnung(en) jedes Siebes mit Versatz zu der (den) Sieböffnung(en) eines in der Dampfsiebanordnung stromaufwärts unmittelbar benachbarten Siebes angeordnet ist (sind).

**[0040]** Gemäß einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass aus dem Nassdampf absepariertes Wasser aus der Turbine herausführt und an anderer Stelle einem Wasser-Wasserdampf-Kreislauf wieder zugeführt wird. Bei die-

sem Kreislauf kann in an sich bekannter Weise der im Dampfströmungsverlauf am Ende der Turbine herausgeführte Abdampf z. B. zunächst zu einem Kondensator und von dort weiter zu einem Dampferhitzer geleitet werden, um vom Dampferhitzer mit hohem Druck und hoher Temperatur bereitgestellten Frischdampf insbesondere zu Beginn des Dampfströmungsverlaufes der Turbine (an einem "Frischdampfanschluss") zuzuführen.

**[0041]** In einer bevorzugten Ausführungsform sind mehrere Wasserseparatoren der genannten Funktion vorgesehen, die jeweils zwischen zwei im Dampfströmungsverlauf der Turbine unmittelbar aufeinanderfolgenden Stufengruppen angeordnet sind.

**[0042]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen weiter beschrieben. Es stellen dar:

Fig. 1 eine Schnittansicht eines erfindungsgemäßen Wasserseparators zur Veranschaulichung der Funktionsweise,

Fig. 2 eine Schnittansicht eines Wasserseparators gemäß eines weiteren Ausführungsbeispiels, und

Fig. 3 eine Schnittansicht zur Veranschaulichung einer Ausführung einer erfindungsgemäßen Dampfturbine.

**[0043]** Fig. 1 veranschaulicht einen Wasserseparator 10 zum Abtrennen von Wasser aus einer Nassdampfströmung, wie sie beispielsweise im Bereich eines Wasser-Dampf-Kreislaufes einer Dampfturbinenanlage auftreten kann.

**[0044]** Der Begriff "Nassdampf" bezeichnet in üblicher Weise ein Gemisch aus Wasserdampf (in gasförmiger Phase) und Wasser (in flüssiger Phase).

**[0045]** Die Durchströmung des Wasserseparators 10 erfolgt in Fig. 1 von links nach rechts (Strömungsrichtung). Strömungspfade des Dampfes sind durch Pfeile symbolisiert, wobei die gestrichelten Pfeile die Strömungspfade des Wasserdampfanteiles und die durchgezogenen Pfeile die Strömungspfade des Wasseranteils (Kondensat in Form von Wassertröpfchen) symbolisieren.

**[0046]** Der Wasserseparator 10 umfasst ein erstes Sieb 12-1 mit einer ersten Sieböffnung 14-1 und ein in Strömungsrichtung in einem Abstand  $d$  dahinter angeordnetes zweites Sieb 12-2 mit einer zweiten Sieböffnung 14-2, die mit einem Versatz  $a$  zur ersten Sieböffnung 14-1 angeordnet ist. Wie es im linken Teil von Fig. 1 dargestellt ist, tritt an der ersten Sieböffnung 14-1 zunächst Nassdampf enthaltend einen "trockenen" Dampfanteil und einen Wasseranteil (Kondensat) in die Siebanordnung des Wasserseparators 10 ein. Hinter dieser Sieböffnung 14-1 des ersten Siebes 12-1 erfolgt eine Umlenkung der Dampfströmung in Querrichtung (mit einer Komponente orthogonal zur Durchströmungsrichtung),

da die zweite Sieböffnung 14-2 des nachfolgenden zweiten Siebes 12-2 mit dem Versatz a gegenüber der Sieböffnung 14-1 des ersten Siebes 12-1 angeordnet ist.

**[0047]** Bei dieser Strömungsführung können die den Wasseranteil bildenden Wassertröpfchen der Beschleunigung bzw. Umlenkung der Dampfströmung im Zwischenraum zwischen den Sieben 12-1 und 12-2 nicht bzw. nicht in dem Ausmaß folgen, in dem der trockene Dampfanteil abgelenkt wird. Die Geschwindigkeitsvektoren von Dampf und Wassertröpfchen bilden sich in Betrag und Richtung unterschiedlich aus.

**[0048]** Während der Dampfanteil (gestrichelte Pfeile) die Öffnungen 14-1 und 14-2 "problemlos" durchströmt, trifft ein erheblicher Anteil der Wassertröpfchen (durchgezogene Pfeile) auf einen als Prallfläche fungierenden Oberflächenabschnitt des zweiten Siebes 12-2 auf und wird dort an einer Einmündung 16 aufgefangen, die in einen Wasserablaufkanal 18 führt.

**[0049]** Die benachbart der Sieböffnung 14-2 vorgesehene Einmündung 16 bildet zusammen mit dem Wasserablaufkanal 18 eine Wasserabfuhrinrichtung zum Abführen von Wasser, welches benachbart der Sieböffnung 14-2 auf das zweite Sieb 12-2 auftrifft, also gewissermaßen die Öffnung 14-2 "verfehlt".

**[0050]** In Fig. 1 symbolisiert die Länge der eingezeichneten Pfeile den Betrag der Geschwindigkeitsvektoren. Daraus ist ersichtlich, dass die Wassertröpfchen (durchgezogene Pfeile) eher geradlinig und mit eher konstanter Geschwindigkeit durch die Sieböffnung 14-1 hindurchströmen und weiter auf die Prallfläche bzw. die Einmündung 16 des nachfolgenden Siebes 12-2 auftreffen, wohingegen die Geschwindigkeit des Dampfanteils sich im Bereich der Sieböffnungen 14-1 und 14-2 jeweils beschleunigt und hinter diesen Sieböffnungen jeweils wieder etwas verlangsamt.

**[0051]** Die Ausstattung der Prallfläche des zweiten Siebes 12-2 mit der beschriebenen Ablaufkonstruktion 16, 18 vermeidet eine Mitnahme des auf die Prallfläche aufgetroffenen Wassers durch die zweite Sieböffnung 14-2.

**[0052]** In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Sieböffnungen jeweils langgestreckt sind, und zwar orthogonal zur Durchströmungsrichtung und orthogonal zur "Ablenkungsrichtung" (Die Ablenkungsrichtung verläuft z. B. in Fig. 1 Vertikal). Diese Formgestaltung der Sieböffnungen ist z. B. insbesondere für den in Fig. 1 dargestellten Fall bevorzugt, bei welchem das erste Sieb 12-1 und das zweite Sieb 12-2 jeweils nur eine einzige Sieböffnung 14-1 bzw. 14-2 aufweisen. Eine derart langgestreckte Form kann jedoch auch für den Fall mehrerer Sieböffnungen des ersten und/oder zweiten Siebes vorgesehen werden.

**[0053]** Bei der nachfolgenden Beschreibung von weiteren Ausführungsbeispielen werden für gleichwirkende Komponenten die gleichen Bezugszahlen verwendet, jeweils ergänzt durch einen kleinen Buchstaben zur Unterscheidung der Ausführungsform. Dabei wird im Wesentlichen nur auf die Unterschiede zu dem bzw. den

bereits beschriebenen Ausführungsbeispielen eingegangen und im Übrigen hiermit ausdrücklich auf die Beschreibung vorangegangener Ausführungsbeispiele verwiesen.

5 **[0054]** Fig. 2 ist eine schematische Schnittansicht einer Dampfsiebordnung eines Wasserseparators 10a, die im dargestellten Beispiel aus drei hintereinander angeordneten Siebplatten 12a-1, 12a-2 und 12a-3 gebildet ist.

10 **[0055]** Mit dieser Anordnung wird das oben mit Bezug auf Fig. 1 bereits beschriebene Verfahren zum Abtrennen von Wasser aus einer Nassdampfströmung gewissermaßen zweifach hintereinander durchgeführt, nämlich zunächst mittels der Siebplatten 12a-1 und 12a-2, und sodann nochmals mittels der Siebplatten 12a-2 und 12a-3.

15 **[0056]** Ein weiterer Unterschied zu der einfachen Anordnung gemäß Fig. 1 besteht darin, dass jede der Siebplatten 12a-1 bis 12a-3 mit einer regelmäßigen Anordnung einer Vielzahl von Sieböffnungen 14a-1, 14a-2 bzw. 14a-3 versehen ist.

20 **[0057]** In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Sieböffnungen 14a-1, 14a-2 bzw. 14a-3 orthogonal zur Durchströmungsrichtung und orthogonal zur "Ablenkungsrichtung" jeweils langgestreckt sind, insbesondere bei Anordnung der Sieböffnungen 14a-1, 14a-2 bzw. 14a-3 auf einem jeweiligen eindimensionalen (mathematischen) Gitter. Abweichend davon können die Sieböffnungen 14a-1, 14a-2 bzw. 14a-3 jedoch z. B. auch eine zumindest annähernd kreisrunde Form besitzen, insbesondere bei Anordnung der Sieböffnungen 14a-1, 14a-2 bzw. 14a-3 auf einem jeweiligen zweidimensionalen (mathematischen) Gitter.

25 **[0058]** Die Durchströmung des Wasserseparators 10a erfolgt in der Figur wieder von links nach rechts. An den Sieböffnungen 14a-1 tritt Nassdampf enthaltend einen Wasserdampfanteil (gestrichelte Pfeile) und einen Wasseranteil (durchgezogene Pfeile) ein. Hinter diesen Sieböffnungen 14a-1 der ersten Siebplatte 12a-1 erfolgt eine Umlenkung der Dampfströmung in mehrere verschiedene Querrichtungen (jeweils mit einer Komponente orthogonal zur Durchströmungsrichtung), hin zu den Sieböffnungen 14a-2 der nachfolgenden (zweiten) Siebplatte 12a-2. Jede Sieböffnung 14a-2 der zweiten Siebplatte 12a-2 ist mit einem Versatz zu den Sieböffnungen 14a-1 der ersten Siebplatte 12a-1 angeordnet, um die erwähnte Umlenkung (hier: Aufspaltung der Strömung in mehreren Querrichtungen) zu erzwingen.

30 **[0059]** Der Einfachheit der Darstellung halber ist in Fig. 2 die Wasserablaufkonstruktion der zweiten Siebplatte 12a-2 (und der dritten Siebplatte 12a-3) nicht dargestellt. Eine solche Einrichtung zum Abführen von Wasser, welches in Bereichen zwischen den zweiten Sieböffnungen 14a-2 (bzw. in Bereichen zwischen den Sieböffnungen 14a-3 der dritten Siebplatte 12a-3) auftrifft, könnte beispielsweise so ausgebildet sein, wie dies bereits mit Bezug auf Fig. 1 beschrieben wurde. Entsprechende Ablaufkonstruktionen (wie der erwähnte Wasserablaufka-

nal) sind bei dem Beispiel gemäß Fig. 2 sowohl in der zweiten Siebplatte 12a-2 als auch in der dritten Siebplatte 12a-3 vorzusehen.

**[0060]** In einer bevorzugten Ausführungsform sind an den jeweiligen Prallflächen der Siebplatten 12a-2 und 12a-3, also in Bereichen zwischen den Sieböffnungen 14a-2 und in Bereichen zwischen den Sieböffnungen 14a-3, Einmündungen an denjenigen Stellen vorgesehen, an denen das Wasser bevorzugt auftritt. Dieses auftretende Wasser kann über diese Einmündungen in einen oder mehrere Ablaufkanäle gelangen, die im Inneren der Siebplatten 12a-2 und 12a-3 ausgebildet sind.

**[0061]** Über diese Kanäle kann eine gewisse "Absaugung" durch eine Differenz derjenigen Drücke realisiert sein, die einerseits an den Einmündungen und andererseits an den Ausgängen der Kanäle herrschen. Die Kanäle können ausgangsseitig z. B. in einen gemeinsamen Wassersammelkanal einmünden, der wiederum mit dem Eingang einer Wasserpumpe verbunden ist, um das abgefangene Wasser "aktiv" abzusaugen bzw. abzuleiten.

**[0062]** Nachfolgend wird mit Bezug auf Fig. 3 ein Beispiel für eine vorteilhafte Verwendung eines Dampfseparators der oben beschriebenen Arten erläutert.

**[0063]** Fig. 3 zeigt eine Dampfturbine 30b, umfassend ein etwa zylindrisches Turbinengehäuse 32b mit einer darin drehbar um eine Turbinenachse 34b gelagerten Turbinenwelle 36b.

**[0064]** Entlang der Turbinenwelle 36b sind mehrere von Wasserdampf durchströmbare Stufengruppen 38b-1, 38b-2, 38b-3 und 38b-4 vorgesehen, die im dargestellten Ausführungsbeispiel in der Figur nacheinander von links nach rechts durchströmt werden.

**[0065]** An einem (nicht dargestellten) Frischdampfeinlass wird Frischdampf mit hohem Druck und hoher Temperatur in die Turbine 30b eingeleitet und nach der Durchströmung der Stufengruppen 38b-1 bis 38b-4 mit niedrigem Druck und niedriger Temperatur über einen (nicht dargestellten) Dampfauslass wieder aus der Turbine 30b herausgeführt. In an sich bekannter Weise kann dieser Abdampf sodann über einen Kondensator und einen Dampferzeuger wieder aufbereitet als Frischdampf für die Turbine 30b verwendet werden.

**[0066]** Jede der Stufengruppen 38b-1 bis 38b-4 ist aus einer drehfest mit der Turbinenwelle 36b verbundenen Laufschaufelstruktur und einer damit zusammenwirkenden und stationär zum Turbinengehäuse 32b gehaltenen Leitschaufelstruktur gebildet.

**[0067]** Üblicherweise besteht eine Laufschaufelstruktur hierbei aus einer Reihe von axial voneinander beabstandeten Laufschaufelkränzen mit radial von der Turbinenwelle 36b abstehenden Laufschaufeln 40b, und besteht eine Leitschaufelstruktur aus einer Reihe von axial voneinander beabstandeten Leitschaufelkränzen mit mehreren radial von stationären Leitschaufelträgern nach innen ragenden Leitschaufeln 42b, so dass im Dampfströmungsverlauf einer Stufengruppe abwechselnd Laufschaufeln und Leitschaufeln von Wasserdampf umströmt werden.

**[0068]** In den nacheinander von Wasserdampf durchströmten Stufengruppen 38b-1 bis 38b-4 erfolgt jeweils eine druck- und temperaturreduzierende Expansion des Wasserdampfes.

**[0069]** Eine Besonderheit der Dampfturbine 30b besteht darin, dass die Stufengruppen 38b-1, 38b-2 und 38b-3 zur Abgabe von Nassdampf mit einem Wasseranteil von beispielsweise etwa 5 bis 15% (und dementsprechend einem Wasserdampfanteil von etwa 85 bis 95%) ausgelegt sind, wobei im jeweiligen weiteren Dampfströmungsverlauf hinter diesen Stufengruppen 38b-1, 38b-2, 38b-3 jeweils ein Wasserseparator 10b-1, 10b-2 bzw. 10b-3 angeordnet ist, mittels welchem dem Nassdampf an diesen Stellen jeweils (flüssiges) Wasser entzogen wird. Über den jeweiligen Wasserseparator wird der Dampf somit mit einem reduziertem Wasseranteil (und dementsprechend erhöhtem Wasserdampfanteil) an die im Dampfströmungsverlauf jeweils nachfolgende (38b-2, 38b-3 und 38b-4) der Stufengruppen 38b-1 bis 38b-4 abgegeben.

**[0070]** Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Dampfturbine 30b derart ausgelegt und betrieben, dass der Wasseranteil des stromaufwärts eines jeweiligen der Wasserseparatoren 10b-1, 10b-2 bzw. 10b-3 befindlichen Nassdampfes von etwa 10% nach Passieren dieses Wasserseparators auf der stromabwärtigen Seite auf einen wesentlich kleineren Wert reduziert wird. Bevorzugt erfolgt eine Reduzierung um wenigstens einen Faktor 3, weiter bevorzugt um wenigstens einen Faktor 5. In einem Extremfall wird der Wasseranteil praktisch auf 0% reduziert, also "Trockendampf" erzeugt.

**[0071]** Jeder der Wasserseparatoren 10b-1 bis 10b-3 gemäß des dargestellten Ausführungsbeispiels trocknet den Wasserdampf mehr oder weniger stark, so dass stromabwärts davon vor allem der energetisch hochwertige Wasserdampf für die weitere Expansion in der Turbine 30b weitergeführt wird.

**[0072]** Das von den Wasserseparatoren 10b-1 bis 10b-3 entzogene Wasser kann beispielsweise aus der Turbine 30b herausgeführt und einer Wiederaufbereitung zugeführt werden (nicht dargestellt), etwa um dieses im Wasser-Dampf-Kreislauf einer betreffenden Kraftwerksanlage wiederzuverwenden.

**[0073]** Vorteilhaft ermöglicht der dargestellte Aufbau der Turbine 30b einen Verzicht auf aufwendige externe Einrichtungen zur so genannten Zwischenüberhitzung, wie diese im Stand der Technik zur Vermeidung von zu hohen Wasseranteilen insbesondere in niederdruckseitigen Turbinenbereichen eingesetzt werden. Wenn bei der dargestellten Turbine 30b dennoch eine Zwischenüberhitzung vorgesehen wird, so können die hierfür verwendeten Einrichtungen vorteilhaft weniger aufwendig gestaltet werden.

**[0074]** Es versteht sich, dass die konkrete Anzahl und Anordnung bzw. Durchströmungsreihenfolge der Stufengruppen 38b-1 bis 38b-4 und der Wasserseparatoren 10b-1 bis 10b-3 lediglich beispielhaft zu verstehen sind und modifiziert werden können. Gegebenenfalls, je nach

Auslegung der einzelnen Stufengruppen, können somit z. B. Wasserseparatoren auch nur hinter einigen bzw. denjenigen Stufengruppen angeordnet sein, bei welchen eine Abgabe von Nassdampf zu erwarten ist. Dies ist bei gängigen Turbinenauslegungen zumeist lediglich in so genannten Mitteldruckstufen und vor allem Niederdruckstufen der Fall, bzw. bei so genannten "Satttdampfprozessen".

**[0075]** Bei manchen Dampfturbinenkonstruktionen sind derartige Stufen oftmals baulich voneinander separiert und über Dampfleitungen miteinander verbunden. In diesem Fall kann die beispielhaft in Fig. 3 gezeigte Dampfturbine 30b dementsprechend auch lediglich eine solche Mitteldruckstufe oder Niederdruckstufe (einer insgesamt größeren Dampfturbinenanlage) darstellen.

**[0076]** Die Wasserseparatoren 10b-1 bis 10b-3 sind im dargestellten Beispiel vollständig innerhalb des Turbinengehäuses 32b untergebracht. In diesem Fall werden allenfalls Wasserabfuhrleitungen durch das Turbinengehäuse 32b hindurch nach außen geführt (nicht dargestellt). Jeder der Wasserseparatoren 10b-1 bis 10b-3 umfasst eine Dampfsiebanordnung zum Abfangen von Wassertröpfchen aus der Dampfströmung, beispielsweise wie oben mit Bezug auf die Fig. 1 und 2 bereits beschrieben.

**[0077]** Um eine Dampfströmung "an den Wasserseparatoren vorbei" zu vermeiden, sind diese in Radialrichtung einerseits gegenüber dem Turbinengehäuse 32b und andererseits gegenüber der Turbinenwelle 36b abgedichtet.

**[0078]** Zusammenfassend ist mit der Dampfturbine 30b vorteilhaft eine "interne Dampfnässeseperation" realisiert, mittels welcher insbesondere bei Verwendung von niedrigeren Frischdampfdrücken und -temperaturen unzulässig hohe Abdampffeuchten bei der Expansion, und in der Folge Schaufelerosion und ähnliche Probleme vermieden werden können. Etwaige Schutzmaßnahmen an den Turbinenbauteilen, wie z. B. ein Härten der Schaufeln oder ein Heizen der Leitschaukeln, sind entbehrlich bzw. können mit geringerem Aufwand vorgesehen werden.

**[0079]** Für die Wasserseparatoren kann abweichend vom Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3 auch eine teilweise Anordnung von Komponenten dieser Wasserseparatoren außerhalb eines eigentlichen Turbinengehäuses gewählt werden.

**[0080]** Beispielsweise kann ein Wasserseparator über eine relativ kurze Rohrleitungsanordnung mit dem Turbinengehäuse verbunden sein (Prinzip: Rohrentnahme).

**[0081]** Auch kann ein Wasserseparator über eine Leitungsverbindung an das Turbinengehäuse gekoppelt werden, die durch einen Gehäuseanguss (z. B. "Entnahmedom") gebildet ist.

**[0082]** Alternativ zur Installation des Wasserseparators innerhalb des dampfdurchströmten Innenraumes des Turbinengehäuses (vgl. Fig. 3) ist also auch eine Installation über angeflanschte bzw. angeschweißte Rohrleitungen oder in Gehäuseanbauten oder einstückig

mit dem Turbinengehäuse verbundenen Einrichtungen möglich.

**[0083]** Bei Verwendung eines oder mehrerer Wasserseparatoren bei einer Dampfturbine der oben beschriebenen und beispielhaft in Fig. 3 dargestellten Art kann das abgefangene Wasser aus dem jeweiligen Turbinengehäuse herausgeführt und z. B. an anderer Stelle des Wasser-Wasserdampf-Kreislaufes wieder zugeführt werden.

## Patentansprüche

1. Wasserseparator (10; 10a) zum Abtrennen von Wasser aus einer Nassdampfströmung, umfassend
  - ein erstes Sieb (12-1; 12a-1) mit wenigstens einer ersten Sieböffnung (14-1; 14a-1) und ein in Strömungsrichtung dahinter angeordnetes zweites Sieb (12-2; 12a-2) mit wenigstens einer zweiten Sieböffnung (14-2; 14a-2), die mit einem Versatz zur ersten Sieböffnung (14-1; 14a-1) angeordnet ist, und
  - eine Wasserabfuhrreinrichtung (16, 18) zum Abführen von Wasser, welches benachbart der zweiten Sieböffnung (14-2; 14a-2) auf das zweite Sieb (12-2; 12a-2) auftrifft.
2. Wasserseparator (10; 10a) nach Anspruch 1, wobei die Wasserabfuhrreinrichtung (16, 18) wenigstens einen im Inneren des zweiten Siebes (12-2; 12a-2) verlaufenden Wasserablaufkanal (18) und wenigstens eine Einmündung (16) in diesen Wasserablaufkanal (18) an einer Prallfläche des zweiten Siebes (12-2; 12a-2) benachbart der zweiten Sieböffnung (14-2; 14a-2) umfasst.
3. Wasserseparator (10; 10a) nach Anspruch 2, wobei die Wasserabfuhrreinrichtung (16, 18) ferner Mittel zum aktiven Abführen von im Wasserablaufkanal (18) befindlichem Wasser umfasst.
4. Wasserseparator (10; 10a) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das zweite Sieb (12-2; 12a-2) als eine Siebplatte mit wenigstens einem im Inneren der Siebplatte verlaufenden Wasserablaufkanal (18) ausgebildet ist.
5. Wasserseparator (10a) nach einem der vorangehenden Ansprüche, ferner umfassend ein in Strömungsrichtung hinter dem zweiten Sieb (12a-2) angeordnetes drittes Sieb (12a-3) mit wenigstens einer dritten Sieböffnung (14a-3), die mit einem Versatz zur zweiten Sieböffnung (14a-2) angeordnet ist, wobei die Wasserabfuhrreinrichtung ferner zum Abführen von Wasser, welches benachbart der dritten Sieböffnung (14a-3) auf das dritte Sieb (12a-3) auftrifft, ausgebildet ist.

6. Verfahren zum Abtrennen von Wasser aus einer Nassdampfströmung, umfassend
- Führen der Nassdampfströmung durch ein erstes Sieb (12-1; 12a-1) mit wenigstens einer ersten Sieböffnung (14-1; 14a-1) und ein in Strömungsrichtung dahinter angeordnetes zweites Sieb (12-2; 12a-2) mit wenigstens einer zweiten Sieböffnung (14-2; 14a-2), die mit einem Versatz zur ersten Sieböffnung (14-1; 14a-1) angeordnet ist, und
  - Abführen von Wasser, welches benachbart der zweiten Sieböffnung (14-1; 14a-1) auf das zweite Sieb (12-2; 12a-2) auftrifft.
7. Verwendung eines Wasserseparators (10b-1 bis 10b-3) nach einem der Ansprüche 1 bis 5 und/oder eines Verfahrens nach Anspruch 6 zum Abtrennen von Wasser aus einer Nassdampfströmung, die innerhalb eines Turbinengehäuses (32b) einer Dampfturbine (30b) auftritt.
8. Dampfturbine (30b), umfassend ein Turbinengehäuse (32b) mit einer darin drehbar um eine Turbinenachse (34b) gelagerten Turbinenwelle (36b), wobei entlang der Turbinenwelle (36b) eine Mehrzahl von mit Dampf durchströmbaren Stufengruppen (38b-1 bis 38b-4) vorgesehen sind, die jeweils aus einer wellenfesten Laufschaufelstruktur (40b) und einer damit zusammenwirkenden gehäusefesten Leit-schaufelstruktur (42b) gebildet sind, so dass in den nacheinander von Dampf durchströmten Stufengruppen jeweils eine druck- und temperaturreduzierende Expansion des Dampfes erfolgt, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eine (38b-1 bis 38b-3) der Stufengruppen (38b-1 bis 38b-4) zur Abgabe von Nassdampf mit einem Wasseranteil von mehr als 5% ausgelegt ist, wobei im Dampfströmungsverlauf hinter dieser Stufengruppe (38b-1 bis 38b-3) ein Wasserseparator (10b-1 bis 10b-3) nach einem der Ansprüche 1 bis 5 angeordnet ist, über welchen der Dampf nach Reduktion des Wasseranteils auf weniger als 3%, insbesondere weniger als 2%, an eine nachfolgende (38b-2 bis 38b-4) der Stufengruppen (38b-1 bis 38b-4) abgegeben wird.
9. Dampfturbine (30b) nach Anspruch 8, wobei der Wasserseparator (10b-1 bis 10b-3) vollständig innerhalb des Turbinengehäuses (32b) untergebracht ist.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

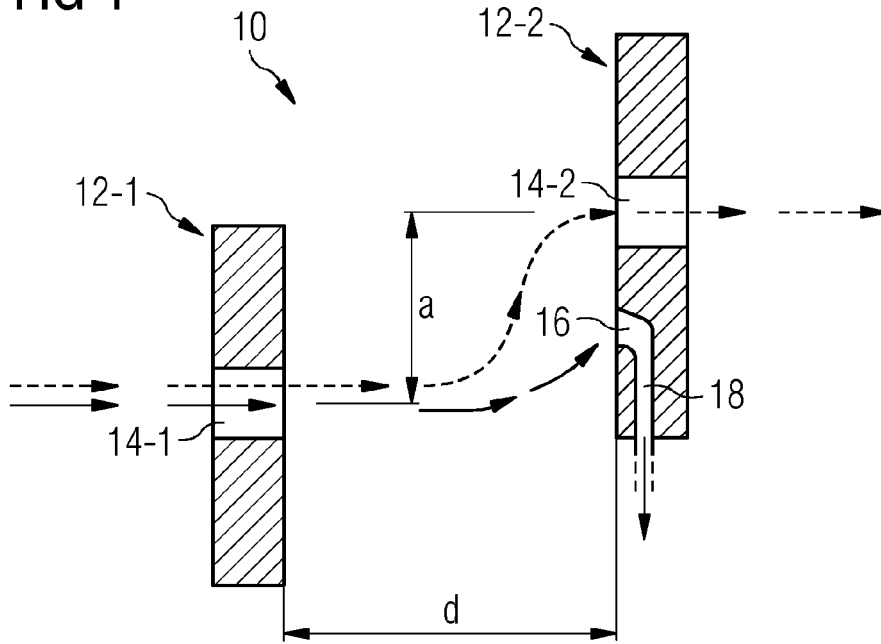


FIG 2

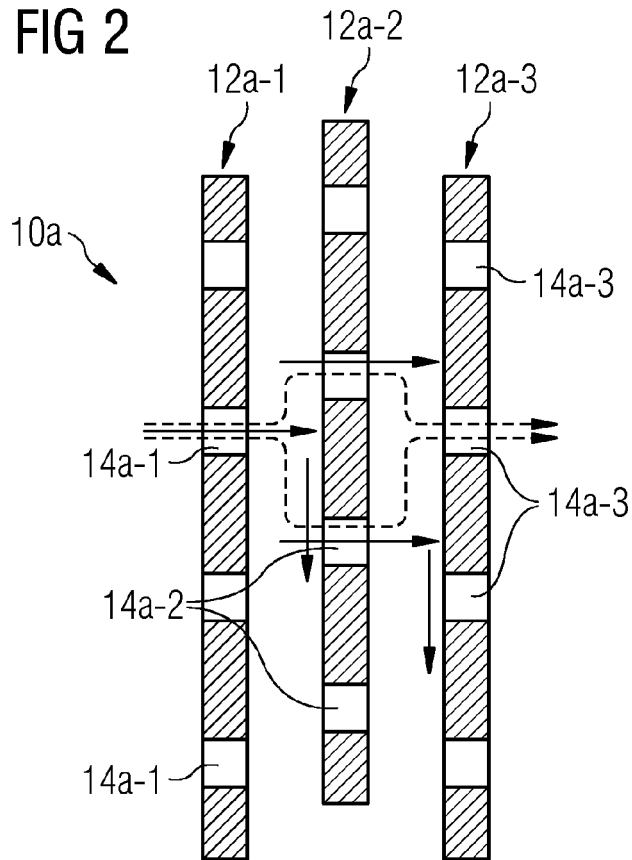
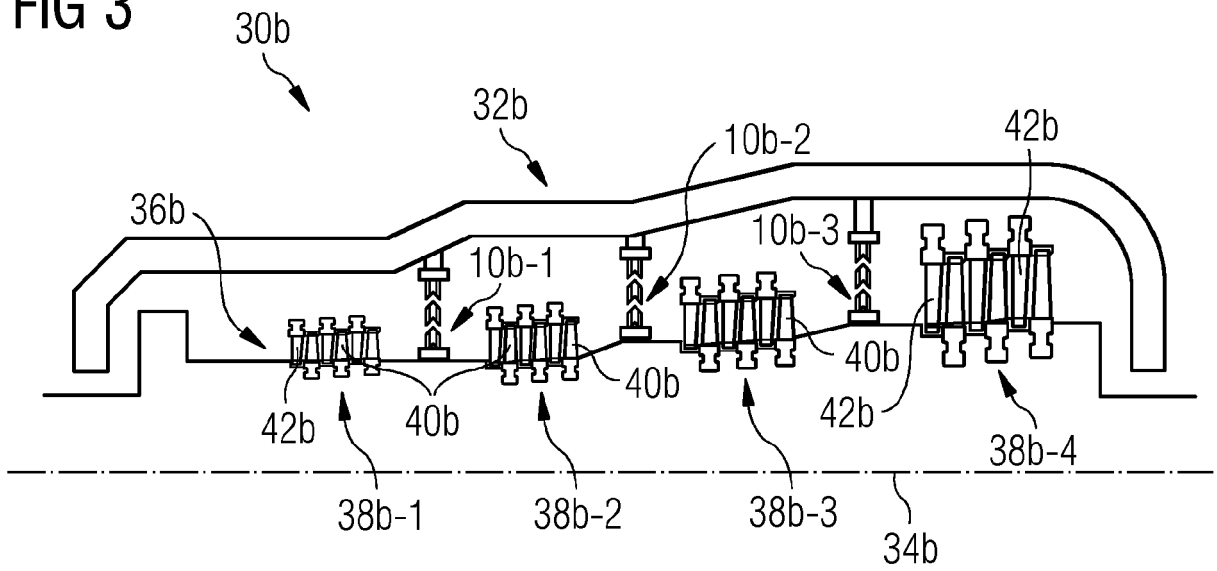


FIG 3



**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

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

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- EP 0848208 B1 [0002]
- DE 19701020 A1 [0024] [0026]