(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
3. Juli 2008 (03.07.2008)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2008/077373 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01B 5/26 (2006.01) *F01D 21/00* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2007/002243

(22) Internationales Anmeldedatum:
12. Dezember 2007 (12.12.2007)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2006 061 446.1
23. Dezember 2006 (23.12.2006) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **MTU AERO ENGINES GMBH** [DE/DE]; Dachauer Strasse 665, 80995 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **LANGE, Anja** [DE/DE]; Clara-Schumann-Strasse 36, 30855 Langenhagen (DE). **PERLEBERG, Jens-Heiko** [DE/DE]; Kollenrodtstr. 59, 30163 Hannover (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **MTU AERO ENGINES GMBH**; Intellectual Property Management, Postfach 50 06 40, 80976 München (DE).

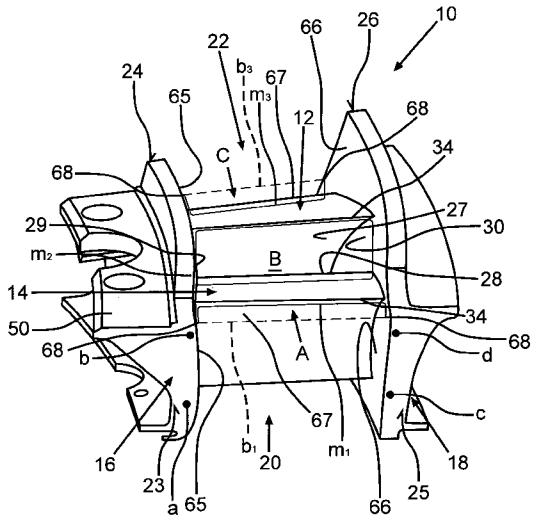
(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR DETERMINING THE OUTLET CROSS SECTION OF A COMPONENT OF A GAS TURBINE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ERMITTLUNG DES AUSTRITTSQUERSCHNITTS EINES BAUTEILS EINER GASTURBINE



(57) Abstract: The invention relates to a method for determining the outlet cross section (A, B, C) of a component comprising one or more turbine blades (12, 14), in particular of a turbine blade twin (10), of a gas turbine in which at least one closed outlet cross section (B) between the respective turbine blades (12, 14) and/or respective open outlet cross sections (A, C) on the sides of the at least one turbine blade (12, 14) are measured using a measuring device, wherein to determine the corresponding outlet cross section (A, B, C), the respective bounding walls (27, 28, 29, 30; 65, 66, 67) thereof can be traversed along a measuring line (m_1, m_2, m_3). Furthermore, the invention relates to a device in which the bounding walls (27, 28, 29, 30; 65, 66, 67) of said respective outlet cross sections (A, B, C) can be traversed using the measuring device along a respective measuring line (m_1, m_2, m_3), wherein said line can be evaluated using a computer unit.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2008/077373 A1

GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht*

— *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen*

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung des Austrittsquerschnitts (A, B, C) eines, eine oder mehrere Turbinenschaufeln (12, 14) umfassenden Bauteils, insbesondere eines Turbinenschaufel-Zwillings (10), einer Gasturbine, bei welchem wenigstens ein geschlossener Austrittsquerschnitt (B) zwischen den jeweiligen Turbinenschaufeln (12, 14) und/oder jeweilige offene Austrittsquerschnitte (A, C) seitlich der mindestens einen Turbinenschaufel (12, 14) mittels einer Messeinrichtung vermessen werden, wobei zum Ermitteln des entsprechenden Austrittsquerschnitts (A, B, C) dessen jeweilige Begrenzungswände (27, 28, 29, 30; 65, 66, 67) entlang einer Messlinie (m_1, m_2, m_3) abgefahren werden. Darüber hinaus betrifft die Erfindung eine Vorrichtung, bei der die Begrenzungswände (27, 28, 29, 30; 65, 66, 67) diese jeweiligen Austrittsquerschnitte (A, B, C) mittels der Messeinrichtung entlang einer jeweiligen Messlinie (m_1, m_2, m_3) abfahrbar sind, wobei diese mittels einer Rechnereinheit auswertbar ist.

Verfahren und Vorrichtung zur Ermittlung des Austrittsquerschnitts eines Bauteils einer Gasturbine

Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Ermittlung des Austrittsquerschnitts eines, eine oder mehrere Turbinenschaufeln umfassenden Bauteils, insbesondere eines Turbinenschaufel-Zwillings, einer Gasturbine der in den Oberbegriffen der Patentansprüche 1 bzw. 13 angegebenen Art.

Derartige Turbinenschaufel-Zwillinge, welche auch als Vane-Zwillinge bezeichnet werden, sind beispielsweise als im Wesentlichen kreisringsegmentförmige Bauteile ausgebildet, welche mit einer Mehrzahl von anderen Turbinenschaufel-Zwillingen einen Leitschaufelring beispielsweise im Hochdruckturbinenteil eines Strahltriebwerks bilden. Jeder der Turbinenschaufel-Zwillinge umfasst dabei vorzugsweise zwei Turbinenschaufeln, welche von einer radial inneren bzw. äußeren Plattform eingefasst sind. Die stationär innerhalb des Hochdruckturbinenteils angeordneten Turbinenschaufel-Zwillinge bzw. insbesondere die Turbinenschaufeln selbst unterliegen im Betrieb der Gasturbine einer hohen thermischen und mechanischen Belastung, die zu einem Verschleiß der Turbinenschaufeln insbesondere an deren jeweiliger hinterer Austrittskante führt.

Ein wesentlicher Faktor der Triebwerksleistung ist der Austrittsquerschnitt bzw. der engste Querschnitt der als Düsen wirkenden Turbinenschaufeln. Die Fläche dieses Austrittsquerschnitts wird durch den Verschleiß der Turbinenschaufeln beeinflusst und muss dementsprechend von Zeit zu Zeit – beispielsweise durch einen lokalen Materialauftrag an den Turbinenschaufeln – korrigiert werden. Der Austrittsquerschnitt bzw. der engste Querschnitt zwischen zwei Turbinenschaufeln wird von der Konkavseite der einen Turbinenschaufel zur Konvexseite der jeweils benachbarten Turbinenschaufel gemessen. Der Austrittsquerschnitt verläuft dabei in einer Ebene, welche senkrecht zur Abströmrichtung und auf Höhe der Austrittskante der jeweiligen Turbinenschaufel verläuft. Die Abströmrichtung

bzw. der Austrittswinkel ergeben sich dabei als Tangente der Konkavseite der jeweiligen Turbinenschaufel an ihrer Hinterkante.

Bei der Ermittlung der Austrittsquerschnitte von Turbinenschaufel-Zwillingen ist insbesondere zwischen einem geschlossenen Austrittsquerschnitt zwischen den zwei benachbarten Turbinenschaufeln des Turbinenschaufel-Zwillings und offenen Austrittsquerschnitten zu unterscheiden, welche sich seitlich der zugeordneten Turbinenschaufel erstrecken. Diese offenen Austrittsquerschnitte bilden mit dem jeweils benachbarten offenen Austrittsquerschnitts des sich daran anschließenden Bauteils einen gesamten Austrittsquerschnitt, welcher der Fläche des geschlossenen Austrittsquerschnitts zwischen den beiden Turbinenschaufeln zumindest annähernd entspricht. Summiert man demzufolge die beiden offenen Austrittsquerschnitte jedes Bauteils auf, so entspricht deren Fläche ebenfalls etwa der Fläche des geschlossenen Austrittsquerschnitts zwischen den beiden Turbinenschaufeln.

Da jedes Bauteil separat für sich vermessen wird, hat es sich bislang als äußerst problematisch herausgestellt, die jeweiligen Austrittsquerschnitte jedes der Bauteile mit hoher Reproduzierbarkeit bzw. Wiederholgenauigkeit zu messen. Dies erfolgt momentan mittels einer mechanischen Messuhr, mit welcher punktuell Messwerte im Bereich des jeweiligen Austrittsquerschnitts aufgenommen werden. Dabei bleiben beispielsweise Radien des Austrittsquerschnitts unberücksichtigt. Ein weiteres Problem stellt bislang die Vermessung der offenen Austrittsquerschnitte dar, da diese zur jeweils zugehörigen Stirnseite des Bauteils hin keine entsprechende Begrenzungswand aufweisen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren sowie eine Vorrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, mit welchen die jeweiligen Austrittsquerschnitte des Bauteils genauer und mit höherer Reproduzierbarkeit vermessen werden können.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren und eine Vorrichtung mit den Merkmalen der Patentansprüche 1 bzw. 13 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen mit zweckmäßigen und nicht-trivialen Weiterbildungen der Erfindung sind in den jeweils abhängigen Patentansprüchen angegeben.

Damit die jeweiligen Austrittsquerschnitte des Bauteils bedeutend genauer und reproduzierbarer vermessen werden können, ist es bei dem erfindungsgemäßen Verfahren vorgesehen, dass zum Ermitteln des entsprechenden Austrittsquerschnitts dessen jeweilige Begrenzungswände mittels der Messeinrichtung entlang einer Messlinie abgefahren bzw. abgetastet werden. Mit anderen Worten ist es bei dem erfindungsgemäßen Verfahren vorgesehen, dass mit der Messeinrichtung – beispielsweise mittels eines Tastkopfes – die jeweiligen Begrenzungswände des zugehörigen Austrittsquerschnitts entlang einer durchgängigen Messlinie abgefahren bzw. abgetastet werden. Durch eine derartige durchgehende Messlinie können somit bauteilbedingte Formänderungen der Begrenzungswände des jeweiligen Austrittsquerschnitts – beispielsweise im Bereich von Radien – deutlich genauer erfasst werden, so dass sich ein genauerer Wert realisieren lässt. Darüber hinaus kann eine derartige Messlinie deutlich reproduzierbarer abgefahren werden, als wenn beispielsweise lediglich eine Mehrzahl von Messpunkten aufgenommen werden.

Als besonders vorteilhaft es sich in diesem Zusammenhang gezeigt, wenn mittels einer Rechnereinheit beim Abfahren bzw. beim Abtasten der Messlinie zugehörige Messwerte aufgenommen werden. Dabei kann auf einfache Weise ein Messintervall bestimmt werden, in welchem beim Abfahren bzw. Abtasten der Messlinie zugehörige Messwerte mittels der Rechnereinheit aufgenommen werden. Demzufolge kann mittels der Rechnereinheit bestimmt werden, zu welchen Zeitpunkten bzw. an welchen Stellen der Messlinie ein Messwert aufgenommen werden soll, welcher zur Berechnung der Fläche des Austrittsquerschnitts dient. Durch die Vorgabe des Messintervalls lässt sich darüber hinaus die Genauigkeit bzw. die Reproduzierbarkeit des Messverfahrens regulieren.

Zur Messung des geschlossenen Austrittsquerschnitts zwischen den jeweiligen Turbinenschaufeln hat es sich als besonders einfach gezeigt, wenn die Messvorrichtung bzw. deren Tastkopf entlang der außenumfangseitigen Begrenzungswände in einer umlaufend geschlossenen Messlinie geführt wird. Eine solche Messlinie kann mittels des Tastkopfes der Messeinrichtung auf einfache Weise abgefahren werden und gewährleistet eine hohe Reproduzierbarkeit des Messvorgangs.

Soll hingegen einer der offenen Austrittsquerschnitte seitlich der jeweils zugehörigen Turbinenschaufel vermessen werden, so hat es sich als besonders probat gezeigt, die Messvorrichtung bzw. deren Tastkopf entlang der Begrenzungswände in einer offenen Messlinie zwischen voneinander entfernten Anfangs- und Endpunkten zu führen. Der Anfangs- und der Endpunkt der Messlinie werden dabei im Bereich der jeweiligen Stirnseite des Bauteils gewählt.

Um eine besonders genaue Berechnung des offenen Austrittsquerschnitts seitlich der jeweils zugehörigen Turbinenschaufel zu erreichen, hat es sich in weiterer Ausgestaltung der Erfindung als besonders vorteilhaft gezeigt, wenn an den Stirnseiten des Bauteils eine jeweilige Ebene mittels der Rechnereinheit bestimmt wird, wobei durch die Ebene eine jeweilige Begrenzungslinie des jeweils zugeordneten offenen Austrittsquerschnitts ermittelt wird. Die Ebene an der jeweiligen Stirnseite des Bauteils kann dabei auf einfache Weise dadurch bestimmt werden, dass eine Mehrzahl von jeweiligen Messpunkten im Bereich der Stirnseiten einer inneren und äußeren Plattform des Bauteils ermittelt werden, wobei durch die Messpunkte die entsprechende Ebene mittels der Recheneinheit bestimmt werden kann. Da einerseits eine jeweilige Ebene an der Stirnseite des Bauteils bestimmt wird und andererseits der zugehörige offene Austrittsquerschnitt mittels der offenen Messlinie abgefahren wird, kann somit durch die Rechnereinheit in äußerst genauer und reproduzierbarer Weise die Begrenzungslinie des offenen Austrittsquerschnitts zur offenen Seite des Bauteils hin ermittelt werden. Wie die äußerst genau ermittelbare Begrenzungslinie kann auch die Fläche des offenen Austrittsquerschnitts entsprechend genau bzw. reproduzierbar ermittelt werden.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung hat es sich in diesem Zusammenhang als vorteilhaft gezeigt, wenn die Messpunkte im Bereich der jeweiligen Stirnseite der inneren und äußeren Plattform des Bauteils ermittelt werden, bevor die jeweils zugehörige offene Messlinie des entsprechenden offenen Austrittsquerschnitts abgefahren bzw. abgetastet wird. Da somit bereits die Ebene an der Stirnseite des Bauteils feststeht, bevor die zugehörige offene

Messlinie abgefahren wird, können deren Anfangs- und Endpunkt bzw. ein erster und ein letzter Messpunkt äußerst genau bestimmt werden.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung hat es sich als vorteilhaft gezeigt, wenn die Messvorrichtung zum Ermitteln der jeweiligen Messlinie und/oder zum Ermitteln der Mehrzahl von Messpunkten im Bereich der Stirnseite per Hand entlang des Bauteils bewegt wird. Hierdurch lässt sich ein hinreichend schnelles Messverfahren gewährleisten, wobei durch entsprechende Anschläge sichergestellt wird, dass die Bewegung der Messeinrichtung per Hand mit einer hinreichenden Genauigkeit erfolgt.

Ein besonders genaues Verfahren lässt sich darüber hinaus erreichen, wenn das Bauteil vor dem Ermitteln der Messlinie und/oder der Mehrzahl von Messpunkten mittels einer Halteeinrichtung fixiert wird. Durch diese Fixierung mittels der Halteeinrichtung kann gewährleistet werden, dass eine reproduzierbare Messung – insbesondere beim Entlangführen der Messeinrichtung per Hand – erfolgt.

Um insbesondere die Vermessung des geschlossenen Austrittsquerschnitts bzw. der wenigstens zwei offenen Austrittsquerschnitte bzw. das Abfahren oder Abtasten entlang der offenen bzw. geschlossenen Messlinie hinreichend genau vornehmen zu können, hat es sich in weiterer Ausgestaltung der Erfindung als vorteilhaft gezeigt, wenn die Ebene des jeweiligen Austrittsquerschnitts mittels eines zugeordneten Anschlags der Halteeinrichtung vorgegeben wird.

Schließlich hat es sich bei dem erfindungsgemäßen Verfahren als vorteilhaft gezeigt, wenn die beiden offenen Austrittsquerschnitte zu einem gesamten Austrittsquerschnitt summiert werden, welcher in seiner Größe zumindest annähernd demjenigen des geschlossenen Austrittsquerschnitts entspricht. Bei einem als Turbinenschaufel-Zwilling ausgebildeten Bauteil bedeutet dies, dass somit zwei gesamte Austrittsquerschnitte ermittelt werden. Der eine Wert ergibt sich dabei aus demjenigen des geschlossenen Austrittsquerschnitts zwischen den beiden Turbinenschaufeln, und der andere Wert ergibt sich aus der Summe der beiden offenen Austrittsquerschnitte seitlich der jeweiligen Turbinenschaufel. Insgesamt kann so-

mit der gesamte Austrittsquerschnitt eines Turbinenschaufel-Rings ermittelt werden, indem die jeweiligen Austrittsquerschnitte jedes einzelnen Turbinenschaufel-Zwillings aufsummiert werden.

Die vorstehend im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren beschriebenen Vorteile gelten auch für die erfindungsgemäße Vorrichtung. Diese zeichnet insbesondere dadurch aus, dass deren Messeinrichtung mit einer Rechnereinheit verbunden ist, über welche die durch Abfahren der Begrenzungswände entlang der Messlinie gewonnenen Messwerte auszuwerten sind.

Des Weiteren umfasst die erfindungsgemäße Vorrichtung eine Halteeinrichtung, innerhalb welcher das Bauteil zur reproduzierbaren Bestimmung der jeweiligen Austrittsquerschnitte fixiert werden kann. Insbesondere umfasst die Haltevorrichtung dabei wenigstens einen Anschlag, welcher senkrecht zu einem zugeordneten Austrittswinkel verläuft und sich in der Ebene des jeweiligen Austrittsquerschnitts erstreckt. Durch einen derartigen Anschlag ist es möglich, die Messvorrichtung bzw. deren Tastkopf äußerst genau und reproduzierbar per Hand entlang der Begrenzungswände des jeweiligen Austrittsquerschnitts zu führen. In diesem Zusammenhang hat es sich als besonders vorteilhaft gezeigt, wenn die Halteeinrichtung für jeden der Austrittsquerschnitte des Bauteils einen Anschlag aufweist, so dass in einer Abfolge sämtliche Austrittsquerschnitte – beispielsweise per Hand – äußerst genau und reproduzierbar entlang der jeweils zugehörigen offenen bzw. geschlossenen Messlinie vermessen werden können.

Schließlich hat es sich als vorteilhaft gezeigt, wenn die Messvorrichtung mittels eines Kalibrierungsbauteils und/oder eines Kalibrierkegels zu kalibrieren ist. Hierdurch wird auf einfache Weise sichergestellt, dass die Vermessung der jeweiligen Bauteile bzw. von deren jeweiligen Austrittsquerschnitten ohne wesentlichen Messfehler erfolgen kann.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels sowie anhand der Zeichnungen; diese zeigen in:

Fig. 1 eine schematische Perspektivansicht auf ein Bauteil einer Gasturbine in Form eines Turbinenschaufel-Zwillings, welcher zwei sich zwischen einer inneren und äußeren Plattform erstreckende Turbinenschaufeln umfasst, wobei zwischen den beiden Turbinenschaufeln ein geschlossener Austrittsquerschnitt und seitlich der jeweiligen Turbinenschaufeln zur Stirnseite des Bauteils hin offene Austrittsquerschnitte erkennbar sind, welche entlang einer geschlossenen bzw. offenen Messlinie vermessen werden;

Fig. 2 eine schematische Schnittansicht durch den Turbinenschaufel-Zwilling gemäß Fig. 1, wobei die Lage des offenen bzw. der beiden geschlossenen Austrittsquerschnitte erkennbar wird;

Fig. 3 eine schematische Perspektivansicht auf einen Teil einer Halteeinrichtung zur Fixierung des Turbinenschaufel-Zwillings gemäß den Fig. 1 und 2, wobei die Halteeinrichtung drei Anschläge umfasst, welche senkrecht zu einem jeweiligen Austrittswinkel verlaufen und sich in der Ebene des jeweiligen Austrittsquerschnitts erstrecken;

Fig. 4 eine schematische Perspektivansicht auf eine Messeinrichtung, mittels welcher entlang der Begrenzungswände des jeweiligen Austrittsquerschnitts eine geschlossene bzw. offene Messlinie abfahrbar bzw. abtastbar ist und mittels welcher eine Mehrzahl von Messpunkten im Bereich der Stirnseiten der inneren und äußeren Plattform des Bauteils ermittelbar sind;

Fig. 5 eine schematische Perspektivansicht auf einen Kalibrierkegel, mit welchem die Messeinrichtung gemäß Fig. 4 zu kalibrieren ist;

Fig. 6 eine schematische und leicht perspektivische Vorderansicht auf die ausschnittsweise erkennbare Halteeinrichtung mit dem daran fixierten Turbinenschaufel-Zwilling, wobei die Ermittlung des geschlossenen Austrittsquer-

schnitts zwischen den beiden Turbinenschaufeln und die Ermittlung eines der beiden offenen Austrittsquerschnitte an der einen Stirnseite des Turbinenschaufel-Zwillings erläutert ist; und in

Fig. 7 eine schematische und perspektivische Draufsicht auf die ausschnittsweise erkennbare Halteeinrichtung mit dem daran fixierten Turbinenschaufel-Zwilling gemäß Fig. 6, wobei die Ermittlung des zweiten offenen Austrittsquerschnitts an der anderen Stirnseite des Turbinenschaufel-Zwillings erläutert ist.

In den Fig. 1 und 2 ist in einer schematischen Perspektivansicht bzw. in einer schematischen Schnittansicht ein Bauteil einer Gasturbine in Form eines Turbinenschaufel-Zwillings 10 dargestellt, welcher in seiner Grundform etwa kreisringsegmentförmig ausgebildet ist. Vorliegend können 23 derartige Turbinenschaufel-Zwillinge 10 zu einem Turbinenschaufel-Ring zusammengefasst werden, welcher im Hochdruckturbinenteil eines Strahltriebwerks angeordnet werden kann. Dieser Turbinenschaufel-Ring, welcher auch als Vane-Ring bezeichnet wird, ist fest innerhalb des Hochdruckturbinenteils angeordnet, wodurch dessen Turbinenschaufeln als Leitschaufeln fungieren.

Der vorliegende Turbinenschaufel-Zwilling 10 umfasst zwei Turbinenschaufeln 12, 14, welche in Fig. 2 im Schnitt erkennbar sind. Die beiden Turbinenschaufeln 12, 14 erstrecken sich dabei zwischen einer radial inneren Plattform 16 und einer radial äußeren Plattform 18. An den beiden Stirnseiten 20, 22 des Turbinenschaufel-Zwillings 10 endet die innere Plattform 16 an jeweiligen Stirnseiten 24, 25 und die äußere Plattform 18 endet an jeweiligen Stirnseiten 26, 27. In Zusammenschau mit Fig. 2 ist erkennbar, dass alle vier Stirnseiten 22, 24, 25, 26 in einem identischen Neigungswinkel α verlaufen. Die einander jeweils zugeordneten Stirnseiten 23 und 25 bzw. 24 und 26 sind dabei so angeordnet bzw. ausgerichtet, dass sich insgesamt die kreisringsegmentförmige Grundkontur des Turbinenschaufel-Zwillings 10 ergibt.

Ein Faktor, der die Triebwerksleistung und somit sowohl die Betriebssicherheit wie auch den spezifischen Treibstoffverbrauch beeinflusst, ist der Austrittsquerschnitt. Dieser wird auch als engster Querschnitt bzw. als „Throat Area" der als Düsen wirkenden Leitschaufeln 12, 14 bezeichnet. Dieser muss nach Reparatur- und Montagevorschriften des Triebwerksherstellers in bestimmten Grenzen liegen. Deshalb ist es erforderlich, dass dieser Austrittsquerschnitt möglichst genau gemessen werden kann.

Anhand von Fig. 2 wird nun zunächst ein geschlossener Austrittsquerschnitt B erläutert, welcher durch entsprechende Begrenzungswände 27, 28 auf der konkaven bzw. konvexen Seite der Turbinenschaufeln 12, 14 bzw. durch Begrenzungswände 29, 30 der inneren und der äußeren Plattform 16, 18 außenumfangseitig begrenzt ist. Dieser geschlossene Austrittsquerschnitt B erstreckt sich von der konkaven Seite der einen Turbinenschaufel 12 zur konvexen Seite der benachbarten Turbinenschaufel 14 in einer Ebene, welche senkrecht zur mit dem Pfeil 32 dargestellten Abströmrichtung bzw. dem entsprechenden Austrittswinkel in Höhe einer Austrittskante 34 der Turbinenschaufel 12 verläuft. Die mit dem Pfeil 32 dargestellte Abströmrichtung ergibt sich dabei als Tangente T der Konkavseite der Turbinenschaufel 12 an der Austrittskante 34.

Neben dem geschlossenen Austrittsquerschnitt B ergeben sich bei dem Turbinenschaufel-Zwilling 10 zwei offene Austrittsquerschnitte A, C, welche sich jeweils seitlich der zugeordneten Turbinenschaufel 12, 14 zur jeweiligen Stirnseite 20, 22 des Turbinenschaufelzwillings 10 hin erstrecken. Diese jeweilig offenen Austrittsquerschnitte A, C werden jeweils dadurch zu einem gesamten bzw. geschlossenen Austrittsquerschnitt A, C vervollständigt, dass an den jeweiligen Turbinenschaufel-Zwilling 10 ein benachbarter Turbinenschaufel-Zwilling 10 angesetzt wird. Da jedoch alle Turbinenschaufel-Zwillinge 10 von identischer Form sind, macht man sich diesen Gedanken vorliegend dahingehend zunutze, dass die beiden offenen Austrittquerschnitte A, C sich zu einem gesamten Austrittsquerschnitt vervollständigen, welcher dann der Fläche des geschlossenen Austrittsquerschnitts B zumindest annähernd entspricht. Da jedoch jeder Turbinenschaufel-Zwilling 10 für sich genommen vermessen wird, muss nicht nur der geschlossene Austrittsquerschnitt B zwischen den beiden Turbinenschaufeln 12, 14 bestimmt werden, sondern auch die beiden of-

fenen Austrittsquerschnitte A, C, welche sich dann insgesamt ebenfalls zu einem gesamten Austrittsquerschnitt vervollständigen.

In Fig. 3 ist in einer schematischen Perspektivansicht eine Halteeinrichtung 36 einer Vorrichtung dargestellt, mit welcher die drei Austrittsquerschnitte A, B, C ermittelt werden können. Die Halteeinrichtung 36 umfasst drei Aufnahmen 38, 40, 42, zwischen welchen die beiden Turbinenschaufeln 12, 14 positioniert werden können. Mit anderen Worten ist der Turbinenschaufel-Zwilling 10 so an der Halteeinrichtung 36 positionierbar, dass die mittlere Aufnahme 40 in den Zwischenraum zwischen den beiden Turbinenschaufeln 12, 14 hineinragt. Die hintere Aufnahme 38 kommt demzufolge mit der Konvexseite der Turbinenschaufel 12 in Anlage, während die vordere Aufnahme 42 mit der Konkavseite der Turbinenschaufel 14 in Anlage kommt. Die drei Aufnahmen 38, 40, 42 sind dabei so gegeneinander verstellbar, dass sich eine positionsgenaue Fixierung des Turbinenschaufel-Zwillings 10 an der Halteeinrichtung 36 realisieren lässt. Dabei sind die jeweils in Anlage mit den Turbinenschaufeln 12, 14 kommenden Flächen der Aufnahmen 38, 40, 42 entsprechend an deren Konkav- bzw. Konvexseiten angepasst. Dies bedeutet, dass beispielsweise die Rückseite der vorderen Aufnahme 42 in ihrer Form an die Konkavseite der Turbinenschaufel 14 angepasst ist und dass die Vorderseite der Aufnahme 38 in ihrer Form an die Konvexseite der Turbinenschaufel 12 angepasst ist. Die mittlere Aufnahme 40 ist hingegen sowohl an die Konvexseite der Turbinenschaufel 14 wie auch an die Konkavseite der Turbinenschaufel 12 angepasst.

Damit der Turbinenschaufel-Zwilling 10 insgesamt gegenüber den Aufnahmen 38, 40, 42 fixiert ist, wird dieser mittels einer Oberplatte 44 an der Halteeinrichtung 36 niedergehalten. Die Oberplatte 44 ist hierzu an einem Unterteil 46 festlegbar, welches seinerseits gemeinsam mit der Halteeinrichtung 36 auf einer Grundplatte 48 ruht. Die Oberplatte 44 stützt sich dabei gegen einen Kragen 50 der inneren Plattform 16 des Turbinenschaufel-Zwillings 10 ab.

In Fig. 4 ist in einer schematischen und perspektivischen Seitenansicht eine Messeinrichtung 52 dargestellt, welche vorliegend als mehrgelenkiger Messarm ausgebildet ist. Die

Messeinrichtung 52 umfasst einen Sockelteil 54, mittels welchem diese auf der Grundplatte 48 angeordnet werden kann. Darüber hinaus umfasst die Messeinrichtung 52 einen Tastkopf 56, mittels welchem der Turbinenschaufel-Zwilling 10 bzw. insbesondere dessen Austrittsquerschnitte A, B, C auf im Weiteren noch näher beschriebene Weise vermessen werden können. Die Messeinrichtung 52 ist beispielsweise über eine Leitung 58 mit einer lediglich schematisch angedeuteten Rechnereinheit 60 verbunden, welche zur Ermittlung der einzelnen Austrittsquerschnitte A, B, C auf im Weiteren noch näher beschriebene Weise dient.

Aus Fig. 5 ist ein Kalibrierkegel 62 erkennbar, welcher auf der Grundplatte 48 festgelegt werden kann. Der Kalibrierkegel 62 umfasst dabei drei Messpunkte 64, über welche die Messeinrichtung 52 kalibriert werden kann. Eine Kalibrierung der Halteeinrichtung 36 kann hingegen dadurch vorgenommen werden, dass ein der Form des Turbinenschaufel-Zwillings 10 entsprechendes Kalibrierungsbauteil an diesem fixiert wird. Darüber hinaus sind hierdurch die Positionen insbesondere der Austrittsquerschnitte A, B, C gegenüber der Messeinrichtung 52 kalibrierbar.

Anhand der Fig. 6 und 7 soll nun das Verfahren zur Ermittlung des jeweiligen Austrittsquerschnitts A, B, C des Turbinenschaufel-Zwillings 10 erläutert werden:

Hierzu zeigen die Fig. 6 und 7 in einer schematischen und leicht perspektivischen Vorderansicht bzw. in einer leicht perspektivischen Draufsicht den an der Halteeinrichtung 36 fixierten Turbinenschaufel-Zwilling 10. Zur Ermittlung des offenen Austrittsquerschnitts A werden zunächst mittels der Messeinrichtung 52 bzw. mittels deren Tastkopfes 56 vier Messpunkte a, b, c, d im Bereich der beiden Stirnseiten 23, 25 der inneren und der äußeren Plattform 16, 18 ermittelt. Über diese vier Messpunkte a, b, c, d kann mittels der Rechnereinheit 60 eine Ebene E (Fig. 2) ermittelt werden, welche die vordere Stirnseite 20 des Turbinenschaufel-Zwillings 10 bestimmt. Mit anderen Worten wird durch die vier Messpunkte a, b, c, d das exakte flächige Ende des Turbinenschaufel-Zwillings 10 an der Stirnseite 20 bestimmt.

In einem nachfolgenden Verfahrensschritt wird mittels der Messeinrichtung 52 bzw. mittels deren Tastkopfes 56 eine offene, U-förmige Messlinie m_1 entlang der jeweiligen Begrenzungswände 65, 66, 67 des offenen Austrittsquerschnitts A abgefahren bzw. abgetastet. Hierzu wird der Tastkopf 56 von einem Anfangspunkt 68 bis zu einem Endpunkt 69 in einer geschlossenen Linie geführt. Der Tastkopf 46 wird entlang eines flächigen Anschlags 70 geführt, welcher durch die Stirnseite der vorderen Aufnahme 42 der Halteeinrichtung 36 gebildet wird. Mit anderen Worten ist die vordere Stirnseite der vorderen Aufnahme 42 so ausgebildet, dass diese senkrecht zum Austrittswinkel bzw. in der Ebene des Austrittsquerschnitts A verläuft. Demzufolge kann der Tastkopf 56 zum Abfahren der Messlinie m_1 im Eckbereich zwischen dem Anschlag 70 und den jeweiligen Begrenzungswänden 65, 66, 67 des offenen Austrittsquerschnitts A geführt werden. Der Anfangspunkt 68 und der Endpunkt 69 der offenen Messlinie m_1 befinden sich dabei an der jeweiligen Stirnseite 23, 25 der zugehörigen Plattform 16, 18.

Mittels der Rechnereinheit 60 werden beim Abfahren der Messlinie m_1 zugehörige Messwerte beispielsweise in Messintervallen aufgenommen.

Die mittels der Rechnereinheit 60 ermittelte Ebene E, welche durch die Messpunkte a, b, c, d bestimmt ist, und die Fläche des Austrittsquerschnitts A, welche durch die Messlinie m_1 bestimmt wird, schneiden sich im Bereich einer Begrenzungslinie b_1. Mit anderen Worten ergibt sich die Begrenzungslinie b_1 durch die Schnittlinie der Ebene des offenen Austrittsquerschnitts A und der Ebene E, welche durch die Messpunkte a, b, c, d bestimmt ist. Demzufolge ist durch die Begrenzungslinie b_1 das linienförmige Ende des offenen Austrittsquerschnitts A eindeutig bestimmbar, so dass die Fläche des Austrittsquerschnitts A eindeutig bestimmt bzw. angegeben werden kann. Sowohl die Ermittlung der Ebene E wie auch des Austrittsquerschnitts A erfolgen vorliegend mittels der Recheneinheit 60.

Zur Ermittlung des mittleren geschlossenen Austrittsquerschnitts B werden mittels des Tastkopfs 56 die außenumfangseitigen Begrenzungswände 27, 28, 29, 30 entlang einer umlaufenden Messlinie m_2 abgefahren bzw. abgetastet. Diese Messlinie m_2 liegt wiederum in der Ebene des Austrittsquerschnitts B. Diese Ebene wird bestimmt durch einen Anschlag

71, welcher durch die vordere Stirnseite der mittleren Aufnahme 40 gebildet wird. Mit anderen Worten ist die vordere Stirnseite der Aufnahme 40 so ausgebildet bzw. angeordnet, dass diese genau in der Ebene des geschlossenen Austrittsquerschnitts B liegt. Die geschlossene Messlinie m_2 kann somit auf einfache Weise dadurch mittels des Tastkopfes 56 abgefahren werden, dass dieser im Eckbereich zwischen dem Anschlag 71 und den Begrenzungswänden 27, 28, 29, 30 entlang einer geschlossenen umlaufenden Linie geführt wird. Während des Abfahrens bzw. Abtastens der Messlinie m_2 werden wiederum eine Mehrzahl von Messwerten mittels der Recheneinheit 60 aufgenommen, wobei die Messintervalle gegebenenfalls einstellbar sind.

Wie sich der offene Austrittsquerschnitt C ermitteln lässt, welcher an der dem Austrittsquerschnitt A gegenüber liegenden Stirnseite 22 des Turbinenschaufel-Zwillings 10 angeordnet ist, wird aus Fig. 7 erkennbar. Dies erfolgt in identischer Weise wie beim Ermitteln bzw. Vermessen des Austrittsquerschnitts A. Demzufolge werden zunächst jeweils zwei Messpunkte a, b, c, d an den oberen bzw. unteren Enden der jeweiligen Stirnseiten 24, 26 der beiden Plattformen 16, 18 ermittelt. Hierdurch lässt sich wiederum die Ebene E bestimmen, welche vorliegend planparallel der an der anderen Stirnseite 20 angeordneten Ebene E verläuft. Nunmehr kann wiederum die U-förmige offene Messlinie m_3 entlang der jeweiligen Begrenzungswände 65, 66, 67 des Austrittsquerschnitts C abgefahren bzw. abgetastet werden, wobei der Anfangspunkt 68 wiederum im Bereich der einen und der Endpunkt 69 im Bereich der anderen Stirnseite 24, 26 gewählt wird. Zum Abfahren der Messlinie m_3 dient die Stirnseite der Aufnahme 38 als Anschlag 72, welcher in der Ebene des Austrittsquerschnitts C verläuft. Demzufolge kann wiederum der Tastkopf 56 im Eckbereich zwischen dem Anschlag 72 und den Begrenzungswänden 65, 66, 67 entlang der Messlinie m_3 bewegt werden.

Nachdem die Ebene E anhand der Messpunkte a, b, c, d ermittelt worden ist, und nachdem die Messlinie m_3 ermittelt worden ist, kann mittels der Rechnereinheit 60 wiederum eine Begrenzungslinie b_3 ermittelt werden, entlang welcher die Ebene E an der Stirnseite 22 des Turbinenschaufel-Zwillings 10 die Ebene des offenen Austrittsquerschnitts C schneidet.

Demzufolge gibt die Begrenzungslinie b_3 wiederum das linienförmige Ende der Fläche des Austrittsquerschnitts C an.

Insgesamt ist somit ersichtlich, dass durch die Bestimmung der beiden Ebenen E an den beiden Stirnseiten 20, 22 des Bauteils 10 jeweils eine genaue Begrenzungslinie b_1, b_3 bestimmt werden kann, an welcher die Fläche des jeweiligen offenen Austrittsquerschnitts A, C endet. Addiert man die beiden Flächen der Austrittsquerschnitte A, C, ergibt sich zumindest annähernd die Fläche des geschlossenen Austrittsquerschnitts B. Die Summierung der beiden offenen Austrittsquerschnitte A, C wird vorliegend mittels der Rechnereinheit 60 durchgeführt. Danach wird die Summe der beiden Austrittsquerschnitte A, C mit dem geschlossenen Austrittsquerschnitt B aufsummiert bzw. addiert. Werden mehrere bzw. alle Turbinenschaufel-Zwillinge 10 eines Turbinenschaufel-Rings gemessen, so können alle Austrittsquerschnitte summiert werden, um einen gesamten Austrittsquerschnitt bestimmen zu können.

Die Vorrichtung 52 bzw. deren Tastkopf 56 werden vorliegend per Hand entlang der Messlinien m_1, m_2, m_3 geführt. Ebenfalls per Hand werden die Messpunkte a, b, c, d der beiden Ebenen E ermittelt. Als im Rahmen der Erfindung mitumfasst ist jedoch zu betrachten, dass der Tastkopf 56 gegebenenfalls auch automatisch geführt werden könnte.

Insgesamt ist somit aus den Figuren erkennbar, dass durch die Anschläge 70, 71, 72 die zugehörigen Messlinien m_1, m_2, m_3 in relativ schneller Abfolge mittels des Tastkopfs 56 abgefahren werden können. Die jeweils vor dem Ermitteln der Messlinien m_1 und m_3 erfolgende Aufnahme der Messpunkte a, b, c, d kann ebenfalls äußerst schnell erfolgen, so dass insgesamt ein Verfahren geschaffen ist, bei welchem der Turbinenschaufel-Zwilling 10 in einem Zeitraum von kleiner 30 Sekunden vermessen bzw. die Ausschnittsquerschnitte a, b, c mittels der Rechnereinheit 60 bestimmt werden können. Die Datenausgabe kann mittels der Rechnereinheit 60 in einfacher Weise für jedes einfache Bauteil 10 oder aber für den kompletten Turbinenschaufel-Ring erfolgen.

Als im Rahmen der Erfindung mitumfasst ist es zu betrachten, dass anstelle der hier vorliegenden Turbinenschaufel-Zwillinge 10 auch Mehrlingsturbinenschaufeln mit mehr als zwei Turbinenschaufeln vermessen werden können. Hierbei ergeben sich dann gegebenenfalls mehrere geschlossene Austrittsquerschnitte zwischen den jeweils zwei benachbarten Turbinenschaufeln.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung des Austrittsquerschnitts (A, B, C) eines, eine oder mehrere Turbinenschaufeln (12, 14) umfassenden Bauteils, insbesondere eines Turbinenschaufel-Zwillings (10), einer Gasturbine, bei welchem wenigstens ein geschlossener Austrittsquerschnitt (B) zwischen den jeweiligen Turbinenschaufeln (12, 14) und/oder jeweilige offene Austrittsquerschnitte (A, C) seitlich der mindestens einen Turbinenschaufel (12, 14) mittels einer Messeinrichtung (52) vermessen werden, dadurch gekennzeichnet, dass zum Ermitteln des entsprechenden Austrittsquerschnitts (A, B, C) dessen jeweilige Begrenzungswände (27, 28, 29, 30; 65, 66, 67) mittels der Messeinrichtung (52) entlang einer Messlinie (m_1, m_2, m_3) abgefahren werden.

2. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mittels einer Rechnereinheit (60) beim Abfahren der Messlinie (m_1, m_2, m_3) zugehörige Messwerte aufgenommen werden.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Messintervall bestimmt wird, in welchen beim Abfahren der Messlinie (m_1, m_2, m_3) zugehörige Messwerte mittels der Rechnereinheit (60) aufgenommen werden.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zum Ermitteln des geschlossenen Austrittsquerschnitts (B) dessen außenumfangsseitige Begrenzungswände (27, 28, 29, 30) entlang einer umlaufend geschlossenen Messlinie (m_2) abgefahren werden.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zum Ermitteln der offenen Austrittsquerschnitte (A, C) deren Begrenzungswände (65, 66, 67) entlang einer offenen Messlinie (m_1, m_3) zwischen voneinander entfernten Anfangs- und Endpunkten (68, 69) der Messlinie (m_1, m_3) abgefahren werden.

6. Verfahren nach den Ansprüchen 2 und 5, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ermittlung der offenen Austrittsquerschnitte (A, C) eine jeweilige Ebene (E) an den Stirnseiten (20, 22) des Bauteils (10) mittels der Rechnereinheit (60) bestimmt wird, durch welche eine jeweilige Begrenzungslinie (b_1, b_3) des jeweils zugeordneten offenen Austrittsquerschnitts (A, C) ermittelt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Ebenen (E) durch eine Mehrzahl von jeweiligen Messpunkten (a, b, c, d) im Bereich der Stirnseiten (23, 24, 25, 26) einer inneren und äußeren Plattform (16, 18) des Bauteils (10) ermittelt werden.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Messpunkte (a, b, c, d) im Bereich der jeweiligen Stirnseiten (23, 24, 25, 26) der inneren und äußeren Plattform (16, 18) des Bauteils (10) ermittelt werden, bevor die jeweils zugehörige offene Messlinie (m_1, m_3) des entsprechenden offenen Austrittsquerschnitts (A, C) abgefahren wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Messeinrichtung (52) zum Ermitteln der jeweiligen Messlinie (m_1, m_2, m_3) und/oder zum Ermitteln der Mehrzahl von Messpunkten (a, b, c, d) im Bereich der Stirnseiten (23, 24, 25, 26) der Plattformen (16, 18) per Hand entlang des Bauteils (10) bewegt wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauteil (10) vor dem Ermitteln der Messlinie (m_1, m_2,, m_3) und/oder der Mehrzahl von Messpunkten (a, b, c, d) mittels einer Halteeinrichtung (36) fixiert wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Ebene des jeweiligen Austrittsquerschnitts (A, B, C) mittels eines zugeordneten Anschlags (70, 71, 72) der Halteeinrichtung (36) vorgegeben wird.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden offenen Austrittsquerschnitte (A, C) zu einem gesamten Austrittsquerschnitt summiert werden, wonach eine Summierung mit dem wenigstens einen geschlossenen Austrittsquerschnitt (B) erfolgt.

13. Vorrichtung zur Ermittlung des Austrittsquerschnitts (A, B, C) eines, eine oder mehrere Turbinenschaufeln (12, 14) umfassenden Bauteils, insbesondere eines Turbinenschaufel-Zwillings (10), einer Gasturbine, mit einer Messeinrichtung (52), mittels welcher wenigstens ein geschlossener Austrittsquerschnitt (B) zwischen den jeweiligen Turbinenschaufeln (12, 14) und/oder jeweilige offene Austrittsquerschnitte (A, C) seitlich der mindestens einen Turbinenschaufel (12, 14) vermessbar sind, dadurch gekennzeichnet, dass Begrenzungswände (27, 28, 29, 30; 65, 66, 67) des jeweiligen Austrittsquerschnitts (A, B, C) mittels der Messeinrichtung (52) entlang einer Messlinie (m_1, m_2, m_3) abfahrbar sind, welche mittels einer Rechnereinheit (60) auswertbar ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass durch die Messeinrichtung (52) eine Mehrzahl von jeweiligen Messpunkten (a, b, c, d) einer zugehörigen Ebene (E) an den Stirnseiten (20, 22) des Bauteils (10) ermittelbar sind, wobei mittels der Rechnereinheit (60) eine jeweilige Begrenzungslinie (b_1, b_3) des zugeordneten offenen Austrittsquerschnitts (A, C) bestimmbar ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass zur Fixierung des Bauteils (10) eine Halteeinrichtung (36) vorgesehen ist, entlang welcher eine Messeinrichtung (52) insbesondere per Hand führbar ist.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Halteeinrichtung (52) wenigstens einen Anschlag (70, 71, 72) umfasst, welcher senkrecht zu einem zugeordneten Austrittswinkel verläuft und sich in der Ebene des jeweiligen Austrittsquerschnitts (A, B, C) erstreckt.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Halteeinrichtung (36) für jeden Austrittsquerschnitt (A, B, C) des Bauteils (70, 71, 72) einen separaten Anschlag (70, 71, 72) aufweist.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Messeinrichtung (52) und die Halteeinrichtung (36) mittels eines Kalibrierkegels (62) bzw. eines Kalibrierungsbauteils (10) zu kalibrieren sind.

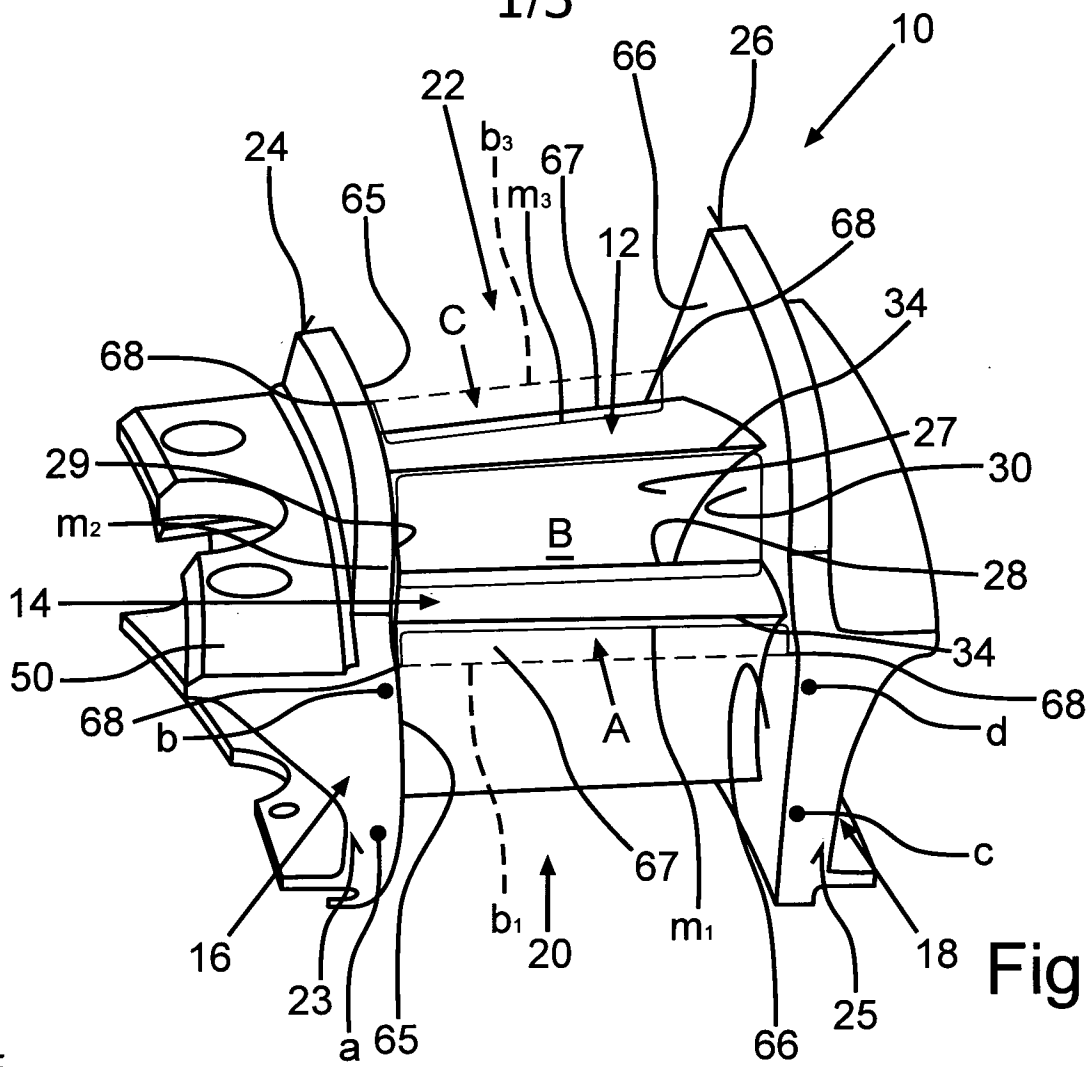

10
26
66
22
b_3
67
24
65
m_3
12
68
34
C
68
27
29
30
m_2
B
28
14
34
50
68
d
68
b
A
67
c
b_1
20
m_1
18
16
23
a
65
66
25

Fig.1

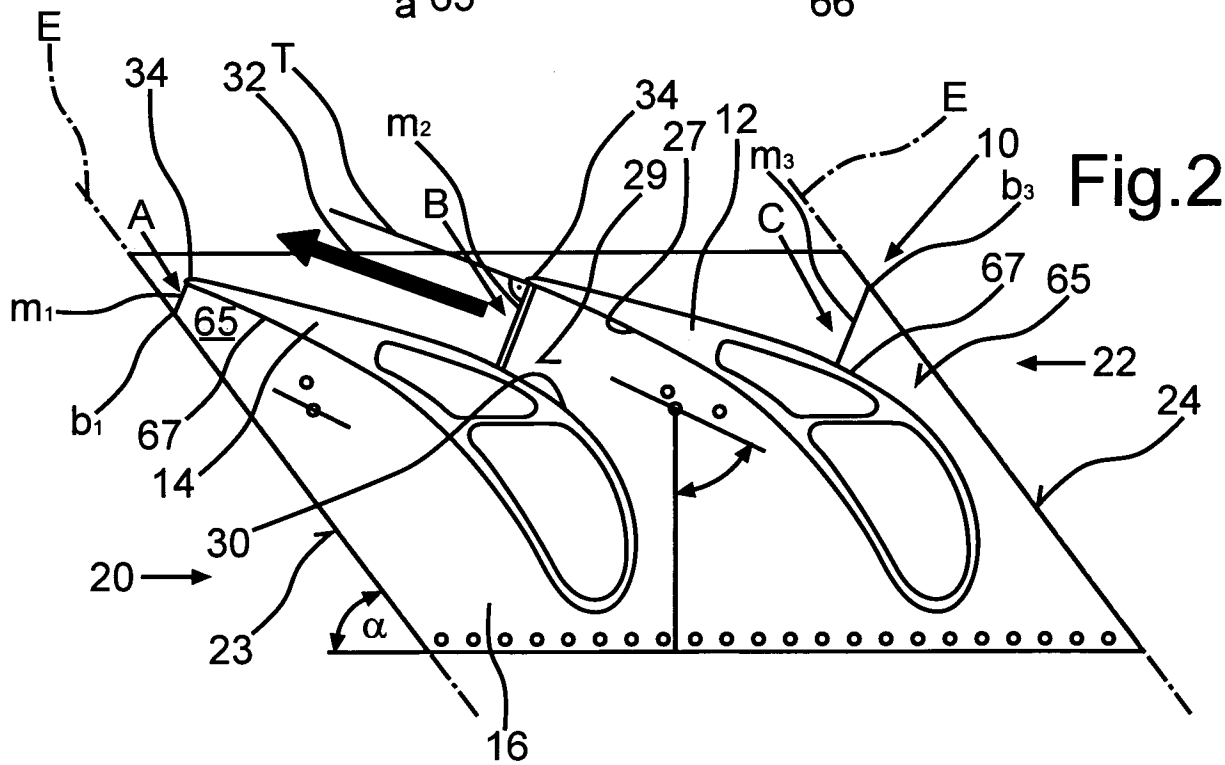

E
34
32
T
m_2
34
27
12
E
10
m_3
29
B
b_3
A
C
m_1
65
67
65
22
b_1
67
24
14
30
20
23
α
16

Fig.2

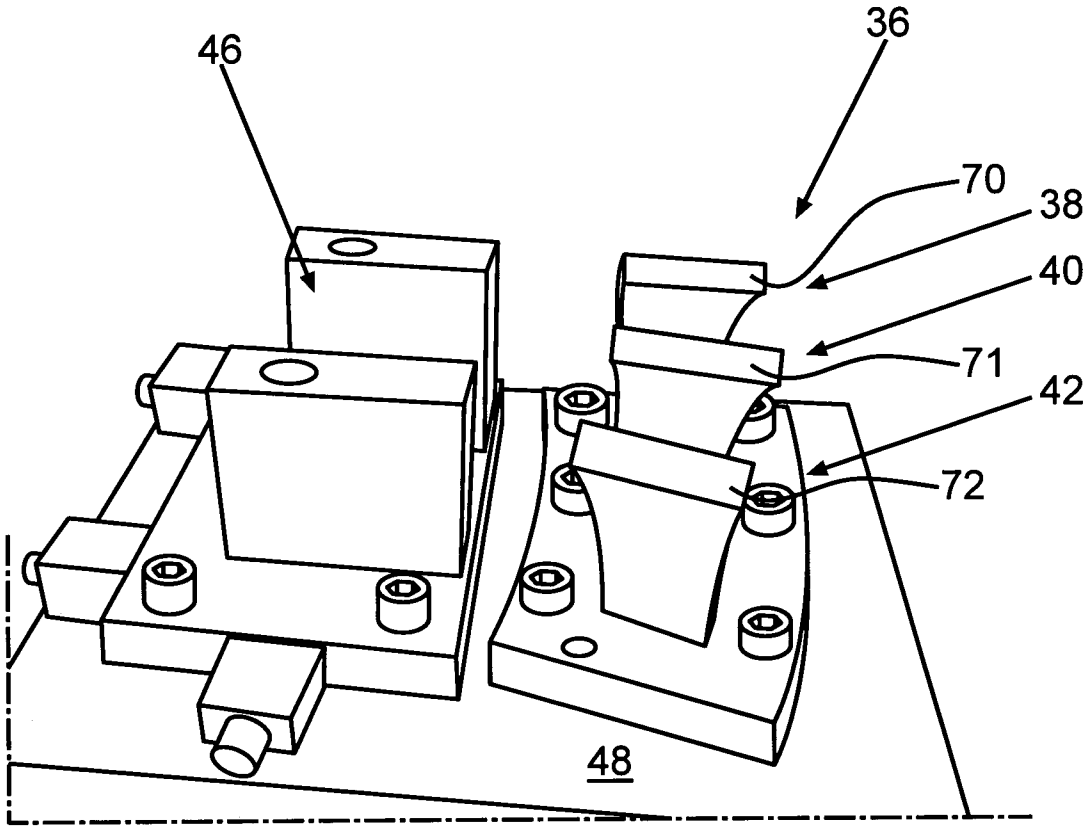


Fig.3

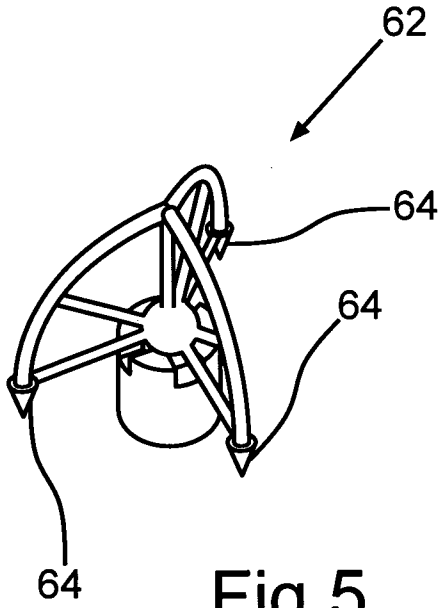


Fig.5

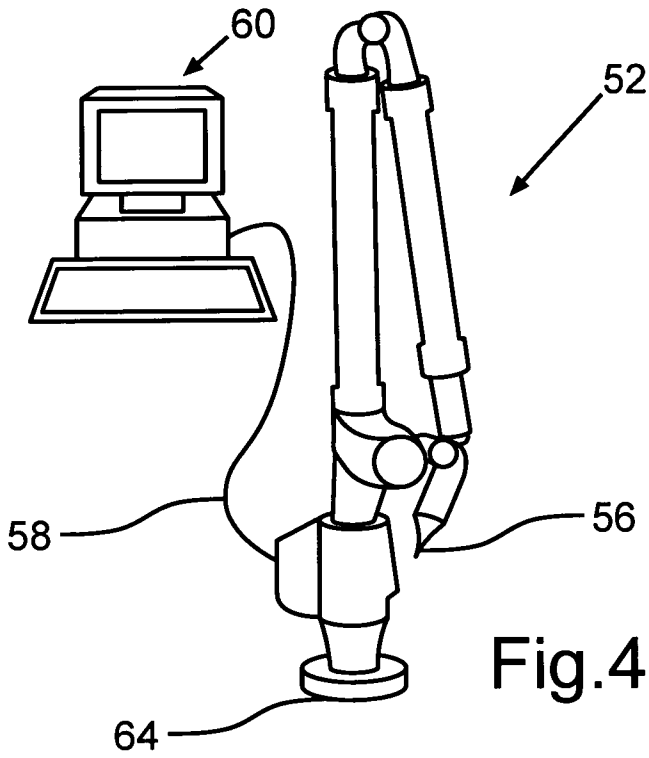


Fig.4

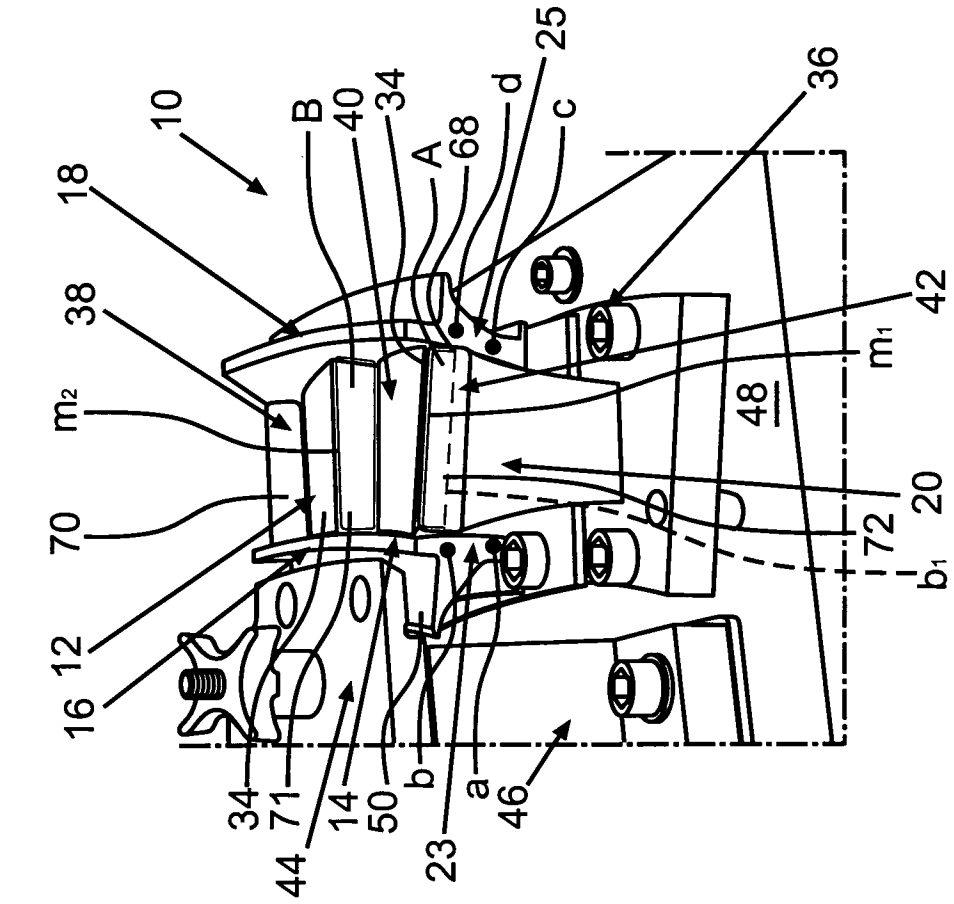

10
18
38
m_2
70
12
16
B
40
34
A
68
d
25
c
36
42
m_1
48
20
72
b_1
34
71
44
14
50
b
23
a
46

Fig.6

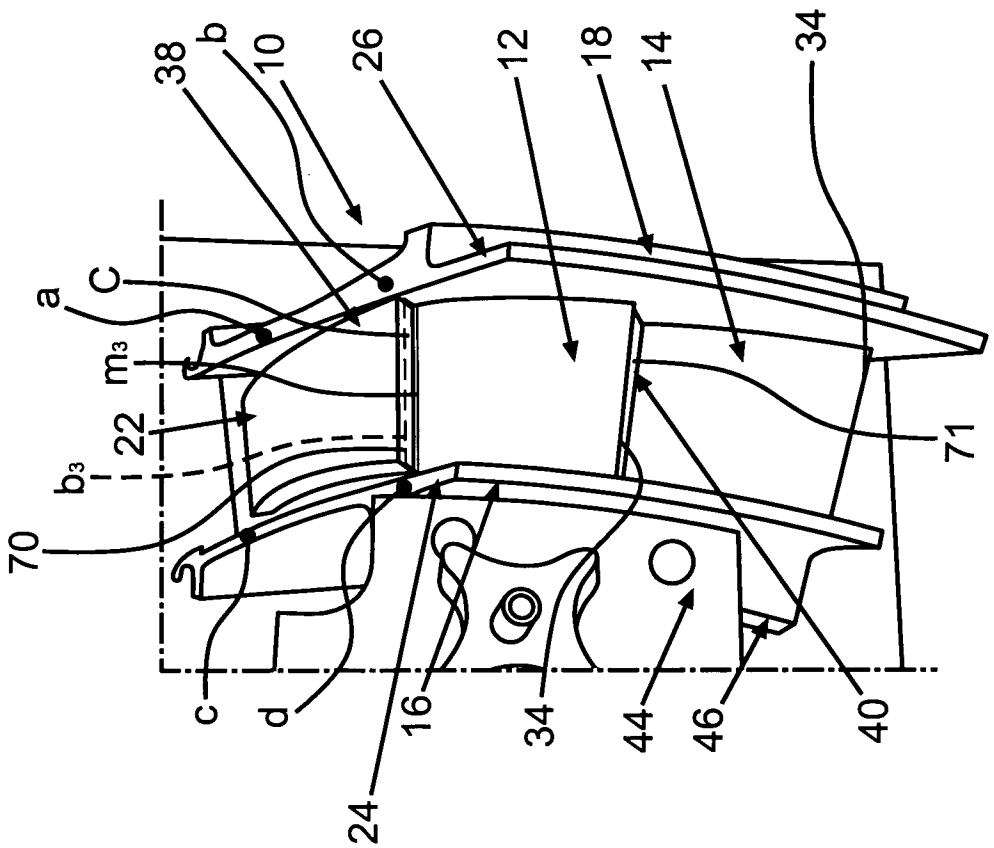

38
b
10
26
12
18
14
34
a
C
m_3
22
b_3
70
71
c
d
16
24
34
44
46
40

Fig.7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2007/002243

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01B5/26 F01D21/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01B F01D F02C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2002/193897 A1 (BURDGICK STEVEN S [US]) 19 December 2002 (2002-12-19) paragraphs [0005] - [0044]	1-4, 13-15
Y	figures 1-7	5,12
A		6-11,16, 17

X	US 4 896 430 A (BURTON CLARK R [US]) 30 January 1990 (1990-01-30) column 5, line 24 - column 11, line 48	1-4,10, 13,15
Y	figures 1-10	5,12,18
A		6-9,11, 14,16,17

Y	GB 2 058 373 A (STARRETT L S CO) 8 April 1981 (1981-04-08) page 2, line 115 - page 3, line 110; figures 1-8	5,12,18

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
17 April 2008	28/04/2008

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Kunz, Lukas

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/DE2007/002243

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2002193897 A1	19-12-2002	NONE	
US 4896430 A	30-01-1990	NONE	
GB 2058373 A	08-04-1981	US 4327495 A	04-05-1982

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2007/002243

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01B5/26 F01D21/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01B F01D F02C

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2002/193897 A1 (BURDGICK STEVEN S [US]) 19. Dezember 2002 (2002-12-19) Absätze [0005] - [0044]	1-4, 13-15
Y	Abbildungen 1-7	5,12
A		6-11,16, 17

X	US 4 896 430 A (BURTON CLARK R [US]) 30. Januar 1990 (1990-01-30) Spalte 5, Zeile 24 - Spalte 11, Zeile 48	1-4,10, 13,15
Y	Abbildungen 1-10	5,12,18
A		6-9,11, 14,16,17

Y	GB 2 058 373 A (STARRETT L S CO) 8. April 1981 (1981-04-08) Seite 2, Zeile 115 - Seite 3, Zeile 110; Abbildungen 1-8	5,12,18

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
17. April 2008	28/04/2008

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31–70) 340–3016	Kunz, Lukas

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2007/002243

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2002193897 A1	19-12-2002	KEINE	
US 4896430 A	30-01-1990	KEINE	
GB 2058373 A	08-04-1981	US 4327495 A	04-05-1982