

(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  
17. Januar 2019 (17.01.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2019/011535 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B23P 6/04 (2006.01) F01D 5/00 (2006.01)  
B23C 3/00 (2006.01) G01N 27/90 (2006.01)  
B23Q 17/22 (2006.01) G05B 19/401 (2006.01)  
B23Q 9/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/064853

(22) Internationales Anmeldedatum:  
06. Juni 2018 (06.06.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2017 211 904.7  
12. Juli 2017 (12.07.2017) DE

(71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
[DE/DE]; Werner-von-Siemens-Straße 1, 80333 München (DE).

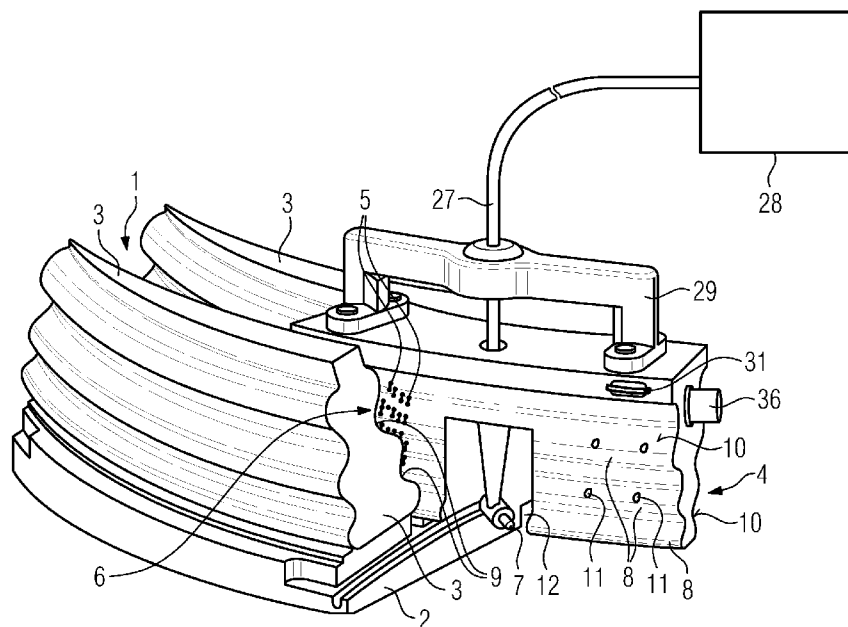
(72) Erfinder: CLOSSEN-VON LANKEN SCHULZ, Michael; Vorsterstraße 34, 47661 Issum (DE). OBERMAYR, Stefan; Panderstr. 31, 47199 Duisburg (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR MACHINING A COMPONENT BY REMOVING MATERIAL

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR DURCHFÜHRUNG EINER UND VORRICHTUNG ZUR MATERIALABTRAGENDEN BEARBEITUNG EINES BAUTEILS

FIG 1



(57) Abstract: The invention relates to a method for machining a component (2) by removing material, in particular by removing chips, in particular within a groove (1) provided in the component, in which method: spatially resolved measurement data, which comprise information about faults, in particular cracks in the component (2), are provided, and machining of the component (2) by removing material, in particular by removing chips, is performed by means of at least one machining tool (7) mounted for movement in a motorized manner, in particular for translation and/or pivoting in a motorized manner, and is controlled in accordance with the provided measurement data preferably in an automated manner with respect to the positions on the component (2) at which the at least one machining tool (7) is brought into engagement with the component (2) in order to remove material in the region of faults that are present,



WO 2019/011535 A1

SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

---

and in particular is controlled in accordance with the provided measurement data preferably in an automated manner with respect to how deep the at least one machining tool (7) is driven into the component (2). The invention further relates to a device for machining a component (2) by removing material, in particular by removing chips, in particular within a groove (1) provided in the component (2).

**(57) Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Durchführung einer materialabtragenden, insbesondere spanenden Bearbeitung eines Bauteils (2), insbesondere innerhalb einer in dem Bauteil vorgesehenen Nut (1), bei dem - orts aufgelöste Messdaten, die Informationen über Fehler, insbesondere Risse in dem Bauteil (2) umfassen, bereitgestellt werden, und - eine materialabtragende, insbesondere spanende Bearbeitung des Bauteils (2) mit wenigstens einem motorisiert bewegbar, insbesondere motorisiert verfahr- und/oder schwenkbar gelagerten Bearbeitungswerkzeug (7) erfolgt und in Abhängigkeit der bereitgestellten Messdaten bevorzugt automatisiert gesteuert wird, an welchen Positionen an dem Bauteil (2) das wenigstens eine Bearbeitungswerkzeug (7) zur Materialentfernung im Bereich von vorhandenen Fehlern mit dem Bauteil (2) in Eingriff gebracht wird, und insbesondere in Abhängigkeit der bereitgestellten Messdaten bevorzugt automatisiert gesteuert wird, wie tief das wenigstens eine Bearbeitungswerkzeug (7) in das Bauteil (2) eingetrieben wird. Darüber hinaus betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur materialabtragenden, insbesondere spanenden Bearbeitung eines Bauteils (2), insbesondere innerhalb einer in dem Bauteil (2) vorgesehenen Nut (1).

Verfahren zur Durchführung einer und Vorrichtung zur materialabtragenden Bearbeitung eines Bauteils

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Durchführung einer sowie eine Vorrichtung zur materialabtragenden, insbesondere spanenden Bearbeitung eines Bauteils, insbesondere innerhalb einer in dem Bauteil vorgesehenen Nut.
- 10 Vor allem im Turbinenbereich unterliegen Bauteile hohen mechanischen, chemischen sowie thermischen Belastungen, womit Verschleiß und Zerstörung einhergehen können. Im Bereich der am Rotor ausgebildeten Schaufelfußaufnahmenuten beispielsweise, in denen die Laufschaufeln der Turbine gehalten sind,
- 15 kommt es aus aufgrund der Beanspruchung zu Rissbildungen, welche die Lebensdauer des Turbinenrotors stark herabsetzen können.

Sind Risse oder andere Fehler im Bereich der Schaufelfußaufnahmenuten an einem Rotor vorhanden, die über Verfahren zur zerstörungsfreien Prüfung von Bauteilen, etwa über eine Wirbelstrom- oder Magnetpulver-Rissprüfung auffindbar sind, sind diese zu entfernen. Hierzu werden gemäß dem Stand der Technik insbesondere spanende Bearbeitungswerkzeuge herangezogen.

- 25 Aus der DE 10 2015 222 529 A1 beispielsweise geht eine Fräseinrichtung hervor, die einen länglichen, in seinem Querschnitt an den Querschnitt einer zu bearbeitenden Schaufelfußaufnahmenut angepassten Grundkörper umfasst, an dem ein
- 30 Fräs Werkzeug gehalten ist. Der formangepasste Grundkörper kann für eine Bearbeitung in eine Schaufelfußaufnahmenut eingeführt und mit geringfügigem Spiel durch diese bewegt werden. Das Fräs Werkzeug, bei dem es sich insbesondere um einen Fräsfinger handelt, ist an dem Grundkörper um eine Werkzeugdrehachse rotierbar gehalten. Konkret ist das Werkzeug in einer im unteren Bereich des Grundkörpers vorgesehenen Ausnehmung, die durch eine senkrecht zu dessen Längserstreckung orientierte durchgehende Nut gegeben ist, angeordnet. Inner-
- 35

halb der Aufnahme ist das Werkzeug derart schwenkbar um eine sich senkrecht zur Werkzeugdrehachse erstreckende Schwenkachse gehalten, dass das Werkzeug zwischen einer Stellung, in der es vollständig in der Ausnehmung aufgenommen ist, und einer Stellung, in der seine Spitze und ein vorbestimmtes Maß 5 auswärts von dem Grundkörper vorsteht bewegt werden kann. Für eine spanende Bearbeitung des Rotors im Bereich einer Schaufelfußaufnahmenut wird der Grundkörper in die Nut eingesetzt und geringfügig in diese eingeschoben. Das Fräs Werkzeug wird 10 durch seine Schwenkachse derart geschwenkt, dass es auswärts aus der Ausnehmung vorsteht, wobei das gewünschte Maß des Vorstehens, welches der Eindringtiefe des Werkzeuges in das zu bearbeitende Bauteil und somit der Menge an entferntem Material entspricht, manuell eingestellt wird. Das Fräs Werkzeug 15 wird dann an seiner Werkzeugdrehachse rotiert und eine Vorschubbewegung des Werkzeuges wird realisiert, indem der Grundkörper von einem Benutzer von Hand durch die zu bearbeitende Schaufelfußaufnahmenut bewegt wird. In Folge dessen wird entlang der Schaufelfußaufnahmenut eine gefräste Nut mit 20 einem über ihre Längserstreckung konstanten Querschnitt erzeugt.

Die bekannte Fräseinrichtung hat sich prinzipiell bewehrt, um Fehler, insbesondere Risse in Bauteilen, vor allem Rotoren im 25 Bereich der Schaufelfußaufnahmenuten zu entfernen. Mit dieser wird jedoch vergleichsweise viel Material, jeweils über die gesamte Längsausdehnung einer Schaufelfußaufnahmenut abgetragen. Je nach Bauteilgeometrie steht zumindest abschnittsweise ohnehin wenig Material zur Verfügung, so dass sich eine vergleichsweise große Materialabtragung als weniger vorteilhaft 30 erweisen kann.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Materialabtragenden, insbesondere spanenden Bearbeitung eines Bauteil anzugeben, welches eine zuverlässige Entfernung von Fehlern in einem Bauteil bei gegenüber dem Stand der Technik verringerter Materialabtragung 35 auszeichnet. Gleichzeitig sollen mit der Vorrichtung und

dem Verfahren insbesondere Bearbeitungskontur herstellbar sein, die berechnet werden und ihrerseits durch ein Verfahren zur zerstörungsfreien Prüfung untersucht werden kann.

5 Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Durchführung einer materialabtragenden, insbesondere spanenden Bearbeitung eines Bauteils, insbesondere innerhalb einer in dem Bauteil vorgesehenen Nut, bei dem ortsaufgelöste Messdaten, die Informationen über Fehler, insbesondere Risse in dem Bauteil umfassen, bereitgestellt werden, und eine materialabtragende, insbesondere spanende Bearbeitung des Bauteils mit wenigstens einem motorisiert bewegbar, insbesondere motorisiert verfahren- und/oder schwenkbar gelagerten Bearbeitungswerkzeug erfolgt und in Abhängigkeit der bereitgestellten Messdaten  
10 bevorzugt automatisiert gesteuert wird, an welchen Positionen an dem Bauteil das wenigstens eine Bearbeitungswerkzeug zur Materialentfernung im Bereich von vorhandenen Fehlern mit dem Bauteil in Eingriff gebracht wird, und insbesondere in Abhängigkeit der bereitgestellten Messdaten bevorzugt automatisiert gesteuert wird, wie tief das wenigstens eine Bearbeitungswerkzeug in das Bauteil eingetrieben wird.  
15  
20

Der Grundgedanke der vorliegenden Erfindung besteht mit anderen Worten darin, ortsabhängig erfasste Messdaten über in einem Bauteil vorhandenen Fehler, wie etwa Risse für eine gezielte, eine Minimierung des abgetragenen Materials ermöglichende mechanische Bearbeitung zur Fehlerentfernung heranzuziehen. Es erfolgt erfindungsgemäß eine fehlerbefundabhängige Steuerung wenigstens eines materialabtragenden Werkzeugs zur Entfernung gemäß Befund vorhandener Fehler. Konkret wird erfindungsgemäß in Abhängigkeit der ortsaufgelösten Messdaten über Bauteilfehler bevorzugt automatisiert gesteuert, an welchen Positionen an einem zu bearbeitenden Bauteil wenigstens ein Bearbeitungswerkzeug zur Materialentfernung in Eingriff  
25  
30  
35 gebracht wird und insbesondere, wie tief das Bearbeitungswerkzeug in das Bauteil eingetrieben wird.

Die Messdaten werden dazu bevorzugt in eine mit dem wenigstens einen Bearbeitungswerkzeug verbundene Steuereinrichtung eingelesen und die Steuereinrichtung steuert das wenigstens eine Bearbeitungswerkzeug in Abhängigkeit dieser an. Bevorzugt wird dabei die Ausrichtung des wenigstens einen Werkzeuges, während dieses entlang des zu bearbeitenden Bauteils von der Steuereinrichtung variiert, dies in Abhängigkeit davon, wo konkret Fehler vorhanden sind.

10 Erfolgt beispielsweise eine Bearbeitung zur Entfernung von Fehlern, insbesondere Rissen im Bereich einer Nut, insbesondere Schaufelfußaufnahmenut, wird erfindungsgemäß auf Basis von bereitgestellten Messdaten über vorhandene Fehler, beispielsweise auf Basis von Wirbelstromdaten, die Bearbeitungstiefe insbesondere in Längsrichtung der Nut, bei einer Turbinenschaufel also in axialer Richtung variiert und zwar in Abhängigkeit konkret vorhandener Fehler.

Da erfindungsgemäß eine motorisiert gehaltenes Bearbeitungswerkzeug zum Einsatz kommt, dessen Lage zur Variation der Bearbeitungstiefe gemäß dem tatsächlichen Fehlerbefund motorisiert - und nicht händisch - verändert wird, wird eine berechenbare Bearbeitungskontur erhalten. Eine beispielsweise unter Rückgriff auf die finite Elemente Methode berechnete Bearbeitungskontur kann zur Lebensdaueranalyse herangezogen werden.

In bevorzugter Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass ein Grundkörper, an welchem das wenigstens eine Bearbeitungswerkzeug motorisiert bewegbar, insbesondere motorisiert verfahr- und/oder schwenkbar gehalten ist, bevorzugt manuell entlang des Bauteils Verfahren wird, und in Abhängigkeit der bereitgestellten Messdaten bevorzugt automatisiert gesteuert wird, an welchen Positionen an dem Bauteil das wenigstens eine Bearbeitungswerkzeug derart relativ zu dem Grundkörper bewegt wird, dass es zur Materialentfernung mit dem Bauteil in Eingriff kommt und insbesondere, wie tief es eingetrieben wird.

Weiterhin kann vorgesehen sein, dass eine materialabtragende Bearbeitung innerhalb einer Nut, insbesondere innerhalb einer Schaufelfußaufnahmenut einer Strömungsmaschine erfolgt und bevorzugt Messdaten bereitgestellt werden, welche zumindest in Bezug auf die Längserstreckungsrichtung der Nut ortsauflöste Informationen über Fehler, insbesondere Risse in dem Bauteil im Bereich der Nut umfassen, und der Grundkörper in Längserstreckungsrichtung der Nut Verfahren wird.

10

Erfolgt eine Bearbeitung im Bereich einer Nut, insbesondere Schaufelfußaufnahmenut, zeichnet sich der zum Einsatz kommende Grundkörper bevorzugt durch einen Querschnitt aus, der an den Querschnitt der Nut, insbesondere Schaufelfußaufnahmenut angepasst ist, wie auch aus der DE 10 2015 222 529 A1 hervorgeht.

15

Dabei kann insbesondere vorgesehen sein, dass das wenigstens eine Bearbeitungswerkzeug an dem Grundkörper um wenigstens eine Schwenkachse schwenkbar gehalten ist, und insbesondere in Abhängigkeit der bereitgestellten Messdaten gesteuert wird, an welchen Positionen an dem Bauteil und in welchem Maße, insbesondere um welchem Winkel das wenigstens eine Bearbeitungswerkzeug geschwenkt wird.

25

Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, dass das wenigstens Bearbeitungswerkzeug an dem Grundkörper entlang wenigstens einer insbesondere linearen Verfahrstrecke verfahrbar gehalten ist, und insbesondere in Abhängigkeit der bereitgestellten Messdaten gesteuert wird, an welchen Positionen an dem Bauteil und in welchem Maße das wenigstens eine Bearbeitungswerkzeug entlang der Verfahrstrecke verfahren wird. Das wenigstens eine Werkzeug ist insbesondere höhenverstellbar an dem Grundkörper gehalten.

35

Was die Erstellung der Messdaten angeht, welche für die bevorzugt automatisierte Steuerung des Bearbeitungswerkzeuges erfindungsgemäß bereitgestellt werden, kann vorgesehen sein,

dass diese mittels einem oder mehrerer Prüfköpfe erfasst werden, die gemeinsam mit dem wenigstens einem Bearbeitungswerkzeug an dem Grundkörper gehalten sind. Entsprechend zeichnet sich eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens dadurch auch, dass ein Grundkörper entlang des Bauteils Verfahren wird, an dem wenigstens eine Prüfsonde zur zerstörungsfreien Prüfung des Bauteils gehalten ist, und unter Verwendung des wenigstens eine an dem Grundkörper gehaltene Prüfsonde Messdaten erfasst werden, welche ortsaufgelöste Informationen über Fehler, insbesondere Risse in dem Bauteil umfassen, und die erfassten Messdaten für die Steuerung des wenigstens einen an dem Grundkörper gehaltenen Bearbeitungswerkzeugs bereitgestellt werden.

15 In diesem Falle erfolgt, während der Grundkörper entlang des zu bearbeitenden Bauteils verfahren wird sowohl die Messdatenerfassung als auch die Materialabtragung, praktisch in einem Schritt.

20 Dann ist bevorzugt die Prüfsonde bzw. sind bevorzugt die Prüfsonden derart an dem Grundkörper angeordnet, dass bei einem Verfahren des Grundkörpers entlang einer vorgegebenen Verfahrungsrichtung zunächst eine zerstörungsfreie Prüfung des Bauteils mittels des wenigstens eine Prüfsonde erfolgt und dem nachfolgend eine mechanische Bearbeitung mit dem wenigstens einen Bearbeitungswerkzeug. Selbstverständlich ist es auch möglich, dass der mit Prüfsonde(n) bzw. Werkzeug(en) versehene Grundkörper zweimal entlang eines Bauteils verfahren, insbesondere zweimal durch eine Nut geschoben wird, einmal zur Erstellung der Messdaten über vorhandenen Fehler und einmal zur mechanischen Bearbeitung zur Fehlerentfernung. Dies bietet den Vorteil, dass die Messdatenerfassung nicht durch ggf. bei der mechanischen Bearbeitung auftretende Schwingungen oder dergleichen gestört wird.

35

Alternativ dazu, dass ein sowohl für die Prüfung als auch die Bearbeitung ausgestatteter Grundkörper zum Einsatz kommt, kann auch vorgesehen sein, dass nacheinander zwei bevorzugt

zumind est im Wesentlichen die gleiche Form aufweisende Grundkörper entlang des Bauteils Verfahren werden, wobei an dem zuerst entlang des Bauteils Verfahrenen ersten Grundkörper wenigstens eine Prüfsonde zur zerstörungsfreien Prüfung des Bauteils gehalten ist, und unter Verwendung der wenigstens  
5 einen an dem ersten Grundkörper gehaltenen Prüfsonde die Messdaten erfasst werden, welche orts aufgelöste Informationen über Fehler, insbesondere Risse in dem Bauteil umfassen, und wobei an dem anschließend entlang des Bauteils Verfahrenen  
10 zweiten Grundkörper das wenigstens ein Bearbeitungswerkzeug motorisiert bewegbar gehalten ist, und die unter Verwendung der wenigstens einen an dem ersten Grundkörper gehaltenen Prüfsonde erfassten Messdaten für die Steuerung des wenigstens einen an dem zweiten Grundkörper gehaltenen Bearbeitungswerkzeuges bereitgestellt werden.  
15

Eine weitere Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass die bereitgestellten Messdaten zu der Tiefe von in dem zu bearbeitenden Bauteil vorhandenen Fehlern, insbesondere Rissen korrespondierte Tiefenwerte und dem Tiefenwerten jeweils zugeordnete Ortskoordinaten, welche die jeweilige Fehlerposition angeben, umfassen. Bei den Tiefenwerten kann es sich insbesondere um Amplitudenwerte handeln, was beispielsweise der Fall ist, wenn es sich bei den Messdaten um solche handelt,  
20 die durch eine Wirbelstrombasierte zerstörungsfreie Prüfung des Bauteils erhalten wurden. Umfassen die Messdaten Tiefenwerte, ist bevorzugt vorgesehen, dass das wenigstens eine Bearbeitungswerkzeug an Positionen in Eingriff mit dem Bauteil gebracht wird, in denen laut den Messdaten ein Tiefenwert  
25 oberhalb eines vorgegebenen Grenzwertes vorliegt. Alternativ oder zusätzlich kann dann vorgesehen sein, dass das wenigstens ein Bearbeitungswerkzeug jeweils um eine von dem Betrag des Tiefenwertes abhängige Tiefe in das Bauteil eingetrieben wird.  
30

35

Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass auf Basis der bereitgestellten Messdaten wenigstens eine Hüllkurve berechnet wird, welche mehrere, be-

vorzugt sämtliche gemäß den Messdaten vorhandenen Fehler, insbesondere mit der jeweils entsprechenden Fehlertiefe einschließt. Das wenigstens ein Bearbeitungswerkzeug wird dann bevorzugt derart gesteuert, dass eine der wenigstens einen

5 Hüllkurve entsprechend Materialabtragung erzielt wird. Diese Vorgehensweise ermöglicht eine an einen tatsächlichen Fehlerbefund optimal angepasste Materialentfernung sowie den Erhalt einer ihrerseits wieder gut prüfbaren Kontur. Es können mehrere, insbesondere zu unterschiedlichen Nuttiefen gehörige

10 Hüllkurven berechnet und eine diesen entsprechende Materialabtragung erzielt werden.

Die Positionsbestimmung erfolgt besonders bevorzugt unter Verwendung wenigstens einer Weggebereinrichtung, die insbesondere an dem Grundkörper gehalten ist bzw. sind. Dabei wird

15 insbesondere sowohl für die Bestimmung der Ortskoordinaten von in einem Bauteil vorhandener Fehler als auch für die Bestimmung der Position des wenigstens einen Bearbeitungswerkzeuges relativ zu dem Bauteil auf eine oder auch mehrere Weggebereinrichtung(en) zurückgegriffen. Diese weisen bevorzugt

20 in an sich bekannter Weise jeweils einen bewegbar, insbesondere rotierbar an dem Grundkörper und insbesondere dem weiteren Grundkörper gelagerten Wegerfassungskörper etwa in Form einer Rolle auf, der mitläuft, wenn der Grundkörper bzw. weitere Grundkörper entlang eines Bauteils verfahren wird, worüber die Verfahrstrecke erfassbar ist.

Die vorstehende Aufgabe wird weiterhin gelöst durch eine Vorrichtung zur materialabtragenden, insbesondere spanenden Bearbeitung eines Bauteils, insbesondere innerhalb einer in dem

30 Bauteil vorgesehenen Nut, umfassend

- einen bevorzugt länglichen Grundkörper, welcher zur Bearbeitung eines Bauteils entlang diesem zu verfahren

35 ist,

- wenigstens ein materialabtragendes, insbesondere spanendes Bearbeitungswerkzeug, welches an dem Grundkörper mo-

torisiert bewegbar, insbesondere motorisiert verfahr-  
und/oder schwenkbar gehalten ist,

5 - wenigstens eine an dem Grundkörper gehaltene Weggeber-  
einrichtung zur Bestimmung von Ortskoordinaten, und

10 - eine Steuereinrichtung, welche mit dem wenigstens einen  
Bearbeitungswerkzeug und insbesondere der wenigstens ei-  
nen Weggebereinrichtung bevorzugt über Kabel verbunden  
oder verbindbar und ausgebildet und eingerichtet ist, um  
orts aufgelöste Messdaten, die Informationen über Fehler,  
insbesondere Risse in einem zu bearbeitenden Bauteil um-  
fassen, zu empfangen und das wenigstens eine Bearbei-  
tungswerkzeug in Abhängigkeit der Messdaten zu steuern.

15

Eine auf diese Weise ausgestaltete Vorrichtung ist zur Durch-  
führung des erfindungsgemäßen Verfahrens besonders geeignet.

20

Die Steuereinrichtung umfasst in bevorzugter Ausführungsform  
wenigstens einen insbesondere programmierbaren Mikrocontrol-  
ler oder wird durch einen solchen gebildet. Ist wenigstens  
ein Mikrocontroller vorgesehen, weist dieser bevorzugt eine  
Platine und/oder einen Mikroprozessor und/oder eine Mehrzahl  
25 von Ein-/Ausgangsanschlüssen auf. Ganz besonders bevorzugt  
ist der Mikrocontroller als Arduino-Board ausgebildet oder  
umfasst ein solches. Unter dem Markennamen Arduino vertriebe-  
ne programmierbare Mikrocontroller sind aus dem Stand der  
Technik vorbekannt. Diese umfassen insbesondere eine Leiter-  
platte mit einem Mikroprozessor und Input/Output Pins. Die  
30 Steuereinrichtung kann innerhalb des bevorzugt hohl ausgebil-  
deten Grundkörpers angeordnet sein. Alternativ kann die Steu-  
erung über einen Computer

35

In bevorzugter Ausführungsform der Vorrichtung ist wenigstens  
eine Prüfsonde zur zerstörungsfreien Prüfung eines Bauteils  
vorgesehen, die an dem Grundkörper oder an einem bevorzugt  
zumindest im Wesentlichen die gleiche Form wie der Grundkör-  
per aufweisenden weiteren Grundkörper, an dem wenigstens eine

weitere Weggebereinrichtung zur Bestimmung von Ortskoordinaten gehalten ist, angeordnet ist. Dann ist die Steuereinrichtung bevorzugt mit der wenigstens einen Prüfsonde verbunden und eingerichtet, um das wenigstens eine Bearbeitungswerkzeug  
5 in Abhängigkeit von mit der wenigstens einen Prüfsonde erfassten Messdaten zu steuern. Besonders bevorzugt ist an dem Grundkörper oder dem weiteren Grundkörper eine Mehrzahl von ein Prüfsonden-Array bildenden Prüfsonden gehalten.

10 In Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist vorgesehen, dass an dem Grundkörper wenigstens zwei Weggebereinrichtungen zur Bestimmung von Ortskoordinaten gehalten sind, und bevorzugt die Weggebereinrichtungen jeweils einen Wegerfassungskörper aufweisen, der an dem Grundkörper bewegbar,  
15 insbesondere rotierbar gehalten und derart angeordnet ist, dass er mit der Oberfläche eines zu untersuchenden Bauteils in Kontakt bringbar ist, wobei jede an dem Grundkörper gehaltene Weggebereinrichtung ausgebildet ist, um in Reaktion darauf, dass ihr Wegerfassungskörper relativ zu dem Grundkörper  
20 bewegt wird ein Bewegungssignal auszugeben, das eine Information über die momentane Geschwindigkeit der Bewegung des Wegerfassungskörpers relativ zu dem Grundkörper enthält oder aus dem eine solche ableitbar ist, und bevorzugt eine insbesondere in dem Grundkörper angeordnete Weggeberauswerteeinheit  
25 vorgesehen ist, welche mit den an dem Grundkörper gehaltenen Weggebereinrichtungen verbunden und ausgebildet und eingerichtet ist, um im Betrieb Bewegungssignale von den Weggebereinrichtungen zu empfangen, und um kontinuierlich oder in vorgegebenen zeitlichen Abständen zu ermitteln, der Wegerfassungskörper welcher an dem Grundkörper gehaltenen Weggeber-  
30 einrichtung am schnellsten bewegt wird, und insbesondere um das Bewegungssignal der Weggebereinrichtung mit dem am schnellsten bewegten Wegerfassungskörper auszugeben.

35 Umfasst die Vorrichtung zwei Grundkörper, wobei an dem einen Grundkörper die wenigsten eine Prüfsonde und an dem anderen Grundkörper das wenigstens eine Bearbeitungswerkzeug gehalten ist, kann sich analog dazu auch der weitere, zweite Grundkörper

per durch wenigstens zwei Weggebeeinrichtungen auszeichnen. Entsprechend ist in weitere Ausführungsform vorgesehen, dass an dem weiteren Grundkörper wenigstens zwei Weggebeeinrichtungen zur Bestimmung von Ortskoordinaten gehalten sind, und  
5 bevorzugt die Weggebeeinrichtungen jeweils einen Wegerfassungskörper aufweisen, der an dem weiteren Grundkörper bewegbar, insbesondere rotierbar gehalten und derart angeordnet ist, dass er mit der Oberfläche eines zu untersuchenden Bauteils in Kontakt bringbar ist, wobei jede an dem weiteren  
10 Grundkörper gehaltene Weggebeeinrichtung ausgebildet ist, um in Reaktion darauf, dass ihr Wegerfassungskörper relativ zu dem weiteren Grundkörper bewegt wird ein Bewegungssignal auszugeben, das eine Information über die momentane Geschwindigkeit der Bewegung des Wegerfassungskörpers relativ zu dem  
15 weiteren Grundkörper enthält oder aus dem eine solche ableitbar ist, und bevorzugt eine insbesondere in dem weiteren Grundkörper angeordnete Weggeberauswerteeinheit vorgesehen ist, welche mit den an dem Grundkörper gehaltenen Weggebeeinrichtungen verbunden und ausgebildet und eingerichtet ist,  
20 um im Betrieb Bewegungssignale von den Weggebeeinrichtungen zu empfangen, und um kontinuierlich oder in vorgegebenen zeitlichen Abständen zu ermitteln, der Wegerfassungskörper welcher an dem weiteren Grundkörper gehaltenen Weggebeeinrichtung am schnellsten bewegt wird, und insbesondere um das  
25 Bewegungssignal der Weggebeeinrichtung mit dem am schnellsten bewegten Wegerfassungskörper auszugeben.

In besonders bevorzugter Ausgestaltung umfasst die Weggeberauswerteeinheit wenigstens einen insbesondere programmierbaren  
30 Mikrocontroller oder wird durch einen solchen gebildet. Ist wenigstens ein Mikrocontroller vorgesehen, weist dieser bevorzugt eine Platine und/oder einen Mikroprozessor und/oder eine Mehrzahl von Ein-/Ausgangsanschlüssen auf. Beispielsweise ist der Mikrocontroller als Arduino-Board ausgebildet oder  
35 umfasst ein solches.

Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, dass die Weggeberauswerteeinheit innerhalb des bevorzugt hohl ausge-

bildeten Grundkörpers oder innerhalb des bevorzugt hohl ausgebildeten weiteren Grundkörpers angeordnet ist.

Der Grundkörper weist bevorzugt einen entlang seiner Längser-  
5 streckung im Wesentlichen konstanten Querschnitt auf. Alternativ oder zusätzlich zeichnet sich der Grundkörper durch eine Tannenbaum- oder Schwalben- oder Tee- oder Hammerkopfförmigen Querschnitt aus. Umfasst die Vorrichtung einen Grundkörper und einen weiteren Grundkörper für eine getrennte  
10 Erstellung der Messdaten sowie mechanische Bearbeitung, so kann sich der weitere Grundkörper ebenfalls durch die vorgenannten Merkmale, jeweils alleine oder in Kombination auszeichnen.

15 Weiterhin kann vorgesehen sein, dass das wenigstens eine Bearbeitungswerkzeug um eine Schwenkachse schwenkbar und/oder entlang einer bevorzugt linearen Verfahrstrecke verfahrbar an dem Grundkörper gehalten ist und insbesondere die Steuereinrichtung ausgebildet und eingerichtet ist, um das wenigstens  
20 eine Bearbeitungswerkzeug in Abhängigkeit der bereitgestellten Messdaten um die Schwenkachse zu schwenken und/oder entlang der Verfahrstrecke zu Verfahren.

Besonders bevorzugt ist die Steuereinrichtung zur Durchführung  
25 des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgebildet und eingerichtet.

Die aus der erfindungsgemäße Nachbearbeitung resultierenden Bearbeitungskonturen zeichnen sich, da Material erfindungsgemäß immer nur an denjenigen axialen Positionen entfernt wird,  
30 an denen tatsächlich Fehler vorliegen, durch einen in axialer Richtung nicht konstanten Querschnitt aus. Um eine erneute zuverlässige zerstörungsfreie Überprüfung von auf die erfindungsgemäße Weise hergestellten Bearbeitungskonturen zu ermöglichen, kann weiterhin vorgesehen sein, dass die Prüfsonde  
35 bzw. Prüfsonden an dem Grundkörper oder weiteren Grundkörper derart federnd gehalten sind, dass sie auswärts von dem Grundkörper vorstehen und in Richtung des Grundkörpers gegen

eine Federkraft in diesen herein bewegbar sind. Durch die federnde Lagerung wird gewährleistet, dass die Prüfsonden auch bei der Überprüfung von Bearbeitungskonturen mit veränderlichem Querschnitt immer in Kontakt mit der Oberfläche der Bearbeitungskontur stehen, während der Grundkörper entlang des zu bearbeitenden Bauteils verfahren, insbesondere durch eine (Schaufelfußaufnahme-)Nut bewegt wird. Kommen federnd gelagerte Prüfköpfe zur Untersuchung eines bereits erfindungsgemäß mechanisch bearbeiteten Bauteils zum Einsatz, ist deren Kontur bevorzugt an die Kontur des für die vorangegangene Bearbeitung verwendeten Fräswerkzeuges angepasst. Die Prüfsonden können sich dann je nach Frästiefe in die ausgefräste Nut schmiegen und haben minimalen, im besten Falle keinen Abstand zu der zu messenden Oberfläche.

15

Besonders bevorzugt kommt für die erneute Überprüfung eines bereits bearbeiteten Bauteils ein Grundkörper zum Einsatz, der die Prüfsonden gezielt an denjenigen Stellen aufweist, die bekanntermaßen besonders belastet sind. So können auch besonders gut verbliebene Fehler, insbesondere Risse erfasst werden.

20

Kommen federnd gelagerte Prüfsonden zur Überprüfung bereits bearbeiteter Bauteile zum Einsatz, wird besonders bevorzugt ein Grundkörper verwendet, an dem die Prüfsonden an denjenigen Stellen vorgesehen sind, an denen gemäß einer vorangegangenen Überprüfung

25

Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden anhand der nachfolgenden Beschreibung zweier Ausführungsformen einer erfindungsgemäßen Vorrichtung unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung deutlich.

30

Darin ist

Figur 1 eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zur Fräsbearbeitung gemäß einer Ausführungsform der vor-  
5 liegenden Erfindung, deren Grundkörper in eine Nut eines zu bearbeitenden Bauteils eingesetzt ist;

Figur 2 eine Seitenansicht der in Figur 1 dargestellten Vorrichtung;  
10

Figur 3 eine der an dem Grundkörper aus Figur 1 gehaltenen Wirbelstrom-Prüfsonden in vergrößerter schematischer Darstellung;

Figur 4 den Spulengrundkörper der Wirbelstrom-Prüfsonde aus Figur 3 in perspektivischer Vorderansicht;  
15

Figur 5 ein Diagramm mit den TTL-Signalen der Weggebereinrichtungen der Vorrichtung aus Figur 1 und des von der Weggeberauswerteeinheit der Vorrichtung ausgegebenen TTL-Signals,  
20

Figur 6 einen mit einem Wirbelstrom-Prüfsonden-Array versehenen ersten Grundkörper einer zweiten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung in schematischer Darstellung;  
25

Figur 7 einem mit einem Fräswerkzeug versehenen zweiten Grundkörper der zweiten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung in schematischer Seitenansicht; und  
30

Figur 8 eine schematische abschnittsweise Ansicht der Innenwandung eines geöffneten Grundkörpers mit federnd gehaltenen Prüfsonden.

35

Die Figur 1 zeigt in schematischer perspektivischer Ansicht eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, die dazu ausgelegt ist, eine Fräsbearbeitung innerhalb einer Schaufelfußaufnahmenut 1 eines in Figur 1 nur teilweise  
5 dargestellten Rotors 2 einer Strömungsmaschine durchzuführen, bei der eine Seitenwand einer die Schaufelaufnahmenut 1 definierenden Rotorklaue 3 spanend bearbeitet wird. Die Schaufelfußaufnahmenuten 1 des Rotors 2 sind identisch ausgeführt und weisen vorliegend einen entlang ihrer Längserstreckung konstanten, tannenbaumartig geformten Querschnitt auf.  
10

Das dargestellte Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung umfasst als Hauptkomponenten einen hohlen Grundkörper 4 aus Kunststoff, an dem eine Mehrzahl von Wirbelstrom-Prüfsonden 5, die ein Prüfsonden-Array 6 bilden, gehalten ist, sowie ein ebenfalls an dem Grundkörper 4 gehaltenes Fräswerkzeug 7, das vorliegend durch einen Fingerfräser gebildet wird.  
15

20 Eine Seitenansicht auf den Grundkörper 4 mit Prüfsonden-Array 6 und Fräswerkzeug 7 kann der Figur 2 entnommen werden.

Der Grundkörper 4 ist länglich ausgebildet und weist entlang seiner Längserstreckung einen im Wesentlichen konstanten  
25 Querschnitt auf, der an dem tannenbaumförmigen Querschnitt der Schaufelfußaufnahmenuten 1 angepasst ist. Entsprechend kann dieser in eine Schaufelfußaufnahmenut 1 eingeführt und mit geringfügigem Spiel durch diese bewegt werden, wobei Vorsprünge 8 des Grundkörpers 4, die sich entlang der Längserstreckung des Grundkörpers 4 erstrecken und senkrecht zur  
30 Längserstreckung vorstehen, in zugehörige Vertiefungen 9 der Aufnahmenuten 1 greifen (vgl. insbesondere Figur 1).

Zum Ausgleich des zwischen den einander gegenüberliegenden  
35 Rotorklauen 3 und dem Grundkörper 4 vorhandenen Spiels sind verteilt über die Seitenwände 10 des Grundkörpers 4 Federdruckstücke 11 angeordnet, deren halbkugelförmig ausgebildeten freien Enden auswärts von dem Grundkörper 4 vorstehen und

in Richtung des Grundkörpers 4 gegen eine Federkraft bewegbar sind.

Im unteren Bereich des Grundkörpers 4 ist in Längserstreckung  
5 eine Ausnehmung 12 in Form einer durchgehenden Nut vorgese-  
hen. Innerhalb dieser ist das Fräswerkzeug 7, welches um eine  
Werkzeugdrehachse 13 rotierbar ist, um ein sich senkrecht zur  
Werkzeugdrehachse 13 erstreckende Schwenkachse 14 derart  
10 schwenkbar gehalten, dass das Fräswerkzeug 7 zwischen einer  
Stellung, in der es vollständig in der Ausnehmung 12 aufge-  
nommen ist, und einer Stellung, in der seine Spitze um ein  
vorbestimmtes Maß auswärts von dem Grundkörper 4 vorsteht,  
wie es beispielsweise in Figur 1 dargestellt ist, bewegt wer-  
den kann. Das Fräswerkzeug 7 ist ferner motorisiert höhenver-  
15 stellbar an dem Grundkörper 4 gehalten, kann konkret parallel  
zu der Schwenkachse 14 nach oben und unten verfahren werden.  
Hierfür ist die Anordnung entsprechend ausgestaltet, was in  
den vereinfachten Figuren jedoch nicht erkennbar ist. Sowohl  
die Schwenkbewegung als auch die Höhenverstellung erfolgt mo-  
20 torisiert über in den Figuren nicht erkennbare Motoren, die  
innerhalb des Grundkörpers 4 bzw. innerhalb eines dem Fräs-  
werkzeug 7 zugeordneten Werkzeuggehäuses 15 angeordnet sind.

Bei den ebenfalls an dem Grundkörper 4 gehaltenen Prüfsonden  
25 5 handelt es sich bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel  
um Wirbelstrom-Prüfsonden. Diese sitzen jeweils in einer an  
entsprechender Stelle (vgl. insbesondere die Figur 2) in dem  
hohlen Grundkörper 4 vorgesehenen Durchgangsbohrung.

30 Von den Wirbelstrom-Prüfsonden 5 kann eine in vergrößerter  
Darstellung der Figur 3 entnommen werden. Jede der Wirbel-  
strom-Prüfsonden umfasst einen Spulengrundkörper 16, welcher  
nach dem SLS (Selective Laser Sintering)-Verfahren generativ  
gefertigt ist und aus einem Kunststoffmaterial besteht. Ein  
35 Spulengrundkörper 16 kann in vergrößerter schematischer Dar-  
stellung der Figur 4 entnommen werden. Der Spulengrundkörper  
16 besitzt einen Wickelkopf 17, der eine Längsachse 18 des  
Spulengrundkörpers 16 definiert und in dessen Außenfläche

zwei Umfangsnuten 19 ausgebildet sind, die sich jeweils entlang des gesamten Umfangs des Wickelkopfes 17 um einen Wickelkern 20 erstrecken, wobei sich die Umfangsnuten 19 an der Oberseite und an der Unterseite des Wickelkopfes 17 jeweils an der Längsachsenposition unter einem Winkel von  $90^\circ$  kreuzen. In die Umfangsnuten 19 ist ein Spulendraht 21 nach Art einer Kreuzwicklung gewickelt.

Durch die Umfangsnuten 19 erhält der Spulengrundkörper 16 eine Struktur mit einem zentralen Wickelkern 20, um welchen der Spulendraht 21 nach Art einer Kreuzwicklung gelegt ist, und vier Haltestegen 22, 23, 24, 25, welche sich in der Längsrichtung erstrecken und sowohl in Richtung der beiden axialen Endbereiche des Wickelkopfes 17, als auch in radialer Richtung über den Wickelkern 20 vorstehen. Dabei sind die einander jeweils diametral gegenüberliegenden Haltestege 22, 23, 24, 25 zueinander korrespondierend ausgebildet, d.h. sie besitzen den gleichen Querschnitt und die gleiche Außenform. Die Wicklungen der Wirbelstrom-Prüfsonden 5 zeichnen sich durch eine hohe Wicklungszahl und Wicklungsdichte aus.

Die Form der Haltestege 22, 23, 24, 25 ist an die Kontur der abzutastenden bzw. zu prüfenden Oberfläche der Schaufelfußaufnahme 1 angepasst ausgestaltet. Hierdurch wird sichergestellt, dass die Wirbelstrom-Prüfsonden 5 nah genug an die zu prüfende Kontur bringbar sind. Für die Verbindung mit den Leitungen weist jede Prüfsonde 5 jeweils zwei elektrische Anschlussfahnen 26 auf.

Jede der Vielzahl der Wirbelstrom-Prüfsonden 5 ist über in den Figuren 1 und 2 nicht dargestellte Leitungen, die außerhalb des Grundkörpers 4 allesamt in dem in den Figuren 1 und 2 erkennbaren Kabel 27 gebündelt sind, mit einer Prüfsondenauswerteeinheit in Form eines herkömmlichen Wirbelstromgerätes 28 verbunden.

Mittels der Wirbelstrom-Prüfsonden 5 kann eine zerstörungsfreie Prüfung des Rotors 2 im Bereich der Schaufelfußaufnahme

menuten 1 erfolgen, indem in an sich bekannter Weise von den die Spulendrähte 22 aufweisenden Wirbelstrom-Prüfsonden 5 Abtastsignale erzeugt und Messsignale empfangen werden, dies, während der Grundkörper 4 anhand von einem Benutzer durch eine zu untersuchende und zu bearbeitende Schaufelfußaufnahme-  
5 nut 1 geschoben wird, wofür an der Oberseite des Grundkörpers 4 ein Griff 29 vorgesehen ist.

Um eine örtliche Zuordnung zwischen den mit den Wirbelstrom-  
10 Prüfsonden 5 erfassten Messsignalen und den Lagepunkten auf der Rotoroberfläche, an denen die Prüfsonden 5 zur Messsignalaufnahme und des Verschiebens des Grundkörpers 4 jeweils positioniert waren, zu ermöglichen, bedarf es einer zusätzlichen Lageinformation des Grundkörpers 4 relativ zu der zu  
15 prüfenden Oberfläche. Zum Erhalt dieser umfasste die erfindungsgemäße Vorrichtung zwei Weggebereinrichtungen 30 zur Bestimmung von zu erfassten Messsignalen gehörigen Ortskoordinaten, die bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel in dem hohlen Grundkörper 4 angeordnet sind. Diese sind in den Figuren  
20 entsprechend mit gestrichelter Linie dargestellt. Jede der beiden Weggebereinrichtungen 30 umfasst jeweils ein vorliegend durch eine Rolle 31 gegebenen Wegerfassungskörper, der um eine Rotationsachse 32 drehbar an dem Grundkörper 4 gehalten ist, wobei die Anordnung derart getroffen ist, dass  
25 die beiden Rotationsachsen 32 der Rollen 31 parallel zueinander orientiert sind. Wie in den Figuren erkennbar, sind die Rollen 31 derart an dem Grundkörper 4 angeordnet, dass sie abschnittsweise aus dem Grundkörper 4 vorstehen, um mit der Oberfläche der Rotorklaue 3 in Kontakt treten zu können, wenn  
30 der Grundkörper 4 von einem Benutzer durch diese geschoben wird. Von den Rollen 31 ist eine zu jeder Seite des Prüfsonden-Arrays 6, konkret eine links und eine rechts von diesem angeordnet.

35 Jeder der beiden Weggebereinrichtungen 31 ist ausgebildet, um in Reaktion darauf, dass ihre Rolle 31 rotiert wird, ein Bewegungssignal auszugeben, das Informationen über die momentane Geschwindigkeit der Bewegung der Rolle 31 enthält bzw. aus

dem eine solche ableitbar ist. Konkret sind die Weggebereinrichtungen 31 jeweils ausgebildet, um als Bewegungssignal zwei um  $90^\circ$  gegeneinander verschobene TTL-Signale auszugeben, was auch als 2-Phasen-TTL-Signal bezeichnet wird. Hierzu umfassen die Weggebereinrichtungen 30 neben den Rollen 31 weitere mechanische und elektrische Komponenten, die aus dem Stand der Technik hinlänglich bekannt und in den rein schematischen Figuren nicht dargestellt sind.

Die Vorrichtung umfasst weiterhin eine in dem hohlen Grundkörper 4 angeordnete Weggebераuswerteeinheit 33 in Form eines Mikrocontrollers, der bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel durch ein Arduinoboard gegeben ist. Beide Weggebereinrichtungen 30 sind über innerhalb des Grundkörpers 4 verlaufende, in den Figuren nicht dargestellte Leitungen mit der Weggebераuswerteeinheit 33 verbunden. Die Weggebераuswerteeinheit 33 ist weiterhin über eine in den Figuren ebenfalls nicht erkennbare Leitung, die außerhalb des Grundkörpers 4 zusammen mit den Leitungen für die Prüfsonden durch das Kabel 27 läuft, mit dem Wirbelstrom-gerät 28 verbunden.

Die Weggebereinrichtungen 30 übergeben während eines Prüfvorgangs, also während der Grundkörper 4 durch eine Schaufelfußaufnahme 1 bewegt wird, ihre Bewegungssignale an die Weggebераuswerteeinheit 33, und diese ist ausgebildet und eingerichtet, um in vorgegebenen zeitlichen Abständen zu ermitteln, die Rolle 31 welcher Weggebereinrichtung 30 momentan am schnellsten bewegt wird. Es wird dann immer nur das Bewegungssignal der Weggebereinrichtung 30 mit der momentan am schnellsten bewegten Rolle 31 zur Zuordnung zu mit den Wirbelstromsonden 5 erfassten Messsignalen an das Wirbelstromgerät 28 ausgegeben.

Konkret erfolgt bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel die Bestimmung, welche Rolle 31 sich momentan schneller bewegt, mittels eines Zählers. Ist die Rolle 31 der einen Weggebereinrichtung 30 schneller, wird der Wert in einer globalen Variable hochgezählt. Ist die Rolle 31 der anderen schneller,

wird dieselbe Variable heruntergezählt. Je nach dem, ob  
Wert größer 2 oder kleiner -2 ist, wird die entsprechend  
schnellere Weggebereinrichtung 30 ausgewählt. Damit der  
Zählwert nicht gegen unendlich läuft, ist das Zählintervall  
5 vorliegend auf die Zahlen zwischen -2 und 2 begrenzt. Um  
Schrittverluste beim Umschaltvorgang zu vermeiden, ist bei  
dem dargestellten Ausführungsbeispiel an das Zählen des Zähl-  
lers die Zusatzbedingung geknüpft, dass die beiden Bewegungs-  
signale gleich sind. Hierzu werden die beiden 2-Phasen-TTL-  
10 Signale direkt miteinander verglichen und nur bei Phasen-  
gleichheit wird die Weggebereinrichtung 30 mit der schnelle-  
ren Rolle 31 gewählt, d.h. auf die Ausgabe des Bewegungssig-  
nales dieser an das Wirbelstromgerät 28 gewechselt. Dies soll  
z.B. einen ungewollten Signalrichtungswechsel vermeiden, denn  
15 die Schaltreihenfolge bei 2-Phasen-TTL-Signalen gibt die  
Drehrichtung an.

Das Vorstehende wird unter Betrachtung von Figur 5 besonders  
deutlich. In dieser ist ein 2-Phasen-TTL-Signal T1 mit einer  
20 ersten Phase P1 und einer um  $90^\circ$  gegenüber dieser verschobe-  
nen zweiten Phase P2 der in Figur 1 und 2 linken Weggeberein-  
richtung 30 und ein 2-Phasen-TTL-Signal T2 mit einer ersten  
Phase P3 und einer um  $90^\circ$  gegenüber dieser verschobenen zwei-  
ten Phase P4 der in Figur 1 und 2 rechten Weggebereinrichtung  
25 30 über der Strecke s dargestellt. Die Rolle 31 der in Figur  
1 und 2 linken Weggebereinrichtung 30, deren 2-Phasen-TTL-  
Signal T1 von der Weggeberauswerteeinheit 33 ab dem Start ei-  
ner Messung an das Wirbelstromgerät 28 weitergegeben wird,  
bewegt sich momentan etwas langsamer als diejenige der rech-  
30 ten, was an dem größeren Abstand benachbarter ansteigender  
und abfallender Flanken in dem Signal T1 erkennbar ist.

Bei Eintreten der ersten Bedingung (siehe die zugehörige Mar-  
kierung in der Figur 5) hat die rechte Weggebereinrichtung 30  
35 zwei Flankenwechsel mehr ausgegeben als die linke. Ab hier  
wird auf Phasengleichheit gewartet. Erst an der in Figur 5  
mit "Bedingung 2" markierten Position liegt die Phasengleich-  
heit vor. Hier erfolgt die Umschaltung auf die Ausgabe des 2-

Phasen-TTL-Signals T2 der rechten Weggebereinrichtung 30 anstelle der linken.

Das resultierende 2-Phasen-TTL-Ausgabesignal T3 mit einer  
5 ersten Phase P5 und einer zweiten Phase P6, welches ab Start  
dem 2-Phasen-TTL-Signal T1 der linken und ab dem Umschalt-  
zeitpunkt dem 2-Phasen-TTL-Signal T2 der rechten Weggeberein-  
richtung 30 entspricht, ist ebenfalls in der Figur 5 einge-  
zeichnet. Ergibt die weiterlaufende Überwachung zu einem spä-  
10 teren Zeitpunkt, dass die Rolle 31 der linken Weggeberein-  
richtung 30 schneller rotiert als die der rechten, wird wie-  
der zurückgeschaltet und so weiter.

Sämtliche dieser Auswerteschritte werden mit Hilfe der Wegge-  
15 berauswertereinheit 33 in Form eines Arduinoboards absolviert.

Selbstverständlich kann auch eine von dem Vorstehenden abwei-  
chende Vorgehensweise Anwendung finden, sofern sie gleicher-  
maßen dazu geeignet ist, die momentan schnellsten Rolle 31 zu  
20 bestimmen.

Durch Verwendung von zwei zu beiden Seiten des Prüfsonden-  
Arrays 6 angeordneten Weggebereinrichtungen 30 wird einer-  
seits gewährleistet, dass für den gesamten Abtastvorgang ei-  
25 ner Schaufelfußaufnahme 1 mittels des Wirbelstrom-  
Prüfsonden-Arrays 6 Ortskoordinaten zur Verfügung stehen.  
Konkret wird die Rolle 31 der in den Figuren 1 und 2 linken  
Weggebereinrichtung 30 bereits in Bewegung versetzt, bevor  
die ersten Wirbelstromdaten mit dem Wirbelstrom-Prüfsonden-  
30 Array 6 erhalten werden können. Hat die linke Rolle 31 die  
Schaufelfußaufnahme 1 an der Figur 1 nach links weisenden  
Seite bereits wieder verlassen, steht die Rolle 31 der rech-  
ten Weggebereinrichtung 30 noch mit der Wellenklaue 3 in Kon-  
takt und liefert Ortsinformationen zu den mit dem Prüfsonden-  
35 Array 6 erfassten Messdaten. Andererseits wird gewährleistet,  
dass selbst für den Fall, dass eine Rolle 31 sich fehlerbe-  
dingt zu langsam bewegt, beispielsweise aufgrund eines  
Schlupfes bei Verschmutzung der Rotoroberfläche, zuverlässige

Ortsinformationen - über die Rolle 31 der zweiten Weggeber-  
einrichtung 30 - geliefert werden.

Was die Fräsbearbeitung der Wellenklaue 3 im Bereich der  
5 Schaufelfußaufnahmenut 1 angeht, erfolgt diese erfindungsge-  
mäß gezielt in Abhängigkeit von mittels des Prüfsonden-Arrays  
6 erhaltenen ortsaufgelösten Informationen über in dem Rotor  
2 im Bereich der Schaufelfußaufnahmenuten 1 vorhandene Feh-  
ler, insbesondere Risse.

10

Konkret wird auf Basis von mittels dem Prüfsonden-Array 6 er-  
fassten Wirbelstrommessdaten, die infolge der von den Wegge-  
bereinrichtungen 30 bereitgestellten Ortsinformationen ortsaufgelöst zur Verfügung stehen, automatisiert gesteuert, an  
15 welchen Positionen an der Wellenklaue 3 das für die Material-  
abtragung um die Werkzeugdrehachse 13 rotierende Fräswerkzeug  
7 zur Materialentfernung im Bereich von vorhanden Fehlern mit  
der Wellenklaue 3 in Eingriff gebracht wird. Dabei wird in  
Abhängigkeit der bereitgestellten ortsaufgelösten Wirbel-  
20 strommessdaten auch automatisiert gesteuert, wie tief das  
Fräswerkzeug 7 in die Wellenklaue 3 an den jeweiligen Positi-  
onen eingetrieben wird.

25

Für die Steuerung des Fräswerkzeugs 7 umfasst die Vorrichtung  
eine Steuereinrichtung 35, die bei dem beschriebenen Ausführ-  
ungsbeispiel durch einen weiteren Mikrocontroller in Form  
eines weiteren Arduinoboardes gegeben ist und welche sich  
ebenfalls innerhalb des hohlen Grundkörpers 4 befindet. Die  
Steuereinrichtung 35 für die Werkzeugsteuerung ist mit den in  
30 den Figuren nicht erkennbaren Motoren für die Höhenverstel-  
lung, für die Schwenkung um die Schwenkachse 14 sowie für die  
Rotation des Fräswerkzeuges 7 um die Werkzeugdrehachse 13  
verbunden. Ebenfalls verbunden ist die Steuereinrichtung 35  
für die Werkzeugsteuerung mit dem Wirbelstromgerät 28, um von  
35 diesem ortsaufgelöste Wirbelstromdaten zu empfangen sowie mit  
den Weggebereinrichtungen 31 zur Positionierung des Fräswerk-  
zeugs 7. Die Steuereinrichtung 35 ist - analog zu der Wegge-  
berauswerteeinheit 33 - ausgebildet und eingerichtet, um zu

bestimmen, welche Rolle 31 sich momentan am schnellsten bewegt und immer das Bewegungssignal der am schnellsten bewegten Rolle 31 für die Positionierung des Fräswerkzeuges 7 relativ zu dem Grundkörper 4 heranzuziehen.

5

Zur Detektion sowie anschließenden Entfernung von Fehlern, wie etwa Rissen im Bereich der Schaufelfußaufnahmenut 1, wird der Grundkörper 4 von einem Benutzer von Hand durch die Schaufelfußaufnahmenut 1 bewegt. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel wird der Grundkörper 4 zunächst einmal durch Die Nut 1 bewegt und währenddessen werden Wirbelstrommessdaten und zugehörige Ortsinformationen erfasst.

Der Grundkörper 4 wird dann noch mehrere weitere Male durch die Nut 1 bewegt, um sämtliche, bei dem Mess-Durchgang zerstörungsfrei detektierten Fehler durch Materialabtragung zu entfernen.

Bei den weiteren Bearbeitungs-Durchgängen wird das rotierte Fräswerkzeug 7 nur dort durch ein gezieltes Verschwenken um die Schwenkachse 14 in die Wellenklaue 3 im Bereich der Schaufelfußaufnahmenut 1 eingetrieben, wo durch die zerstörungsfreie Prüfung mit dem Prüfsonden-Array 6 ein Fehler vorliegt. Wie weit das Fräswerkzeug 7 ausgeschwenkt wird, also wie tief die Bearbeitung an der jeweiligen Stelle ist, wird dabei in Abhängigkeit der aus den Fehlermessdaten hervorgehenden relativen Fehlertiefe gesteuert. Liegen Fehler, etwa Risse an unterschiedlichen Nuttiefen-Positionen also an unterschiedlichen radialen Positionen vor, wird das Fräswerkzeug 7 für die mehreren Durchgänge jeweils automatisiert in verschiedene radiale Positionen bewegt und in der jeweiligen radialen Position das Fräswerkzeug 7 automatisiert nur an denjenigen axialen Positionen in den Rotor 2 durch eine Schwenkung um die Schwenkachse 14 eingetrieben, an denen gemäß den Wirbelstrom-Messdaten Fehler vorliegen.

Zur Abführung von infolge der Fräsbearbeitung entstehenden Materialspänen wird an die Absaugstutzen 36 eine in den Figuren nicht dargestellte Absaugeinrichtung angeschlossen.

5 Alternativ zu dem dargestellten Ausführungsbeispiel kann auch ein Computer, beispielsweise ein Laptop als Steuereinrichtung zum Einsatz kommen, welcher dann mit den Motoren über weitere insbesondere ebenfalls gebündelt durch ein Kabel aus dem Grundkörper 4 herausgeführte Leitungen verbunden werden kann.

10

Die Figuren 6 und 7 zeigen eine zweite Ausführungsform einer erfindungsgemäße Vorrichtung zur Fräsbearbeitung eines Rotors im Bereich von Schaufelfußaufnahmenuten 1. Gleiche Komponenten sind mit gleichen Bezugszeichen versehen.

15

Der wesentliche Unterschied zwischen der ersten und der zweiten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung besteht darin, dass die Mittel zur zerstörungsfreien Prüfung der Schaufelfußaufnahmenut 1, also das Wirbelstrom-Prüfsonden-Array 6 und die Mittel zur Fehlerentfernung, also das Fräs-  
20 werkzeug 7 räumlich getrennt voneinander, konkret an zwei separaten Grundkörpern 4 gehalten sind.

Entsprechend umfasst die zweite Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zwei hohle Grundkörper 4, die sich durch identische Außenkonturen auszeichnen und vorliegend zu dem Grundkörper 4 der Vorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform identisch sind. Dabei ist das Wirbelstrom-Prüfsonden-Array 6 an dem einen Grundkörper 4 gehalten (vgl. Figur 6) und das Fräs-  
25 werkzeug 7 an dem anderen Grundkörper 4 (vgl. Figur 7). Sowohl der erste als auch der zweite Grundkörper 4 sind - analog zu der ersten Ausführungsform - jeweils mit zwei Weggebereinrichtungen 30 mit jeweils einer Rolle 31 versehen, so dass die vorstehend bereits erörterten  
30 Vorteile sowohl für die Messdatenerfassung als auch die Fräsbearbeitung gegeben sind.  
35

Diejenigen Weggebereinrichtungen 30, die an dem das Fräswerk-  
zeug 7 tragenden Grundkörper 4 angeordnet sind, dienen dabei  
insbesondere der zuverlässigen Positionierung des Fräswerk-  
zeuges relativ zu dem zu bearbeitenden Rotor, wenn der das  
5 Fräswerkzeug 7 tragende Grundkörper 4 von einem Benutzer von  
Hand durch die Schaufelfußaufnahmenut 1 bewegt wird.

Wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel ist sowohl die Wegge-  
berauswerteeinheit 33 als auch die Steuereinrichtung 35 zur  
10 die Werkzeugsteuerung jeweils durch ein Arduinoboard gegeben,  
wobei das als Weggeberauswerteeinheit 33 dienende  
Arduinoboard in dem das Prüfsonden-Array 6 tragenden hohlen  
Grundkörper 4 und das als Steuereinrichtung 35 für Werkzeug-  
steuerung dienende Arduinoboard in dem das Fräswerkzeug 7  
15 tragenden hohlen Grundkörper 4 angeordnet ist und die ent-  
sprechenden Verbindungen durch Leitungen gegeben sind. Die  
Weggeberauswerteeinheit 33 und die Steuereinrichtung 35 sind  
analog zu den vorstehend beschriebenen des ersten Ausfüh-  
rungsbeispiels ausgebildet und eingerichtet.

20 Der die Prüfsonden 5 tragende Grundkörper 4 wird - in Analo-  
gie zur ersten Ausführungsform - für über das Kabel 27 mit  
einem in der Figur nicht dargestellten Wirbelstromgerät 28  
verbunden.

25 Kommt das zweite Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen  
Vorrichtung zum Einsatz, werden der erste und der zweite  
Grundkörper 4 nacheinander durch eine zu prüfende und zu be-  
arbeitende Schaufelfußaufnahmenut 1 gezogen, und zwar zuerst  
30 derjenige Grundkörper 4, welcher das Prüfsonden-Array 6 trägt  
zur Erfassung orts aufgelöster Wirbelstrom-Messdaten, und da-  
nach derjenige Grundkörper 4, welcher mit dem Fräswerkzeug 7  
versehen ist, um auf Basis der bereitgestellten Daten Materi-  
al im Bereich vorhandener Fehler zu entfernen, wobei erfin-  
35 dungsgemäß eine automatisierte Steuerung des Fräswerkzeuges 7  
in Abhängigkeit der Wirbelstrom-Messdaten erfolgt.

Die mit den Prüfsonden 5 erfassten Wirbelstrom-Messdaten und mit den Weggebereinrichtungen 30 erfassten Positionsdaten werden bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel auf einem in den Figuren nicht dargestellten Computer aufbereitet und ver-  
5 rechnet. Beispielsweise wird eine Hüllkurve bzw. mehrere, zu verschiedenen Nuttiefen gehörige Hüllkurven berechnet, welche sämtliche erfassten Fehler einschließt bzw. einschließen. Der Computer überträgt die aufbereiteten Daten an die Steuereinrichtung 35 für die Steuerung des Fräswerkzeugs 7 und dieses  
10 wird in Abhängigkeit der Daten gesteuert, während der das Fräswerkzeug 7 tragende Grundkörper 4 von Hand durch die Schaufelfußaufnahmenut 1 geschoben wird. Die Steuerung erfolgt beispielsweise derart, dass eine der Hüllkurve bzw. den Hüllkurven entsprechende Materialabtragung erzielt wird. Die-  
15 se Vorgehensweise ermöglicht eine an einen tatsächlichen Fehlerbefund optimal angepasste Materialentfernung sowie den Erhalt einer ihrerseits wieder gut prüfbaren Kontur. Eine Hüllkurvenberechnung und entsprechende anschließende Materialabtragung kann selbstverständlich auch im Rahmen des vorstehend  
20 beschriebenen ersten Ausführungsbeispiels mit einem Grundkörper erfolgen.

Mit der Verwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens sind diverse  
25 Vorteile verbunden. Einerseits wird die Menge an entferntem Material gegenüber dem Stand der Technik deutlich reduziert, insbesondere auf ein der einen tatsächlich bestehenden Fehlerbefund mögliches Minimum begrenzt. Darüber hinaus werden insbesondere infolge der motorisierten Steuerung des Fräs-  
30 werkzeuges 7 rechenbare Bearbeitungskonturen erhalten. Diese sind insbesondere geeignet, um eine Basis für eine Lebensdauerberechnung durchzuführen. Würden detektierte Fehler mit einem vollständig handgeführten Werkzeug entfernt, läge keine Gewissheit über die Geometrie der resultierenden Konturen  
35 vor.

Die aus der erfindungsgemäße Nachbearbeitung resultierenden Bearbeitungskonturen zeichnen sich, da Material immer nur an

denjenigen axialen Positionen entfernt wird, an denen tatsächlich Fehler vorliegen, durch einen in axialer Richtung nicht konstanten Querschnitt aus. Um eine erneute zuverlässige zerstörungsfreie Überprüfung von auf die erfindungsgemäße Weise hergestellten Bearbeitungskonturen zu ermöglichen kann  
5 vorgesehen sein, dass die Prüfsonden 5 des Prüfsonden-Arrays 6 an dem Grundkörper 4 - analog zu den Federdruckstücken 11 - derart federnd an dem Grundkörper 4 gehalten sind, dass sie auswärts von dem Grundkörper 4 vorstehen und in Richtung des  
10 Grundkörpers 4 gegen eine Federkraft in diesen herein bewegbar sind.

Aus der Figur 8 geht ein Ausführungsbeispiel für die federnde Lagerung der Prüfsonden 5 an einem hohlen Grundkörper 4 hervor. Die Figur zeigt eine abschnittsweise Ansicht auf die Innenseite der Wandung 37 eines geöffneten hohlen Grundkörpers 4, wie er in den Figuren 1 und 2 sowie 5 und 6 zu sehen ist. Die federnde Lagerung ist über metallische Federelemente 38 realisiert, die an ihrem einen Ende mittels einer Schraube 39  
15 an der Wandung 37 des Grundkörpers 4 innenseitig fixiert sind und mit ihrem anderen Ende jeweils eine Prüfsonde 5, in die eine Leitung 34 mündet, rückseitig übergreifen. Wird von der Außenseite eine Kraft auf eine Prüfsonde 5 ausgeübt, wird diese innerhalb der diese aufnehmenden Durchgangsbohrung nach  
20 innen gegen das dann nachgebende Federelement 38 verschoben. Wirkt keine Kraft von außen ein, steht die Prüfsonde 5 um einen definierten maximalen Wert aus dem Grundkörper 4 vor. In diesem Zustand liegen von der Prüfsonde 5 abragende Anschläge 40 innenseitig an der Wandung des Grundkörpers 4 an. Die das  
30 jeweilige Federelement 38 fixierenden Schrauben 39 sind jeweils in eine Gewindebohrung eingeschraubt, die in einem von der Wandung 37 nach innen abragenden zylinderförmigen Vorsprung 41 vorgesehen ist und die Prüfsonden 5 sitzen jeweils in einer Durchgangsbohrung, die ebenfalls in einem solchen  
35 zylinderförmigen Vorsprung 41 vorgesehen ist.

Wird ein mit auf diese Weise federnd gehaltenen Prüfsonden 5 ausgestatteter Grundkörper 4 durch eine Schaufelfußaufnahme-

nut 1 bewegt, folgen die Prüfsonden 5 bereits hergestellten Bearbeitungskonturen auch in demjenigen Falle, dass sich diese durch einen veränderlichen Querschnitt auszeichnen. Durch diese Ausgestaltung können die Wirbelstromsonden 5 in unterschiedlichen Frästiefen Verwendung finden. Die federnd gelagerten Prüfsonden sind bevorzugt derart ausgestaltet, dass ihre Kontur an die Kontur des im Rahmen einer vorangegangenen Bearbeitung verwendeten Fräswerkzeugs 7 angepasst ist. Die Prüfsonden 5 können sich dann je nach Frästiefe in die ausgefräste Nut schmiegen und haben minimalen, im besten Falle keinen Abstand zu der zu messenden Oberfläche. Da die Prüfsonden 5 bei federnder Lagerung auch bei Nuten mit axial veränderlicher Frästiefe immer in Kontakt mit der Bauteiloberfläche stehen, liefern sie auch für erfindungsgemäß nachbearbeitete Bauteile zuverlässige Messdaten zu vorhandenen Fehlern.

Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

## Patentansprüche

- 5 1. Verfahren zur Durchführung einer materialabtragenden, insbesondere spanenden Bearbeitung eines Bauteils (2), insbesondere innerhalb einer in dem Bauteil vorgesehenen Nut (1), bei dem
- 10 - ortsaufgelöste Messdaten, die Informationen über Fehler, insbesondere Risse in dem Bauteil (2) umfassen, bereitgestellt werden, und
- 15 - eine materialabtragende, insbesondere spanende Bearbeitung des Bauteils (2) mit wenigstens einem motorisiert bewegbar, insbesondere motorisiert verfahr- und/oder schwenkbar gelagerten Bearbeitungswerkzeug (7) erfolgt und in Abhängigkeit der bereitgestellten Messdaten bevorzugt automatisiert gesteuert wird, an welchen Positionen an dem Bauteil (2) das wenigstens eine Bearbeitungswerkzeug (7) zur Materialentfernung im Bereich von vorhandenen Fehlern mit dem Bauteil (2) in Eingriff gebracht wird, und insbesondere in Abhängigkeit der bereitgestellten Messdaten bevorzugt automatisiert gesteuert wird, wie tief das wenigstens eine Bearbeitungswerkzeug (7) in das Bauteil (2) eingetrieben wird.
- 20
- 25
2. Verfahren nach Anspruch 1,
- 30 dadurch gekennzeichnet, dass ein Grundkörper (4), an welchem das wenigstens eine Bearbeitungswerkzeug (7) motorisiert bewegbar gehalten ist, bevorzugt manuell entlang des Bauteils (2) verfahren wird, und in Abhängigkeit der bereitgestellten Messdaten bevorzugt automatisiert gesteuert wird, an welchen Positionen an dem Bauteil (2) das wenigstens eine Bearbeitungswerkzeug (7) derart relativ zu dem Grundkörper (4) bewegt wird, dass es zur Materialentfernung mit dem Bauteil (2) in Eingriff kommt.
- 35

3. Verfahren nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
das wenigstens eine Bearbeitungswerkzeug (7) an dem Grundkörper (4) um eine Schwenkachse (14) schwenkbar und/oder entlang einer bevorzugt linearen Verfahrstrecke verfahrbar gehalten ist, und insbesondere in Abhängigkeit der bereitgestellten Messdaten gesteuert wird, an welchen Positionen an dem Bauteil (2) und in welchem Maße das wenigstens eine Bearbeitungswerkzeug (7) um die Schwenkachse (14) geschwenkt und/oder entlang der Verfahrstrecke verfahren wird.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
eine materialabtragende Bearbeitung innerhalb einer Nut (1), insbesondere innerhalb einer Schaufelfußaufnahmenut einer Strömungsmaschine erfolgt und bevorzugt Messdaten bereitgestellt werden, welche zumindest in Bezug auf die Längserstreckungsrichtung der Nut (1) orts aufgelöste Informationen über Fehler, insbesondere Risse in dem Bauteil (2) im Bereich der Nut (1) umfassen, und der Grundkörper (4) in Längserstreckungsrichtung der Nut (1) verfahren wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
ein Grundkörper (4) entlang des Bauteils (2) verfahren wird, an dem wenigstens eine Prüfsonde (5) zur zerstörungsfreien Prüfung des Bauteils (2) gehalten ist, und unter Verwendung der wenigstens einen an dem Grundkörper (4) gehaltenen Prüfsonde (5) Messdaten erfasst werden, welche orts aufgelöste Informationen über Fehler, insbesondere Risse in dem Bauteil (2) umfassen, und die erfassten Messdaten für die Steuerung des wenigstens einen an dem Grundkörper (4) gehaltenen Bearbeitungswerkzeugs (7) bereitgestellt werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass nacheinander zwei bevorzugt zumindest im Wesentlichen die gleiche Form aufweisende Grundkörper (5) entlang des Bauteils (2) verfahren werden, wobei an dem zuerst entlang des Bauteils (2) verfahrenen ersten Grundkörper (4) wenigstens eine Prüfsonde (5) zur zerstörungsfreien Prüfung des Bauteils (2) gehalten ist, und unter Verwendung der wenigstens einen an dem ersten Grundkörper (4) gehaltenen Prüfsonde (5) die Messdaten erfasst werden, welche orts aufgelöste Informationen über Fehler, insbesondere Risse in dem Bauteil umfassen, und wobei an dem anschließend entlang des Bauteils (2) verfahrenen zweiten Grundkörper (4) das wenigstens ein Bearbeitungswerkzeug (7) motorisiert bewegbar gehalten ist, und die unter Verwendung der wenigstens einen an dem ersten Grundkörper (4) gehaltenen Prüfsonde (5) erfassten Messdaten für die Steuerung des wenigstens einen an dem zweiten Grundkörper (4) gehaltenen Bearbeitungswerkzeuges (7) bereitgestellt werden.

20

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die bereitgestellten Messdaten zu der Tiefe von in dem Bauteil (2) vorhandenen Fehlern, insbesondere Rissen korrespondierende Tiefenwerte, insbesondere Amplitudenwerte und den Tiefenwerten jeweils zugeordnete Ortskoordinaten, welche die jeweilige Fehlerposition angeben, umfassen, und dass das wenigstens ein Bearbeitungswerkzeug (7) an Positionen in Eingriff mit dem Bauteil (2) gebracht wird, an denen laut den Messdaten ein Tiefenwert oberhalb eines vorgegebenen Grenzwertes vorliegt, und/oder das wenigstens ein Bearbeitungswerkzeug (7) jeweils um eine von dem Betrag des Tiefenwertes abhängige Tiefe in das Bauteil (2) eingetrieben wird.

35

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
auf Basis der bereitgestellten Messdaten wenigstens eine  
5 Hüllkurve berechnet wird, welche mehrere, bevorzugt sämtliche  
gemäß den Messdaten vorhandene Fehler einschließt, und dass  
das wenigstens eine Bearbeitungswerkzeug (7) derart gesteuert  
wird, dass eine der wenigstens einen Hüllkurve entsprechende  
Materialabtragung erzielt wird.

10

9. Vorrichtung zur materialabtragenden, insbesondere spanen-  
den Bearbeitung eines Bauteils (2), insbesondere innerhalb  
einer in dem Bauteil (2) vorgesehenen Nut (1), umfassend

15

- einen bevorzugt länglichen Grundkörper(4), welcher zur  
Bearbeitung eines Bauteils (2) entlang diesem zu verfahren  
ist,

20

- wenigstens ein materialabtragendes, insbesondere spanen-  
des Bearbeitungswerkzeug (7), welches an dem Grundkörper  
(4) motorisiert bewegbar, insbesondere motorisiert ver-  
fahr- und/oder schwenkbar gehalten ist,

25

- wenigstens eine an dem Grundkörper (4) gehaltene Wegge-  
bereinrichtung (30) zur Bestimmung von Ortskoordinaten,  
und

30

- eine Steuereinrichtung (35), welche mit dem wenigstens  
einen Bearbeitungswerkzeug (7) und insbesondere der we-  
nigstens einen Weggebereinrichtung (30) bevorzugt über  
Kabel verbunden oder verbindbar und ausgebildet und ein-  
gerichtet ist, um ortsaufgelöste Messdaten, die Informa-  
tionen über Fehler, insbesondere Risse in einem zu bear-  
35 beitenden Bauteil (2) umfassen, zu empfangen und das we-  
nigstens eine Bearbeitungswerkzeug (7) in Abhängigkeit  
der Messdaten zu steuern.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
wenigstens eine Prüfsonde (5) zur zerstörungsfreien Prüfung  
eines Bauteils (2) vorgesehen ist, der an dem Grundkörper (4)  
5 oder an einem bevorzugt zumindest im Wesentlichen die gleiche  
Form wie der Grundkörper (4) aufweisenden weiteren Grundkörper (4), an dem wenigstens eine weitere Weggebereinrichtung  
(30) zur Bestimmung von Ortskoordinaten gehalten ist, ange-  
ordnet ist, und die Steuereinrichtung (35) mit der wenigstens  
10 einen Prüfsonde (5) verbunden und eingerichtet ist, um das  
wenigstens eine Bearbeitungswerkzeug (7) in Abhängigkeit von  
mit der wenigstens einen Prüfsonde (5) erfassten Messdaten zu  
steuern.

15

11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
an dem Grundkörper (4) wenigstens zwei Weggebereinrichtungen  
5 (30) zur Bestimmung von Ortskoordinaten gehalten sind, und  
bevorzugt die Weggebereinrichtungen (30) jeweils einen Weger-  
fassungskörper (31) aufweisen, der an dem Grundkörper (4) be-  
wegbar, insbesondere rotierbar gehalten und derart angeordnet  
ist, dass er mit der Oberfläche eines zu untersuchenden Bau-  
10 teils (2) in Kontakt bringbar ist, wobei jede an dem Grund-  
körper (4) gehaltene Weggebereinrichtung (30) ausgebildet  
ist, um in Reaktion darauf, dass ihr Wegerfassungskörper (31)  
relativ zu dem Grundkörper (4) bewegt wird ein Bewegungssig-  
15 nal auszugeben, das eine Information über die momentane Ge-  
schwindigkeit der Bewegung des Wegerfassungskörpers (31) re-  
lativ zu dem Grundkörper (4) enthält oder aus dem eine solche  
ableitbar ist, und bevorzugt eine insbesondere in dem Grund-  
körper (4) angeordnete Weggeberauswerteeinheit (33) vorgese-  
20 hen ist, welche mit den an dem Grundkörper (4) gehaltenen  
Weggebereinrichtungen (30) verbunden und ausgebildet und ein-  
gerichtet ist, um im Betrieb Bewegungssignale von den Wegge-  
bereinrichtungen (30) zu empfangen, und um kontinuierlich  
oder in vorgegebenen zeitlichen Abständen zu ermitteln, der  
Wegerfassungskörper (31) welcher an dem Grundkörper gehalte-  
25 nen Weggebereinrichtung (30) am schnellsten bewegt wird, und  
insbesondere um das Bewegungssignal der Weggebereinrichtung  
(30) mit dem am schnellsten bewegten Wegerfassungskörper (31)  
auszugeben.

12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die wenigstens eine Prüfsonde (5) an einem weiteren Grundkörper (4) angeordnet ist, und an dem weiteren Grundkörper (4) wenigstens zwei Weggebereinrichtungen (30) zur Bestimmung von Ortskoordinaten gehalten sind, und bevorzugt die Weggebereinrichtungen (30) jeweils einen Wegerfassungskörper (31) aufweisen, der an dem weiteren Grundkörper (4) bewegbar, insbesondere rotierbar gehalten und derart angeordnet ist, dass er mit der Oberfläche eines zu untersuchenden Bauteils (2) in Kontakt bringbar ist, wobei jede an dem weiteren Grundkörper (4) gehaltene Weggebereinrichtung (30) ausgebildet ist, um in Reaktion darauf, dass ihr Wegerfassungskörper (31) relativ zu dem weiteren Grundkörper (4) bewegt wird ein Bewegungssignal auszugeben, das eine Information über die momentane Geschwindigkeit der Bewegung des Wegerfassungskörpers (31) relativ zu dem weiteren Grundkörper (4) enthält oder aus dem eine solche ableitbar ist, und bevorzugt eine insbesondere in dem weiteren Grundkörper (4) angeordnete Weggeberauswerteeinheit (33) vorgesehen ist, welche mit den an dem Grundkörper (4) gehaltenen Weggebereinrichtungen (30) verbunden und ausgebildet und eingerichtet ist, um im Betrieb Bewegungssignale von den Weggebereinrichtungen (30) zu empfangen, und um kontinuierlich oder in vorgegebenen zeitlichen Abständen zu ermitteln, der Wegerfassungskörper (31) welcher an dem weiteren Grundkörper gehaltenen Weggebereinrichtung am schnellsten bewegt wird, und insbesondere um das Bewegungssignal der Weggebereinrichtung (30) mit dem am schnellsten bewegten Wegerfassungskörper (31) auszugeben.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
der Grundkörper (4) und insbesondere der weitere Grundkörper  
5 (4) entlang seiner Längserstreckung einen im Wesentlichen  
konstanten Querschnitt aufweist und/oder dass der Grundkörper  
(4) und insbesondere der weitere Grundkörper (4) einen Tan-  
nenbaum- oder Schwalben- oder T-förmigen oder Hammerkopf-  
förmigen Querschnitt aufweist.  
10

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
das wenigstens eine Bearbeitungswerkzeug (7) um eine Schwenk-  
15 achse (14) schwenkbar und/oder entlang einer bevorzugt linea-  
ren Verfahrstrecke verfahrbar an dem Grundkörper (4) gehalten  
ist und insbesondere die Steuereinrichtung (35) ausgebildet  
und eingerichtet ist, um das wenigstens eine Bearbeitungs-  
werkzeug (7) in Abhängigkeit der bereitgestellten Messdaten  
20 um die Schwenkachse (14) zu schwenken und/oder entlang der  
Verfahrstrecke zu verfahren.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 14,  
25 dadurch gekennzeichnet, dass  
die Steuereinrichtung (35) zur Durchführung des Verfahrens  
nach einem der Ansprüche 1 bis 8 ausgebildet und eingerichtet  
ist.

30



FIG 2

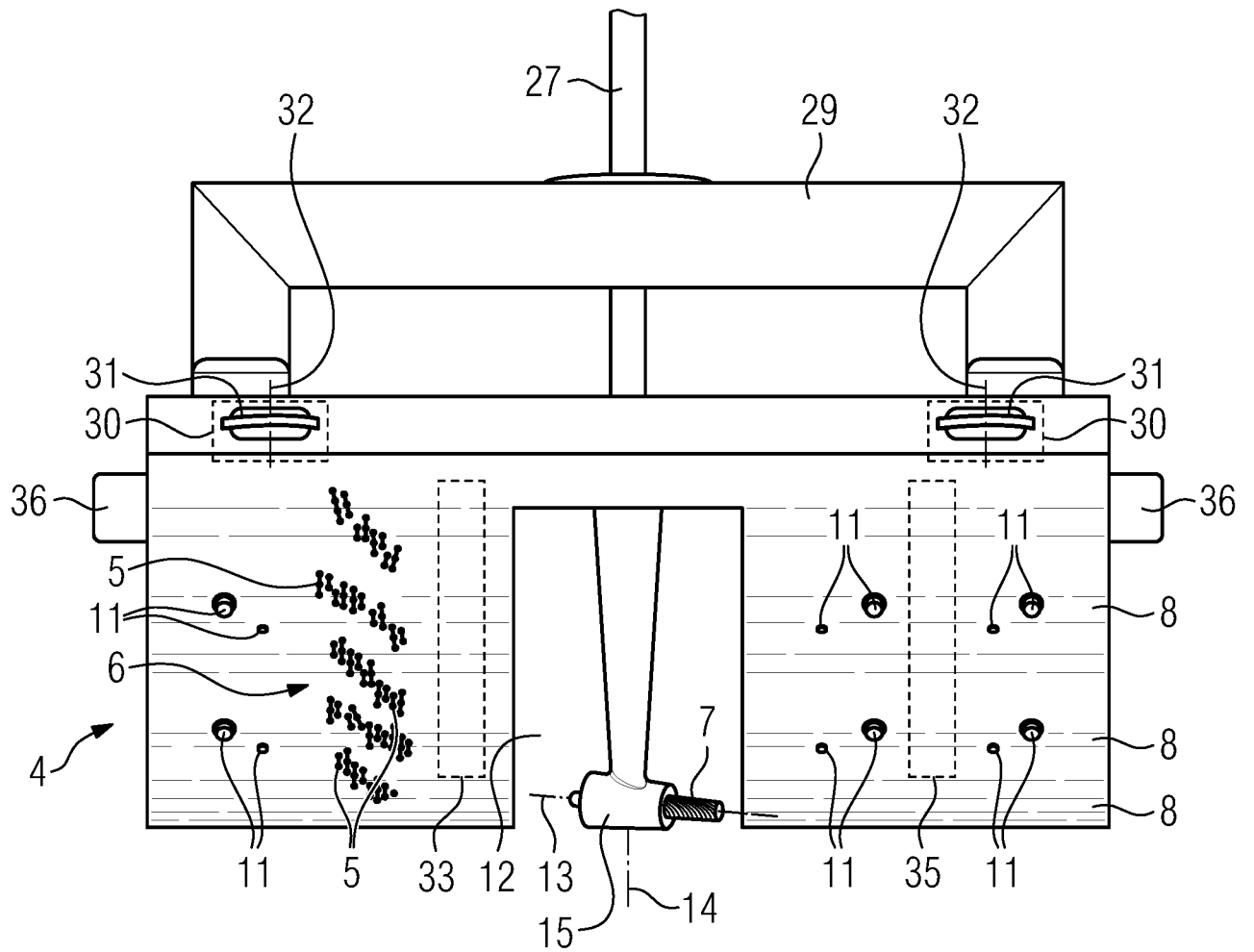


FIG 3

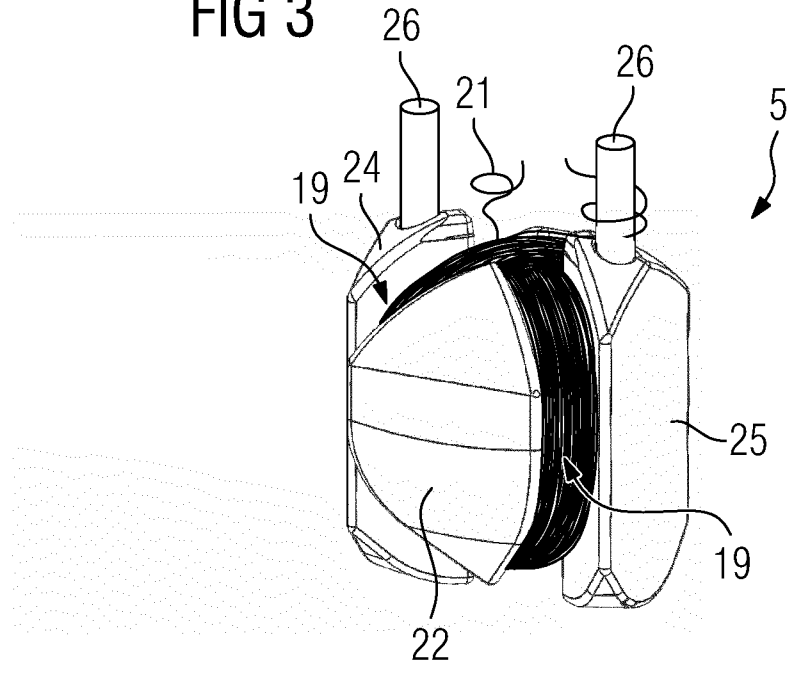


FIG 4

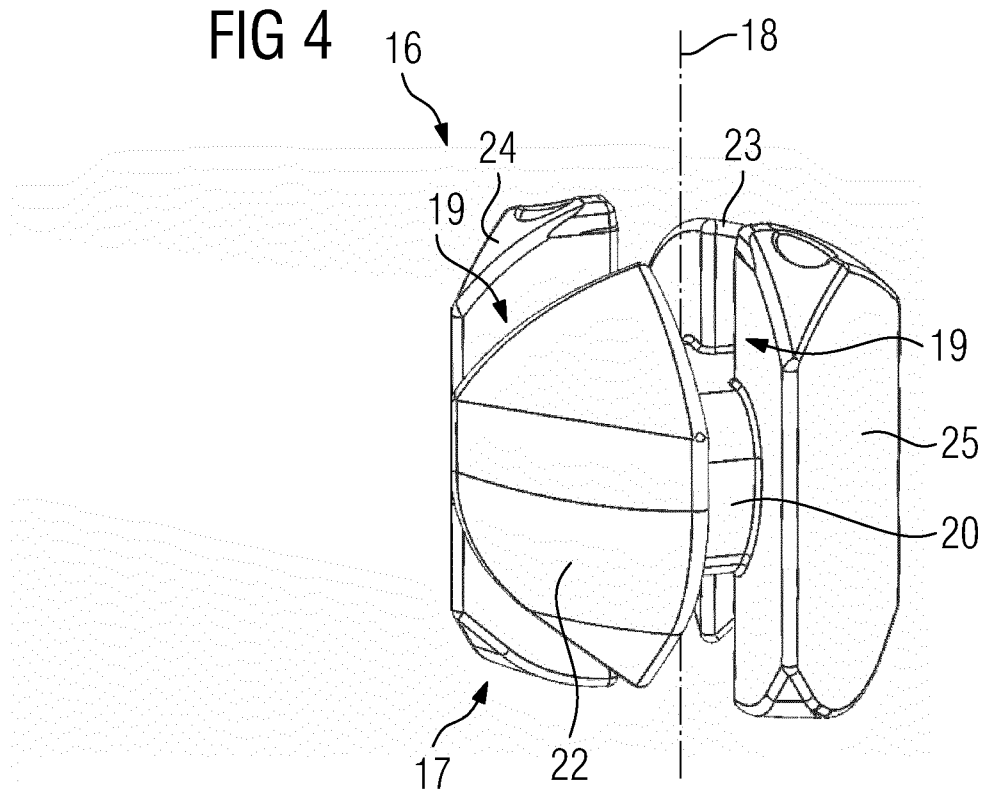


FIG 5

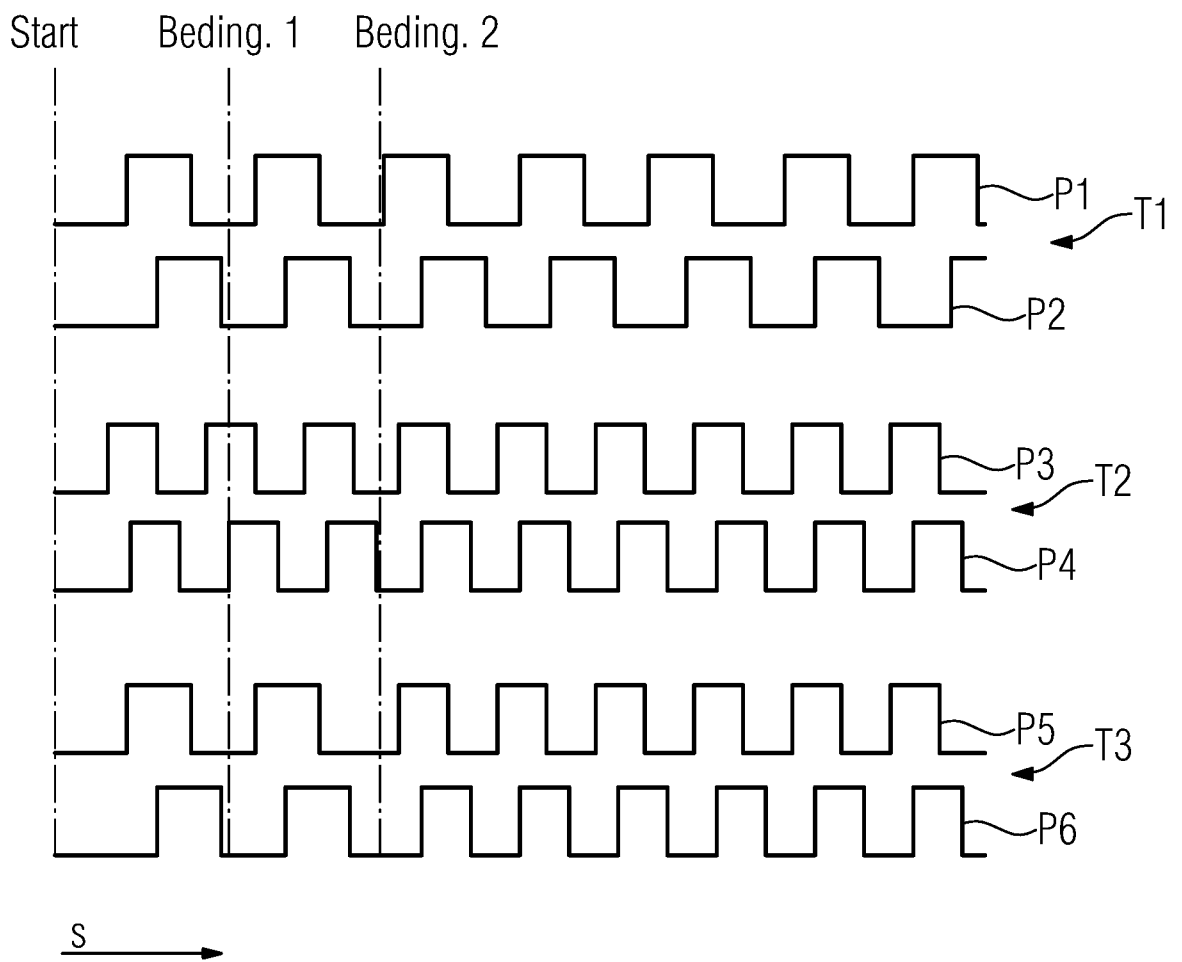


FIG 6

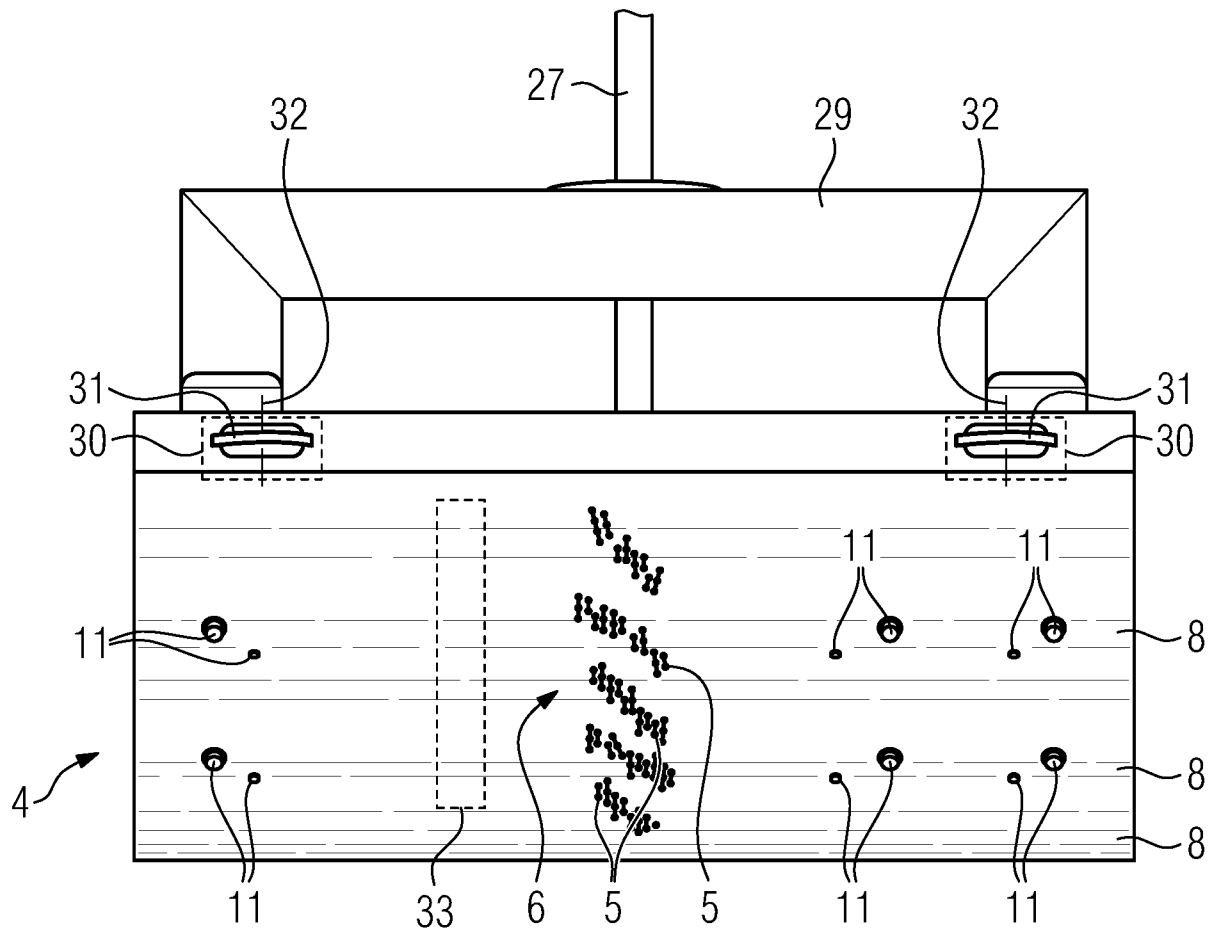


FIG 7

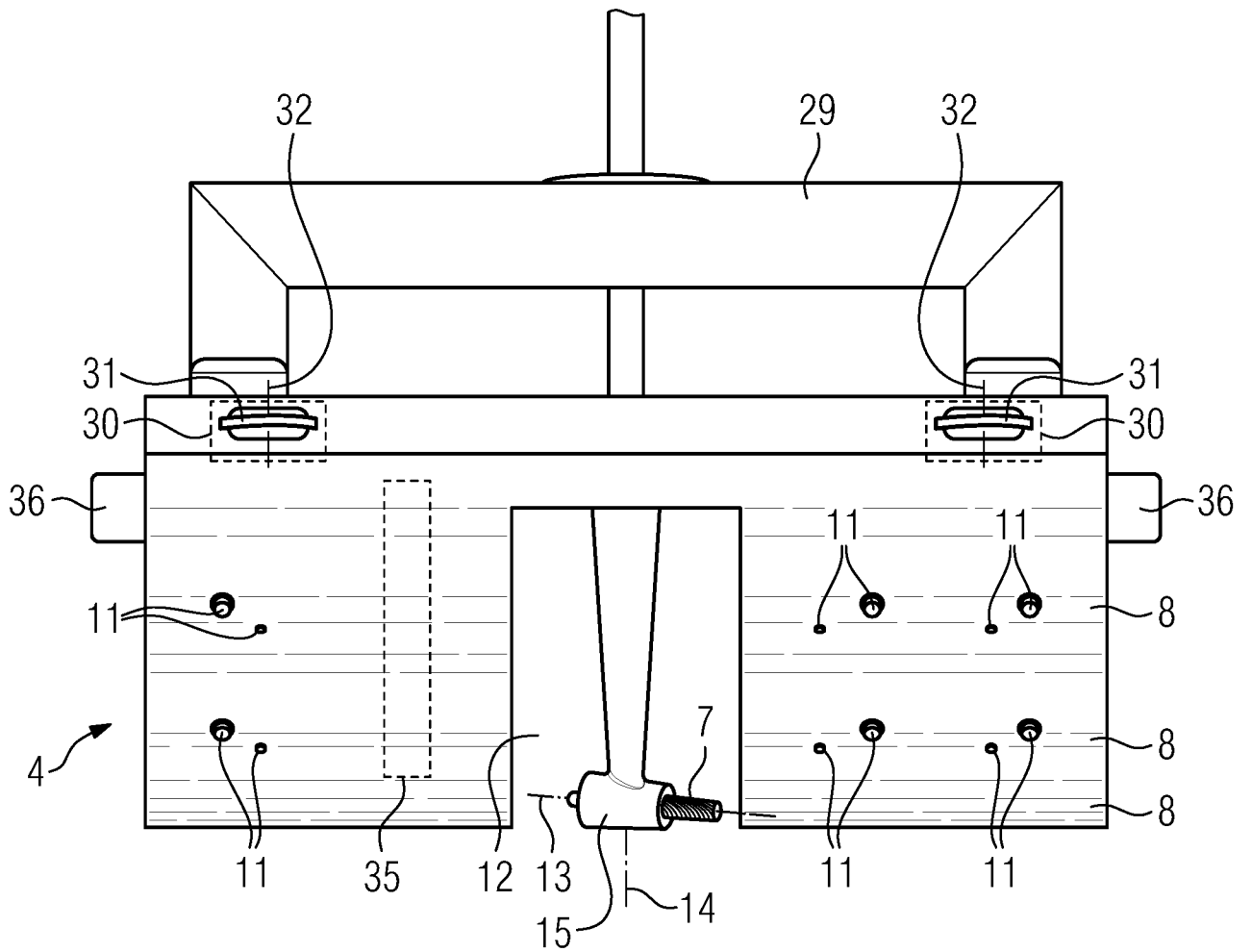
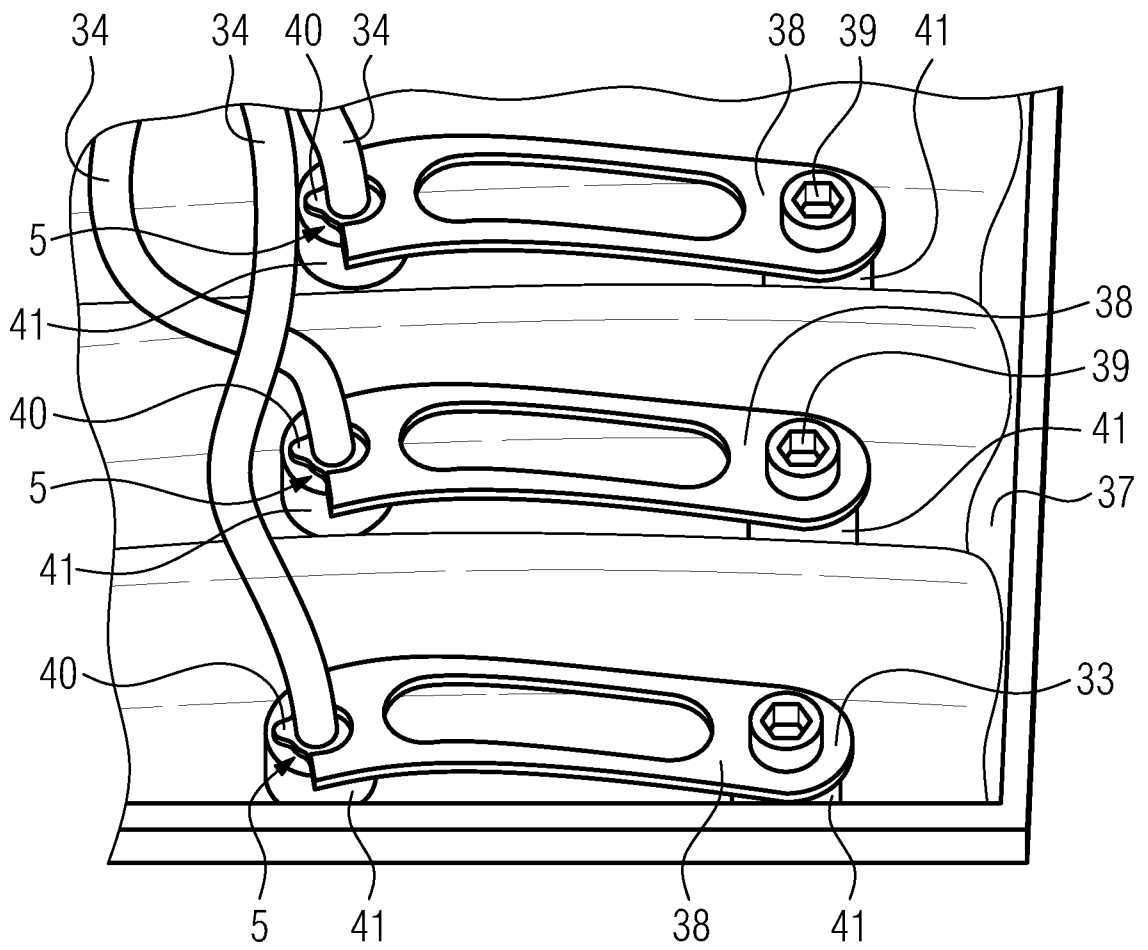


FIG 8



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/EP2018/064853**

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>B23P 6/04</i> (2006.01)i; <i>B23C 3/00</i> (2006.01)i; <i>B23Q 17/22</i> (2006.01)i; <i>B23Q 9/00</i> (2006.01)i; <i>F01D 5/00</i> (2006.01)i; <i>G01N 27/90</i> (2006.01)i; <i>G05B 19/401</i> (2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B23C; B23P; B23Q; F01D; G01N; G05B		
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 practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 102012221782 A1 (LUFTHANSA TECHNIK AG [DE]) 28 May 2014 (2014-05-28) paragraphs [0001], [0012], [0013], [0014], [0025], [0029] - [0032], [0035], [0039], [0040], [0075] - [0078], [0086] - [0088] claims 1, 2 figure 2	1-4, 6-10, 13-15
X	US 2011087352 A1 (KRAUSE GREGORY THOMAS [US]) 14 April 2011 (2011-04-14) paragraphs [0020], [0021] figures 1-5	1-3, 6-8
A	US 2005198821 A1 (REVILLE CHRISTOPHER J [US] ET AL) 15 September 2005 (2005-09-15) paragraphs [0002], [0006], [0007] figures	1-15
A	DE 102008000480 A1 (ALSTOM TECHNOLOGY LTD [CH]) 10 September 2009 (2009-09-10) paragraphs [0001] - [0007] figures	1-15
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 application or patent 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 <b>21 September 2018</b>		Date of mailing of the international search report <b>05 October 2018</b>
Name and mailing address of the ISA/EP <b>European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands</b> Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer <b>Schäfer, Lisa</b>  Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2018/064853

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5161291 A (GUENTHER PAUL [US]) 10 November 1992 (1992-11-10) column 2, lines 26-39 column 6, line 49 - column 7, line 11 figures	1-15
A	DE 102016112489 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 26 January 2017 (2017-01-26) figures 1-9	1-15
A	EP 2293011 A1 (SIEMENS AG [DE]) 09 March 2011 (2011-03-09) paragraph [0006] figures 1-9	1-15
A	DE 102015222529 A1 (SIEMENS AG [DE]) 18 May 2017 (2017-05-18) cited in the application abstract figures	1-15
A	DE 102015210255 A1 (FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E V [D]) 08 December 2016 (2016-12-08) paragraph [0020]	9
X,P	EP 3306041 A1 (SIEMENS AG [DE]) 11 April 2018 (2018-04-11) paragraphs [0057], [0058] claim 1 figures 1-3	1

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/EP2018/064853**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	102012221782	A1	28 May 2014	DE	102012221782	A1	28 May 2014
				EP	2925486	A1	07 October 2015
				SG	11201503636Q	A	29 June 2015
				US	2015283654	A1	08 October 2015
				WO	2014082947	A1	05 June 2014
US	2011087352	A1	14 April 2011	CA	2714697	A1	27 August 2009
				EP	2254728	A2	01 December 2010
				US	2011087352	A1	14 April 2011
				WO	2009105221	A2	27 August 2009
US	2005198821	A1	15 September 2005	NONE			
DE	102008000480	A1	10 September 2009	DE	102008000480	A1	10 September 2009
				WO	2009109422	A1	11 September 2009
US	5161291	A	10 November 1992	NONE			
DE	102016112489	A1	26 January 2017	CN	106368738	A	01 February 2017
				DE	102016112489	A1	26 January 2017
				GB	2547291	A	16 August 2017
				JP	2017025909	A	02 February 2017
				US	2017022815	A1	26 January 2017
EP	2293011	A1	09 March 2011	CN	102483325	A	30 May 2012
				EP	2293011	A1	09 March 2011
				EP	2475955	A1	18 July 2012
				WO	2011026974	A1	10 March 2011
DE	102015222529	A1	18 May 2017	CN	106994528	A	01 August 2017
				DE	102015222529	A1	18 May 2017
				EP	3167989	A1	17 May 2017
				US	2017136556	A1	18 May 2017
DE	102015210255	A1	08 December 2016	CN	107771117	A	06 March 2018
				DE	102015210255	A1	08 December 2016
				EP	3302857	A1	11 April 2018
				JP	2018516766	A	28 June 2018
				KR	20180009340	A	26 January 2018
				US	2018169813	A1	21 June 2018
				WO	2016193090	A1	08 December 2016
EP	3306041	A1	11 April 2018	CN	107894457	A	10 April 2018
				DE	102016219171	A1	05 April 2018
				EP	3306041	A1	11 April 2018
				KR	20180037596	A	12 April 2018
				US	2018095006	A1	05 April 2018

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	B23P6/04 G01N27/90	B23C3/00 G05B19/401
	B23Q17/22	B23Q9/00
		F01D5/00
ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
B23C B23P B23Q F01D G01N G05B		
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		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2012 221782 A1 (LUFTHANSA TECHNIK AG [DE]) 28. Mai 2014 (2014-05-28)  Absätze [0001], [0012], [0013], [0014], [0025], [0029] - [0032], [0035], [0039], [0040], [0075] - [0078], [0086] - [0088] Ansprüche 1, 2 Abbildung 2	1-4, 6-10, 13-15
X	US 2011/087352 A1 (KRAUSE GREGORY THOMAS [US]) 14. April 2011 (2011-04-14) Absätze [0020], [0021] Abbildungen 1-5  ----- -/--	1-3,6-8
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> 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" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. 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 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		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
21. September 2018		05/10/2018
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter  Schäfer, Lisa

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2005/198821 A1 (REVILLE CHRISTOPHER J [US] ET AL) 15. September 2005 (2005-09-15) Absätze [0002], [0006], [0007] Abbildungen -----	1-15
A	DE 10 2008 000480 A1 (ALSTOM TECHNOLOGY LTD [CH]) 10. September 2009 (2009-09-10) Absätze [0001] - [0007] Abbildungen -----	1-15
A	US 5 161 291 A (GUENTHER PAUL [US]) 10. November 1992 (1992-11-10) Spalte 2, Zeilen 26-39 Spalte 6, Zeile 49 - Spalte 7, Zeile 11 Abbildungen -----	1-15
A	DE 10 2016 112489 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 26. Januar 2017 (2017-01-26) Abbildungen 1-9 -----	1-15
A	EP 2 293 011 A1 (SIEMENS AG [DE]) 9. März 2011 (2011-03-09) Absatz [0006] Abbildungen 1-9 -----	1-15
A	DE 10 2015 222529 A1 (SIEMENS AG [DE]) 18. Mai 2017 (2017-05-18) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung figures -----	1-15
A	DE 10 2015 210255 A1 (FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E V [D]) 8. Dezember 2016 (2016-12-08) Absatz [0020] -----	9
X,P	EP 3 306 041 A1 (SIEMENS AG [DE]) 11. April 2018 (2018-04-11) Absätze [0057], [0058] Anspruch 1 Abbildungen 1-3 -----	1

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/064853

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102012221782 A1	28-05-2014	DE 102012221782 A1	28-05-2014
		EP 2925486 A1	07-10-2015
		SG 11201503636Q A	29-06-2015
		US 2015283654 A1	08-10-2015
		WO 2014082947 A1	05-06-2014
US 2011087352 A1	14-04-2011	CA 2714697 A1	27-08-2009
		EP 2254728 A2	01-12-2010
		US 2011087352 A1	14-04-2011
		WO 2009105221 A2	27-08-2009
US 2005198821 A1	15-09-2005	KEINE	
DE 102008000480 A1	10-09-2009	DE 102008000480 A1	10-09-2009
		WO 2009109422 A1	11-09-2009
US 5161291 A	10-11-1992	KEINE	
DE 102016112489 A1	26-01-2017	CN 106368738 A	01-02-2017
		DE 102016112489 A1	26-01-2017
		GB 2547291 A	16-08-2017
		JP 2017025909 A	02-02-2017
		US 2017022815 A1	26-01-2017
EP 2293011 A1	09-03-2011	CN 102483325 A	30-05-2012
		EP 2293011 A1	09-03-2011
		EP 2475955 A1	18-07-2012
		WO 2011026974 A1	10-03-2011
DE 102015222529 A1	18-05-2017	CN 106994528 A	01-08-2017
		DE 102015222529 A1	18-05-2017
		EP 3167989 A1	17-05-2017
		US 2017136556 A1	18-05-2017
DE 102015210255 A1	08-12-2016	CN 107771117 A	06-03-2018
		DE 102015210255 A1	08-12-2016
		EP 3302857 A1	11-04-2018
		JP 2018516766 A	28-06-2018
		KR 20180009340 A	26-01-2018
		US 2018169813 A1	21-06-2018
		WO 2016193090 A1	08-12-2016
EP 3306041 A1	11-04-2018	CN 107894457 A	10-04-2018
		DE 102016219171 A1	05-04-2018
		EP 3306041 A1	11-04-2018
		KR 20180037596 A	12-04-2018
		US 2018095006 A1	05-04-2018