

(12) **Gebrauchsmusterschrift**

(21) Anmeldenummer: GM 8019/2012
(22) Anmeldetag: 24.02.2011
(24) Beginn der Schutzdauer: 15.08.2012
(45) Veröffentlicht am: 15.10.2012

(51) Int. Cl. : **G01M 15/14** (2006.01)

(67) Umwandlung von A 261/2011

(56) Entgegenhaltungen:
WO 2008005679 A2
DE 102008031274 B3

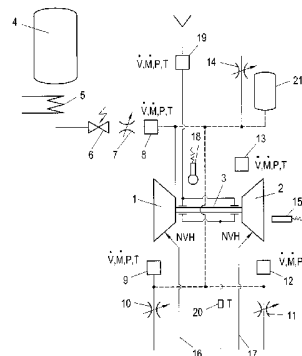
(73) Gebrauchsmusterinhaber:
AVL LIST GMBH
8020 GRAZ (AT)

(72) Erfinder:
BERGER HARTMUT
BREMEN (DE)

(54) **Verfahren für die Funktionsprüfung von Turbomaschinen, sowie Prüfeinrichtung dafür**

(57) Im Zuge eines Verfahrens für die Funktionsprüfung von Turbomaschinen, vorzugsweise Abgasturboladern (1, 2, 3), wird der Prüfling mit unter Druck stehendem Gas beaufschlagt und dadurch betrieben.

Für eine einfache, wirtschaftliche und dennoch aussagekräftige Prüfung ist dabei der Prüfling (1, 2, 3) in eine Prüfeinrichtung eingebunden und wird mittels dieser Prüfeinrichtung mit zumindest einem Gasdruckimpuls, vorzugsweise zumindest einem Druckluftimpuls, beaufschlagt, wobei aus dem daraus resultierenden dynamischen Verhalten des Prüflings (1, 2, 3) allfällige Fehler ermittelt werden.



Beschreibung

VERFAHREN FÜR DIE FUNKTIONSPRÜFUNG VON TURBOMASCHINEN, SOWIE PRÜFEINRICHTUNG DAFÜR

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren für die Funktionsprüfung von Turbomaschinen, vorzugsweise Abgasturboladern, wobei der Prüfling mit unter Druck stehendem Gas beaufschlagt und dadurch betrieben wird, sowie eine Prüfeinrichtung für Turbomaschinen, vorzugsweise Abgasturbolader, mit einer Aufnahme für den Prüfling, einer Quelle für unter Druck stehendes Gas, vorzugsweise für Druckluft, mit welcher der Prüfling verbunden werden kann, sowie einer Auswerteeinrichtung.

[0002] Die systematische Integration von Qualitätssicherungsprüfständen (Funktionsprüfständen) in den Produktionsprozess von Motoren, Getrieben und anderen Aggregaten in der Automobilindustrie bereits seit vielen Jahren üblich. Aus den Anforderungen von Verbrauchern und der Gesetzgebung resultiert die Forderung nach immer effizienteren Motoren, wofür u.a. die Aufladung mittels mechanischer oder turbo-getriebener Lader angewendet wird. Daher wurde auch für diese Komponenten nach entsprechenden Prüfverfahren gesucht.

[0003] Turbomaschinen sind prinzipiell relativ einfach aufgebaute rotierende Maschinen mit - verglichen z.B. mit einem Verbrennungsmotor - wenigen rotierenden Teilen. Stark vereinfacht kann man davon ausgehen, dass die Maschine „in Ordnung“ ist, wenn sie sich frei drehen lässt. In der Praxis tauchen aber doch viele Detailprobleme auf, wie z.B. die Fehlerstatistiken der Automobilhersteller für die eingesetzten Turbolader oder die teilweise sehr hohen Reparaturanteile in den Betriebsprüfständen der Triebwerkhersteller belegen. Bedingt durch das Funktionsprinzip dieser Strömungsmaschinen ist man bisher davon ausgegangen, dass eine sinnvolle Prüfung der Maschinen nur in der Nähe der normalen Betriebspunkte möglich ist, was große Gasmassenströme erfordert, die dazu auch noch erhitzt werden müssen (bei Gasturbinen) oder durch die Maschine erhitzt werden (bei Turbokompressoren). Das Ergebnis dieser Anforderungen ist dann regelmäßig ein „klassischer“ Heißprüfstand, in dem die Maschinen im Betriebsbereich überprüft werden. Die großen Nachteile dieser Prüfung am Ende des Produktionsprozesses sind eine späte Fehlererkennung, erhöhte Reparaturkosten durch zusätzliche Ab- und Aufrüstvorgänge, erhöhte Betriebskosten durch mehrfache Prüfung im Fehlerfall, das Risiko eines größeren Maschinenschadens durch von Fehlern ausgelöste Folgeschäden, die Verletzungsgefahr durch heiße Bauteile und die Wartezeiten zur Abkühlung des Prüflings, bevor mit der Fehlerdiagnose und -behebung begonnen werden kann.

[0004] Um diese Probleme zu vermeiden, hat man in der Vergangenheit versucht, eine Prüfung von Turbomaschinen mit komprimiertem Gas (Druckluft) durchzuführen. Dabei wird versucht, im normalen Betrieb vorkommende Betriebspunkte so weit wie möglich mit einem stationären Gasmassenstrom zu simulieren. Aufgrund des hohen Energieaufwands, der zur Erzeugung der benötigten großen Gasmassenströme erforderlich ist, hat sich diese Art der Prüfung bisher aber nicht breitflächig durchgesetzt.

[0005] Bei Flugzeugtriebwerken findet meist eine Endprüfung der fertig hergestellten Turbomaschine unter Betriebsbedingungen bei Volllast statt, während bei Grossserienprodukten wie etwa Turboladern für Automotoren vielfach eine ungeprüfte Auslieferung der Turbomaschine an den Kunden stattfindet, da eine vollständige Prüfung aller Teile unter Betriebsbedingungen nicht wirtschaftlich wäre. In der EP 1 426 578 B1 ist eine kalte Funktionsprüfung von Turboladern im eingebauten Zustand am Verbrennungsmotor beschrieben, die aber ebenso wie die Prüfung unter Betriebsbedingungen den Nachteil der späten Erkennung von Fehlern aufweist. Diese späte Fehlererkennung führt im besten Fall zu erhöhten Reparaturkosten (zusätzliche Ab- und Aufrüstvorgänge im Prüfstand, zusätzliche Arbeitsschritte in der Reparatur durch Demontage/Montage zusätzlicher Teile, erneute Prüfung nach der Reparatur) und im schlechtesten Fall zu einem größeren Schaden der Turbomaschine durch vom Fehler ausgelöste Folgeschäden. Daher bestand weiterhin die Anforderung nach einem kostengünstigen und in allen Belangen sicheren Prüfverfahren, da eine 100% Heißprüfung aller Turbolader aus wirtschaftli-

chen Überlegungen nicht realisierbar erscheint.

[0006] Es war daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Prüfeinrichtung für Turbomaschinen anzugeben, das eine einfache, wirtschaftliche und dennoch aussagekräftige Prüfung dieser Komponenten gestattet.

[0007] Zur Lösung dieser Aufgabe ist das Verfahren erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, dass der Prüfling in eine Prüfeinrichtung eingebunden und mittels dieser Prüfeinrichtung mit zumindest einem Gasdruckimpuls, vorzugsweise zumindest einem Druckluftimpuls, beaufschlagt wird, wobei aus dem daraus resultierenden dynamischen Verhalten des Prüflings allfällige Fehler ermittelt werden. Damit kann auf eine Heißprüfung wie auch auf die Prüfung stationärer Betriebspunkte mittels komprimiertem Gas verzichtet werden. Stattdessen wird als Basis die drehende Prüfung mit einem Gasdruckimpuls in Verbindung mit einer dynamischen Messwerterfassung und -auswertung durchgeführt, was eine frühzeitige und kostengünstige Fehlererkennung ermöglicht.

[0008] Vorzugsweise werden dabei zumindest zwei Gasdruckimpulse für die Prüfung verwendet, gegebenenfalls mit unterschiedlichem Energieinhalt.

[0009] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsvariante kann der Energieinhalt zumindest eines Gasdruckimpulses durch eine zusätzliche Beheizung oder Befeuerung erhöht werden.

[0010] Eine andere Ausführungsvariante des Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass der Prüfling in normaler Betriebsrichtung betrieben wird, in dem ein Gaseintritt oder gegebenenfalls alle Gaseintritte in den Prüfling mit dem Gasdruckimpuls beaufschlagt werden.

[0011] Eine andere Variante zur rotierenden Prüfung ist dadurch gekennzeichnet, dass der Prüfling durch Beaufschlagung des oder jedes Gasaustrittes des Prüflings mit zumindest einem Gasdruckimpuls in zur normalen Betriebsrichtung umgekehrter Strömungsrichtung betrieben wird.

[0012] Vorteilhafterweise kann zur genaueren Abstimmung auf den jeweiligen Prüfling oder die konkrete Prüfaufgabe der Gasdruckimpuls am oder in der Nähe des Prüflings vorzugsweise variabel gedrosselt werden.

[0013] In ähnlicher Weise kann eine Abstimmung der Prüfung dadurch erfolgen, dass eine durch Betätigung des Prüflings mittels des Gasdruckimpulses bewirkte und von diesem separate Gasströmung aus dem Prüfling am oder in der Nähe des Prüflings vorzugsweise variabel gedrosselt wird.

[0014] Eine weitere Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass zusätzlich zur rotierenden Prüfung, vorzugsweise vor deren Durchführung, weitere Prüfungen erfolgen, beispielsweise eine Vollständigkeits- und/oder Maßkontrolle, eine mechanische, akustische, optische und/oder visuelle Kontrolle, eine Dichtheitsprüfung des Prüflings auf interne und/oder externe Undichtheit, eine Durchflussprüfung des Schmiersystems mit einem Prüfgas, vorzugsweise mit Luft, oder eine Überprüfung der zum Prüfling gehörenden Sensoren und Aktoren erfolgt, wobei vorzugsweise die zum Prüfling gehörenden Aktoren mit zusätzlichen Kräften beaufschlagt werden und/oder die zum Prüfling gehörenden Sensoren mit externen Signalen beaufschlagt werden.

[0015] Vorteilhafterweise wird vor dem Prüflauf eine automatisierte Identifizierung zumindest des Produkttyps des Prüflings durch das Mess- und/oder Steuerungssystem der Prüfeinrichtung vorgenommen und der Prüflauf dann abhängig vom Ergebnis der Identifizierung durchgeführt, erfolgt die Identifizierung des Produkttyps vorzugsweise durch die Erfassung physikalischer Eigenschaften des Prüflings wie beispielsweise Größe, Gewicht oder Form, bzw. die Identifizierung des Produkttyps oder des Prüflings an sich durch die Abfrage bzw. Erkennung einer individuellen Kennzeichnung, oder wird die Identifizierung des Produkttyps oder des Prüflings an sich durch elektronischer Informationen aus dem Prozessleitsystem abgeleitet.

[0016] Eine weitere Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass mittels Verbindung zumindest einiger Sensoren und Aktoren des Prüflings sowie zumindest einiger Sensoren und Aktoren des Prüfstands an zumindest ein Mess- und/oder Steuerungssysteme ein zumindest teilau-

tomatischer Ablauf der Prüfung erfolgt, wobei ein gegebenenfalls variables Prüfprogramm durchlaufen wird und wobei vorzugsweise zumindest einige der Messwerte teil- oder vollautomatisch aufgenommen, gespeichert und für eine manuelle und/oder automatische Auswertung zur Verfügung gestellt werden.

[0017] Vorteilhafterweise kann vorgesehen sein, dass der Prüflauf variabel in Abhängigkeit von dem Ergebnis einer oder mehrerer vorhergehenden Prüfungen und/oder abhängig von Umgebungsbedingungen durchgeführt wird.

[0018] Eine weitere vorteilhafte Variante ist dadurch gekennzeichnet, dass eine automatische Auswertung der Prüfergebnisse im Hinblick auf Abweichungen von vorgebbaren festen Werten oder in Abhängigkeit von dem Ergebnis einer oder mehrerer vorhergehender Prüfungen und/oder Umgebungsbedingungen variablen Werten vorgenommen, der Prüfling entsprechend klassifiziert und vorzugsweise die Prüfergebnisse abgespeichert und/oder angezeigt werden, wobei vorzugsweise einzelne oder alle verwendeten Prüfparameter und Mess- und Auswertergebnisse in Verbindung mit einer eindeutigen Identifikationskennzeichnung des Prüflings lokal in der Prüfeinrichtung und/oder einem übergeordneten System gespeichert werden.

[0019] Vorzugsweise werden eine automatische Auswertung der Prüfergebnisse im Hinblick auf mögliche Ursachen von Abweichungen vom Normalzustand vorgenommen, entsprechende Hinweise zur Beseitigung der Abweichungen ausgegeben und mit den Prüfergebnissen abgespeichert und/oder angezeigt.

[0020] Dabei kann vorgesehen sein, dass zumindest ein Messwert dynamisch zeitbasiert, dynamisch drehzahlbasiert oder dynamisch drehwinkelbasiert erfasst wird.

[0021] Eine weitere alternative Ausführungsvariante der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass der Prüfling ohne externe Schmiermittelversorgung betrieben wird.

[0022] Alternativ kann eine Schmierung des Prüflings mit einem an die Prüfung angepassten Schmiermittel erfolgen, welches mit konstanten technischen Eigenschaften zugeführt bzw. entsprechend den Prüfanforderungen konditioniert wird.

[0023] Dabei ist vorzugsweise vorgesehen, dass das dem Prüfling zugeführte Schmiermittel überwacht wird, beispielsweise dessen Volumen- und/oder Massenstrom oder die Temperatur des aus dem Prüfling austretenden Schmiermittels erfasst und ausgewertet werden.

[0024] Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Drehzahlerfassung und/oder Drehwinkelerfassung des Prüflings mittels eines berührungslosen Verfahrens erfolgt, beispielsweise optisch, magnetisch, akustisch, elektromagnetisch oder radioelektrisch, und vorzugsweise so hochauflösend, dass über den gesamten Drehzahlbereich der Prüfaufgabe die einzelnen Turbinen- und/oder Kompressorblätter erkannt werden können.

[0025] Vorzugsweise werden dabei Volumen- und/oder Massenstrom und/oder Temperatur und/oder Druck des Gasdruckimpulses am Eintritt und/oder des Gases am Austritt des Prüflings vorzugsweise dynamisch vermessen.

[0026] Es können auch Körper- und/oder Luftschallemissionen an einer oder mehreren Stellen am Prüfling und/oder im Prüfstand statisch und/oder dynamisch, gegebenenfalls auch berührungslos, erfasst werden.

[0027] Auch eine vorzugsweise dynamische Vermessung von Volumen- und/oder Massenstrom und/oder Temperatur und/oder Druck des Gases am Eintritt und/oder am Austritt einer mechanisch mit dem Prüfling gekoppelten zweiten Maschine, beispielsweise einem Kompressor, ist möglich.

[0028] Für die Prüfeinrichtung wie eingangs beschrieben wird die gestellte Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Quelle zur Beaufschlagung des oder jedes Gaseintritts in den Prüfling, gegebenenfalls alternativ oder zusätzlich auch des oder jedes Gasaustritts, mit zumindest einem Gasdruckimpuls ausgelegt ist, und dass in der Auswerteinrichtung das aus dem

Druckluftimpuls resultierende dynamische Verhalten des Prüflings überwacht und daraus Fehler ermittelt werden.

[0029] Eine vorteilhafte Ausführungsform der Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Quelle zur Beaufschlagung des Prüflings mit zumindest zwei Gasdruckimpulsen, gegebenenfalls mit unterschiedlichem Energieinhalt, ausgelegt ist.

[0030] Vorzugsweise ist eine zusätzliche Einrichtung zur Beheizung oder Befeuerung des unter Druck stehenden Gases vorgesehen.

[0031] Weiters kann vorteilhafterweise eine vorzugsweise einstellbare Drosseleinrichtung für das unter Druck stehende Gas am oder in der Nähe des oder jedes Gaseintritts in den Prüfling und/oder am oder in der Nähe des oder jedes allfälligen Gasaustritts aus dem Prüfling vorgesehen sein.

[0032] Vorteilhafterweise können weitere Prüfeinrichtungen vorgesehen sein, beispielsweise für eine Vollständigkeits- und/oder Maßkontrolle, eine mechanische, akustische, optische und/oder visuelle Kontrolle, eine Dichtheitsprüfung des Prüflings auf interne und/oder externe Undichtheit, eine Durchflussprüfung des Schmiersystems mit einem Prüfgas, vorzugsweise mit Luft, oder eine Überprüfung der zum Prüfling gehörenden Sensoren und Aktoren, vorzugsweise durch Beaufschlagung mit externen Kräften und/oder Signalen.

[0033] Eine erfindungsgemäße Prüfeinrichtung kann auch dadurch gekennzeichnet sein, dass Einrichtungen zur automatisierten Identifizierung zumindest des Produkttyps des Prüflings in das Mess- und/oder Steuerungssystem der Prüfeinrichtung integriert sind, und dass vorzugsweise im Steuerungssystem der Prüfeinrichtung ein Ablauf implementiert ist, bei welchem der Prüflauf abhängig vom Ergebnis der Identifizierung durchgeführt wird.

[0034] Dabei sind vorzugsweise Einrichtungen zur Identifizierung des Produkttyps vorzugsweise durch die Erfassung physikalischer Eigenschaften des Prüflings wie beispielsweise Größe, Gewicht oder Form, oder durch die Abfrage bzw. Erkennung einer individuellen Kennzeichnung, oder durch elektronische Informationen aus dem Prozessleitsystem vorgesehen.

[0035] Vorteilhafterweise kann die Prüfeinrichtung auch die Merkmale aufweisen, dass zumindest einige Sensoren und Aktoren des Prüflings sowie zumindest einige Sensoren und Aktoren des Prüfstands mit zumindest einem Mess- und/oder Steuerungssystem verbunden sind, in welchem ein zumindest teilautomatischer Ablauf der Prüfung implementiert ist, bei welchem zumindest einige der Messwerte teil- oder vollautomatisch aufgenommen, gespeichert und für eine manuelle und/oder automatische Auswertung zur Verfügung gestellt werden.

[0036] Gemäß einer möglichen Ausführungsform der Prüfeinrichtung ist ein System zur Versorgung des Prüflings mit einem an die Prüfung angepassten Schmiermittel vorgesehen, gegebenenfalls umfassend ein Konditioniersystem für das Schmiermittel.

[0037] Eine derartige Ausführungsform ist vorteilhafterweise zusätzlich dadurch gekennzeichnet, dass Einrichtungen zur Überwachung des dem Prüfling zugeführten Schmiermittels, beispielsweise dessen Volumen- und/oder Massenstrom oder der Temperatur des aus dem Prüfling austretenden Schmiermittels, vorgesehen sind.

[0038] Eine weitere alternative Ausführungsform der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass Einrichtungen zur berührungslosen und vorzugsweise hochauflösenden Drehzahlerfassung und/oder Drehwinkelerfassung des Prüflings vorgesehen sind, beispielsweise mittels optischer, magnetischer, akustischer, elektromagnetischer oder radioelektrischer Aufnehmer.

[0039] Auch können Einrichtungen zur vorzugsweise dynamischen Ermittlung des Volumen- und/oder Massenstroms und/oder der Temperatur und/oder des Drucks des Gasdruckimpulses am Eintritt und/oder des Gases am Austritt des Prüflings vorgesehen sein.

[0040] Weiters ist eine Ausführungsform möglich, bei welcher gegebenenfalls berührungslose Einrichtungen zur Ermittlung der Körper- und/oder Luftschallemissionen an einer oder mehreren Stellen am Prüfling und/oder im Prüfstand vorgesehen sind.

[0041] In der nachfolgenden Beschreibung soll die Erfindung unter Bezugnahme auf die beige-fügte Zeichnung näher erläutert werden.

[0042] Die Zeichnungsfigur zeigt eine schematische Skizze einer erfindungsgemäßen Prüfvorrichtung für Turbomaschinen.

[0043] Die im Folgenden beschriebenen Verfahren und Vorrichtungen ermöglichen die zuverlässige, frühzeitige und kostengünstige Erkennung von Fehlern an Turbomaschinen, die alternativ auch als Prüfling bezeichnet werden. Unter den Begriff Turbomaschinen sind hier alle Arten von Turbinen, die die Energie eines gasförmigen oder flüssigen Energieträgers in mechanische Energie umwandeln, und alle Arten von rotierenden Kompressoren oder Pumpen, die mechanische Energie in eine Gas- oder Flüssigkeitsenergie umwandeln. Auch direkt oder über ein Getriebe mechanisch gekoppelte Kombinationen dieser Maschinen fallen unter den Begriff des Prüflings im Rahmen der vorliegenden Erfindung, ob dies nun beispielsweise Turbolader für Verbrennungsmotoren oder Turbotriebwerke für Flugzeuge sind. Die nachfolgend erläuterten Merkmale sind für alle Arten der genannten Prüflinge einzeln und in Kombination einsetzbar.

[0044] Nach den beschriebenen Verfahren geprüfte Turbomaschinen können anschließend unter Betriebsbedingungen (Leistungsnachweis) geprüft werden, ohne Funktionsausfälle befürchten zu müssen. Dadurch lassen sich die Prüfprozeduren verkürzen und eine Mehrfachbelegung mit fehlerhaften und anschließend reparierten Turbomaschinen wird vermieden, was zu einer deutlich verbesserten Wirtschaftlichkeit der oftmals mehrere Prüfstände umfassenden Prüfanlage führt. In der Grossserie können die nach den beschriebenen Verfahren geprüften Turbomaschinen überwiegend ohne einen abschließenden Test unter Betriebsbedingungen ausgeliefert werden. Für die zuverlässige Qualitätssicherung ist eine stichprobenweise Kontrolle der Leistungs- und/oder Emissionsdaten nach den anerkannten Regeln der statistischen Prozesskontrolle (SPC) ausreichend. Ausgehend von der bislang meist ungeprüften Auslieferung der Turbomaschinen wird mit den beschriebenen Verfahren eine wesentliche Qualitätsverbesserung und eine Rückverfolgbarkeit der produzierten Turbomaschinen erreicht. Im Vergleich zu einer Prüfung der Turbomaschinen unter Betriebsbedingungen können erhebliche Einsparungen an Energie, Arbeitszeit und Invest erreicht werden.

[0045] Mit einer Turbine 1 ist beispielsweise ein Kompressor 2 über die mechanischen Verbindung 3 mechanisch gekoppelt, wobei hier diese gesamte Anordnung den Prüfling darstellt. Für den Antrieb des Prüflings 1, 2, 3 im Rahmen der erfindungsgemäßen Funktionsprüfung wird nun ein Gasdruckimpuls aus einer Gasdruckquelle 4 verwendet und das daraus resultierende dynamische Verhalten des Prüflings 1, 2, 3 für die Fehlererkennung genutzt. Dabei wird vorzugsweise Druckluft verwendet, bei Bedarf können aber auch andere Gase zur Anwendung kommen. Als Gasdruckquelle 4 dient üblicherweise ein an die erforderliche Prüfung angepasster Gasdruckbehälter in der Nähe der Prüfeinrichtung, die Teil eines Systems sein kann, das aus mehreren, vorzugsweise vernetzten Prüfeinrichtungen besteht.

[0046] Vorteilhafterweise wird mehr als nur ein einzelner Gasdruckimpuls für die Prüfung verwendet, wobei vorzugsweise Gasdruckimpulse mit unterschiedlichem Energieinhalt verwendet werden. Der Energieinhalt eines beliebigen Gasdruckimpulses kann durch eine zusätzliche Beheizung oder Befuerung mittels etwa einer Gasbeheizung 5 erhöht werden.

[0047] Der die Turbomaschine 1, 2, 3 als Prüfling antreibende Gasdruckimpuls kann über das Ventil 6 gesteuert und vorzugsweise über eine Drosselvorrichtung 7 am oder in der Nähe des Gaseintrittes des Prüflings 1, 2, 3 gedrosselt werden, wobei die Drosselvorrichtung 7 vorzugsweise einstellbar ausgeführt ist. Über eine Messeinrichtung 8 für den Massendurchfluss und/oder Volumenstrom und/oder Druck und/oder Temperatur am Gaseintritt des Prüflings 1, 2, 3 und eine Messeinrichtung 9 für den Massendurchfluss und/oder Volumenstrom und/oder Druck und/oder Temperatur am Gasaustritt des Prüflings 1, 2, 3 werden entsprechende Messwerte ermittelt und der Auswertevorrichtung des Prüfstandes übermittelt.

[0048] Wie oben für den Gaseintritt beschrieben, kann auch der Gasaustritt am oder in der Nähe des Austritts aus dem Prüfling 1, 2, 3 statisch oder variabel gedrosselt werden, wofür die

vorzugsweise einstellbare Drosselvorrichtung 10 vorgesehen ist.

[0049] Eine Beeinflussung der drehenden Bewegung des Prüflings 1, 2, 3 mit Aufschluss über dessen Zustand ist aber auch über die mechanisch gekoppelte Maschine 2 möglich. Um diese Beeinflussung genau steuern zu können, wird gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung der Gaseintritt in diese meist als Kompressor ausgeführte Maschine 2 statisch oder variabel gedrosselt. Dafür ist eine vorzugsweise einstellbare Drosselvorrichtung 11 am Gaseintritt der gekoppelten Maschine 2 vorgesehen. Auch hier können vorteilhafterweise zumindest eine Messeinrichtung 12 für den Massendurchfluss und/oder Volumenstrom und/oder Druck und/oder Temperatur am Gaseintritt der gekoppelten Maschine 2 sowie auch zumindest eine Messeinrichtung 13 für den Massendurchfluss und/oder Volumenstrom und/oder Druck und/oder Temperatur am Gasaustritt der gekoppelten Maschine 2 vorgesehen sein. Besonders feine Abstimmung ist möglich, wenn über eine Drosselvorrichtung 14, vorzugsweise einstellbar, am Gasaustritt der gekoppelten Maschine 2 der Gasaustritt dieser Maschine 2 vorzugsweise variabel gedrosselt wird.

[0050] Überhaupt kann mittelbar über die mechanisch gekoppelte Maschine 2 auf den Prüfling 1, 2, 3 eingewirkt werden, was auch über zusätzlich antreibend und/oder bremsend auf die Maschine 2 einwirkende Gasdruckimpulse bewerkstelligt werden kann. Dafür kann an, oder in der Nähe von, einem oder mehreren Gasein- und/oder -austritten der mechanisch gekoppelten zweiten Maschine 2 ein an die Prüfung angepasster starrer oder flexibler Gasspeicher 21 angeschlossen sein. Allenfalls kann die Gasdruckquelle 4 zusätzlich auch als Gasdruckquelle für die Maschine 2 herangezogen werden.

[0051] Die Gasdruckquelle 4 kann aber nicht nur den Gaseintritt des Prüflings 1, 2, 3 beaufschlagen, sondern auch dessen Gasaustritt, so dass die Turbomaschine als Prüfling 1, 2, 3 allenfalls auch in der umgekehrten Strömungsrichtung betrieben werden kann.

[0052] Wie bereits weiter oben erwähnt, können eine oder mehrere der beschriebenen Prüfeinrichtungen in den Produktionsprozess der Turbomaschinen integriert sein. Anstelle einer natürlich auch möglichen manuellen Be- bzw. Entladung bzw. Adaption bzw. Deadaption der Prüfeinrichtung ist vorteilhafterweise vorgesehen, dass die Prüflinge 1, 2, 3 der Prüfeinrichtung mittels eines Fördersystems teil- oder vollautomatisch zugeführt und/oder von dieser abgeführt werden. Auch die Montage bzw. Demontage und/oder Adaption bzw. Deadaption der Prüflinge 1, 2, 3 im Prüfstand wird vorzugsweise teil- und/oder vollautomatisch vorgenommen. Dabei werden vorteilhafterweise alle Abläufe zur Be- und Entladung sowie zur Montage/Demontage und Adaption/Deadaption von einem Steuerungssystem überwacht und/oder teil- oder vollautomatisch gesteuert.

[0053] Über das Steuerungssystem des Prüfstands oder der gesamten Anlage wird vorteilhafterweise der genaue Produkttyp des Prüflings 1, 2, 3 vor und/oder während der Anlieferung ermittelt und der weitere Prozess der Montage/Demontage, Adaption/Deadaption und natürlich auch die Prüfung entsprechend anpasst. Die Typermittlung kann dabei sowohl durch Erfassung physikalischer Eigenschaften des Prüflings 1, 2, 3 selbst (z.B. Größe, Gewicht, Form oder spezielle Kennzeichnung) als auch durch die Abfrage und/oder Bereitstellung mechanischer oder elektronischer Informationen (z.B. mechanische Kodierung, Datenträger oder übergeordneter Rechner) oder einer Kombination dieser Möglichkeiten erfolgen.

[0054] Vor der rotierenden Prüfung wird zweckmäßigerweise eine Vollständigkeits- und/oder Maßkontrolle mit geeigneten Prüfverfahren (z.B. mechanisch, akustisch, optisch und/oder visuell (Kamerasystem)) durchgeführt, ebenso wie vorteilhafterweise eine Dichtigkeitsprüfung einer oder mehrerer Kammern der Maschine auf interne und/oder externe Undichtigkeiten. Weitere zusätzliche Verfahrensschritte können sein, dass vor und/oder während der rotierenden Prüfung die zum Prüfling gehörenden Sensoren und Aktoren geprüft und/oder betätigt werden, dass vor und/oder während der rotierenden Prüfung die zum Prüfling gehörenden Aktoren mit zusätzlichen Kräften beaufschlagt werden und/oder dass vor und/oder während der rotierenden Prüfung die zum Prüfling gehörenden Sensoren mit externen Signalen beaufschlagt werden.

[0055] Für die eigentliche Prüfung der Turbomaschine 1, 2, 3 ist vorteilhafterweise vorgesehen, dass einzelne oder alle Sensoren und Aktoren des Prüflings 1, 2, 3 sowie alle Sensoren und Aktoren des Prüfstands an eines oder mehrere Mess- und/oder Steuerungssysteme angeschlossen sind, welche den teil- oder vollautomatischen Ablauf der Prüfung überwachen und steuern. Dabei kann das jeweils aktive Mess- und/oder Steuerungssystem eine teil- oder vollautomatische Prüfung des Prüflings nach einem fest vorgegebenen und/oder variablen Prüfprogramm (z.B. in Abhängigkeit von vorhergehenden Prüfergebnissen aus anderen Prüfständen und/oder vorhergehenden Prüfungen im gleichen Prüfstand und/oder Umgebungsbedingungen) ausführen. Die dabei resultierenden Messwerte werden von dem einen oder den mehreren Mess- und/oder Steuerungssystemen teil- oder vollautomatisch aufgenommen, gegebenenfalls gespeichert und/oder für eine manuelle und/oder automatische Auswertung zur Verfügung gestellt. Einige oder alle Messwerte können sowohl statisch als auch dynamisch zeitbasiert erfasst werden, alternativ oder zusätzlich auch sowohl statisch als auch dynamisch drehzahlbasiert und/oder drehwinkelbasiert erfasst werden.

[0056] Besonders vorteilhaft ist eine berührungslose Drehzahlerfassung des Prüflings 1, 2, 3 über den berührungslosen Drehzahlaufnehmer 15, beispielsweise optisch, magnetisch, akustisch, elektromagnetisch (Wirbelstrom), oder radioelektrisch (Radar). Vorzugsweise erfolgt dabei die Drehzahlerfassung so hochauflösend, dass über den gesamten Drehzahlbereich der Prüfaufgabe die einzelnen Turbinen- und/oder Kompressorblätter erkannt werden können.

[0057] Auch der Volumen- und/oder Massenstrom und/oder Temperatur und/oder Druck des Gasdruckimpulses werden statisch und/oder dynamisch vermessen, sei es am Austritt der Turbomaschine 1 und/oder am Eintritt und/oder Austritt der mechanisch gekoppelten zweiten Maschine 3 (z.B. Kompressor). Als weitere Prüfungsverfahren können auch über Körperschallaufnehmer 16, 17 am Prüfling 1, 2, 3 und der gekoppelten Maschine 2 sowie über gegebenenfalls Luftschallaufnehmer 18 Körper- und/oder Luftschallemissionen an einer oder mehreren Stellen am Prüfling 1, 2, 3 und/oder im Prüfstand statisch und/oder dynamisch erfasst werden. Die Körperschallerfassung kann dabei mit bauteilberührenden oder im Prüfstand fest verbauten Schwingungsaufnehmern und/oder mit berührungslosen Schwingungsaufnehmern (z.B. Laser oder Ultraschall) erfolgen.

[0058] Während der Prüfung 1, 2, 3 während der erfindungsgemäßen Prüfung gegebenenfalls auch ohne Schmiermittel betrieben werden kann, ist vorzugsweise eine Schmierung mit einem an die Prüfung angepassten Schmiermittel vorgesehen, welches mit konstanten technischen Eigenschaften zugeführt wird. Das Schmiermittel kann insbesondere entsprechend den Prüfanforderungen erwärmt und/oder gekühlt werden. Auch die Eigenschaften und Zustände des Schmiermittels können zusätzlichen Aufschluss über den Prüfling 1, 2, 3 geben, so dass auch zumindest eine Messeinrichtung 19 für den Massendurchfluss und/oder Volumenstrom und/oder Druck und/oder Temperatur am Schmiermitteleintritt sowie auch eine Messeinrichtung 20 für die Temperatur am Schmiermittelaustritt vorgesehen sein können.

[0059] Vor der rotierenden Prüfung des Prüflings 1, 2, 3 ist dabei eine Durchflussprüfung des Schmiermediums mit Luft oder einem Prüfgas vorteilhaft. Im Rahmen der Prüfung ist dann vorteilhafterweise vorgesehen, dass der Volumen- und/oder Massenstrom der Schmiermittelversorgung statisch und/oder dynamisch erfasst und ausgewertet wird, ebenso wie die Temperatur des austretenden Schmiermittels statisch und/oder dynamisch erfasst und ausgewertet werden kann.

[0060] Die während der Prüfung des Prüflings 1, 2, 3 von einem oder mehreren Mess- und/oder Steuerungssystemen automatisch aufgenommenen und gespeicherten Messwerte können vorteilhafterweise gleich von diesem oder diesen Systemen oder aber einem weiteren unabhängigen System automatisch auf Abweichungen von fest definierten und/oder variablen Grenzwerten überprüft werden. Je nach dem Ergebnis dieser Überprüfung kann der Prüfling 1, 2, 3 automatisch klassifiziert und auch gekennzeichnet werden, beispielsweise per Markierung am Bauteil selbst, per Ausdruck oder elektronisch auf einem Datenträger oder in einem dezentralen oder zentralen Rechner. Zweckmäßigerweise wird die Klassifizierung mit den Prüfergeb-

nissen abgespeichert und/oder angezeigt. Eine weitere Möglichkeit ist die automatische Auswertung der Prüfergebnisse im Hinblick auf mögliche Ursachen von Abweichungen vom Normalzustand, wobei zusätzlich gleich entsprechende Hinweise zur Beseitigung der Abweichungen ausgegeben und mit den Prüfergebnissen abgespeichert und/oder angezeigt werden können. Das oder mehrere Mess- und/oder Steuerungssysteme können einzelne oder alle erfassten Messwerte und ermittelten Prüfergebnisse nach einer lokalen Zwischenspeicherung automatisch an einen übergeordneten Rechner weiterleiten, wo sie für weitere Auswertungen unabhängig vom Produktionsbetrieb am Prüfstand gesichert, ausgewertet und archiviert werden können. Umgekehrt kann jedes der Mess- und/oder Steuerungssysteme die aktuellsten Prüfparameter automatisch von einem übergeordneten zentralen Rechner beziehen und lokal zwischenspeichern, beispielsweise um einen Produktionsstopp bei einem Netzwerkausfall zu vermeiden. Dabei ist es natürlich auch zweckmäßig, wenn einzelne oder alle verwendeten Prüfparameter und Mess- und Auswerteergebnisse in Verbindung mit einer eindeutigen Identifikationskennzeichnung des geprüften Bauteils im lokalen Mess- und/oder Steuerungssystem und/oder auf dem übergeordneten Rechner gespeichert werden.

[0061] Zur Sicherung der Rückverfolgbarkeit aller Teile werden diese üblicherweise mit einer eindeutigen Identifikationskennzeichnung versehen und alle im Produktionsprozess anfallenden Daten dieser Identifikationskennzeichnung zugeordnet. Gegebenenfalls kann die Identifikationskennzeichnung zum Beginn des Prozesses auch virtuell vergeben und auf geeigneten Speichermedien (z.B. Datenträger des Werkstückträgers oder übergeordneter Rechner) zwischengespeichert werden, bevor die endgültige Kennzeichnung im Laufe oder am Ende des Produktionsprozesses physisch am Bauteil angebracht wird (z.B. Kennzeichnung erst nach abschließender IO Prüfung).

[0062] Die oben dargelegten Merkmale des Verfahrens der Prüfung sowie des Prüfsystems sind auch im übergeordneten Kontext der Qualitätssicherung in der Fertigung der Turbomaschinen zu sehen. Bereits heute werden in praktisch allen Produktionsprozessen in der Serienfertigung einzelne Qualitätsprüfungen integriert. In den meisten Anwendungsfällen werden in diesen Prüfungen spezifische Fehlermerkmale überprüft - verbunden mit dem Nachteil, dass per Definition mit einem geringeren Risiko verbundene Fehler nicht gesucht und somit auch nicht erkannt werden. Das nachfolgend beschriebene Verfahren zur Qualitätssicherung von Turbomaschinen in der Serienproduktion verringert das Risiko der mangelhaften Erkennung von Fehlern im Produktionsprozess und führt zu einer erheblichen Kostenersparnis gegenüber einer (heute in der Regel nicht eingesetzten) vollständigen Prüfung aller Einzelteile auf spezifische Fehlermerkmale.

[0063] Anstelle von einzelnen Prüfungen auf spezifische Fehlermerkmale an einzelnen Teilen werden Prüfungen von Funktionseinheiten durchgeführt, bei denen eine große Anzahl von möglichen (und möglicherweise unerwarteten) Fehlern zu einem vom „Normalzustand“ abweichenden Prüfergebnis führen. Ausgangspunkt für die Definition der im Rahmen dieses Verfahrens benötigten Prüfeinrichtungen ist die Erstellung einer in der Entwicklungs- und Produktionsplanung allgemein bekannten „Prozess-FMEA“ (Fehler-Möglichkeits-Einfluss-Analyse). In dieser werden die als kritisch zu bewertenden Fehler herausgefiltert und Gegenmaßnahmen zur Risikominderung definiert. Aus wirtschaftlichen Gründen ist es jedoch in der Praxis fast nie möglich, alle Fehler (also auch die mit einem niedrigen prognostizierten Risiko) mit Hilfe von Gegenmaßnahmen am Ort oder in der Nähe ihrer Entstehung zu verhindern.

[0064] Hier setzt jetzt das neue Verfahren für die Qualitätssicherung im Produktionsprozess an. In einem ersten Schritt wird zunächst versucht, mögliche Fehler mit hohem Risiko am Ort oder in der Nähe der Entstehung zu verhindern (z.B. durch konstruktive Maßnahmen oder Prozessverbesserungen). In einem zweiten Schritt wird die (verbesserte) FMEA-Analyse dahingehend überprüft, mit welchen Prüfmethoden und an welchen Stellen im Produktionsprozess jeder einzelne Fehler erkennbar gemacht werden kann. Im dritten Schritt wird überprüft, welche Prüfmethoden an welchen Stellen im Produktionsprozess die größte Bandbreite an Fehlern detektieren können und welche unterschiedlichen Prüfmethoden an einer Stelle des Produktionsprozesses zusammengefasst werden können.

[0065] Ziel ist dabei die Definition von möglichst wenigen Prüfeinrichtungen, die an „strategisch“ wichtigen Stellen des Produktionsprozesses angeordnet werden und praktisch als „Sicherheitsnetz“ wirken. In Summe sollen die definierten Prüfeinrichtungen in der Lage sein, eine maximale Anzahl unterschiedlicher Fehler zu erkennen - im Idealfall auch solche, die „eigentlich“ nicht vorkommen dürften.

[0066] Im letzten Schritt erfolgt eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des entwickelten Qualitätssicherungskonzepts. Darin müssen neben den Investitionskosten für die Prüfeinrichtung(en) (die für eine einzelne komplexe Prüfeinrichtung höher sein können als für mehrere einfache Prüfeinrichtungen) auch die Kosten für die Infrastruktur (z.B. Gebäude), die Ver- und Entsorgungseinrichtungen, die Energiekosten, die Betriebskosten und vor allem auch die Wartungskosten einfließen (die bei wenigen zentralen Prüfeinrichtungen in der Regel deutlich geringer sind als bei vielen dezentralen Prüfeinrichtungen). Ein wichtiger Faktor in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sind aber auch die Kosten für die Reparatur (oder Vernichtung) des geprüften Produkts in dem Fall, in dem in der Prüfstation ein Fehler erkannt wird. Je höher diese Kosten im Verlauf des Produktionsprozesses werden, desto eher führt die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung dazu, die Prüfprozesse auf mehrere Einrichtungen im Produktionsprozess zu verteilen.

[0067] Für die spezielle Anwendung dieser Grundsätze im Produktionsprozess von Turbomaschinen stehen aus der Serienproduktion von Motoren und Getrieben in der Automobilindustrie bekannten Einzelverfahren zur Verfügung, umfassend die Prüfung aller Einzelteile während und nach Abschluss des Fertigungsprozesses auf Einhaltung der geforderten physikalischen Eigenschaften, die Vermeidung von Auswahl- und Montagefehlern durch Poka-Yoke-Methoden, die Überwachung von Fertigungs- und Montageprozessen (z.B. Werkzeugüberwachung in Fertigungsmaschinen, Kraft/Weg-Überwachung von Fügevorgängen, Drehmoment/Drehwinkelüberwachung von Schraubvorgängen, Auftragskontrolle von Flüssigdichtungen), die Überprüfung von teilweise oder vollständig montierten Baugruppen auf Vollständigkeit, Dichtigkeit, Reibkräfte, Kontaktierung und Funktion, die Überprüfung des vollständig oder überwiegend vollständig montierten Endprodukts auf Vollständigkeit, Dichtigkeit, Reibkräfte, Kontaktierung und Funktion ohne es dafür unter normalen Betriebsbedingungen zu betreiben (wie weiter oben ausführlich beschrieben ist), sowie die Überprüfung des vollständig oder überwiegend vollständig montierten Endprodukts auf Vollständigkeit, Dichtigkeit, Reibkräfte, Kontaktierung, Funktion, Leistung und Emission unter normalen Betriebsbedingungen - entweder als 100%-Prüfung zur Leistungs- und Emissionseinstellung und -überprüfung oder als Qualitätskontrolle im Rahmen einer statistischen Prozesskontrolle (SPC) - auf einem speziellen Leistungsprüfstand oder eingebaut im Endprodukt.

[0068] Gemäß den Ergebnissen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden die notwendigen, sinnvollen und wirtschaftlich vertretbaren Prüfverfahren aus den zuvor aufgeführten Verfahren ausgewählt. Das Ziel ist dabei, eine möglichst große Anzahl von möglichen Fehlern mit möglichst wenigen Prüfungen zu erkennen. Besondere Bedeutung kommt dabei der Überprüfung der teilweise bis vollständig montierten Baugruppen und Endprodukte auf Vollständigkeit, Dichtigkeit, Reibkräfte, Kontaktierung und Funktion zu. Abschließend erfolgt eine nahtlose Integration in den vorgesehenen Produktionsprozess.

[0069] Dabei ist es besonders vorteilhaft, wenn die Überprüfung des vollständig oder überwiegend vollständig montierten Endprodukts auf Vollständigkeit, Dichtigkeit, Reibkräfte, Kontaktierung, Funktion, Leistung und Emission unter normalen Betriebsbedingungen zur Leistungseinstellungs- und/oder Emissionseinstellung und/oder -Überprüfung (100% Prüfung) durchgeführt wird oder nur als Qualitätskontrolle im Rahmen einer statistischen Prozesskontrolle (SPC) an einem Teil der produzierten Gesamtmenge durchgeführt wird.

Ansprüche

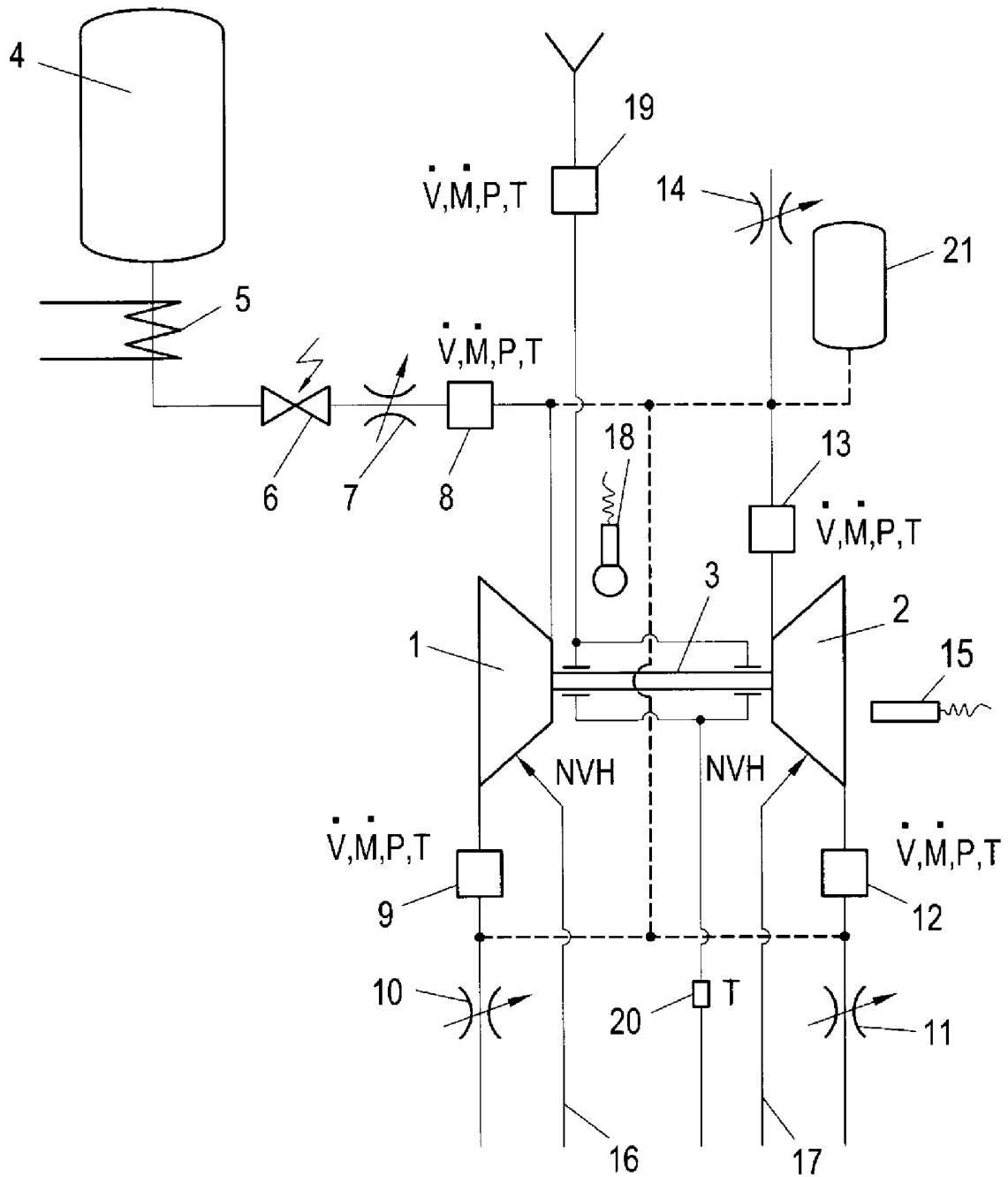
1. Verfahren für die Funktionsprüfung von Turbomaschinen, vorzugsweise Abgasturboladern, wobei der Prüfling mit unter Druck stehendem Gas beaufschlagt und dadurch betrieben wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Prüfling in eine Prüfeinrichtung eingebunden und mittels dieser Prüfeinrichtung mit zumindest einem Gasdruckimpuls, vorzugsweise zumindest einem Druckluftimpuls, beaufschlagt wird, wobei aus dem daraus resultierenden dynamischen Verhalten des Prüflings allfällige Fehler ermittelt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest zwei Gasdruckimpulse für die Prüfung verwendet werden, gegebenenfalls mit unterschiedlichem Energieinhalt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Energieinhalt zumindest eines Gasdruckimpulses durch eine zusätzliche Beheizung oder Befeuerung erhöht wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Prüfling in normaler Betriebsrichtung betrieben wird, in dem ein Gaseintritt oder gegebenenfalls alle Gaseintritte in den Prüfling mit dem Gasdruckimpuls beaufschlagt werden.
5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Prüfling durch Beaufschlagung des oder jedes Gasaustrittes des Prüflings mit zumindest einem Gasdruckimpuls in zur normalen Betriebsrichtung umgekehrter Strömungsrichtung betrieben wird.
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Gasdruckimpuls am oder in der Nähe des Prüflings vorzugsweise variabel gedrosselt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine durch Betätigung des Prüflings mittels des Gasdruckimpulses bewirkte und von diesem separate Gasströmung aus dem Prüfling am oder in der Nähe des Prüflings vorzugsweise variabel gedrosselt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass zusätzlich zur rotierenden Prüfung, vorzugsweise vor deren Durchführung, weitere Prüfungen erfolgen, beispielsweise eine Vollständigkeits- und/oder Maßkontrolle, eine mechanische, akustische, optische und/oder visuelle Kontrolle, eine Dichtheitsprüfung des Prüflings auf interne und/oder externe Undichtheit, eine Durchflussprüfung des Schmiersystems mit einem Prüfgas, vorzugsweise mit Luft, oder eine Überprüfung der zum Prüfling gehörenden Sensoren und Aktoren erfolgt, wobei vorzugsweise die zum Prüfling gehörenden Aktoren mit zusätzlichen Kräften beaufschlagt werden und/oder die zum Prüfling gehörenden Sensoren mit externen Signalen beaufschlagt werden.
9. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor dem Prüflauf eine automatisierte Identifizierung zumindest des Produkttyps des Prüflings durch das Mess- und/oder Steuerungssystem der Prüfeinrichtung vorgenommen und der Prüflauf dann abhängig vom Ergebnis der Identifizierung durchgeführt wird, die Identifizierung des Produkttyps vorzugsweise durch die Erfassung physikalischer Eigenschaften des Prüflings wie beispielsweise Größe, Gewicht oder Form erfolgt, bzw. dass die Identifizierung des Produkttyps oder des Prüflings an sich durch die Abfrage bzw. Erkennung einer individuellen Kennzeichnung erfolgt, oder dass die Identifizierung des Produkttyps oder des Prüflings an sich durch elektronischer Informationen aus dem Prozessleitsystem abgeleitet wird.
10. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass mittels Verbindung zumindest einiger Sensoren und Aktoren des Prüflings sowie zumindest einiger Sensoren und Aktoren des Prüfstands mit zumindest einem Mess- und/oder Steuerungssystem ein zumindest teilautomatischer Ablauf der Prüfung erfolgt, wobei ein gegebenenfalls variables Prüfprogramm durchlaufen wird und wobei vorzugsweise zumindest einige der Messwerte teil- oder vollautomatisch aufgenommen, gespeichert und für eine manuelle und/oder automatische Auswertung zur Verfügung gestellt werden.

11. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Prüflauf variabel in Abhängigkeit von dem Ergebnis einer oder mehrerer vorhergehenden Prüfungen und/oder abhängig von Umgebungsbedingungen durchgeführt wird.
12. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine automatische Auswertung der Prüfergebnisse im Hinblick auf Abweichungen von vorgebbaren festen Werten oder in Abhängigkeit von dem Ergebnis einer oder mehrerer vorhergehender Prüfungen und/oder Umgebungsbedingungen variablen Werten vorgenommen, der Prüfling entsprechend klassifiziert und vorzugsweise die Prüfergebnissen abgespeichert und/oder angezeigt werden, wobei vorzugsweise einzelne oder alle verwendeten Prüfparameter und Mess- und Auswerteergebnisse in Verbindung mit einer eindeutigen Identifikationskennzeichnung des Prüflings lokal in der Prüfeinrichtung und/oder einem übergeordneten System gespeichert werden.
13. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine automatische Auswertung der Prüfergebnisse im Hinblick auf mögliche Ursachen von Abweichungen vom Normalzustand vorgenommen, entsprechende Hinweise zur Beseitigung der Abweichungen ausgegeben und mit den Prüfergebnissen abgespeichert und/oder angezeigt werden.
14. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Messwert dynamisch zeitbasiert, dynamisch drehzahlbasiert oder dynamisch drehwinkelbasiert erfasst wird.
15. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Prüfling bei abgeschalteter externer Schmiermittelversorgung betrieben wird.
16. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Schmierung des Prüflings mit einem an die Prüfung angepassten Schmiermittel erfolgt, welches mit konstanten technischen Eigenschaften zugeführt bzw. entsprechend den Prüfanforderungen konditioniert wird.
17. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das dem Prüfling zugeführte Schmiermittel überwacht wird, beispielsweise dessen Volumen- und/oder Massenstrom oder die Temperatur des aus dem Prüfling austretenden Schmiermittels erfasst und ausgewertet werden.
18. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Drehzahlerfassung und/oder die Drehwinkelerfassung des Prüflings mittels eines berührungslosen Verfahrens erfolgt, beispielsweise optisch, magnetisch, akustisch, elektromagnetisch oder radioelektrisch, und vorzugsweise so hochauflösend, dass über den gesamten Drehzahlbereich der Prüfaufgabe die einzelnen Turbinen- und/oder Kompressorblätter erkannt werden.
19. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass Volumen- und/oder Massenstrom und/oder Temperatur und/oder Druck des Gasdruckimpulses am Eintritt und/oder des Gases am Austritt des Prüflings vorzugsweise dynamisch vermessen werden.
20. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass Körper- und/oder Luftschallemissionen an einer oder mehreren Stellen am Prüfling und/oder im Prüfstand statisch und/oder dynamisch, gegebenenfalls auch berührungslos, erfasst werden.
21. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass Volumen- und/oder Massenstrom und/oder Temperatur und/oder Druck des Gases am Eintritt und/oder am Austritt einer mechanisch mit dem Prüfling gekoppelten zweiten Maschine, beispielsweise einem Kompressor, vorzugsweise dynamisch vermessen werden.
22. Prüfeinrichtung für Turbomaschinen, vorzugsweise Abgasturbolader, mit einer Aufnahme für den Prüfling, einer Quelle für unter Druck stehendes Gas, vorzugsweise für Druckluft, mit welcher der Prüfling verbunden ist, sowie einer Auswerteeinrichtung, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Quelle (4) zur Beaufschlagung des oder jedes Gaseintritts in den Prüfling (1, 2, 3), gegebenenfalls alternativ oder zusätzlich auch des oder jedes Gasaustritts, mit zumindest einem Gasdruckimpuls ausgelegt ist, und dass in der Auswerteeinrich-

- tung das aus dem Druckluftimpuls resultierende dynamische Verhalten des Prüflings (1, 2, 3) überwacht und daraus Fehler zu ermitteln sind.
23. Prüfeinrichtung nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Quelle (4) zur Beaufschlagung des Prüflings (1, 2, 3) mit zumindest zwei Gasdruckimpulsen, gegebenenfalls mit unterschiedlichem Energieinhalt, ausgelegt ist.
 24. Prüfeinrichtung nach Anspruch 22 oder 23, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine zusätzliche Einrichtung (5) zur Beheizung oder Befeuerung des unter Druck stehenden Gases vorgesehen ist.
 25. Prüfeinrichtung nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine vorzugsweise einstellbare Drosseleinrichtung (7, 10, 11, 14) für das unter Druck stehende Gas am oder in der Nähe des oder jedes Gaseintritts in den Prüfling (1, 2, 3) und/oder am oder in der Nähe des oder jedes allfälligen Gasaustritts aus dem Prüfling (1, 2, 3) vorgesehen ist.
 26. Prüfeinrichtung nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest einige Sensoren und Aktoren des Prüflings (1, 2, 3) sowie zumindest einige Sensoren und Aktoren des Prüfstands mit zumindest einem Mess- und/oder Steuerungssystem verbunden sind, in welchem ein zumindest teilautomatischer Ablauf der Prüfung implementiert ist, bei welchem zumindest einige der Messwerte teil- oder vollautomatisch aufnehmbar, speicherbar und für eine manuelle und/oder automatische Auswertung zur Verfügung stellbar sind.
 27. Prüfeinrichtung nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein System zur Versorgung des Prüflings (1, 2, 3) mit einem an die Prüfung angepassten Schmiermittel vorgesehen ist, gegebenenfalls umfassend ein Konditioniersystem für das Schmiermittel.
 28. Prüfeinrichtung nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass Einrichtungen (19, 20) zur Überwachung des dem Prüfling (1, 2, 3) zugeführten Schmiermittels, beispielsweise dessen Volumen- und/oder Massenstrom oder der Temperatur des aus dem Prüfling (1, 2, 3) austretenden Schmiermittels, vorgesehen sind.
 29. Prüfeinrichtung nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass Einrichtungen (15) zur berührungslosen und vorzugsweise hochauflösenden Drehzahlerfassung und/oder Drehwinkelerfassung des Prüflings (1, 2, 3) vorgesehen sind, beispielsweise mittels optischer, magnetischer, akustischer elektromagnetischer oder radioelektrischer Aufnehmer.
 30. Prüfeinrichtung nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass Einrichtungen (8, 9, 12, 13) zur vorzugsweise dynamischen Ermittlung des Volumen- und/oder Massenstroms und/oder der Temperatur und/oder des Drucks des Gasdruckimpulses am Eintritt und/oder des Gases am Austritt des Prüflings (1, 2, 3) vorgesehen sind.
 31. Prüfeinrichtung nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass gegebenenfalls berührungslose Einrichtungen (16, 17, 18) zur Ermittlung der Körper- und/oder Luftschallemissionen an einer oder mehreren Stellen am Prüfling (1, 2, 3) und/oder im Prüfstand vorgesehen sind.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

1/1



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC: G01M 15/14 (2006.01)		
Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß ECLA: G01M 15/14		
Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation): G01M		
Konsultierte Online-Datenbank: WPI		
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 23. Februar 2012 eingereichten Ansprüchen 1–31 erstellt. Die in der Gebrauchsmusterschrift veröffentlichten Ansprüche könnten im Verfahren geändert worden sein (§ 19 Abs. 4 GMG), sodass die Angaben im Recherchenbericht, wie Bezugnahme auf bestimmte Ansprüche, Angabe von Kategorien (X, Y, A), nicht mehr zutreffend sein müssen. In die dem Recherchenbericht zugrundeliegende Fassung der Ansprüche kann beim Österreichischen Patentamt während der Amtsstunden Einsicht genommen werden.		
Kategorie ¹⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
Y	WO 2008005679 A2 (INTERNATIONAL ENGINE INTELLECTUAL PROPERTY COMPANY, LLC) 10. Jänner 2008 (10.01.2008)	1–4, 10, 19, 21–24, 26, 30
A	Zusammenfassung; Fig. 4–6; Absätze 0032–0043;	12–14, 29
Y	DE 102008031274 B3 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH) 22. Oktober 2009 (22.10.2009)	1–4, 10, 19, 21–24, 26, 30
A	Zusammenfassung; Fig. 4–10; Absätze 0048–0107;	6, 7, 25
Datum der Beendigung der Recherche: 3. Mai 2012		☐ Fortsetzung siehe Folgeblatt Prüfer(in): HÖRZER K.
¹⁾ Kategorien der angeführten Dokumente: X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung : der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung : der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist. A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert. P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde. E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein älteres Recht hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). & Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.		