



(10) **DE 10 2021 106 593 B3** 2022.09.08

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2021 106 593.3**
 (22) Anmeldetag: **18.03.2021**
 (43) Offenlegungstag: –
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **08.09.2022**

(51) Int Cl.: **G01M 99/00** (2011.01)
G01M 17/007 (2006.01)
G01M 13/045 (2019.01)
G01M 13/028 (2019.01)
G01M 15/00 (2006.01)
G01M 13/00 (2019.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
**Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft,
 80809 München, DE**

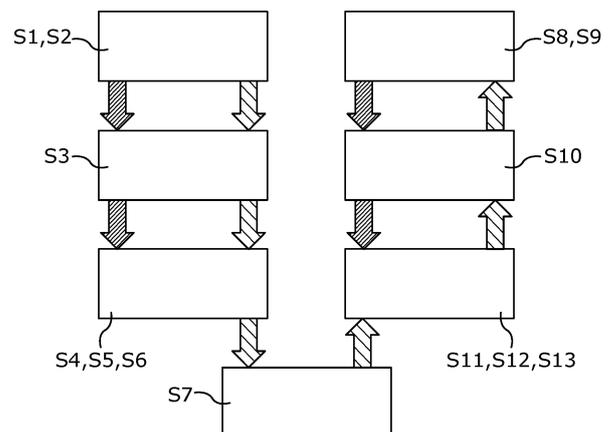
(72) Erfinder:
Bonart, Jakob, 82194 Gröbenzell, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	196 47 792	A1
DE	10 2014 007 761	A1
DE	10 2017 006 687	A1
DE	10 2019 100 721	A1
CN	1 05 300 692	A

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Charakterisieren eines Prüfstands**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Charakterisieren wenigstens eines zur Messung von Schallpegeln von Komponenten ausgebildeten Prüfstands. Es werden Messwerte ermittelt, welche die von den Komponenten in dem gleichen Betriebspunkt emittierten und mittels des Prüfstands gemessenen Schallpegel charakterisieren (Schritt S1). Es wird eine Verteilungsfunktion (10, 12, 14) aus den Messwerten (Schritt S2) berechnet. Die Verteilungsfunktion wird normalisiert (Schritt S3). Es wird ein Mittelwert der normalisierten Verteilungsfunktion (Schritt S4) berechnet. Es wird die Standardabweichung der normalisierten Verteilungsfunktion berechnet (Schritt S4).



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Charakterisieren eines Prüfstands zum Prüfen von Komponenten.

[0002] Aus der Entwicklung von Komponenten, insbesondere für Kraftfahrzeuge, ist es bekannt, dass die Komponenten geprüft werden. Hierzu kommen Prüfstände zum Einsatz. Insbesondere im Rahmen einer Massenproduktion von Komponenten können mehrere Prüfstände zum Einsatz kommen, sodass erste der Komponenten mittels eines ersten der Prüfstände und zweite der Komponenten mittels eines zweiten der Prüfstände geprüft werden. Dadurch können beispielsweise zumindest zwei der Komponenten gleichzeitig geprüft werden. Die Prüfstände können jedoch technisch bedingt Varianzen unterworfen sein, sodass beispielsweise eine Komponente, die mittels eines Prüfstands für in Ordnung befunden wird, mittels eines anderen Prüfstands für nicht in Ordnung befunden würde oder umgekehrt. Dies kann insbesondere der Fall sein bei Prüfständen zum Messen von Schallpegeln. So ist es denkbar, dass mittels eines Prüfstands ermittelt wird, dass eine Komponente hinreichend leise ist, um in einem Kraftfahrzeug verbaut und verwendet werden zu können, wobei beispielsweise mittels eines anderen Prüfstands ermittelt wird oder würde, dass dieselbe Komponente übermäßig laut ist beziehungsweise unerwünschte Geräusche emittiert und sich daher nicht eignet, um in einem Kraftfahrzeug verbaut und verwendet zu werden. Dies kann insbesondere daran liegen, dass für die Prüfstände ungeachtet ihrer Varianzen beziehungsweise Unterschiede der gleiche Grenzwert, mithin die gleiche Grenze, verwendet wird, mit welchem die Komponenten beziehungsweise der von der Komponente emittierte Schalpegel verglichen wird. Aufgrund der Varianzen beziehungsweise Unterschiede zwischen den Prüfständen ist es dabei denkbar, dass beispielsweise mittels des einen Prüfstands ermittelt wird, dass ein Schallpegel, der von einer Komponente emittiert wird, während die eine Komponente in einem Betriebspunkt betrieben wird, unterhalb der Grenze ist, sodass die eine Komponente als hinreichend leise und somit als in Ordnung eingestuft wird, wobei beispielsweise mittels eines anderen Prüfstands ermittelt wird oder würde, dass der von der einen Komponente bei dem gleichen Betriebspunkt emittierte Schallpegel die Grenze überschreitet, sodass die gleiche Komponente mittels des einen Prüfstands als hinreichend leise und somit als in Ordnung eingestuft wird, mittels des anderen Prüfstands jedoch als übermäßig laut und somit als nicht in Ordnung eingestuft wird oder würde.

[0003] Die Veröffentlichung „Experimental round-robin evaluation of structure-borne sound source force-power test methods“, H. Kevin Lai et.al., 2015,

ist beispielsweise eine Evaluierung von Unterschieden in beziehungsweise zwischen verschiedenen Laboren. Beispielsweise im Falle von Getriebeprüfständen wird in jedem Prüfstand eine eigene Statistik aufgebaut und anhand dieser dann die Grenze bestimmt. Für den Fall, dass die Prüfstandsergebnisse mit Fahrzeugbewertungen korrelieren sollen, gibt es nur solchen internen Stand der Technik, dass man eine hinreichende, beispielsweise gegenüber 100 größere Anzahl an Getrieben beziehungsweise Motoren in zwei Prüfständen fährt, um eine Übertragungskurve bilden zu können.

[0004] Des Weiteren offenbart die DE 10 2017 006 687 A1 ein Prüfsystem zur Stückprüfung von Prüflingen. Aus der CN 105 300 692 A ist ein Verfahren zur Lebensdauerabschätzung von Lagern bekannt. Außerdem offenbart die DE 10 2014 007 761 A1 ein Verfahren zur Bestimmung des Werts einer vibroakustischen Größe. Der DE 196 47 792 A1 sind eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Körperschall-Güteprüfung als bekannt zu entnehmen. Ferner offenbart die DE 10 2019 100 721 A1 ein System zum Einstellen von Schwingungsalarmen für Maschinenanlagen.

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren zu schaffen, welches es ermöglicht, Komponenten mittels Prüfständen hinreichend vergleichbar prüfen zu können.

[0006] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0007] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Charakterisieren zur Messung von Schallpegeln von Komponenten, insbesondere für Kraftfahrzeuge, ausgebildeten Prüfstands. Wie im Folgenden noch genauer erläutert wird, schafft das Verfahren eine besonders Vorteilhafte Grundlage dafür, einen auch als erster allgemeiner Grenzwert oder allgemeine Grenze bezeichneten Grenzwert zu ermitteln, insbesondere zu berechnen, um anhand der allgemeinen Grenze von den Komponenten und/oder von anderen, weiteren Komponenten in dem gleichen Betriebspunkt emittierte Schallpegel, die mittels des Prüfstands und/oder mittels eines anderen, weiteren Prüfstands gemessen werden oder wurden, zu prüfen, insbesondere dahingehend, ob der jeweilige Schallpegel übermäßig hoch oder hinreichend gering ist, mithin zu prüfen, ob die jeweilige Komponente übermäßig laut ist beziehungsweise unerwünschte Geräusche emittiert oder aber hinreichend leise ist beziehungsweise keine unerwünschten Geräusche emittiert. Insbesondere schafft dabei das erfindungsgemäße Verfahren eine Grundlage, um Ergebnisse von mittels der Prüfstände durchgeführten Schallpe-

gelmessungen aussagekräftig miteinander vergleichen zu können, sodass beispielsweise mittels der Prüfstände die gleiche Komponente, das heißt der von der gleichen Komponente in dem gleichen Betriebspunkt emittierte Schallpegel auf gleiche Weise beurteilt beziehungsweise bewertet, das heißt eingestuft, werden kann. Das erfindungsgemäße Verfahren schafft somit eine Voraussetzung dafür, dass es nicht dazu kommt, dass die gleiche Komponente dann, wenn sie in einem Betriebspunkt betrieben wird, durch einen der Prüfstände als hinreichend leise und somit als in Ordnung und durch den anderen Prüfstand als übermäßig laut und somit als nicht in Ordnung bewertet wird.

[0008] Hierfür umfasst das Verfahren einen ersten Schritt, bei welchem Messwerte ermittelt werden, welche auch als erste Messwerte bezeichnet werden und die von den auch als erste Komponenten bezeichneten Komponenten in dem gleichen Betriebspunkt emittierten und mittels des Prüfstands gemessenen Schallpegel charakterisieren. Das Ermitteln der Messwerte kann umfassen, dass die beispielsweise in einer Speichereinrichtung, insbesondere einer elektronischen Recheneinrichtung, gespeicherten Messwerte aus der Speichereinrichtung abgerufen werden, insbesondere mittels der elektronischen Recheneinrichtung. Das Ermitteln der Messwerte kann, muss jedoch nicht notwendigerweise, ein Erzeugen oder Erfassen der Messwerte umfassen. Unter dem Erzeugen oder Erfassen der Messwerte ist insbesondere Folgendes zu verstehen: Beispielsweise werden die Komponenten mittels des auch als erster Prüfstand oder Master-Prüfstand bezeichneten Prüfstands, insbesondere nacheinander beziehungsweise aufeinanderfolgend, in dem gleichen Betriebspunkt betrieben. Der Betriebspunkt ist beispielsweise zumindest oder ausschließlich charakterisiert oder definiert durch eine Drehzahl, sodass die jeweiligen, ersten Komponenten, insbesondere aufeinanderfolgend beziehungsweise nacheinander, mittels des Prüfstands bei der gleichen Drehzahl betrieben werden. Dabei umfasst beispielsweise die jeweilige Komponente eine insbesondere als Abtriebswelle ausgebildete Welle, über welche die Komponente beispielsweise wenigstens ein Drehmoment, insbesondere zum Antreiben eines Kraftfahrzeugs, bereitstellen kann. Unter der zuvor genannten Drehzahl ist eine Drehzahl zu verstehen, mit welcher sich die Welle insbesondere um eine Drehachse relativ zu einem Gehäuse der Komponente dreht. Während sich also die Welle mit der Drehzahl dreht beziehungsweise während die Welle mit der Drehzahl gedreht wird, wodurch die jeweilige, erste Komponente in dem jeweiligen, auch als erster Betriebspunkt bezeichneten Betriebspunkt betrieben wird, emittiert die jeweilige Komponente einen Schall wie beispielsweise einen Körperschall und/oder einen Luftschall und somit einen Schallpegel, welcher mittels des Prüfstands, beispielsweise mittels

eines Sensors wie beispielsweise eine Körperschallsensors und/oder eines Mikrofons, des ersten Prüfstands, gemessen wird. Der Schallpegel ist somit eine Messgröße, die mittels des Prüfstands gemessen wird, wobei der jeweilige Messwert ein Wert und somit eine Größe beziehungsweise ein Maß der Messgröße ist, sodass der jeweilige Messwert mittels des Prüfstands gemessen wird. Der jeweilige Messwert charakterisiert oder definiert somit beispielsweise, wie laut die jeweilige Komponente war oder ist, während die Welle mit der Drehzahl gedreht wurde beziehungsweise wird, mithin während die jeweilige Komponente in dem Betriebspunkt betrieben wird. Die Komponenten können, insbesondere herstellungsbedingten, Toleranzen unterworfen sein, sodass die Komponenten in dem gleichen Betriebspunkt, das heißt obwohl sie gleich betrieben werden beziehungsweise obwohl die Welle mit der gleichen Drehzahl gedreht wird, unterschiedlich laut sein können, das heißt unterschiedliche Schallpegel emittieren können, was sich insbesondere dadurch ausdrückt, dass die Messwerte voneinander unterschiedlich sind.

[0009] Insbesondere werden die Messwerte mittels einer beziehungsweise der zuvor genannten, elektronischen Recheneinrichtung ermittelt. Das Ermitteln kann umfassen, dass die Messwerte, die beispielsweise von dem Prüfstand, insbesondere von dem Sensor, bereitgestellt werden, an die elektronische Recheneinrichtung übermittelt und von der elektronischen Recheneinrichtung empfangen werden, insbesondere derart, dass die Messwerte in der Speichereinrichtung gespeichert und von der elektronischen Recheneinrichtung abgerufen werden.

[0010] Bei einem zweiten Schritt des Verfahrens wird aus den Messwerten eine auch als erste Verteilungsfunktion bezeichnete Verteilungsfunktion berechnet, insbesondere mittels der elektronischen Recheneinrichtung. Mit anderen Worten wird eine Verteilungsfunktion der Messwerte berechnet. Die Verteilungsfunktion und ihre Berechnung sind aus dem allgemeinen Stand der Technik und insbesondere aus dem Gebiet der Stochastik hinlänglich bekannt. Die erste Verteilungsfunktion wird auch als ursprüngliche Verteilungsfunktion bezeichnet.

[0011] Bei einem dritten Schritt des Verfahrens wird die Verteilungsfunktion normalisiert. Im Rahmen der Erfindung ist unter dem Normalisieren der Verteilungsfunktion zu verstehen, dass aus der ursprünglichen, insbesondere noch nicht normalisierten Verteilungsfunktion eine auch als Gauß-Verteilung bezeichnete Normalverteilung gebildet wird. Hierzu eignet sich beispielsweise die hinlänglich bekannte Box-Cox-Transformation, die es beispielsweise ermöglicht, aus einer auch als Schiefverteilung bezeichneten, von einer beziehungsweise der Nor-

malverteilung abweichenden Verteilung oder Verteilungsfunktion eine beziehungsweise die Normalverteilung zu bilden. Durch das Normalisieren der Verteilungsfunktion wird aus der ursprünglichen Verteilungsfunktion eine normalisierte Verteilungsfunktion gebildet. Das Berechnen der Verteilungsfunktion und das Normalisieren der Verteilungsfunktion werden vorzugsweise mittels der elektronischen Recheneinrichtung durchgeführt. Die normalisierte Verteilungsfunktion wird auch als erste Gleichverteilung oder erste Gleichverteilungsfunktion bezeichnet.

[0012] Bei einem vierten Schritt des Verfahrens wird, insbesondere mittels der elektronischen Recheneinrichtung, ein Mittelwert der normalisierten Verteilungsfunktion (erste Gleichverteilungsfunktion) berechnet.

[0013] Bei einem fünften Schritt des Verfahrens wird, insbesondere mittels der elektronischen Recheneinrichtung, die auch als Sigma bezeichnete Standardabweichung der normalisierten Verteilungsfunktion berechnet. Die Standardabweichung und der Mittelwert charakterisieren den ersten Prüfstand, wobei ausgehend von dieser Charakterisierung Komponenten besonders gut vergleichbar mittels unterschiedlicher Prüfstände geprüft werden können. Die Standardabweichung ist aus dem allgemeinen Stand der Technik und insbesondere aus dem Bereich der Stochastik als Streuungsmaß hinlänglich bekannt.

[0014] Als besonders vorteilhaft hat es sich gezeigt, wenn, insbesondere mittels der elektronischen Recheneinrichtung, eine die Standardabweichung und den Mittelwert umfassende Transformationsvorschrift ermittelt wird, anhand derer jeder Punkt der ursprünglichen Verteilungsfunktion in einen Punkt der normierten ersten Gleichverteilungsfunktion (normalisierte und normierte Verteilungsfunktion) transformierbar ist, um dadurch aus den Punkten der Verteilungsfunktion die normalisierte und normierte Verteilungsfunktion zu erzeugen. Mit anderen Worten, die ursprüngliche Verteilungsfunktion ist ein Ausgangssystem oder befindet sich in einem Ausgangssystem oder kann als Ausgangssystem oder in einem Ausgangssystem betrachtet werden. Dementsprechend ist die erste normierte Gleichverteilungsfunktion ein Zielsystem oder die erste normierte Gleichverteilungsfunktion befindet sich in einem Zielsystem oder die erste normierte Gleichverteilungsfunktion kann als ein Zielsystem oder in einem Zielsystem betrachtet werden. Mittels der Transformationsvorschrift kann jeder Punkt beziehungsweise jeder Messwert von dem Ausgangssystem in das Zielsystem gebracht, das heißt transformiert werden. Die ursprüngliche Verteilungsfunktion wird mittels einer Normalisierungsvorschrift, welche auch als Instrument bezeichnet wird, normalisiert.

Beispielsweise ist das Instrument die zuvor genannte Box-Cox-Transformation. Dabei umfasst beispielsweise die Transformationsvorschrift das Instrument, den Mittelwert und die Standardabweichung, sodass beispielsweise jeder Punkt der ursprünglichen Verteilungsfunktion dadurch in das Zielsystem transformiert werden kann, dass der jeweilige Punkt der Normalisierungsvorschrift unterzogen und, insbesondere danach, mit der Standardabweichung und dem Mittelwert verrechnet wird, wodurch der jeweilige Punkt der Transformationsvorschrift unterzogen, mithin gemäß der Transformationsvorschrift verrechnet und dadurch in einen korrespondierenden Punkt in dem Zielsystem umgewandelt wird. Beispielsweise wird der jeweilige Punkt der ursprünglichen Verteilungsfunktion zunächst der Normalisierungsvorschrift unterzogen, mithin gemäß der Normalisierungsvorschrift verrechnet, wodurch der jeweilige Punkt der ursprünglichen Verteilungsfunktion in einen jeweiligen, normalisierten, zweiten Punkt der normalisierten, noch nicht normierten Verteilungsfunktion umgewandelt wird. Die normalisierte, noch nicht normierte Verteilungsfunktion kann beispielsweise anhand der Standardabweichung und des Mittelwerts normiert werden, insbesondere dadurch, dass die Differenz zwischen dem jeweiligen, zweiten Punkt und dem Mittelwert durch die Standardabweichung dividiert wird. Unter der normalisierten und normierten Verteilungsfunktion ist insbesondere zu verstehen, dass bei oder in der normalisierten und normierten Verteilungsfunktion der Mittelwert bei 0 liegt und sich die Standardabweichung von -1 bis +1 erstreckt.

[0015] Eine weitere Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass wenigstens ein allgemeiner, sich auf die normalisierte und normierte Verteilungsfunktion beziehender Grenzwert als die zuvor genannten, allgemeine Grenze berechnet wird.

[0016] Beispielsweise wird der allgemeine Grenzwert, das heißt die allgemeine Grenze berechnet wird, indem der Mittelwert der normalisierten und normierten Verteilungsfunktion mit der Standardabweichung der normalisierten und normierten Verteilungsfunktion oder einem Vielfachen der Standardabweichung der normalisierten und normierten Verteilungsfunktion addiert wird. Hier wird also die allgemeine Grenze anhand der normalisierten und normierten Verteilungsfunktion, also in dem Zielsystem bestimmt. Das Vielfache der Standardabweichung wird auch als das n-fache der Standardabweichung bezeichnet, wobei mit n eine, insbesondere positive, reelle Zahl bezeichnet ist. Mit anderen Worten ist die allgemeine Grenze beispielsweise die mathematische Summe aus dem Mittelwert und der Standardabweichung beziehungsweise dem Vielfachen der Standardabweichung der normalisierten und normierten Verteilungsfunktion.

[0017] Ferner ist es denkbar, die allgemeine Grenze ausgehend von dem Ausgangssystem zu bestimmen. Hierzu wird beispielsweise der allgemeine Grenzwert (allgemeine Grenze) berechnet, indem ein sich auf die Verteilungsfunktion beziehender Ausgangsschwellenwert, das heißt ein sich in dem Ausgangssystem befindender oder in dem Ausgangssystem bestimmter Ausgangswert anhand der Transformationsvorschrift in den sich auf die normalisierte und normierte Verteilungsfunktion beziehenden, allgemeinen Grenzwert umgerechnet, derart, dass der Ausgangsschwellenwert beziehungsweise Ausgangswert mit der Transformationsvorschrift verrechnet und dadurch in das Zielsystem transformiert wird.

[0018] Die Erfindung ermöglicht es, anhand des Prüfstands und anhand der durch den Prüfstand durchgeführten Messungen der Schallpegel der Komponenten den einfach auch als allgemeine Grenze bezeichneten, allgemeinen Grenzwert, welcher auch als erste Grenze oder erster allgemeiner Grenzwert bezeichnet wird, zu berechnen und die berechnete, allgemeine Grenze als Grundlage dafür zu verwenden, die Komponenten und/oder andere, weitere Komponenten mittels des Prüfstands und/oder mittels eines anderen, weiteren Prüfstands im Hinblick auf ihre bei dem gleichen Betriebspunkt emittierten Schallpegel zu prüfen, derart, dass Ergebnisse der Prüfungen sehr gut miteinander vergleichbar sind, insbesondere in Abhängigkeit von dem berechneten, allgemeinen Grenzwert. Wird somit beispielsweise mittels des Prüfstands ein von einer Komponente in einem Betriebspunkt emittierter erster Schallpegel gemessen, und wird mittels eines anderen, weiteren Prüfstands ein von der Komponente in dem gleichen Betriebspunkt emittierter, zweiter Schallpegel gemessen, so können der erste Schallpegel und der zweite Schallpegel in Abhängigkeit von der allgemeinen Grenze miteinander verglichen werden beziehungsweise dadurch, dass der erste Schallpegel und der zweite Schallpegel in Abhängigkeit von der allgemeinen Grenze geprüft oder bewertet werden, kann vermieden werden, dass die Komponente mittels des einen Prüfstands als hinreichend leise beziehungsweise als in Ordnung eingestuft wird und mittels des anderen Prüfstands als übermäßig laut beziehungsweise als nicht in Ordnung eingestuft wird. Wieder mit anderen Worten ausgedrückt ermöglicht die Erfindung das Berechnen des allgemeinen Grenzwerts als eine äquivalente, das heißt für unterschiedliche Prüfstände geltende oder vorteilhaft nutzbare, allgemeine Grenze, sodass mittels der Prüfstände Komponenten gleich gut, das heißt vergleichbar geprüft werden können. Hierunter ist insbesondere zu verstehen, dass auf Basis der berechneten Grenze durch unterschiedliche Prüfstände zu gleichen Prüfergebnissen gekommen werden kann, insbesondere dahingehend, dass mittels beider Prüfstände

zu dem gleichen Ergebnis im Hinblick auf dieselbe Komponente gelangt wird oder würde. Sollen somit beispielsweise durch zwei Prüfstände Komponenten dahingehend geprüft werden, ob die Komponenten, insbesondere ihre in dem gleichen Betriebspunkt emittierten Schallpegel, ein insbesondere vorgebbares oder vorgegebenes Kriterium erfüllen, so ermöglicht es die Erfindung, dass beide Prüfstände die gleiche Komponente in dem gleichen Betriebspunkt gleich prüfen beziehungsweise beurteilen, sodass anhand beider Prüfstände ermittelt werden kann, dass die gleiche Komponente beziehungsweise ihr Schallpegel das Kriterium erfüllt oder nicht. Unterschiedliche Bewertungen der Komponente durch die Prüfstände können durch die Erfindung vermieden werden.

[0019] Der Prüfstand, anhand dessen die allgemeine Grenze berechnet wird, ist beispielsweise ein sogenannter Referenzprüfstand, welcher auch als Master-Prüfstand bezeichnet wird. Dabei wird beispielsweise davon ausgegangen, dass der Referenzprüfstand die jeweilige Komponente hinreichend gut prüfen kann, sodass dann, wenn anhand des Referenzprüfstands ermittelt wird, dass die Komponente beziehungsweise ihr Schallpegel das Kriterium erfüllt, dies auch tatsächlich der Fall ist und die Komponente beispielsweise in einem fertig hergestellten Kraftfahrzeug verwendet werden kann. Die anhand des Referenzprüfstands berechnete, allgemeine Grenze kann dann auf wenigstens einen oder mehrere, andere Prüfstände übertragen werden, welche auch als Zielprüfstände oder Target-Prüfstände bezeichnet werden. Durch diese Übertragung der allgemeinen Grenze auf den jeweiligen Zielprüfstand kann sichergestellt werden, dass dann auch der jeweilige Zielprüfstand die jeweilige Komponente oder eine jeweilige, andere Komponente derart gut prüfen kann, dass dann, wenn mittels des jeweiligen Zielprüfstands ermittelt wird, dass die jeweilige Komponente beziehungsweise ihr Schallpegel das Kriterium erfüllt, dies auch tatsächlich der Fall ist und somit die Komponente tatsächlich für ein fertiges Kraftfahrzeug verwendet werden kann. Das Vielfache der Standardabweichung, das heißt n , wird beispielsweise empirisch gewählt, sodass das Vielfache der Standardabweichung vorgebar oder vorgegeben ist.

[0020] Das erfindungsgemäße Verfahren ist besonders vorteilhaft verwendbar für das Prüfen von Antriebskomponenten, insbesondere Antriebsaggregaten, für Kraftfahrzeuge. Mit anderen Worten ist es vorzugsweise vorgesehen, dass es sich bei der Komponente um eine Antriebskomponente, insbesondere um ein Antriebsaggregat, für ein jeweiliges, vorzugsweise als Kraftwagen ausgebildetes Kraftfahrzeug handelt. Insbesondere kann es sich bei der Komponente um einen Motor, insbesondere um einen Verbrennungsmotor oder um eine elektri-

sche Maschine, oder um ein Getriebe (zur Verwendung bei einem Verbrennungsmotor oder einer elektrischen Maschine) handeln. Mit anderen Worten kann beispielsweise die Komponente, insbesondere die Antriebskomponente, einen Motor, insbesondere einen Verbrennungsmotor oder eine elektrische Maschine, und/oder ein Getriebe für ein Kraftfahrzeug umfassen. Bevorzugte Komponenten bzw. Antriebsaggregate sind elektrische Antriebsaggregate, bei welchen in einem Gehäuse sowohl die elektrische Maschinen als auch das Getriebe (umfassend zumindest einen Übersetzungsstufe und/oder eine Differential etc.) angeordnet sind.

[0021] Um eine besonders hohe Anzahl an Komponenten vorteilhaft und insbesondere vergleichbar prüfen zu können, ist es bei einer Ausführungsform der Erfindung vorgesehen, dass in Abhängigkeit von dem Grenzwert ein weiterer Grenzwert, das heißt eine weitere Grenze für einen weiteren, anderen Prüfstand berechnet wird. Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, dass der Grenzwert für den weiteren Prüfstand verwendet wird. Die Erfindung sieht somit grundsätzlich zunächst vor, die allgemeine Grenze anhand des ersten Prüfstands zu ermitteln, das heißt zu finden. Hierdurch ist eine vorteilhafte Basis geschaffen, um die Komponenten und/oder andere Komponenten zu prüfen, insbesondere im Hinblick auf ihren Schallpegel. Außerdem ist hierdurch eine Basis geschaffen, um anhand des wenigstens einen weiteren Prüfstands die Komponenten und/oder die weiteren Komponenten insbesondere im Hinblick auf ihren Schallpegel prüfen zu können. Bei der zuvor beschriebenen Ausführungsform ist es dann vorgesehen, den berechneten, ersten allgemeinen Grenzwert zu nutzen, um den weiteren Grenzwert für den weiteren Prüfstand zu berechnen und/oder um den berechneten, ersten allgemeinen Grenzwert für den weiteren Prüfstand zu verwenden, um mittels des weiteren Prüfstands die Komponenten und/oder andere, weitere Komponenten in Abhängigkeit von dem berechneten, ersten allgemeinen Grenzwert und/oder in Abhängigkeit von dem weiteren Grenzwert zu prüfen.

[0022] Um mittels des weiteren Prüfstands die Komponenten und/oder die weitere Komponenten auf einfache Weise prüfen zu können, ist es in weiterer Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, dass, insbesondere mittels einer weiteren oder der elektronischen Recheneinrichtung, weitere Messwerte ermittelt werden, welche jeweilige, von den Komponenten oder von weiteren Komponenten in dem gleichen Betriebspunkt emittierte und mittels des weiteren Prüfstands gemessene, weitere Schallpegel charakterisieren. Die vorigen und folgenden Ausführungen zu den ersten Messwerten können ohne Weiteres auf die weiteren Messwerte übertragen werden und umgekehrt. Des Weiteren ist es vorgesehen, dass mittels der ersten elektronischen Recheneinrichtung

oder mittels der weiteren elektronischen Recheneinrichtung eine weitere Verteilungsfunktion aus den weiteren Messwerten berechnet wird, und, insbesondere mittels der weiteren elektronischen Recheneinrichtung oder mittels der ersten elektronischen Recheneinrichtung, wird die weitere Verteilungsfunktion normalisiert, sodass eine weitere, normalisierte Verteilungsfunktion berechnet wird. Die weitere, normalisierte Verteilungsfunktion wird auch als weitere Gleichverteilung oder weitere Gleichverteilungsfunktion bezeichnet.

[0023] Des Weiteren wird, insbesondere mittels der ersten elektronischen Recheneinrichtung oder mittels der weiteren elektronischen Recheneinrichtung, ein weiterer Mittelwert der weiteren, normalisierten Verteilungsfunktion berechnet. Des Weiteren ist es vorzugsweise vorgesehen, dass, insbesondere mittels der ersten elektronischen Recheneinrichtung oder mittels der weiteren elektronischen Recheneinrichtung, die auch als weitere Standardabweichung bezeichnete Standardabweichung der weiteren, normalisierten Verteilungsfunktion berechnet wird. Außerdem wird, insbesondere der ersten elektronischen Recheneinrichtung oder mittels der weiteren elektronischen Recheneinrichtung, eine die weitere Standardabweichung und den weiteren Mittelwert umfassende, weitere Transformationsvorschrift ermittelt, anhand derer jeder Punkt der weiteren, nicht normalisierten Verteilungsfunktion in einen Punkt der normalisierten und normierten, weiteren Verteilungsfunktion transformierbar ist, um dadurch aus den Punkten der weiteren, nicht normalisierten Verteilungsfunktion die normalisierte und normierte, weitere Verteilungsfunktion zu erzeugen. Dies bedeutet, dass auch der weitere Prüfstand charakterisiert wird, insbesondere auf die gleiche Weise, auf die auch der erste Prüfstand charakterisiert wurde. Es ist somit erkennbar, dass für den weiteren Prüfstand im Grunde die gleichen Schritte wie für den ersten Prüfstand (Referenzprüfstand) durchgeführt werden, um die Prüfstände zu charakterisieren.

[0024] Als besonders vorteilhaft hat es sich gezeigt, wenn, insbesondere mittels der ersten oder weiteren, elektronischen Recheneinrichtung, der weitere Grenzwert berechnet wird, indem der allgemeine Grenzwert anhand der invertierten, weiteren Transformationsvorschrift auf den weiteren, sich auf den sich auf die weitere, nicht normalisierte und nicht normierte Verteilungsfunktion beziehenden Grenzwert umgerechnet wird. Somit wird die allgemeine Grenze auf ein weiteres Ausgangssystem umgerechnet beziehungsweise in das weitere Ausgangssystem transformiert, in welchem die sich auf den weiteren Prüfstand beziehende, weitere, nicht normierte und nicht normalisierte Verteilungsfunktion beschrieben ist oder sich befindet. Dadurch können Messwerte, die mittels des weiteren Prüfstands gewonnen werden, zumindest im Wesentlichen direkt und somit

schnell und einfach mit dem weiteren Grenzwert verglichen werden.

[0025] Mit andere Worten erfolgt eine Rücktransformation der allgemeinen Grenze und somit von dem Zielsystem auf den weiteren Grenzwert und somit in das weitere Ausgangssystem, wodurch die Komponenten mittels des weiteren Prüfstands besonders schnell, präzise und aussagekräftig geprüft werden können. Für diese Rücktransformation wird die weitere Transformationsvorschrift invertiert. Anhand der invertierten, weiteren Transformationsvorschrift können beispielsweise alle Punkte der normalisierten und normierten, weiteren Verteilungsfunktion in Punkte der nicht normalisierten und nicht normierten, weiteren Verteilungsfunktion umgewandelt beziehungsweise transformiert werden, und insbesondere kann die allgemeine Grenze hierdurch auf die nicht normalisierte und nicht normierte, weitere Verteilungsfunktion rückgerechnet werden.

[0026] Somit muss beispielsweise das zuvor beschriebene, auch als Transformation bezeichnete Normalisieren und Normieren der weiteren, sich auf den weiteren Prüfstand beziehenden Verteilungsfunktion nur einmal durchgeführt werden, um den weiteren Prüfstand zu charakterisieren und somit die anhand des Referenzprüfstands gewonnene, allgemeine Grenze auf den weiteren Prüfstand beziehungsweise rückrechnen zu können. Durch ein entsprechendes, inverses Vorgehen wird aus der allgemeinen Grenze auf den weiteren Grenzwert rückgerechnet, sodass beispielsweise Schallpegel beziehungsweise Messwerte, die von Komponenten in dem gleichen Betriebspunkt emittierte Schallpegel charakterisieren und mittels des weiteren Prüfstands gemessen werden, ohne die zuvor beschriebene Transformation, das heißt ohne das Normalisieren und Normieren und insbesondere direkt mit dem berechneten, weiteren Grenzwert verglichen werden können. Dadurch können Komponenten, die mittels des weiteren Prüfstands (Zielprüfstand) geprüft werden, schnell und präzise dahingehend geprüft werden, ob die jeweilige Komponente beziehungsweise ihr Schallpegel den weiteren Grenzwert überschreitet oder nicht. Überschreitet die Komponente beziehungsweise ihr Schallpegel beziehungsweise der den Schallpegel charakterisierende Messwert den weiteren Grenzwert, so erfüllt die Komponente das Kriterium nicht, und die Komponente ist übermäßig laut beziehungsweise weist ein unerwünschtes Geräuschverhalten auf, da die Komponente unerwünschte Geräusche emittiert. Ist jedoch der Schallpegel beziehungsweise der den jeweiligen Schallpegel der jeweiligen Komponente charakterisierende Messwert kleiner oder gleich dem weiteren Grenzwert, so ist die Komponente hinreichend leise beziehungsweise die Komponente weist ein vorteilhaftes Geräuschverhalten auf, sodass die Komponente das Kriterium erfüllt. Das

Verfahren ermöglicht es dabei, dass beide Prüfstände, das heißt sowohl der Referenzprüfstand als auch der Zielprüfstand, beispielsweise dann, wenn mittels beider Prüfstände die gleiche Komponente in dem gleichen Betriebspunkt geprüft würde, zu dem gleichen Ergebnis kommen oder kommen würden, das heißt mittels beider Prüfstände kann oder könnte ermittelt werden, ob die jeweilige Komponente das Kriterium erfüllt oder nicht. Das Kriterium ist beispielsweise dann nicht erfüllt, wenn der mittels des weiteren Prüfstands gemessenen Schallpegel beziehungsweise der den Schallpegel charakterisierende Messwert den weiteren Grenzwert überschreitet, sodass das Kriterium beispielsweise zumindest dann erfüllt ist, wenn der mittels des weiteren Prüfstands gemessene Schallpegel beziehungsweise der den Schallpegel charakterisierende Messwert den weitere Grenzwert unterschreitet oder gleich dem Schwellenwert ist. Es ist erkennbar, dass der weitere Grenzwert eine sich auf den weiteren Prüfstand beziehende und somit spezifische, erste Grenze ist. Der Ausgangs-Schwellenwert ist eine sich auf den ersten Prüfstand beziehende und somit spezifische, zweite Grenze, anhand derer die allgemeine, für beide Prüfstände verwendbare Grenze ermittelt werden kann, von der dann auf die erste spezifische Grenze rückgerechnet werden kann.

[0027] Um schließlich in Abhängigkeit von der berechneten, allgemeinen Grenze und in Abhängigkeit von dem berechneten, weiteren Grenzwert Komponenten besonders vorteilhaft und vergleichbar prüfen zu können, ist es in weiterer Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, dass mittels des weiteren Prüfstands dritte Messwerte gemessen werden, welche dritte Schallpegel, die in dem gleichen Betriebspunkt von den Komponenten und/oder den weiteren Komponenten und/oder dritten Komponenten emittiert werden, charakterisieren, wobei die dritten Messwerte anhand des weiteren Grenzwerts geprüft und/oder mit dem weiteren Grenzwert verglichen werden. Somit ist es denkbar, dass die ersten Komponenten und die weiteren Komponenten genutzt werden, um die äquivalente, allgemeine Grenze zu ermitteln. Nach entsprechender Ermittlung der allgemeinen Grenze und der spezifischen, ersten Grenze, können wieder andere Komponenten in Form der dritten Komponenten mittels des Zielprüfstands (weiterer Prüfstand) vorteilhaft geprüft werden. Die Erfindung ermöglicht es dadurch, dass der Zielprüfstand die dritten Komponenten in Abhängigkeit von dem weiteren Grenzwert prüft, dass der Zielprüfstand die dritten Komponenten so prüft, wie es der Referenzprüfstand tun würde. Dies bedeutet, dass der Zielprüfstand zu den gleichen Ergebnissen kommt oder dass anhand des Zielprüfstands zu den gleichen Ergebnissen gelangt wird, zu denen auch der Referenzprüfstand kommen würde beziehungsweise zu denen auch anhand des Referenzprüfstands gelangt würde.

[0028] Um die Komponenten besonders vorteilhaft prüfen zu können, ist es in weiterer Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, dass als der Mittelwert der arithmetische Mittelwert berechnet wird.

[0029] Offenbart ist auch ein Verfahren zum Prüfen wenigstens einer Komponente. Bei dem Verfahren zum Prüfen der wenigstens einen Komponente wird mittels eines Prüfstands die wenigstens Komponente in wenigstens einem Betriebspunkt betrieben, in welchem die wenigstens eine Komponente einen Schallpegel emittiert. Mittels des Prüfstands wird wenigstens ein Messwert gemessen, welcher den emittierten Schallpegel charakterisiert. Der Messwert wird dabei in Abhängigkeit von einem der Grenzwerte geprüft, der mittels eines Verfahrens gemäß der Erfindung berechnet wird. Hierunter ist beispielsweise zu verstehen, dass der Messwert mit dem Grenzwert verglichen wird oder der Messwert wird mit dem weiteren Grenzwert verglichen. Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind als Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens zum Prüfen der wenigstens einen Komponente anzusehen und umgekehrt.

[0030] Weitere Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels mit den zugehörigen Zeichnungen. Dabei zeigt:

Fig. 1 ein Flussdiagramm zum Veranschaulichen eines erfindungsgemäßen Verfahrens; und

Fig. 2 ein weiteres Diagramm zum weiteren Veranschaulichen des Verfahrens.

[0031] In den Fig. sind gleiche oder funktionsgleiche Elemente mit gleichen Bezugszeichen versehen.

[0032] **Fig. 1** zeigt ein Flussdiagramm, anhand dessen im Folgenden ein Verfahren zum Charakterisieren eines ersten Prüfstands veranschaulicht wird. Der erste Prüfstand ist ein auch als Master-Prüfstand bezeichneter Referenzprüfstand, welcher dazu ausgebildet ist, Schallpegel von ersten Komponenten für Kraftfahrzeuge, das heißt von Komponenten von Kraftfahrzeugen emittierte Schallpegel, zu messen. Bei der jeweiligen Komponente handelt es sich beispielsweise um eine Antriebskomponente, welche einen Verbrennungsmotor und/oder ein Getriebe umfassen kann. Der Referenzprüfstand wird auch als End-of-Line-Prüfstand bezeichnet, da er beispielsweise am Ende einer Montagelinie oder eines Montagebands verwendet wird, um die jeweilige, entlang der Montagelinie beziehungsweise entlang des Montagebands hergestellte Komponente beziehungsweise ihren Schallpegel zu prüfen. Dies erfolgt beispielsweise derart, dass die Komponente mittels des Referenzprüfstands in einem Betriebspunkt

betrieben wird. Der Betriebspunkt ist beispielsweise durch eine Drehzahl der Komponente definiert. Dies bedeutet, dass die Komponente wenigstens eine Welle und wenigstens ein Gehäuse aufweist, wobei die Welle um eine Drehachse relativ zu dem Gehäuse drehbar ist. Mittels des Referenzprüfstands wird die Welle angetrieben und dadurch um die Drehachse relativ zu dem Gehäuse derart gedreht, dass sich die Welle mit einer insbesondere durch den Prüfstand vorgebbaren oder vorgegebenen Drehzahl dreht. Der Referenzprüfstand misst den Schallpegel, der von der Komponente emittiert wird, während die Welle mit der Drehzahl gedreht wird. Der Schallpegel ist beispielsweise ein Pegel eines von der Komponente emittierten Schalls, wobei der Schall ein Körperschall und/oder ein Luftschall sein kann. Der Schall beziehungsweise der Schallpegel wird somit beispielsweise mittels eines Körperschallsensors oder mittels eines Mikrofons des Prüfstands erfasst. Dabei ist es insbesondere denkbar, dass die Welle mittels des Prüfstands mit unterschiedlichen Drehzahlen gedreht wird, sodass die Komponente mittels des Prüfstands in unterschiedlichen Betriebspunkten betrieben wird, wobei es vorzugsweise vorgesehen ist, dass für jede der Drehzahlen beziehungsweise für jeden der Betriebspunkte ein jeweiliger, von der Komponente in dem Betriebspunkt emittierter Schallpegel beziehungsweise ein jeweiliger Messwert mittels des Prüfstands gemessen wird, der einen jeweiligen Schallpegel charakterisiert, der von der Komponente in dem jeweiligen Betriebspunkt emittiert wird. Um das Verfahren im Folgenden anschaulich zu erläutern, wird Bezug genommen auf eine Drehzahl, das heißt auf einen Betriebspunkt, einen Schallpegel und einen zugehörigen Messwert. Insbesondere ist es denkbar, dass mittels des Prüfstands wenigstens eine Ordnung beziehungsweise unterschiedliche Ordnungen der Komponente erfasst und geprüft werden. Somit ist es insbesondere denkbar, dass mittels des Referenzprüfstands eine Ordnungsanalyse durchgeführt wird, das heißt eine Analyse von Geräuschen und/oder Schwingungen der Komponente. Alternativ oder zusätzlich wird eine Frequenzanalyse durchgeführt.

[0033] Bei einem ersten Schritt S1 des Verfahrens werden Messwerte ermittelt, welche die von den ersten Komponenten in dem gleichen Betriebspunkt emittierten und mittels des ersten Prüfstands (Referenzprüfstand) gemessenen Schallpegel charakterisieren.

Bei einem zweiten Schritt S2 des Verfahrens wird eine Verteilungsfunktion aus den Messwerten ermittelt. Bei einem dritten Schritt S3 des Verfahrens wird die Verteilungsfunktion normalisiert, beispielsweise mittels einer Box-Cox-Transformation. Unter dem Normalisieren der Verteilungsfunktion ist zu verstehen, dass aus der Verteilungsfunktion eine Normalverteilung gebildet wird. Bei einem vierten Schritt S4 des Verfahrens wird ein beziehungsweise der Mittel-

wert, insbesondere der arithmetische Mittelwert, der normalisierten Verteilungsfunktion berechnet. Bei einem fünften Schritt S5 des Verfahrens wird die Standardabweichung der normalisierten Verteilungsfunktion berechnet. Das Normalisieren der Verteilungsfunktion wird mittels eines mathematischen Instruments wie beispielsweise der Box-Cox-Transformation durchgeführt. Bei einem sechsten Schritt S6 des Verfahrens wird eine die Standardabweichung und den Mittelwert und auch das Instrument umfassende Transformationsvorschrift ermittelt, anhand derer jeder Punkt der ursprünglichen, nicht normalisierten und nicht normierten Verteilungsfunktion in einen Punkt der normalisierten und normierten Verteilungsfunktion transformierbar ist, um dadurch aus den Punkten der nicht normalisierten und nicht normierten Verteilungsfunktion die normalisierte und normierte Verteilungsfunktion zu erzeugen. Die Transformationsvorschrift umfasst somit das Instrument zum Normalisieren der ursprünglichen, nicht normalisierten Verteilungsfunktion und eine Normierungsvorschrift zum Normieren der normalisierten Verteilungsfunktion. Die Normierungsvorschrift umfasst beispielsweise, dass dadurch jeder Punkt der normalisierten und noch nicht normierten Verteilungsfunktion in einen jeweiligen Punkt der normalisierten und normierten Verteilungsfunktion umgerechnet werden und dadurch die normalisierte Verteilungsfunktion in die normalisierte und normierte Verteilungsfunktion umgewandelt werden kann, dass die jeweilige Differenz zwischen dem jeweiligen Punkt der normalisierten Verteilungsfunktion und dem Mittelwert der normalisierten Verteilungsfunktion durch die Standardabweichung der normalisierten Verteilungsfunktion dividiert, das heißt geteilt wird.

[0034] Bei einem siebten Schritt S7 wird wenigstens ein allgemeiner, sich auf die normalisierte Verteilungsfunktion beziehender Grenzwert berechnet, welcher auch als allgemeine oder äquivalente Grenze bezeichnet wird. Beispielsweise wird der allgemeine Grenzwert berechnet, indem ein sich auf die ursprüngliche, nicht normierte und nicht normalisierte Verteilungsfunktion beziehender Ausgangsschwellenwert anhand der Transformationsvorschrift in den sich auf die normalisierte und normierte Verteilungsfunktion beziehenden, allgemeinen Grenzwert umgerechnet, mithin transformiert wird.

[0035] Der Referenzprüfstand ist ein Prüfstand, der sich insbesondere durch Tests als dazu fähig erwiesen hat, Komponenten für Kraftfahrzeuge derart prüfen zu können, dass dann, wenn mittels des Referenzprüfstands ermittelt wird, dass ein Schallpegel einer Komponente hinreichend gering ist, diese Komponente tatsächlich in einem Kraftfahrzeug verbaut werden kann, ohne dass es in in dem Kraftfahrzeug verbautem Zustand der Komponente zu unerwünschten, durch die Komponente verursachten

Geräuschen kommt. Um nun auch mittels eines anderen, weiteren und auch als Zielprüfstand bezeichneten Prüfstands Komponenten für Kraftfahrzeuge derart prüfen zu können, dass der Zielprüfstand die Komponenten genauso gut wie der Referenzprüfstand prüfen kann, das heißt dass dann, wenn eine Komponente mittels des Zielprüfstands geprüft wird, zu gleichen Ergebnissen gelangt wird, wie wenn die Komponente mittels des Referenzprüfstands geprüft würde, wird der allgemeine Grenzwert genutzt, um mittels des Zielprüfstands, welcher auch als zweiter oder weiterer Prüfstand bezeichnet wird, weitere beziehungsweise zweite Komponenten in Abhängigkeit von dem allgemeinen Grenzwert zu prüfen.

[0036] Hierfür ist es bei einem achten Schritt S8 vorgesehen, dass weitere beziehungsweise zweite Messwerte ermittelt werden, welche jeweilige, von den ersten Komponenten oder von weiteren beziehungsweise zweiten Komponenten in dem gleichen Betriebspunkt emittierte und mittels des Zielprüfstands gemessene, weitere beziehungsweise zweite Schallpegel charakterisieren. Hierzu wird die jeweilige Komponente beziehungsweise die jeweilige weitere Komponente mittels des Zielprüfstands geprüft, derart, dass mittels des Zielprüfstands die jeweilige Komponente beziehungsweise die jeweilige weitere Komponente in dem gleichen Betriebszustand betrieben wird, und mittels des Zielprüfstands wird für die jeweilige Komponente ein jeweiliger, weiterer Messwert gemessen, der einen jeweiligen, weiteren Schallpegel charakterisiert, der von der jeweiligen Komponente beziehungsweise weiteren Komponente emittiert wird, während die jeweilige Komponente beziehungsweise weitere Komponente mittels des Prüfstands in dem Betriebspunkt betrieben wird.

[0037] Der Zielprüfstand wird nun wie der Referenzprüfstand charakterisiert. Wie bei dem zweiten Schritt S2 ist es somit bei einem neunten Schritt S9 vorgesehen, dass eine weitere beziehungsweise zweite Verteilungsfunktion aus den weiteren beziehungsweise zweiten Messwerten berechnet wird. Bei einem zehnten Schritt S10 ist es vorgesehen, dass die weitere Verteilungsfunktion normalisiert wird, und bei einem elften Schritt S11 ist es vorgesehen, dass ein weiterer beziehungsweise zweiter Mittelwert der weiteren beziehungsweise zweiten, normalisierten Verteilungsfunktion berechnet wird. Bei einem zwölften Schritt S12 wird die Standardabweichung der weiteren, normalisierten Verteilungsfunktion berechnet, und bei einem dreizehnten Schritt S13 wird eine die weitere Standardabweichung und den weiteren Mittelwert sowie ein Instrument zum Normalisieren der weiteren Verteilungsfunktion umfassende, weitere Transformationsvorschrift ermittelt, anhand derer jeder Punkt der weiteren, nicht normalisierten und nicht normierten Verteilungsfunktion in einen Punkt der normalisierten und

normierten, weiteren Verteilungsfunktion transformierbar ist, um dadurch aus den Punkten der weiteren, nicht normierten und nicht normalisierten Verteilungsfunktion die normalisierte und normierte, weitere Verteilungsfunktion zu erzeugen. Das Instrument zum Normalisieren der weiteren Verteilungsfunktion kann die Box-Cox-Transformation sein.

[0038] Für den Referenzprüfstand wird dann ein weiterer beziehungsweise zweiter Grenzwert, das heißt eine weitere beziehungsweise zweite Grenze, berechnet, indem der allgemeine Grenzwert anhand der invertierten, weiteren Transformationsvorschrift auf den weiteren, sich auf die weitere, nicht normalisierte und nicht normierte Verteilungsfunktion beziehenden Grenzwert umgerechnet, mithin transformiert wird.

[0039] Durch Invertieren der weiteren Transformationsvorschrift erhält man eine Rücktransformationsvorschrift, anhand derer man die allgemeine, äquivalente Grenze auf den weiteren Grenzwert rückrechnen kann. Mit dem weiteren Grenzwert ist ein oder der jeweilige, durch den Zielprüfstand gemessene oder zu messende, weitere Messwert vergleichbar. Mit anderen Worten, der weitere Grenzwert ist ein solcher Vergleichswert, der beispielsweise auf folgende Weise genutzt werden kann: Mittels des Zielprüfstands werden beispielsweise auf die zuvor beschriebene Weise dritte Komponenten geprüft, derart, dass die jeweilige dritte Komponente mittels des Zielprüfstands in dem jeweiligen Betriebspunkt betrieben wird, wobei mittels des Zielprüfstands für die jeweilige dritte Komponente ein jeweiliger dritter Messwert gemessen wird, welcher einen jeweiligen, dritten Schallpegel charakterisiert, der von der jeweiligen, dritten Komponente in den Betriebspunkt emittiert wird. Nun kann der jeweilige dritte Messwert, insbesondere direkt, mit dem Vergleichswert verglichen werden. Ist der jeweilige, dritte Messwert beispielsweise größer als der Vergleichswert (weiterer Grenzwert), so kann dann darauf rückgeschlossen werden, dass die jeweilige dritte Komponente übermäßig laut ist beziehungsweise unerwünschte Geräusche emittiert. Ist der jeweilige dritte Messwert jedoch kleiner oder gleich dem Vergleichswert, so ist die dritte Komponente hinreichend leise beziehungsweise die dritte Komponente weist ein vorteilhaftes Geräuschverhalten auf, sodass die dritte Komponente tatsächlich an dem Kraftfahrzeug verbaut werden kann. Zu den gleichen Ergebnissen würde man kommen, wenn die jeweilige dritte Komponente mittels des Zielprüfstands geprüft würde, da der weitere Grenzwert aus der anhand des Referenzprüfstands ermittelten, äquivalenten Grenze ermittelt wurde. Somit können sowohl mittels des Referenzprüfstands als auch mittels des Zielprüfstands Komponenten präzise und vergleichbar und insbesondere gleich gut geprüft werden, sodass solche Komponenten, die durch den Zielprüf-

stand als für einen Verbau in einem Kraftfahrzeug geeignet eingestuft werden, auch durch den Referenzprüfstand als für einen Verbau in einem Kraftfahrzeug eingestuft würden und umgekehrt.

[0040] Fig. 2 zeigt ein Diagramm zum Veranschaulichen des Verfahrens, insbesondere zum Veranschaulichen des Normalisierens. Fig. 2 zeigt eine mit 10 bezeichnete und als Normalverteilung ausgebildete Verteilungsfunktion. Außerdem zeigt Fig. 2 eine mit 12 bezeichnete Verteilungsfunktion, welche eine Schiefverteilung und somit eine von der Normalverteilung unterschiedliche Verteilungsfunktion ist. Außerdem zeigt Fig. 2 eine Verteilungsfunktion 14, welche ebenfalls eine Schiefverteilung und somit eine von einer Normalverteilung unterschiedliche Verteilungsfunktion ist. In Fig. 2 ist durch Pfeile veranschaulicht, dass durch die beschriebene Normalisierung, das heißt beispielsweise durch die Box-Cox-Transformation, die Schiefverteilungen (Verteilungsfunktionen 12 und 14) in eine in Fig. 2 mit 16 bezeichnete Normalverteilung umgewandelt werden können. Wird beispielsweise die Verteilungsfunktion 10 der Box-Cox-Transformation, das heißt der Normalisierung, unterzogen, obwohl die Verteilungsfunktion 10 bereits eine Normalverteilung ist, so erfolgt keine ungünstige Veränderung der Verteilungsfunktion 10, und die Verteilungsfunktion 10 bleibt eine beziehungsweise die Normalverteilung. Das Verfahren ermöglicht es somit, von der Normalverteilung unterschiedliche Verteilungsfunktionen vorteilhaft in eine Normalverteilung umzuwandeln, ohne jedoch bereits als Normalverteilungen ausgebildete Verteilungsfunktionen ungünstig zu verändern. Somit ermöglicht es das Verfahren, Komponenten mittels des Referenzprüfstands und mittels des Zielprüfstands gleich gut prüfen zu können. Mit anderen Worten kann durch das Verfahren vermieden werden, dass die Prüfstände zu unterschiedlichen Ergebnissen gelangen, wenn die gleiche Komponente in dem gleichen Betriebspunkt geprüft wird.

Bezugszeichenliste

10	Verteilungsfunktion
12	Verteilungsfunktion
14	Verteilungsfunktion
16	Normalverteilung
S1	erster Schritt
S2	zweiter Schritt
S3	dritter Schritt
S4	vierter Schritt
S5	fünfter Schritt
S6	sechster Schritt
S7	siebter Schritt

S8	achter Schritt
S9	neunter Schritt
S10	zehnter Schritt
S11	elfter Schritt
S12	zwölfter Schritt
S13	dreizehnter Schritt

sich auf die normalisierte und normierte Verteilungsfunktion beziehenden, allgemeinen Grenzwert umgerechnet wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Abhängigkeit von dem allgemeinen Grenzwert ein weiterer Grenzwert für einen weiteren Prüfstand berechnet und/oder der allgemeine Grenzwert für den weiteren Prüfstand verwendet wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Charakterisieren wenigstens eines zur Messung von Schallpegeln von Komponenten ausgebildeten Prüfstands, mit den Schritten:

- Ermitteln von Messwerten, welche die von den Komponenten in dem gleichen Betriebspunkt emittierten und mittels des Prüfstands gemessenen Schallpegel charakterisieren (Schritt S1);
- Berechnen einer Verteilungsfunktion (10, 12, 14) aus den Messwerten (Schritt S2);
- Normalisieren der Verteilungsfunktion (Schritt S3);
- Berechnen eines Mittelwerts der normalisierten Verteilungsfunktion (Schritt S4); und
- Berechnen der Standardabweichung der normalisierten Verteilungsfunktion (Schritt S5).

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine die Standardabweichung und den Mittelwert umfassende Transformationsvorschrift ermittelt wird, anhand derer jeder Punkt der Verteilungsfunktion in einen Punkt der normalisierten und normierten Verteilungsfunktion transformierbar ist, um dadurch aus den Punkten der Verteilungsfunktion die normalisierte und normierte Verteilungsfunktion zu erzeugen (Schritt S6).

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens ein allgemeiner Grenzwert berechnet wird (Schritt S7), anhand dessen von den Komponenten und/oder von anderen, weiteren Komponenten in dem gleichen Betriebspunkt emittierte Schallpegel, die mittels des Prüfstands und/oder mittels eines anderen, weiteren Prüfstands gemessen werden oder wurden, zu prüfen sind.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der allgemeine Grenzwert berechnet wird, indem der Mittelwert der normalisierten und normierten Verteilungsfunktion mit der Standardabweichung der normalisierten und normierten Verteilungsfunktion oder einem Vielfachen der Standardabweichung der normalisierten und normierten Verteilungsfunktion addiert wird.

5. Verfahren nach den Ansprüchen 2 und 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der allgemeine Grenzwert berechnet wird, indem ein sich auf die Verteilungsfunktion beziehender Ausgangs-Schwellenwert anhand der Transformationsvorschrift in den

7. Verfahren nach Anspruch 6, **gekennzeichnet durch** die Schritte:

- Ermitteln von weiteren Messwerten, welche jeweilige, von den Komponenten oder von weiteren Komponenten in dem gleichen Betriebspunkt emittierte und mittels des weiteren Prüfstands gemessene, weitere Schallpegel charakterisieren (Schritt S8);
- Berechnen einer weiteren Verteilungsfunktion (10, 12, 14) aus den weiteren Messwerten (Schritt S9);
- Normalisieren der weiteren Verteilungsfunktion (Schritt S10);
- Berechnen eines weiteren Mittelwerts der weiteren, normalisierten Verteilungsfunktion (Schritt S11);
- Berechnen der Standardabweichung der weiteren, normalisierten Verteilungsfunktion (Schritt S12); und
- Ermitteln einer die weitere Standardabweichung und den weiteren Mittelwert umfassenden weiteren Transformationsvorschrift (Schritt S13), anhand derer jeder Punkt der weiteren Verteilungsfunktion in einen Punkt der normalisierten und normierten, weiteren Verteilungsfunktion transformierbar ist, um dadurch aus den Punkten der weiteren Verteilungsfunktion die normalisierte und normierte, weitere Verteilungsfunktion zu erzeugen.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der weitere Grenzwert berechnet wird, indem der allgemeine Grenzwert anhand der invertierten, weiteren Transformationsvorschrift auf den weiteren, sich auf die weitere Verteilungsfunktion beziehenden Grenzwert umgerechnet wird.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

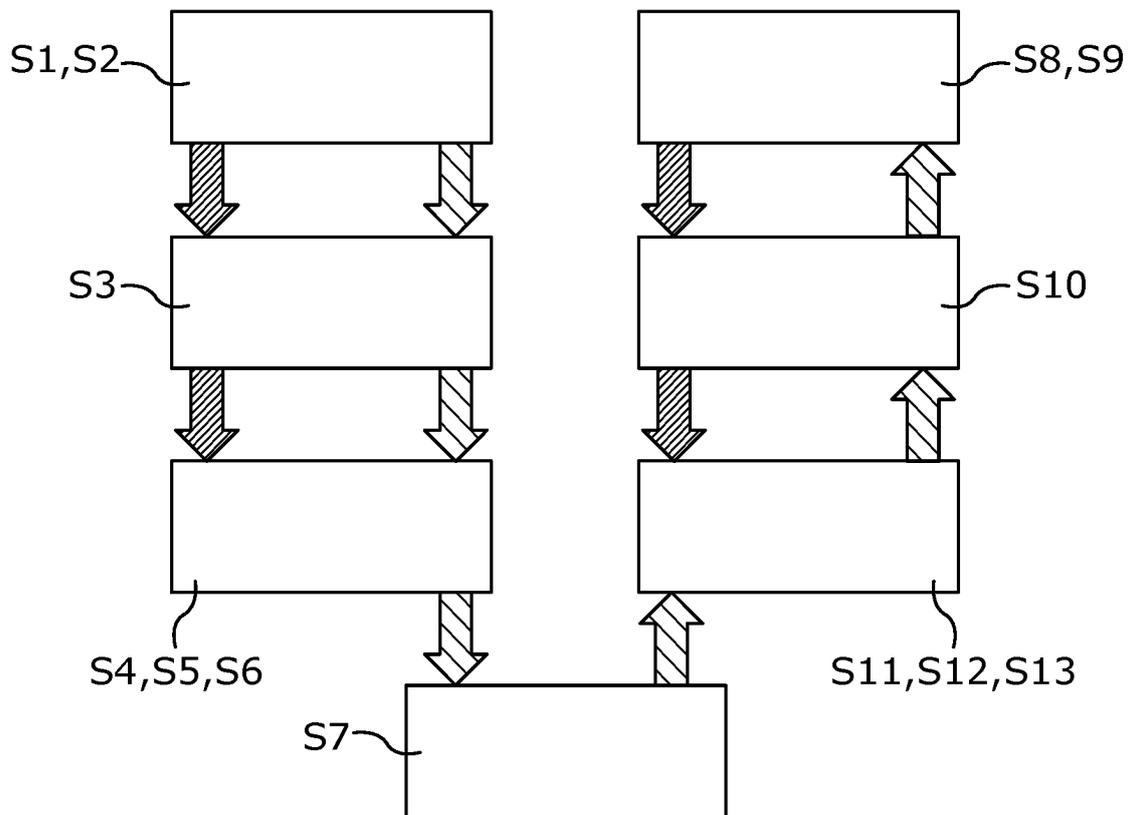


Fig. 1

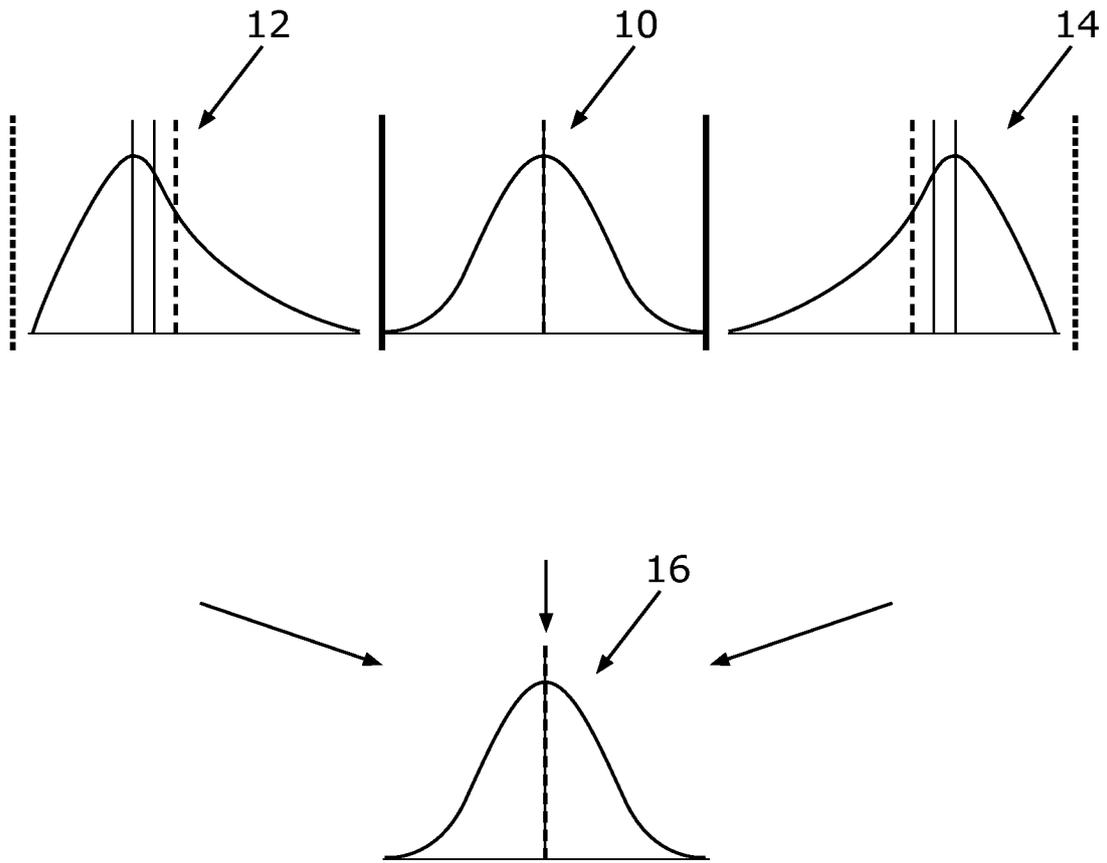


Fig.2