

(19)



(11)

EP 3 316 249 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
02.05.2018 Patentblatt 2018/18

(51) Int Cl.:
G10B 3/08 (2006.01) G10H 1/44 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17020483.8**

(22) Anmeldetag: **19.10.2017**

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

(71) Anmelder: **Sulz, Clemens**
3701 Grossweikersdorf (AT)

(72) Erfinder: **Sulz, Clemens**
3701 Grossweikersdorf (AT)

(30) Priorität: **25.10.2016 AT 509802016**

(54) **STIMMVORRICHTUNG EINER ORGELPFEIFE**

(57) Die Erfindung betrifft eine Stimmvorrichtung (1) für eine Pfeife (2) einer Orgel. Die Pfeife (2) ist eine Zungenpfeife mit einer Zunge (4) und die Länge des frei

schwingungsfähigen Bereichs der Zunge (4) ist über ein elektronisches Antriebselement (8) veränderbar.

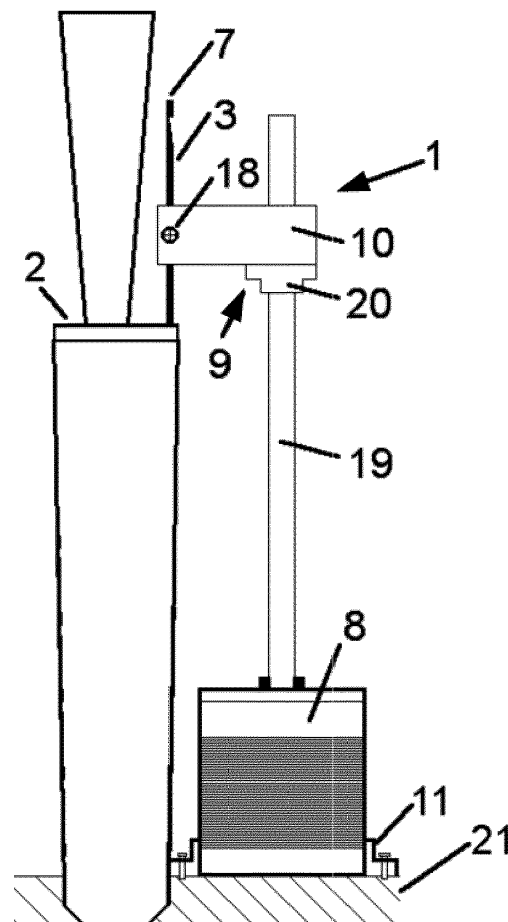


Fig. 2

EP 3 316 249 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Stimmvorrichtung für eine Pfeife einer Orgel, wobei die Pfeife eine Zungenpfeife ist, wobei die Länge des frei schwingungsfähigen Bereichs einer Zunge der Pfeife über ein elektronisches Antriebselement veränderbar ist. Weiters betrifft die Erfindung ein elektronisches Stimmgerät zum Stimmen einer Gruppe von Pfeifen in einer Orgel.

[0002] Das Herzstück einer Orgel sind die Pfeifen, mit welchen die Töne erzeugt werden. Dabei ist die Vielfalt der Bauformen und Klangfärbungen nahezu unbegrenzt. Durch den statischen Aufbau einer Orgelpfeife ist diese nur für genau eine Tonhöhe, eine Lautstärke und eine Klangfärbung verwendbar. Um diese drei Eigenschaften variieren zu können, werden verschiedenste Ausführungen in Größe und Bauform in einer Orgel verwendet. Dadurch kommt die große Anzahl an Pfeifen in einer Orgel zustande, die sich üblicherweise im Inneren einer Orgel, nicht sichtbar für den Zuhörer bzw. Betrachter, befinden.

[0003] Unterschieden am Prinzip der Tonerzeugung gibt es zwei Grundtypen von Pfeifen: Labialpfeifen (Lippenpfeifen) und Lingualpfeifen (Zungenpfeifen). Bei einer Lippenpfeife entsteht der Ton durch Brechung der Luft an einer scharfen Kante, wodurch durch die Oszillation des Luftstromes eine schwingende Luftsäule (stehende Welle) in der Pfeife entsteht (vergleichbar mit einer Blockflöte). Bei den Zungenpfeifen wird eine Metallzunge durch das Umströmen von Luft in Schwingung versetzt, wobei diese eine ganz andere Bauform aufweisen als Lippenpfeifen und im Normalfall nicht sichtbar in der Orgel untergebracht sind.

[0004] Lippenpfeifen und Zungenpfeifen unterscheiden sich auch hinsichtlich des Stimmverhaltens. Bei Lippenpfeifen wird die Tonhöhe der Pfeifen, nach einer Vorintonation im Werk, durch verschiedene Methoden, z.B. durch Verbiegen der Bärte oder Bewegen von Stimm-schlitzten am oberen, hinteren Pfeifenende, im Zuge einer ersten Intonation eingestellt. Dieser Vorgang dauert bei Großorgeln meist mehrere Monate und erfordert viel Erfahrung, ein gutes Gehör und ausgedehntes Fachwissen.

[0005] Die Änderung der Raumtemperatur hat eine relativ starke Auswirkung auf die Stimmung von Lippenpfeifen. Schon wenige Grade Unterschied führen zu einer deutlich hörbaren Differenz der Tonhöhe. Untersuchungen belegen, dass ein Anstieg der Raumtemperatur von 10°C bereits einen Tonhöhenanstieg von ca. 31 Cent bewirkt, was ungefähr einem 1/3-Halbtönen entspricht. Dies ist jedoch im Allgemeinen weiter nicht schlimm, da sich die gesamten Lippenpfeifen gleich stark verstimmen. Veränderungen der Tonhöhe untereinander können sich im Laufe der Zeit durch Schmutz, Fremdkörper oder die Veränderung des Pfeifenmaterials ergeben. Üblicherweise werden diese Differenzen jährlich oder zweijährlich vom Orgelbauer im Zuge der Wartungsarbeiten ausgestimmt. Da bei den Lippenpfeifen zur Stimmung immer Veränderungen am Pfeifenmaterial vorgenom-

men werden müssen, ist die Anzahl der Stimmvorgänge eingeschränkt, wobei mit der Pfeife sehr behutsam umgegangen werden muss und nur die notwendigsten Bewegungen durchgeführt werden sollten.

[0006] Bei den Zungenpfeifen wird die Tonhöhe nicht durch die Schwingung einer Luftsäule, sondern durch die Schwingung der Metallzunge bestimmt, daher bleibt die Tonhöhe dieser Pfeifen bei Temperaturänderungen nahezu konstant. Um die Zungenpfeifen gemeinsam mit den Lippenpfeifen spielen zu können, ist es notwendig, diese durch die Justierung der Stimmkrücken zu stimmen. Dies geschieht in den meisten Fällen durch den Organisten selbst oder seltener durch einen Orgelbauer. So wie auch andere Musiker ihr Instrument vor dem Spiel stimmen, gehört dieser Stimmvorgang seit Jahrhunderten zu den eher mühsameren Aufgaben des Organisten. Die Anpassung der Zungenpfeifen, obwohl diese ihre Stimmung eigentlich halten, an die Tonhöhe der Lippenpfeifen erfolgt aus zwei Gründen: Einerseits ist die Anzahl der Zungenpfeifen in einer Orgel meist viel geringer als die der Lippenpfeifen. Andererseits können die Zungenpfeifen anhand der Stimmkrücke nahezu unbegrenzt oft gestimmt werden, da aufgrund des beweglichen Mechanismus keine Materialermüdung auftritt.

[0007] Aufgrund der hohen Empfindlichkeit der Zungenpfeifen sollte die Stimmung nur durchgeführt werden, wenn stabile Temperaturverhältnisse im Aufstellungsraum herrschen. Dabei sollte beispielsweise die Heizung ausgeschaltet sein, da die verschiedenen temperierte Luftströmung durch Zirkulation bereits Auswirkungen haben könnte. Oftmals ist es ein Problem, dass Kirchen kurzfristig für Gottesdienste aufgeheizt werden. Auch durch die abgegebene Wärme von Konzertbesuchern können bereits Abweichungen entstehen. Der abgegebene Wärmestrom eines Menschen bei 15°C beträgt in ruhender Sitzposition ca. 100 Watt, was bei einer dementsprechenden Besucheranzahl leicht zu einer Gefahr für die Intonation der Orgel werden kann und nicht unterschätzt werden darf. Ebenfalls Einfluss auf die Stimmung einer Pfeife kann die Körperwärme des Stimmenden in der Nähe der Pfeife haben. Auch Beleuchtungsmittel, die in der Orgel zum Stimmen angebracht sind und Wärme abgeben (z.B. Glühbirnen), können bei längerer Einschaltdauer Veränderungen bewirken.

[0008] Die Stimmung einer Zungenpfeife erfolgt üblicherweise mit einem sogenannten Stimmeisen, einem rechteckigen Stab aus Metall, mit dem die Stimmkrücke durch leichtes Hinauf- oder Hinabklopfen bewegt wird. Dadurch verändert sich die Länge des frei schwingungsfähigen Bereichs der Zunge und somit auch die Frequenz. Besonders kleine Zungenpfeifen reagieren sehr empfindlich und es müssen oftmals mehrere Stimmversuche unternommen werden, bis mehr oder weniger zufällig die richtige Lage der Stimmkrücke gefunden wird. Um die Zungenpfeifen zu stimmen, sind zwei Personen notwendig, da eine die entsprechenden Tasten drücken und die andere die Stimmung an der Pfeife ausführen muss. Dabei werden das zu stimmende Zungenregister

und ein passendes Labialregister gleichzeitig gespielt. Durch die Verstimmung der Pfeife ist eine Schwebung hörbar, die durch das Stimmen verschwindet. Dabei führen bereits sehr kleine Abweichungen zu einer Schwebung, die wahrgenommen werden kann. Alternativ dazu kann ein elektronisches Stimmergerät eingesetzt werden, wobei hier nur das zu stimmende Register alleine gespielt wird. Abhängig von der Anzahl der Zungenregister dauert dieser Stimmprozess mehrere Stunden bzw. bei großen Orgeln auch Tage.

[0009] Im Stand der Technik wurden bereits einige Lösungen zum Stimmen von Orgeln vorgeschlagen.

[0010] DE 102013012821 A1 offenbart eine Stimmeinrichtung zur Stimmung von gedackten Orgelpfeifen. Dabei befindet sich an einer Seite neben dem Aufschnitt der Pfeife eine Stimmungsöffnung, über die mit einem antriebsgesteuerten Stimmstreifen je nach Verstimmung die Größe der Öffnung und somit die Tonhöhe beeinflusst werden kann. Der Antrieb erfolgt dabei computergesteuert.

[0011] DE 102011013444 A1 offenbart eine Pfeifenorgel mit einer den Pfeifen zugeordneten motorisch angetriebenen Stimmungssteuerung. Dabei befindet sich über dem Pfeifenkörper ein tellerförmiger Schieber, der durch ein Gestänge mit einer Antriebseinheit verbunden ist. Wird nun der Teller bewegt, so verändert sich die Länge der Tonsäule und somit die Tonhöhe der Pfeife. Bei weiteren Ausführungen, die in der gleichen Patentschrift beschrieben werden, dringt ein etwas schmäleres, kegelförmiges Teil auch in den Pfeifenkörper ein. In noch einer Ausführungsalternative wird ein Stimmring automatisch bewegt.

[0012] In der in DE 10 2012 021644 A1 offenbarten Stimmeinrichtung für Orgelpfeifen ist am offenen Pfeifenende eine biegsame Zunge angebracht. Diese kann, durch einen Motor bewegt, die Länge der Luftsäule und somit die Stimmung verändern. Diese Druckschrift offenbart weiters ein computergesteuertes Verfahren, mit dem ein gespielter Akkord erkannt wird, um in Sekundenbruchteilen die Orgel so umzustimmen, dass der angeschlagene Akkord rein erklingt. Dazu wird zu einem Zeitpunkt, zu dem die Orgel nicht gespielt wird, jede Pfeife automatisch in verschiedenen Akkorstellungen gespielt und die Tonhöhe abgespeichert. So ist es möglich, die Tonhöhe während dem Spiel eines Akkords durch die gespeicherte Akkorstellung anzupassen und auch z.B. den Unterschied zwischen reiner und einer historischen Stimmung direkt hörbar zu machen. Das System ist nur auf Labialregister anwendbar, wobei die verwendeten Aktoren sehr aufwendig und daher auch kostenintensiv sind.

[0013] Von der Firma Rieger Orgelbau aus Vorarlberg wurde in den letzten Jahren ein Stimmssystem entwickelt und bereits in mehreren Orgeln verbaut, welches den Orgelbauer bzw. Organisten bei der Stimmung der Orgel unterstützt. Das System ermöglicht es durch eine Smartphone-App, Töne und Register per WLAN anzusteuern. Dadurch ist es einer einzelnen Person möglich, die Orgel

zu stimmen, wodurch keine zweite Person zum Drücken der Tasten benötigt wird.

[0014] DE 2622523 offenbart eine Stimmvorrichtung für Orgel-Zungenpfeifen bei welcher die Länge des freischwingenden Bereiches der Pfeifenzunge über ein elektrischen Motor verstellbar ist. Anstelle einer Stimmkrücke wird ein verstellbares Wälzlager verwendet, welches die Zunge unter gleichbleibendem Druck auf die Kehle drückt.

[0015] US 2009/0229446 A1 offenbart eine Stimmvorrichtung für Orgeln mittels Mikrophon und Frequenzanalyse. Die Stimmvorrichtung weist eine MIDI Schnittstelle auf und erlaubt das gleichzeitige Stimmen verschiedener Pfeifen.

[0016] Die gegenständliche Erfindung hat das Ziel, das Stimmen von Orgeln zu erleichtern. Insbesondere das Nachstimmen der Zungenpfeifen der Orgel soll erfindungsgemäß erleichtert werden.

[0017] Diese und weitere Ziele werden erfindungsgemäß von einer Stimmvorrichtung der eingangs genannten Art gelöst bei der die Pfeife eine entlang einer Verstellrichtung verschiebbare Stimmkrücke mit einem Wirkende und einem Betätigungsende aufweist, wobei das Wirkende an der Zunge der Pfeife anliegt und wobei das Betätigungsende aus einem Gehäuse der Pfeife herausragt, wobei das elektronische Antriebselement über einen Adapter am dem Betätigungsende der Stimmkrücke befestigbar ist, und wobei das Antriebselement betätigbar ist, um den Adapter unter Mitnahme der Stimmkrücke in Verstellrichtung der Stimmkrücke zu verschieben.

[0018] In einer vorteilhaften Ausführungsform kann das Antriebselement ein elektrisch betriebener Motor, insbesondere ein Schrittmotor, ein Piezomotor oder ein Gleichstrom-Getriebemotor sein. Dadurch lässt sich die Erfindung mit einfachen und bewährten Antriebselementen ausführen.

[0019] In vorteilhafter Weise kann die Position des Antriebselements gegenüber dem Gehäuse der Zungenpfeife mittels zumindest eines Montageelements festlegbar sein. Die Stimmvorrichtung lässt sich mit dieser Ausführungsform in Zusammenhang mit Pfeifen herkömmlicher Bauweise verwenden, sodass auch ein Einbau in bestehende, alte Orgeln möglich ist.

[0020] In vorteilhafter Weise kann der Adapter an einem vom Antriebselement betätigten Linearumsetzer angeordnet sein, was die Verwendung einfacher Stellmotoren erlaubt.

[0021] Erfindungsgemäß kann in einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung das Montageelement an einer Nuss der Pfeife befestigbar sein. Dies erlaubt eine Ausnutzung des knappen Raums oberhalb des Gehäuses der Pfeife und eine Anordnung der Stimmvorrichtung auch bei engen Platzverhältnissen.

[0022] In vorteilhafter Weise kann der Adapter mittels eines lösbaren Klemmelements am Betätigungsende der Stimmkrücke befestigbar sein. Dadurch kann durch Lösen des Klemmelements die Pfeife auch auf herkömmliche Weise händisch gestimmt werden, ohne die Stimm-

vorrichtung ausbauen zu müssen.

[0023] Die Stimmvorrichtung lässt sich vorzugsweise in einer Weise an der Pfeife anordnen, dass die gesamte Pfeife weiterhin zerlegbar ist, ohne die Stimmvorrichtung demontieren zu müssen. Dies kann beispielsweise erforderlich sein, wenn Schmutz in die Pfeife gelangt ist und die Zunge deswegen nicht schwingen kann, was insbesondere in Kirchen passieren kann, oder zur Nachintonation der Zunge).

[0024] Das erfindungsgemäße elektronische Stimmgerät zum Stimmen einer Gruppe von Pfeifen in einer Orgel ist dadurch gekennzeichnet, dass das Stimmgerät zumindest ein Mikrophon, eine

[0025] Vorrichtung zur Frequenzdetektion, und einen Regler zur Erzeugung einer Stellgröße für zumindest eine erfindungsgemäße Stimmvorrichtung aufweist.

[0026] In vorteilhafter Weise kann das Stimmgerät eine Schnittstelle zur Ansteuerung einer Orgel aufweisen. Dadurch lässt sich der Stimmvorgang vollständig automatisieren. Die Schnittstelle kann entweder direkt auf die elektronische Steuerung der Orgel wirken, oder es können Vorrichtungen, wie etwa automatisierte Vorrichtung zum Drücken der Tasten und/oder Stellen von Registern, zwischengeschaltet sein.

[0027] In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung kann das Stimmgerät zumindest einen auf einen der Grundfrequenz einer zu stimmenden Pfeife entsprechenden Filterbereich abstimmbaren Bandpassfilter aufweisen. Da die (Soll-)Tonhöhe der zu stimmenden Pfeife bekannt ist, erlaubt dies die Verwendung sehr einfacher, schneller und stabiler Frequenzerkennungsalgorithmen.

[0028] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform kann dabei das Stimmgerät mehrere abstimbare Bandpassfilter zur Auswertung der Stimmung mehrerer gleichzeitig aktivierter Pfeifen aufweisen. Dies ermöglicht eine erhebliche Verkürzung der Dauer des Stimmvorgangs, sodass beispielsweise ein Nachstimmen sogar in kurzen Konzertpausen möglich ist.

[0029] In vorteilhafter Weise kann das Stimmgerät weiters eine Internetschnittstelle aufweisen. Dies erlaubt beispielsweise ein Update der Steuerungssoftware und eine Konnektivität mit fernen Geräten.

[0030] Dabei kann, in einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung, über die Internetschnittstelle eine Kommunikationsverbindung zu einer Stimm-App aufbaubar sein. Dies erlaubt eine einfache Betätigung des Stimmgeräts über ein tragbares Gerät, beispielsweise ein Smartphone oder ein ähnliches Gerät, sodass die Bedienperson nicht an das Orgelpult gebunden ist, und beispielsweise den Stimmvorgang von woanders aus überwachen bzw. steuern kann. Gegebenenfalls kann auch ein Stimmvorgang aus der Ferne, z.B. vom PC zu Hause aus oder vom Werk vorgenommen werden, was auch eine automatisierte Funktionalitätsprüfung der Orgel, etwa zu Wartungszwecken, erlaubt.

[0031] Die gegenständliche Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren 1 bis 6 näher erläutert, die beispielhaft, schematisch und nicht ein-

schränkend vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung zeigen. Dabei zeigt

Fig.1 eine Schnittansicht einer Zungenpfeife,

Fig. 2 eine Zungenpfeife mit einer daran angeordneten erfindungsgemäßen Stimmvorrichtung,

Fig. 3, 4a und 4b in schaubildlicher Darstellung alternative Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Stimmvorrichtung,

Fig. 5 eine schematische Darstellung eines Regelkreises zur automatischen Stimmung von Zungenpfeifen, und

Fig. 6 eine schematische Darstellung eines elektronischen Stimmgeräts gemäß der Erfindung.

[0032] In Fig. 1 ist der Aufbau einer herkömmlichen Pfeife 2 mit einer Zunge 4 zum besseren Verständnis der Funktionsweise von Zungenpfeifen grafisch dargestellt. Der Spielwind, der durch das Einblasloch 13 am Sockel in den Pfeifenfuß (Stiefel 14) strömt, erzeugt einen Druck p_W im Inneren der Pfeife. Eine Stimmkrücke 3, in Form eines gebogenen Drahtbügels, drückt die Zunge 4 gegen die offene Seite des als Kehle 15 bezeichneten Luftkanals, der den einzigen Ausweg für die Luft darstellt. Die Zunge 4 weist eine leichte Biegung (Aufwurf) auf, durch die sie leicht von der Kehle 15 absteht. Dadurch kann die Luft in die Kehle 15 einströmen, wodurch die Zunge 4 angesogen wird und die Kehle verschließt. Da nun keine Luft mehr in die Kehle eindringen kann, biegt sich die Zunge 4 durch ihre Steifigkeit und den Aufwurf wieder in ihre Ausgangsposition zurück, sodass wieder Luft durchströmen kann. Der Druck p_K in der Kehle 15 ist immer geringer als der im Stiefel 14. Die Zunge 4 beginnt somit genau mit ihrer Eigenfrequenz zu schwingen, wobei diese abhängig von der schwingungsfähigen Länge ist, die von der Stimmkrücke 3 bestimmt wird. Der so entstehende Klang der Zunge 4 im Luftstrom kann durch die Mündung der Kehle 15 in einen Resonator 16 sehr stark verstärkt und modifiziert werden.

[0033] Die Form des Resonators 16 hat wesentlichen Einfluss auf das Klangbild der Pfeife 2. Die Länge des Resonators 16 hat durch die Reflexion der Welle am Röhrenden Einfluss auf die Klangfärbung der Pfeife 2 und auch auf die Auslösung des nächsten Zyklus und somit auch eine geringfügige Auswirkung auf die Tonhöhe. Mit der Zungenlänge wird üblicherweise die Tonhöhe eingestellt und durch die Variation der Resonatorlänge die Klangqualität, indem die optimale Kopplung der Eigenschwingungen von Resonator und Zunge gefunden wird. Durch die spezifische Ausgestaltung können Pfeifen mit unzähligen Variationsmöglichkeiten gebaut werden, um verschiedenste Klänge zu erzeugen.

[0034] Wie anhand von mathematischen Zusammenhängen in der Theorie bestätigt werden kann, hängt die

Tonhöhe quadratisch von der Länge des frei schwingenden Bereiches der Zunge 4 ab. Hierbei sei angemerkt, dass sich hier viele Größen wie Druck, Kraft, Steifigkeit oder auch die Breite herauskürzen lassen und die Eigenfrequenz nur von den eigentlichen Materialparametern E-Modul und Dichte sowie den beiden Abmessungen Länge und Dicke abhängt.

[0035] Die Längen der Metallzungen, die in Orgelpfeifen verwendet werden, reichen von ca. 5 mm bei den höchsten bis ungefähr 200 mm bei den tiefsten Pfeifen. Eine Zunge reagiert umso empfindlicher, je kleiner ihre Abmessungen sind. Aufgrund der extrem hohen Empfindlichkeit ist der Stimmprozess bei den kleinsten Zungenpfeifen besonders mühsam, wobei die notwendigen Stellbewegungen manuell schon fast gar nicht mehr durchgeführt werden können, da sie so gering sind (ein bloßes Berühren der Stimmkrücke reicht aus, um den Ton zu beeinflussen). Beispielsweise bewirkt die Längenänderung von 0,01 mm bei einer Zunge mit 8 mm Länge und 0,1 mm Dicke eine berechnete Abweichung der Tonhöhe von 4,3 Cent, was bereits für das menschliche Ohr gut hörbar ist. Das bedeutet, dass die zur Herstellung der Stimmung notwendigen Stellbewegungen an den Stimmkrücken der kleinen Pfeifen im μm -Bereich liegen.

[0036] Die Änderung der Umgebungstemperatur hat jedoch im Vergleich zu den Lippenpfeifen keine signifikante Auswirkung auf die Tonhöhe der Zungenpfeifen. Für die Tonhöhendifferenz, die bei einer Zungenpfeife aufgrund der Wärmeausdehnung der Zunge bei einer Temperaturänderung von 10 °C bewirkt wird, wurde vom Anmelder beispielsweise ein Wert von lediglich 0,17 Cent errechnet, wobei die temperaturabhängige Abweichung in Cent unabhängig von der Tonhöhe ist.

[0037] Um die erforderliche Kraft zu ermitteln, die ein Aktuator zum Bewegen der Stimmkrücke benötigt, wurde vom Anmelder in Versuchen die Losbrechkraft der Stimmkrücke 3 (d.h. die Kraft, die benötigt wird, um die Stimmkrücke 3 in Bewegung zu versetzen) mithilfe von Gewichten gemessen, und es wurden Werte zwischen 3,8 N und 6 N ermittelt. Diese Werte sind je nach Form und Größe der Stimmkrücke unterschiedlich, inklusive einer Reserve wird davon ausgegangen, dass im Allgemeinen eine Stellkraft von 10 N für alle Stellkrücken ausreichend sein sollte.

[0038] Fig. 2 zeigt eine beispielhafte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Stimmvorrichtung 1. Dabei ist ein Adapter 10 mittels eines Klemmelements 18 an der Stimmkrücke 3 der Pfeife 2 befestigt. Das Klemmelement 18 kann beispielsweise eine Schraube aufweisen, die zwei Klemmbacken des Adapters 10, zwischen denen die Stimmkrücke 3 eingelegt ist, zusammenzieht und die Stimmkrücke 3 dabei zwischen den Klemmbacken einklemmt. Andererseits könnte eine Klemmeschraube auch direkt an der Stimmkrücke 3 ansetzen und diese festklemmen. Die Befestigung kann jedoch auch auf eine beliebige andere Weise, zum Beispiel über Federelemente oder ähnliches, erfolgen.

[0039] Der Adapter 10 kann über ein Antriebselement

8 und einen Linearumsetzer 9 parallel zur Schubrichtung der Stimmkrücke 3 bewegt werden, wobei die am Adapter 10 festgeklemmte Stimmkrücke 3 dabei aus der Pfeife 2 herausgezogen bzw. in diese eingeschoben wird, um die Pfeife 2 mithilfe des Antriebselements 8 zu stimmen.

[0040] Das Antriebselement 8 kann ein Schrittmotor sein, der mit Montageelementen 11, am gleichen Sockel 21 wie die Pfeife 2 vorzugsweise lösbar befestigt ist. Als Montageelemente 11 können beispielsweise herkömmliche Schrauben, Nieten oder Klemmelemente verwendet werden. Das Antriebselement 8 treibt eine parallel zur Pfeife 2 angeordnete und von dem Antriebselement 8 abstehende Gewindespindel 19 rotierend an. Dabei wird eine auf der Gewindespindel angeordnete und mit dem Adapter 10 verbundene Spindelmutter 20 entlang der Gewindespindel 19 bewegt. Die Gewindespindel 19 und die Spindelmutter 20 bilden dabei den Linearumsetzer 9 aus, der den rotierenden Antrieb des Antriebselements 8 in eine lineare Bewegung des Adapters 10 umwandelt.

[0041] Vorzugsweise ragt die Stimmkrücke 3 mit ihrem Betätigungsende 7 über das obere Ende des Adapters 10 hinaus. Dies hat den Vorteil, dass die Pfeife 2 weiterhin auf herkömmliche Weise gestimmt werden kann, wobei dazu einfach das Klemmelement 18 gelöst wird. Die Stimmkrücke kann dann wieder ganz normal betätigt werden, ohne dass die Stimmvorrichtung 1 oder der Adapter 10 dazu entfernt werden müssten.

[0042] Zwar ermöglicht die in Fig. 2 dargestellte Ausführungsform eine Bauweise mit hoher Stabilität und Zuverlässigkeit, wobei der Einsatz von Schrittmotoren sehr genau definierte Stellbewegungen mit definierten Schrittgrößen erlaubt, nachteilig ist jedoch die recht große Bauweise, für die bei engen Pfeifenanordnungen oft kein Raum vorhanden ist. In Fig. 3 und 4 sind daher alternative Ausführungsformen dargestellt, deren Bauform für einen möglichst geringen Platzbedarf, wie er in den meisten Orgeln vorherrscht, optimiert wurde.

[0043] Fig. 3 zeigt eine Stimmvorrichtung 1 mit einem im Bereich direkt unterhalb der Nuss 17 einer Pfeife 2 seitlich neben dem Gehäuse 5 angeordneten Antriebselement 8. Als Antriebselement 8 kann beispielsweise ein Gleichstrommotor verwendet werden, der über ein Getriebe 22 eine Gewindespindel 19 antreibt. Kleine Gleichstrommotoren, wie sie beispielsweise auch im Modellbau als Antriebselement eingesetzt werden, sind einerseits sehr kostengünstig und andererseits kann durch die Getriebeuntersetzung auch ausreichend Kraft zur Verfügung gestellt werden. Auch die Ansteuerung eines Gleichstrommotors ist wesentlich einfacher als etwa die eines Schrittmotors, bei dem zum Betrieb ein spezieller Motortreiber benötigt wird. Der Gleichstrommotor hingegen muss lediglich mit zwei Polen unterschiedlichen Potentials versorgt werden. Vorgefertigte Kombinationen aus Gleichstrommotor und Getriebe sind als Getriebemotoren sehr kostengünstig verfügbar.

[0044] Die Pfeife 2 kann zu Wartungszwecken (z.B. wenn Schmutz von oben in die Pfeife gelangt ist oder zur

Nachintonation) zerlegt werden, ohne die Stimmeinrichtung zu demontieren. Dabei kann die Nuss 17 samt Zunge 2 und Stimmeinrichtung 1 aus dem Stiefel 14 gezogen werden. Wenn der Adapter 10 mit dem Klemmelement 18 gelöst wird, kann auch die Stimmkrücke 3 demontiert werden und die gesamte Pfeife 2 unabhängig vom Stimmsystem zerlegt werden.

[0045] Für den Adapter 10, der die Drehbewegung der Gewindespindel 19 in eine Linearbewegung der Stimmkrücke 3 umsetzt, kann ein Block aus einem hochfesten, verschleißfesten Lagerkunststoff verwendet werden, der vorzugsweise auch selbstschmierende Eigenschaften aufweist und einen geringen Reibungskoeffizienten ($\mu=0,2$) bewirkt (in Versuchsanordnungen wurde ein Kunststoff der Marke Faigle PAS-LX, Faigle Kunststoffe GmbH, verwendet). Durch die dadurch erzielte geringe Reibung ist es möglich, die Spindel mit einem metrischen Gewinde auszuführen, was wiederum die Verwendung besonders kostengünstiger, standardisierter Bauteile ermöglicht. In den Kunststoff ist ein der Gewindespindel 19 entsprechendes Gewinde geschnitten.

[0046] Die Stimmkrücke 7 ist durch eine entsprechende Bohrung geführt und kann mit einer Madenschraube 42 fixiert werden. Dies erlaubt ein schnelles und einfaches Lösen und Fixieren des Adapters 10 an der Stimmkrücke 7, beispielsweise mithilfe eines einfachen Inbusschlüssels oder Schraubenziehers.

[0047] Das Montageelement 11 besteht aus einem Aluminiumblech, das mit Schrauben an der Nuss 17 der Pfeife 2 befestigt ist. Das Antriebselement 8 mit dem Getriebe 22 ist ebenfalls mit Schrauben an dem Montageelement 11 befestigt. Durch die geringere Gewindesteigung von metrischen Gewinden und die dadurch bewirkte hohe Untersetzung ist nur ein geringeres Antriebsdrehmoment (ca. 10-15 Nm) nötig, was die eingesetzten Motoren entlastet. Weiters kann durch die geringere Steigung eine hohe Positioniergenauigkeit erreicht werden, was gerade bei kurzen Zungen das Stimmen erleichtert.

[0048] Fig. 4a und 4b zeigen in zwei Rissdarstellungen eine weitere vorteilhafte Ausführungsform, bei der die Stimmvorrichtung 1 näher an der Stimmkrücke 7 oberhalb der Nuss 17 der Pfeife 2 angeordnet werden kann. Diese Ausführungsform erlaubt eine besonders platzsparende Anordnung der Stimmvorrichtung 1. Bei großen Pfeifen 2 beträgt der Abstand zwischen dem Rand der Nuss 17 und der Stimmkrücke 3 oft einige Zentimeter. Mit dieser Ausführung kann man den Motor trotzdem direkt neben der Stimmkrücke 3 montieren, da die Stimmeinrichtung 1 nicht unter die Oberflächenebene der Nuss 17 reicht. Das Montageelement 11 ist dabei als Trog- bzw. U-Förmig gebogenes Aluminiumblech ausgeführt, das mit der offenen Seite zum Resonator 16 der Pfeife 2 hin gerichtet an der Nuss 17 befestigt ist. Das Antriebselement 8 und das daran angeordnete Getriebe 22 weisen eine L-Förmige Ausbildung auf, wobei der seitlich vom Antriebselement 8 abstehende Teil des Getriebes 22 geschützt innerhalb der U-Form des Montageele-

ments 11 angeordnet ist.

[0049] Die Gewindespindel 19 ist nach oben absteigend mittels einer Flanschverbindung 23 mit dem Abtrieb des Gewindes 22 verbunden und erstreckt sich parallel zur Stimmkrücke 3. Die Flanschverbindung 23 ermöglicht die Verwendung eines handelsüblichen Getriebemotors. Anstelle der Flanschverbindung 23 kann natürlich auch die Gewindespindel 19 direkt den Abtrieb des Motors darstellen, was jedoch bei der Fertigung des Motors berücksichtigt werden müsste und bei größeren Stückzahlen vorteilhaft sein kann.

[0050] Der Adapter 10 ist wiederum als Kunststoffblock ausgebildet und weist im Wesentlichen dieselben Merkmale auf, wie sie unter Bezugnahme auf die Ausführungsform der Fig. 3 beschrieben wurden. Der Adapter 10 ist jedoch etwas kleiner, da die Gewindespindel 19 sehr platzsparend eng neben der Stimmkrücke 3 angeordnet ist.

[0051] Die in Fig. 3 und 4 dargestellten Stimmvorrichtungen 1 haben sich in vom Erfinder durchgeführten Versuchsreihen bewährt und verbinden die Vorteile einer sehr hohen Positioniergenauigkeit, einer kompakten Baugröße, einfache Montagemöglichkeiten und geringer Anschaffungskosten. Dabei bleibt die Pfeife 2 zerlegbar (z.B. um Verschmutzungen an der Zunge zu entfernen) und die Pfeife 2 kann durch Lösen der Madenschraube 42 über die Stimmkrücke 3 bei Bedarf auch manuell gestimmt werden (z.B. bei einem Ausfall des Motors).

[0052] Um die Stimmkrücke 7 automatisch auf eine die richtige Stimmung der Pfeife 2 bewirkende Position zu bringen, kann ein Regelkreis mit mehreren Komponenten aufgebaut werden, wie er in Fig. 5 beispielhaft dargestellt ist. Der Regelkreis kann mithilfe der folgenden Elemente dargestellt werden: einer Stimmvorrichtung 1, die als Stellglied bzw. Aktor des Regelkreises wirkt, einer zu stimmenden Pfeife 2, auf die die Stimmvorrichtung 1 mit einer Stellbewegung 29 einwirkt, einer Frequenzdetektion 24, welche den als Regelgröße 30 definierten Ton der Pfeife 2 misst und eine Istfrequenz 27 ermittelt, und einem Regler 25, der auf Basis der Istfrequenz 27 und einer vorgegebenen Führungsgröße 26 eine Stellgröße 28 für die Stimmgröße 1 ermittelt.

[0053] Da sich die Stimmung der Zungenpfeifen durch die Temperatur nur sehr geringfügig ändert, haben die äußeren Einflüsse wenig Auswirkung auf die Stimmung der Pfeife. Vielmehr verändert sich die Führungsgröße 26 (die Sollfrequenz) in Abhängigkeit der Lufttemperatur, da die Zungenpfeifen aufgrund der geringeren Anzahl und der schonenderen Stimmbarkeit an die temperaturabhängige Tonhöhe der Lippenpfeifen angepasst werden. Die Führungsgröße 26 kann somit beispielsweise durch Ermittlung der Tonhöhe einer Lippenpfeife oder einer Gruppe von Lippenpfeifen, die als Referenz verwendet wird, im Zuge des Stimmvorgangs ermittelt werden.

[0054] Zur Frequenzbestimmung der Pfeifen 2 können bekannte Verfahren und Vorrichtungen verwendet werden. Für Versuche in der Entwicklung der gegenständli-

chen Erfindung wurden in der Prototypenphase zur Frequenzdetektion beispielsweise das Stimmgerät TLA Tuning Set CTS-32-C verwendet. Es ist speziell für den Instrumentenbau entwickelt und weist auch einige orgelbauspezifische Einstellmöglichkeiten (z.B. historische Stimmtemperierungen) auf. Der Arbeitsbereich des Stimmgerätes umfasst 9,5 Oktaven, was aufgrund der unterschiedlichen Fußtonlagen der Register zur Stimmung einer Orgel auch benötigt wird. Es besteht die Möglichkeit, einen Temperatursensor anzuschließen, um die Veränderung der Umgebungstemperatur während des Stimmprozesses berücksichtigen zu können. Ein Vorteil dieses Gerätes ist die Genauigkeit im Sub-Centbereich, mit der die Tonhöhe gemessen werden kann und die serielle Schnittstelle, mit welcher die Messdaten per USB-Interface an einen Computer übertragen werden können. Das Stimmgerät kann dabei per serieller Schnittstelle komplett ferngesteuert werden.

[0055] Der Messalgorithmus bildet einen Frequenzmittelwert über einen einstellbaren Zeitbereich (Torzeit) von 50-1000 ms, da die Tonhöhe einer Pfeife niemals exakt stabil bleibt, sondern abhängig von der Frequenzlage schwankt. Besonders bei tiefen Tönen im Bassbereich ist diese Schwankungsbreite besonders groß, wobei in diesem Fall durch die Erhöhung der Torzeit Abhilfe geschaffen werden kann. Als Vorgabewert kann beispielsweise eine Torzeit von 300 ms verwendet werden, der dann gegebenenfalls angepasst wird.

[0056] Ein integriertes Mikrofon nimmt den aktuellen Ton auf und generiert ein entsprechendes Audiosignal. Das Signal gelangt anschließend zu einem analogen Bandpassfilter, der unerwünschte Frequenzen (und auch Obertöne) wegfiltet. Der zu stimmende Ton und somit der Filterbereich des Bandpassfilters kann am Stimmgerät oder per serieller Schnittstelle konfiguriert werden. Diese Filterung resultiert in der Extraktion eines sauberen Sinussignals aus dem komplexen Audiosignal (entspricht dem Frequenzanteil des Grundtones). Anschließend kann die Frequenz dieses Sinussignals mittels bekannter Algorithmen ermittelt werden, beispielsweise mithilfe eines Mikroprozessors.

[0057] Da das in der Prototypenphase eingesetzte Stimmgerät zwar zweckmäßig ist, aber sehr teuer in der Anschaffung und die Abhängigkeit vom Lieferanten gegeben ist, wurde vom Erfinder eine eigene Lösung zur Frequenzmessung zu entwickeln. Dabei wurde eine Leiterplatte entworfen, auf welcher sich ein Mikrofon, ein Vorverstärker und ein Mikrocontroller befinden. Aufgrund der geringen Kosten dieser Bauteile ist es auch möglich, mehrere Mikrofone an akustisch geeigneten Orten in der Orgel unterzubringen.

[0058] Für die Programmierung des Mikrocontrollers kann auf bekannte Algorithmen zurückgegriffen werden. Um etwa die Grundfrequenz eines Tones zu bestimmen, existieren zahlreiche Algorithmen wie z.B. die Fouriertransformation (wird von den meisten Stimmgeräten verwendet), welche das gesamte Frequenzspektrum analysiert und somit zeigt, welche Frequenz wie stark vor-

kommt. Aufgrund der Tatsache, dass hierbei alle Frequenzen berechnet werden, dauert die Berechnung im Vergleich zu anderen Algorithmen relativ lange.

[0059] Ein wichtiger Aspekt im Zusammenhang mit der gegenständlichen Erfindung liegt darin, dass die Sollfrequenz der aktuell zu stimmenden Pfeife stets bekannt ist. Somit kann die Frequenzsuche erheblich eingeschränkt und Rechenzeit gespart werden, indem bspw. nur innerhalb eines festgelegten Frequenzbandes gesucht wird.

[0060] In einer vorteilhaften Ausführungsform kann daher ein einfacher analoger Bandpassfilter verwendet werden (z.B. MF10 von Texas Instruments), der nahezu in Echtzeit (die geringe, konstante Phasenverschiebung ist irrelevant) eine gewünschte Filterung des Mikrofonsignals vornehmen kann. Dabei kann durch ein Clock-Signal eine Zentrumsfrequenz vorgegeben werden, die aus dem Eingangssignal herausgefiltert und zusätzlich verstärkt wird. Die Bandbreite des Filters um die Zentrumsfrequenz, der Betriebsmodus sowie die Verstärkung können mit externen Widerständen konfiguriert werden. Alles außerhalb des definierten Bereiches wird durch einen zweistufigen Filter 4. Ordnung sehr stark gedämpft. Dadurch ist es möglich, auch bei sehr obertonreichen Tönen (wie sie besonders bei Zungenregistern vorkommen) die Grundfrequenz zu isolieren und eine annähernd saubere Sinusschwingung als Ausgangssignal zu erhalten.

[0061] Möglich wäre auch der Einsatz eines digitalen Signalprozessors, der die Filterung digital ausführt. Der Aufwand für das Platinenlayout, die Programmierung eines solchen Prozessors und auch die Kosten sind jedoch unverhältnismäßig höher als der Einsatz eines Analogbauteiles. Gegebenenfalls kann eine digitale Filterung direkt auf einem Mikroprozessor durchgeführt werden, wodurch sich Hardwarekomponenten einsparen lassen.

[0062] Zur Frequenzbestimmung des Ausgangssignales können triviale, sehr zeiteffiziente Algorithmen wie die Nulldurchgangszählung oder Messung der Periodenlänge angewendet werden. Auch Autokorrelation stellt einen möglichen Algorithmus dar, der das Signal mit sich selbst phasenverschoben multipliziert und bei einem Maximum die Grundfrequenz detektiert.

[0063] Auf Basis der obengenannten Algorithmen wurden vom Erfinder Prototypen für ein elektronisches Stimmgerät entworfen und getestet. Dazu wurde auf einem Steckbrett eine Schaltung mit Mikrofon, Vorverstärker und einem Bandpassfilter aufgebaut und mit einem programmierbaren Mikrocontroller verbunden. Für dieses Prototyping wurde eine Arduino-Plattform verwendet, da diese eine flexible Beschaltung ohne ein aufwändiges Design von Leiterplatten bzw. Elektronikbauteilen ermöglicht.

[0064] Mit einem Timer des Mikrocontrollers wurde ein Clocksignal erzeugt, mit dem die Filterfrequenz eingestellt werden kann. Dabei muss das Clocksignal für den Filter das hundertfache der Filterfrequenz betragen. Die Bandbreite des Filters wurde so konfiguriert, dass aus

dem Signal Frequenzen, die einige Halbtöne neben der eingestellten Frequenz liegen, bereits stark gedämpft werden (Dämpfung um ca. -40dB/Oktave). Da die zweite harmonische Schwingung (erster Oberton) erst bei der Oktave liegt, und somit sehr weit entfernt ist, wird dieser bereits sehr stark gedämpft. Somit konnte aus dem komplexen Audiosignal tatsächlich eine nahezu reine Sinusschwingung extrahiert werden, die exakt mit der Grundfrequenz der Pfeife schwingt. Dieses Signal wurde an den Analogeingang des Arduino geleitet und zur weiteren Verarbeitung mit dem integrierten Analog-Digital-Konverter (ADC) zu einem digitalen Signal umgewandelt.

[0065] Als Algorithmen zur Bestimmung der Grundfrequenz können beispielsweise eine Autokorrelationsverfahren oder eine Nulldurchgangszählung verwendet werden. Im Stand der Technik bekannte Verfahren zur Autokorrelation brachten zwar vielversprechende Ergebnisse, sie benötigten jedoch im Vergleich zu anderen Ansätzen relativ hohe Rechenleistungen. Als Alternative wurde daher die sogenannte Nulldurchgangszählung ("Zero Crossing Rate") getestet, bei der die Anzahl der Schwingungen in einer bestimmten Zeit festgestellt wird.

[0066] Grundsätzlich erzeugt ein Mikrofon Spannungen im negativen und positiven Bereich, im Testaufbau wurde jedoch das Signal in den positiven Spannungsbereich transformiert, da der Eingang des Mikrocontrollers keine negativen Spannungen messen konnte (Messbereich 0-5V). Da somit ein ausschließlich positives Spannungssignal zur Verfügung stand, wurde in der Mitte des Sinussignals ein Spannungs-Threshold festgelegt und die Anzahl der Threshold-Durchgänge gezählt. Die Anzahl der auszuwertenden Schwingungen wurde fixiert und bei Erreichen des Wertes anhand der verstrichenen Zeit die Frequenz berechnet. Durch die immer gleichbleibende Schwingungsanzahl kann (verglichen mit einer fixen Messdauer) die Gefahr eliminiert werden, dass bei sehr tiefen Tönen (d.h. langer Periodendauer) das Messergebnis aufgrund zu wenig gemessener Schwingungen ungenau wird. Umso mehr Schwingungen zur Messung gezählt werden, desto stabiler ist die berechnete Frequenz, wobei dadurch auch die Geschwindigkeit des gesamten Stimmprozesses sinkt.

[0067] Eine für diese Anwendung sehr gut brauchbare Option wäre es, am Beginn des Stimmprozesses, wenn die Pfeife noch sehr verstimmt ist, nur wenige Schwingungen zu zählen, um die Frequenz schnell, dafür ungenau zu bestimmen, und bei Annäherung an die Zielfrequenz die Schwingungsanzahl in der Software dynamisch zu erhöhen, um die Genauigkeit und Stabilität der Berechnung zu erhöhen.

[0068] Da bei Annäherung an die Zielfrequenz die Motoren sowieso nur durch sehr kurze Pulse betrieben werden, bleibt auch entsprechend mehr Zeit, um die Frequenz entsprechend genau zu bestimmen. Zur Erhöhung der Genauigkeit des Algorithmus wird bei Nulldurchgang (bzw. hier durch den festgelegten Threshold) des ADC-Eingangssignales linear interpoliert, sofern der gemessene Wert nicht genau dem Threshold entspricht.

So kann auch bei einer relativ geringen Digitalisierungsauflösung von beispielsweise 8 Bit ein sehr genauer Wert ermittelt werden.

[0069] Um bei der Frequenzbestimmung eine Genauigkeit von weniger als $\pm 0,1$ Cent zu erreichen, hat sich eine Anzahl von zirka 50 gezählten Schwingungen als brauchbar erwiesen. Dies ergibt bei einer Tonfrequenz von beispielsweise 500Hz zehn Messungen pro Sekunde, was für diese Anwendung mehr als ausreichend ist. Da bei tieferen Tönen größere Stellwege an der Stimmkrücke notwendig sind, bleibt auch mehr Zeit zur Bestimmung der Frequenz bzw. kann die Anzahl der Messungen pro Sekunde auch reduziert werden.

[0070] Das oben beschriebene Verfahren zur Frequenzmessung hat zusammengefasst folgende Vorteile:

- Es kann auf die Verwendung teurer Stimmgeräte (diese kosten ca. 1800 €) verzichtet werden.
- Die Lösung ist unabhängig von anderen Unternehmen. Es können wesentlich kompaktere Abmessungen erzielt werden (kleine Platine mit Mikrofon, Mikrocontroller und einigen elektronischen Bauteilen).
- Es wird eine wesentliche Beschleunigung des Stimmvorganges erzielt (bei Verwendung eines herkömmlichen Stimmgeräts muss auf die neue Messung des Stimmgerätes gewartet werden, bis die nächste Bewegung berechnet werden kann).
- Es können mehrere kostengünstige Mikrofone/Platinen an verschiedenen Orten der Orgel verbaut werden, um optimale Funktionsweise zu gewährleisten (z.B. in jedem Werk der Orgel).
- Das Kommunikationsprotokoll kann selbst ausgewählt und entsprechend an die bisherigen Entwicklungen und Standards angepasst werden.

[0071] Fig. 6 zeigt eine schematische Darstellung des erfindungsgemäßen elektronischen Stimmgeräts 31, das auf Basis der oben beschriebenen Versuchsreihe entwickelt wurde. Das elektronische Stimmgerät 31 weist ein Mikrofon 32 auf, das über einen Vorverstärker 33 und einen Bandpassfilter 34 mit einem Mikrocontroller 35 verbunden ist. Der Mikrocontroller 35 steuert die an den Pfeifen 2 einer Orgel vorgesehenen Stimmvorrichtungen 1 über entsprechende Motortreiber 36 an, wobei die Ansteuerung in Abstimmung mit der vom Mikrocontroller 35 ausgeführten Algorithmen für die Frequenzbestimmung und die Abfolge der Stimmung erfolgt. Vorzugsweise ermöglichen die Motortreiber 36 ein gleichzeitiges Ansteuern mehrerer Antriebselemente 8 mehrere Stimmvorrichtungen 1.

[0072] Das Stimmgerät 31 kann über eine Schnittstelle 37, beispielsweise einer herkömmlichen Ethernet-, MIDI- oder BUS-Schnittstelle, an eine Orgel 38 angeschlossen werden, falls diese Orgel über eine entsprechende

Schnittstelle verfügt. Dadurch ist es möglich, die Pfeifen 2 der Orgel 38 direkt vom Mikrocontroller aus in Übereinstimmung mit der Stimmungsabfolge anzusteuern, wenn die Orgel 38 bereits elektrifiziert ist, d.h. eine autonome Ansteuerung von Tönen möglich ist. Die Schnittstelle 37 muss dabei zur Kommunikation genau definiert und an das bestehende System angepasst werden, so dass der Mikrocontroller 35 durch geeignete Befehle die zu stimmenden Töne automatisch aktivieren kann.

[0073] Bei neuen Orgeln könnte das Stimmgerät direkt in die Setzeranlage bzw. in die Orgelsteuerung integriert sein. In diesem Fall könnte der Mikrocontroller der Orgelsteuerung die erforderlichen Schritte gemäß einer Programmlogik steuern.

[0074] Ist eine Orgel jedoch nicht elektrifiziert und soll mit einem Stimmsystem nachgerüstet werden, kann eine alternative Lösung zur Ansteuerung vorgesehen werden. Dabei könnte der Mikrocontroller 35 beispielsweise mit einem Touchscreen-Bildschirm verbunden werden, der die Kommunikation mit dem Benutzer ermöglicht. Auch der Einsatz einer Smartphone-App wäre eine Möglichkeit. Ein weitaus kritischeres Problem ist hierbei die Frage der automatischen Ton- und Registerventilansteuerung. Eine Möglichkeit wäre, die Orgel nachträglich zu elektrifizieren und mit entsprechenden Ventilen auszustatten. Somit wäre die Situation ähnlich jener mit eingebautem Stimmsystem. Ist dies jedoch wegen der Kosten oder aus Gründen des Denkmalschutzes nicht möglich, muss eine andere Möglichkeit gefunden werden. Beispielsweise könnten die Tasten über eine automatisierte Vorrichtung zum Drücken der Tasten und/oder Stellen von Registern, wie sie etwa unter der Bezeichnung Orgamat bekannt ist, selektiv aktiviert werden, sodass die Töne auch bei nicht elektrifizierten Orgeln automatisch angesteuert werden können.

[0075] Falls die Vorrichtung nicht in der Lage ist, die Register automatisch anzusteuern, kann der Stimmvorgang teilautomatisch erfolgen, wobei nach der Stimmung eines Registers der Wechsel des Registers händisch erfolgt. In einfachen Ausführungsformen kann auch eine manuelle Betätigung der Tasten erfolgen. So muss der Organist nur die entsprechenden Tasten, die das Stimmsystem gerade anzeigt, drücken und nicht selbst die Pfeifen stimmen.

[0076] Das elektronische Stimmgerät 31 weist weiters eine Internetschnittstelle 39, beispielsweise ein herkömmliches LAN- oder WLAN-Modul, auf. Neben einer Update-Funktionalität erlaubt dies eine Kommunikation mit einer beispielsweise auf einem Smartphone, Laptop, Tablet oder anderem Gerät ablaufenden Stimm-App 40, über die das elektronische Stimmgerät 31 ortsunabhängig gesteuert werden kann.

[0077] Zur Energieversorgung wird das elektronische Stimmgerät 31 von einer Stromversorgung 41 gespeist.

[0078] Ein wesentlicher Nachteil bei der manuellen Stimmung von Zungenpfeifen ist jener, dass nur eine Pfeife zu einem Zeitpunkt gestimmt werden kann. Das elektronische Stimmgerät 31 ist jedoch in der Lage, meh-

rere Stimmvorrichtungen 1 parallel anzusteuern und mehrere gleichzeitig aktivierte Pfeifen 2 gleichzeitig zu stimmen. Durch den Einsatz mehrerer Bandpassfilter mit verschiedenen Frequenzbereichen können verschiedene Grundtöne von unterschiedlichen Pfeifen 2 gleichzeitig aus dem Audiosignal extrahiert werden, womit dann die Stimmung mehrerer Pfeifen 2 möglich ist. Dabei gilt es zu beachten, dass sich die Obertöne der tieferen Pfeifen 2 nicht mit den Grundtönen der höheren Pfeifen 2 überschneiden dürfen, da die Frequenzbestimmungseinheit dann nicht zwischen diesen Tönen unterscheiden kann. Werden bspw. zwei Pfeifen 2 gestimmt, wäre z.B. der Abstand einer Quarte oder Quinte geeignet, da der erste Oberton der tieferen Pfeife die darüberliegende Oktave ist. Auch wenn die Frequenzen der Pfeifen zu eng beieinander liegen, kann dies zu Problemen führen, da in diesem Fall der zweite Ton innerhalb des Filterbereiches des anderen Tones liegt. Wenn diese Rahmenbedingungen mit den Obertönen beachtet werden, ist es durch den Einsatz von mehreren Bandpassfiltern also möglich, enorme Zeitersparnisse durch gleichzeitiges Stimmen mehrerer Pfeifen zu erzielen. Somit wäre die schnelle Nachstimmung der Orgel kurze Zeit vor einem Konzert tatsächlich aus den Träumen der Organisten in die Realität gebracht.

[0079] Das somit beschriebene elektronische Stimmgerät kann somit zusammengefasst die folgenden Merkmale aufweisen:

- Ansteuerung der Ton- und Registerventile bei Orgeln mit integriertem Stimmsystem
- Ansteuerung eines Orgamats, falls keine Elektrifizierung vorhanden
- Frequenzbestimmung des mittels Mikrofon aufgenommenen aktuell klingenden Tons
- Berechnung der Tonhöhendifferenz und des daraus resultierenden Stellbefehls für den entsprechenden Motor an der Pfeife
- Ansteuerung des Motors durch Treiber-ICs
- Kommunikation mit dem Benutzer (Setzersystem, Smartphone-App oder separater Touchscreen)
- ev. Start des Stimmprozesses durch Smartphone-App und Internetanbindung aus der Ferne
- Kommunikation mit den restlichen Komponenten der Orgel
- Gleichzeitiges Stimmen mehrerer Pfeifen durch Einsatz mehrerer Bandpassfilter

Bezugszeichen:**[0080]**

Stimmvorrichtung 1
 Pfeife 2
 Stimmkrücke 3
 Zunge 4
 Gehäuse 5
 Wirkende 6
 Betätigungsende 7
 Antriebselement 8
 Linearumsetzer 9
 Adapter 10
 Montageelement 11
 Verstellrichtung 12
 Einblasloch 13
 Stiefel 14
 Kehle 15
 Resonator 16
 Nuss 17
 Klemmelement 18
 Gewindespindel 19
 Spindelmutter 20
 Sockel 21
 Getriebe 22
 Flanschverbindung 23
 Frequenzdetektion 24
 Regler 25
 Führungsgröße 26
 Istfrequenz 27
 Stellgröße 28
 Stellbewegung 29
 Regelgröße 30
 elektronisches Stimmgerät 31
 Mikrofon 32
 Vorverstärker 33
 Bandpassfilter 34
 Mikrocontroller 35
 Motortreiber 36
 Schnittstelle 37
 Orgel 38
 Internetschnittstelle 39
 Stimm-App 40
 Stromversorgung 41
 Madenschraube 42

Patentansprüche

1. Stimmvorrichtung (1) für eine Pfeife (2) einer Orgel, wobei die Pfeife (2) eine Zungenpfeife ist, wobei die Länge des frei schwingungsfähigen Bereichs einer Zunge (4) der Pfeife (2) über ein elektronisches Antriebselement (8) veränderbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Pfeife (2) eine entlang einer Verstellrichtung (12) verschiebbare Stimmkrücke (3) mit einem Wirkende (6) und einem Betätigungsende (7)

aufweist, wobei das Wirkende (6) an der Zunge (4) der Pfeife (2) anliegt und wobei das Betätigungsende (7) aus einem Gehäuse (5) der Pfeife (2) herausragt, wobei das elektronische Antriebselement (8) über einen Adapter (10) am dem Betätigungsende (7) der Stimmkrücke (3) befestigbar ist, und wobei das Antriebselement (8) betätigbar ist, um den Adapter (10) unter Mitnahme der Stimmkrücke (3) in Verstellrichtung (12) der Stimmkrücke (3) zu verschieben.

2. Stimmvorrichtung (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Antriebselement (8) ein elektrisch betriebener Motor, insbesondere ein Schrittmotor, ein Piezomotor oder ein Gleichstrom-Getriebemotor ist.
3. Stimmvorrichtung (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Position des Antriebselements (8) gegenüber dem Gehäuse (5) der Zungenpfeife mittels zumindest eines Montageelements (11) festlegbar ist.
4. Stimmvorrichtung (1) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Adapter (10) an einem vom Antriebselement (8) betätigten Linearumsetzer (9) angeordnet ist.
5. Stimmvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 3 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Montageelement (11) an einer Nuss (17) der Pfeife (2) befestigbar ist.
6. Stimmvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Adapter (10) mittels eines lösbaren Klemmelements (18) am Betätigungsende (7) der Stimmkrücke (3) befestigbar ist.
7. Elektronisches Stimmgerät (31) zum Stimmen einer Gruppe von Pfeifen (2) in einer Orgel, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stimmgerät (31) zumindest ein Mikrofon (32), eine Vorrichtung zur Frequenzdetektion (24), und einen Regler (25) zur Erzeugung einer Stellgröße (28) für zumindest eine Stimmvorrichtung (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6 aufweist.
8. Elektronisches Stimmgerät (31) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stimmgerät (31) eine Schnittstelle (37) zur Ansteuerung einer Orgel (38) aufweist.
9. Elektronisches Stimmgerät (31) nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stimmgerät (31) zumindest einen auf einen der Grundfrequenz einer zu stimmenden Pfeife (2) entsprechenden Filterbereich abstimmbaren Bandpassfilter (34) aufweist.

10. Elektronisches Stimmgerät (31) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stimmgerät (31) mehrere abstimbare Bandpassfilter (34) zur Auswertung der Stimmung mehrerer gleichzeitig aktivierter Pfeifen (2) aufweist. 5
11. Elektronisches Stimmgerät (31) nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stimmgerät (31) eine Internetschnittstelle (39) aufweist. 10
12. Elektronisches Stimmgerät (31) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** über die Internetschnittstelle eine Kommunikationsverbindung zu einer Stimm-App (40) aufbaubar ist. 15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

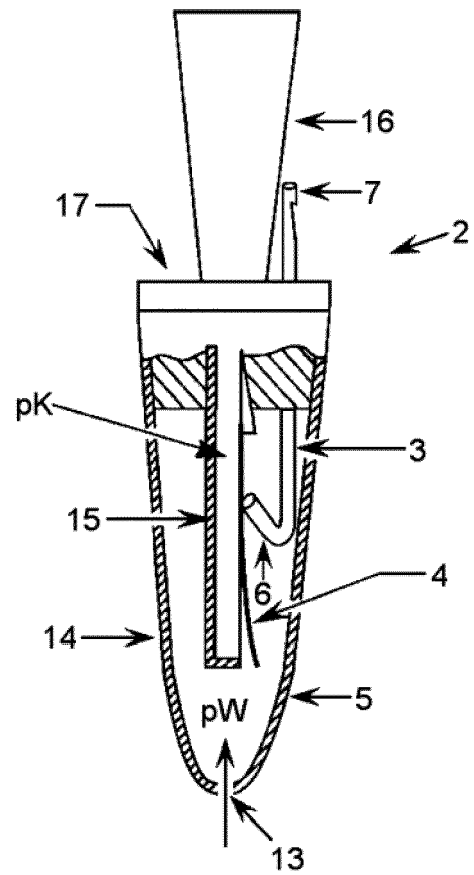
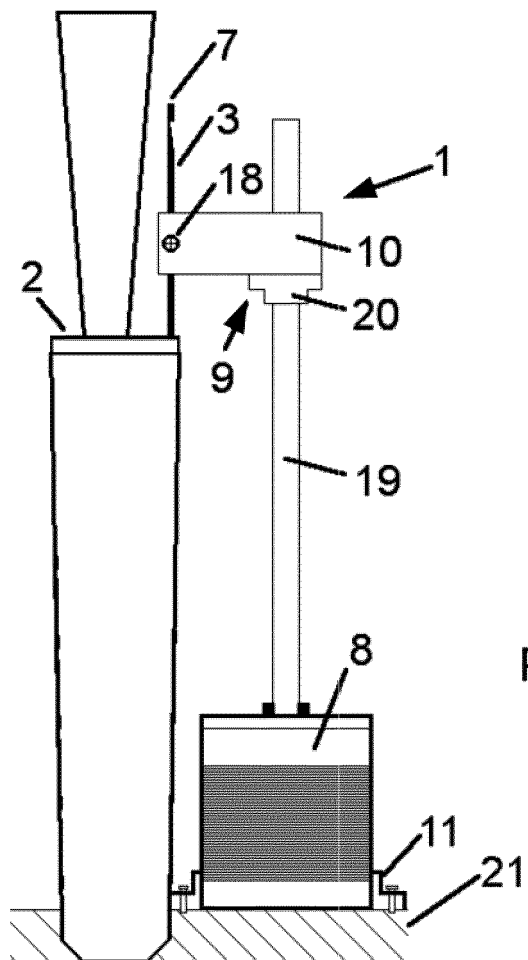


Fig. 2



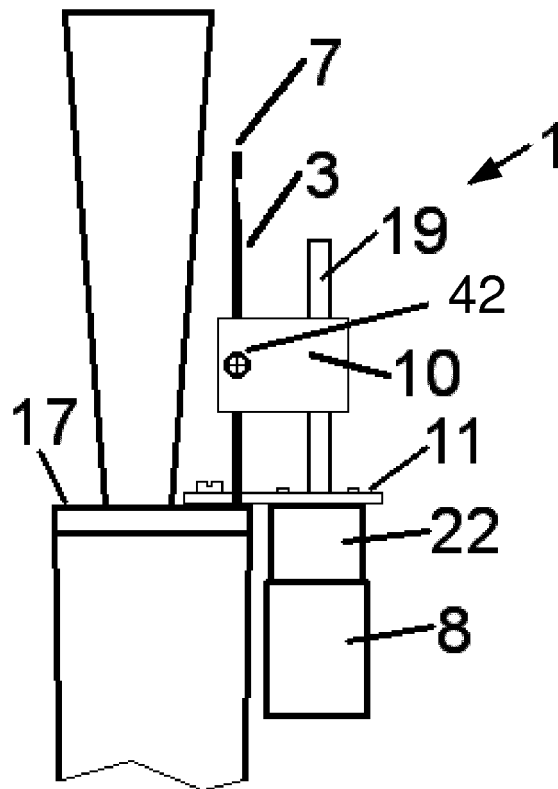


Fig. 3

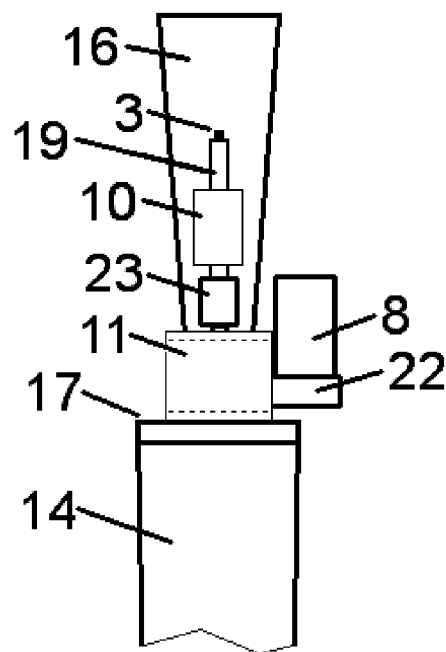


Fig. 4a

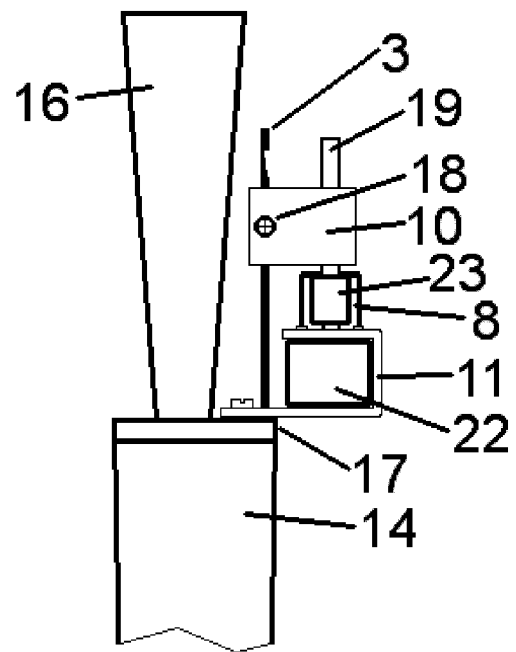


Fig. 4b

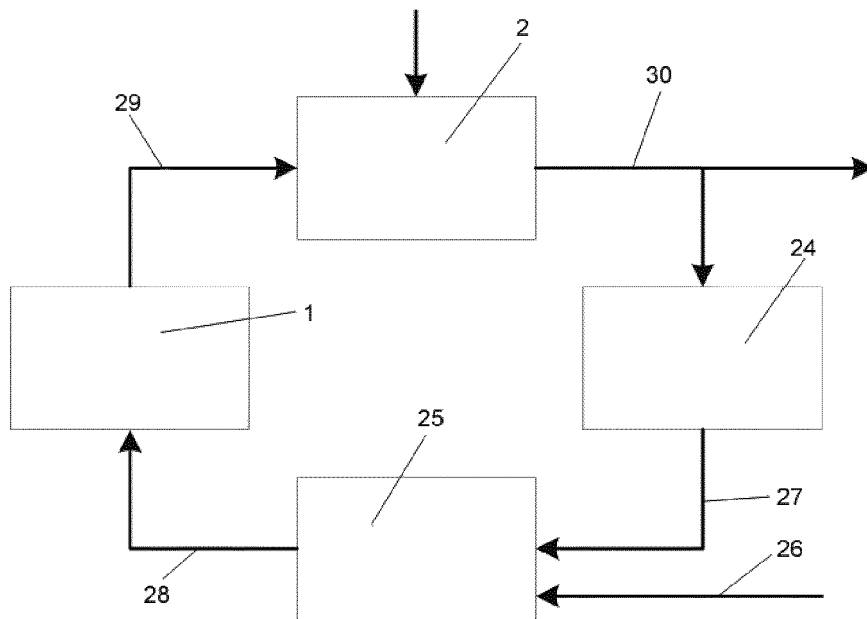


Fig. 5

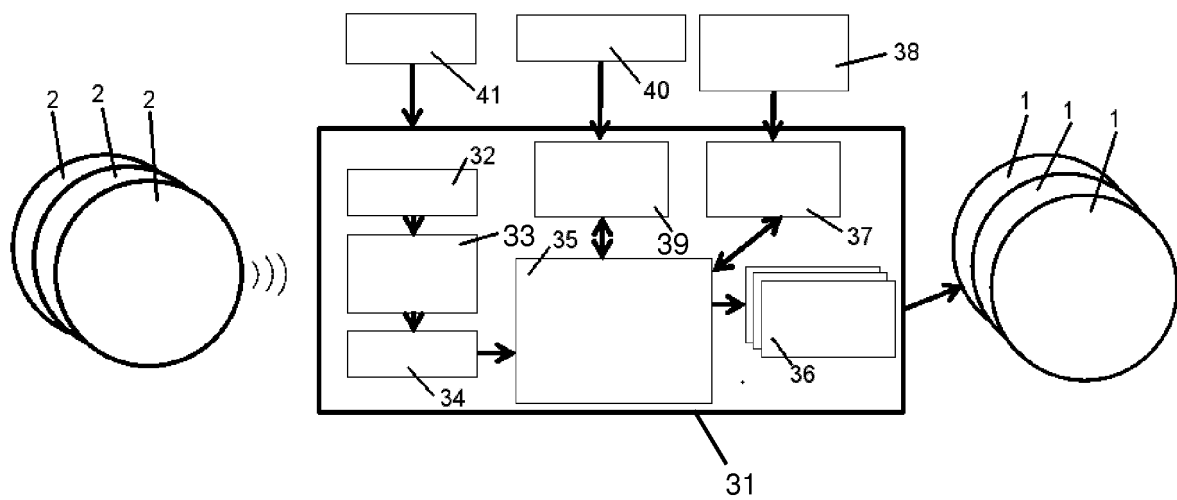


Fig. 6



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 17 02 0483

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

2

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 26 22 523 A1 (ZACHARIAS ERNST) 8. Dezember 1977 (1977-12-08)	1,2	INV. G10B3/08 G10H1/44
Y	* das ganze Dokument *	7-12	
A	-----	3-6	
Y	US 1 059 365 A (HOPE-JONES ROBERT [US]) 22. April 1913 (1913-04-22)	1-6	
A	* das ganze Dokument *	7-12	
Y	US 1 690 381 A (TEETOR HENRY C ET AL) 6. November 1928 (1928-11-06)	1-6	
A	* das ganze Dokument *	7-12	
Y	EP 2 933 794 A2 (MEZZAROBBA GASTONE [IT]) 21. Oktober 2015 (2015-10-21)	1-6	
A	* Zusammenfassung; Abbildungen * * Absätze [0001], [0030], [0132] - [0136] *	7-12	
Y	US 2009/229446 A1 (LUCIANI ROLANDO [IT]) 17. September 2009 (2009-09-17)	7-12	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A	* Zusammenfassung; Abbildungen *		G01B G10B G10D G10H
	US 1 061 380 A (HOPE-JONES ROBERT [US]) 13. Mai 1913 (1913-05-13)	1-12	
	* das ganze Dokument *		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 20. März 2018	Prüfer Scappazzoni, E
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	



5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

GEBÜHRENPFLICHTIGE PATENTANSPRÜCHE

Die vorliegende europäische Patentanmeldung enthielt bei ihrer Einreichung Patentansprüche, für die eine Zahlung fällig war.

☐ Nur ein Teil der Anspruchsgebühren wurde innerhalb der vorgeschriebenen Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für jene Patentansprüche erstellt, für die keine Zahlung fällig war, sowie für die Patentansprüche, für die Anspruchsgebühren entrichtet wurden, nämlich Patentansprüche:

☐ Keine der Anspruchsgebühren wurde innerhalb der vorgeschriebenen Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Patentansprüche erstellt, für die keine Zahlung fällig war.

MANGELNDE EINHEITLICHKEIT DER ERFINDUNG

Nach Auffassung der Recherchenabteilung entspricht die vorliegende europäische Patentanmeldung nicht den Anforderungen an die Einheitlichkeit der Erfindung und enthält mehrere Erfindungen oder Gruppen von Erfindungen, nämlich:

Siehe Ergänzungsblatt B

☐ Alle weiteren Recherchegebühren wurden innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.

☒ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der eine zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Recherchenabteilung nicht zur Zahlung einer solchen Gebühr aufgefordert.

☐ Nur ein Teil der weiteren Recherchegebühren wurde innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf Erfindungen beziehen, für die Recherchegebühren entrichtet worden sind, nämlich Patentansprüche:

☐ Keine der weiteren Recherchegebühren wurde innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf die zuerst in den Patentansprüchen erwähnte Erfindung beziehen, nämlich Patentansprüche:

☐ Der vorliegende ergänzende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf die zuerst in den Patentansprüchen erwähnte Erfindung beziehen (Regel 164 (1) EPÜ).



**MANGELNDE EINHEITLICHKEIT
DER ERFINDUNG
ERGÄNZUNGSBLATT B**

Nummer der Anmeldung

EP 17 02 0483

Nach Auffassung der Recherchenabteilung entspricht die vorliegende europäische Patentanmeldung nicht den Anforderungen an die Einheitlichkeit der Erfindung und enthält mehrere Erfindungen oder Gruppen von Erfindungen, nämlich:

1. Ansprüche: 1-12

Stimmvorrichtung für eine Pfeife einer Orgel mit einem Antriebselement

1.1. Ansprüche: 1-6

Montageelement, um die Position des Antriebselement festzulegen

1.2. Ansprüche: 7-12

Elektronisches automatisches Stimmgerät, das die Stimmvorrichtung benutzt

Bitte zu beachten dass für alle unter Punkt 1 aufgeführten Erfindungen, obwohl diese nicht unbedingt durch ein gemeinsames erfinderisches Konzept verbunden sind, ohne Mehraufwand der eine zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, eine vollständige Recherche durchgeführt werden konnte.

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 17 02 0483

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

20-03-2018

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 2622523 A1	08-12-1977	KEINE	
US 1059365 A	22-04-1913	KEINE	
US 1690381 A	06-11-1928	KEINE	
EP 2933794 A2	21-10-2015	KEINE	
US 2009229446 A1	17-09-2009	AT 463026 T EP 1941488 A1 ES 2343745 T3 JP 2009511983 A KR 20080064158 A PT 1941488 E SI 1941488 T1 US 2009229446 A1 WO 2007046119 A1	15-04-2010 09-07-2008 09-08-2010 19-03-2009 08-07-2008 06-07-2010 30-07-2010 17-09-2009 26-04-2007
US 1061380 A	13-05-1913	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102013012821 A1 **[0010]**
- DE 102011013444 A1 **[0011]**
- DE 102012021644 A1 **[0012]**
- DE 2622523 **[0014]**
- US 20090229446 A1 **[0015]**