



(11) **EP 3 855 424 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**28.07.2021 Patentblatt 2021/30**

(51) Int Cl.:  
**G10D 11/00 (2006.01) G10H 1/34 (2006.01)**  
**G10H 1/24 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **20208939.7**

(22) Anmeldetag: **16.01.2020**

(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**

(30) Priorität: **18.01.2019 CH 622019**

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en)  
nach Art. 76 EPÜ:  
**20152289.3 / 3 683 791**

(71) Anmelder: **Carboneon GmbH  
8400 Winterthur (CH)**

(72) Erfinder:  
• **VUKASINOVIC, Srdjan  
CH-8406 Winterthur (CH)**  
• **WALTENSPÜL, Raphael  
CH-4053 BASEL (CH)**

- **SABATELLA , Alessandro  
CH-5605 Dottikon (CH)**
- **READ, Patrick  
CH-3012 Bern (CH)**
- **SCHADT, Fabian  
CH-8274 Tägerwillen (CH)**
- **HESS, Jan  
CH-5200 Brugg AG (CH)**
- **BRAUNER, Christian  
CH-5213 Villnachern (CH)**

(74) Vertreter: **Vossius & Partner  
Patentanwälte Rechtsanwälte mbB  
Siebertstrasse 3  
81675 München (DE)**

Bemerkungen:

Diese Anmeldung ist am 20-11-2020 als  
Teilanmeldung zu der unter INID-Code 62 erwähnten  
Anmeldung eingereicht worden.

(54) **HANDZUGINSTRUMENT**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Handzuginstrument mit einem expandier- und komprimierbaren Balgen, der zur Erzeugung eines Stimmzungen anströmenden Luftstromes durch Expansion und Kompression ausgebildet ist; und einer Anströmsteuerung, aufweisend eine Ventilanordnung, die zur Steuerung der Anströmung musikgemäß anzuströmender Stimmzungen angeordnet ist, und eine Strömungsgleichrichtungsanordnung, die dazu angeordnet ist, die gleiche Stimmzungen-Anströmrichtung bei Balgenexpansion und bei Balgenkompression zu bewirken; wobei die Ventilanordnung eine Anzahl StimmzungenVentile aufweist, die jeweils eine Anströmung einer einzelnen oder allenfalls weniger klanggemäß gemeinsam anzuströmender Stimmzungen steuern, und die Strömungsgleichrichtungsanordnung eine Anzahl von Ventilen zur Luftströmungsgleichrichtung aufweist, wobei die Anzahl an Stimmzungen-Ventile größer ist als die Anzahl von Ventilen zur Luftströmungsgleichrichtung und wobei eine Gruppe von Ventilen zur Luftströmungsgleichrichtung einer größeren Gruppe Stimmzungen-Ventile zur gemeinsamen Gleichrichtung der Luftströmung dort hindurch so zugeordnet ist, dass die Luftströmung durch die Gesamtheit aller Stimmzungenventile der Gruppe gemeinsam gleichgerichtet ist, wobei die Stimmzungen-Ventile strombetätigt sind und eine Vielzahl strombetätigter Stimmzungen-Ventile gemeinsam in einem Ventilblock angeordnet ist und wobei die Stimmzungen und/oder der Ventilblock mit faserverstärkten Kunststoffen, insbesondere Carbonfaser-Werkstoffen, gebildet ist/sind.

**EP 3 855 424 A1**

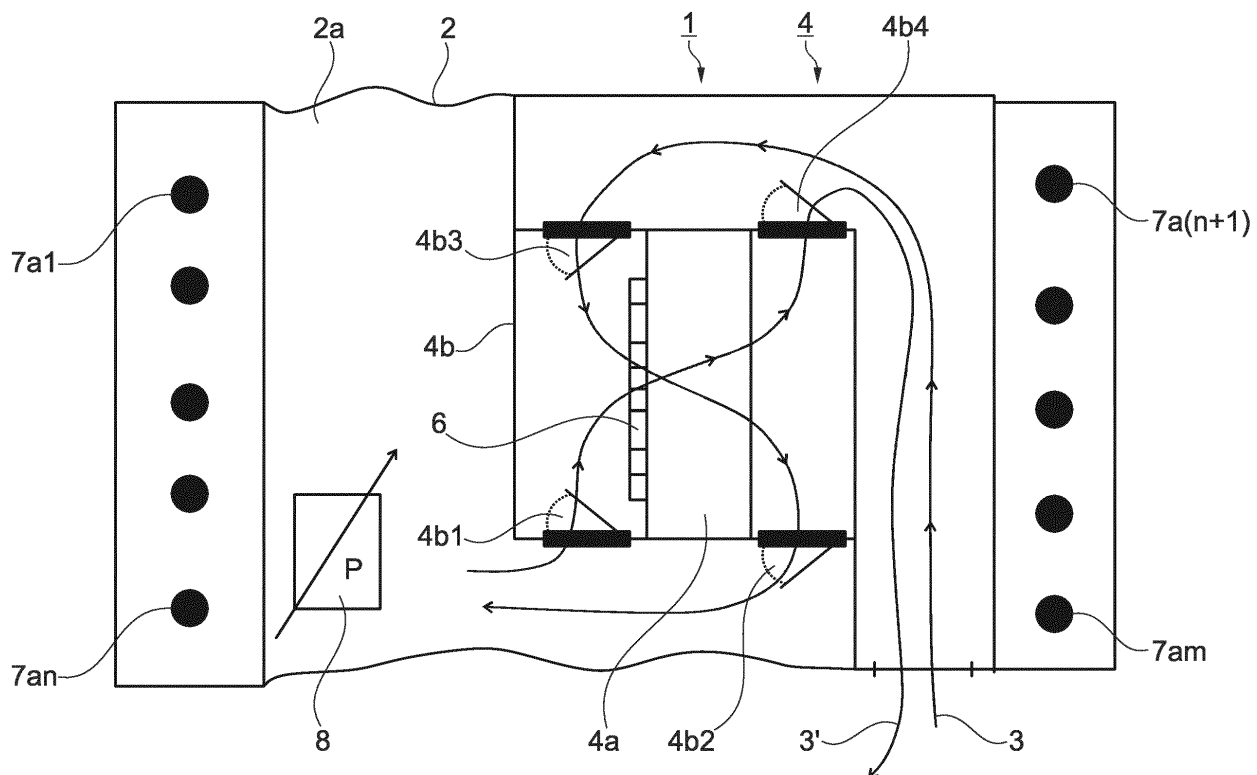


Fig. 1a

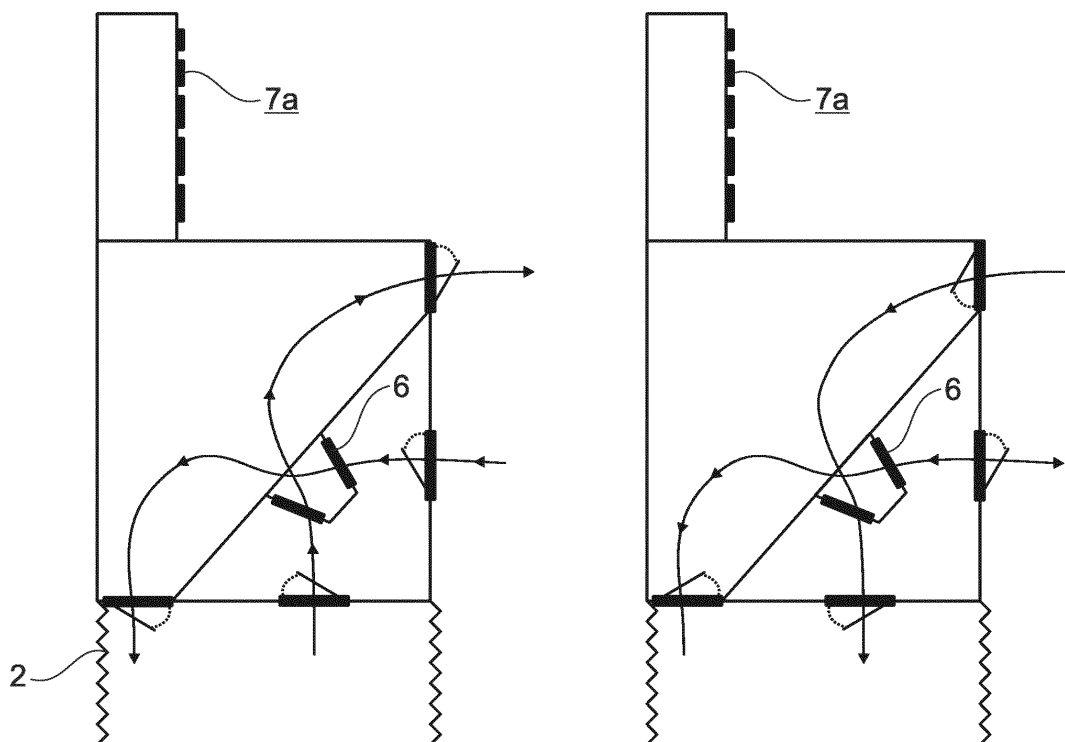


Fig. 1c

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft das oberbegrifflich Beanspruchte und bezieht sich somit auf ein Handzuginstrument.

**[0002]** Handzuginstrumente sind bekannt. Bei einem Handzuginstrument wie etwa einem Akkordeon, einem Bandoneon, einer Konzertina usw., ist ein Balgen vorhanden, der mit der Hand auseinandergezogen bzw. komprimiert wird. Das sich dabei ändernde Volumen innerhalb des Balgens führt zu einem Luftstrom, mit dem Stimmzungen angeströmt werden können. Solche Stimmzungen sind im Wesentlichen Streifen aus dünnem Material, die einseitig fixiert sind und auf der von der Fixierung abgewandten Seite frei schwingen können. Für die verschiedenen Tonhöhen bzw. Klangfarben sind unterschiedliche Stimmzungen vorgesehen. Damit nun bestimmte Stimmzungen, mit denen ein bestimmter Ton erzeugt werden soll, tatsächlich angeströmt werden, ist jeder Stimmzunge ein Ventil zugeordnet, das wiederum durch Drücken einer Taste oder eines Knopfes aus seiner normalerweise geschlossenen Stellung in eine offene Stellung bewegt werden kann. Es sei im Übrigen erwähnt, dass bei einigen Handzuginstrumenten mehrere Stimmzungen einem einzelnen Ventil zugeordnet sein können, um beispielsweise einen volleren Klang zu erzielen.

**[0003]** Damit sowohl bei der Expansion als auch bei der Komprimierung des Balgens Töne erzeugt werden können, muss für eine ordnungsgemäße Anströmung der Stimmzungen Sorge getragen werden. Dazu sind z.B. verschiedene Ventile im Handzuginstrument vorgesehen, die geöffnet oder geschlossen sind, je nachdem, ob der Balgen expandiert oder komprimiert wird. Mit diesen wird eine einheitliche Durchströmung der Stimmzungen erreicht.

**[0004]** Aufgrund des beschriebenen Prinzips von Handzuginstrumenten sind herkömmliche Handzuginstrumente mechanisch aufwändig. Es sind viele unterschiedliche Teile erforderlich, was aufgrund des komplexen Zusammenbaus vieler Teile, der Notwendigkeit, viele Teile aneinander anzupassen und (abzu-)stimmen usw. zu ganz erheblichen Kosten führt. Zudem ist das Gewicht typischer Handzuginstrumente sehr hoch, was bei körperlich schwachen Spielern wie Heranwachsenden erhebliche Probleme auslösen kann.

**[0005]** Es ist wünschenswert, hier zumindest partiell Abhilfe zu schaffen.

**[0006]** Es gibt bereits Überlegungen, Handzuginstrumente zu verbessern. Aus der DE PS 855 499 ist ein Stimmstock für Akkordeons, Harmoniums und dergleichen bekannt, wobei der Stimmstock eine pneumatische Steuerung aufweisen soll, durch welche für jeden Ton eines Chors nur eine Zungenstimme erforderlich ist, die im Stimmstock derart angeordnet wird, dass sie bei Saug- und bei Druckluft ansprechen kann. Eine solche Anordnung hat Klappen, damit bei Expansion und Kompression des Balgens die selben Stimmzungen verwen-

det werden können.

**[0007]** Auch derartige Instrumente sind noch sehr massiv und schwer.

**[0008]** Auf das Gewicht eines Akkordeons wird auch in der DE 101 33 287 A1 Bezug genommen. Darin wird behauptet, dass es für ein flaches, komplettes und leichtes Gebilde für ein Akkordeon, welches sich einfach herstellen lässt und zudem ergonomisch günstig ist, an einem geeigneten Aktuator für die Realisierung einer elektrischen Traktur mangle. Es wird ein elektromagnetisches Hülsenventil vorgeschlagen, bei welchem die Hülsen Spulen sind, die ohne Eisen ineinander gleiten sollen. Mit einer solchen Anordnung soll ein Ventil gebaut werden, bei dem ein Fenster durch einen entsprechend gerichteten Strom geöffnet wird. Es wird eingeräumt, dass der Wirkungsgrad des eisenlosen Aktuators schlecht sei, man dafür aber höhere Stromstärken anlegen könne, zumal die Einschaltdauer der Hülsen spulen relativ klein sei und der Spielwind für eine Kühlung der betätigten Hülsen spulen Sorge. Es wird behauptet, das beschriebene Hülsenventil eröffne dem Akkordeon neue musikalische Möglichkeiten, sofern man Druck- oder andere Sensoren unter die Knöpfe und Tasten lege und damit jeden Einzelton für sich dynamisch steuerbar mache. Die Hülsen spulen würden sich gegen zugeordnete Federn stromproportional bewegen, und es sei lediglich das Fenster entsprechend zu gestalten.

**[0009]** Dass der vorbeschriebene Stand der Technik mit Hülsenventilen offensichtlich nicht alle im Akkordeonbau beobachtbaren Probleme löst, ergibt sich schon aus der Tatsache, dass, sollten entsprechende Musikinstrumente überhaupt den Weg in den Markt gefunden haben, sie sich jedenfalls nicht durchsetzen konnten.

**[0010]** Ein möglicher Grund hierfür ist evtl. darin zu sehen, dass die vorbekannte Anordnung immer noch zu komplex und zu schwer ist

Es sind auch bereits Instrumente bekannt, bei welchen ein Tastendruck elektronisch erfasst wird und im Ansprechen darauf ein Ton elektronisch erzeugt und über einen Lautsprecher ausgegeben wird. Bei Ausbildung solcher Instrumente als Handzuginstrumente kann eine mit dem Balgen erzeugte Druckdifferenz erfasst werden, um die Lautstärke zu beeinflussen. Der Klang solcher Instrumente unterscheidet sich deutlich von jenem herkömmlicher Instrumente und wird deshalb gerade von professionellen Musikern stark kritisiert.

**[0011]** Es ist wünschenswert, ein Handzuginstrument angeben zu können, bei welchem zumindest einige der dargelegten Probleme zumindest partiell gelindert sind.

**[0012]** Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, Neues für die gewerbliche Anwendung bereit zu stellen.

**[0013]** Die Lösung dieser Aufgabe wird in unabhängiger Form beansprucht. Bevorzugte Ausführungsformen finden sich insbesondere in den Unteransprüchen.

**[0014]** Gemäß einem ersten Grundgedanken der Erfindung wird somit ein Handzuginstrument mit einem expandier- und komprimierbaren Balgen, der zur Erzeu-

gung eines Stimmzungen anströmenden Luftstromes durch Expansion und Kompression ausgebildet ist; und einer Anströmsteuerung, aufweisend eine Ventilanordnung, die zur Steuerung der Anströmung musikgemäß anzuströmender Stimmzungen angeordnet ist, und eine Strömungsgleichrichtungsanordnung, die dazu angeordnet ist, die gleiche Stimmzungen-Anströmrichtung bei Balgenexpansion und bei Balgenkompression zu bewirken; vorgeschlagen, bei welchem vorgesehen ist, dass die Ventilanordnung eine Anzahl an Stimmzungen-Ventilen aufweist, die jeweils eine Anströmung einer einzelnen oder allenfalls weniger klanggemäß gemeinsam anzuströmender Stimmzungen steuern, und die Strömungsgleichrichtungsanordnung eine Anzahl von Ventilen zur Luftströmungsgleichrichtung aufweist, wobei die Anzahl an Stimmzungen-Ventile größer ist als die Anzahl von Ventilen zur Luftströmungsgleichrichtung und wobei eine Gruppe von Ventilen zur Luftströmungsgleichrichtung einer größeren Gruppe Stimmzungen-Ventile zur gemeinsamen Gleichrichtung der Luftströmung dort hindurch so zugeordnet ist, dass die Luftströmung durch die Gesamtheit aller Stimmzungenventile der Gruppe gemeinsam gleichgerichtet ist.

**[0015]** Es wird also erkannt, dass es möglich ist, die Luftströmung mit einer sehr geringen Zahl an Luftströmungsventilen insgesamt gleichzurichten. Die geringe Zahl von Luftströmungsventilen zur Luftströmungsgleichrichtung und die Verwendung eines gleichgerichteten Luftstromes erlaubt eine signifikante Gewichtsreduktion.

**[0016]** Die Verwendung globaler Ventile ist möglich, weil die einzelnen Ventile der Stimmzungen nicht über eine komplizierte Hebelmechanik oder dergl. betätigt werden müssen. Vielmehr ist es möglich, die Ansteuerung zu vereinfachen, insbesondere derart, dass die Verbindungen erforderlichenfalls leicht durch eine Trennwand oder dergl. geführt werden können. Dies gilt unter anderem in besonderem Maße für elektrische Verbindungen.

**[0017]** Die Stimmzungenventile können also elektronisch angesteuert werden. Dies ist aber nicht zwingend. Ausreichend ist z.B. bereits, daß eine Abdichtung des Balgenraumvolumens gegen das Stimmstockvolumen bzw. das Stimmzungenvolumen trotz einer Verbindung zwischen Tastatur zu Stimmzungenventilen ermöglicht ist. Dies ist durch herkömmliche- allerdings schwere - Metallelemente per se ebenso möglich wie durch besser als diese abdichtbare und sogar deutlich leichtere Faden- und/oder Seilelemente, die von den Tasten zu den Stimmzungenventilen durch bzw. an geeignete Dichtungsmittel geführt werden; eine weitere und im Übrigen auch bevorzugte Möglichkeit ist der Betrieb der Stimmzungenventile mit elektrischen Aktuatoren, was eine besonders einfache Druckabdichtung erlaubt, ohne auf eine stets relativ aufwendige mechanische Verbindung Rücksicht nehmen zu müssen, weshalb nachfolgend regelmäßig auf solche elektrischen Aktuatoren Bezug genommen wird. Die Verwendbarkeit globaler Luftströ-

mungsventile ist also selbst dann möglich, wenn die einzelnen Stimmzungen-Ventile auf mechanische Weise geöffnet werden müssen, sie wird aber gleichwohl durch Ansteuerung der Stimmzungen-Ventile über elektrische Leitungen wesentlich vereinfacht, weil diese Leitungen ohne Weiteres durch eine Trennwand oder dgl. zu führen und ohne großen Aufwand besonders einfach abzudichten sind.

**[0018]** Zudem erlaubt es die Ansteuerung strombetätigter Stimmzungen-Ventile, nicht nur an gegebene Platzverhältnisse angepasste, leicht verlegbare elektrische Leitungen zu verwenden, die von den strombetätigten Stimmzungen-Ventilen zu einer geeigneten Steuerung sowie von der Steuerung zu Energiequellen wie Akkumulatoren oder Batterien führen sowie zu Tasten, Betätigungsknöpfen usw. führen, sondern auch, die Anordnung so weit weiter zu vereinfachen, dass tatsächlich eine weitgehende Gewichtersparnis möglich wird. Da die Erfindung zudem den Einsatz besonders leichtgewichtiger Materialien erlaubt und begünstigt, ist dieser Vorteil dann auch gut ausgeprägt.

**[0019]** Typisch kann die Luftströmung durch eine globale Anordnung für alle strombetätigten Stimmzungen-Ventile mit denselben Luftströmungsventilen gleichgerichtet werden. Dabei braucht die globale Anordnung nicht mehr als vier Luftströmungsgleichrichterventile umfassen. Gegebenenfalls lassen sich womöglich Luftströmungsgleichrichterventile sogar paarweise koppeln, was die Gesamtzahl an vorzusehenden unabhängigen Ventilanordnungen sogar noch zu reduzieren vermag. Es sei allerdings erwähnt, dass es bevorzugt ist, einen hohen Luftstrom bei nur geringen Druckdifferenzen zu ermöglichen und dabei zugleich ein schnelles Ansprechen der Luftströmungsgleichrichterventile auf Druckwechsel zu erlauben. Dies macht es vorteilhaft, mehrere, kleinere Luftströmungsgleichrichterventile parallel zueinander zu verwenden, die gemeinsam eine große Durchströmungsfläche bieten und gleichwohl schnell ansprechen. Es sind dann vier Luftströmungsgleichrichterventilgruppen erforderlich. Dies ist der weit bevorzugte Fall; es ist jedoch ebenso möglich, einzelnen Stimmzungenklappengruppen oder einer kleineren Gruppe solcher Stimmzungenklappen separate Luftströmungsventile zur Luftströmungsgleichrichtung zuzuordnen, etwa weil nicht alle Stimmzungen dicht beieinander angeordnet werden sollen oder dgl.

So können Diskant- und Bass-Stimmzungen an unterschiedlichen Enden des Balgens untergebracht werden. Damit kann es sinnvoll sein, an jedem Ende des Balgens eine Luftströmungsgleichrichtung mit dann wiederum z.B. jeweils mindestens vier Luftströmungsgleichrichterventilen vorzusehen.

**[0020]** Es sei erwähnt, dass demnach die globalen Luftströmungsgleichrichtungssventile so angeordnet werden, dass die Stimmzungen nicht mehr unmittelbar im expandier- bzw. komprimierbaren Balgen sitzen, sondern durch die Luftströmungsgleichrichtungssventile davon separiert sind. Dies gilt auch, wo mehrere kleinflä-

chige Luftströmungs-Einzelventile gemeinsam anstelle eines großflächigen jeweiligen Luftströmungsgleichrichtungssventiles vorgesehen werden, selbst wenn typisch für alle Stimmzungen gemeinsam wirksame Luftströmungsventilgruppen vorgesehen sein werden.

**[0021]** Dabei wird zugleich in dem bevorzugten Handzuginstrument nicht nur das Gewicht reduziert, sondern es wird auch, weil auch eine Vielzahl von Klappen und weitere Mechanik entfallen kann, das Instrument per se preiswerter. Dass insbesondere eine erhebliche Gewichtseinsparung selbst dann möglich ist, wenn nicht die zumindest angeblich besonders leichten Hülsevenventile eingesetzt werden, was wiederum bei batteriebetätigten Instrumenten dazu führt, dass für eine gegebene Spieldauer die Batterie kleiner und ergo wiederum leichter ausfallen kann, sei erwähnt.

**[0022]** Es wird einzuschätzen sein, dass allein schon aus diesen Gründen das erfindungsgemäße Handzuginstrument besonders vorteilhaft und marktfähig sein wird.

**[0023]** In einer besonders bevorzugten Ausführungsform wird eine Vielzahl strombetätigter Stimmzungen-Ventile gemeinsam in einem Ventilblock angeordnet.

**[0024]** Die gemeinsame Anordnung aller Stimmzungen-Ventile in ein- und demselben Ventilblock bzw. die Anordnung zumindest vieler Stimmzungen-Ventile jeweils gemeinsam in einer insgesamt nur geringen Anzahl an Ventilblöcken ist vorteilhaft, weil eine Vormontage und Überprüfung zunächst wesentlich vereinfacht ist. Anstelle von elektrischen Einzelkontakten können nun global nutzbare Stecker oder dgl. verwendet werden, was Test und Montage wesentlich erleichtert. Insbesondere wird es also möglich, die Stromleitungen zu den jeweiligen Ventilen zusammenzulegen zu einem gemeinsamen Steckanschluss, was die Ausbildung weiter vereinfacht und bei der Montage vorteilhaft ist.

**[0025]** Es sei erwähnt, dass die hier mitoffenbarte Blockbauweise bestimmter Komponenten die Montage zu erleichtern vermag und überdies ermöglicht, dass die Ventilblöcke und/oder Stimmstöcke bzw. Ventilblock-Stimmstockblöcke als Akkordeonkomponente gut einzeln bzw. gemeinsam mit Teilen einer Steuerelektronik gehandelt werden und in einer Vielzahl von Instrumenten verbaut werden können. Damit kommt der Verwendung von Ventilblöcken auch insofern Bedeutung zu, als eine arbeitsteilige Fertigung und Montage, wie sie im Akkordeonbau üblich ist, begünstigt wird.

**[0026]** Da bei der Montage lediglich der Block auf einer Fläche angeordnet werden muss, hinter bzw. in welcher die Stimmzungen anströmbare sind, ist die mechanische Montage des Blockes ebenfalls schnell und preiswert möglich, zumal die zwischen Ventilblock und seiner Auflagerung vorgesehene Fläche durch die vorteilhaft flache Auflagerung des Ventilblockes auf einem Untergrund per se sehr dicht gestaltet werden kann. Dies gilt insbesondere, wenn ein an der Auflagerfläche zumindest geringfügig nachgiebiger Kunststoff für den Ventilblock verwendet wird und/oder zusätzliche Dichtungen entweder für

jede Stimmzunge bzw. jedes Stimmzungen-Ventil einzeln und/oder den Block insgesamt vorgesehen werden. Zudem wird die Anordnung insgesamt wiederum leichter.

**[0027]** Es ist daher bevorzugt, wenn am Ventilblock Dichtmittel vorgesehen sind, die eine Abdichtung gegen den Stimmstock bzw. die einzelne Kanzelle ermöglichen. Wenn solche Dichtmittel bereits vor der Montage am Ventilblock vorgesehen sind, ist eine arbeitsteilige Fertigung eines Handzuginstrumentes weiter begünstigt. Neben herkömmlichen Dichtmitteln wie O-Ringen können die Dichtmittel insbesondere durch hinreichend weiche und/oder glatte Auflagerflächen bzw. mit solchen gebildet sein.

**[0028]** Per se wird in einem typischen Handzuginstrument wie einem Akkordeon das Ventil, das einer Stimmzunge zugeordnet ist, entweder, bei nicht gedrückter Taste, vollständig geschlossen sein oder, bei gedrückter Taste, vollständig geöffnet. Dies ist mit strombetätigten, den Stimmzungen zugeordneten Ventilen nachahmbar, indem die Stimmzungen-Ventile entweder ganz offen oder ganz geschlossen werden; typisch wird das Stimmzungen-Ventil also nur erregt, um es in die Offen-Stellung zu bewegen. Allerdings ermöglicht die Erfindung, den Übergang zwischen Offen- und Geschlossenstellung sehr präzise zu gestalten, was für ein natürliches Spielgefühl vorteilhaft ist. So wird es demnach auch als sehr vorteilhaft empfunden, wenn die Stimmzungen-Ventile in der vorliegenden Erfindung nicht einfach zwischen offener und geschlossener Stellung wechseln, sondern definierter von einer Ruhestellung in eine bestimmte erregte Stellung, beispielsweise aus dem geschlossenen in einen bestimmten offenen Zustand, bewegt werden können. Dies bietet auch der Menge an Handzuginstrumentenspielern mit lediglich durchschnittlicher Begabung Vorteile, weil vermieden wird, dass eine schlagartige An-/Aus- bzw. Auf-/Zu-Steuerung des Handzuginstrumentes in als undefiniert empfundener Weise auftritt und die Tonansprache bzw. das Einschwingverhalten durch den Musiker nicht beeinflusst werden kann. Bei begabteren Amateuren und professionellen Musikern wird es ohnehin allgemein als wünschenswert empfunden, dass der musizierenden Person über weite Bereiche der VentilHub-Bewegung der Eindruck vermittelt werden kann, Ventile in natürlicher Weise, also insbesondere nicht rein schwellbasiert, zu steuern. Dies gibt ein insgesamt natürlicheres Spielempfinden, weil insbesondere das Gefühl, die Artikulation, die Weichheit, harte Staccati usw. besser kontrollierbar werden. Es ist also möglich, dem Spieler die gleiche Kontrolle der Tonventilbewegungen wie bei einer rein mechanischen Spieltraktur zu ermöglichen und damit, wie bei einer direkten mechanischen Kontrolle der Tonventilbewegungen, auch eine besonders differenzierte Artikulation der gespielten Musik zu erlauben.

**[0029]** Es ist im Übrigen aber selbst dann nicht erforderlich, dass die Stimmzungen-Ventile vollständig linear geöffnet bzw. geschlossen werden; Vorteile ergeben sich bereits, wenn über wesentliche Teile des Hubs ein

konstantes Kraft-Wege-Verhalten, das heißt eine hinreichende Linearität vorliegt. Dies wird insbesondere dort der Fall sein, wo die Abweichungen von einem linearen Kraft-Weg-Verlauf über wenigstens 50 % des Betätigungsbereichs, der in der Praxis zum vollständigen Öffnen von der Ruhelage aus erforderlich ist, um nicht mehr als 5% abweichen; bzw. nicht mehr als 10% von einem solchen linearen Kraft-Weg-Verlauf abweichen, insbesondere, wenn für wenigstens 2/3 des Betätigungsbereiches eine Abweichung von einem dort linearen Kraft-Weg-Verlauf nicht größer als 12% ist; bevorzugt ist, wenn für wenigstens 75% des benötigten Betätigungsbereiches nicht mehr als 10% Abweichung von der Linearität vorliegen, und insbesondere über wenigstens 85% des Betätigungsbereiches nicht mehr als 5% Linearitätsabweichung zu beobachten sind. Dass ein nichtlinearer Verlauf implementiert werden kann, sei erwähnt. Es kann damit insbesondere auf Wünsche von Musikern eingegangen werden, die ein möglichst exakt ansprechendes Instrument wünschen.

**[0030]** Es wird einzuschätzen sein, dass lineare Betätigungsbereiche in der Regel entweder mittig um einen oft klar definierten Öffnungs- und Schließpunkt liegen oder diesen zumindest einschließen. Als Öffnungs- und Schließpunkt kann z.B. jener Punkt verstanden werden, an welchem eine Stimmzunge binnen nicht mehr als dem 1,5fachen jener Dauer einschwingt, die auch bei vollständiger Öffnung noch erforderlich ist, um den Einschwingvorgang zu beenden. Als beendet kann der Einschwingvorgang dabei angesehen werden, wenn die Lautstärke auf wenigstens 80% ihrer bei vollständiger Ventilöffnung final erreichten Lautstärke eines Tones angestiegen ist. Andere Schließpunktsdefinitionen sind übrigens ohne weiteres möglich, z.B. bezüglich Einschwingdauer Verhältnis und Endlautstärke. Weiter wird einzuschätzen sein, dass Vorteile bereits dort erhalten werden, wo eine Linearität über zumindest einen hinreichend großen Betätigungsbereich zumindest ansatzweise vorhanden ist. Die Vorteile einer linearen Betätigbarkeit über einen großen Bereich werden ausgeprägter, wenn dieser Bereich besonders groß wird, wobei jedoch kaum zusätzliche Vorteile durch einen über nahezu 100% des Betätigungsbereiches linearen Kraft-Weg-Verlauf erzielt werden, weshalb der dafür gegebenenfalls erforderliche Aufwand entbehrlich ist. Typisch werden weniger als 99%, insbesondere weniger als 95% des Betätigungsbereiches einen linearen Kraft-Weg-Verlauf mit einer Abweichung von der Linearität um besser als 5% aufweisen. Die gleichwohl immer noch erreichbare Verbesserung des Spielverhaltens ist beachtlich.

**[0031]** Daß Alinearitäten, insbesondere zwischen Tastendrücken und den zugehörigen Sensorsignalen oder zwischen Tastendrücken und der Ventilöffnungsweite softwaretechnisch kompensiert werden können, und zwar auch für jede Tasten-Ventilkombination einzeln, sei erwähnt.

**[0032]** Es sei insofern erwähnt, dass es möglich ist, insbesondere durch entsprechende Programmierung ei-

nes digitalen Controllers oder Vorsehen von Look-Up-Tabellen oder Implementierung von Linearisierungsfunktionen, eine linear auf eine Tastenbetätigung ansprechende Ventilbetätigung zu erhalten. Dass überdies die Möglichkeit besteht, sowohl für die linke wie auch für die rechte Hand eine jeweilige Tastatur vorzusehen, sei es als Knopf-Tastatur oder als Klaviatur-Tastatur und/oder dass jeweils sowohl Akkorde als auch Einzeltöne, gegebenenfalls selektierbar auf einen Tastendruck erzeugt werden können, sei erwähnt. Die bauliche Ausbildung des Handzuginstrumentes gewinnt damit erheblich an Flexibilität. So ist bei typischen Handzuginstrumenten oftmals eine klaviaturähnliche Tastatur parallel zur Balgenzugrichtung vorgesehen. Diese Anordnung hat ihren Grund bei herkömmlichen Instrumenten in der Notwendigkeit, mechanische Verbindungen zwischen Tasten und Stimmzungenklappen vorzusehen. Mit der vorliegenden Erfindung entfällt diese Notwendigkeit und es werden ergonomischere Tastenanordnungen ermöglicht, insbesondere eine klaviaturähnliche Tastatur senkrecht zur Balgenzugrichtung. Derartige, ergonomischere Handzuginstrumente sind besonders dort zu bevorzugen, wo sich Spieler nicht umgewöhnen müssen, sondern in frühen Übungsphasen bereits die Tastatur verwenden können, oder professionelle Spieler durch die herkömmliche Handhaltung gesundheitliche Probleme bekommen.

**[0033]** Eine besonders bevorzugte Variante der Ausbildung von Aktoren für Stimmzungen-Ventile besteht in Tauchspulen, die erregt werden, um Magnete darin zu bewegen, d.h. die Spulen sind ortsfest und die darin "eingetauchten" Magnete werden bewegt. Mit dieser Ausgestaltung können nicht nur hinreichend leichte Ventilanordnungen gebaut werden, sondern auch die vorteilhafte Linearität lässt sich besonders gut realisieren. Die Verwendung von starken Magneten wie Neodym-Magneten usw. erlaubt trotz baulich kleiner und somit gewichtsmäßig leichter Bauweise eine Betätigung auch sehr satt schließender Ventile, d.h. eine Betätigung von Ventilen mit großer Schließkraft.

**[0034]** Es sei erwähnt, dass insbesondere die Verwendung von Tauchspulen vorteilhaft ist, weil bei diesen das Übersprechen zwischen Ventilen besonders gering ist, so dass eine enge Integration von Ventilen nebeneinander möglich ist, was bei gleichem Platz die Verwendung von mehr Registern, eines umfangreicheren Frequenzbereiches oder, bei gegebener Tonanzahl, eine Verkleinerung bzw. Gewichtsreduzierung erlaubt.

**[0035]** In einer bevorzugten Variante ist zumindest die Mehrzahl der strombetätigten Stimmzungen-Ventile als Klappenventile ausgebildet; typisch werden zudem alle Stimmzungen-Ventile gleich gebildet, das heißt in einem typischen Handzuginstrument werden alle strombetätigten Stimmzungen-Ventile als Klappenventile gebildet. Die Ausbildung als Klappenventile ist baulich leicht zu realisieren, ermöglicht bei vergleichsweise geringem erforderlichen Hub der Stimmzungen-Ventilklappen eine ausreichend große Öffnung für die zur Tonerzeugung

erforderlichen Luftvolumina und gewährleistet eine hohe Haltbarkeit und Beständigkeit der dynamisch bewegten Ventile. Dies trägt zu einer langen Haltbarkeit der Handzuginstrumente bei.

**[0036]** Die Klappen können einseitig eingespannt sein, insbesondere vormontiert im Ventilblock, so dass Klappen und Ventile gemeinsam montiert werden. Sie können mit Aktoren, insbesondere Tauchspulen-Aktoren aus ihrer (normal geschlossenen) Ruhelage heraus bewegt werden.

**[0037]** Typisch ist es ausreichend, die Stimmzungen-Ventilklappen so auszubilden, dass sie gegen einen Balgendruck unterhalb von 40 mbar Druckdifferenz geschlossen bleiben, wobei die strombetätigten Stimmzungen-Ventilaktoren typisch derart stark ausgebildet und mit so großem Strömen erregbar sind, dass sie die Öffnung der Ventilklappen auch gegen einen Druck von bis zu 3 bar vermögen. Diese Drücke erlauben ein einwandfreies Spielen des Handzuginstrumentes auch dort, wo zeitweilig hohe Drücke etwa zum simultanen Erregen einer Vielzahl von Tönen erforderlich sind.

**[0038]** In einer typischen Variante sind für die Luftströmungsgleichrichtung des Spielwindes lediglich zwei globale Luftströmungsklappen- bzw. -ventilpaare vorgesehen, die gemeinsam den Spielwind für sämtliche, im Handzuginstrument vorhandenen Stimmzungen gleichrichten. Diese nur geringe Zahl an Luftströmungsgleichrichtungssventilen ist einerseits ohne weiteres ausreichend; andererseits wird durch die geringe Luftströmungsventilzahl die Konstruktion vereinfacht und das Instrument kann wiederum sehr leicht ausgebildet werden. Die Luftströmungsgleichrichtungssventile könnten mittels eines elektrischen Aktors im Ansprechen auf einem im Balgen erfassten Über- oder Unterdruck gesteuert werden; einfacher und besonders bevorzugt ist es jedoch, wenn sie rein mechanisch darauf reagieren, wozu sie z.B. als Membranventile ausgebildet sein können, die leicht auf Druckunterschiede ansprechen.

**[0039]** Es wurde bereits daraufhingewiesen, dass eine lineare Betätigung der strombetätigten Stimmzungen-Ventile vorteilhaft ist. Prinzipiell ist dafür förderlich, wenn es einen sehr klaren Zusammenhang zwischen der von einem Akteur aufgebrauchten Kraft und dem Stellweg des Aktors gibt, wie dies oben für den Kraft-Weg-Verlauf beschrieben ist. Dies erleichtert insbesondere dort die Herstellung des Handzuginstrumentes, wo zwar eine lineare Verstellung gewünscht ist, andererseits aber der Aufwand für eine Linearisierung jedes einzelnen strombetätigten Stimmzungen-Ventils für sich alleine geringst gehalten werden soll. Es sei jedoch erwähnt, dass Abweichungen der Reaktion auf eine Druckastenbetätigung bei der Ventilsteuerung von einer linearen Reaktion wenigstens partiell elektronisch kompensiert werden können. Dies wird durch eine Ventilsteuerung ermöglicht, die für eine lineare Verstellung der strombetätigten Stimmzungen-Ventile ausgebildet ist.

**[0040]** Während es prinzipiell möglich wäre, die Signale einer elektronischen Drucktaste oder eines Druck-

knopfes, der zur Ventil-Betätigung bedient werden muss, analog aufzunehmen und zu verarbeiten, wird in einer bevorzugten Variante ein Analog-Digital-Wandler verwendet, der eine vielstufige Erfassung der Druckasten-Betätigung ermöglicht, beispielsweise in 64, bevorzugt mindestens 128 Schritten. Damit kann mehr als 2stufig eine reine Auf- von einer reinen Zu-Stellung der Drucktaste unterschieden werden, und es kann insbesondere auch ein dynamisches Verhalten erfasst werden, also erkannt werden, ob eine Taste langsam oder schnell gedrückt wird, was gegebenenfalls verwendet werden kann, um bei schneller Betätigung der Taste einen größeren Erregungsstrom an ein strombetätigtes Stimmzungen-Ventil zu speisen und damit eine noch schnellere Öffnung zu bewirken.

**[0041]** Bei den Druckasten bzw. Druckknöpfen, die vom Musiker am Handzuginstrument zu betätigen sind, damit die strombetätigten Stimmzungen-Ventile sich öffnen bzw. schließen, kann es sich insbesondere um magnetische, optische, gyroskopische und/oder tachymetrische Sensoren handeln.

**[0042]** Auch bei Handzuginstrumenten mit großem Tonumfang und/oder vielen unterschiedlichen Registern ist es dabei im Regelfall nicht erforderlich, jeder Drucktaste, jedem Druckknopf bzw. den zugeordneten Sensoren einen dedizierten eigenen Analog-Digital-Wandler zuzuordnen, um die momentane Druckasten-Betätigung zu erfassen. Selbst bei schneller Spielweise (Presto), kurzen Noten wie Sechzehnteln oder Zweiunddreißigsteln, welche viele Musiker gerade bei schnellen Stücken mit schwieriger Tonsetzung an die Grenzen der musikalischen Fähigkeiten bringen, einem Handzuginstrument mit großem Tonumfang von beispielsweise 4 Oktaven sowie dem Wunsch, eine Drucktaste mehrfach je Ton abzufragen, d.h. den Grad der Betätigung je Pause bzw. je Note mehrfach zu ermitteln, reichen herkömmliche Analog-Digital-Wandler ohne weiteres aus, weil hinreichend lineare Analog-Digital-Wandler (ADC) mit besser als 1% Linearität, beispielsweise 8-Bit-Wandler, oder 10-Bit-Wandler, zu geringen Preisen mit Wandelfrequenzen um 10-100 kHz oder darüber sehr preiswert verfügbar sind.

**[0043]** Jede einzelne Taste kann demgemäß mit wenigstens 5 Hz ohne besondere Probleme abgefragt werden, wozu die entsprechenden Druckasten-Sensorsignale etwa im Rundlaufverfahren (Round Robin) an den ADC gespeist werden können. In einer praktischen Ausführungsform wird jeder Tastenhub mit ca. 30Hz abgefragt, d.h. digitalisiert. Es sei erwähnt, dass es trotzdem einleuchtenderweise möglich ist, mehrere Analog-Digital-Wandler in einem Handzuginstrument zur Abfrage der Druckasten-Sensoren vorzusehen, entweder, um den Aufwand der Weiterleitung von Signalen zu verringern, also weniger Druckasten sukzessive nacheinander mit ein- und demselben ADC abzutasten und/oder eine versagenssicherere Ausbildung zu gewährleisten, was insbesondere bei hochwertigen Konzertinstrumenten von Interesse sein kann. Es sei auch erwähnt, dass

zwischen den Drucktasten-Sensoren und dem Analog-Digital-Wandler neben Multiplexern geeignete Signal-konditionierungsschaltkreise vorgesehen sein können, also beispielsweise Treiber, Verstärker und so weiter.

**[0044]** Es ist zwar möglich, aber nicht nötig, die Drucktasten wie eine Klaviatur auszugestalten; vielmehr ist auch die Möglichkeit gegeben, eine knopfartige Bedienung des Handzuginstrumentes wenigstens auf einer Seite des Balgens vorzusehen. Es sei diesbezüglich erwähnt, dass ein besonders natürliches, gewohntes Spielempfinden erhalten wird, wenn die Gewichtsverteilung des - dank der Erfindung allerdings insgesamt wesentlich leichteren - Handzuginstrumentes zumindest in etwa jener Gewichtsverteilung entspricht, die auch ein konventionelles Handzuginstrument, wie im Stand der Technik bekannt, besitzt. Demgemäß können Stimmstöcke, Ventilblöcke usw. (in etwa) dort eingebaut werden, wo die funktional entsprechenden Elemente wie Klappen und Stimmzungenplatten - relativ zum Schwerpunkt - auch in einem herkömmlichen Instrument angeordnet sind.

**[0045]** Wenn das Handzuginstrument der vorliegenden Erfindung autonom, also netzunabhängig betrieben werden soll und dafür Batterien erforderlich sind, können diese entweder separat vom Handzuginstrument angeordnet werden, wobei der Musiker sie etwa in einem Gürtelholster trägt, was den Vorteil hat, dass dann die entsprechende Masse beim Spielen nicht von den Händen bewegt werden muss, oder aber die Batterien werden im Instrument untergebracht, was den Aufbau vereinfacht, Probleme durch Unterbrechung der elektrischen Verbindung vermeidet und so weiter. Dabei ist es dann möglich, die Batterie so am bzw. im Handzuginstrument anzuordnen, dass ein Spielgefühl erhalten wird, das möglichst nahe an dem mit einem herkömmlichen Handzuginstrument erhaltenen Spielgefühl liegt.

**[0046]** Dass in einer bevorzugten Variante die Batterien leicht austauschbar und überdies bevorzugt wieder-aufladbar sind, beispielsweise über eine herkömmliche USB-Schnittstelle, sei erwähnt. Ebenso erwähnt sei, dass der geringe Stromverbrauch der strombetätigten Stimmzungen-Ventile ein langes Musizieren ohne Probleme der Stromversorgung auch bei leichten Batterien ermöglicht. Auch die Unterbringung eines Netzteils im Instrument selbst ist realisierbar. Zudem sei daraufhingewiesen, dass die erhebliche Bewegung des Handzuginstrumentes beim Spielen auch ohne weiteres genutzt werden kann, um ein Energie-Harvesting zu ermöglichen, gegebenenfalls unter Zwischenspeicherung der so gewonnenen Energie. Dies ist auch dem Umstand zu verdanken, dass die Anordnung wenig Energie benötigt.

**[0047]** Wie erwähnt, ist es vorteilhaft, wenn die Steuerung insgesamt derart erfolgt, dass ein lineares Ansprechen der Ventilöffnung auf eine Drucktasten-Betätigung erfolgt. Obschon dies mit jedweden geeigneten niederfrequenten Strömen geeigneter Stärke bewirkt werden kann, sei erwähnt, dass eine besonders vorteilhafte Methode, die Ventile entsprechend anzusteuern, darin besteht, einen pulsweitenmodulierten Strom durch die Ven-

tile zu erzeugen. Dass die Tonfolge eines Handzuginstrumentes aufgrund der beschränkten Spielgeschwindigkeit selbst virtuoser Musiker hinter den mit elektronischen Schaltungen problemfrei erzielbaren Taktgeschwindigkeiten zurückbleibt, wurde bereits angedeutet. Selbst bei extrem schneller Spielweise wird der einzelne Ton demgemäß eine bestimmte Mindestdauer besitzen, typisch wenigstens zwischen einer Fünftel- und einer Zehntelsekunde. Es ist möglich, ungeachtet der Tatsache, dass die in strombetätigten Stimmzungen-Ventilen vorhandenen Stromspulen eine gewisse Induktivität haben, die einer raschen Änderung des durch sie fließenden Stromes entgegenwirken, eine Pulsweiten-Modulation vorzusehen, das heißt den beispielsweise während einer Zehntelsekunde Ventilöffnungszeit durch die Spule des Ventils fließenden Strom in dieser Zeit noch zu modulieren. Dies verbessert die Möglichkeiten, ein lineares Ansprechverhalten zu bewirken.

**[0048]** Die elektronische Steuerung der Ventile, insbesondere die digitale elektronische Steuerung der Ventile, erlaubt überdies, das Spielen zu vereinfachen und/oder die Tonerzeugung zu verbessern. So ist es ohne Weiteres möglich, mehrere Register miteinander in der elektronischen Steuerung zu koppeln, d.h. eine Erzeugung von Tönen derselben Tonhöhe, aber unterschiedlicher Klangfarbe vorzusehen, oder simultan beim Spielen eines Tons in fest vorgegebener Weise zusätzliche Töne durch Öffnen der entsprechenden Ventilkappen zum Erklängen zu bringen.

**[0049]** Daneben kann aber auch ein bestimmtes technisches Verhalten zu gewährleisten sein. So ist das Schwingungsverhalten der Zungen, mit denen unterschiedliche Töne bzw. Klänge erzeugt werden, offensichtlich voneinander verschieden. Dabei unterscheidet sich nicht nur die Frequenz (bzw. das Frequenzspektrum), mit welcher die Zunge bei Erregung durch den Luftstrom schwingt, sondern auch die Zeit, welche eine zunächst in Ruhe befindliche Zunge benötigt, um vollständig einzuschwingen und einen bestimmten Ton zu erzeugen. Mit anderen Worten unterscheidet sich bei unterschiedlichen Zungen das Einschwing-Verhalten. Dies kann dazu führen, dass bei exakt gleichzeitig gedrückten Tasten in herkömmlichen konventionellen Instrumenten die Töne mit einem, wenn auch geringfügigen, so doch wahrnehmbaren, Zeitversatz erklingen. Die vorliegende Erfindung erlaubt, dies zu korrigieren, indem ein tonabhängiger Zeitversatz und/oder ein tonabhängiges Stimmzungenventil-Öffnungsverhalten implementiert wird. Gegebenenfalls könnte also auch statt und/oder zusätzlich zu einer Linearisierung des Stimmzungenventil-Öffnungsverhaltens gegen Tastendruck das Ansprechverhalten z.B. bei Einschwingen optimiert werden. Zudem ist einsichtig, dass durch die mehrstufige Abfrage des Tastendrucks (also durch Auflösung mit mehreren Bits) eine Reaktion auf den Tastendruck erfolgen kann, die als sehr genau aufgefasst wird und selbst dort, wo keine weiteren Massnahmen wie Implementierung eines tonabhängigen Zeitversatzes, eines tonabhängiges



Stimmzungenventil-Öffnungsverhaltens und ohne ein hoch lineares Öffnungsverhalten ein als sehr exakt und reproduzierbar empfundenes Spielverhalten implementieren lässt, das jenem eines mechanischen Instrumentes sehr nahe kommt. Dass zugleich besonders bevorzugte, nichtlineare Ansprechverhalten implementiert werden können, sei erwähnt.

**[0050]** Damit wird einerseits die Umgewöhnung auf ein erfindungsgemäßes Handzuginstrument vereinfacht, weil zu antizipieren ist, dass jedes Instrument geringfügig unterschiedliche Einschwing-Verzögerungen für jeden Ton besitzt; durch die Erfindung kann z.B. ein besonders neutrales Verhalten gewährleistet werden; andererseits wird die Bedienung des Instrumentes für weniger erfahrene, beispielsweise Hobbymusiker, deutlich erleichtert, weil damit ein sehr exaktes Tonerzeugungszeitverhalten erreicht wird.

**[0051]** Die Anpassung unterschiedlich schnell einschwingender Zungen ist besonders dort vorteilhaft, wo Zungen verwendet werden, deren Einschwing-Verhalten sich von jenem herkömmlicher (Metall-)Zungen unterscheidet, beispielsweise durch Verwendung einer faserverstärkten Kunststoff-Stimmzungen-Anordnung. Hier sei erwähnt, dass gegebenenfalls nicht lediglich ein gleichzeitiges Einschwingen simuliert bzw. erreicht werden muss, sondern gegebenenfalls auch das nicht gleichzeitige Einschwingen von Metall-Stimmzungen nachgebildet werden könnte.

**[0052]** Die Verwendung von faserverstärkten Kunststoff-Stimmzungen-Anordnungen ist auch deshalb vorteilhaft, weil deren Wärmedehnung geringer ist als bei Metall-Stimmzungen, was dazu führt, dass sich die Spaltgröße zwischen schwingender Stimmzunge und sie tragender Platte mit wechselnder Temperatur weniger stark verändert. Bei herkömmlichen Instrumenten, bei denen damit gerechnet werden muss, dass sie sowohl bei kühlem Wetter, etwa im Winter bei Frosttemperaturen auf Weihnachtsmärkten, als auch in sommerlicher Hitze im Freien gespielt werden, muss der Spalt so gewählt werden, dass auch bei extremen Temperaturen ein Anschlagen der Zunge an der Stimmpalte sicher vermieden wird. Die Kunststoff- bzw. Carbonstimmzunge mit geringerer Temperaturexpansion kann dementsprechend mit kleinerem Spalt gebildet werden. Dabei kann dann das Spaltmaß auch dergestalt optimiert werden, dass sowohl ein von vorneherein praktisch simultanes An- bzw. Ausschwingen wie auch eine gleiche Lautstärke oder ein gleiches Lautstärkeempfinden für unterschiedliche Tonhöhen erreicht werden. Darauf, dass durch faserverstärkten Kunststoff-Stimmzungen-Anordnungen zugleich eine erhöhte Korrosionsbeständigkeit gegeben ist, die sich ebenfalls dort besonders positiv auswirkt, wo das Instrument unter oft und/oder stark wechselnden Umgebungsbedingungen verwendet wird, sei hingewiesen.

**[0053]** Dabei ist es bevorzugt, wenn die Spaltmaße einer Kunststoffstimmzunge bzw. insbesondere einer faserverstärkten Kunststoffstimmzunge, insbesondere ei-

ner Carbonfaser-Stimmzungenanordnung so abgestimmt sind, dass die Stimmzungen unterschiedlicher Tonhöhen bei gleichem Luftdruck und gleichzeitiger Betätigung simultan anschwingen bzw. mit nicht mehr als 10 ms, bevorzugt unter 5 ms, insbesondere bevorzugt unter 3 ms Zeitversatz. Die Breite der Stimmzungen kann zugleich so gewählt werden, dass die Stimmzungen gleiche Lautstärke besitzen werden. Von gleicher Lautstärke kann ausgegangen werden, wenn die Lautstärkedifferenz so gering ist, dass für unterschiedliche Töne die Schalldruckdifferenz unter 3 dB beträgt, bevorzugt unter 1,5 dB insbesondere unter 0,5 dB Schalldruckdifferenz, jeweils bei gleicher Luftströmungsstärke.

**[0054]** Dass eine solche Stimmzungenanordnung für das erfindungsgemäße Handzuginstrument bestimmt und besonders geeignet ist, ist aus dem Vorstehenden ohne weiteres ersichtlich.

**[0055]** In einer besonders bevorzugten Variante wird die Kunststoffstimmzungenanordnung unter Verwendung zumindest eines der Verfahren 3-D Druck, Pressen, Spritzpressen, modifizierte Vakuuminfusionsverfahren (MVI), Vakuum unterstütztes Harzspritzen (VARI), Spritzguss und/oder spanabhebende Verfahren hergestellt. Die Stimmzungenanordnung ist also ohne Weiteres faserverstärkt mit modernen Herstellungsverfahren erzeugbar. Gleiches gilt im Übrigen auch für den Ventilblock-Träger, in den die Aktoren, Ventilkappen und so weiter eingesetzt werden. Es ist möglich, den Ventilblock aus faserverstärkten Kunststoffen, insbesondere mit Carbonfaser-Werkstoffen herzustellen und darin gegebenenfalls nicht aus faserverstärkten Kunststoffen gebildete Teile wie Metall-Ventilkappen und/oder die elektromagnetischen Aktoren einzusetzen. Dass insbesondere Ventilkappen auch aus faserverstärkten Kunststoffen gebildet sein können, sei jedoch erwähnt. Dies gilt insbesondere auch für die globalen Luftströmungsgleichrichtungsventile, die allen oder einer großen Anzahl von elektrisch erregten Stimmzungen-Ventilen zugeordnet sind.

**[0056]** Es ist weiter möglich, einen beim Spielen schwankenden Balgendruck zu kompensieren. Gerade bei Anfängern kann es geschehen, dass sie den Balgen höchst ungleichmäßig betätigen und dadurch größere Druckschwankungen im Balgen auftreten als gewünscht. Dies kann etwa durch ein zusätzliches Ablass- bzw. Einlassventil ohne zugeordnete Stimmzunge kompensiert werden, um dadurch zumindest einen Teil der Druckvariationen zu glätten.

**[0057]** Dass bei der Öffnung der Ventile auf einen erwarteten Soll-Balgen-Über- bzw. Unterdruck kompensiert werden kann und dies insbesondere bei unerfahrenen Spielern vorteilhaft ist, sei erwähnt. In einer bevorzugten Variante wird daher ein Drucksensor zur Erfassung von Druckänderungen im Balgen vorgesehen sein, mit dem insbesondere erfasst wird, ob der Balgen momentan komprimiert oder expandiert wird. Dabei kann ein Drucksensor vorgesehen werden, der anhand der reinen, im Balgen erfassten Druckschwankungen be-

nützt wird, um eine Expansion oder Kompression zu erkennen; alternativ und/oder zusätzlich kann eine Druckdifferenz gegen den Außendruck erfasst werden.

**[0058]** Es ist im Übrigen auch möglich, zusätzlich zu einem oder anstelle eines Drucksensors die mit der Balgenbewegung verbundenen Bewegungen zu erfassen. Insbesondere können in voneinander entfernten Teilen des Handzuginstrumentes Beschleunigungsmesser, insbesondere triaxiale Accelerometer angeordnet sein, mit denen erfasst wird, ob sich die beabstandeten Teile aufeinander zu oder voneinander weg bewegen, was auf eine Kompression bzw. eine Expansion des Balgens hindeutet.

**[0059]** Dass eine Steuerung der Ventile es erlaubt, einen unerfahrenen Spieler bis hin zum fast vollständigen Wiedergeben eingespielter Stücke zu unterstützen, indem zumindest die Öffnung der Stimmzungenventile vorprogrammiert ist und der Spieler nur noch den Balgen bedienen muss, sei ebenso erwähnt wie die Möglichkeit, eine Teilunterstützung zu gewährleisten, beispielsweise indem Register (automatisch) zugeschaltet werden, besonders schnelle Sequenzen, Kadenzen usw. abrufbar sind, eine Melodie transponiert wird und/oder es können die Spielweisen erfahrener Spieler aufgezeichnet und gegebenenfalls abgespeichert werden. Dazu sind unter anderem herkömmliche Schnittstellen wie MIDI-Schnittstellen verwendbar. Dass gegebenenfalls das Instrument drahtlos über Bluetooth und/oder WLAN oder dergleichen ansprechbar sein kann, sei erwähnt. Auch ist es möglich, die tatsächliche Tastenbetätigung Live an eine vom Akkordeon getrennte Einheit zu übertragen, womöglich zusammen mit auf die Balgenbewegung bzw. Kompression/Expansion bezogenen Signalen wie Drucksensorsignalen, um daraus über eine PA-Anlage oder dgl. wiederzugebende Klänge zu bestimmen und/oder es können im bzw. am Instrument geeignete Mikrofone zur Aufnahme der Stimmzungenschwingungen vorgesehen sein. Auch sei erwähnt, dass gegebenenfalls ein Nebenventil geöffnet werden kann, während die Stimmzungen-Ventile geschlossen bleiben und lediglich die Tastenbetätigung und Balgenbetätigung erfasst wird. Daraus können dann wieder geeignete Klänge synthetisiert werden, was ein lautloses Spielen, etwa mit dem Zweck nächtlichen Übens ohne Störung von Nachbarn oder Mitbewohnern ermöglicht.

**[0060]** Es sei erwähnt, dass die als vorteilhaft, aber nicht zwingend aufzufassende, zusätzliche Möglichkeit einer synthetischen Tonerzeugung im Ansprechen auf Tastendrücke und Balgenbewegungen oder dgl. lediglich einer hilfswisen zusätzlichen Nutzung dient, wobei einsichtig ist, dass selbst bei qualitativ hochwertiger Tonsynthese Klangunterschiede zu einer Tonerzeugung mittels Stimmzungen auftreten; insofern ist es vorteilhaft, dies nur als zusätzliche Möglichkeit anzubieten, wozu aber insbesondere die unterschiedliche Luftdurchströmung durch ein oder mehrere stimmzungenlose Durchlassventile simuliert werden kann, die entsprechend der Anzahl momentan zu simulierender Töne entsprechend

weit geöffnet werden.

**[0061]** Es sei im Übrigen erwähnt, dass es möglich ist, durch geeignete Wahl der Balgen-Materialien und/oder anderer Komponenten wie der tastentragenden Teile des Akkordeon bzw. Handzuginstrumentes eine (weitere) Gewichtersparnis zu bewirken. Es ist im Übrigen vorteilhaft bei dem erfindungsgemäßen Instrument, dass aufgrund der elektromagnetischen Aktoren die Öffnung der Stimmzungen-Ventile, anders als dies bei traditionell gebauten Instrumenten beobachtet wird, nicht von der Druckdifferenz im Balgen abhängen muss. Insbesondere ist das bei herkömmlichen Instrumenten beobachtbare Phänomen vermeidbar, dass dann, wenn bei geschlossenen Ventilen der Luftdruck gleich dem atmosphärischen Druck ist, der Windwiderstand bei Öffnen des Ventils kurzzeitig ansteigt, wenn der Druck absinkt oder ansteigt. Mit anderen Worten wird vermieden, dass sich bei Wechsel der Balgenbewegung zwischen Kompression und Expansion ein Anstieg des Windwiderstandes negativ auswirkt.

**[0062]** Es sei im Übrigen erwähnt, dass gegebenenfalls eine Signalübertragung zwischen den Tasten bzw. einer Tastensignale digital erfassenden Steuerung und den Aktoren bzw. einer von der Tastensteuerung dann separaten Aktorsteuerung gegebenenfalls auch induktiv, per kurzreichweitiger Funksignale wie NFC, aber auch Bluetooth etc. oder, über ein transparentes Fenster, optisch erfolgen kann. Dies hat den Vorteil, dass im Ventilraum lediglich eine Stromversorgung beispielsweise durch ein zu öffnendes Batteriefach ermöglicht sein muss und keine weiteren Durchführungen erforderlich sind.

**[0063]** Die Erfindung wird im Folgenden nur beispielhaft anhand der Zeichnung beschrieben. In dieser ist dargestellt durch:

- Fig. 1 a ein Handzuginstrument der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 1b eine schematische Ansicht eines ersten alternativen Handzuginstrumentes der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 1c schematische Ansichten eines weiteren, alternativen Handzuginstrumentes der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 2 ein für die Erfindung bevorzugtes, aber nicht zwingendes, strombetätigtes Stimmzungen-Ventil mit einer Blattventilfeder;
- Fig. 3 ein Ventilblock strombetätigter Stimmzungenventile;
- Fig. 4 eine Schnittansicht eines strombetätigten Stimmzungen-Aktors im Detail;
- Fig. 5 ein Blockdiagramm zur Erläuterung des Zusammenhanges zwischen Betätigung einer Handzuginstrument-Taste und der strombetätigten Stimmzungen-Ventil-Betätigung;
- Fig. 6 ein Blockdiagramm für die Steuerung eines erfindungsgemäßen Handzuginstrumentes;
- Fig. 7 eine Veranschaulichung einer für ein erfindungsgemäßes Handzuginstrument ver-

wendbaren Taste;  
 Fig. 8 eine weitere Darstellung einer geeigneten Taste.

**[0064]** Nach Figur 1 umfasst ein allgemein mit 1 bezeichnetes Handzuginstrument 1 einen expandier- und komprimierbaren Balgen 2, der zur Erzeugung eines Luftstromes, angedeutet durch die Pfeile 3 bzw. 3', durch Expansion und Kompression ausgebildet ist, sowie eine Anströmsteuerung 4 aufweisend eine Ventilanordnung 4a, die zur Steuerung der Anströmungsstärke musikgemäß anzuströmender Stimmzungen 6 angeordnet ist, und eine Strömungsgleichrichtungsanordnung 4b, die dazu angeordnet ist, die gleiche Stimmzungenanströmungsrichtung bei Balgenexpansion und bei Balkenkompression zu bewirken, wobei die Ventilanordnung 4a eine Anzahl hier strombetätigter Stimmzungen-Ventile, vgl. Figuren 2, 3 und 4 aufweist, die jeweils eine Anströmung einer einzelnen oder allenfalls weniger klanggemäß anzuströmender Stimmzungen steuern, und die Strömungsgleichrichtungsanordnung eine Anzahl von hier als Klappen gebildeten Luftströmungsgleichrichtungssventilen 4b1, 4b2, 4b3, 4b4 aufweist, wobei die Anzahl Stimmzungen-Ventile 4a1 bis 4a16, vgl. Figur 3, größer ist als die Anzahl von Luftströmungsgleichrichtungssventilen 4b1 bis 4b4 zur Luftströmungsgleichrichtung und wobei eine Gruppe von Ventilen zur Luftströmungsgleichrichtung 4b1 bis 4b4 einer größeren Gruppe 4a1 bis 4a16 strombetätigter Stimmzungen-Ventile zur gemeinsamen Gleichrichtung der Luftströmung dort hindurch so zugeordnet ist, dass die Luftströmung durch die Gesamtheit aller Stimmzungen-Ventile 4a1 bis 4a16 der Gruppe gemeinsam gleichgerichtet ist.

**[0065]** Es sei erwähnt, dass die Luftströmungsgleichrichtungssventile 4b1, 4b2, 4b3, 4b4 in Fig. 1 als Klappen gebildet sind, weil so die Funktionsweise besonders leicht erkannt werden kann, dass aber nicht zwingend einseitig angelenkte Klappen verwendet werden müssen, sondern andere Ventile wie z.B. Membranventile oder dergl. verwendet werden können.

**[0066]** Im vorliegenden Beispiel ist in Figur 3 ein Ventilblock mit lediglich 16 Ventilen, die strombetätigt den Luftstrom durch jeweilige Stimmzungen steuern, dargestellt, wobei alle 16 Stimmzungen-Ventile des Ventilblockes 4a der Strömungsgleichrichtungsanordnung gemeinsam zugeordnet sind, die lediglich vier Luftströmungsgleichrichtungssventile zur Luftströmungsgleichrichtung erfordern. Die Anzahl von Luftströmungsgleichrichtungssventilen zur Luftströmungsgleichrichtung ist also kleiner als die Anzahl der strombetätigten Stimmzungen-Ventile in dem Ventilblock für die gemeinsam mit gleichgerichteter Luft durchströmten strombetätigten Stimmzungen-Ventile. Es wird einzuschätzen sein, dass mehrere Ventilblöcke der in Figur 3 gezeigten Art 4a in der Anströmsteuerung 4 gemeinsam mit den zugehörigen Stimmzungen 6 untergebracht sein können und/oder dass die Ventilblöcke 4 noch deutlich größer als dargestellt gewählt werden können.

**[0067]** Bei dem Handzuginstrument 1 handelt es sich im dargestellten Ausführungsbeispiel um ein Akkordeon 1, das an beiden Enden nur symbolhaft dargestellte Tasten 7a1 bis 7an bzw. 7an+1 bis 7am auf der gegenüberliegenden Seite aufweist. Darauf, dass die vorliegende Erfindung es besonders vereinfacht, eine von der Anordnung auf herkömmlichen Handzuginstrumenten abweichende Tastaturanordnung zu wählen, sei hingewiesen. Insbesondere kann die Tastatur als Klaviatur ohne bauliche Nachteile ausgestaltet und nicht, wie herkömmlich, allgemein parallel zur Balgenzugrichtung, sondern quer dazu angeordnet werden.

**[0068]** Der Balgen ist mit den Enden luftdicht so verbunden, dass in das Balgeninnenvolumen 2a Luft durch eine Einlassöffnung 2b einströmen bzw. aus dieser ausströmen kann. Zwischen Balgeninnenvolumen 2a und Luftausströmöffnung 2b ist die Anströmsteuerung 4 mit den 4 Luftströmungsgleichrichtungssventilen 4b1 bis 4b4 vorgesehen. Diese Luftströmungsgleichrichtungssventile sind paarweise so angeordnet, dass bei einem Überdruck im Balgeninnenraum, also bei komprimierendem Balgen 2, das Luftströmungsventil 4b1 und das Luftströmungsventil 4b4 öffnen, aber die Luftströmungsgleichrichtungssventile 4b2 und 4b3 geschlossen sind, was den Luftstrom 3' in einer Richtung durch die Stimmzungen strömen lässt. Dagegen sind bei Unterdruck im Balgeninnenraum 2a, also bei expandierendem Balgen, die Luftströmungsgleichrichtungssventile 4b1 und 4b4 geschlossen, aber die Luftströmungsgleichrichtungssventile 4b3 und 4b2 geöffnet, so dass ein die Stimmzungen ebenfalls in der Richtung des Luftstromes 3' durchströmender Einlassstrom in den Balgeninnenraum 2a erzeugt wird. Es sind also zur Luftströmungsgleichrichtung insgesamt nur 4 Luftströmungsgleichrichtungssventile erforderlich, wobei alle Stimmzungen und die zugehörigen strombetätigten Ventile im Anströmungssteuerungszwischenraum 4c angeordnet sind.

**[0069]** Im Inneren des Balgens ist im Übrigen ein Drucksensor P, vgl. Bezugszahl 8, vorgesehen, dessen Signale (in der schematischen Darstellung von Figur 1 nicht gezeigt) an eine Steuerung gespeist werden, und dort, wie noch beschrieben wird, genutzt werden. Dass der Drucksensor wie auch die Verwendung der damit erzeugten Signale fakultativ ist, sei erwähnt.

**[0070]** Das Handzuginstrument ist leichtgewichtig und im vorliegenden Ausführungsbeispiel mobil und autonom verwendbar, wozu eine Energieversorgung in Form eines wiederaufladbaren Akkumulators (nicht gezeigt) vorgesehen ist.

**[0071]** Die Stimmzungen bzw. Stimmzungenplattenanordnungen sind im vorliegenden Fall als Carbonfaser-Stimmzungenanordnungen so gebildet, dass der Spalt zwischen (Carbonfaser-) Stimmzungen und umgebender (Carbonfaser-) Trägerplatte ausreichend ist, um auch bei großen Temperaturschwankungen ein Anschlagen der Zunge am Träger sicher zu verhindern, wobei zugleich die Spaltmaße für Stimmzungen unterschiedlicher Töne bzw. Klangfarben so gewählt sind, dass sich

ein über alle Töne gleiches Einschwingverhalten bei gleicher anliegender Luftdruckdifferenz über die Stimmzungenplatte hinweg ergibt und wobei die faserverstärkten Stimmzungenplatten so dimensioniert sind, dass ein gleiches Lautstärkeempfinden für alle Töne erzielt wird. Es sei darauf hingewiesen, dass es die geringe Wärmeausdehnung von Carbonfaser-Stimmzungen und Carbonfaser-Trägerplatten erlaubt, die Spalte zwischen Stimmzungen und Stimmzungenplatten sehr klein zu wählen. Dieses Spaltmaß ist oftmals entscheidend für die Qualität der Stimmzungenanordnung, weil geringe Spaltmaße dazu führen, dass ein geringerer Luftstrom zur Erzielung einer gegebenen Schwingung ausreicht. Dass die Stimmzungen leicht gebogen sein können, um ein Lösen aus der Stimmlattenebene durch Schaffung eines sog. Lösespaltes zu begünstigen, sei erwähnt.

**[0072]** Der Balgen 2 ist per se herkömmlich, wobei wie beschrieben die Stimmzungenanordnung nicht unmittelbar offen zum Balgenraum 2 hin angeordnet ist.

**[0073]** Die Ventilanordnung der in dem Ventilblock 4a zusammengefassten Ventile, vgl. Figur 3, ist dergestalt, dass für die Luftströmung durch eine (in Figur 2 nicht gezeigte, aber unterhalb der Ventilanordnung zu montierende) Stimmzungenanordnung ein Luftkanal 4a1b vorgesehen ist. Dieser ist durch eine normal geschlossene Blattventilfeder 4a1c verschlossen, die aus ihrer Ruhelage, in der sie den Luftkanal 4a1b verschließt, wie durch Pfeil 9 angedeutet, in eine Offenlage 4a1c' bewegt werden kann, und zwar mit einem Stößel 4a1d, der in der Figur nur in der erregten Position ausgefahren dargestellt ist und mittels einer Tauchspule 4a1e beweglich ist. Dabei ist die Blattfederventilklappe 4a1c nicht fest mit dem Ende des Stößels 4a1d verbunden, sondern kann einfach gegen diesen pressen.

**[0074]** Die Tauchspule 4a1e ist in Figur 4 näher dargestellt. Dort zeigt Bezugszahl 4ale1 den ferromagnetischen Kern und 4ale2 den darin beweglichen Permanentmagneten, der beispielsweise aus Neodym gebildet ist. 4a1e3 zeigt einen ferromagnetischen Läufer, der in Richtung des Pfeiles A bei Erregung der Wicklungen 4a1e5 hin- bzw. herbeweglich ist. Bezugszahl 4a1e4 bezeichnet eine Gleitlagerbuchse, die Reibungsverluste bei der Hin- und Herbewegung des ferromagnetischen Läufers 4ale3 verringert, so dass dieser durch die Kraftwirkung der Blattfederventilklappe 4a1c, die in ihre Ruhelage, also die geschlossene Stellung, zurückschwenken möchte und somit einer durch zur Öffnung des Ventils die Wicklungen 4ale5 durchfließenden Strom erzeugten Kraft entgegenwirkt, was dazu führt, dass zur Zurückbewegung des ferromagnetischen Läufers bei Beendigung eines die Öffnung erregenden Stromes kein Gegenstrom an die Spule angelegt werden muss. Auf der Seite des Stößels 4a1c bzw. Stiftes 4a1c ist ein weiterer ferromagnetischer Läufer 4a1e6 vorgesehen, der für den Stift ein Loch aufweist.

**[0075]** Es wird einzuschätzen sein, dass diese Anordnung leichtgewichtig ist, mit geringen Strömen große Kräfte zu erzeugen vermag, auch bei enger Anordnung

vieler Ventile nebeneinander, wie beispielhaft in Figur 3 für einen vergleichsweise kleinen Ventilblock gezeigt, nicht zu einem störenden Übersprechen führt, hochdynamisch beweglich ist und ein dauerhaftes Funktionieren eines erfindungsgemäßen Handzuginstrumentes gewährleistet. Zudem ist die Montage vereinfacht.

**[0076]** Die Blattfederventilklappe ist am Ventilblock 4a unterhalb und in Stößel-Erregungsrichtung nach vorne versetzt aufgelagert, vgl. 4a1f, und so gebogen, dass eine hinreichend starke Anlage am Ventilblock gewährleistet ist. In Fig. 2 sind dabei beide Endpositionen der Blattfederventilklappenbewegung zugleich dargestellt.

**[0077]** Der Ventilblock 4a ist im dargestellten bevorzugten Ausführungsbeispiel aus Kunststoff hergestellt. Dass eine Fertigung mittels Spritzguss bei hohen Stückzahlen möglich ist, sei ebenso erwähnt wie eine mögliche Fertigung durch 3D-Druckverfahren.

**[0078]** Um festzulegen, ob ein bestimmtes, strombetätigtes Ventil momentan erregt werden soll bzw. wie stark ein Ventil erregt werden soll, kann eine Anordnung, wie schematisch in Figur 5 dargestellt, verwendet werden. Es wird zunächst diese Anordnung von Figur 5 beschrieben, bevor mit Bezug auf die Figuren 6 und 7 Details erläutert werden.

**[0079]** Nach Figur 5 ist eine Taste 7a1 vorgesehen, die so gebildet ist, dass nicht nur erfasst werden kann, ob die Taste gedrückt ist oder nicht, sondern auch erfasst werden kann, wie stark die Taste momentan gedrückt wird. Die Stärke, mit der die Taste 7a1 gedrückt wird, wird durch Erfassung eines entsprechenden elektrischen Signals, symbolisiert als 7a1b, im Analog-Digital-Wandler 7a1c erfasst, der in der Lage ist, mit einer Frequenz von über 20 Hz bei jeder Taste, hier z.B. ca. 30Hz bei jeder Taste, und einer Auflösung besser als 8 Bit, hier z.B. von 12 bit zu erfassen, ob und wie stark die Taste momentan gedrückt wird. Es sei erwähnt, dass ein Analog-Digital-Wandler zur Erfassung der Stärke, mit der gedrückt wird, mehreren Tasten gemeinsam zugeordnet sein kann, wobei dann ein Multiplexer zwischen die Tasten 7a1-7an und den Analog-Digital-Wandler 7a1c gesetzt ist, um insbesondere reihum die Stärke, mit der die einzelnen Tasten gedrückt sind, zu erfassen. Es sei erwähnt, dass gegebenenfalls jene Tasten, die momentan bereits etwas, aber nur mit geringer Kraft zu einem gegebenenfalls noch als geschlossen zu wertenden Zustand gedrückt zu werden, für eine bestimmte Zeit oder bis zum Wiederabfallen unter eine Schwelle häufiger abtastbar sind, falls erforderlich.

**[0080]** Die Signale aus dem Analog-Digital-Wandler 7ac werden an eine Echtzeit-Digital-Signalverarbeitungseinheit 7a1d (Micro Controller Unit, MCU) gespeist. Anstelle eines Mikrokontrollers wäre auch eine andere digitale Signalverarbeitungseinrichtung wie ein FPGA, DSP oder dgl. verwendbar. Es werden im Mikrokontroller 7a1d die aus dem Analog-Digital-Wandler erhaltenen Tastendruck-Signale eingelesen und insbesondere zunächst linearisiert, d.h. es kann ein Offset abgezogen werden und/oder eine Linearisierung vorgenommen wer-

den. Danach kann im Ansprechen auf die entsprechend korrigierten Werte ein Ausgangssignal entsprechend einem jeweils gewünschten Ton bzw., bei entsprechender Programmierung, entsprechend einem gewünschten mehrtönigen Klang ausgegeben werden. Dazu ist insbesondere eine Tabelle verwendbar, in der jedes Eingangssignal aus einer gegebenen Taste 7a an einem individuellen Ton oder Klang, d.h. mehreren zusammenklingenden Stimmzungen zugeordnet ist. Die Mikrokontroller-Einheit gibt dann Ausgangssignale aus, aus welchen erkennbar ist, welche den Stimmzungen zugeordneten Stimmzungenventile mit welcher Stärke zur Öffnung der zugehörigen Ventilklappe erregt werden sollen.

**[0081]** Die entsprechenden, typisch digital aus der Mikrokontroller-Einheit ausgegebenen Signale müssen dann so umgesetzt werden, dass die zugehörigen, zu erregenden Aktoren erregt werden. In einem typischen Instrument gemäß der vorliegenden Erfindung sind etwa 250 Aktoren vorgesehen. Es ist möglich, dabei zyklisch nur für jene Aktoren Signale auszugeben, deren erforderliche Erregung sich seit dem letzten Zyklus geändert hat und/oder nur jene Aktivierungssignale auszugeben, die sich oberhalb einer bestimmten Schwelle befinden. Die entsprechenden digitalen Signale können insbesondere mit einem Pulsweiten-Modulationsverfahren so umgesetzt werden, dass sich ein jeweiliges analoges Erregungssignal für jedes einzelne strombetätigte Stimmzungenventil ergibt.

**[0082]** In Figur 5 ist grob schematisch gezeigt, wie die Mikrokontroller-Einheit 7ald zwischen dem Analog-Digital-Wandler und der Pulsweiten-Modulationseinheit angeordnet ist.

**[0083]** In Figur 6 ist in etwas größerer Übersicht dargestellt, wie die Mikrokontrollereinheit zwischen der Sensorik und der Pulsweiten-Modulationseinheit 7a1e zur Ansteuerung der Ventile 4a angeordnet ist und, beispielhaft, welche weiteren Elemente noch sinnvoll vorgesehen werden. Dass zur Sensorik den Tasten zugordnete Tastendrucksensoren, Signalkonditionierungsstufen, A/D-Konverter, Druck- bzw. Beschleunigungssensoren usw. gehören, sei erwähnt.

**[0084]** Dem Mikrokontroller 7a1d ist dabei insbesondere noch eine Energieversorgung 7a1d1 zugeordnet, die ausreichend ist, für einen hinreichend langen Zeitraum das gesamte Handzuginstrument mit elektrischer Leistung zu versorgen. Die Energieversorgung kann durch einen Akkumulator, ein Netzteil oder eine Kombination aus beidem realisiert sein. Der Mikrokontroller 7a1d hat überdies in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel eine Schnittstelle 7ald2, über welche er mit einer Benützerschnittstelle 7ald3, mit einer Steuerungssapp 7a1d4, die insbesondere webbasiert ist und z.B. ein Aktualisieren von Firmware und dgl. ermöglicht, sowie mit einer MIDI-Schnittstelle 7ald5 und anderen Geräteschnittstellen 7ald6 kommunizieren kann, um beispielsweise eine PA-Anlage, Bluetooth-Lautsprecher und dgl. anzusteuern bzw. dorthin Signale auszugeben. Die entsprechenden Einzelschnittstellen können mit der Mikro-

kontroller-Schnittstelle 7a1d2 über eine Systemschnittstelle 7a1d7 kommunizieren, die insbesondere auch eine Visualisierung und Konfiguration usw. erlaubt.

**[0085]** Es wird einzuschätzen sein, dass damit der Mikrokontroller 7a1d so angesteuert und verwendet werden kann, dass eine erhebliche Erweiterung der Funktionalität gegeben ist.

**[0086]** Um diese Anordnung mit Tasten zu verwenden, die nicht einfach ein binäres An-/Aus bzw. Auf-/Zu-Signal liefern, ist insbesondere eine Tastenanordnung, wie in Figur 7 dargestellt, verwendbar. Nach Figur 7 ist für die Taste 7a1 dargestellt durch 7a1I eine Grund-Montageplatte, in die eine Gleitlagerbuchse 7a1II eingelassen ist, durch welche ein Gewindestift 7a1III hindurch beweglich ist. Der Gewindestift 7a1III ist nutzerseitig mit einem Kopf 7a1 IV verbunden, wobei der Kopf durch eine Federhalterung mit Endanschlag 7a1V in eine nicht betätigte Ruhelage federvorgespannt ist. Zugleich ist ein Endanschlag 7a1VI vorgesehen, auf dem eine Auflagerfläche 7a1Va bei hinreichend tiefem Ein-Drücken der Taste aufsitzt. Der Gewindestift 7a1III ist an seinem vom Betätigungsende abgewandten Ende mit einem Reflektor 7a1VII versehen, der einem (Infrarot)IR-Distanzsensor 7a1VIII gegenüberliegt, der wiederum auf einer Leiterplatte 7a1IX angeordnet ist. Mit dieser Anordnung ist es möglich, das Drücken der Taste orts aufgelöst durch Ermittlung des IR-Reflexionssignals zu erfassen. Es sei erwähnt, dass gegebenenfalls andere Tastenanordnungen verwendbar sind, die anders federn, anders abtasten usw.

**[0087]** Die Tasten können kompakter ausgebildet werden, wenn der IR-Reflektor und der zugehörige IR-Distanzsensor nicht unterhalb der Taste, sondern neben der Taste angeordnet ist, wie in Figur 8 ersichtlich. Dass auch in Figur 8 die Taste federnd in eine nicht gedrückte Position bewegt wird, sei erwähnt. Einsichtig ist aus Figur 8, dass ein Drücken der Taste nach Figur 8 zu einer Entfernung zwischen IR-Sensor und -Reflektor führt, während bei Figur 7 ein Drücken der Taste zu einer Annäherung zwischen Sensor und Reflektor führt. Die unterschiedlichen Signalverläufe sind in einleuchtender Weise von der Mikrokontroller-Einheit leicht zu korrigieren bzw. zu berücksichtigen. So ist es insbesondere möglich, erforderlichenfalls beide Arten Tasten in ein- und demselben Instrument zu kombinieren. Der mechanische Aufbau der Tasten und die zugeordnete Sensorik sind vorteilhaft, weil er leicht, klein und zuverlässig ist, er ist aber nicht zwingend und andere Tasten mit entsprechenden Eigenschaften könnten vorgesehen werden. Verwiesen sei etwa auf bekannte Klaviaturtasten elektrischer Klaviere usw.. Zudem sei darauf hingewiesen, dass gerade die Verwendung elektronischer Tasten eine Optimierung nach ergonomischen Gesichtspunkten frei von den Beschränkungen rein mechanischer Handzuginstrumente erlaubt.

**[0088]** Es sei erwähnt, dass an die Mikrokontroller-Einheit von Figur 6 als Eingangssignal von der Sensorik auch die Signale aus dem Drucksensor 8 innerhalb des

Balgens bzw. des Druckdifferenz-Sensors 8, der den Balgeninnendruck mit dem Druck der Außenatmosphäre vergleicht, gespeist werden, damit der Mikrokontroller in der Lage ist, die Ventile 4a derart zu öffnen, dass sich bei gedrückter Taste gegebenenfalls unabhängig vom tatsächlichen Druck innerhalb des Balgens und/oder unabhängig von der Anzahl aktuell geöffneter Stimmzungen-Ventile und/oder unabhängig von insbesondere bei ungeübten Spielern vermutlich ungewollten Balgendruckschwankungen eine gleichbleibende Lautstärke ergibt.

**[0089]** Das Handzuginstrument der vorliegenden Erfindung wird verwendet wie folgt:

Zunächst wird das Handzuginstrument eingeschaltet. Nach einer kurzen Initialisierungsphase (vergleichbar dem Booten eines Computers) ist das Gerät unmittelbar spielbereit. Diese Bootphase kann so kurz ausfallen, dass sie für den Benutzer nicht merklich ist.

**[0090]** Der Benutzer wird dann den Balgen zunächst expandieren. Bei dieser Expansionsbewegung strömt Luft durch die Luftströmungsgleichrichtungsventile 4b3, bei geschlossenem Luftströmungsventil 4b4, durch gegebenenfalls die Stimmzungen 6 und die Ventile 4a über das Luftströmungsventil 4b2, bei geschlossenem Luftströmungsventil 4b1, in den Balgenraum 2. Gleichzeitig wird der Benutzer eine oder mehrere der Tasten 7a1 bis 7am drücken. Die Stärke, mit der jede Taste gedrückt wird, wird reihum mit hoher Wiederholungsrate abgefragt, so dass die Tastendruckstärke jeder Taste während jeder Zehntelsekunde mehrfach abgefragt wird.

**[0091]** Wenn dabei ermittelt wird, dass eine der Tasten soweit gedrückt wird, dass die Druckstärke deutlich oberhalb eines Schwellenwertes liegt, wird vom Mikrokontroller eine dem Tastendruck entsprechende Soll-Öffnung für ein oder mehrere Stimmzungen-Ventile bestimmt und ein entsprechendes Ausgangssignal an die Pulsweiten-Modulationseinheit PWM gegeben, damit die entsprechenden Stimmzungen-Ventilanordnungen wie erforderlich durch Einspeisung pulsweitenmodulierter Erregungsströme erregt werden. Dies führt dazu, dass die entsprechenden Ventile öffnen und Luft dann durch die entsprechende Stimmzunge bzw. die entsprechenden Stimmzungen strömt und dadurch ein oder mehrere Töne erzeugt werden, die für den Spieler und das Publikum gut hörbar sind und dabei als natürlich und wohlklingend beurteilt werden.

**[0092]** Die gedrückten Tasten können während der Balgenexpansion wie zur Musikerzeugung erforderlich gewechselt werden, und, wenn der Musiker befindet, dass der Balgen hinreichend weit expandiert ist und nunmehr wieder komprimiert werden soll, wird er die Bewegung des Balgens umkehren, so dass nun die Luftströmungsgleichrichtungsventile 4b2 und 4b3 schließen und die Luftströmungsgleichrichtungsventile 4b1 und 4b4 öffnen, wodurch Luft ungeachtet der umgekehrten Bewegung des Balgens weiterhin in gleicher Richtung über die Stimmzungen strömt. Da das Instrument ungeachtet der Tatsache, dass die Batterie so gewählt ist, dass sie auch

während lange dauernder Konzerte durchgehend ohne Wechsel benutzt werden kann, recht leicht ist, wird es dem Musiker möglich sein, das Instrument lange Zeit ermüdungsfrei zu spielen.

**[0093]** Dabei ergibt sich ungeachtet des geringeren Gewichtes und der elektrischen Erregung der Stimmzungen-Ventile ein Spielverhalten, wie es auch mit professionellen, rein mechanischen Handzuginstrumenten erhalten wird, und es werden auch alle Möglichkeiten der Klangbeeinflussung eines professionellen Instrumentes erhalten.

**[0094]** Es sei betont, dass gegenüber der gezeigten Anordnung Variationen möglich sind, insbesondere zur Klangverbesserung. So sei daraufhingewiesen, dass die Anordnung der Luftströmungsgleichrichtungsventile den von einem Zuhörer wahrgenommenen Klang beeinflussen kann. Dazu sei daraufhingewiesen, dass wesentliche Teile des Schalls durch die geöffneten Ventile der Luftströmungsgleichrichtungsanordnung und durch Luftansaug- /austrittsöffnungen aus dem Instrument treten. Dies eröffnet bei der vorliegenden Erfindung die Möglichkeit, den abgegebenen Klang zu beeinflussen.

**[0095]** In der in Fig. 1a gezeigten Anordnung sind z.B. die Schallwege bei Druck und bei Zug wie ersichtlich unterschiedlich lang, was zu (wenn auch evtl. nur geringen) Klangunterschieden bei Druck und bei Zug führen kann. Zudem findet eine Abstrahlung des Schalls gerade für höherfrequente Schallanteile nach unten bzw. oben statt, entsprechend der Ausrichtung des Luftansaug-/austrittskanals. Es sei daraufhingewiesen, dass sich durch den langgestreckten Luftkanal zudem bassreflexartige Überhöhungen niederfrequenter Schallanteile ergeben können. Derartige Überhöhungen sind oftmals erwünscht, weil höhere Frequenzanteile angelegentlich zu einem unangenehmeren Klangbild beitragen können. Dass eine entsprechende Abstimmung möglich ist, sei erwähnt.

**[0096]** Eine alternative Anordnung des Stimmstockes ist in Fig. 1b gezeigt. In Fig. 1b ist eingezeichnet, wo sich der Spieler während des Handzuginstrumentenspiels befindet und der Stimmstock mit der Luftströmungsgleichrichtungsanordnung ist schematisch dargestellt, wobei in den beiden Bildteilen Ansaug- (Zug-) und Auspress- (Druck-) phase der Balgenexpansion-/kompression veranschaulicht sind. Der Ventilblock selbst ist nicht dargestellt. Wie erkennbar, ist bei der in Fig. 1b gezeigten Anordnung der Schall bei Balgenkompression zum Publikum hin gerichtet, während bei Balgen-Expansion der Schall seitlich und nicht nach vorne austritt. Auch dies kann erwünschte Klangeffekte bewirken.

**[0097]** Eine weitere Variante eines Handzuginstrumentes ist in den beiden Varianten von Fig. 1c dargestellt. Dort steht der Stimmstock schräg zum Balgen, wobei er in der dargestellten Variante, einmal näher am Balgen angeordnet ist, was nicht zwingend ist; er könnte auch näher an der Tastatur angeordnet sein. Der Ventilblock selbst ist nicht dargestellt. Zwischen solchen Varianten kann etwa im Hinblick auf die Gesamtschwerpunktlage des Instrumentes eine Entscheidung getroffen

werden. Beide Varianten haben gemeinsam, dass der Schall sowohl bei Balgenexpansion wie auch bei Balgenkompression nach vorne zum Publikum austritt, was zu einem weitgehend gleichen Klangeindruck und gleichem Laustärkeindruck führt. Zudem sind die Schallwege zwischen Stimmzunge und Austrittsöffnung vergleichsweise kurz, was zu einem geringeren Einfluss des Schallweges führt.

**[0098]** Eine Variante wie in Fig. 1c, aber mit vorteilhafter Anordnung des Stimmstockes relativ zur Tastatur eignet sich im Übrigen besonders gut für eine Implementierung der Erfindung ohne elektrische Ventile.

**[0099]** Es sei erwähnt, dass es prinzipiell möglich ist, in den Schallwegen Vlies oder dergl. Filtermaterialien vorzusehen, wenn z.B. ein etwas gedämpfterer Klang gewünscht wird.

**[0100]** Die vorliegende Erfindung ist gekennzeichnet durch die folgenden Aspekte:

1. Handzuginstrument  
mit

einem expandier- und komprimierbaren Balgen,

der zur Erzeugung eines Stimmzungen anströmenden Luftstromes durch Expansion und Kompression ausgebildet ist;

und

einer Anströmsteuerung,

aufweisend

eine Ventilanordnung,

die zur Steuerung der Anströmung musikgemäß anzuströmender Stimmzungen angeordnet ist, und

eine Strömungsgleichrichtungsanordnung, die dazu angeordnet ist, die gleiche Stimmzungen-Anströmrichtung bei Balgenexpansion und bei Balgenkompression zu bewirken;

dadurch gekennzeichnet, dass

die Ventilanordnung eine Anzahl Stimmzungen-Ventile aufweist,

die jeweils eine Anströmung einer einzelnen oder allenfalls weniger klanggemäß gemeinsam anzuströmender Stimmzungen steuern,

und

die Strömungsgleichrichtungsanordnung eine Anzahl von Ventilen zur Luftströmungsgleichrichtung aufweist,

wobei

die Anzahl an Stimmzungen-Ventile größer ist als die Anzahl von Ventilen zur Luftströmungsgleichrichtung

und wobei

eine Gruppe von Ventilen zur Luftströmungsgleichrichtung

einer größeren Gruppe Stimmzungen-Ventile zur gemeinsamen Gleichrichtung der Luftströmung

mung dort hindurch so zugeordnet ist, dass die Luftströmung durch die Gesamtheit aller Stimmzungenventile der Gruppe gemeinsam gleichgerichtet ist.

2. Handzuginstrument nach dem vorhergehenden Aspekt, dadurch gekennzeichnet, dass die Gruppe von Ventilen zur Luftströmungsgleichrichtung für zumindest eine Strömungsrichtung mehr als ein Einzel-Ventil umfasst;

und/oder

die Stimmzungenventile strombetätigt sind;

und bevorzugt dass dabei

eine Vielzahl strombetätigter Stimmzungen-Ventile gemeinsam in einem Ventilblock angeordnet ist, insbesondere bevorzugt derart, dass alle strombetätigten Stimmzungen-Ventile gemeinsam in ein und demselben Ventilblock angeordnet sind, insbesondere weiter bevorzugt derart, dass am Ventilblock eine Dichtung zur Abdichtung gegen den Stimmstock bzw. die Kanzellen vorgesehen ist;

und/oder bevorzugt, dass dabei

die strombetätigten Stimmzungen-Ventile mit Tauchspulen und darin bewegten Magneten gebildet sind und/oder über wenigstens 85% des Betätigungsbereiches einen konstanten Kraft-Weg-Verlauf aufweisen;

und/oder bevorzugt dass dabei

zumindest eine Mehrzahl der strombetätigten Stimmzungen-Ventile als Klappenventile ausgebildet ist,

wobei bevorzugt

die Klappenventile einseitig eingespannt sind,

und/oder wobei bevorzugt

die strombetätigten Stimmzungen-Ventile derart ausgebildet sind, dass sie die Öffnung der Ventilkappen gegen einen Druck von bis zu 3bar vermögen, und/oder wobei bevorzugt

die Klappenventile dazu ausgebildet sind, gegen einen Balgendruck unter 40mbar geschlossen zu halten.

3. Handzuginstrument nach einem der vorhergehenden Aspekte, dadurch gekennzeichnet, dass ein Controller vorgesehen ist,

der zur elektronischen Erfassung einer Drucktastenbetätigung ausgebildet ist,

und bevorzugt dazu ausgebildet ist,

ein dynamisches Drucktastenbetätigungsverhalten zu erfassen,

und/oder bevorzugt dazu ausgebildet ist

eine Drucktastenbetätigung mehr als zweistufig festzustellen, um eine reine Offen- von einer reinen Zu-Stellung zu unterscheiden,

wobei weiter bevorzugt  
eine Ventilsteuerung vorgesehen ist,  
die zu einer

im Ansprechen auf eine Drucktastenbetätigung linearen Verstellung der Stimmzungen-Ventile ausgebildet ist 5  
und/oder die zur Kopplung einer Mehrzahl von Registern ausgebildet ist,  
und/oder die dazu ausgebildet ist, eine Ventilöffnung so zu verzögern, dass unterschiedlich schnell einschwingende Zungen unterschiedlicher Töne bei zum gleichen Zeitpunkt gedrückten Tasten gleichzeitig erklingen; 10 15

und/oder der bevorzugt dazu ausgebildet ist,

eine Drucktastenbetätigung mittels magnetischen, optischen, 20  
gyroskopischen und/oder tachymetrischen Sensoren zu erfassen,

und/oder der bevorzugt dazu ausgebildet ist, die Drucktastenbetätigung mit 25

wenigstens 5Hz,  
bevorzugt wenigstens 10Hz,  
insbesondere bevorzugt mit wenigstens 30Hz 30  
und/oder mit  
wenigstens 4 Bit Genauigkeit,  
bevorzugt wenigstens 8 Bit Genauigkeit abzutasten; 35

und/oder der bevorzugt dazu ausgebildet ist, einen pulsweitenmodulierten Strom durch strombetätigte Stimmzungen-Ventile zu bewirken. 40

und/oder der bevorzugt dazu ausgebildet ist,

auf Druck einer Taste mehrere Ventilklappen gemeinsam zu öffnen,  
insbesondere zur gleichzeitigen Erregung von mehreren Registern und/oder zur automatischen Generierung von Akkorden. 45

4. Handzuginstrument nach einem der vorhergehenden Aspekte, dadurch gekennzeichnet, dass eine Ventilsteuerung vorgesehen ist, 50

die zu einer im Ansprechen auf eine Drucktastenbetätigung linearen Verstellung der Stimmzungen-Ventile ausgebildet ist, und/oder 55  
die zur Kopplung einer Mehrzahl von Registern ausgebildet ist und/oder  
die dazu ausgebildet ist,

eine Ventilöffnung so zu verzögern, dass unterschiedlich schnell einschwingende Zungen unterschiedlicher Töne bei zum gleichen Zeitpunkt gedrückten Tasten gleichzeitig erklingen;  
und/oder der bevorzugt dazu ausgebildet ist, einen pulsweitenmodulierten Strom durch strombetätigte Stimmzungen-Ventile zu bewirken.

5. Handzuginstrument nach einem der vorhergehenden Aspekte, dadurch gekennzeichnet, dass die Drucktasten an wenigstens einem Balgenende zumindest zum Teil als Sensorknöpfe anstelle von Klaviertastentasten ausgebildet sind und/oder an zumindest einem Ende Tasten für ein Einzelspiel von Basstöten vorgesehen sind.

6. Faserverstärkte Kunststoffstimmzungenanordnung, insbesondere Carbonstimmzungenanordnung für ein Handzuginstrument nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Spalt zwischen Stimmzunge und Stimmplatte maximal 0,06mm, bevorzugt weniger als 0,02mm beträgt,  
wobei bevorzugt eine Vielzahl faserverstärkter Kunststoffstimmzungen vorgesehen sind,

deren Spaltmaße so abgestimmt sind, dass die faserverstärkten Kunststoffstimmzungen bei gleichem Luftdruck und gleichzeitiger Betätigung simultan anschwingen,  
und/oder deren Breiten so gewählt sind, dass die faserverstärkten Kunststoffstimmzungen gleiche Lautstärke aufweisen,

und/oder wobei sie bevorzugt

unter Verwendung von zumindest einem aus

3D-Druck, Heisspressen, im RTM Verfahren (Resin Transfer Moulding), Modifizierte Vakuuminfusions-Verfahren (MVI), Spritzguss, Wasserstrahl. Oder Laserstrahlschneiden und/oder spanabhebenden Verfahren

hergestellt ist.

7. Handzuginstrument nach einem der vorhergehenden Aspekte, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eines von Gehäuse, Stimmzungen, Ventilblock mit faserverstärkten Kunststoffen, insbesondere Carbonfaser-Werkstoffen gebildet ist.

8. Handzuginstrument nach einem der vorhergehenden Aspekte, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Drucksensor zur Erfassung des Balgen-



drucks vorgesehen ist und eine Steuerung zur Kompensation von Balgendruckschwankungen ausgebildet ist.

9. Handzuginstrument nach einem der vorhergehenden Aspekte, dadurch gekennzeichnet, dass ein Drucksensor zur Erfassung von Druckänderungen im Balgen vorgesehen ist und eine Steuerung dazu ausgebildet ist, die Anzahl von Ventilen der Strömungsgleichrichtungsanordnung zur Luftströmungsgleichrichtung Drucksensorsignalabhängig zu betätigen.

10. Handzuginstrument nach einem der vorhergehenden Aspekte, dadurch gekennzeichnet, dass eine Anordnung zur Stromversorgung der Steuerung und/oder der strombetätigten Ventile bzw. Klappen durch mit dem Beispielen verbundene Bewegungen vorhanden ist.

11. Ventilblockanordnung für ein Handzuginstrument nach einem der vorhergehenden Aspekte, in welchem

eine Vielzahl von elektrischen Stimmzungen-Ventilen gemeinsam in einem Block untergebracht und über einem Stimmstock montierbar gebildet ist,

wobei die Ventilblockanordnung bevorzugt weiter zumindest eines von

Steuerung hierfür  
und  
Stimmstock.  
umfasst.

## Patentansprüche

1. Handzuginstrument mit einem expandier- und komprimierbaren Balgen (2), der zur Erzeugung eines Stimmzungen anströmenden Luftstromes durch Expansion und Kompression ausgebildet ist; und einer Anströmsteuerung (4), aufweisend eine Ventilanordnung (4a), die zur Steuerung der Anströmung musikgemäß anzuströmender Stimmzungen (6) angeordnet ist, und eine Strömungsgleichrichtungsanordnung (4b), die dazu angeordnet ist, die gleiche Stimmzungen-Anströmrichtung bei Balgenexpansion und bei Balgenkompression zu bewirken; wobei die Ventilanordnung (4a) eine Anzahl Stimmzungen-Ventile (4a1, 4a2, ... 4a16) aufweist, die jeweils eine Anströmung einer einzelnen oder allenfalls weniger klanggemäß gemeinsam anzuströmender Stimmzungen steuern, und die Strömungs-

gleichrichtungsanordnung (4b) eine Anzahl von Ventilen zur Luftströmungsgleichrichtung (4b1, 4b2, 4b3, 4b4) aufweist,

wobei die Anzahl an Stimmzungen-Ventile (4a1, 4a2, ... 4a16) größer ist als die Anzahl von Ventilen zur Luftströmungsgleichrichtung (4b1, 4b2, 4b3, 4b4) und wobei eine Gruppe von Ventilen zur Luftströmungsgleichrichtung einer größeren Gruppe Stimmzungen-Ventile zur gemeinsamen Gleichrichtung der Luftströmung dort hindurch so zugeordnet ist, dass die Luftströmung durch die Gesamtheit aller Stimmzungenventile der Gruppe gemeinsam gleichgerichtet ist,

wobei die Stimmzungen-Ventile (4a1, 4a2, ... 4a16) strombetätigt sind und eine Vielzahl strombetätigter Stimmzungen-Ventile gemeinsam in einem Ventilblock angeordnet ist und wobei die Stimmzungen und/oder der Ventilblock mit faserverstärkten Kunststoffen, insbesondere Carbonfaser-Werkstoffen, gebildet ist/sind.

2. Handzuginstrument nach Anspruch 1, bei dem die Stimmzungen (6) und der Ventilblock mit faserverstärkten Kunststoffen gebildet sind.

3. Handzuginstrument nach Anspruch 2, bei dem die Stimmzungen (6) und der Ventilblock aus Carbonfaser-Werkstoffen gebildet sind.

4. Handzuginstrument nach einem der vorigen Ansprüche, ferner mit einer Stimmplatte, wobei der Spalt zwischen Stimmzunge und Stimmplatte maximal 0,06 mm beträgt.

5. Handzuginstrument nach Anspruch 4, wobei der Spalt zwischen Stimmzunge und Stimmplatte weniger als 0,02 mm beträgt.

6. Faserverstärkte Kunststoffstimmzungenanordnung, insbesondere Carbonstimmzungenanordnung, für ein Handzuginstrument, bevorzugt ein Handzuginstrument nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der der Spalt zwischen Stimmzunge und Stimmplatte maximal 0,06 mm beträgt.

7. Faserverstärkte Kunststoffstimmzungenanordnung nach Anspruch 6, wobei der Spalt zwischen Stimmzunge und Stimmplatte weniger als 0,02 mm beträgt.

8. Faserverstärkte Kunststoffstimmzungenanordnung nach Anspruch 6 oder 7, bei der eine Vielzahl faserverstärkter Kunststoffstimmzungen vorgesehen sind, deren Spaltmaße so abgestimmt sind, dass die faserverstärkten Kunststoffstimmzungen bei gleichem Luftdruck und gleichzeitiger Betätigung simultan anschwingen, und/oder deren Breiten so gewählt sind, dass die faserverstärkten Kunststoffstimmzungen gleiche Lautstärke aufweisen.

9. Faserverstärkte Kunststoffstimmungenanordnung nach Anspruch 6, 7 oder 8, die unter Verwendung von zumindest einem aus 3D-Druck, Heisspressen, im RTM Verfahren (Resin Transfer Moulding), Modifizierte Vakuuminfusions-Verfahren (MVI), Spritzguss, Wasserstrahl, oder Laserstrahlschneiden und/oder spanabhebenden Verfahren hergestellt ist.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

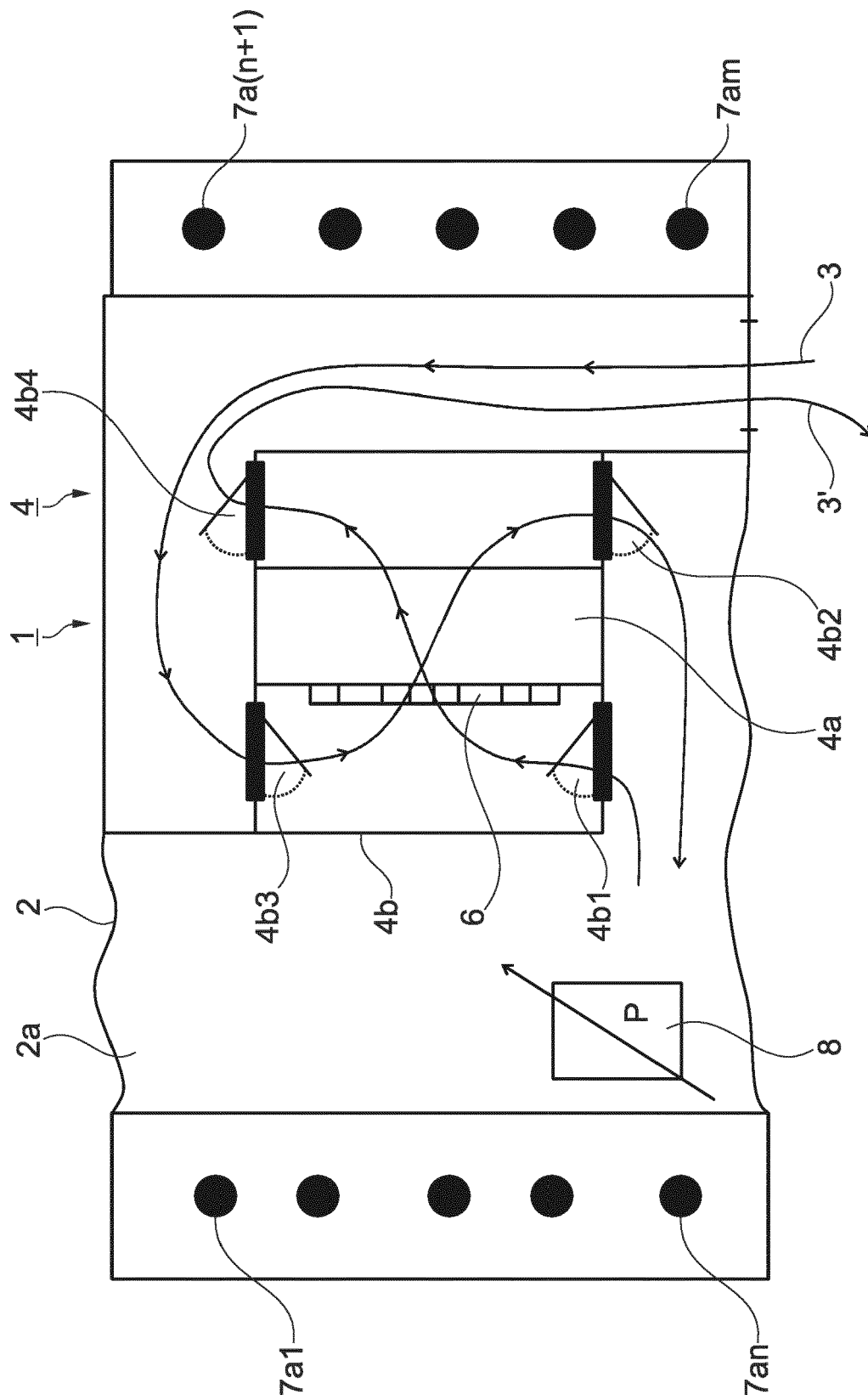


Fig. 1a

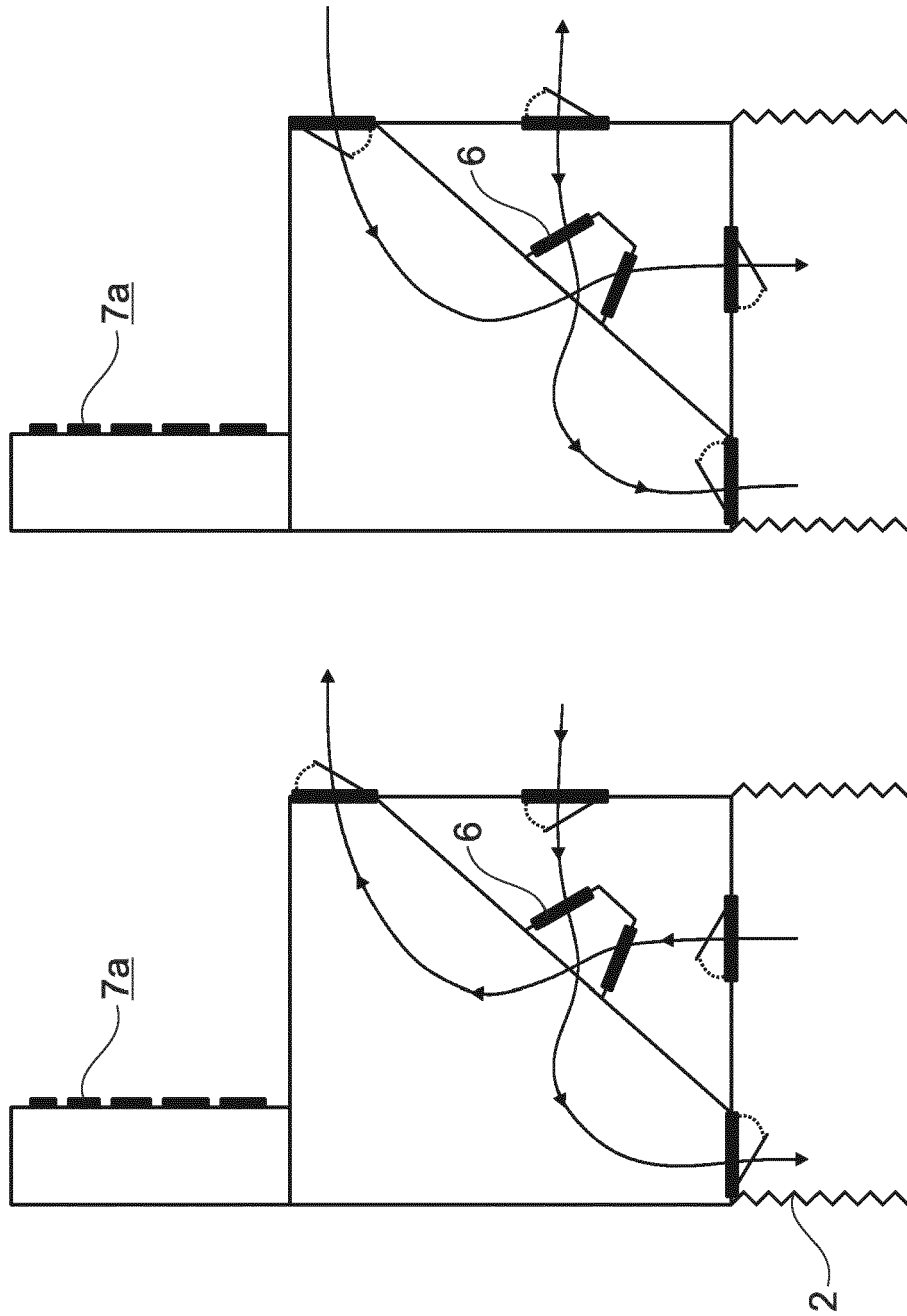


Fig. 1c

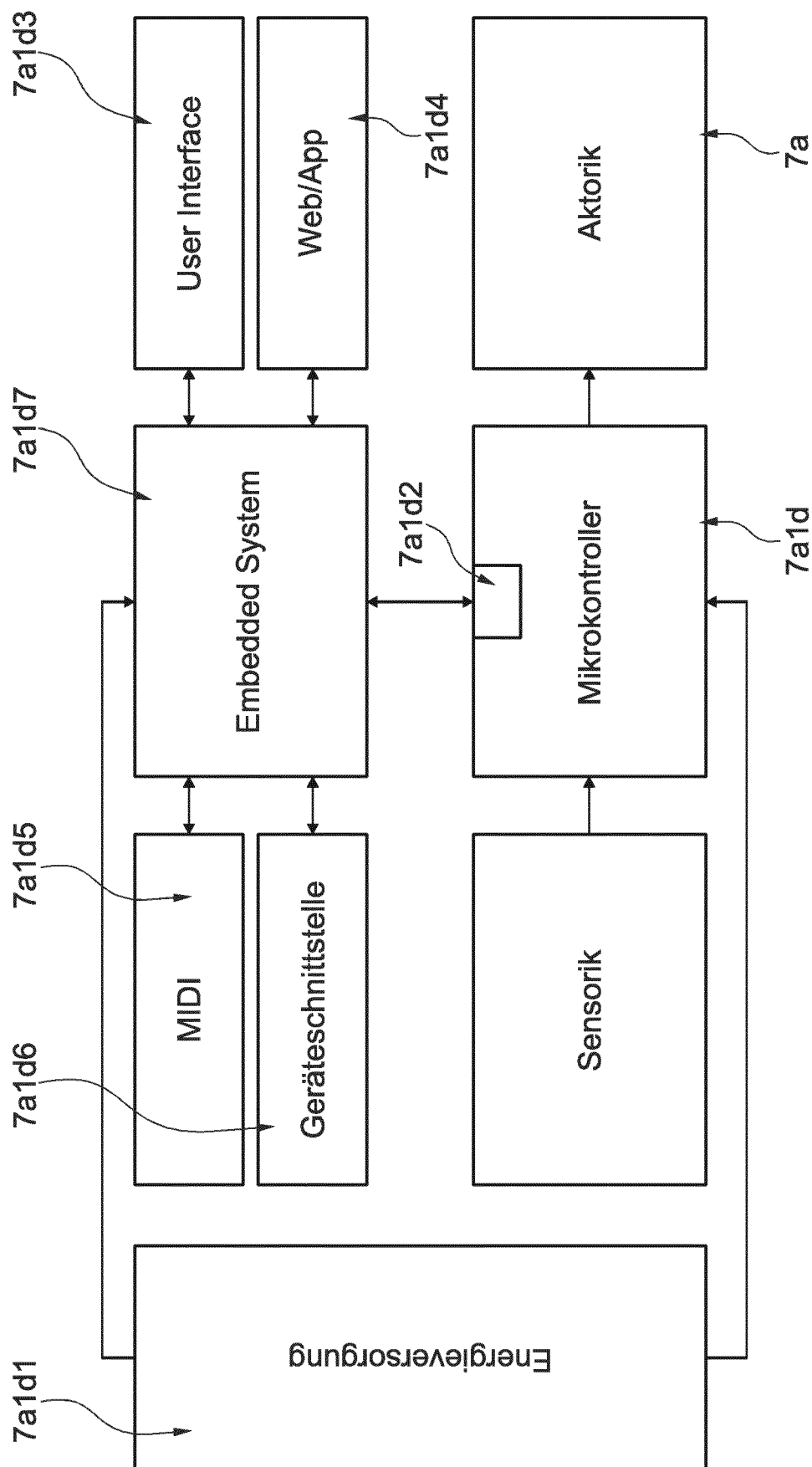


Fig. 6



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
EP 20 20 8939

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	US 2 230 162 A (RICHARD LIDBLOM) 28. Januar 1941 (1941-01-28) * Seite 2, Spalte 1, Zeilen 1-12; Anspruch 1; Abbildungen 1-8 *	1-9	INV. G10D11/00 G10H1/34 G10H1/24
Y	GB 2 410 118 A (JAY EDWARD [GB]) 20. Juli 2005 (2005-07-20) * Seiten 1-2; Abbildungen 7, 14-15 * * Seite 1, Zeilen 8, 28-36 *	1-9	
Y	US 2 640 384 A (B.F. MIESSNER) 2. Juni 1953 (1953-06-02) * Spalte 5, Zeile 55 - Spalte 6, Zeile 10; Abbildungen 3-4 *	1-9	
Y	US 1 852 066 A (SCHWARZ SR JULIUS) 5. April 1932 (1932-04-05) * Seite 2, Spalte 1, Zeilen 16-65; Abbildungen 1-6 *	1-9	
Y	US 2 056 212 A (OTTO SCHMIDT) 6. Oktober 1936 (1936-10-06) * Seite 1, Spalte 1, Zeilen 27-55; Ansprüche 1-9; Abbildung 2 *	1-9	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) G10D G10H
Y	SU 1 683 061 A1 (LABUNETS ANATOLIJ [SU]) 7. Oktober 1991 (1991-10-07) * Zusammenfassung; Abbildungen 1-3 *	1-9	
Y	EP 0 210 206 A1 (PELLETIER MARCEL) 4. Februar 1987 (1987-02-04) * Ansprüche 1-3 *	1-9	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>Den Haag</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>25. Mai 2021</b>	Prüfer <b>Naujoks, Marco</b>
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	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 20 20 8939

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.

25-05-2021

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	US 2230162	A	28-01-1941	KEINE	
	GB 2410118	A	20-07-2005	KEINE	
15	US 2640384	A	02-06-1953	KEINE	
	US 1852066	A	05-04-1932	KEINE	
20	US 2056212	A	06-10-1936	KEINE	
	SU 1683061	A1	07-10-1991	KEINE	
	EP 0210206	A1	04-02-1987	AU 5316086 A	13-08-1986
25				EP 0210206 A1	04-02-1987
				FR 2576442 A1	25-07-1986
				WO 8604443 A1	31-07-1986
30					
35					
40					
45					
50					
55					

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 PS855499 C [0006]
- DE 10133287 A1 [0008]