



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
29.06.2022 Patentblatt 2022/26

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
G04B 17/02 (2006.01) G04B 17/22 (2006.01)
G04C 3/027 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **21216049.3**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
G04B 17/02; G04B 17/225; G04C 3/027

(22) Anmeldetag: **20.12.2021**

(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:
KH MA MD TN

(71) Anmelder: **Firma Olaf Böttcher**
01917 Kamenz (DE)

(72) Erfinder: **Böttcher, Olaf**
01917 Kamenz (DE)

(74) Vertreter: **karo IP**
karo IP Patentanwälte
Kahlhöfer Rößler Kreuels PartG mbB
Platz der Ideen 2
40476 Düsseldorf (DE)

(30) Priorität: **22.12.2020 DE 102020134656**

(54) **VERFAHREN UND ANORDNUNG ZUR BEEINFLUSSUNG EINES PENDELS EINER MECHANISCHEN PENDELUHR**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur magnetischen Beeinflussung eines Pendels (1) einer mechanischen Pendeluhr (2), wobei das Pendel (1) einen oberen Drehpunkt (3) und ein unteres Ende (4) hat, welches aufgrund der Erdbeschleunigung (g) in einer Ebene mit einer ersten Taktfrequenz auf einem Kreisbahnsegment (6) schwingen kann, wobei ein für die Dauer mindestens einer Pendelschwingung konstantes Magnetfeld (b) im Bereich des Pendels (1) oder zumindest einem Teilbereich davon erzeugt wird, welches im Wesentlichen vertikal verläuft, und an dem Pendel (1) ein Permanentmagnet (7) angeordnet wird, und zwar mit einer Magnetfeldausrichtung entlang des Pendels (1). Eine entsprechende Anordnung weist mindestens eine im Wesentlichen waagrecht und mittig zu dem Pendel (1) angeordnete eisenfreie Magnetspule (8) auf, die ein vertikales Magnetfeld (b) im Bereich des Pendels (1) oder zumindest einem Teilbereich davon erzeugen kann, und wobei ein Permanentmagnet (7) an dem Pendel (1) angeordnet ist, und zwar mit einer Magnetfeldausrichtung (N-S) entlang des Pendels. Die Erfindung eignet sich insbesondere für Großuhren, bei denen ein Nachstellen der Uhrzeit und/oder eine Veränderung der Pendellänge mit großem Aufwand verbunden sind. Durch Überlagerung des konstanten Schwerfeldes der Erde mit einem einstellbaren Magnetfeld, kann die Schwingungsfrequenz der Uhr mit einer Referenzfrequenz synchronisiert und damit die Ganggenauigkeit der Uhr stark erhöht werden.

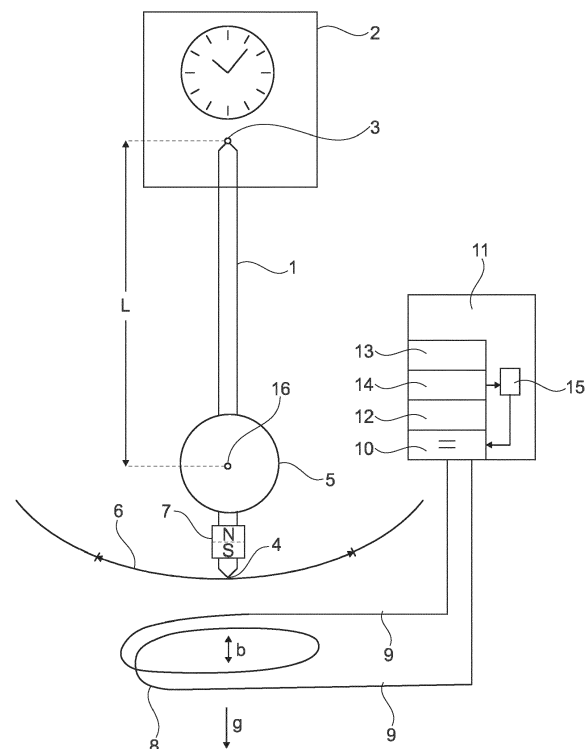


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und Anordnung zur Beeinflussung der Bewegung eines Pendels einer mechanischen Pendeluhr.

[0002] Pendeluhren sind seit Jahrhunderten bekannt und ihr Funktionsprinzip ist ausführlich untersucht und in der Fachliteratur beschrieben. Ein Pendel einer Pendeluhr führt im Gravitationsfeld der Erde eine bei kleinen Ausschlägen annähernd harmonische Schwingung mit einer Frequenz durch, die maßgeblich von der Länge des Pendels und von der Erdbeschleunigung abhängt. Für Zwecke der vorliegenden Erfindung genügt die Betrachtung eines vereinfachten Modells, welches auch mathematisches Pendel (im Gegensatz zum physikalischen Pendel, welches der Realität näher kommt, aber komplexere Betrachtungen erfordert) genannt wird. Die Pendelbewegung mit einer sich ergebenden Frequenz der Schwingung bzw. deren Kehrwert, der Schwingungsdauer, wird in eine Bewegung der Zeiger der Uhr umgesetzt.

[0003] Die Frequenz wird z. B. kleiner bei Vergrößerung der Länge des Pendels. Da sich diese in Abhängigkeit von der Temperatur ändert, wurden große Anstrengungen zur Kompensation dieses Effektes unternommen. Trotzdem kann kaum eine mechanische Pendeluhr selbst bei sorgfältiger Einstellung und Wartung die Genauigkeit einfacher elektronischer Uhren erreichen. Je nach Art des mechanischen Energiespeichers (z. B. Gewicht zum Aufziehen, Spiralfeder und dergleichen) kann es noch zu anderen (oft nicht linearen) Effekten kommen, die die Ganggenauigkeit beeinflussen. Dies gilt in besonderer Weise auch für sehr alte Pendeluhren und insbesondere für große Uhren (sogenannte Großuhren oder Turmuhr), wie sie auch heute noch in Kirchtürmen, Rathaustürmen und historischen Gebäuden Verwendung finden. Trotz guter Wartung gehen diese Uhren oft vor oder nach und können auch nicht nachhaltig richtig eingestellt werden, weil sie z. B. Wind und Wetter (vor allem aber Temperaturschwankungen) ausgesetzt sind. Da das (regelmäßige) Nachstellen sehr aufwändig ist und Kosten verursacht, wird schon lange nach Lösungen für dieses Problem gesucht. Dabei kommt es nicht so sehr darauf an, dass die Uhr von sich aus richtig geht, sondern darauf, dass die Uhr trotz Erhaltung ihrer ursprünglichen Substanz und Mechanik für die Öffentlichkeit die richtige Uhrzeit anzeigt.

[0004] Ein grundsätzlicher Ansatz zur Lösung des Problems besteht darin, die Schwingung des Pendels einer solchen mechanischen Pendeluhr mit einer elektronisch erzeugten Schwingung genau der gewünschten Frequenz zu synchronisieren, was beispielsweise in der DE 10 2007 061 333 A1 beschrieben ist. Durch regelmäßiges Anstoßen oder Abbremsen des Pendels wird die Schwingungsdauer und/oder Schwingungsweite beeinflusst, wobei ein Elektromagnet synchron zu einer Referenzschwingung erregt wird und dabei ein magnetisierbares Element am Pendel anzieht. Dieses elektronisch

recht aufwändige Vorgehen zwingt dem Pendel bei Korrekturen ein anderes Verhalten auf als bei einer freien Schwingung.

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, die mit Bezug auf den Stand der Technik geschilderten Probleme wenigstens teilweise zu lösen und insbesondere die Schaffung eines Verfahrens und einer Anordnung zur Beeinflussung der Schwingungsfrequenz eines Pendels einer mechanischen Pendeluhr, wobei ggf. ein charakteristisches Schwingungsverhalten des Pendels möglichst wenig gestört werden soll. Insbesondere soll eine Einstellung der Schwingungsfrequenz auf eine vorgebbare Referenzfrequenz ermöglicht werden. Auch ein entsprechendes Computerprogrammprodukt soll geschaffen werden.

[0006] Zur Lösung dieser Aufgabe dienen ein Verfahren und eine Anordnung sowie ein Computerprogrammprodukt gemäß den unabhängigen Ansprüchen. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den jeweiligen abhängigen Ansprüchen angegeben. Die Beschreibung, insbesondere im Zusammenhang mit der Zeichnung, veranschaulicht die Erfindung und gibt weitere Ausführungsbeispiele an.

[0007] Bei dem vorgeschlagenen Verfahren zur magnetischen Beeinflussung eines Pendels einer mechanischen Pendeluhr, wobei das Pendel einen oberen Drehpunkt und ein unteres Ende hat, welches aufgrund der Erdbeschleunigung in einer Ebene mit einer ersten Taktfrequenz auf einem Kreisbahnsegment schwingen kann, wird ein für mindestens die Dauer einer Pendelschwingung konstantes Magnetfeld im Bereich des Pendels oder zumindest einem Teilbereich davon erzeugt, welches im Wesentlichen vertikal verläuft, und wobei an dem Pendel, insbesondere in der Nähe des unteren Endes des Pendels ein Permanentmagnet angeordnet wird, und zwar mit einer Magnetfeldausrichtung (Ausrichtung der Verbindungslinie seines Nord- und Südpoles) entlang des Pendels. Statt eines Permanentmagneten kann auch ein unmagnetisches magnetisierbares Element, insbesondere aus Weicheisen verwendet werden, allerdings mit weit geringerer Wirkung und nur begrenztem Anwendungsbereich. Wenn im Folgenden von einem Permanentmagneten die Rede ist, ist auch ein magnetisierbares Element eingeschlossen, soweit dies möglich ist.

[0008] Bevorzugt wird die Magnetspule mittig unterhalb des unteren Endes des Pendels angeordnet, wobei der Permanentmagnet in der Nähe des unteren Endes des Pendels angeordnet ist. Je nach Größe des Pendels kann die Magnetspule z. B. 1 bis 50 cm [Zentimeter], vorzugsweise 5 bis 20 cm unterhalb des Pendels angeordnet sein, während der Permanentmagnet 0,5 bis 10 cm, vorzugsweise 2 bis 5 cm vom unteren Ende entfernt angeordnet ist. Gleichwohl funktioniert das Verfahren auch mit anderen Konstellationen von Magnetspule und Permanentmagnet, weil das Prinzip nicht davon abhängig ist, in welcher Höhe des Pendels der Permanentmagnet angeordnet ist und/oder ob die Magnetspule über

oder unter oder in gleicher Höhe des Permanentmagneten angeordnet ist.

[0009] Im Allgemeinen wird es aber z.B. auch aus optischen Gründen und/oder wegen der Bewegung und Zugänglichkeit des Pendels bevorzugt sein, die Magnetspule unterhalb des Pendels anzuordnen. Es kann beispielsweise auch sinnvoll sein, Magnetspule und Permanentmagnet in einem oberen Bereich des Pendels anzuordnen, weil dort die Bewegung des Permanentmagneten (Kreisbahnsegment) kleiner ist und daher auch eine kleinere Magnetspule mit stärkerem Magnetfeld eingesetzt werden kann.

[0010] Die Erfindung wählt einen besonderen Ansatz zur Beeinflussung eines Pendels, den man als besonders passend zu den typischen mechanischen Abläufen der Pendeluhr ansehen kann. Es wird insbesondere nicht mit bei Bedarf kurzzeitig wechselnden Magnetfeldern gearbeitet, die das Pendel in kurzen Zeitintervallen beschleunigen oder abbremsen und damit die Harmonie seiner Schwingung stören, sondern es wird eine magnetische Beeinflussung erzeugt, die sich nahezu wie ein Gravitationsfeld auswirkt, also über große Zeiträume, z. B. über mindestens eine, typischerweise aber über 10, 100 oder mehr Schwingungen des Pendels, eine konstante Kraft bzw. Beschleunigung auf das Pendel ausübt. Diese wird in Stärke und Richtung gerade so eingestellt, dass das Pendel in seinem aktuellen Zustand (insbesondere mit einer gegebenen Länge) genau mit der gewünschten Frequenz schwingt. Würde die Uhr von sich aus zu schnell gehen, so wird das Magnetfeld so eingestellt, dass es die Erdbeschleunigung teilweise kompensiert, würde die Uhr zu langsam gehen, wird ein Magnetfeld zum Gravitationsfeld hinzuaddiert. Wäre das Gravitationsfeld der Erde veränderlich, so würde sich ein Pendel bei zunehmendem Gravitationsfeld schneller bewegen und bei abnehmendem langsamer. Genau dieser Effekt wird durch das Überlagern der Erdanziehung mit einem erfindungsgemäßen Magnetfeld erreicht. Hier gibt es allerdings einen Unterschied zwischen Permanentmagnet und magnetisierbarem Element, da letzteres nur durch die Magnetspule magnetisiert (und immer nur angezogen) wird, also keine abstoßende Wirkung erzeugen kann. Neben der sehr viel schwächeren Wirkung gegenüber einem Permanentmagneten kann ein magnetisierbares Element Uhren nur schneller gehen lassen, nicht aber langsamer als ohne Magnetfeld. Dafür kann allerdings anders als bei Verwendung eines Permanentmagneten auch eine Magnetspule mit (Eisen-)Kern verwendet werden, da das Element nur mit dem Kern wechselwirkt, wenn dieser durch die Magnetspule magnetisch ist, ein Permanentmagnet aber immer mit einem Kern der Magnetspule wechselwirken würde.

[0011] Eine erfindungsgemäße magnetische Beeinflussung kann nicht, wie es im Stand der Technik bisher versucht wurde, mit einem oder mehreren Stabmagneten oder magnetisierbaren Elementen und einer oder mehreren Magnetspulen, die mit Stromstößen betrieben werden, erzeugt werden. In Abkehr davon wird vielmehr

eine Magnetspule, insbesondere eine Luftspule mit einem Durchmesser vorzugsweise in der Größenordnung der Schwingungsweite des Pendels, in waagerechter Lage angeordnet und genutzt, um durch einen in der Magnetspule fließenden Gleichstrom ein annähernd homogenes Magnetfeld parallel zur Erdanziehung zu erzeugen, nämlich im Bereich des unteren Endes des Pendels, wo der Permanentmagnet befestigt ist, und von dem Magnetfeld der Spule dauernd angezogen oder abgestoßen wird. Jeder in der Magnetspule fließende Gleichstrom bewirkt also im Ergebnis eine Veränderung der Gesamtbeschleunigung, die auf das Pendel wirkt, so als würde die Gravitationskonstante verändert.

[0012] Dies kann man in einfachster Form vorteilhaft ausnutzen, um z. B. manuell bei erkannter und/oder gemessener Gangungenauigkeit einer Pendeluhr einen bestimmten Gleichstrom einzustellen, der die Ungenauigkeit möglichst genau ausgleicht. Eine Veränderung der Länge des Pendels ist dazu nicht erforderlich. Sofern gewisse Abweichungen von der wirklichen Uhrzeit tolerierbar sind, kann man auch bei Erreichen einer Toleranzschwelle das Magnetfeld entsprechend ändern, um die Uhr wieder in Richtung der richtigen Uhrzeit zu beeinflussen (und dann das Magnetfeld z. B. wieder ändern oder abschalten). Dies alles kann ohne Manipulationen an der Uhr und sogar aus der Ferne vorgenommen werden.

[0013] Besonders vorteilhaft ist es aber, eine automatische Synchronisation mit einer elektronischen Schwingung konstanter Frequenz vorzunehmen. Dazu wird der Gleichstrom in Abhängigkeit von einer Differenz zwischen der ersten Taktfrequenz und einer vorgebbaren zweiten Taktfrequenz, so eingestellt, dass das Pendel in der zweiten Taktfrequenz schwingt, bei Bedarf bis hin zu einem Angleich der Phasen der Schwingungen.

[0014] Bevorzugt misst eine Messeinheit die erste Taktfrequenz und/oder leitet diese aus mindestens einem für die erste Taktfrequenz charakteristischen Messwert ab, wobei die erste Taktfrequenz dann in einem Vergleich mit einer vorgebbaren zweiten Taktfrequenz (oder einem Phasenwinkel) verglichen wird und wobei aus dem Ergebnis des Vergleiches die Richtung und Stärke des Magnetfeldes bestimmt und eingestellt wird. Da es sich um winzige Änderungen der Taktfrequenz und um lange Zeiträume handelt, ist keine besondere Genauigkeit für die zeitlichen Abläufe von Vergleich und Änderungen erforderlich. Das typische Vorgehen einer Synchronisation mit zeitlich exakt ablaufenden Synchronisationspulsen ist nicht erforderlich. Trotzdem ist sogar eine phasengenaue Regelung bzw. Nachführung möglich, beispielsweise mit einer Elektronik, wie sie in der DE 25 43 171 A1 beschrieben ist. Dabei werden die Phasen von Uhrpendel und Vergleichsuhr gezählt, und das Uhrpendel gerade so beeinflusst, dass gleichviele Phasen(durchgänge) pro Zeiteinheit erfolgen oder auftretende Abweichungen ausgeglichen werden. Dabei können selbst für alte mechanische Uhren auf Dauer Genauigkeiten von weniger als 1 sec Abweichung von einer Re-

ferenzzeit erreicht werden, was z. B. für einen Glockenschlag zu bestimmten Zeiten sehr nützlich ist.

[0015] Bevorzugt wird die maximale Geschwindigkeit des Pendels und/oder die Dauer einer Pendelschwingung anhand der Induktion gemessen, die der Permanentmagnet in der Magnetspule erzeugt. Durch die Bewegung des Permanentmagneten relativ zur Magnetspule wird in dieser eine Spannung bzw. ein Strom induziert, der sich dem Versorgungsstrom der Magnetspule überlagert, sofern der Versorgungsstrom zur Messung nicht abgeschaltet wird. So kann man die Geschwindigkeit des Pendels im tiefsten Punkt der Pendelschwingung mit oder ohne Magnetfeld messen und an eine Referenzgeschwindigkeit (bei der die Uhr genau geht) anpassen, sogar phasengenau. Nebenbei erlaubt die Kenntnis der maximalen Geschwindigkeit auch eine Bestimmung der maximalen Weite der Pendelschwingung, so dass z. B. eine Warnung oder Gegenmaßnahme erfolgen können, wenn das Pendel eine für die betreffende Uhr notwendige Mindestweite zu unterschreiten droht. Gemäß einem weiteren Aspekt wird eine Anordnung zur magnetischen Beeinflussung eines Pendels einer mechanischen Pendeluhr vorgeschlagen. Hierbei hat das Pendel einen oberen Drehpunkt und ein unteres Ende, welches aufgrund der Erdbeschleunigung in einer Ebene mit einer ersten Taktfrequenz auf einem Kreisbahnsegment schwingen kann. Weiter ist mindestens eine im Wesentlichen waagrecht und mittig zu dem Pendel angeordnete eisenfreie Magnetspule (auch Luftspule genannt) vorhanden, die ein im Wesentlichen vertikales Magnetfeld im Bereich des Pendels oder zumindest einem Teilbereich davon erzeugen kann, wobei ein Permanentmagnet (oder ein unmagnetisches magnetisierbares Element) an dem Pendel angeordnet ist, und zwar mit einer Magnetfeldausrichtung entlang des Pendels.

[0016] Je größer der Durchmesser (bzw. bei einer nicht runden Spule die größte Ausdehnung) der Magnetspule ist im Vergleich zur Größe des Kreisbahnsegmentes, welches der Permanentmagnet durchläuft, desto gleichmäßiger wirkt das Magnetfeld auf den Permanentmagneten bei dessen Bewegung mit dem Pendel. Dafür wird das Magnetfeld aber mit zunehmender Fläche der Spule lokal schwächer, so dass ein geeigneter Kompromiss gefunden werden muss. Dabei stehen noch andere Parameter (z. B. Anzahl der Windungen, Widerstand des Spulendrahtes, vertikale Höhe der Spulenwicklung etc.) für eine Anpassung der Eigenschaften der Spule an ein bestimmtes Pendel und den Permanentmagneten (auch dessen Größe, Stärke und Form etc. sind anpassbar) zur Verfügung. Es können auch zwei oder mehr Magnetspulen (z. B. in einer Anordnung als sogenannte Helmholtz-Spulen) Verwendung finden. Wichtig ist, dass der Permanentmagnet mit seinem Nordpol oder Südpol zum unteren Ende des Pendels hin ausgerichtet ist und mit dem anderen Pol zum oberen Drehpunkt des Pendels.

[0017] Bevorzugt ist eine veränderbare Gleichstromquelle zur Beaufschlagung der Magnetspule mit Gleichstrom vorhanden. Dabei kann die Veränderung des

Gleichstromes in Richtung und/oder Stärke im einfachsten Fall manuell erfolgen, um eine beobachtete Gangungenaugkeit der Uhr auszugleichen.

[0018] Besonders bevorzugt ist aber eine Messeinrichtung zur Messung einer von dem Permanentmagneten in der Magnetspule induzierten Spannung und zur Bestimmung der ersten Taktfrequenz und/oder maximalen Geschwindigkeit des Permanentmagneten relativ zur Magnetspule vorhanden. Damit lässt sich bei jeder Pendelschwingung oder in vorgebbaren Zeitabständen genau messen, ob die Uhr eine gewünschte Schwingungsfrequenz hat oder nicht.

[0019] Zur bevorzugten automatischen Nutzung der Erfindung sind ein Referenzfrequenzerzeuger zur Abgabe einer zweiten Taktfrequenz (Referenzfrequenz) vorhanden und ein Vergleicher, der eingerichtet ist, die erste und die zweite Taktfrequenz zu vergleichen und mittels einer Regeleinheit die Gleichstromquelle so zu regeln, dass die erste Taktfrequenz sich der zweiten Taktfrequenz angleicht. Diese Art der Synchronisation ist sehr einfach und wenig stör anfällig, führt aber im Ergebnis dazu, dass das beeinflusste Pendel genau in einer gewünschten Frequenz schwingt. Typischerweise werden Gleichstromquelle, Messeinheit, Referenzfrequenzerzeuger, Vergleicher und Regeleinheit gemeinsam zu einer Elektroneinheit integriert, die mittels eines Mikroprozessors alle beschriebenen Vorgänge kontrolliert. Wie erwähnt ist dabei sogar eine phasengenaue Regelung und Synchronisation der Pendeluhr gegenüber einer Referenzuhr möglich.

[0020] Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft auch ein Computerprogrammprodukt umfassend Befehle, die bewirken, dass die beschriebene Anordnung das beschriebene Verfahren ausführt. Die Elektroneinheit steuert mit Hilfe eines Programms den Ablauf des Verfahrens, und dieses Programm kann z. B. durch ein Computerprogrammprodukt aktualisiert werden.

[0021] Die Erläuterungen zum Verfahren können zur näheren Charakterisierung der Anordnung herangezogen werden, und umgekehrt. Die Anordnung kann auch so eingerichtet sein, dass damit das Verfahren durchgeführt wird.

[0022] Ein schematisches Ausführungsbeispiel der Erfindung, auf das diese jedoch nicht beschränkt ist, und die Funktionsweise des Verfahrens werden nun anhand der Zeichnung näher erläutert. Es stellt dar:

Fig. 1: den schematischen Aufbau der erfindungsgemäßen Anordnung.

[0023] In Fig. 1 ist eine mechanische Pendeluhr 2 mit einem Pendel 1 dargestellt, welches an einem Drehpunkt 3 drehbar aufgehängt ist und im Bereich seines unteren Endes 4 ein Gewicht 5 aufweist. Ein solches Pendel 1, hier in Ruhestellung dargestellt, schwingt, wenn es von einem Uhrwerk immer wieder angestoßen wird, unter dem Einfluss der Schwerkraft bzw. Erdbeschleunigung g (durch einen Pfeil angedeutet) auf einem Kreisbahnsegment 6 in einer Schwingungsebene hin und her. Dabei hängt die Frequenz der Schwingung im Wesentlichen

von der Länge L des Pendels 1 (und der konstanten Erdbeschleunigung g) ab, wobei diese Länge L bei einem realen Pendel (physikalischen Pendel) der Abstand zwischen Drehpunkt 3 und Schwerpunkt 16 des Pendels 1 ist. Bei großen Uhren kann die Dauer einer vollständigen Schwingung deutlich mehr als eine Sekunde betragen. Neben anderen Störfaktoren ist es gerade die Länge L, die sich unter dem Einfluss von Temperatur und anderen Umgebungsbedingungen bei einer Pendeluhr mit der Zeit ändert, so dass Pendeluhren eine gewisse Gangungenaugkeit haben, die mit der vorliegenden Erfindung kompensiert werden soll. Dazu ist an dem Pendel 1, im vorliegenden Ausführungsbeispiel nahe dem unteren Ende 4 des Pendels 1, ein Permanentmagnet 7 befestigt, und zwar mit seinem Nordpol N oder Südpol S in Richtung Drehpunkt 3 und mit dem anderen Pol in Richtung des unteren Endes 4. Auf die genaue Form des Permanentmagneten 7 und seine Art der Befestigung kommt es nicht an. Er kann ein Stabmagnet sein, der auf das Pendel 1 aufgeschoben oder aufgeschraubt ist. Unterhalb (eine andere Position ist aber möglich) des unteren Endes 4 des Pendels 1 ist eine eisenlose Magnetspule 8 (Luftspule) waagerecht und mittig zu dem Pendel 1 (in seiner Ruhestellung) angeordnet, die über Zuleitungen 9 mit einem Gleichstrom beaufschlagt werden kann. (Bei der nicht dargestellten Verwendung eines magnetisierbaren Elementes statt eines Permanentmagneten 7 kann die Magnetspule 8 auch einen Eisenkern haben.) Dabei entsteht ein vertikal gerichtetes Magnetfeld (Magnetkraft b durch Pfeile angedeutet und parallel zur Richtung der Schwerkraft g), je nach Richtung des Gleichstroms gleich oder entgegen der Schwerkraft wirkend. Eine Elektronikeinheit 11 weist eine Gleichstromquelle 10 auf, die den Gleichstrom für die Magnetspule 8 liefert. Eine Messeinheit 12 dient zur Messung der Taktfrequenz der Schwingung des Pendels 1, was insbesondere durch Messung einer durch die Bewegung des Permanentmagneten 7 in der Magnetspule 8 induzierten Spannung (bzw. eines Stromes) erfolgen kann. Die dabei ermittelte erste Taktfrequenz (bzw. Schwingungsdauer oder auch Schwingungsphasen) wird von einem Vergleichler 14 mit einer von einem Referenzfrequenzgeber 13 erzeugten zweiten Taktfrequenz verglichen, wobei mit dem Ergebnis des Vergleiches über eine Regeleinheit 15 die Gleichstromquelle so geregelt wird, dass die erste Taktfrequenz sich der zweiten Taktfrequenz (Referenzfrequenz) angleicht. Der Vergleichler 14 kann auch für einen Phasenvergleich ausgelegt sein.

[0024] Die Erfindung eignet sich insbesondere für Großuhren, bei denen ein Nachstellen der Uhrzeit und/oder eine Veränderung der Pendellänge mit großem Aufwand verbunden sind. Durch Überlagerung des konstanten Schwerfeldes der Erde mit einem einstellbaren Magnetfeld, kann die Schwingungsfrequenz der Uhr mit einer Referenzfrequenz synchronisiert und damit die Ganggenauigkeit der Uhr stark erhöht werden.

Bezugszeichen

[0025]

5	1	Pendel
	2	Pendeluhr
	3	Drehpunkt
	4	Ende
	5	Gewicht
10	6	Kreisbahnsegment
	7	Permanentmagnet
	8	Magnetspule
	9	Zuleitung
	10	Gleichstromquelle
15	11	Elektronikeinheit
	12	Messeinheit
	13	Referenzfrequenzgeber
	14	Vergleichler
	15	Regeleinheit
20	16	Schwerpunkt
	L	Länge
	g	Schwerkraft / Erdbeschleunigung
	b	Magnetkraft
25	N	Nord
	S	Süd

Patentansprüche

- 30 1. Verfahren zur magnetischen Beeinflussung eines Pendels (1) einer mechanischen Pendeluhr (2), wobei das Pendel (1) einen oberen Drehpunkt (3) und ein unteres Ende (4) hat, welches aufgrund der Erdbeschleunigung (g) in einer Ebene mit einer ersten Taktfrequenz auf einem Kreisbahnsegment (6) schwingen kann, wobei ein für die Dauer mindestens einer Pendelschwingung konstantes Magnetfeld (b) im Bereich des Pendels (1) oder zumindest einem Teilbereich davon erzeugt wird, welches im Wesentlichen vertikal verläuft, und an dem Pendel (1) ein unmagnetisches magnetisierbares Element oder ein Permanentmagnet (7) angeordnet wird, und zwar mit einer Magnetfeldausrichtung entlang des Pendels (1).
- 35 2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Magnetfeld (b) mittels eines Gleichstromes in mindestens einer Magnetspule (8) erzeugt wird und wobei die Magnetspule (8) im Wesentlichen in einer waagerechten Ebene liegt.
- 40 3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei der Gleichstrom zumindest in seiner Stärke oder seiner Richtung zur Veränderung der ersten Taktfrequenz verändert wird.
- 45 4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei der Gleichstrom

in Abhängigkeit von einer Differenz zwischen der ersten Taktfrequenz und einer vorgebbaren zweiten Taktfrequenz, so einstellbar ist oder eingestellt wird, dass das Pendel (1) in der zweiten Taktfrequenz schwingt.

Taktfrequenz angleicht.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Messeinheit (12) die erste Taktfrequenz misst oder aus mindestens einem für die erste Taktfrequenz charakteristischen Messwert ableitet, die in einem Vergleich (14) mit einer vorgebbaren zweiten Taktfrequenz verglichen wird, und wobei aus dem Ergebnis des Vergleiches die Richtung und Stärke des Magnetfeldes (b) bestimmt und eingestellt wird. 5 10 15
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, wobei zumindest die maximale Geschwindigkeit des Pendels (1) oder die Dauer einer Pendelschwingung anhand der Induktion, die der Permanentmagnet (7) in der Magnetspule (8) erzeugt, gemessen wird. 20
7. Anordnung zur magnetischen Beeinflussung eines Pendels (1) einer mechanischen Pendeluhr (2), wobei das Pendel (1) einen oberen Drehpunkt (3) und ein unteres Ende (4) hat, welches aufgrund der Erdbeschleunigung (g) in einer Ebene mit einer ersten Taktfrequenz auf einem Kreisbahnsegment (6) schwingen kann, wobei mindestens eine im Wesentlichen waagrecht und mittig zu dem Pendel (1) angeordnete eisenfreie Magnetspule (8) vorhanden ist, die ein im Wesentlichen vertikales Magnetfeld (b) im Bereich des Pendels (1) oder zumindest einem Teilbereich davon erzeugen kann, und wobei ein unmagnetisches magnetisierbares Element oder ein Permanentmagnet (7) an dem Pendel (1) angeordnet ist, und zwar mit einer Magnetfeldausrichtung (N-S) entlang des Pendels. 25 30 35
8. Anordnung nach Anspruch 7, wobei eine veränderbare Gleichstromquelle (10) zur Beaufschlagung der Magnetspule (8) mit Gleichstrom vorhanden ist. 40
9. Anordnung nach Anspruch 7 oder 8, wobei eine Messeinheit (12) zur Messung einer von dem Permanentmagneten (7) in der Magnetspule (8) induzierten Spannung und zur Bestimmung zumindest der ersten Taktfrequenz oder maximalen Geschwindigkeit des Permanentmagneten (7) relativ zur Magnetspule (8) vorhanden ist. 45 50
10. Anordnung nach Anspruch 8 oder 9, wobei ein Referenzfrequenzgeber (13) zur Abgabe einer zweiten Taktfrequenz vorhanden ist und ein Vergleich (14), der eingerichtet ist, die erste und die zweite Taktfrequenz zu vergleichen und mittels einer Regeleinheit (15) die Gleichstromquelle (10) so zu regeln, dass die erste Taktfrequenz sich der zweiten 55

11. Computerprogrammprodukt umfassend Befehle, die bewirken, dass die Anordnung nach einem der Ansprüche 8 bis 10 das Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6 ausführt.

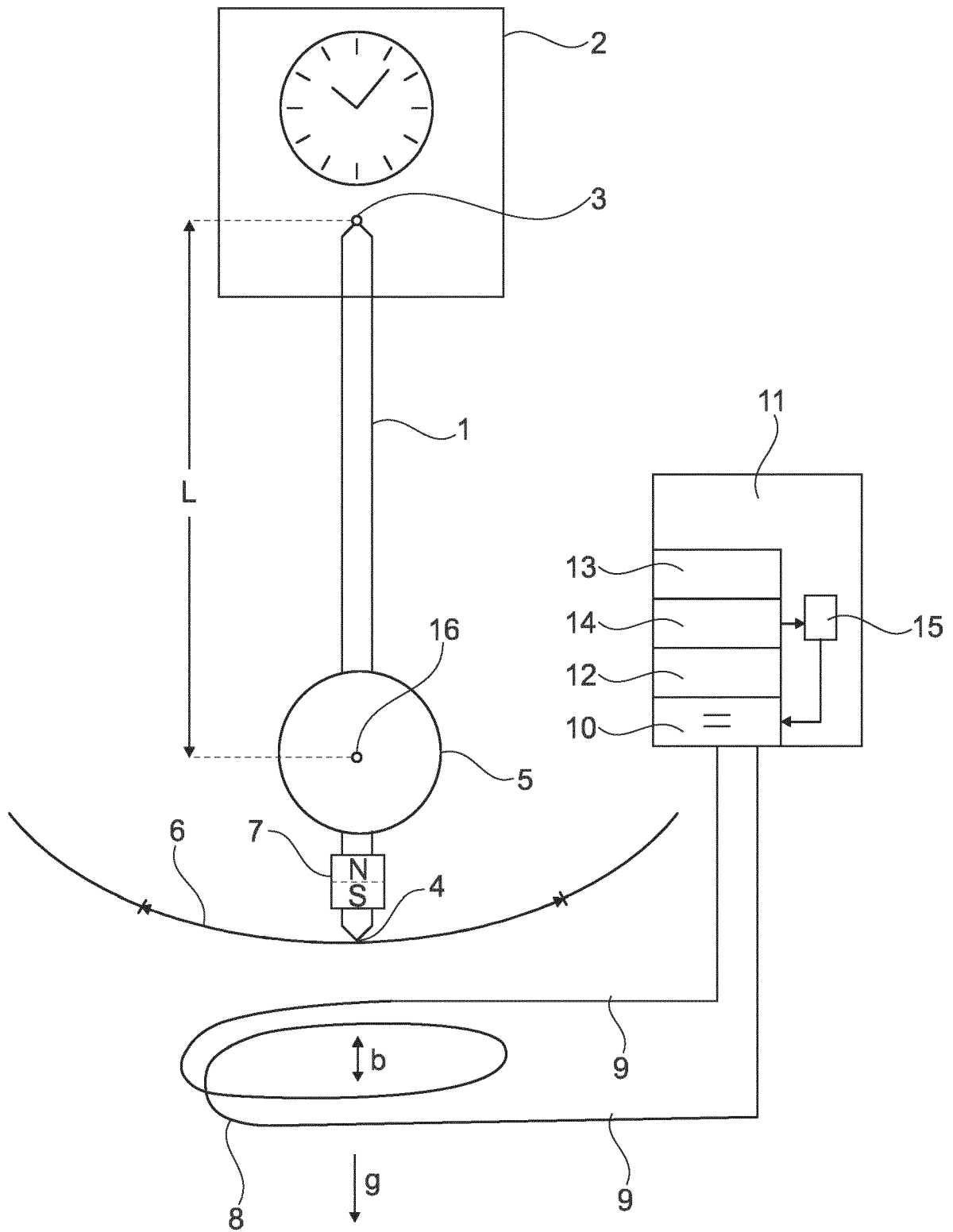


Fig. 1



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 21 21 6049

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

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	BE 560 354 A (ELEKTROCAS NARODNI PODNIK) 22. April 1960 (1960-04-22)	1-3, 7, 8, 11	INV. G04B17/02
A	* das ganze Dokument *	4-6, 9, 10	G04B17/22 G04C3/027

X	US 4 723 233 A (BEEBE WILLIAM B [US]) 2. Februar 1988 (1988-02-02)	1-3, 7, 8, 11	
A	* Spalte 6, Zeile 33 - Spalte 8, Zeile 2 * * Abbildungen 1, 2 *	4-6, 9, 10	

X	GB 2 171 229 A (HECHINGER HELMUT) 20. August 1986 (1986-08-20)	1-3, 7, 8, 11	
A	* Abbildungen 4, 5, 13, 14 * * Seite 2, Zeilen 15-62 *	4-6, 9, 10	

A	DE 32 46 543 A1 (WILEY WALLACE F [US]) 8. September 1983 (1983-09-08)	1-11	
	* Seite 6, Zeile 20 - Seite 16, Zeile 13 * * Abbildungen 1-3 *		

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 6. April 2022	Prüfer Pirozzi, Giuseppe
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 : nichtschriftliche 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	

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

EP 21 21 6049

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente 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.

06-04-2022

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
BE 560354	A	22-04-1960	KEINE
US 4723233	A	02-02-1988	KEINE
GB 2171229	A	20-08-1986	DE 3504987 A1
		GB 2171229 A	14-08-1986
			20-08-1986
DE 3246543	A1	08-09-1983	DE 3246543 A1
		US 4395137 A	08-09-1983
			26-07-1983

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 102007061333 A1 **[0004]**
- DE 2543171 A1 **[0014]**