



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
07.09.2016 Patentblatt 2016/36

(51) Int Cl.:
H04R 9/02 (2006.01) H04R 25/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16158871.0**

(22) Anmeldetag: **07.03.2016**

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

(30) Priorität: **05.03.2015 AT 501752015**

(71) Anmelder: **BHM-Tech Produktionsgesellschaft m.b.H.**
7423 Grafenschachen (AT)

(72) Erfinder:
• **Berl, Franz**
2154 Unterstinkenbrunn (AT)
• **Jurisch, Frank**
53117 Bonn (DE)
• **Hostniker, Klaus**
8076 Vasoldsberg (AT)

(74) Vertreter: **KLIMENT & HENHAPEL**
Patentanwälte OG
Singerstrasse 8/3/9
1010 Wien (AT)

(54) **ELEKTROMAGNETISCHER SIGNALWANDLER FÜR EINEN KNOCHENLEITUNGSHÖRER**

(57) Die Erfindung betrifft einen elektromagnetischen Signalwandler für einen Knochenleitungshörer, umfassend

- ein weichmagnetisches Joch (1),
- eine konzentrisch zur Längsachse des Jochs (1) angeordnete elektrische Spule (2),
- einen elastisch aufgehängten weichmagnetischen Anker (4), der, in Richtung der Längsachse (5) des Jochs (1) gesehen, durch einen Arbeitsluftspalt (8) vom Joch (1) getrennt und entlang der Längsachse (5) des Jochs (1) beweglich ist, sowie
- einen Permanentmagneten (9), der in Richtung der Längsachse (5) des Jochs (1) magnetisiert ist, um eine

magnetische Vorspannung des Jochs (1) und des Ankers (4) zu erzeugen.

Um die Erregerleistung für die Spule zu verringern, ist vorgesehen, dass Permanentmagnet (9) und Spule (2) einander in Richtung der Längsachse des Jochs (1) nicht überlappen und Mittel vorgesehen sind, um den durch die Spule (2) erzeugbaren magnetischen Fluss auf zumindest zwei Flusspfade aufzuteilen, wobei ein Flusspfad außerhalb des Permanentmagneten (9) verläuft, wodurch der von der Spule (2) gesehene magnetische Gesamtwiderstand des magnetischen Kreises minimiert wird.

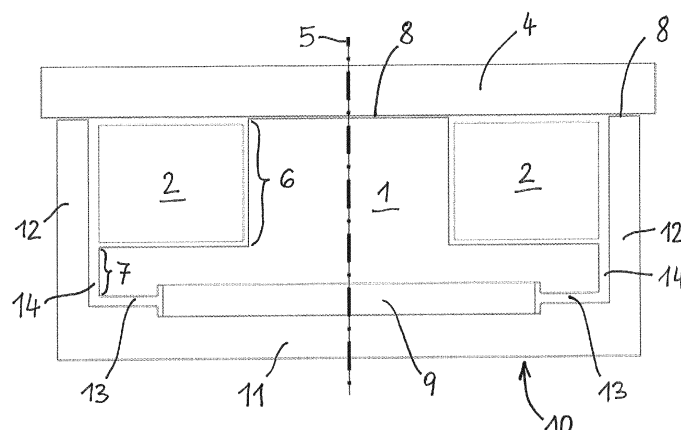


Fig. 2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen elektromagnetischen Signalwandler für einen Knochenleitungshörer (Osteophone), umfassend

- ein weichmagnetisches Joch,
- eine konzentrisch zur Längsachse des Jochs angeordnete elektrische Spule,
- einen elastisch aufgehängten weichmagnetischen Anker, der, in Richtung der Längsachse des Jochs gesehen, durch einen Arbeitsluftspalt vom Joch getrennt und entlang der Längsachse des Jochs beweglich ist, sowie
- einen Permanentmagneten, der in Richtung der Längsachse des Jochs magnetisiert ist, um eine magnetische Vorspannung des Jochs und des Ankers zu erzeugen.

[0002] Die magnetische Vorspannung bewirkt im Betrieb des elektromagnetischen Signalwandlers eine stromproportionale, durch die Spule erfolgende Krafterzeugung auf den Anker und somit eine exakte Übertragung der elektrischen in mechanische Schwingungen. Ohne diese magnetische Vorspannung wäre die Kraft und somit mechanische Auslenkung proportional zum Quadrat des Stromes, was zu einer erheblichen Verzerrung durch die Frequenzverdopplung und Unterdrückung der schwachen Signale führen würde.

STAND DER TECHNIK

[0003] Knochenleitungshörer, wie sie aus dem Stand der Technik bekannt sind, wandeln elektrische Signale in mechanische Schwingungen um und fungieren daher als Schwingungserzeuger bzw. elektromagnetische Signalwandler. Diese Technologie findet unter anderem bei Hörgeräten Anwendung und eignet sich insbesondere für Personen mit Beeinträchtigung des Außen- und Mittelohres, da in diesem Fall der Schall nicht mechanisch zur Cochlea übertragen werden kann. Knochenleitungshörer können jedoch auch in anderen Hör- und Kommunikationssystemen eingesetzt werden, wo eine Schallübertragung über Luft zum Trommelfell nicht möglich ist, etwa unter Wasser. So können Knochenleitungshörer für Kommunikationssysteme für Taucher zur Anwendung kommen. Auch dort, wo eine Schallübertragung über Luft grundsätzlich möglich ist, aber aufgrund von Umgebungslärm der übertragene Schall kaum hörbar wäre, wie in der Schwerindustrie (z.B. in Stahlwerken), können Knochenleitungshörer in Kommunikationssystemen verwendet werden.

[0004] Das an den Menschen zu übertragenden akustische Signal wird in der Regel über ein Mikrofon aufgenommen (es könnte aber auch als Funksignal übertragen werden), im Verstärker umgewandelt, aufbereitet und als elektrisches Signal an den elektromagnetischen Signalwandler weitergeleitet. Im Signalwandler werden die

elektrischen Signale der Spule zugeführt, welche den Anker entsprechend in Schwingung versetzt. Der als Anker dienende Oszillator (Knochenleitungshörer) kontaktiert den Schädelknochen, vorzugsweise das Mastoid, wobei das akustische Signal in Form von taktilen Schwingungen unter Umgehung des Mittelohres direkt ins Innenohr übertragen wird, wo es in der Cochlea in einen Nervenreiz umgewandelt wird.

[0005] Diese Knochenleitungshörer sind meist in einem Trägerobjekt verbaut, beispielsweise in einem Brillenbügel, einem Haarreifen oder in einem externen Gehäuse zum Tragen in einer Kopfbedeckung.

[0006] Nachteilig am herkömmlichen Aufbau des Signalwandlers ist, dass der Permanentmagnet als Ringmagnet aufgebaut ist, also die Form eines Hohlzylinders hat, der eine Ringspule umgibt und an einer Stirnseite einen scheibenförmigen Teil des Jochs, die Jochplatte, kontaktiert, während er auf der anderen Stirnseite dem Anker unter Einhaltung eines Luftspalts, eines sogenannten Arbeitsluftspalts, zugewandt ist. Dies hat den Nachteil, dass sowohl der durch den magnetische Fluss des Permanentmagneten als auch der durch die Spule erregte magnetische Fluss die gleichen Flusspfade nutzen, nämlich in Längsrichtung durch das Joch, insbesondere durch einen stabförmigen Teil des Jochs (Jochkern), radial durch den Anker in den Ringmagneten, in Längsrichtung durch den Ringmagneten und wieder in das Joch, insbesondere radial durch die Jochplatte wieder in den Jochkern. Das bedeutet, dass auch der Spulenfluss den hohen magnetischen Widerstand des Ringmagneten überwinden muss. Somit wird zur Erzeugung einer bestimmten magnetischen Flussänderung durch die Spule eine hohe elektrisch erregte Durchflutung (große Amperewindungen) benötigt. Dies ist gleichbedeutend mit hohem Strom oder hoher Windungsanzahl, auf jeden Fall wird eine hohe Erregerleistung für die Spule benötigt, was wieder eine geringe Lebensdauer der Batterie des Knochenleitungshörers zur Folge hat.

AUFGABE DER ERFINDUNG

[0007] Daher ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Nachteile des Stands der Technik zu überwinden und einen elektromagnetischen Signalwandler zur Verfügung zu stellen, der weniger Erregerleistung für die Spule benötigt.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0008] Diese Aufgabe wird durch einen elektromagnetischen Signalwandler gemäß Anspruch 1 gelöst. Ausgehend von einem elektromagnetischen Signalwandler für einen Knochenleitungshörer, umfassend

- ein weichmagnetisches Joch,
- eine konzentrisch zur Längsachse des Jochs angeordnete elektrische Spule,
- einen elastisch aufgehängten weichmagnetischen

Anker, der, in Richtung der Längsachse des Jochs gesehen, durch einen Arbeitsluftspalt vom Joch getrennt und entlang der Längsachse des Jochs beweglich ist, sowie

- einen Permanentmagneten, der in Richtung der Längsachse des Jochs magnetisiert ist, um eine magnetische Vorspannung des Jochs und des Ankers zu erzeugen,

ist vorgesehen, dass Permanentmagnet und Spule einander in Richtung der Längsachse des Jochs nicht überlappen und Mittel vorgesehen sind, um den durch die Spule erzeugbaren magnetischen Fluss auf zumindest zwei Flusspfade aufzuteilen, wobei ein Flusspfad außerhalb des Permanentmagneten verläuft. Durch diese Mittel wird natürlich auch der magnetische Fluss des Permanentmagneten auf zumindest zwei Flusspfade aufgeteilt.

[0009] Das bedeutet, dass es zu einer Parallelschaltung des magnetischen Widerstands des Permanentmagneten und eines weiteren magnetischen Widerstands kommt, sodass der magnetische Widerstand des Permanentmagneten - im Vergleich zum Stand der Technik mit einander in Längsrichtung überlappender konzentrischer Spule und Permanentmagnet - verringert wird. Der von der Spule gesehene magnetische Gesamtwiderstand des magnetischen Kreises wird dadurch minimiert. Dadurch ist für die gleiche Auslenkung des Ankers eine geringere Erregerleistung der Spule ausreichend. Folglich verlängert sich gegenüber herkömmlichen Signalwandlern auch die Batteriebetriebsdauer. Die Verwendung eines flachen, plattenförmigen Permanentmagneten kann ebenfalls zur Reduzierung des magnetischen Gesamtwiderstands beitragen, wie noch erläutert wird.

[0010] Der durch die Spule erzeugbare magnetische Fluss kann am einfachsten durch das Joch auf einen Flusspfad außerhalb des Permanentmagneten lenkbar sein. Mit anderen Worten ist das Joch das Mittel, um den durch die Spule erzeugbaren magnetischen Fluss auf zumindest zwei Flusspfade aufzuteilen. Das ohnehin vorhandene Joch kann also für den erfindungsgemäßen Zweck entsprechend ausgeführt werden.

[0011] Bei einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass das Joch einen längs der Längsachse des Jochs ausgerichteten stabförmigen Jochkern und eine normal zur Längsachse angeordnete Jochplatte umfasst, wobei der Jochkern in die Spule ragt und die Jochplatte einer Stirnseite der Spule zugewandt ist, und der durch die Spule erzeugbare magnetische Fluss durch die Jochplatte auf einen Flusspfad außerhalb des Permanentmagneten lenkbar ist. Die Jochplatte muss dafür nicht zwingend plattenförmig im Sinne eines Prismas (Körper gleicher Dicke mit zueinander parallelen Stirnflächen) sein, sondern kann grundsätzlich auch andere, nicht prismatische Formen aufweisen, wie die Form eines Kegelstumpfs oder Kegels. Die Jochplatte kann, je nach Geometrie des Signalwandlers, in Richtung der Längsachse des Jochs gesehen z.B. kreisförmig, insbesondere eine

Kreisscheibe, oder rechteckig, insbesondere eine rechteckige Platte sein. Die Abmessung der Jochplatte normal auf die Längsachse des Jochs ist in der Regel größer als die Abmessung der Jochplatte in Richtung der Längsachse des Jochs.

[0012] Durch eine Anordnung des Permanentmagneten auf jener Seite des Joches, die - in Richtung der Längsachse des Jochs gesehen - dem Anker gegenüber liegt, befindet sich ein Teil des Jochs, nämlich die Jochplatte, zwischen Spule und Permanentmagnet und dient somit als Streusteg für die Magnetfelder der Spule und des Permanentmagneten. Ein Teil der magnetischen Feldlinien, die aus dem Permanentmagneten in die Jochplatte eindringen, verlaufen wieder zurück in den Permanentmagneten und nicht durch das gesamte Joch. Für den magnetischen Fluss der Spule ergibt sich aus der Parallelschaltung von Permanentmagnetwiderstand und Streustegwiderstand ein niedrigerer magnetischer Gesamtwiderstand, wodurch für die gleiche Auslenkung des Ankers eine geringere Erregerleistung der Spule ausreicht.

[0013] Der magnetische Widerstand ist durch die Betrachtung des Signalwandlers als magnetischer Kreis definiert. Ein magnetischer Kreis ist ein geschlossener Pfad eines magnetischen Flusses. Die Gesetze des magnetischen Flusses sind analog zu den Gesetzen im elektrischen Stromkreis definiert. Der magnetische Fluss Φ wird hierbei analog zum elektrischen Strom I , der magnetische Widerstand (die Reluktanz R_m) analog zum elektrischen Widerstand (zur Resistanz R), und die magnetische Spannung V_m analog zur elektrischen Spannung U betrachtet. In Analogie zum elektrischen Widerstand kann man im magnetischen Kreis den magnetischen Widerstand R_m als Quotienten aus der magnetischen Spannung V_m und des magnetischen Flusses Φ definieren.

[0014] Permanentmagnet, Joch und Spule können beim erfindungsgemäßen Signalwandler von einem weichmagnetischen Gehäuse umgeben sein, das durch einen Luftspalt vom Anker und vom Joch getrennt ist, sodass der durch die Spule erzeugbare magnetische Fluss durch das weichmagnetische Gehäuse auf einen Flusspfad außerhalb des Permanentmagneten lenkbar ist. Zwischen einer, dem Permanentmagneten zugewandten Stirnfläche des Jochs, insbesondere der Jochplatte, und dem Gehäuse kann ein Luftspalt vorliegen.

[0015] Wenn der Permanentmagnet plattenförmig ausgebildet ist, seine Ausdehnung in Richtung der Längsachse des Jochs also klein ist im Vergleich zu seiner Ausdehnung normal zur Längsachse, ist der magnetische Widerstand des Permanentmagneten in Richtung der Längsachse ebenfalls klein, da der magnetische Widerstand proportional zur Dicke h_M des plattenförmigen Permanentmagneten und umgekehrt proportional zur Fläche A_M des Permanentmagneten ist: $R_m = h_M / (\mu_o \cdot \mu_p \cdot A_M)$.

[0016] Der plattenförmige Permanentmagnet kann besonders dünn und damit platzsparend und widerstands-

arm ($R_m = h_M / (\mu_o * \mu_p * \mu_M)$) als Seltenerdsmagnet ausgeführt sein. Unter dem Namen Seltenerdsmagneten fasst man eine Gruppe von Permanentmagneten zusammen, die im Wesentlichen aus Eisenmetallen (Eisen, Kobalt) und Seltenerdmetallen (insbesondere Neodym, Samarium, Praseodym, Dysprosium, Terbium) bestehen. Sie zeichnen sich dadurch aus, dass sie gleichzeitig eine hohe magnetische Remanenzflussdichte B_r und eine hohe magnetische Koerzitivfeldstärke H_{cJ} und damit eine hohe magnetische Energiedichte $(BH)_{max}$ aufweisen. Gängige Seltenerdsmagnete bestehen etwa aus Neodym-Eisen-Bor ($Nd_2Fe_{14}B$) oder Samarium-Kobalt ($SmCo_5$ und Sm_2Co_{17}). Die magnetische Energiedichte von Seltenerdsmagneten ist in der Regel um ein Vielfaches höher als jene von Stahlmagneten, z.B. bestehend aus $AlNiCo$. Durch die - im Vergleich zu einem herkömmlichen Ringmagneten - geringeren Dimensionen des Seltenerdsmagneten verringert sich auch das Gewicht des Permanentmagneten und damit des Signalwandlers.

[0017] Der Permanentmagnet wird in der Regel aus Symmetriegründen als Kreisscheibe ausgebildet sein, wobei der Mittelpunkt der Kreisscheibe auf der Längsachse des Jochs liegt.

[0018] Besonders günstig ist es, wenn der Permanentmagnet einen Durchmesser aufweist, der kleiner als der Außendurchmesser der Spule, aber größer als der Innendurchmesser der Spule ist. Der Permanentmagnet könnte aber auch gleich groß oder größer als der Außendurchmesser der Spule sein. Bestimmend für die Auslegung der Abmessungen des Permanentmagneten ist der benötigte magnetische Fluss und somit im Wesentlichen die Magnetfläche AM .

[0019] Es kann vorgesehen sein, dass der größte Durchmesser des Jochs, insbesondere der Jochplatte, den gleichen Außendurchmesser aufweist wie die Spule.

[0020] Der Signalwandler kann so aufgebaut sein, dass ein Luftspalt, der sogenannte Streuspalt, zwischen einer Umfangsfläche des Jochs, insbesondere einer Umfangsfläche der Jochplatte, und dem Gehäuse vorliegt. Dieser Luftspalt hat somit beispielsweise die Form eines Zylindermantels. Der Luftspalt zwischen Jochplatte und Gehäuse bewirkt eine Krafterzeugung gemäß $F = B^2 * A / 2\mu_o$.

[0021] Es kann vorgesehen sein, dass das Joch, insbesondere die Jochplatte, eine Ausnehmung in der Stirnseite aufweist, die dem Permanentmagneten zugewandt ist, sodass der Permanentmagnet zumindest teilweise im Joch aufgenommen ist. Dies bewirkt eine Lagefixierung des Permanentmagneten sowie des Jochs.

[0022] Analog und mit gleichem Effekt kann vorgesehen sein, dass das weichmagnetische Gehäuse eine Ausnehmung aufweist, die dem Permanentmagneten zugewandt ist, sodass der Permanentmagnet zumindest teilweise im Gehäuse aufgenommen ist.

[0023] Eine Ausführungsform der Erfindung besteht darin, dass der Permanentmagnet mit seinen Stirnseiten sowohl mit dem Joch, insbesondere der Jochplatte, als auch mit dem Gehäuse in Kontakt steht. Auf diese Weise

wird ein zusätzlicher Luftspalt vermieden. Dies bedingt eine gute Magnetisierung der Jochplatte und des Gehäuses, die magnetischen Feldlinien verlaufen hauptsächlich in diesem Bereich.

[0024] Die Erfindung wird nun anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Die Zeichnungen sind beispielhaft und sollen den Erfindungsgedanken zwar darlegen, ihn aber keinesfalls einengen oder gar abschließend wiedergeben.

[0025] Dabei zeigt:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch einen schematisch dargestellten Signalwandler nach dem Stand der Technik,

Fig. 2 einen Längsschnitt durch einen schematisch dargestellten erfindungsgemäßen Signalwandler,

Fig. 3 den Längsschnitt aus Fig. 1 mit magnetischen Feldlinien,

Fig. 4 den Längsschnitt aus Fig. 2 mit magnetischen Feldlinien,

Fig. 5 einen Längsschnitt durch einen alternativen erfindungsgemäßen Signalwandler,

Fig. 6 Längsschnitte aus Fig. 5 mit unterschiedlichen magnetischen Feldlinien aufgrund unterschiedlicher Spulenanregung.

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

[0026] Fig. 1 zeigt einen herkömmlichen Signalwandler. Er besteht im Wesentlichen aus einem Joch 1, einer Spule 2, einem Ringmagneten 3 und einem plattenförmigen Anker 4. Eine Umhausung, die alle genannten Teile des Signalwandlers umschließt und gegen Umwelteinflüsse schützt, ist hier nicht dargestellt.

[0027] Das Joch 1 ist, wie auch die Spule 2, der Ringmagnet 3 und der Anker 4, rotationssymmetrisch um die Längsachse 5 ausgebildet. Es ist einteilig hergestellt, weist aber längs der Längsachse 5 Bereiche mit unterschiedlichem Durchmesser auf, einen stabförmigen Teil, also einen Mittelschenkel oder Jochkern 6 mit kleinerem Durchmesser, und einen scheibenförmigen Teil, also eine Jochplatte 7 mit größerem Durchmesser. Der Jochkern 6 ist in der Regel länger als die Jochplatte 7. Die Länge des Jochkerns 6 ist so bemessen, dass er die Spule 2 ganz durchdringt, die konzentrisch zum Joch 1 auf dieses aufgesetzt ist. Die Jochplatte 7 ist in der Regel so bemessen, dass sie zumindest den gleichen oder einen größeren Durchmesser hat als die Spule 2. Das Joch 1 kann z.B. aus magnetischem Edelstahl oder Mu-Metall gefertigt sein.

[0028] In Fig. 1 ist der Durchmesser der Jochplatte 7 so groß wie jener des Ringmagneten 3. Der Ringmagnet 3 ist konzentrisch zum Joch 1 angeordnet und hier - in Richtung der Längsachse 5 gemessen - höher als die Spule 2. Der Ringmagnet 3 ist parallel zur Längsachse 5 magnetisiert und ist z.B. als $AlNiCo$ -Magnet ausgeführt. Der Ringmagnet 3 sitzt mit einer Stirnfläche an jener

Stirnfläche der Jochplatte 7, die dem Jochkern 6 zugewandt ist. Mit seiner anderen Stirnfläche reicht der Ringmagnet 3 bis auf einen Arbeitsluftspalt 8 für den Anker 4 an den Anker 4 heran. Auch der Jochkern 6 reicht mit seiner Stirnfläche bis auf einen Arbeitsluftspalt 8 für den Anker 4 an den Anker 4 heran.

[0029] Der Anker 4 kann aus dem gleichen Material gefertigt sein wie das Joch 1. Der Anker 4 ist elastisch - etwa an der hier nicht dargestellten Umhausung des Signalwandlers - federnd aufgehängt, sodass er sich frei gegenüber dem Joch 1 und dem Ringmagneten 3 bewegen kann, und zwar längs der Längsachse 5.

[0030] In Fig. 1 liegt - bei der Betrachtung des Signalwandlers als Magnetkreis - eine Reihenschaltung der magnetischen Widerstände von Arbeitsluftspalt 8, Jochkern 6, Jochplatte 7, Ringmagnet 3, Arbeitsluftspalt 8 und Anker 4 vor. Beide magnetischen Flüsse (elektrisch erregt durch Spule 2 und permanenterregt durch Ringmagnet 3) benutzen diesen Pfad. Dabei ist der magnetische Widerstand des AlNiCo-Magneten wegen seiner großen Magnethöhe (in Richtung der Längsachse 5) und der relativ kleinen Fläche (normal zur Längsachse 5) sehr groß und bestimmend für die Anordnung.

[0031] In Fig. 2 ist ein erfindungsgemäßer Signalwandler dargestellt. Er besteht im Wesentlichen aus einem Joch 1, einer Spule 2, und einem plattenförmigen Anker 4 sowie - im Unterschied zu Fig. 1 - aus einem plattenförmigen, hier kreisscheibenförmigen, Permanentmagneten 9 und einem Gehäuse (oder Topf) 10, hier bestehend aus Mantel 12 und Grundplatte (Boden) 11. Eine Umhausung, die alle genannten Teile des Signalwandlers umschließt und gegen Umwelteinflüsse schützt, ist hier nicht dargestellt.

[0032] Das Joch 1 ist, wie auch die Spule 2, der Permanentmagnet 9, der Anker 4, und das Gehäuse 10, rotationssymmetrisch um die Längsachse 5 des Jochs 1 ausgebildet. Das Joch 1 ist einteilig hergestellt, weist aber längs der Längsachse 5 wieder Bereiche mit unterschiedlichem Durchmesser auf, einen Jochkern 6 mit kleinerem Durchmesser und eine Jochplatte 7 mit größerem Durchmesser. Beide Teile 6, 7 haben hier eine zylindrische Form. Der Jochkern 6 ist in der Regel länger als die Jochplatte 7. Die Länge des Jochkerns 6 ist so bemessen, dass er die Spule 2 ganz durchdringt, die konzentrisch zum Joch 1 auf dieses aufgesetzt ist. Hier hat der Jochkern 6 ungefähr die gleiche Länge bzw. Höhe wie die Spule 2. Die Jochplatte 7 ist in der Regel so bemessen, dass sie zumindest den gleichen - wie hier - oder einen größeren Durchmesser hat als die Spule 2. Das Joch 1 kann z.B. wieder aus magnetischem Edelstahl oder Mu-Metall gefertigt sein. Der Anker 4 kann aus dem gleichen Material gefertigt sein wie das Joch 1.

[0033] Der Anker 4 ist, z.B. an einer Feder, mechanisch aufgehängt. Durch die magnetische Vorspannung des weichmagnetischen Kreises, bestehend aus Joch 1, Anker 4 und Gehäuse 10, mittels Permanentmagneten 9 wird der Anker 4 vom Joch 1 und vom Gehäuse 10 angezogen und der Ruhe-Arbeitsluftspalt 8 stellt sich ein.

Die Spule 2 wird bestromt und je nach Polarität des Stroms wird der magnetische Fluss des Permanentmagneten 9 verstärkt oder vermindert. Dadurch ändert sich die magnetische Kraft auf den Anker 4 und dieser bewegt sich proportional zur Stromänderung. Die Bewegung des Ankers 4 wird - etwa über eine Umhausung - auf den Schädelknochen übertragen.

[0034] Der Durchmesser des Permanentmagneten 9 ist hier kleiner als jener der Jochplatte 7. Er beträgt etwa nur zwei Drittel des Durchmessers des scheibenförmigen Teils 7. Der Permanentmagnet 9 ist konzentrisch zum Joch 1 angeordnet und hier - in Richtung der Längsachse 5 gemessen - dünner als die Spule 2 oder die Jochplatte 7. Der Permanentmagnet 9 ist ein Seltenerd-magnet und parallel zur Längsachse 5 magnetisiert. Der Permanentmagnet 9 berührt mit einer Stirnfläche die Jochplatte 7 an deren Stirnfläche, die dem Jochkern 6 abgewandt ist. Mit seiner anderen Stirnfläche kontaktiert der Permanentmagnet 9 das Gehäuse 10, nämlich dessen Grundplatte 11.

[0035] Das Gehäuse 10 ist topfförmig und weist hier eine ebene Grundplatte 11 sowie einen zylindrischen Mantel 12 auf. Das Gehäuse 10 ist hier einteilig gefertigt. Es kann aus dem gleichen weichmagnetischen Material gefertigt sein wie das Joch 1 oder der plattenförmige Anker 4.

[0036] Das Gehäuse 10 umschließt gemeinsam mit dem Anker 4 das Joch 1, die Spule 2 sowie den Permanentmagneten 9. Zwischen der Stirnfläche des zylindrischen Mantels 12 des Gehäuses 10 und dem Anker 4 ist ein Arbeitsluftspalt 8 vorgesehen. Der Anker 4 ist elastisch an einer hier nicht dargestellten Umhausung des Signalwandlers aufgehängt, damit er gemäß dem von der Spule 2 vorgegebenen variablen Magnetfeld in Richtung der Längsachse 5 schwingen kann. Ebenso reicht der Jochkern 6 mit seiner Stirnfläche bis auf einen Arbeitsluftspalt 8 für den Anker 4 an den Anker 4 heran.

[0037] Die Grundplatte 11 des Gehäuses 10 weist an ihrer Innenseite eine kreisscheibenförmige Ausnehmung auf, in welche der Permanentmagnet 9 eingesetzt ist. Die Tiefe der Ausnehmung - entlang der Längsachse 5 gemessen - entspricht hier etwa einem Viertel der Dicke des Permanentmagneten 9, sodass dieser noch etwa zur Hälfte aus den Ausnehmungen herausragt. Ebenso weist die Jochplatte 7 eine kreisscheibenförmige Ausnehmung in der Stirnseite auf, die dem Permanentmagneten 9 zugewandt ist und in die der Permanentmagnet 9 eingesetzt ist. Die Tiefe der Ausnehmung - entlang der Längsachse 5 gemessen - entspricht hier ebenfalls etwa einem Viertel der Dicke des Permanentmagneten 9. Es ist ein radialer Abstand des Permanentmagneten 9 zur Wand jeder Ausnehmung vorgesehen. Dieser Abstand dient der einfachen Zentrierung von Permanentmagnet 9 und vor allem des Luftspaltes (Streuspaltes) 14. Die Ausnehmung in der Jochplatte 7 ist hier gleich groß wie jene in der Grundplatte 11.

[0038] Zwischen der, dem Permanentmagneten 9 zugewandten, Stirnfläche der Jochplatte 7 und der Grund-

platte 11 des Gehäuses 10 liegt ein Luftspalt 13, der hier kreisringförmig ist. Seine radiale Breite - normal zur Längsachse 5 gemessen - beträgt hier etwa ein Drittel des Radius der Jochplatte 7, seine axiale Höhe - in Richtung der Längsachse 5 gemessen - ist hier kleiner als die Höhe des Permanentmagneten 9. Bei anderen Ausführungsformen der Erfindung kann der Luftspalt 13 selbstverständlich andere relative radiale Breiten und axiale Höhen aufweisen. Zwischen der Umfangsfläche der Jochplatte 7 und dem Mantel 12 des Gehäuses 10 befindet sich ein weiterer Luftspalt 14. Seine axiale Höhe - in Richtung der Längsachse 5 gemessen - entspricht der Höhe der Jochplatte 7.

[0039] Die beiden Luftspalte 13, 14 gehen ineinander über, sodass ein durchgehender, abgewinkelter Luftspalt zwischen der Umfangsfläche des Permanentmagneten 9 und dem Anker 4 entsteht.

[0040] Die Luftspalte 13, 14 werden im Zusammenhang mit dem Permanentmagneten 9 so ausgelegt, dass eine genügend hohe magnetische Vorspannung durch den Permanentmagneten 9 erzeugt wird und für den elektrisch erregten Fluss der Spule 2 die magnetischen Widerstände so klein wie möglich gehalten werden. Dies betrifft besonders die Parallelschaltung der magnetischen Widerstände von Permanentmagnet 9, Luftspalt 13 und Luftspalt 14. Der Arbeitsluftspalt 8 ist durch seine Funktion als Ankerbewegungsraum vorgegeben. Im weichmagnetischen Material sollten in der Regel keine großen magnetischen Widerstände (magn. Spannungsabfälle) entstehen. Die Auslegung des Signalwandlers, insbesondere der Luftspalte 13, 14, des Permanentmagneten 9, aber auch der Form und Abmessungen der Jochplatte 7, kann wieder durch Berechnung des oben erwähnten magnetischen Kreises erfolgen, wo die einzelnen Bauelemente (magnetischer Leiter, magnetische Widerstände, magnetisches Koppellement) entsprechend miteinander verschaltet sind.

[0041] Der sich aus dem erfindungsgemäßen Signalwandler ergebende unterschiedliche Verlauf der magnetischen Feldlinien ist durch Vergleich der Fig. 3 und 4 ersichtlich. Dabei sind sowohl die Feldlinien 15 des jeweiligen Permanentmagneten, also des Ringmagneten 3 aus Fig. 1 und des scheibenförmigen Permanentmagneten 9 aus Fig. 2, als auch die Feldlinien 16 der Spule 2 dargestellt.

[0042] In Fig. 3 sind die Feldlinien des Signalwandlers aus Fig. 1 eingezeichnet. Sowohl die durch den Ringmagneten 3 hervorgerufenen Feldlinien 15 als auch die durch die Spule 2 hervorgerufenen Feldlinien 16 befinden sich durchgehend in den gleichen Bereichen. Sie verlaufen nämlich in Richtung der Längsachse 5 durch den Jochkern 6, radial durch den Anker 4 in den Ringmagneten 3, in Richtung der Längsachse 5 durch den Ringmagneten 3 und radial durch die Jochplatte 7 wieder in den Jochkern 6. Das bedeutet, dass auch der Spulenfluss den hohen magnetischen Widerstand des Ringmagneten 3 überwinden muss.

[0043] In Fig. 4 sind die Feldlinien des Signalwandlers

aus Fig. 2 eingezeichnet. Zwar verlaufen auch hier die durch den Permanentmagneten 9 hervorgerufenen Feldlinien 15 zum Teil durch die gleichen Bereiche wie die durch die Spule 2 hervorgerufenen Feldlinien 16. Sie verlaufen nämlich in Richtung der Längsachse 5 durch den Jochkern 6, radial durch den Anker 4 in den Mantel 12 des Gehäuses 10, in Richtung der Längsachse 5 durch den Mantel 12 und radial durch die Grundplatte 11 des Gehäuses 10 wieder in Längsrichtung durch den Permanentmagneten 9 in den Jochkern 6.

[0044] Allerdings werden die Magnetfelder durch die Anordnung der Jochplatte 7 zwischen dem Permanentmagneten 9 und der Spule 2 entsprechend den Weichmagnetika geleitet und teilen sich in Abhängigkeit der magnetischen Widerstände auf, die hauptsächlich durch die Luftspalte 13, 14 und den Permanentmagneten 9 bestimmt werden. Auf diese Weise bilden sich auch Feldlinien 15 des Permanentmagneten 9, die nur im Bereich des Permanentmagneten 9, der Jochplatte 7, der Grundplatte 11 des Gehäuses 10 und des zylindrischen Mantels 12 des Gehäuses 10 verlaufen, jedoch in Richtung der Längsachse 5 nicht über die Höhe der Jochplatte 7 hinaus. Diese Feldlinien 15 dringen daher nicht in die Spule 2 ein, während andere Feldlinien 15 dies sehr wohl tun, nur sind es so wenige, dass diese hier nicht eingezeichnet sind.

[0045] Ebenso ändert ein Teil der Feldlinien 16 der Spule 2 ihren Verlauf: sie gelangen nicht bis zur Grundplatte 11 des Gehäuses 10, sondern verlaufen durch die Jochplatte 7, und damit dem Permanentmagneten 9 ausweichend, um sich durch den Mantel 12 des Gehäuses 10 bzw. durch den Jochkern 6 des wieder im Anker 4 zu schließen. So verlaufen einige Feldlinien 16 vom Anker 4 axial durch den Jochkern 6 Richtung Permanentmagnet 9, vor dem Permanentmagneten 9 radial durch die Jochplatte 7, dann axial über den ersten Luftspalt 13 zur Grundplatte 11 des Gehäuses 10 und radial nach außen über die Grundplatte 11 in den Mantel 12 und wieder in den Anker 4.

[0046] Ein Teil der magnetischen Feldlinien 16 des durch die Spule 2 erzeugten Magnetfeldes zwischen Joch 1 und Gehäuse 10 verläuft also durch die Jochplatte 7 und nicht durch den Permanentmagneten 9.

[0047] Fig. 5 zeigt einen Längsschnitt durch einen alternativen erfindungsgemäßen Signalwandler, wobei nur eine Hälfte des Signalwandlers schematisch dargestellt ist. Der Signalwandler in Fig. 5 ist grundsätzlich gleich wie in Fig. 2 aufgebaut, unterscheidet sich von Fig. 2 jedoch dadurch, dass Spule 2 und Permanentmagnet 9 den gleichen Außendurchmesser haben, der aber kleiner ist als der Außendurchmesser der Jochplatte 7. Somit ergeben sich auch andere Dimensionen bei den Luftspalten 13, 14. Darüber hinaus ist in Fig. 5 auch die Höhe der Spule 2 geringer als die Höhe des Jochkerns 6.

[0048] In Fig. 6 ist der Längsschnitt aus Fig. 5 dreimal dargestellt, zusätzlich sind die magnetischen Feldlinien bei unterschiedlicher elektrischer Durchflutung eingezeichnet. Links ist das Magnetfeld ohne Bestromung der

Spule 2 dargestellt, in der Mitte mit Bestromung der Spule 2 ("100 A") im Sinne einer Verstärkung des Magnetfelds des Permanentmagneten 9, rechts mit Bestromung der Spule 2 ("-100 A"), allerdings im Sinne einer Kompensation des Magnetfelds des Permanentmagneten 9. Es ist in der linken Abbildung gut erkennbar, dass die Dichte der magnetischen Feldlinien innerhalb der Spule 2 gering ist.

[0049] Der gegenständliche Signalwandler findet Verwendung in Hör- und Kommunikationssystemen sowie zur Audiodiagnostik, der zugehörige Knochenleitungshörer (Osteophon) wird getragen und angewendet am menschlichen oder tierischen Schädel. Entsprechend der Verwendung ist die Größe des Knochenleitungshörers und damit des Signalwandlers zu dimensionieren. Bei manchen Ausführungsvarianten des gegenständlichen Signalwandlers ist dieser sehr klein, dann beträgt seine Höhe von der Grundplatte 11 des Gehäuses 10 bis zum Anker längs der Längsachse 5 etwa 2-10 mm, der Durchmesser des Gehäuses 10 bzw. des etwa gleich großen Ankers 4 5-20 mm. Der scheibenförmige Permanentmagnet weist beispielsweise eine Dicke von 0,5-0,7 mm auf, die Dicke kann aber auch kleiner als 0,5 mm oder größer als 0,7 mm sein. Bei anderen Ausführungsvarianten kann der Durchmesser des Gehäuses 10 auch im Bereich von einigen Zentimetern liegen, etwa bis zu 6 oder 7 cm, oder sogar bis 10 cm. Auch noch größere Signalwandler, etwa für Tiere größer als der Mensch, sind denkbar.

[0050] Eine andere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Signalwandlers wäre die rechteckige Ausführung, wo Permanentmagnet 9, Jochplatte 7 und Spule 2 in Richtung der Längsachse 5 gesehen eine im Wesentlichen rechteckige Form haben.

[0051] Die Erfindung, siehe insbesondere Fig. 2 und 5, teilt die magnetischen Flüsse auf und sorgt für einen kleinen magnetischen Widerstand des Permanentmagneten 9 durch geringe Höhe und große Fläche, was am besten durch SE-Magnete verwirklicht werden kann. Außerdem sorgen die aus Sicht der elektrischen Erregung parallelgeschalteten Flusspfade des Luftspaltes 14 (Streuspaltes) und des Luftspaltes 13 neben dem Permanentmagneten 9 zu einer weiteren signifikanten Senkung des magnetischen Gesamt Widerstandes. Durch diese "Streuwege" wird dem Arbeitsluftspalt 8 zwar magnetischer Fluss der permanentmagnetischen Erregung zur magnetischen Vorspannung entzogen. Allerdings ist die Magnetfläche im Vergleich zu jener in Fig. 1 auch größer, um dies auszugleichen. Im Zuge der Auslegung des erfindungsgemäßen Signalwandlers ist auch darauf zu achten, dass der Streusteg, also die Jochplatte 7 in ihrem äußeren Bereich, wo beide magnetischen Flüsse sich addieren, nicht gesättigt wird.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0052]

- | | |
|----|---|
| 1 | Joch |
| 2 | elektrische Spule |
| 3 | Ringmagnet |
| 4 | Anker |
| 5 | Längsachse |
| 6 | Jochkern des Jochs 1 |
| 7 | Jochplatte des Jochs 1 |
| 8 | Arbeitsluftspalt |
| 9 | Permanentmagnet |
| 10 | Gehäuse |
| 11 | Grundplatte des Gehäuses 10 |
| 12 | zylindrischer Mantel des Gehäuses 10 |
| 13 | Luftspalt (Streuspalt zwischen Jochplatte 6 und Grundplatte 11) |
| 14 | Luftspalt (Streuspalt zwischen Jochplatte 6 und Mantel 12) |
| 15 | Feldlinie des Permanentmagneten 9 oder des Ringmagneten 3 |
| 16 | Feldlinie der Spule 2 |

Patentansprüche

1. Elektromagnetischer Signalwandler für einen Knochenleitungshörer, umfassend
 - ein weichmagnetisches Joch (1),
 - eine konzentrisch zur Längsachse des Jochs (1) angeordnete elektrische Spule (2),
 - einen elastisch aufgehängten weichmagnetischen Anker (4), der, in Richtung der Längsachse (5) des Jochs (1) gesehen, durch einen Arbeitsluftspalt (8) vom Joch (1) getrennt und entlang der Längsachse (5) des Jochs (1) beweglich ist, sowie
 - einen Permanentmagneten (9), der in Richtung der Längsachse (5) des Jochs (1) magnetisiert ist, um eine magnetische Vorspannung des Jochs (1) und des Ankers (4) zu erzeugen, **dadurch gekennzeichnet, dass** Permanentmagnet (9) und Spule (2) einander in Richtung der Längsachse des Jochs (1) nicht überlappen und Mittel vorgesehen sind, um den durch die Spule (2) erzeugbaren magnetischen Fluss auf zumindest zwei Flusspfade aufzuteilen, wobei ein Flusspfad außerhalb des Permanentmagneten (9) verläuft.
2. Signalwandler nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der durch die Spule (2) erzeugbare magnetische Fluss durch das Joch (1) auf einen Flusspfad außerhalb des Permanentmagneten (9) lenkbar ist.
3. Signalwandler nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Joch (1) einen längs der Längsachse (5) des Jochs ausgerichteten stabförmigen Jochkern (6) und eine normal zur Längsachse

angeordnete Jochplatte (7) umfasst, wobei der Jochkern (6) in die Spule (2) ragt und die Jochplatte (7) einer Stirnseite der Spule (2) zugewandt ist, und der durch die Spule (2) erzeugbare magnetische Fluss durch die Jochplatte (7) auf einen Flusspfad außerhalb des Permanentmagneten (9) lenkbar ist.

4. Signalwandler nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Permanentmagnet (9) bezüglich des Jochs (1) dem Anker (4) gegenüber liegend angeordnet ist. 10
5. Signalwandler nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** Permanentmagnet (9), Joch (1) und Spule (2) von einem weichmagnetischen Gehäuse (10) umgeben sind, das durch einen Luftspalt (13, 14) vom Anker (4) und vom Joch (1) getrennt ist, sodass der durch die Spule (2) erzeugbare magnetische Fluss durch das weichmagnetische Gehäuse (10) auf einen Flusspfad außerhalb des Permanentmagneten (9) lenkbar ist. 20
6. Signalwandler nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Permanentmagnet (9) plattenförmig ausgebildet ist. 25
7. Signalwandler nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Permanentmagnet (9) ein Seltenerd magnet ist. 30
8. Signalwandler nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Permanentmagnet (9) als Kreisscheibe ausgebildet ist, wobei der Mittelpunkt der Kreisscheibe auf der Längsachse (5) des Jochs (1) liegt. 35
9. Signalwandler nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Permanentmagnet (9) einen Durchmesser aufweist, der kleiner als der Außendurchmesser der Spule (2), aber größer als der Innendurchmesser der Spule (2) ist. 40
10. Signalwandler nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der größte Durchmesser des Jochs (1), insbesondere der Jochplatte (7), den gleichen Außendurchmesser aufweist wie die Spule (2). 45
11. Signalwandler nach einem der Ansprüche 6 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Luftspalt zwischen einer Umfangsfläche des Jochs (1), insbesondere einer Umfangsfläche der Jochplatte (7), und dem Gehäuse (10) vorliegt. 50
12. Signalwandler nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Joch (1), insbesondere die Jochplatte (7), eine Ausnehmung in der Stirnseite aufweist, die dem Permanentmagne-

ten (9) zugewandt ist, sodass der Permanentmagnet (9) zumindest teilweise im Joch aufgenommen ist.

13. Signalwandler nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das weichmagnetische Gehäuse (10) eine Ausnehmung aufweist, die dem Permanentmagneten (9) zugewandt ist, sodass der Permanentmagnet (9) zumindest teilweise im Gehäuse (10) aufgenommen ist.
14. Signalwandler nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Permanentmagnet (9) mit seinen Stirnseiten sowohl mit dem Joch (1), insbesondere der Jochplatte (7), als auch mit dem Gehäuse (10) in Kontakt steht.

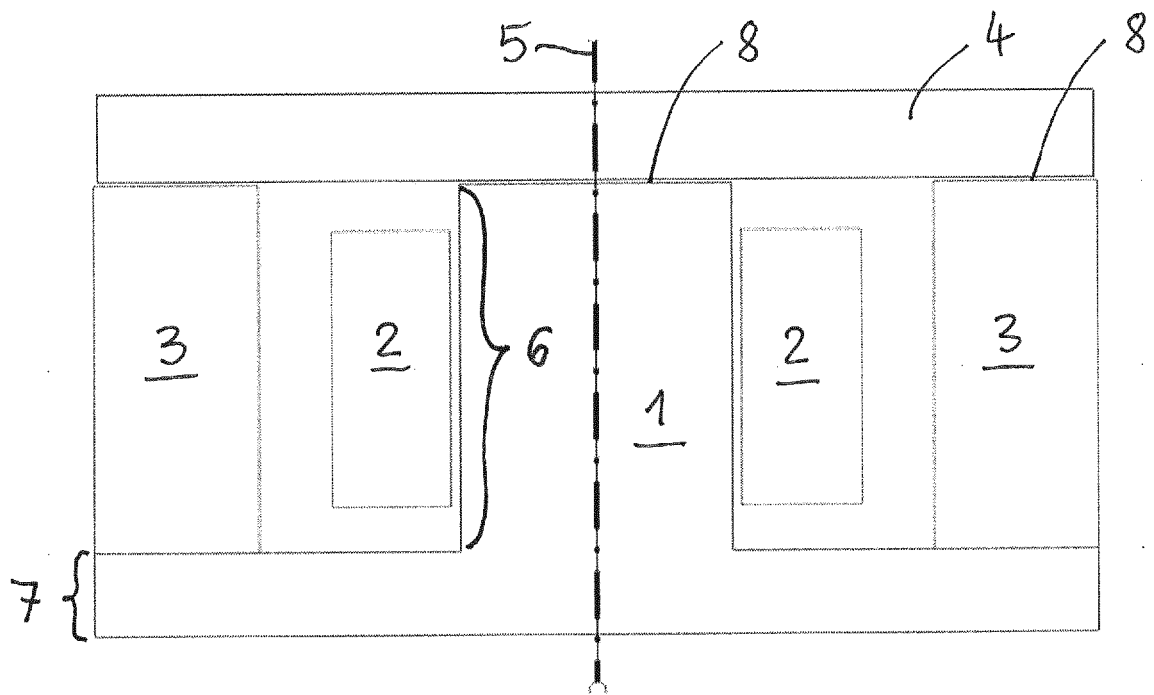


Fig. 1

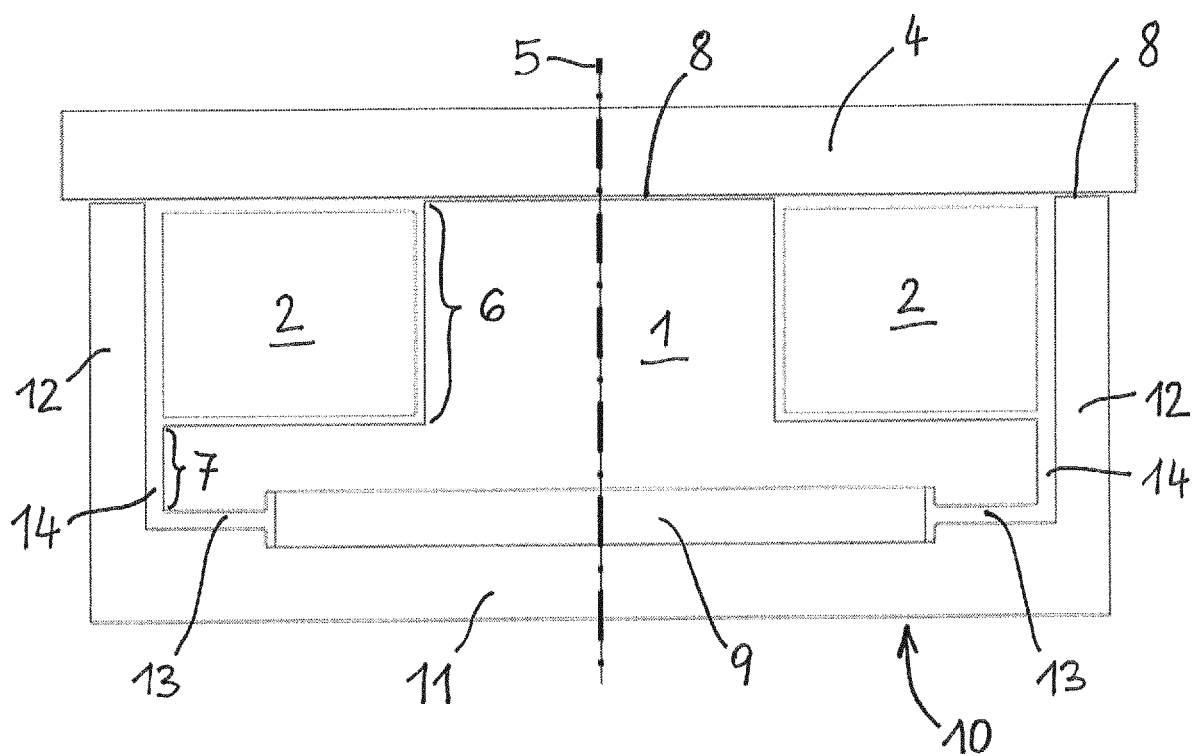


Fig. 2

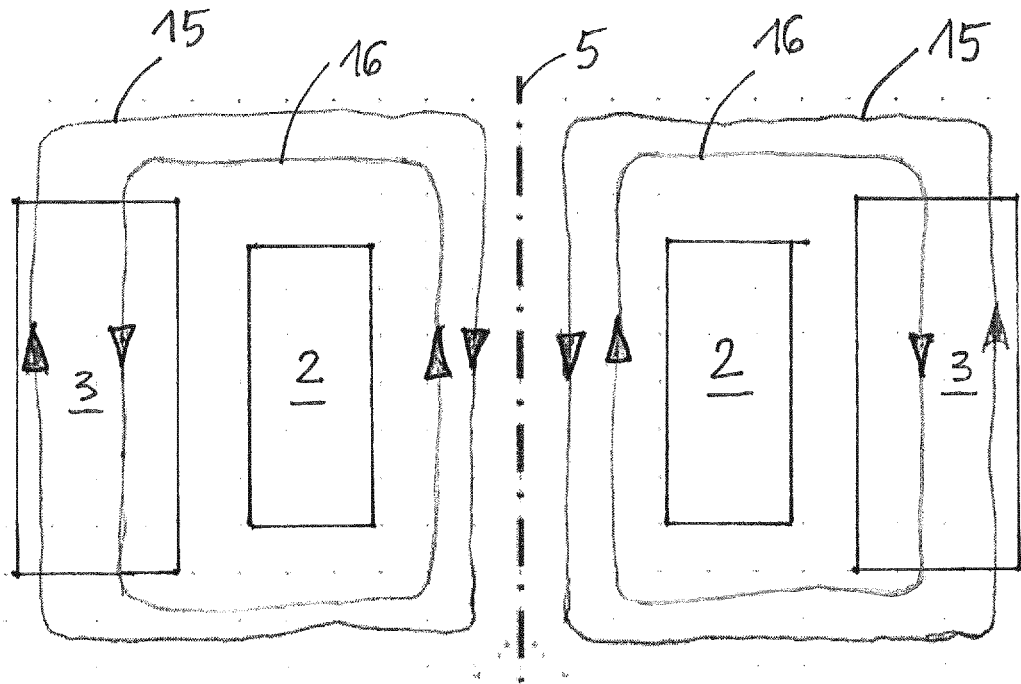


Fig. 3

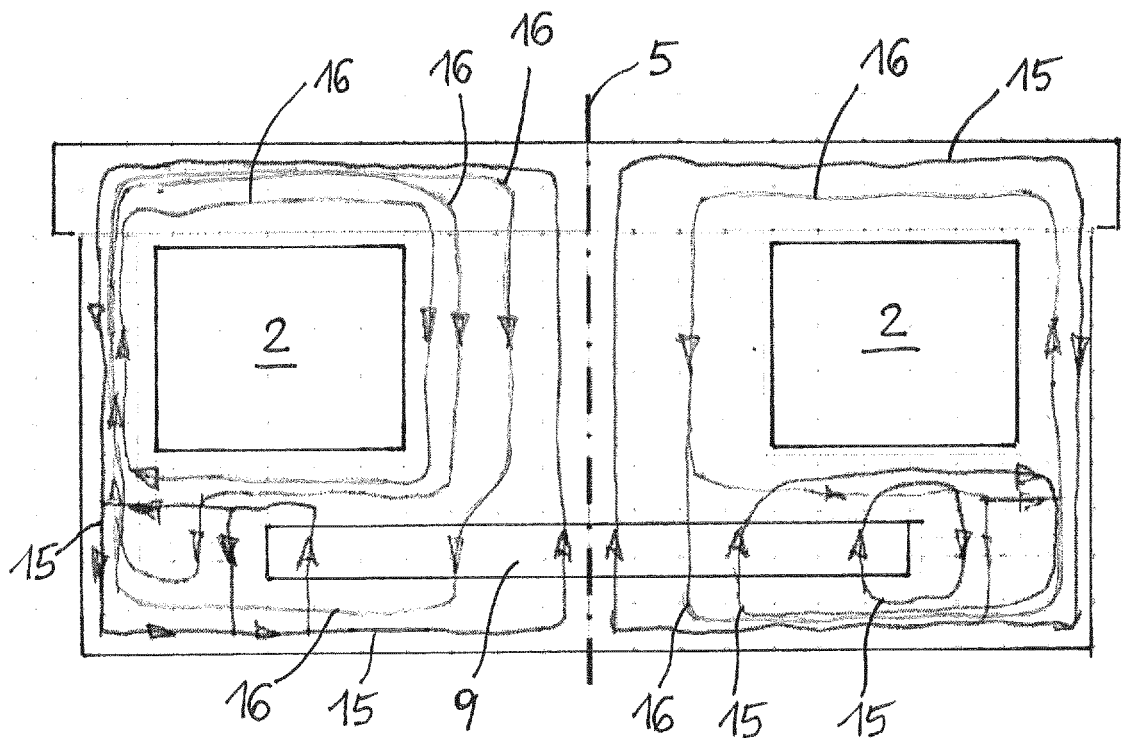


Fig. 4

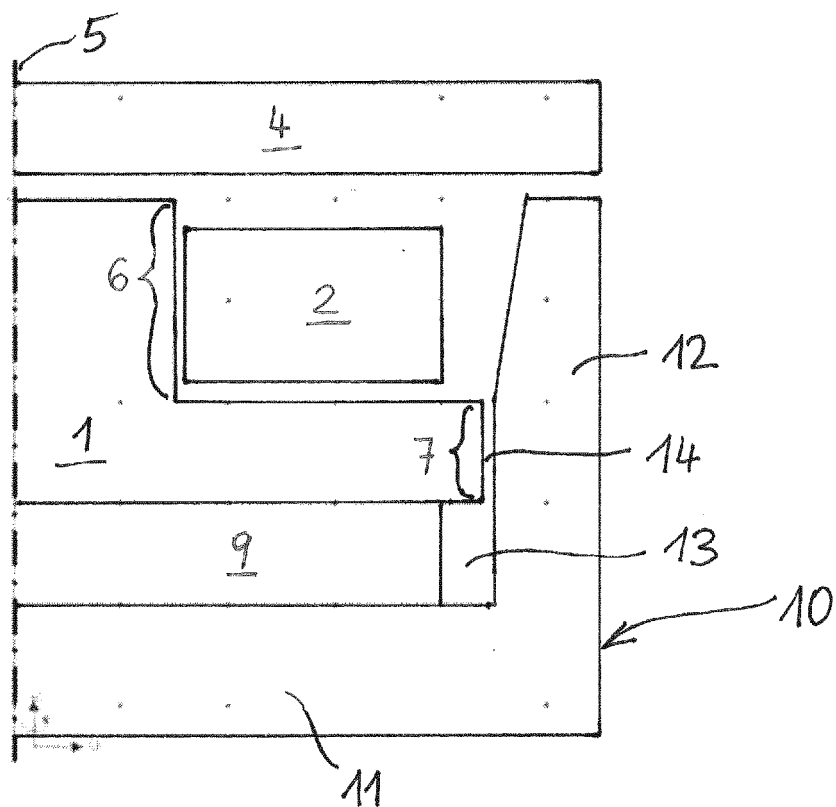


Fig. 5

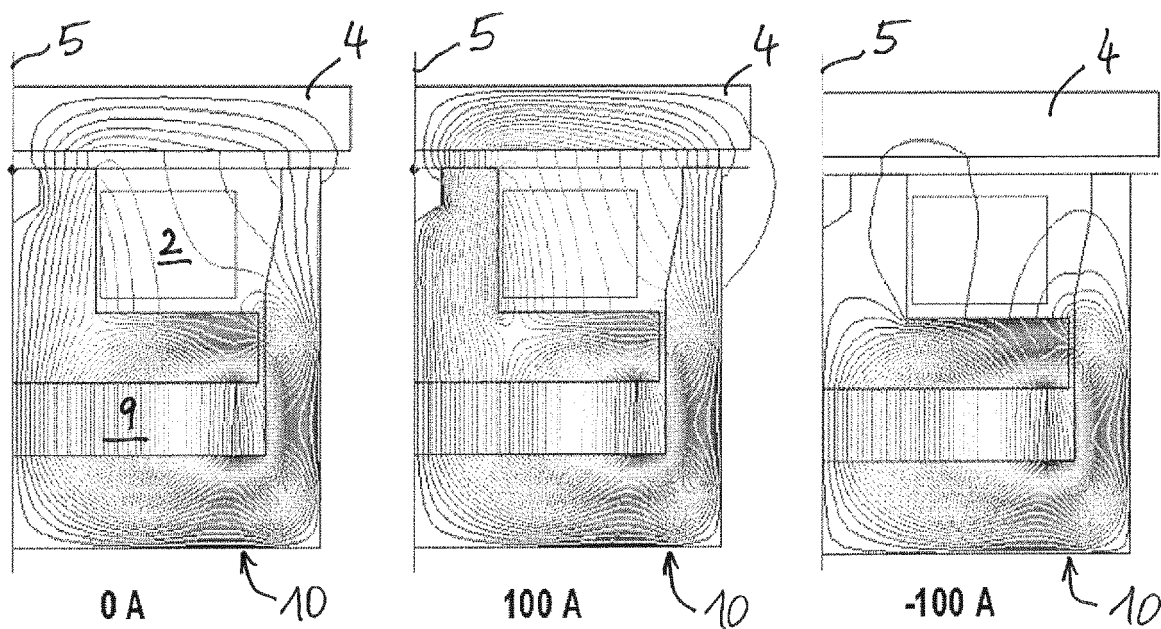


Fig. 6



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 16 15 8871

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 2004/236176 A1 (ASNES KRISTIAN [SE]) 25. November 2004 (2004-11-25) * Absätze [0013], [0016]; Abbildung 1 *	1-14	INV. H04R9/02
Y	US 2004/028249 A1 (ASNES KRISTIAN [SE]) 12. Februar 2004 (2004-02-12) * Absätze [0013], [0029]; Abbildungen 7-9 * Absätze [0036], [0039] *	1-14	ADD. H04R25/00
A	SE 447 948 B (HAKANSSON BO; CARLSSON PEDER) 22. Dezember 1986 (1986-12-22) * Zusammenfassung; Abbildung 1 *	1-14	
A	US 2003/034705 A1 (HAKANSSON BO [SE]) 20. Februar 2003 (2003-02-20) * Absatz [0029] - Absatz [0032]; Abbildung 2 *	1,2	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			H04R
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	
Den Haag		8. Juli 2016	
		Prüfer	
		Will, Robert	
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	

EPO FORM 1503 03.82 (P4C03)

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

EP 16 15 8871

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.

08-07-2016

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM P0461

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2004236176 A1	25-11-2004	AT 442009 T EP 1457090 A1 US 2004236176 A1 WO 03013188 A1	15-09-2009 15-09-2004 25-11-2004 13-02-2003
US 2004028249 A1	12-02-2004	AT 421229 T AU 6286501 A DK 1305979 T3 EP 1305979 A1 SE 514929 C2 US 2004028249 A1 WO 0193633 A1	15-01-2009 11-12-2001 23-03-2009 02-05-2003 21-05-2001 12-02-2004 06-12-2001
SE 447948 B	22-12-1986	KEINE	
US 2003034705 A1	20-02-2003	AT 433260 T AU 3788401 A DK 1266540 T3 EP 1266540 A1 US 2003034705 A1 WO 0167813 A1	15-06-2009 17-09-2001 05-10-2009 18-12-2002 20-02-2003 13-09-2001

EPO FORM P0461

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