



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
30.10.2019 Patentblatt 2019/44

(51) Int Cl.:
H01F 27/28^(2006.01) **H01F 27/30^(2006.01)**
H01F 41/084^(2016.01)

(21) Anmeldenummer: **18169601.4**

(22) Anmeldetag: **26.04.2018**

(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

(72) Erfinder:
• **Berk, Jan**
36284 Hohenroda (DE)
• **Hader, Andreas**
91052 Erlangen (DE)
• **Hoffmann, Norbert**
90491 Nürnberg (DE)
• **Waffler, Stefan**
91054 Buckenhof (DE)
• **Weidinger, Thomas**
91052 Erlangen (DE)

(71) Anmelder: **Siemens Healthcare GmbH**
91052 Erlangen (DE)

(54) **SPULENANORDNUNG FÜR EINEN RESONANZWANDLER**

(57) Die Erfindung betrifft eine Spulenordnung (10) für einen Resonanzwandler, mit:

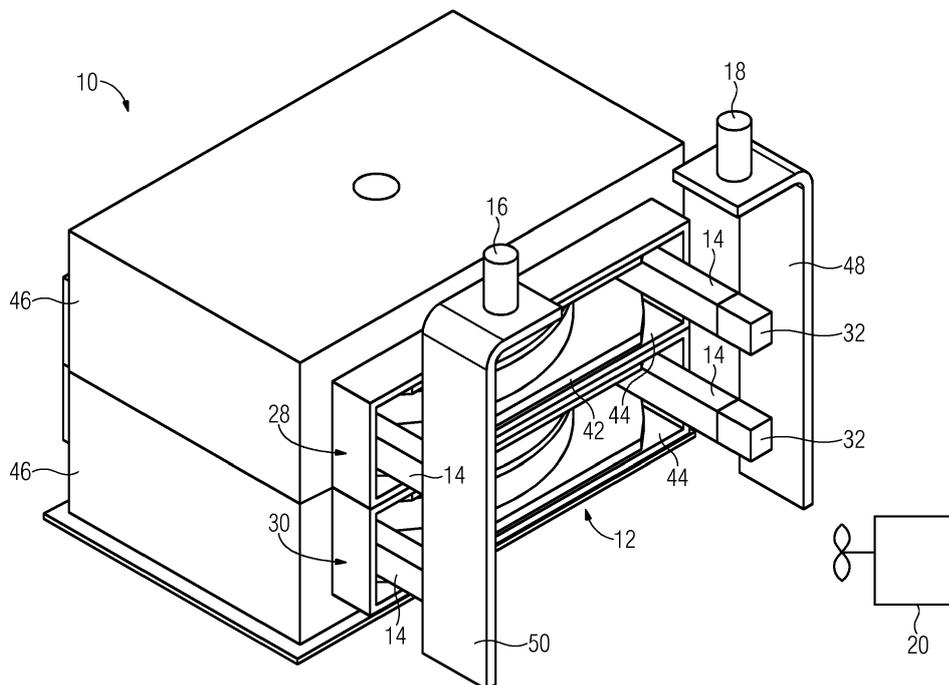
- wenigstens einer Wicklung (12), die einen elektrischen Leiter (14) aufweist, der eine Mehrzahl von voneinander elektrisch isolierten Einzelleitern umfasst, die nach Art einer Hochfrequenzlitze zueinander angeordnet sind,
- zwei elektrischen Anschlüssen (16, 18), wobei jeweilige Leiterenden der Einzelleiter an einem jeweiligen der elektrischen Anschlüsse (16, 18) angeschlossen sind, so dass die jeweiligen Einzelleiter parallelgeschaltet sind,

und

- eine Kühleinheit (20) zum Kühlen der wenigstens einen Wicklung (12), wobei

der wenigstens eine elektrische Leiter (14) wenigstens zwei Wicklungselemente (22, 24) ausbildet, die koaxial und axial beabstandet zueinander angeordnet sind, wobei der elektrische Leiter (14) in jedem der wenigstens zwei Wicklungselemente (22, 24) wenigstens eine Windung der wenigstens einen Wicklung (12) ausbildet.

FIG 1



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Spulenordnung für einen Resonanzwandler, mit wenigstens einer Wicklung, die einen elektrischen Leiter aufweist, der eine Mehrzahl von voneinander elektrisch isolierten Einzelleitern umfasst, die nach Art einer Hochfrequenzlitze zueinander angeordnet sind, und zwei elektrischen Anschlüssen, wobei jeweilige Leiterenden der Einzelleiter an einem jeweiligen der elektrischen Anschlüsse angeschlossen sind, sodass die jeweiligen Einzelleiter parallelgeschaltet sind. Ferner betrifft die Erfindung auch ein Wicklungsmodul. Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Herstellen einer Spulenordnung für einen Resonanzwandler, bei dem wenigstens eine Wicklung aus einem elektrischen Leiter gebildet wird, der eine Mehrzahl von elektrisch isolierten Einzelleitern umfasst, die nach Art einer Hochfrequenzlitze zueinander angeordnet sind, und jeweilige Leiterenden der Einzelleiter an einem jeweiligen von zwei elektrischen Anschlüssen der wenigstens einen Wicklung angeschlossen werden, um die jeweiligen Einzelleiter parallelzuschalten. Schließlich betrifft die Erfindung auch ein Verfahren zum Herstellen eines Wicklungsmoduls für eine Spulenordnung.

[0002] Spulenordnungen für Resonanzwandler, insbesondere für Resonanzwandler mit einem mit großer elektrischer Leistung beaufschlagten Resonanzkreis, sind im Stand der Technik umfänglich bekannt, sodass es diesbezüglich einesano gesonderten druckschriftlichen Nachweises nicht weiter bedarf. Gattungsgemäße Resonanzwandler werden als getaktete Energiewandler für eine Vielzahl von Energiewandlungsfunktionen in der Elektrotechnik genutzt. Derartige Energiewandler werden zum Beispiel bei Hochspannungsgeneratoren eingesetzt, die unter anderem in Röntgengeräten Anwendung finden. Resonanzwandler finden jedoch auch Anwendung bei vielen weiteren technischen Energiewandlungsfunktionalitäten, beispielsweise bei Induktionsheizungen und/oder dergleichen.

[0003] Insbesondere bei Röntgengeräten wird ein Hochspannungsgenerator benötigt, der für den bestimmungsgemäßen Betrieb einer Röntgenröhre des Röntgengerätes eine geeignete Hochspannung zu erzeugen vermag. Eine solche Hochspannung kann zum Beispiel in einem Spannungsbereich von etwa 40kV bis etwa 150kV liegen. Je nach Konstruktion des Röntgengeräts können hier auch abweichende Spannungswerte vorgesehen sein, die entweder kleiner als 40kV oder sogar auch größer als 150kV sein können. Der vorgenannte Spannungsbereich findet unter anderem Anwendung bei medizinischen Röntgengeräten.

[0004] In der Regel werden für die überwiegende Anzahl der Anwendungen die erforderlichen Hochspannungen mittels der Energiewandler, und zwar vorzugsweise resonanter Energiewandler, auch Resonanzwandler genannt, aus einer Niederspannung, wie zum Beispiel der Niederspannung des öffentlichen Netzes, erzeugt. Für

normale Anwendungen im Industrie- und/oder Haushaltsbereich wird hierfür in der Regel eine Wechselspannung von 230V bei etwa 50Hz mittels eines öffentlichen Energieversorgungsnetzes bereitgestellt. Der Begriff "Niederspannung" meint in der vorliegenden Offenbarung insbesondere eine elektrische Spannung gemäß der Richtlinie 2014/35/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Bereitstellung elektrischer Betriebsmittel zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen auf dem Markt (Niederspannungsrichtlinie).

[0005] Resonante Energiewandler, auch Resonanzwandler genannt, nutzen wenigstens einen Schwingkreis, der im Wesentlichen im Bereich seiner Resonanzfrequenz betrieben wird, um die gewünschte Energiewandlung und damit eine gewünschte Hochspannung bereitstellen zu können. Der Schwingkreis weist in der Regel zu diesem Zweck einen elektrischen Kondensator auf, der mit einer Spulenordnung zu einem Schwingkreis zusammengeschaltet ist. Je nach Art der Zusammenschaltung kann es sich dabei um einen Serienschwingkreis oder auch einen Parallelschwingkreis handeln. Die elektrotechnischen Grundlagen bezüglich Schwingkreise sind dem Fachmann bekannt, sodass von weiteren diesbezüglichen Auslegungen im Wesentlichen abgesehen wird.

[0006] Um eine möglichst günstige Energiewandlung erreichen zu können, wird der Resonanzwandler üblicherweise bei einer Resonanzfrequenz des Schwingkreises betrieben, die bei derartigen Energiewandlern in der Regel deutlich über 1kHz liegt. Insbesondere für den Einsatz bei Röntgengeräten sowie auch bei Induktionsheizungen liegt der Einsatzbereich in Bezug auf die Resonanzfrequenz beispielsweise in einem Bereich von etwa 20kHz bis etwa 200kHz oder sogar mehr. Der Schwingkreis ist für diese Betriebsfrequenz entsprechend geeignet ausgelegt, das heißt, der Kondensator und die Spulenordnung stellen entsprechende Werte hinsichtlich der elektrischen Kapazität beziehungsweise der elektrischen Induktivität bereit.

[0007] Insbesondere in Bezug auf die Spulenordnung, die mindestens eine einzige elektronische Spule beziehungsweise Drossel umfasst, ergeben sich dabei besondere Anforderungen, die für die Konstruktion der Spulenordnung zu beachten sind. Aufgrund der vergleichsweise hohen Betriebsfrequenz ist bei der Spulenordnung zu beachten, dass aufgrund von Leitfähigkeitsverlusten, elektrischen Verlusten aufgrund des Skin-Effekts, des Proximity-Effekts und gegebenenfalls von Verlusten eines ferromagnetischen Werkstoffs eine bedeutende Menge an Verlustleistung entsteht, für die entsprechende Maßnahmen zu treffen sind. Aus diesem Grund ist in der Regel vorgesehen, dass die Spulenordnung eine Kühleinheit umfasst, mit der eine geeignete Abführung der durch die Verlustleistung erzeugten Wärme abgeführt werden kann. In der Regel ist dafür vorgesehen, dass die Kühleinheit zumindest einen Kühlkanal

für ein Kühlfluid bereitstellt, welches in der Regel Luft ist. Das Kühlfluid durchströmt geeignete Bereiche der Spulenordnung, um dadurch Wärme aufzunehmen und aus der Spulenordnung abzuführen. Über einen geeigneten Wärmetauscher kann dann das Kühlfluid entsprechend zurückgekühlt und wiederverwendet werden. Wird Luft als Kühlfluid genutzt, braucht ein Wärmetauscher nicht vorgesehen zu sein.

[0008] Die Kühlung der Spulenordnung ist derart auszulegen, dass eine große Temperatur für die Spulenordnung, insbesondere für deren elektrischen Leiter, die größer als eine Bemessungstemperatur ist, weitgehend vermieden werden kann. Wird nämlich die Betriebstemperatur der Spulenordnung größer als die Bemessungstemperatur, muss damit gerechnet werden, dass eine Beschädigung der Spulenordnung, auch wenn sie nur punktuell auftritt, die Spulenordnung zumindest teilweise beschädigt oder sogar vollständig zerstört.

[0009] Im Stand der Technik ist es ferner bisher üblich, Drosseln zu konstruieren, die aus Ferritkernen in Standardbauformen und dazu passenden Standardwicklungsträgern sowie einer Hochfrequenzlitze als elektrischen Leiter bestehen. Dabei ist in der Regel eine enge Wicklung, beispielsweise in Schichten, vorgesehen, die sich insbesondere in Bezug auf einen Wärmetransport von innen nach außen als ungünstig erweist. Darüber hinaus ist zu beachten, dass diese Konstruktionen häufig außenliegende Luftspalte im ferromagnetischen Material aufweisen, die insbesondere auch zu größeren Streufeldern um die Spulenordnung herum und damit auch bezüglich des Resonanzwandlers führen können, sodass teilweise auch eine unerwünschte Erwärmung von in der Nähe angeordneten elektrisch leitfähigen Stoffen die Folge sein kann. Darüber hinaus ergeben sich auch ungünstige Eigenschaften bezüglich der elektromagnetischen Verträglichkeit.

[0010] Weiterhin erweist es sich als nachteilig, dass eine elektromechanische Anbindung der Spulenordnung über eine Verlängerung der Hochfrequenzlitze erfolgt, die beispielsweise mit gecrimpten beziehungsweise verlöteten Kabelschuhen erfolgt. In diesem Bereich ist die Flexibilität sehr gering, sodass die Montage schwierig ist. Darüber hinaus eignet sich diese Konstruktion kaum dazu, eine Flexibilität hinsichtlich unterschiedlicher Leistungen und Resonanzfrequenzen zu ermöglichen. Vielmehr ist es erforderlich, für jede Betriebssituation eine neue Spulenordnung zu konstruieren. Dies ist sehr aufwändig.

[0011] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine verbesserte Spulenordnung bereitzustellen.

[0012] Als Lösung werden mit der Erfindung eine Spulenordnung, ein Wicklungsmodul, ein Verfahren zum Herstellen der Spulenordnung sowie ein Verfahren zum Herstellen des Wicklungsmoduls vorgeschlagen.

[0013] Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich durch Merkmale der abhängigen Ansprüche.

[0014] Bezüglich einer gattungsgemäßen Spulen-

ordnung wird insbesondere vorgeschlagen, dass der wenigstens eine elektrische Leiter wenigstens zwei Wicklungselemente ausgebildet, die koaxial und axial beabstandet zueinander angeordnet sind, wobei der elektrische Leiter in jedem der wenigstens zwei Wicklungselemente wenigstens eine Windung der wenigstens einen Wicklung ausgebildet.

[0015] Darüber hinaus wird ein Wicklungsmodul für die Spulenordnung vorgeschlagen.

[0016] Bezüglich eines gattungsgemäßen Verfahrens zum Herstellen der Spulenordnung wird insbesondere vorgeschlagen, dass aus dem wenigstens einen elektrischen Leiter wenigstens zwei Wicklungselemente ausgebildet werden, sodass der elektrische Leiter in jedem der wenigstens zwei Wicklungselemente wenigstens eine Windung der wenigstens einen Wicklung ausgebildet, und die wenigstens zwei Wicklungselemente koaxial und axial beabstandet zueinander angeordnet werden.

[0017] Bezüglich eines gattungsgemäßen Verfahrens zum Herstellen eines Wicklungsmoduls wird insbesondere vorgeschlagen, dass zum Ausbilden des Wicklungsmoduls aus wenigstens einem elektrischen Leiter wenigstens zwei Wicklungselemente ausgebildet werden, sodass der elektrische Leiter in jedem der wenigstens zwei Wicklungselemente wenigstens eine Windung von wenigstens einer Wicklung der Spulenordnung ausgebildet, wobei der wenigstens eine elektrische Leiter eine Mehrzahl von voneinander elektrisch isolierten Einzeleleitern umfasst, die nach Art einer Hochfrequenzlitze zueinander angeordnet sind, und die wenigstens zwei Wicklungselemente koaxial und axial beabstandet zueinander angeordnet werden.

[0018] Die Erfindung basiert auf dem Gedanken, dass eine verbesserte Spulenordnung dadurch bereitgestellt werden kann, dass die Wicklung durch Wicklungselemente verbessert wird, wobei aufgrund der beabstandeten Anordnung des Wicklungselemente eine erheblich bessere Kühlungswirkung durch die Kühleinheit erreicht werden kann. Dadurch kann nicht nur ein einfacherer Aufbau der Spulenordnung gegenüber dem Stand der Technik, sondern auch eine erhöhte Belastbarkeit erreicht werden. Vorzugsweise kann ein Wicklungselement eine scheibenartige Teilwicklung umfassen, die sich im Wesentlichen radial erstreckt, sodass ein äußerer Radius des Wicklungselements vorzugsweise größer als eine axiale Erstreckung des Wicklungselements ist. Das Wicklungselement kann eine geeignete geometrische Form aufweisen, die es erlaubt, die Wicklungselemente auf möglichst einfache Weise zueinander anzuordnen. Die geometrische Form kann zum Beispiel eckig, rund, beispielsweise kreisrund, elliptisch und/oder dergleichen sein. Dies kann insbesondere für eine Außenkontur des Wicklungselements vorgesehen sein. Darüber hinaus kann das Wicklungselement natürlich auch eine Durchgangsöffnung aufweisen, die vorzugsweise zentral ausgebildet ist und die entsprechend ausgebildet sein kann. Die Kontur der Durchgangsöffnung braucht nicht identisch mit der äußeren Kontur zu sein. Sie kann auch ab-

weichend hiervon gewählt sein. Durch den Aufbau der Spulenordnung durch Wicklungselemente kann die Struktur der Spulenordnung je nach Belieben auf einfache Weise variiert werden, um unterschiedlichste Anforderungen hinsichtlich der elektrischen Eigenschaften realisieren zu können. Dadurch ist eine große Flexibilität hinsichtlich der Einsetzbarkeit gegeben. Die im Stand der Technik übliche Neukonstruktion einer Spulenordnung für eine abweichende Anwendung kann somit weitgehend vermieden werden.

[0019] Die Spulenordnung braucht natürlich nicht nur eine einzige Wicklung aufzuweisen. Sie kann natürlich auch zwei oder mehrere Wicklungen aufweisen, die vorzugsweise alle gemäß der Erfindung ausgebildet sind. Dadurch kann der erfindungsgemäße Vorteil für die gesamte Spulenordnung genutzt werden, auch wenn sie mehr als eine einzige Wicklung aufweist.

[0020] Der elektrische Leiter der Wicklung weist eine Mehrzahl von voneinander elektrisch isolierten Einzelleitern auf. Die Einzelleiter können aus einem gut elektrisch leitfähigen Werkstoff wie Kupfer, Aluminium, Legierungen hiervon und/oder dergleichen gebildet sein. Damit die Einzelleiter elektrisch isoliert zueinander sind, weisen sie an ihrem äußeren Umfang, das heißt, quer zu ihrer Längserstreckung, vorzugsweise eine Isolierschicht auf. Dies kann durch eine Lackschicht, einen Kunststoff, eine Oxidschicht und/oder dergleichen realisiert sein.

[0021] Damit die Einzelleiter möglichst gleichmäßig mit elektrischem Strom beaufschlagt werden und somit eine für den gesamten elektrischen Leiter günstige Funktionalität erreicht werden kann, sind die Einzelleiter nach Art einer Hochfrequenzlitze zueinander angeordnet. Zu diesem Zweck sind spezifische Anordnungsmodalitäten bezüglich der Einzelleiter vorgesehen, sodass sie neben einer im Wesentlichen gleichen Länge und einem im Wesentlichen gleichen Leiterquerschnitt auch nach Möglichkeit eine im Wesentlichen gleiche Induktivität bereitstellen. Dies kann durch geeignete Anordnungsverfahren für die Einzelleiter innerhalb des elektrischen Leiters erreicht werden. Zu diesem Zweck kann vorgesehen sein, dass die Einzelleiter in geeigneter Weise miteinander verdrillt angeordnet sind. Für einen Leiterdurchmesser eines jeweiligen Einzelleiters kann zum Beispiel ein Durchmesser in einem Bereich von etwa 0,2mm oder weniger, beispielsweise etwa 0,1mm, vorzugsweise etwa 0,05mm vorgesehen sein.

[0022] Die Wicklung umfasst zwei elektrische Anschlüsse, wobei jeweilige Leiterenden der Einzelleiter an einem jeweiligen der elektrischen Anschlüsse angeschlossen sind, sodass die jeweiligen Einzelleiter parallelgeschaltet sind. Das Anschließen, vorzugsweise unmittelbar realisiert, kann durch Bonden, Löten, Crimpen und/oder dergleichen realisiert sein. Dabei sind die Einzelleiter vorzugsweise derart an die elektrischen Anschlüsse angeschlossen, dass die Strombeaufschlagung der Einzelleiter weiterhin möglichst gleichmäßig erfolgt. Die elektrischen Anschlüsse der Wicklung können durch geeignete Leiterfahnen, beispielsweise nach Art

eines Bandleiters oder dergleichen gebildet sein, die es erlauben, die Wicklung mit einer elektronischen Schaltung des Resonanzwandlers elektrisch zu verbinden. Es können jedoch auch Lötanschlüsse, Crimpanschlüsse, Klemmanschlüsse, Schraubanschlüsse und/oder dergleichen vorgesehen sein.

[0023] Dadurch, dass die Wicklungselemente einerseits koaxial und andererseits zugleich auch axial beabstandet zueinander angeordnet sind, kann ein Raum zwischen benachbart angeordneten Wicklungselementen gebildet werden, der eine verbesserte Kühlung ermöglicht, beispielsweise indem diesem Raum mittels der Kühleinheit ein entsprechendes Kühlfluid, beispielsweise Luft, zugeführt wird. Dadurch ist es möglich, die Kühlungsfunktion in Bezug auf die Wicklung gegenüber dem Stand der Technik erheblich zu verbessern. Der im Stand der Technik in der Regel auftretende Wärmestau gerade im Zentrum der Wicklung kann dadurch erheblich reduziert werden. Dadurch ist es möglich, bei gleicher Leistungsfähigkeit eine deutlich kompaktere Wicklung realisieren zu können. Ergänzend oder alternativ kann die Wicklung auch für eine höhere Belastbarkeit genutzt werden.

[0024] Jedes Wicklungselement umfasst wenigstens eine Windung der wenigstens einen Wicklung. Vorzugsweise umfassen die Wicklungselemente jedoch die gleiche Anzahl an Windungen. Dadurch können standardisierte Wicklungselemente gebildet werden, die es erlauben, die Wicklung in hochflexibler Weise anpassen zu können.

[0025] Es wird ferner vorgeschlagen, dass zumindest in einem der zwei Wicklungselemente wenigstens zwei Windungen zumindest teilweise radial übereinander angeordnet sind. Dadurch können Wicklungselemente mit vergleichsweise geringer axialer Erstreckung realisiert werden. Zugleich ist es möglich, bei geringen axialen Abmessungen eine Mehrzahl von Windungen für ein jeweiliges der Wicklungselemente vorzusehen.

[0026] Vorzugsweise sind die Windungen nach Art einer archimedischen Spule angeordnet. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass ein jedes der Wicklungselemente nach Art einer archimedischen Spule ausgebildet ist. Eine archimedische Spule zeichnet sich dadurch aus, dass sich die Teilwicklung, die durch das Wicklungselement gebildet ist, im Wesentlichen radial von innen nach außen erstreckt. Es ist möglich, dass lediglich eine einzige Schicht, beispielsweise durch den in einer Ebene aufgewickelten elektrischen Leiter, durch diese Teilwicklung bereitgestellt wird. Je nach Bedarf können jedoch auch zwei oder mehrere Schichten axial benachbart zueinander angeordnet sein.

[0027] Vorzugsweise weisen die Wicklungselemente zwei radial beabstandete Wicklungselementanschlüsse auf, wobei jeweilige Leiterenden des elektrischen Leiters der Wicklungselemente an einen jeweiligen der Wicklungselementanschlüsse angeschlossen sind. Dadurch kann jedes der Wicklungselemente als separat handhabbares Bauteil bereitgestellt werden, sodass die Spulen-

anordnung beziehungsweise die Wicklung durch geeignetes Zusammenstellen der Wicklungselemente auf einfache Weise realisiert werden kann. Zugleich ist es möglich, auf diese Weise auch eine Verschaltung der Wicklungselemente untereinander in geeigneter Weise flexibel einstellen zu können, beispielsweise eine Parallelschaltung, eine Reihenschaltung, Kombinationen hiervon und/oder dergleichen. Die Flexibilität hinsichtlich der Herstellung der Wicklung beziehungsweise der Spulen-anordnung kann dadurch weiter verbessert werden.

[0028] Gemäß einer Weiterbildung wird vorgeschlagen, dass die bei benachbart angeordneten Wicklungselementen miteinander elektrisch verbundenen Wicklungselementanschlüsse in ihrer radialen Position gegenüberliegend zueinander angeordnet sind. Auf diese Weise kann eine besonders einfache Verbindung der Wicklungselemente miteinander erreicht werden, wenn diese einzeln handhabbare Bauteile sind. Es braucht dann lediglich eine jeweilige elektrische Verbindung zwischen den zu verbindenden und gegenüberliegenden Wicklungselementanschlüssen hergestellt zu werden. Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Wicklungselementanschlüsse bereits so ausgebildet sind, dass sie unmittelbar miteinander verbunden werden können. Dies erlaubt es, die Herstellung der Spulen-anordnung beziehungsweise der Wicklung weiter zu verbessern.

[0029] Um die Handhabbarkeit einzelner Wicklungselemente weiter zu verbessern, kann vorgesehen sein, dass zumindest eines der wenigstens zwei Wicklungselemente einen Wicklungselementträger aufweist. Der Wicklungselementträger ist vorzugsweise aus einem elektrisch isolierenden Werkstoff wie Kunststoff, Keramik oder dergleichen gebildet und ermöglicht es insbesondere, das jeweilige Wicklungselement besser handhaben zu können. Darüber hinaus kann der Wicklungselementträger auch dazu dienen, eine verbesserte Anordnung des elektrischen Leiters des Wicklungselements zu ermöglichen. Insgesamt kann die Herstellung der Spulen-anordnung beziehungsweise der Wicklung weiter verbessert werden.

[0030] Der Wicklungselementträger fasst den elektrischen Leiter des Wicklungselements vorzugsweise zumindest teilweise radial ein. Insbesondere wenn sich die Teilwicklung des Wicklungselements radial weit nach außen erstreckt, kann hierdurch eine verbesserte Stabilität des Wicklungselements erreicht werden. Dies ist nicht nur für die Herstellung der Spulen-anordnung beziehungsweise der Wicklung sondern auch für den bestimmungsgemäßen Betrieb vorteilhaft. Darüber hinaus kann natürlich auch vorgesehen sein, dass der Wicklungselementträger eine radial innere Auflage für eine innerste Windung des elektrischen Leiters des Wicklungselements bereitstellt.

[0031] Vorzugsweise ist vorgesehen, dass die Spulen-anordnung eine Kühleinheit aufweist. Die Kühleinheit ist vorzugsweise ausgebildet, ein Kühlfluid in einen durch die beabstandeten Wicklungselemente gebildeten Raum zu führen. Das Kühlfluid kann ein geeignetes Gas oder auch

eine geeignete Flüssigkeit sein, mit der Wärme aus der Wicklung abgeführt werden kann. Vorzugsweise ist das Kühlfluid Luft. Die Kühleinheit kann ein entsprechendes Fördermittel für das Kühlfluid aufweisen, beispielsweise eine Pumpe, ein Gebläse und/oder dergleichen. Darüber hinaus kann die Kühleinheit auch einen oder mehrere Kühlkanäle umfassen, um das Kühlfluid in geeigneter Weise an vorgegebene Positionen der Spulen-anordnung beziehungsweise der Wicklung führen zu können. Dadurch kann eine besonders günstige Kühlung der Spulen-anordnung beziehungsweise der Wicklung erreicht werden. Die Kühleinheit kann integriert mit der Spulen-anordnung ausgebildet sein.

[0032] Es wird ferner vorgeschlagen, dass die Spulen-anordnung einen modularen Aufbau aus wenigstens zwei Wicklungsmodulen aufweist, die koaxial und benachbart zueinander angeordnet sind, wobei ein jeweiliges der Wicklungsmodule wenigstens zwei Wicklungselemente umfasst. Dadurch kann ein besonders günstiger modularer Aufbau erreicht werden, der es erlaubt, die Spulen-anordnung nach Art eines Baukastenprinzips herstellen zu können. Das Wicklungsmodul kann als einzeln handhabbare und vorzugsweise geprüfte Baueinheit genutzt werden, um Spulen-anordnungen mit großer Flexibilität auf sehr einfache Weise realisieren zu können. Es ist daher mit der Erfindung möglich, ohne großen konstruktiven Aufwand nahezu beliebige Spulen-anordnungen herstellen zu können.

[0033] Dabei kann vorgesehen sein, dass die Wicklungsmodule entsprechende mechanische Verbindungselemente aufweisen, die es erlauben, die Wicklungsmodule nach Art eines Stapels anordnen und vorzugsweise auch miteinander verbinden zu können. Insgesamt kann dadurch sogar eine automatisierte hochflexible Herstellung der Spulen-anordnung beziehungsweise der Wicklung erreicht werden. Die Wicklungsmodule können unmittelbar benachbart, vorzugsweise direkt angrenzend aneinander angeordnet werden. Besonders vorteilhaft kann vorgesehen sein, dass die Kühleinheit ausgebildet ist, jedes der Wicklungsmodule mit dem Kühlfluid zu beaufschlagen, insbesondere indem der Raum zwischen den Wicklungselementen eines jeweiligen der Wicklungsmodule mit dem Kühlfluid beaufschlagt wird.

[0034] Ferner wird vorgeschlagen, dass das Wicklungsmodul wenigstens zwei radial nach außen ragende Modulanschlüsse aufweist. Mit den Modulanschlüssen kann die durch die Wicklungselemente bereitgestellte Modulwicklung angeschlossen werden. Die Wicklungs-module können mittels der Modulanschlüsse nach Belieben in Reihe oder auch parallelgeschaltet werden. Es können natürlich auch Kombinationen hiervon vorgesehen sein. Die Modulanschlüsse können durch elektrische Anschlussfahnen, beispielsweise elektrische Leiter nach Art eines Bandleiters oder dergleichen ausgebildet sein und entsprechende Verbindungsmittel an ihren Enden aufweisen, um beispielsweise eine Schraubverbindung, eine Klemmverbindung, eine Lötverbindung, Kombinati-

onen hiervon oder dergleichen realisieren zu können. Die Wicklungsmodule können standardisiert ausgebildet sein, sodass eine einfache Herstellung der Wicklung realisiert werden kann.

[0035] Das Wicklungsmodul weist vorzugsweise eine zentrale Öffnung zum Anordnen eines Spulenkerns auf. Vorzugsweise ist die Öffnung eine Durchgangsöffnung, die insbesondere für die Wicklungsmodule einer spezifischen Spulenanordnung beziehungsweise spezifischen Wicklung im Wesentlichen gleich hinsichtlich der Geometrie ausgebildet ist. Der Spulenkern kann dazu dienen, die Wicklungsmodule in geeigneter Weise koaxial zueinander anzuordnen. Er kann darüber hinaus auch ferromagnetische Eigenschaften aufweisen, um eine geeignete Führung des Magnetfelds in vorgegebener Weise erreichen zu können und dadurch eine vorgebbare Induktivität erreichen zu können. Der Spulenkern kann vorzugsweise zumindest teilweise aus einem Ferrit gebildet sein, und zwar vorzugsweise derart, dass eine Wirbelstromausbildung weitgehend unterdrückt werden kann. Zu diesem Zweck weist der Ferrit vorzugsweise eine möglichst kleine elektrische Leitfähigkeit auf. Darüber hinaus kann der Spulenkern zumindest teilweise auch durch geeignete ferromagnetische Bleche gebildet sein, die elektrisch isoliert zueinander angeordnet sind. Auch Kombinationen der vorgenannten Möglichkeiten können vorgesehen sein.

[0036] Der Spulenkern umfasst vorzugsweise einen unmagnetischen Spalt, insbesondere einen Luftspalt. Durch den unmagnetischen Spalt, insbesondere wenn er ein Luftspalt ist, ist es möglich, den magnetischen Fluss der Spulenanordnung in vorgebbarer Weise führen und dadurch spezifische Eigenschaften der Spulenanordnung erreichen zu können. Dies kann dazu dienen, die elektrische Induktivität der Spulenanordnung in geeigneter Weise einstellen zu können. Darüber hinaus kann durch Vorsehen des unmagnetischen Spalts im Spulenkern erreicht werden, dass hierdurch erzeugter Streufluss in Bezug auf seine Wirkung außerhalb der Spulenanordnung reduziert werden kann. Dadurch kann nicht nur die Einwirkung auf die Spulenanordnung umgebende elektronische Bauteile reduziert werden, sondern es kann darüber hinaus auch eine verbesserte Funktionalität in Bezug auf die elektromagnetische Verträglichkeit erreicht werden.

[0037] Gemäß einer Weiterbildung wird vorgeschlagen, dass der unmagnetische Spalt durch wenigstens zwei Einzelspalte gebildet ist, die axial beabstandet zueinander angeordnet sind. Dadurch ist es möglich, die unmagnetischen Spalte besonders klein auszugestalten und die Wirkung der unmagnetischen Spalte axial über eine Längserstreckung des Spulenkerns zu verteilen. Insgesamt kann hierdurch eine verbesserte Funktionalität erreicht werden. Besonders vorteilhaft kann vorgesehen sein, dass für jedes Wicklungsmodul ein eigener unmagnetischer Spalt vorgesehen ist. Dies erlaubt es zugleich auch, bei einer flexiblen Zusammenstellung der Spulenanordnung durch Wicklungsmodule automatisiert

angepasst einen entsprechenden Luftspalt bereitzustellen. Mit zunehmender Anzahl der Wandlermodule kann somit auch der Luftspalt größer werden. Es brauchen dafür keine separaten Konstruktionen vorgesehen zu werden.

[0038] Besonders vorteilhaft erweist es sich, wenn der unmagnetische Spalt zumindest teilweise durch den Wicklungselementträger ausgebildet ist. Der Wicklungselementträger, der zugleich auch der Träger für das Wicklungsmodul sein kann, kann zugleich derart ausgebildet sein, dass er einen modulspezifischen Spulenkernabschnitt umfasst, der zumindest einen modulspezifischen Luftspalt und einen modulspezifischen ferromagnetischen Kern umfasst. Dadurch kann durch Stapeln der Wicklungsmodule automatisiert ohne besondere zusätzliche Maßnahmen ein geeigneter Luftspalt und eine geeignete Führung des magnetischen Flusses erreicht werden. Insgesamt kann hierdurch die Herstellung der Spulenanordnung beziehungsweise der Wicklung weiter verbessert werden.

[0039] Insgesamt erlaubt es die Erfindung, einen zweilagigen, insbesondere zumindest teilweise spiralförmigen Wicklungsaufbau zu realisieren. Dabei kann sich der elektrische Leiter in einer ersten Lage von außen nach innen winden, um ein erstes Wicklungselement zu bilden, um dann innen in einer Windung in ein zweites benachbartes Wicklungselement geführt zu werden, und sich dann in dem zweiten Wicklungselement von innen nach außen winden. Auf diese Weise ist es auf einfache Weise möglich, zwischen den beiden Wicklungselementen einen Freiraum auszubilden, der es erlaubt, das Kühlfluid, insbesondere Luft an die Wicklung führen zu können.

[0040] Darüber hinaus kann ein Spulenkern aus zum Beispiel außen liegenden U-förmigen Ferritkernen mit einer Öffnung im Zentrum eines Bodens der Ferritkerne und als Spulenkern innenliegenden geschichteten, gelochten Ferritscheiben und Abstandscheiben gebildet sein. Dadurch kann ein innen liegender magnetischer Luftspalt erzeugt werden. Außen braucht dann kein expliziter magnetischer Luftspalt mehr realisiert zu sein.

[0041] Der Wicklungselementträger, der zugleich auch als Modulträger ausgebildet sein kann, kann aus zwei ineinander verschachtelten Elementen bestehen. Einerseits kann ein innen liegender Spulenträger mit angegossenen Spiralansätzen im Zentrum vorgesehen sein und andererseits kann ein außenliegender Rahmen vorgesehen sein, mittels dem Anforderungen hinsichtlich der elektrischen Sicherheit, insbesondere in Bezug auf Kriech- und Luftstrecken, realisiert werden können.

[0042] Die einzelnen Windungen können durch Verkleben beziehungsweise Tränken mit einem Epoxidharz in einer entsprechenden Position fixiert werden. Eine mechanische Befestigung des Gesamtaufbaus kann über die zentrale Öffnung mittels des Spulenkerns, beispielsweise in Form der Ferritkerne und einem Spulenkörper realisiert sein.

[0043] Durch die Erfindung ist eine Skalierbarkeit der Spulenanordnung derart möglich, dass mehrere Wick-

lungsmodule und gegebenenfalls Spulenkern in geeigneter Weise miteinander kombiniert werden können. Dies erlaubt es in einer ersten Variante, eine Parallelschaltung der Wicklungsmodule zu realisieren, wobei die Wicklungsmodule magnetisch gekoppelt sind. In einer zweiten Variante können die Wicklungsmodule auch als unabhängige Spulen beziehungsweise Drosseln mittels geeigneter Teilenergiewandler der Resonanzwandler betrieben werden.

[0044] Ein Anschluss der Spulenordnung beziehungsweise der Drossel an den Resonanzwandler kann zum Beispiel mittels Kupferschienen erfolgen. Der elektrische Leiter beziehungsweise die Hochfrequenzlitze kann hierzu direkt auf die Kupferschienen aufgelötet sein. Darüber hinaus kann eine Parallelschaltung von Wicklungsmodulen über das entsprechende Verlöten der Wicklungsmodulanschlüsse mit der Kupferschiene realisiert sein. Die Kupferschiene kann mit einer Einpressmutter oder auch mit einem Gewindebolzen versehen sein, der zum Beispiel direkt mit einer Leiterplatte des Resonanzwandlers verbunden werden kann. Die Kupferschienen können dabei so geformt sein und bei der Herstellung bereits so angebracht sein, dass sie bei einer Montage leicht an der gewünschten Stelle mit dem Resonanzwandler elektrisch gekoppelt werden können.

[0045] Die für die erfindungsgemäße Spulenordnung angegebenen Vorteile und Wirkungen gelten gleichermaßen für das Wicklungsmodul der Erfindung sowie für die Verfahren zum Herstellen der Spulenordnung und des Wicklungsmoduls und umgekehrt. Insbesondere können somit für Vorrichtungsmerkmale auch Verfahrensmerkmale und umgekehrt formuliert sein.

[0046] Weitere Vorteile und Merkmale ergeben sich durch die folgende Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der beigefügten Figuren. In den Figuren bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche Merkmale und Funktionen.

[0047] Es zeigen:

FIG 1 in einer schematischen perspektivischen Seitenansicht eine Spulenordnung gemäß der Erfindung; und

FIG 2 in einer schematisch aufgeschnittenen perspektivischen Darstellung die Spulenordnung gemäß FIG 1.

[0048] FIG 1 zeigt in einer schematischen perspektivischen Darstellung eine Spulenordnung 10 für einen nicht weiter dargestellten Resonanzwandler. Die Spulenordnung 10 weist eine Wicklung 12 auf, die einen elektrischen Leiter 14 aufweist. Aus den Figuren ist nicht ersichtlich, dass der elektrische Leiter 14 eine Mehrzahl von voneinander elektrisch isolierten, nicht weiter dargestellten Einzelleitern umfasst, die nach Art einer Hochfrequenzlitze zueinander angeordnet sind.

[0049] Die Spulenordnung 10 umfasst ferner zwei als Bolzen ausgebildete elektrische Anschlüsse 16, 18,

mittels denen die Spulenordnung 10 mit einer nicht dargestellten Leiterplatte des Resonanzwandlers elektrisch verbunden werden kann, indem die Bolzen in entsprechende Durchgangsöffnungen der Leiterplatte eingesteckt und dort befestigt werden. Die elektrische Funktion der Spulenordnung 10 im Resonanzwandler ist dem Fachmann bekannt, weshalb diesbezüglich von detaillierteren Ausführungen hierzu abgesehen wird.

[0050] Jeweilige Leiterenden der Einzelleiter des elektrischen Leiters 14 sind an einem jeweiligen der elektrischen Anschlüsse 16, 18 angeschlossen, sodass die jeweiligen Einzelleiter parallelgeschaltet sind.

[0051] Die Spulenordnung 10 umfasst ferner eine Kühleinheit 20 zum Kühlen der Wicklung 12, die in FIG 1 lediglich schematisch dargestellt ist. In alternativen Ausgestaltungen kann die Kühleinheit 20 auch separat von der Spulenordnung 10 ausgebildet und angeordnet sein. Die Kühleinheit 20 umfasst einen Ventilator, mittels dem Luft als Kühlfluid zur Wicklung 12 gefördert wird, um diese in vorgebbarer Weise kühlen zu können.

[0052] Aus FIG 1 ist ferner ersichtlich, dass zwei U-förmige Ferritelemente 46 aneinander angrenzend angeordnet sind, sodass sie einen Hohlraum zur Aufnahme der Wicklung 12 bilden. Die Ferritelemente 46 bilden auf diese Weise einen magnetischen Rückschluss. Die Ferritelemente 46 weisen eine zentrale Durchgangsöffnung 36 (FIG 2) auf, die dazu dient, einen im nachfolgenden noch beschriebenen Spulenkern aufzunehmen.

[0053] Aus FIG 1 ist ersichtlich, dass die Spulenordnung 10 einen modularen Aufbau aus zwei Wicklungsmodulen 28, 30 aufweist, die koaxial und unmittelbar benachbart zueinander angeordnet sind. Ein jeweiliges der Wicklungsmodule 28, 30 umfasst wenigstens zwei Wicklungselemente 22, 24 (FIG 2).

[0054] Die Wicklungselemente 22, 24 eines jeweiligen der Wicklungsmodule 28, 30 sind durch den elektrischen Leiter 14 ausgebildet. Die Wicklungselemente 22, 24 eines jeweiligen der Wicklungsmodule 28, 30 sind koaxial und axial beabstandet zueinander angeordnet. Der elektrische Leiter 14 bildet in jedem der zwei Wicklungselemente 22, 24 eines jeweiligen der Wicklungsmodule 28, 30 eine Wicklung mit einer vorgegebenen, nicht weiter spezifizierten Anzahl von Windungen der Wicklung 12 aus. In der vorliegenden Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die Windungen eines jeweiligen der beiden Wicklungselemente 22, 24 radial übereinander angeordnet sind, und zwar nach Art einer archimedischen Spule.

[0055] Die beiden Wicklungselemente 22, 24 sind in einem radial inneren Bereich über nicht weiter dargestellte Wicklungselementanschlüsse miteinander elektrisch verbunden. Die Wicklungselemente 22, 24 weisen vorliegend den gleichen Wicklungssinn auf, sodass sie, wenn sie wie in dieser Ausgestaltung vorgesehen, in Reihe geschaltet sind, vom gleichen Strom durchflossen werden und sich die jeweiligen magnetischen Flüsse addieren. Darüber hinaus ist vorliegend vorgesehen, dass eine Anzahl von Windungen für die beiden Wicklungselemente 22, 24 gleich ist.

[0056] Die Wicklungselemente 22, 24 eines jeweiligen der Wicklungsmodule 28, 30 sind vorliegend auf einem gemeinsamen Wicklungselementträger 42 angeordnet, der zugleich auch ein Träger für das Wicklungsmodul 28 beziehungsweise 30 darstellt. Der Wicklungselementträger 42 fasst die Wicklungselemente 22, 24 radial ein. Darüber hinaus stellt der Wicklungselementträger 42 auch im radial zentralen Bereich eine im Wesentlichen zylindrische Auflagefläche für die Wicklungselemente 22, 24 beziehungsweise die zentralen Windungen der Wicklungselemente 22, 24 bereit. Vorliegend ist ein Außendurchmesser des jeweiligen der Wicklungselemente zwar rund, insbesondere etwa kreisrund, jedoch kann hier auch eine andere Kontur vorgesehen sein, zum Beispiel eckig oder dergleichen.

[0057] Zwischen den Wicklungselementen 22, 24 ist ein Raum 26 ausgebildet, der vom Kühlfluid durchströmt wird. Dadurch ist es im bestimmungsgemäßen Betrieb möglich, den elektrischen Leiter 14 der Wicklungselemente 22, 24 auch im radial zentralen Bereich mit Kühlfluid zu beaufschlagen und dadurch eine verbesserte Kühlung zu erreichen. Das Kühlfluid ist vorliegend Luft. Insgesamt kann dadurch ein radialer Temperaturgradient in den Wicklungselementen reduziert werden. Die Kühleinheit 20 ist entsprechend ausgebildet, damit die Kühlluft in den durch die beabstandeten Wicklungselemente 22, 24 gebildeten Raum geführt werden kann.

[0058] Jedes der Wicklungsmodule 28, 30 weist zwei radial nach außen ragende Modulanschlüsse 32, 34 auf. Die Modulanschlüsse 32, 34 dienen dazu, entsprechende Kupferschienen 48, 50 zu kontaktieren, an denen die jeweiligen Anschlüsse 16, 18 angeordnet sind. Dadurch können die Wicklungsmodule 28, 30 mit den Anschlüssen 16, 18 elektrisch gekoppelt werden. Vorliegend ist vorgesehen, dass die Modulanschlüsse 32, 34 auf die Kupferschienen 48, 50 aufgelötet sind. An den Modulanschlüssen 32, 34 ist dann ein jeweiliges Ende des elektrischen Leiters 14 angeschlossen.

[0059] Die Wicklungselementträger 42 sind vorliegend als Spulenträger aus einem Kunststoffmaterial ausgebildet und haben einen kreiszylindrischen äußeren Umfang. Sie sind im Wesentlichen durch zwei mittels eines zentralen Zylinders verbundene kreisförmige Scheiben gebildet.

[0060] Die Wicklungsmodule 28, 30 umfassen ein jeweiliges Modulgehäuse 44, was im Wesentlichen rechteckförmig ausgebildet ist und einen im Wesentlichen rechteckförmigen Aufnahmeraum für den jeweiligen Wicklungselementträger 42 mit den Wicklungselementen 22, 24 bereithält. Dadurch können die Wicklungsmodule 28, 30 als einzeln handhabbare Bauelemente nach Belieben gehandhabt werden um die Spulenordnung 10 auszubilden. Die Konstruktion der Spulenordnung 10 erlaubt es, eine nahezu beliebige Anzahl von Wicklungsmodulen 28, 30 vorzusehen, um auf diese Weise die Spulenordnung 10 bedarfsgerecht mit großer Flexibilität anpassen zu können.

[0061] Fig. 2 zeigt in einer schematisch perspektivi-

schen Schnittdarstellung die Spulenordnung 10 gemäß FIG 1. Aus FIG 2 ist ferner ersichtlich, dass in der zentralen Durchgangsöffnung 36 weitere zylinderförmige Ferritscheiben 52 angeordnet sind. Zwischen unmittelbar benachbarten Ferritscheiben 52 sind aus einem Kunststoff gebildete Abstandsscheiben 40 angeordnet, die unmagnetische Spalte ausbilden. Dadurch wird in einem zentralen Bereich der Spulenordnung 10 eine Spaltanordnung für einen verteilten, unmagnetischen Spalt bereitgestellt, der eine Funktionalität vergleichbar zu der eines Luftspalts bereitstellt. Diese Ausgestaltung hat den Vorteil, dass magnetische Streufeldwirkungen reduziert werden können.

[0062] Darüber hinaus ist aus FIG 2 ersichtlich, dass eine weitere zentrale Durchgangsöffnung 38 durch die Ferritelemente 52 sowie die Kunststoffscheiben 40 und die Ferritelemente 46 bereitgestellt wird. Diese zentrale Durchgangsöffnung 38 kann für Montagezwecke genutzt werden, um die Spulenordnung 10 herzustellen. So ist es zum Beispiel möglich, die Spulenordnung 10 auf einem zentralen Dorn in gewünschter Weise zusammenzufügen und die Spulenordnung 10 anschließend von diesem Dorn zu entfernen. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, durch die Durchgangsöffnung 38 ein Verbindungselement hindurchzuführen, was nicht nur die einzelnen Elemente der Spulenordnung 10 in radialer Richtung zentriert, sondern zugleich auch eine Verbindung sämtlicher Elemente der Spulenordnung 10 in axialer Richtung bereitstellt. Dadurch kann auf einfache Weise eine kompakte hochleistungsfähige Spulenordnung 10 erreicht werden.

[0063] Die erfindungsgemäße Konstruktion der Spulenordnung 10 erlaubt es, die Spulenordnung 10 nahezu beliebig durch Wicklungsmodule 28, 30 zu erstellen. Darüber hinaus erlaubt es die Spulenordnung 10 gemäß der Erfindung, die einzelnen Wicklungsmodule 28, 30 nahezu beliebig miteinander zu verschalten, um auf diese Weise unterschiedlichste elektrische Funktionalitäten der Spulenordnung 10 realisieren zu können. So können die Wicklungsmodule 28, 30, wie es in den Figuren dargestellt ist, beispielsweise parallelgeschaltet sein. Alternativ oder ergänzend kann jedoch auch eine Serienschaltung beziehungsweise Reihenschaltung vorgesehen sein. Natürlich können bei einer geeigneten Anzahl von Wicklungsmodulen 28, 30 auch andere Kombinationen der Verschaltung der Wicklungsmodule 28, 30 vorgesehen sein, insbesondere auch eine gemischte Verschaltung. Dadurch ist es möglich, die Spulenordnung 10 für unterschiedlichste Anwendungen auf einfache Weise anzupassen. Darüber hinaus eignet sich die Spulenordnung 10 natürlich insbesondere auch für eine automatisierte Herstellung indem die Wicklungsmodule 28, 30 in geeigneter Weise ausgewählt und miteinander kombiniert werden können.

[0064] Das einzelne Wicklungsmodul kann ebenfalls in einem einzigen Arbeitsgang hergestellt werden, indem nämlich der elektrische Leiter 14 zunächst von einem vorgegebenen Außendurchmesser nach innen gewickelt

wird, um das erste Wicklungselement 22 auszubilden. Im radial inneren Bereich wird dann der elektrische Leiter axial in den Bereich des zweiten Wicklungselements 24 geführt und von innen nach außen aufgewickelt, um das zweite Wicklungselement 24 auszubilden. Auf diese Weise kann mit einfachen Mitteln ein Wicklungsmodul 28, 30 hergestellt werden.

[0065] Alternativ kann natürlich auch vorgesehen sein, dass beide Wicklungselemente 22, 24 gleichzeitig von radial innen nach radial außen gewickelt werden, beispielsweise indem zwei Wicklungsvorrichtungen vorgesehen werden, die den elektrischen Leiter 14 entgegengesetzt wickeln. Hierdurch kann bei hoher Verarbeitungsgeschwindigkeit eine zuverlässige Herstellung der Wicklungselemente 22, 24 und damit auch des Wicklungsmoduls 28, 30 erreicht werden.

[0066] Das Ausführungsbeispiel dient ausschließlich der Erläuterung der Erfindung und soll diese nicht beschränken. Natürlich ist die Erfindung dem Grunde nach auch dann einsetzbar, wenn der elektrische Leiter nicht durch eine Hochfrequenzlitze sondern stattdessen durch einen elektrischen Leiter aus einem Vollmaterial gebildet ist.

Patentansprüche

1. Spulenordnung (10) für einen Resonanzwandler, mit:

- wenigstens einer Wicklung (12), die einen elektrischen Leiter (14) aufweist, der eine Mehrzahl von voneinander elektrisch isolierten Einzelleitern umfasst, die nach Art einer Hochfrequenzlitze zueinander angeordnet sind, und
- zwei elektrischen Anschlüssen (16, 18), wobei jeweilige Leiterenden der Einzelleiter an einem jeweiligen der elektrischen Anschlüsse (16, 18) angeschlossen sind, sodass die jeweiligen Einzelleiter parallelgeschaltet sind,

dadurch gekennzeichnet, dass

der wenigstens eine elektrische Leiter (14) wenigstens zwei Wicklungselemente (22, 24) ausbildet, die koaxial und axial beabstandet zueinander angeordnet sind, wobei der elektrische Leiter (14) in jedem der wenigstens zwei Wicklungselemente (22, 24) wenigstens eine Windung der wenigstens einen Wicklung (12) ausbildet.

2. Spulenordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest in einem der zwei Wicklungselemente (22, 24) wenigstens zwei Windungen zumindest teilweise radial übereinander angeordnet sind.
3. Spulenordnung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass**

die Windungen nach Art einer archimedischen Spule angeordnet sind.

4. Spulenordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wicklungselemente (22, 24) zwei radial beabstandete Wicklungselementanschlüsse aufweisen, wobei jeweilige Leiterenden des elektrischen Leiters der Wicklungselemente (22, 24) an einen jeweiligen der Wicklungselementanschlüsse angeschlossen sind.
5. Spulenordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die bei benachbart angeordneten Wicklungselementen (22, 24) miteinander elektrisch verbundenen Wicklungselementanschlüsse in ihrer radialen Position gegenüberliegend zueinander angeordnet sind.
6. Spulenordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest eines der wenigstens zwei Wicklungselemente (22, 24) einen Wicklungselementträger (42) aufweist.
7. Spulenordnung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wicklungselementträger (42) den elektrischen Leiter des Wicklungselements (22, 24) zumindest teilweise radial einfasst.
8. Spulenordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühleinheit (20) ausgebildet ist, ein Kühlfluid in einen durch die beabstandeten Wicklungselemente (22, 24) gebildeten Raum (26) zu führen.
9. Spulenordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** einen modularen Aufbau aus wenigstens zwei Wicklungsmodulen (28, 30), die koaxial und benachbart zueinander angeordnet sind, wobei ein jeweiliges der Wicklungsmodule (28, 30) wenigstens zwei Wicklungselemente (22, 24) umfasst.
10. Spulenordnung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Wicklungsmodul (28, 30) wenigstens zwei radial nach außen ragende Modulanschlüsse (32, 34) aufweist.
11. Spulenordnung nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass**

das Wicklungsmodul (28, 30) eine zentrale Öffnung (36) zum Anordnen eines Spulenkerns (38) aufweist.

12. Spulenordnung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** 5
 der Spulenkern (38) in axialer Richtung einen unmagnetischen Spalt, insbesondere einen Luftspalt, aufweist.
13. Spulenordnung nach Anspruch 12, 10
dadurch gekennzeichnet, dass
 der unmagnetische Spalt durch wenigstens zwei Einzelspalte (40) gebildet ist, die axial beabstandet zueinander angeordnet sind. 15
14. Spulenordnung nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass**
 der unmagnetische Spalt zumindest teilweise durch den Wicklungselementträger (42) ausgebildet ist. 20
15. Wicklungsmodul (28, 30) der Spulenordnung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche. 25
16. Verfahren zum Herstellen einer Spulenordnung (10) für einen Resonanzwandler, bei dem: 25
- wenigstens eine Wicklung (12) aus einem elektrischen Leiter (14) gebildet wird, der eine Mehrzahl von voneinander elektrisch isolierten Einzelleitern umfasst, die nach Art einer Hochfrequenzlitze zueinander angeordnet sind, und 30
 - jeweilige Leiterenden der Einzelleiter an einem jeweiligen von zwei elektrischen Anschlüssen (16, 18) der wenigstens einen Wicklung (12) angeschlossen werden, um die jeweiligen Einzelleiter parallelzuschalten, 35
- dadurch gekennzeichnet, dass**
- aus dem wenigstens einen elektrischen Leiter (14) wenigstens zwei Wicklungselemente (24, 26) ausgebildet werden, sodass der elektrische Leiter (14) in jedem der wenigstens zwei Wicklungselemente (24, 26) wenigstens eine Windung der wenigstens einen Wicklung (12) ausgebildet, und 45
 - die wenigstens zwei Wicklungselemente (24, 26) koaxial und axial beabstandet zueinander angeordnet werden. 50
17. Verfahren zum Herstellen eines Wicklungsmoduls (28, 30) für eine modular aufgebaute Spulenordnung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** 55
 zum Ausbilden des Wicklungsmoduls (28, 30)
- aus wenigstens einem elektrischen Leiter (14) wenigstens zwei Wicklungselemente (24, 26)

ausgebildet werden, sodass der elektrische Leiter (14) in jedem der wenigstens zwei Wicklungselemente (24, 26) wenigstens eine Windung von wenigstens einer Wicklung (12) der Spulenordnung (10) ausgebildet, wobei der wenigstens eine elektrische Leiter (14) eine Mehrzahl von voneinander elektrisch isolierten Einzelleitern umfasst, die nach Art einer Hochfrequenzlitze zueinander angeordnet sind, und
 - die wenigstens zwei Wicklungselemente (24, 26) koaxial und axial beabstandet zueinander angeordnet werden.

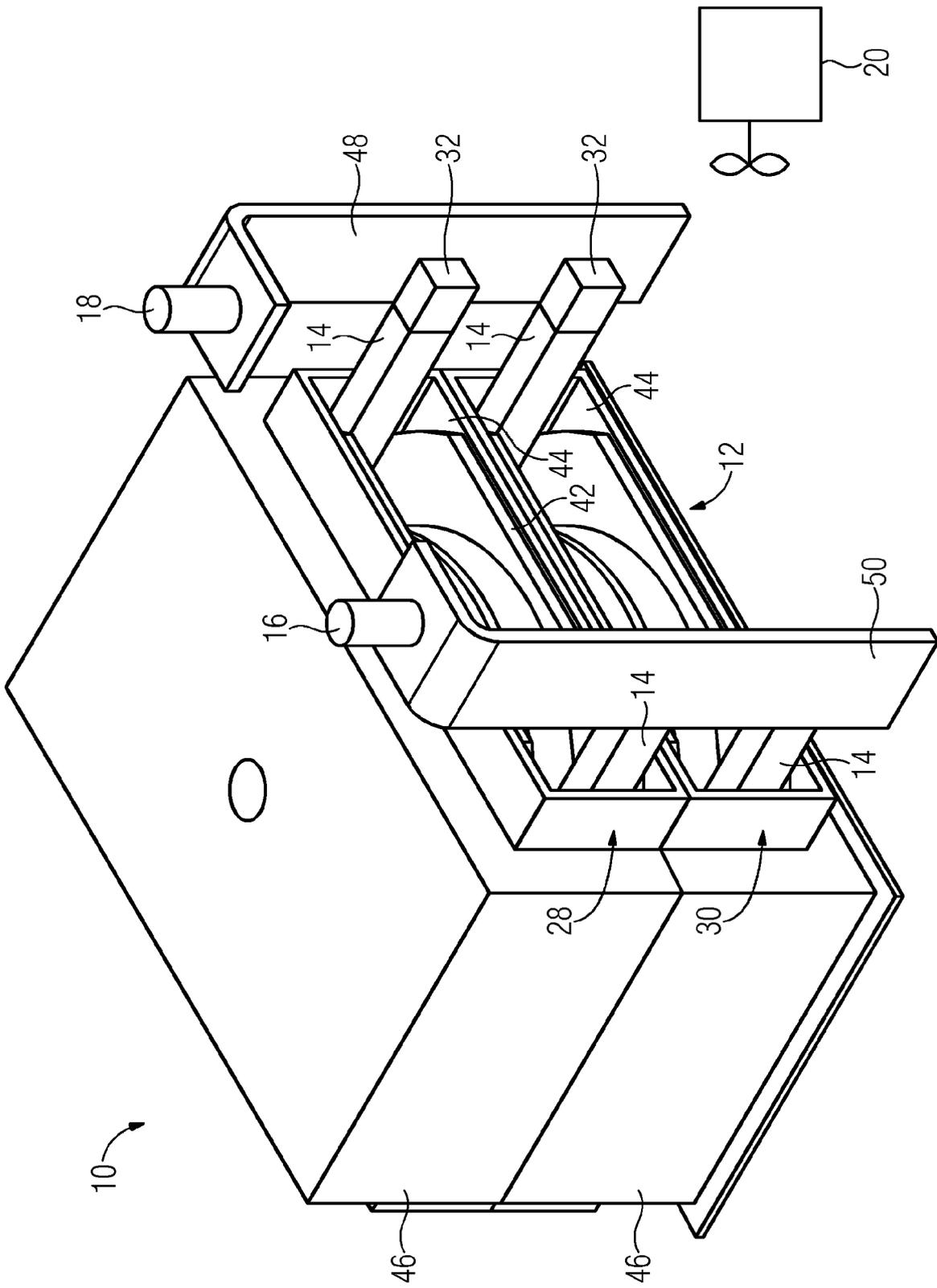
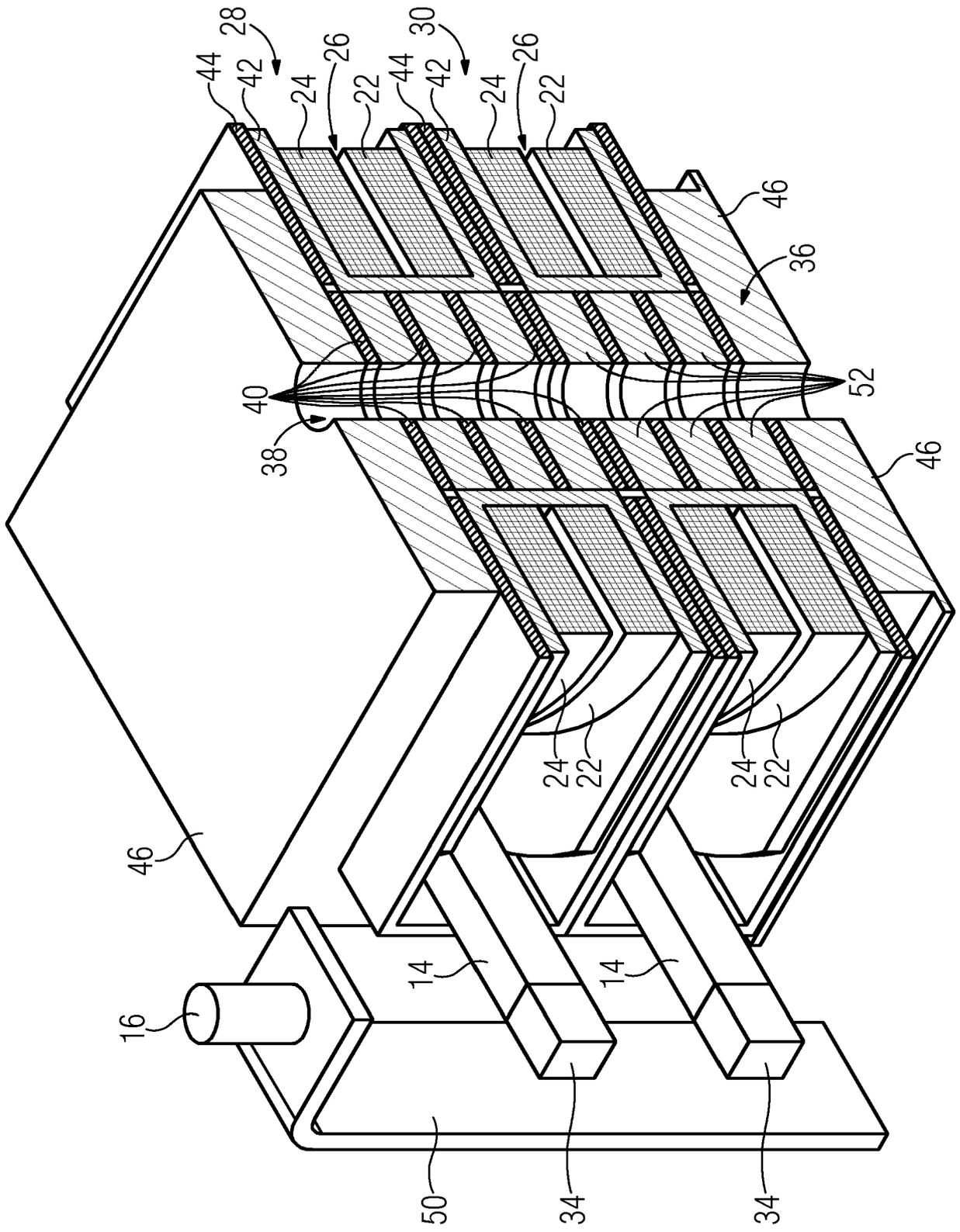


FIG 1

FIG 2





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 18 16 9601

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)
X	JP 2018 037573 A (UNIV SHINSHU) 8. März 2018 (2018-03-08)	1,2,4,5, 8-11, 15-17 12-14	INV. H01F27/28 H01F27/30 H01F41/084
Y	* Absätze [0001], [0043] * * Absätze [0013] - [0026]; Abbildungen 1-4,8 * * Absätze [0036] - [0042]; Abbildungen 16-24 *		
X	EP 0 293 617 A1 (VACUUMSCHMELZE GMBH [DE]) 7. Dezember 1988 (1988-12-07) * Zusammenfassung * * * Spalte 3, Zeile 15 - Spalte 5, Zeile 33; Abbildungen 1,2 * * Spalte 5, Zeilen 34-51; Abbildung 4 *	1,2,6,8, 16,17	
X	EP 2 299 569 A1 (BIONIC ENGINEERING 5D & AG [CH]) 23. März 2011 (2011-03-23) * Zusammenfassung * * * Absätze [0073] - [0089]; Abbildung 1 * * Absätze [0113] - [0116]; Abbildung 9 * * Anspruch 2 *	1,2,4, 16,17	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
X	DE 11 2010 005769 B4 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]) 19. Februar 2015 (2015-02-19)	1-7, 9-11, 15-17 12-14	H01F H02M
Y	* Zusammenfassung *; Abbildungen 1-11 * * Absätze [0027] - [0068] *		
X	US 8 022 804 B2 (DET INT HOLDING LTD [KY]) 20. September 2011 (2011-09-20)	1,2,4,6, 9-11, 15-17 12-14	
Y	* Zusammenfassung *; Abbildungen 1-8 * * Spalte 6, Zeile 32 - Spalte 8, Zeile 19 *		
	----- -/--		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlussdatum der Recherche 17. Oktober 2018	Prüfer Reder, Michael
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 (P04/C03)



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 18 16 9601

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)
X	DE 26 45 536 A1 (TOCCO STEL) 14. April 1977 (1977-04-14) * Seite 5, Zeile 1 - Seite 11, Zeile 30; Abbildungen 1-4 * -----	1-3,6,8, 9,11-13, 15,16	
Y	US 2007/285203 A1 (GER CHIH-CHAN [TW] ET AL) 13. Dezember 2007 (2007-12-13) * Zusammenfassung * * * Absätze [0028] - [0032]; Abbildung 2 * * Absatz [0033]; Abbildung 3 *	12-14	
Y	US 2004/095221 A1 (SIGL DENNIS R [US]) 20. Mai 2004 (2004-05-20) * Zusammenfassung * * * Absätze [0021] - [0029]; Abbildungen 2,3 * -----	12-14	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTER SACHGEBIETE (IPC)
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 17. Oktober 2018	Prüfer Reder, Michael
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 (P04C03)

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

EP 18 16 9601

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.

17-10-2018

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 2018037573 A	08-03-2018	KEINE	
EP 0293617 A1	07-12-1988	DE 3718383 A1 EP 0293617 A1	15-12-1988 07-12-1988
EP 2299569 A1	23-03-2011	EP 2299569 A1 EP 2494686 A1 WO 2011032859 A1	23-03-2011 05-09-2012 24-03-2011
DE 112010005769 B4	19-02-2015	CN 102971811 A DE 112010005769 T5 JP 5335143 B2 JP WO2012014250 A1 US 2013027173 A1 WO 2012014250 A1	13-03-2013 08-05-2013 06-11-2013 09-09-2013 31-01-2013 02-02-2012
US 8022804 B2	20-09-2011	AT 515044 T CN 101226818 A EP 1926110 A1 HK 1123387 A1 US 2008117012 A1	15-07-2011 23-07-2008 28-05-2008 21-12-2012 22-05-2008
DE 2645536 A1	14-04-1977	CH 597683 A5 DE 2645536 A1 FR 2327617 A1 SE 7611184 A	14-04-1978 14-04-1977 06-05-1977 11-04-1977
US 2007285203 A1	13-12-2007	TW 1307904 B US 2007285203 A1	21-03-2009 13-12-2007
US 2004095221 A1	20-05-2004	EP 1420419 A1 US 2004095221 A1	19-05-2004 20-05-2004

EPO FORM P0461

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