



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
30.08.2017 Patentblatt 2017/35

(51) Int Cl.:
H01B 7/00 (2006.01) **H01B 11/00 (2006.01)**
H01B 7/30 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17150367.5**

(22) Anmeldetag: **05.01.2017**

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

- **KÖPPENDÖRFER, Erwin**
91126 Schwabach (DE)
- **NACHTRAB, Johannes**
91575 Windsbach (DE)
- **PÖHMERER, Rainer**
90610 Winkelhaid (DE)
- **SAHINER, Yücel**
90425 Nürnberg (DE)
- **SCHILL, Markus**
80689 München (DE)
- **STADLER, Wolfgang**
91161 Hilpoltstein (DE)

(30) Priorität: **23.02.2016 DE 102016202791**

(71) Anmelder: **LEONI Kabel Holding GmbH**
90402 Nürnberg (DE)

(72) Erfinder:
• **DORNER, Dominik**
91785 Pleinfeld (DE)

(74) Vertreter: **FDST Patentanwälte**
Nordostpark 16
90411 Nürnberg (DE)

(54) **DATENKABEL UND LITZENLEITER**

(57) Die Erfindung betrifft ein Datenkabel mit einem Datenleiter (1), welcher einen von einer Isolierung (12) umgebenen Litzenleiter (2) aufweist, wobei der Litzenleiter (2) einen unverpressten Verbund aus mehreren Einzeldrähten (4) aufweist, welche gleichartig und als Außendrähte (4) ausgebildet sind und welche um ein Zentrum (Z) herum angeordnet sind, wobei die Außendrähte (4) mit einem unrunder Querschnitt ausgebildet sind, so dass im Querschnitt betrachtet die Ausdehnung der Außendrähte (4) vom Zentrum (Z) ausgehend radial nach außen zunimmt. Durch den speziell geformten Litzenleiter (2) werden die Übertragungseigenschaften des Datenkabels deutlich verbessert. Weiterhin betrifft die Erfindung einen entsprechenden Litzenleiter.

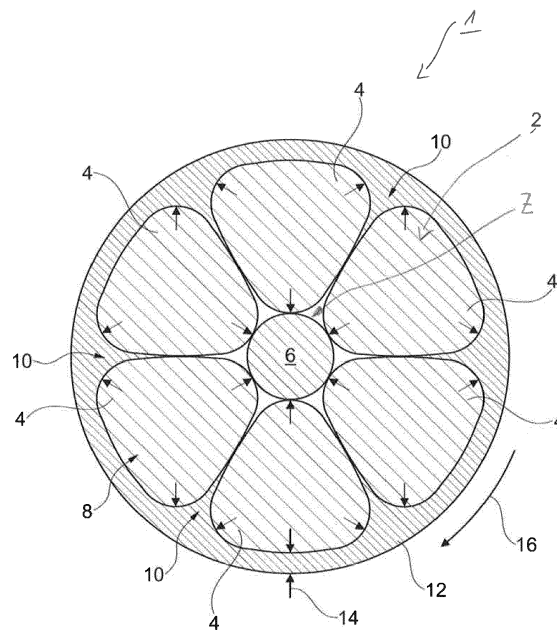


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Datenkabel sowie einen Litzenleiter.

[0002] In der WO 2015/067717 A1 ist beispielsweise ein Litzenleiter beschrieben, welcher mehrere speziell geformte Außendrähte aufweist, die um einen zentralen Innendraht herum gruppiert sind. Die Außendrähte weisen eine dreieckige Querschnittsform mit abgerundeten Ecken auf, wodurch sich ein besonders kompakter Leiter ergibt.

[0003] Ein Datenkabel dient vorrangig der Signalübertragung, welche häufig bei hohen Frequenzen z.B. im GHz-Bereich erfolgt. Bei einem für das Datenkabel verwendeten Leiter erfolgt dann die Stromführung aufgrund des Skineffekts hauptsächlich am Außenumfang des Leiters. Bei einem Litzenleiter besteht nunmehr das Problem, dass der Außenumfang aufgrund der mehreren zusammengefassten Einzeldrähte nicht kreisrund ist und dadurch unvermeidbar Varianzen und Störstellen vorliegen, welche sich insgesamt negativ auf die Übertragungseigenschaften bei der Signalübertragung auswirken und speziell zu einer hohen Signaldämpfung führen.

[0004] Vor diesem Hintergrund ist es eine Aufgabe der Erfindung, ein Datenkabel mit verbesserten Übertragungseigenschaften anzugeben. Weiterhin soll ein hierfür geeigneter Litzenleiter angegeben werden.

[0005] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Datenkabel mit den Merkmalen gemäß Anspruch 1 sowie durch einen Litzenleiter mit den Merkmalen gemäß Anspruch 14. Vorteilhafte Ausgestaltungen, Weiterbildungen und Varianten sind Gegenstand der Unteransprüche. Dabei gelten die Ausführungen im Zusammenhang mit dem Datenkabel sinngemäß auch für den Litzenleiter.

[0006] Das Datenkabel dient vorrangig zur Übertragung von Signalen, d.h. Daten, beispielsweise bei hohen Frequenzen im Bereich zwischen einigen 100 kHz, insbesondere 1 MHz, und 100 GHz. Das Datenkabel weist einen Litzenleiter auf, welcher einen unverpressten Verbund aus mehreren Einzeldrähten aufweist. Diese Einzeldrähte sind gleichartig und als Außendrähte ausgebildet und um ein Zentrum herum angeordnet. Dabei sind die Außendrähte mit einem unrunder Querschnitt ausgebildet, d.h. mit einer unrunder Querschnittsform, sodass im Querschnitt betrachtet die Ausdehnung der Außendrähte vom Zentrum ausgehend radial nach außen zunimmt. Die Einzeldrähte, welche als Außendrähte für einen entsprechenden Litzenleiter bestimmt sind, werden insbesondere mit einem unrunder Querschnitt vorgefertigt und als solche um das Zentrum herum angeordnet, d.h. die Außendrähte werden bereits mit einem unrunder Querschnitt verseilt.

[0007] Durch die Verwendung des speziell geformten Litzenleiters sind die Übertragungseigenschaften des Datenkabels deutlich verbessert. Wesentlich ist hierbei die Annäherung des Außenumfangs des Litzenleiters an eine Kreisform. Die Außendrähte sind jeweils speziell ge-

formte Segmente, welche zusammengesetzt in guter Näherung einen ringförmigen Verbund bilden. Durch die unrunder Ausgestaltung weist ein jeweiliger Außendraht gemeinsam mit einem gedachten Umkreis um den gesamten Litzenleiter herum vorteilhaft mehrere Berührungspunkte auf und nicht lediglich einen, wie bei runden Einzeldrähten eines herkömmlichen Litzenleiters. Die zwischen den Einzeldrähten am Außenumfang gebildeten Zwickel sind deutlich kleiner, sodass sich in Umlaufrichtung um den Litzenleiter herum eine besonders geringe Varianz im Durchmesser ergibt. Die Wirkung der Zwickel als Störstellen bei der Signalübertragung ist entsprechend reduziert.

[0008] Ein weiterer Vorteil besteht insbesondere darin, dass bei der Signalübertragung die Stromverteilung im speziell geformten Litzenleiter homogener ist. Allgemein nimmt die Stromdichte von innen nach außen hin zu und erreicht an den äußersten Punkten des Litzenleiters ein Maximum. Durch die Annäherung an eine Kreisform ist die Stromdichte im Außenbereich entlang des Außenumfangs deutlich besser verteilt und somit homogener, wodurch letztendlich eine geringere Signaldämpfung erzielt wird.

[0009] Besonders vorteilhaft ist weiterhin, dass der Weg vom radial äußersten Punkt eines Außenleiters hin zum Berührungspunkt mit einem benachbarten Außenleiter verringert ist. Dies ist insbesondere bei Hochfrequenzleitungen von Bedeutung, da hier ein Stromfluss nicht zwangsläufig lediglich in den Einzeldrähten erfolgt, sondern vielmehr auch zwischen den Einzeldrähten erfolgen kann. Entlang der hierbei vom Strom zurückzulegenden Strecke ergibt sich ein Verlust, welcher durch die spezielle Form der Außenleiter auf vorteilhafte Weise reduziert ist. Ein weiterer Verlust ergibt sich am Berührungspunkt zweier Außendrähte. Dieser Verlust ist von der Kontaktfläche zwischen den Außendrähten abhängig und bei kreisrunden Einzeldrähten entsprechend groß. Demgegenüber ist vorliegend die Kontaktfläche vergrößert und der Verlust entsprechend reduziert. Insgesamt sind demnach beim vorliegenden Datenkabel die Verluste, welche sich üblicherweise besonders für hochfrequente Signale ergeben, deutlich reduziert.

[0010] Die spezielle Form und Anordnung der Außendrähte weist zudem Vorteile hinsichtlich der Spannungsverteilung im Litzenleiter auf. Durch die generell rundere Ausgestaltung sowohl der einzelnen Einzeldrähte als auch des gesamten Verbunds der Einzeldrähte ist die Spannungsverteilung insgesamt homogener. Die Gefahr von Teilentladungen ist deutlich reduziert, d.h. das Datenkabel weist eine verbesserte Teilentladungsfestigkeit auf. Bei herkömmlichen Litzenleitern wird zuweilen zur Feldsteuerung eine zusätzliche leitfähige Innenschicht innerhalb des Verbunds angeordnet. Auf eine solche kann vorliegend verzichtet werden und wird vorteilhafterweise auch verzichtet.

[0011] Der Verbund aus Einzeldrähten ist im fertiggestellten Litzenleiter unverpresst, wird also nicht erst nachträglich durch ein Verpressen oder durch eine Kompak-

tierung aus ursprünglich runden Einzeldrähten in die un-
runde Geometrie verformt. Der unrunde Querschnitt der
Außendrähte ist dabei so gewählt, dass der gegebene
Raum oder Platz möglichst vollständig ausgenutzt wird
und dass der Querschnitt des Verbunds zumindest im
Umfangsbereich, d.h. entlang der Umfangskontur mög-
lichst kreisrund ist. Hierdurch sind die umfangsseitig ver-
bleibenden Zwickel zumindest deutlich reduziert im Ver-
gleich zu runden Einzeldrähten.

[0012] Da der Verbund nicht verpresst wird und somit
keiner nachträglichen Kompaktierung und daher keiner
Kaltverformung unterzogen wird, kann und wird bei der
Herstellung des Litzenleiters auf einen im Falle einer
Kompaktierung üblichen Glühprozess für den Verbund
verzichtet, sodass die Fertigung entsprechender Litzen-
leiter weniger aufwendig ist. Zudem weist ein solcher un-
verpresster Verbund aus Einzeldrähten eine hohe Wechsel-
biegebeständigkeit auf, was für eine Vielzahl von Anwen-
dungen von Vorteil ist. Unter einer hohen Wechsel-
biegebeständigkeit oder Biegewechselbeständigkeit wird
dabei verstanden, dass der Litzenleiter relativ vielen
Biegewechselprozessen standhält, also geringe Ermü-
dungserscheinungen bei einer Biegewechselbeanspruchung
zeigt. Für eine weitergehende Begriffserläuterung sei an
dieser Stelle auf die ASTM B470 und die Veröffentlichung
"Schymura M.A., Fischer A.: Beitrag zur Untersuchung der
Ermüdungseigenschaften dünner Drähte aus Kupferbasiswerk-
stoffen unter Biegewechselbeanspruchung nach ASTM B470 -
02. Metall, 66, 11 (2012), S.514-517, ISSN 0026-0746" verwiesen.

[0013] Diese hohe Wechselbiegebeständigkeit wird im
Vergleich zu einem kompaktierten Litzenleiter gerade
durch den Verzicht auf den Kompaktierschritt und der
gleichzeitigen Verwendung von im Ausgangszustand vor
dem Verlitzen ungerundeten Einzeldrähten erreicht. Die
Einzeldrähte liegen nämlich - im Vergleich zu kompaktierten
Litzenleitern - vergleichsweise lose aneinander an, so
dass sie reibungsarm relativ zueinander beweglich sind.
Im Unterschied hierzu sind die Einzeldrähte beim kompaktierten
Litzenleiter durch die Kompaktierung derart verformt,
dass sie flächig aneinander gepresst und dadurch quasi
miteinander an ihren Oberflächen verzahnt sind. Gleichzeitig
wird der Vorteil von kompaktierten Litzenleitern beibehalten,
nämlich eine möglichst runde Umfangskontur zu erhalten.

[0014] Ein derartiger Litzenleiter wird insbesondere als
superdünne Leitung, insbesondere Fahrzeugleitung eingesetzt.

[0015] In einer bevorzugten Ausgestaltung ist der Daten-
leiter von einer Schirmung umgeben. Die Schirmung umgibt
in einer Variante lediglich den Datenleiter oder alternativ
auch mehrere oder alle Datenleiter gemeinsam. Die
Schirmung ist beispielsweise als Folie, Bandierung oder
Geflecht ausgebildet. Aufgrund der besonders runden
Form des Litzenleiters ergibt sich in Umlaufrichtung
auch ein besonders gleichmäßiger Abstand zwischen
dem Litzenleiter und der Schirmung, wodurch die
Übertragungseigenschaften des Datenkabels insgesamt

weiter verbessert sind.

[0016] In einer geeigneten Weiterbildung ist der Daten-
leiter konzentrisch von der Schirmung umgeben und bildet
mit dieser ein Koaxialkabel aus. Der Abstand zwischen
dem Litzenleiter, d.h. einer Umfangskontur des Litzenleiters,
und der Schirmung ist in Umlaufrichtung besonders
homogen.

[0017] Alternativ zu der Ausgestaltung als Koaxialkabel
bildet der Datenleiter eine Ader aus und vorzugsweise
sind mehrere Adern zu einem Verbund zusammengeschlossen.
Insbesondere bilden mehrere Adern einen Verseilverbund.
Gemäß einer ersten Variante bilden zwei Adern ein
Adernpaar, welches vorzugsweise von einer Paarschirmung
umgeben ist. Das Adernpaar ist vorzugsweise verseilt und
bildet dann ein sogenanntes "twisted pair" aus welches
nicht zwingend von einer Paarschirmung umgeben sein muss.
Alternativ sind die Adern des Paares parallel geführt und
bilden ein untwisted pair" aus.

[0018] Auch bei einem Adernpaar ist die besonders
runde Umfangskontur der Litzenleiter von Vorteil, da
hierdurch auch der Abstand zwischen den beiden Litzenlei-
tern des Adernpaares besonders gleichmäßig ist. Beson-
ders bei miteinander verseilten Adern, welche umeinan-
der herum verlaufen, ergibt sich aufgrund der besonders
runden Umfangskontur entlang der gesamten Länge des
Adernpaares ein besonders gleichmäßiger Abstand zwi-
schen den beiden Adern.

[0019] Alternativ zur paarweisen Anordnung können
die Adern auch in einem Viererverseilverbund, beispiele-
weise in einem sogenannten Sternvierer angeordnet
sein. Die Isolierung ist entweder jeweils einzeln auf die
Litzenleiter aufgebracht oder als gemeinsame Isolierung
ausgeführt. Die Isolierung besteht beispielsweise aus ei-
nem Kunststoff und ist aufextrudiert.

[0020] Grundsätzlich ist es denkbar, die Außendrähte
gemeinsam um einen zentralen Leiter, nachfolgend als
Zentralleiter bezeichnet, anzuordnen, welcher im Zen-
trum angeordnet ist und insbesondere ebenfalls als Ein-
zeldraht, d.h. dann als Innendraht ausgebildet ist. In einer
solchen geeigneten Variante ist der Zentralleiter dann
vorzugsweise kreisrund. Die Einzeldrähte sind vorteilhaft
an den jeweiligen Anwendungszweck angepasst. Bei einem
zweilagigen Litzenleiter mit einem Zentralleiter und einer
Außenlage aus Außendrähten besteht dieser bevorzugt aus
dem einen Zentralleiter und mehreren, insbesondere sechs
Außendrähten. Bei Litzenleitern mit mehreren Außenlagen
ist zumindest die äußerste Lage aus den Außendrähten mit
dem ungerunden Querschnitt gebildet. Die Außendrähte
umgeben in diesem Fall das Zentrum mittelbar unter
Zwischenanordnung von ein oder mehreren Zwischenlagen
an Einzeldrähten, die rund oder vorzugsweise ebenso wie
die äußersten Außendrähte ungerund ausgebildet sind.

[0021] In einer besonders bevorzugten Variante ist der
Litzenleiter allerdings frei von einem Zentralleiter, d.h. im
Zentrum ist kein Leiter angeordnet. Dem liegt zunächst
die Überlegung zugrunde, dass die spezielle Form und

Anordnung der Außendrähte auch in struktureller Hinsicht Vorteile aufweist. Im Querschnitt bilden die Außendrähte nämlich jeweils Segmente, welche sich gegenseitig gewölbeartig stützen, sodass im Zentrum kein Trage- oder Stützelement benötigt wird und zweckmäßigerweise auf ein solches verzichtet wird. Besonders in Kombination mit einer Verseilung der Außendrähte miteinander werden Kräfte, welche auf den Verbund wirken, in Längsrichtung des Litzenleiters umgelenkt. Im Gegensatz zu üblichen Litzenleitern wird dann der Innendraht eingespart und auf diese Weise eine Materialeinsparung erzielt. Des Weiteren wird eine Gewichtsreduktion erzielt, insbesondere im Bereich von etwa 3 bis 8% gegenüber herkömmlichen Litzenleitern. Auch bei einem Litzenleiter mit mehreren Lagen an Außendrähten ist ein leeres Zentrum, d.h. ein Weglassen des Innendrahts vorteilhaft.

[0022] Die Variante ohne Innendraht, insbesondere mit einem Hohlraum oder Leerraum im Zentrum, ist besonders hinsichtlich einer Konfektionierung des Datenkabels vorteilhaft. Beim Vercrimpen wird der Litzenleiter endseitig in einem Crimp verquetscht. Bei einem üblichen B-förmigen Crimp mit zwei Armen werden diese in den Litzenleiter hineingedrückt und bilden zwei Kammern, auf welche die Einzeldrähte verteilt werden. Bei einem üblichen Litzenleiter mit einer 6+1-Geometrie, d.h. mit einem Innendraht, ergibt sich zwangsläufig eine ungleiche Verteilung, wohingegen bei fehlendem Innendraht die sechs Außendrähte gleichmäßig verteilt werden, wodurch sich vorteilhaft eine homogenere mechanische Belastung ergibt. Diese Ausgestaltung mit dem Hohlraum im Zentrum ist grundsätzlich auch für Litzenleiter einsetzbar, die nicht für Datenleiter verwendet sind.

[0023] In einer vorteilhaften Alternative ist im Zentrum des Litzenleiters ein Funktionselement angeordnet, insbesondere anstelle eines Innendrahts. Dem Zentrum wird dadurch auf vorteilhafte und platzsparende Weise eine alternative Verwendung zugewiesen. Das Funktionselement ist dann insbesondere zentral geführt und gleichmäßig von den Außendrähten umgeben. In dieser Variante bilden die Außendrähte vorteilhaft einen mechanischen Schutz für das innenliegende Funktionselement.

[0024] In einer geeigneten Weiterbildung ist das Funktionselement als Zugentlastung ausgebildet. Dadurch ist der Litzenleiter besonders robust hinsichtlich einer Zugbelastung entlang der Längsrichtung. Das Funktionselement ist hierbei beispielsweise ein Stahldraht oder ein zugfester Trägerfaden, beispielsweise aus Aramid, oder Polyamid.

[0025] In einer alternativen geeigneten Weiterbildung ist das Funktionselement als Latentwärmespeicher ausgebildet. In dieser Ausgestaltung kann das Datenkabel im Betrieb Temperaturspitzen besonders gut abfangen, indem Wärme in dem Funktionselement gespeichert wird. Dieses wird dann zu einem späteren Zeitpunkt wieder regeneriert und dabei die Wärme wieder abgegeben. Der Latentwärmespeicher wirkt somit als thermischer Zwischenspeicher und ist beispielsweise aus einem Ma-

terial auf Polymerbasis gefertigt. Ein geeigneter Latentwärmespeicher ist beispielsweise in der DE 10 2012 014 944 beschrieben und wird dort als thermischer Energiespeicher in einem Kabel verwendet.

[0026] Die diversen Varianten des Funktionselements lassen sich selbstverständlich auch miteinander kombinieren. Ebenso sind auch weitere Varianten denkbar. Beispielsweise wird alternativ oder zusätzlich als Funktionselement eine optische Faser verwendet. Auch ein gegenüber den Außendrähten isolierter Innendraht ist als Funktionselement prinzipiell geeignet.

[0027] Wie bereits erwähnt weisen die vorgeformten Einzeldrähte jeweils eine Querschnittsform derart auf, dass der Querschnitt des gesamten Verbundes möglichst rund ist und somit einem Kreis möglichst nahe kommt. Im einfachsten Fall wird dabei für die Außendrähte eine an eine dreieckige Querschnittsform zumindest angenäherte Querschnittsform gewählt, wobei die Form eines gleichseitigen Dreiecks bevorzugt ist. Im Verbund sind die Außendrähte dann derart angeordnet, dass im Querschnitt betrachtet eine Ecke eines jeden Außendrahtes radial nach innen in Richtung zum Zentrum zeigt. Bei Verwendung eines Innendrahts oder eines Funktionselements liegen die Außendrähte dann quasi punktförmig am Innendraht bzw. am Funktionselement an; bei Verwendung einer Zwischenlage zwischen den Außendrähten und dem Zentrum entsprechend an der Zwischenlage. Zwischen den Außendrähten und dem Zentrum ist somit allgemein im Wesentlichen eine Punktauflage realisiert, aufgrund welcher eine hohe Flexibilität und eine hohe Wechselbiegebeständigkeit des Verbunds und letzten Endes auch des Litzenleiters sowie des Datenkabels insgesamt gegeben ist. Im Unterschied hierzu sind bei kompaktierten Litzenleitern im Querschnitt betrachtet, d.h. quer zur Längsrichtung linienförmige Kontaktzonen gebildet. Insbesondere sind dabei die Einzeldrähte in etwa nach Art eines Trapezes ausgebildet, wobei insbesondere die zum Innendraht orientierte Trapezfläche konkav gewölbt ist und sich an die Rundung des Innendrahts anschmiegt.

[0028] Zweckdienlicherweise wird für die Außendrähte eine dreieckige Querschnittsform gewählt, bei der die Ecken abgerundet sind, d.h. die Querschnittsform weist abgerundete Ecken auf. Eine derartige Querschnittsform lässt sich unter anderem leichter realisieren.

[0029] In vorteilhafter Weiterbildung sind die Seiten des dreieckigen Querschnitts nach außen gewölbt und somit bogenförmig gestaltet, d.h. die Querschnittsform der Außendrähte weist abgerundete Ecken auf. Auf diese Weise berühren sich die Außendrähte untereinander quasi punktuell, was wiederum eine hohe Flexibilität und eine hohe Wechselbiegebeständigkeit des Verbundes nach sich zieht. Dennoch ist die Bogenform insbesondere durch einen Radius charakterisiert, welcher größer ist als der Radius eines üblichen kreisrunden Einzeldrahts, sodass die tatsächliche Kontaktfläche zweier benachbarter Außendrähte größer ist, als bei einem herkömmlichen Litzenleiter.

[0030] Bevorzugt wird des Weiteren eine Ausführung des Litzenleiters, bei welcher die Außendrähte eine Querschnittsform nach Art eines Reuleaux-Dreiecks mit abgerundeten Ecken aufweisen. Eine derart gestaltete Querschnittsform zeichnet sich durch konvex nach außen gewölbte Seitenflächen sowie abgerundete Ecken aus. Sowohl an den Seitenflächen als auch an den Ecken liegen die Einzeldrähte daher im Querschnitt betrachtet an benachbarten Litzenleiter nur punktförmig an. Diese Ausgestaltung ist im Hinblick auf die gewünschte hohe Biegeweichselfähigkeit besonders vorteilhaft.

[0031] Für den Innendraht oder das Funktionselement wird hingegen ein runder Querschnitt bevorzugt.

[0032] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Litzenleiters sind die Außendrähte derart geformt und angeordnet, dass zwischen benachbarten Außendrähten in guter Näherung eine Punktauflage gegeben ist, d.h. jeweils zwei benachbarte Außendrähte berühren sich punktuell. Unter punktuell wird dabei insbesondere verstanden, dass die aneinander anliegenden Außendrähte am Berührungspunkt grundsätzlich gekrümmt, d.h. konvex ausgebildet sind, und sich dadurch im Querschnitt betrachtet lediglich an einem Punkt berühren. Infolgedessen bilden die Außendrähte zusammen eine das Zentrum umhüllende und einschließende Außenlage aus, welche im Querschnitt gesehen einen im Wesentlichen kreisförmigen Umfang zeigt.

[0033] Alternativ berühren sich jeweils zwei benachbarten Außendrähte flächig, d.h. im Querschnitt betrachtet linienförmig. Hierbei ist die Kontaktfläche zwischen den Außendrähten vorteilhaft vergrößert, sodass sich verringerte Verluste bei der Übertragung von Signalen ergeben. Die flächige Berührung ergibt sich insbesondere nach dem Verlitzen dadurch, dass hierbei die Außendrähte zumindest leicht gegeneinandergedrückt werden. Zwischen zwei benachbarten Außendrähten ist dann eine im Querschnitt linienförmige, insbesondere gerade, Kontaktzone ausgebildet, d.h. in Längsrichtung des Litzenleiters ergibt sich eine entsprechende Kontaktfläche. Die Außendrähte liegen dabei aufgrund der generell gebogenen Umfangskontur nicht vollständig flächig aneinander an, sondern lediglich in jeweiligen Teilabschnitten der Umfangskonturen der Außendrähte. Dadurch ist ein optimaler Kompromiss zwischen einer guten Biege-Wechselbeständigkeit und einer großen, d.h. verlustarmen Kontaktzone realisiert ist. Im Querschnitt wird die Kontaktzone dann insbesondere durch die Zwickel begrenzt, und zwar insbesondere sowohl von innen als auch von außen.

[0034] Die Außendrähte werden bevorzugt mit einer isolierenden Ummantelung oder Isolierung beispielsweise aus Kunststoff überzogen, wobei die Wandstärke der Isolierung aufgrund des nahezu kreisförmigen Umfangs der Außenlage in Umfangsrichtung gesehen nahezu gleichbleibend ist. Dadurch lässt sich vorteilhaft eine sehr dünne Wandstärke realisieren, sodass ein entsprechend gestalteter Litzenleiter ein verhältnismäßig geringes Gewicht und einen verhältnismäßig geringen Bauraumbe-

darf aufweist. Entsprechende Litzenleiter sind dabei insbesondere für den Kraftfahrzeugbereich vorgesehen und dementsprechend bevorzugt für diesen Anwendungszweck ausgelegt.

[0035] Der Verbund aus Einzeldrähten weist vorteilhafterweise eine Querschnittsfläche kleiner $2,5 \text{ mm}^2$ und insbesondere kleiner $1,5 \text{ mm}^2$ auf. Die Querschnittsfläche ist insbesondere die Summe der Querschnittsformen der Außendrähte, d.h. das Zentrum ist ausgenommen. Bei zusätzlicher Verwendung eines Innendrahts, wird dieser entsprechend hinzugerechnet. Besonders verbreitet sind vor allem Querschnittsflächen von $0,35 \text{ mm}^2$, $0,75 \text{ mm}^2$ und 1 mm^2 , die auch vorliegend vorzugsweise verwendet sind.

[0036] Der Litzenleiter weist zweckdienlicherweise eine Schlaglänge auf, die bevorzugt 4 mm bis 30 mm beträgt. Dabei sind bei höheren Frequenzen geringere Schlaglängen vorteilhaft. Unter Schlaglänge wird die axiale Länge des Litzenleiters verstanden, die für eine 360° -Wicklung eines jeweiligen Einzeldrahtes benötigt wird. Im Unterschied zu herkömmlichen Litzen mit runden Einzeldrähten ist die Schlaglänge deutlich geringer, insbesondere etwa um den Faktor 2. Insbesondere ist die Schlaglänge auch zumindest weitgehend unabhängig von dem jeweiligen Durchmesser des Verbundes aus Einzeldrähten. Litzenleiter unterschiedlicher Durchmesser weisen daher gleiche oder zumindest vergleichbare Schlaglängen auf, die in dem angegebenen Bereich liegen. Bei herkömmlichen Verbünden variiert die Schlaglänge mit den Durchmessern. Untersuchungen haben ergeben, dass diese verkürzte Schlaglänge von besonderem Vorteil ist und ein unerwünschtes Verdrehen der ungerundeten Einzeldrähte um ihre Mittenachse aus der gewünschten Drehorientierung vermieden ist. Dadurch ist die definierte, gewünschte Ausrichtung der Einzeldrähte im Verbund sichergestellt.

[0037] Auf der Basis der hier vorgestellten Grundidee, also der Verwendung von vorgeformten Einzeldrähten mit ungerundem Querschnitt, lassen sich darüber hinaus auch Litzenleiter realisieren, die mehrere Lagen an Außendrähten aufweisen, wobei die einzelnen Lagen vorzugsweise konzentrisch zum Zentrum angeordnet sind. Auch bei diesen Litzenleitern lässt sich durch dieses Konzept eine bessere Raumaussnutzung erreichen.

[0038] Unabhängig von der Anzahl der Lagen aus Außendrähten erfolgt im Rahmen der Herstellung entsprechender Litzenleiter zunächst eine Vorfertigung der Einzeldrähte mit ungerundem Querschnitt, insbesondere durch einen üblicherweise mehrstufigen Ziehprozess. Nachfolgend werden die so in Form gebrachten Einzeldrähte bevorzugt einer Glühprozedur (Weichglühen) unterzogen, um die gewünschten biegeelastischen Eigenschaften der Einzeldrähte zu gewährleisten. In der Folge werden die Einzeldrähte dann verlitzt oder verseilt und schließlich mit der Isolierung versehen, wobei hierfür beispielsweise ein Extruder einer Verlitzmaschine unmittelbar nachgelagert ist. Eine Verpressung der Einzeldrähte oder des Verbundes aus Einzeldrähten sowie eine wei-

tere Glühprozedur nach dem Verlitzen wird nicht vorgenommen.

[0039] Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen jeweils schematisch und im Querschnitt:

Fig. 1 einen Litzenleiter mit einem Innendraht und mit mehreren Außendrähten

Fig. 2 in einer vergrößerten Querschnittsdarstellung einen der Außendrähte,

Fig. 3 ein Datenkabel, und

Fig. 4 eine Variante des Datenkabels.

[0040] Ein nachfolgend exemplarisch beschriebener und in Fig. 1 skizzierter Datenleiter 1 weist einen Litzenleiter 2 auf, welcher im Ausführungsbeispiel aus sieben Einzeldrähten aufgebaut, wobei sechs Einzeldrähte als Außendrähte 4 um ein Zentrum Z herum angeordnet sind, in welchem ein Zentralleiter, hier ein Innendraht 6 angeordnet ist. Der Innendraht 6 weist hierbei einen kreisförmigen Querschnitt auf und die Außendrähte 4 sind nach Art einer Gleichteilung um diesen Innendraht 6 herum positioniert. In einer nicht gezeigten, bevorzugten Variante wird auf den Innendraht 6 verzichtet, d.h. das Zentrum Z ist dann frei von einem Innendraht.

[0041] Die Außendrähte 4 sind identisch, d.h. gleichartig gestaltet und weisen eine Querschnittsform auf, welche in guter Näherung der Form eines Reuleaux-Dreiecks mit abgerundeten Ecken entspricht. Diese Querschnittsform ist in Fig. 2 vergrößert dargestellt und zu Vergleichszwecken zusammen mit einem gleichseitigen Dreieck mit einer Seitenlänge L abgebildet. Auf diese Weise ist zu erkennen, dass die Querschnittsform der Außendrähte 4, ausgehend von einer Dreiecksform, abgerundete Ecken aufweist. Zudem sind die Seiten nach außen gewölbt. Mit anderen Worten: die Querschnittsform der Außendrähte 4 ist aus zwei unterschiedlichen Kreissegmentformen aufgebaut, wobei die Ecken der Reuleaux-Dreiecks-Form jeweils durch eine Kreissegmentform mit einem Radius R_E gebildet werden und wobei die Seiten der Reuleaux-Dreiecks-Form jeweils durch eine Kreissegmentform mit einem Radius R_S gebildet werden.

[0042] Bei einem Litzenleiter 2 für ultradünne Fahrzeugleitungen liegt die Seitenlänge L beispielsweise im Bereich von 0,25 mm - 0,6 mm, insbesondere bei etwa 0,4 mm. Der Radius R_S beträgt etwa das 10-fache des Radius R_E und liegt beispielsweise bei 0,6 mm bis 1 mm, insbesondere bei 0,8 mm.

[0043] Der Verbund aus Außendrähten 4 und dem Innendraht 6 ist derart gestaltet, dass im Querschnitt betrachtet eine Ecke eines jeden Außendrahtes 4 punktuell am Innendraht 6 anliegt und dass zwischen benachbarten Außendrähten 4 ebenfalls eine Punktauflage, also eine punktuelle Berührung, gegeben ist.

[0044] Die Außendrähte 4 bilden zusammen eine geschlossene Außenlage 8 aus, durch die das Zentrum Z vollständig eingeschlossen ist. Die Außenlage 8 weist

weiter im Querschnitt betrachtet eine in guter Näherung kreisförmige Umfangskontur auf, wobei jedoch jeweils im Zwischenbereich zwischen zwei Außendrähten 4 umfangsseitig ein verbleibender Zwickel 10 gebildet ist. Diese Zwickel 10 sind allerdings im Vergleich zu einem Litzenleiter nach dem Stand der Technik, bei dem Außendrähte mit einem kreisförmigen Querschnitt um einen Innendraht mit ebenfalls kreisförmigem Querschnitt angeordnet sind, verhältnismäßig klein.

[0045] Der Datenleiter 1 weist außerdem eine die Außenlage umgebende Isolierung 12 auf, die üblicherweise durch eine Extrusion auf den Litzenleiter 2 aufgebracht wird. Durch die gewählte Querschnittsform der Außendrähte 4 und die infolgedessen relativ geringe Größe der Zwickel 10 ist die Wandstärke 14 der Isolierung 12 in Umfangsrichtung 16 gesehen in guter Näherung gleichbleibend und kann insbesondere sehr dünn eingestellt werden.

[0046] Aus den Fig. 1 und 2 wird zudem deutlich, dass der Litzenleiter 2 insgesamt eine besonders runde Umfangskontur aufweist. Dadurch eignet sich der Litzenleiter 2 besonders gut zur Verwendung in einem Datenkabel 18. Varianten eines solchen Datenkabels 18 sind in den Fig. 3 und 4 dargestellt. Dabei ergeben sich aufgrund der speziellen Form und Anordnung der Außendrähte 4 besonders homogene Verteilungen von Strom und Spannung, welche mittels des Litzenleiters 2 geführt werden. Die Gefahr von Teilentladungen ist deutlich reduziert und ebenso der Widerstand für den Strom, sodass sich insgesamt geringere Verluste ergeben.

[0047] Das in Fig. 3 gezeigte Datenkabel 18 ist als Koaxialkabel ausgebildet und weist einen Litzenleiter 2 auf, mit mehreren Außendrähten 4 wie in Fig. 1. Im Zentrum Z ist hier allerdings kein Innendraht 6 angeordnet, sondern ein Funktionselement 20. Dieses ist beispielsweise als Zugentlastung ausgebildet und dann eine Aramidfaser oder ein Stahlseil. Alternativ ist das Funktionselement 20 ein Latentwärmespeicher. Hierzu wird beispielsweise ein thermischer Zwischenspeicher auf Polymerbasis verwendet.

[0048] Der Litzenleiter 2 ist wiederum von der Isolierung 12 umgeben, welche hier zugleich ein Dielektrikum 22 des Datenkabels 18 ist. Litzenleiter 2 und das Dielektrikum 22 bilden den Datenleiter 1. Um das Dielektrikum 22 herum ist eine Schirmung 24 angeordnet, z.B. eine Schirmfolie, ein Geflecht oder eine Bandierung. Die Schirmung 24 ist wiederum von einem Außenmantel 26 umgeben. Durch die besonders runde Umfangskontur des Litzenleiters 2 ist der Abstand zwischen den Außendrähten 4 und der Schirmung 24 in Umfangsrichtung besonders homogen, weist also eine besonders geringe Varianz auf, wodurch die Übertragungseigenschaften des Datenkabels 18 deutlich verbessert sind.

[0049] In Fig. 4 ist ein weiteres Datenkabel 18 gezeigt, welches hier zweiadrig ausgebildet ist, d.h. mit zwei Litzenleitern 2. Bei diesen wurde sowohl auf einen Innendraht 6 als auch auf ein Funktionselement 20 verzichtet, sodass im Zentrum Z ein Leerraum vorliegt. Die Außen-

drähte 4 sind jeweils von einer Isolierung 12 umgeben, sodass insgesamt zwei Adern 28 ausgebildet sind. Diese sind in einem gemeinsamen Außenmantel 26 zusammengefasst. In einer nicht gezeigten Variante sind die beiden Adern 28 jeweils zusätzlich geschirmt oder alternativ oder zusätzlich sind beide Adern 26 von einer gemeinsamen Schirmung umgeben, um ein geschirmtes Aderpaar auszubilden. Zusätzlich sind die beiden Adern 28 entweder miteinander zu einem "twisted pair" verseilt oder als "untwisted pair" parallel zueinander geführt.

[0050] Das Weglassen des Innendrahts im Zentrum Z hat besonders beim Konfektionieren den Vorteil, dass ein an einer jeweiligen Ader 28 befestigter Crimp den Litzenleiter 2 symmetrisch teilt, d.h. die gerade Anzahl an Außendrähten 4 wird beim Verquetschen gleichmäßig auf die zwei Teilkammern des Crimps verteilt. Dadurch ergibt sich eine besonders gleichmäßige mechanische Belastung. Zugleich ist das Datenkabel 18 insgesamt leichter und benötigt weniger Material zur Fertigung.

Patentansprüche

1. Datenkabel mit einem Datenleiter, welcher einen von einer Isolierung umgebenen Litzenleiter aufweist, wobei der Litzenleiter einen unverpressten Verbund aus mehreren Einzeldrähten aufweist, welche gleichartig und als Außendrähte ausgebildet sind und welche um ein Zentrum herum angeordnet sind, wobei die Außendrähte mit einem unrunder Querschnitt ausgebildet sind, sodass im Querschnitt betrachtet die Ausdehnung der Außendrähte vom Zentrum ausgehend radial nach außen zunimmt.
2. Datenkabel nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei der Datenleiter von einer Schirmung umgeben ist.
3. Datenkabel nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei dieses als Koaxialkabel ausgebildet ist, bei welchem der Litzenleiter und die Schirmung konzentrisch angeordnet sind.
4. Datenkabel nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei dieses zwei Datenleiter aufweist, welche ein Aderpaar bilden.
5. Datenkabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Litzenleiter frei von einem Zentralleiter ist.
6. Datenkabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei im Zentrum des Litzenleiters ein Funktionselement angeordnet ist.
7. Datenkabel nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei das Funktionselement als Zugentlastung aus-

gebildet ist.

8. Datenkabel nach Anspruch 6, wobei das Funktionselement als Latentwärmespeicher ausgebildet ist.
9. Datenkabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Außendrähte jeweils eine dreieckige Querschnittsform aufweisen.
10. Datenkabel nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die Querschnittsform der Außendrähte abgerundete Ecken aufweist.
11. Datenkabel nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, wobei die Querschnittsform der Außendrähte nach außen gebogene Seiten aufweist.
12. Datenkabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei sich jeweils zwei benachbarte Außendrähte punktuell berühren.
13. Datenkabel nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei sich jeweils zwei benachbarte Außendrähte flächig berühren.
14. Litzenleiter, welcher einen unverpressten Verbund aus mehreren Einzeldrähten aufweist, welche gleichartig und als Außendrähte ausgebildet sind und um ein Zentrum herum angeordnet sind, welches frei von einem Zentralleiter ist, wobei die Außendrähte mit einem unrunder Querschnitt ausgebildet sind, sodass im Querschnitt betrachtet die Ausdehnung der Außendrähte vom Zentrum ausgehend radial nach außen zunimmt.

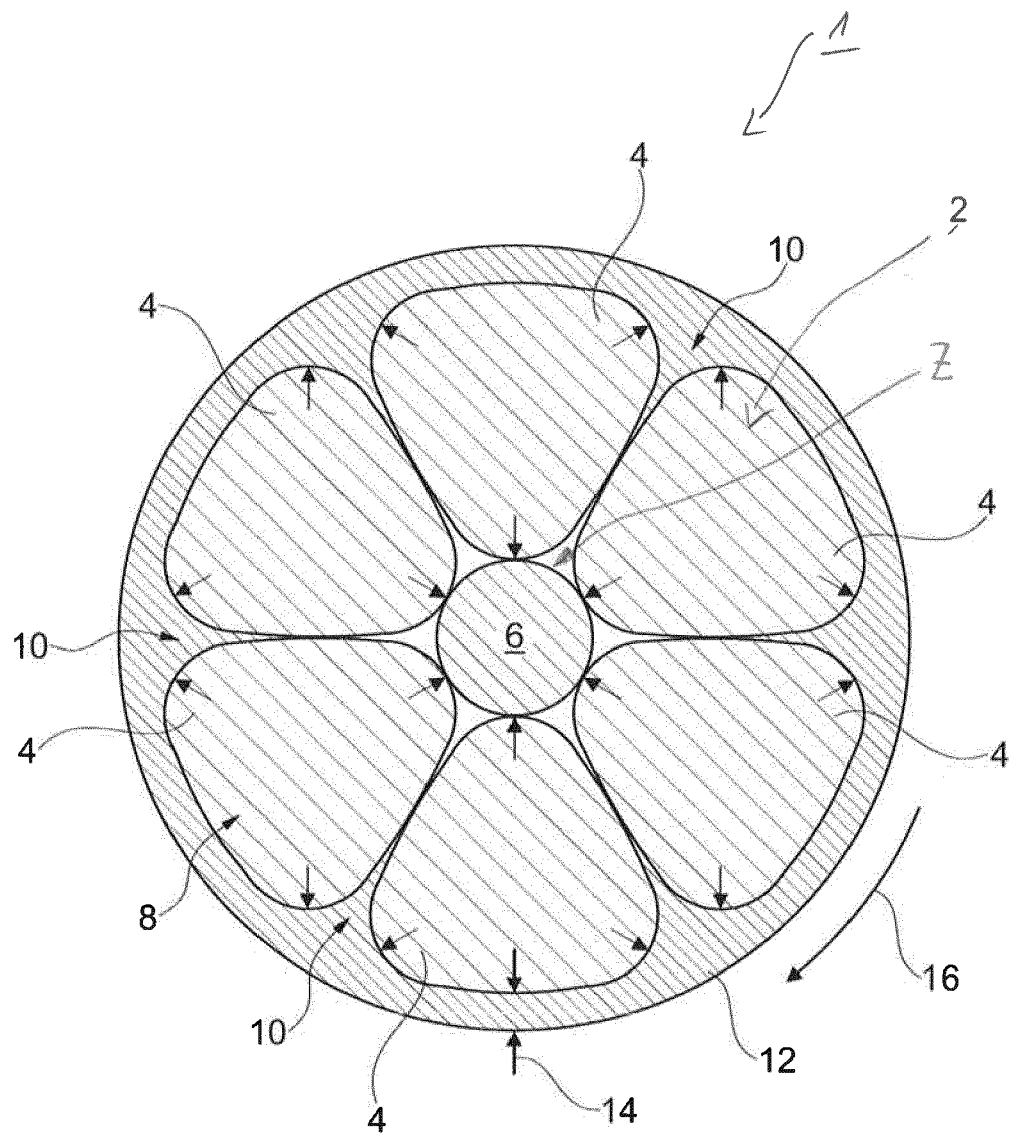


Fig. 1

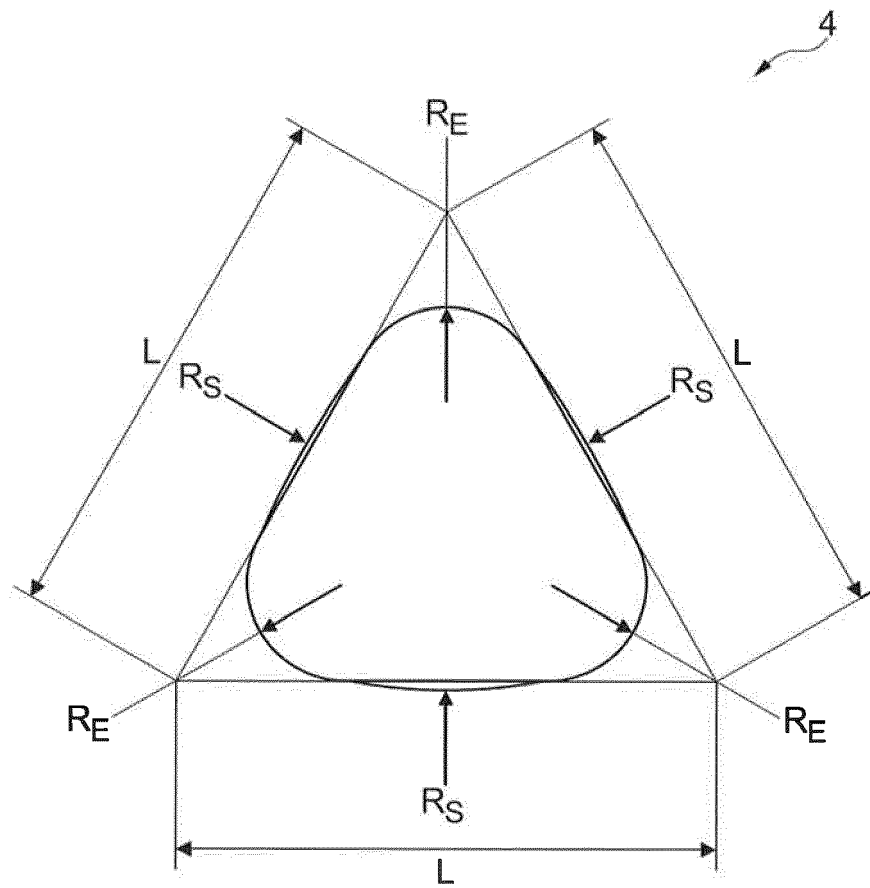


Fig. 2

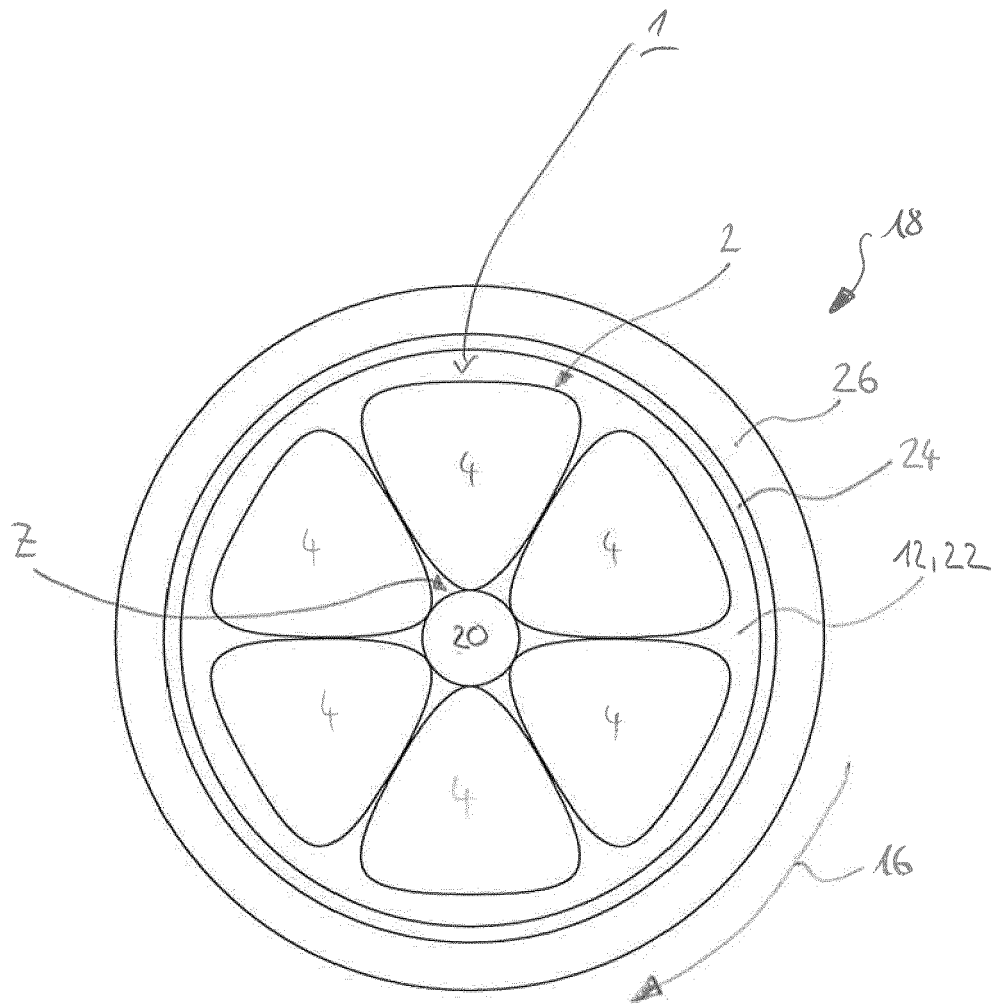


Fig. 3

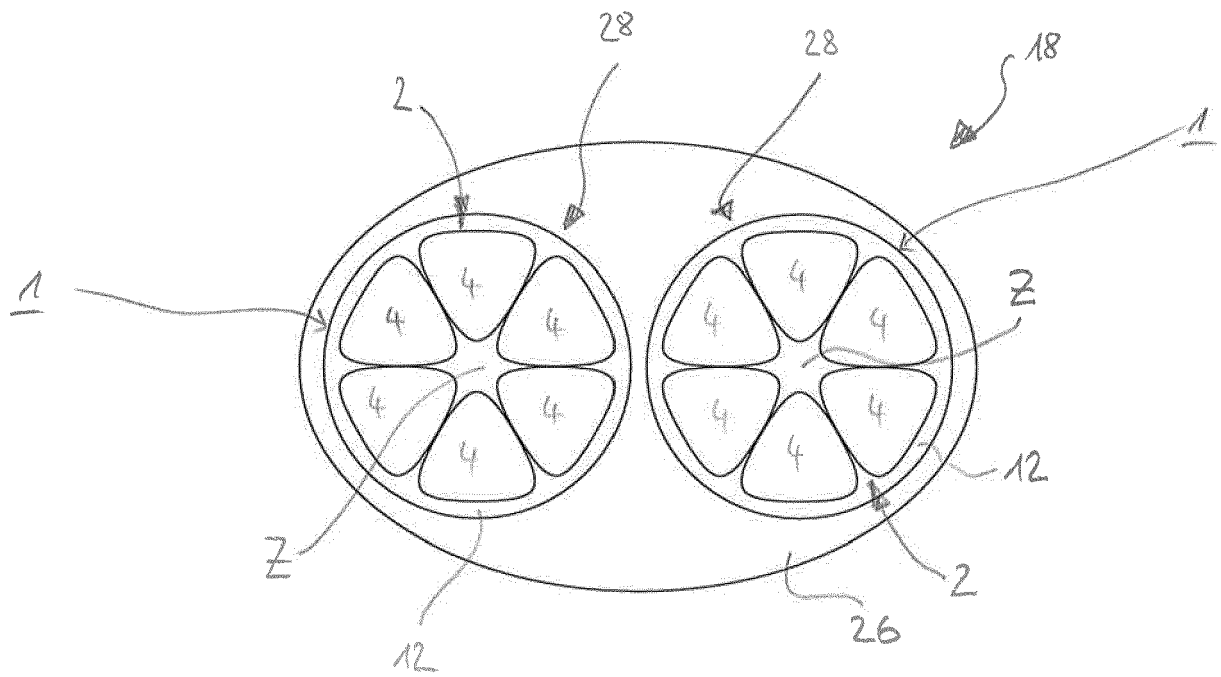


Fig. 4



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 17 15 0367

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,D	WO 2015/067717 A1 (LEONI KABEL HOLDING GMBH [DE]) 14. Mai 2015 (2015-05-14) * Seite 4, Spalte 4 - Seite 5, Spalte 4 * * Abbildungen 1, 2 *	1-13	INV. H01B7/00
X	DE 961 722 C (SIEMENS AG) 11. April 1957 (1957-04-11) * Seite 2, Zeile 44 - Zeile 49 * * Abbildung 1 *	1,9,10,13	ADD. H01B11/00 H01B7/30
X	JP S58 83708 U (NN) 7. Juni 1983 (1983-06-07) * Seiten 3, 5 * * Abbildungen 3(a), 3(b) *	1,5,9,10,14	
X	JP 2014 096349 A (KANZACC CO LTD) 22. Mai 2014 (2014-05-22) * Absätze [0001], [0031] * * Abbildungen 3(a), 3(b) *	14	
A	JP S55 61913 U (NN) 26. April 1980 (1980-04-26) * Abbildungen 1, 4 *	1,14	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) H01B
A	JP H07 153327 A (RIKEN ELECTRIC WIRE) 16. Juni 1995 (1995-06-16) * Absätze [0013], [0019]; Abbildung 1 *	1,14	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 5. Juli 2017	Prüfer Hillmayr, Heinrich
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 17 15 0367

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.

05-07-2017

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2015067717 A1	14-05-2015	CN 105745722 A	06-07-2016
		DE 102013222529 A1	07-05-2015
		EP 3025356 A1	01-06-2016
		JP 2016539485 A	15-12-2016
		KR 20160083085 A	11-07-2016
		US 2016247602 A1	25-08-2016
		WO 2015067717 A1	14-05-2015

DE 961722 C	11-04-1957	KEINE	

JP S5883708 U	07-06-1983	KEINE	

JP 2014096349 A	22-05-2014	JP 6147600 B2	14-06-2017
		JP 2014096349 A	22-05-2014

JP S5561913 U	26-04-1980	KEINE	

JP H07153327 A	16-06-1995	KEINE	

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 2015067717 A1 [0002]
- DE 102012014944 [0025]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **SCHYMURA M.A. ; FISCHER A.** Beitrag zur Untersuchung der Ermüdungseigenschaften dünner Drähte aus Kupferbasiswerkstoffen unter Biegewechselbeanspruchung nach ASTM B470 - 02. *Metall*, 2012, vol. 66 (11), ISSN 0026-0746, 514-517 [0012]