



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**01.03.2017 Patentblatt 2017/09**

(51) Int Cl.:  
**H01B 11/18** <sup>(2006.01)</sup> **H01B 3/42** <sup>(2006.01)</sup>  
**H01B 7/29** <sup>(2006.01)</sup> **H01B 11/00** <sup>(2006.01)</sup>  
**H01B 11/20** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **16184216.6**

(22) Anmeldetag: **15.08.2016**

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

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

(72) Erfinder: **KÖPPENDÖRFER, Erwin**  
**91126 Schwabach (DE)**

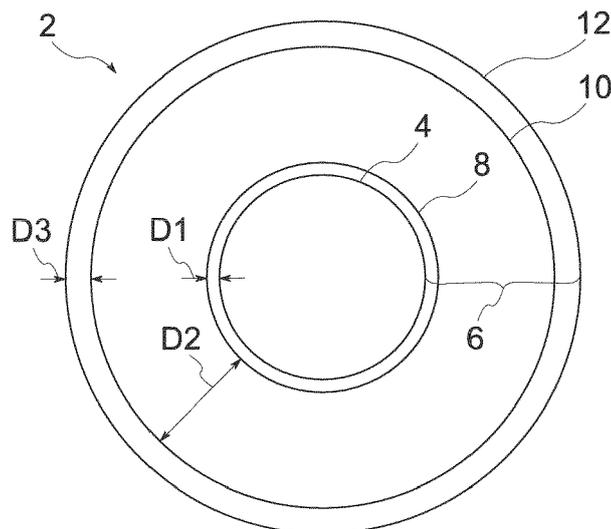
(74) Vertreter: **FDST Patentanwälte**  
**Nordostpark 16**  
**90411 Nürnberg (DE)**

(30) Priorität: **28.08.2015 DE 102015216470**

(54) **KABEL, INSBESONDERE DATENÜBERTRAGUNGSKABEL, ADER UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER SOLCHEN ADER**

(57) Es wird ein Kabel, insbesondere Datenübertragungskabel, angegeben, mit zumindest einer Ader (2), mit einem inneren Leiter (4) und einer direkt auf diesen aufgetragenen Aderummantelung (6), welche eine Dielektrikumschicht (10) aus einem geschäumten, unvernetzten thermoplastischen Kunststoff, bevorzugt Polyethylen oder Polypropylen, aufweist, wobei um die Dielek-

trikumschicht (10) eine Außenskin-Schicht (12) aus ungeschäumtem, chemisch vernetztem Polyethylen angeordnet ist. Die spezielle Aderummantelung (6) führt zu deutlich verbesserten Lötigenschaften. Weiterhin wird eine entsprechende Ader (2) angegeben sowie ein Herstellungsverfahren für diese.



**Fig. 1**

**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Kabel, insbesondere Datenübertragungskabel, eine Ader für ein solches Kabel sowie ein Verfahren zur Herstellung einer solchen Ader.

**[0002]** Grundsätzlich sind Kabelaufbauten bekannt, welche mehrere Schichten von vernetztem Polyethylen enthalten. Bei einem sogenannten Foam-Skin-PE Kabel zur Datenübertragung wird als eine Isolationsschicht ein geschäumtes Polyethylen verwendet, welches mit einer dünnen Schicht, die auch als Außenskin oder Außenskin-Schicht bezeichnet wird, als Außenmantel überzogen ist, wobei der gesamte Aufbau strahlenvernetzt wird. Dabei wird das zunächst unvernetzte Kabel als Ganzes einer typischerweise aufwändigen Elektronenstrahlvernetzung ausgesetzt. Das Ergebnis ist, dass alle Schichten von Polyethylen zumindest teilweise physikalisch vernetzt werden. Physikalisch vernetztes Polyethylen wird gemäß allgemeiner Nomenklatur als PE-Xc bezeichnet.

**[0003]** Andere Kabelaufbauten verzichten aufgrund des hohen Aufwands für die Elektronenstrahlvernetzung sämtlich auf eine Vernetzung. So wird beispielsweise in der US 2013/0180752 A1 ein Kabel beschrieben, welches um mehrere innere Leiter herum als Dielektrikum eine Dielektrikumschicht aus geschäumtem Polyethylen aufweist und als äußere Schicht, d.h. als Außenskin ein Polyethylen hoher Dichte, kurz PE HD, aufweist. Dieser Schichtaufbau ist weit verbreitet und für viele Anwendungen ausreichend.

**[0004]** In Fällen, in denen jedoch der innere Leiter mit anderen Leitern oder Kontaktelementen durch Löten verbunden werden soll, hat sich gezeigt, dass ein herkömmlicher Aufbau aufgrund des Hitzeeintrags während des Lötvorganges sehr schnell aufschmilzt. Dies gilt sowohl für ein Verlöten des inneren Leiters einer einzelnen Ader sowie besonders auch für ein Verlöten eines möglicherweise zusätzlichen äußeren Leiters, z.B. einer Schirmlage bei einem Datenkabel oder einem äußeren Leiter bei einem Koaxialkabel. Im Falle eines Hitzeeintrages fällt die geschäumte Dielektrikumschicht üblicherweise in sich zusammen, wodurch eine Impedanzfahlestelle entsteht, durch welche wiederum die Datenübertragung üblicherweise gestört wird. Bei großen Störungen im Dielektrikum kann sogar ein Kurzschluss entstehen. Herkömmliche Kabelaufbauten sind daher ausschließlich für manuelles Löten geeignet, wobei es hier merklich auf die Geschicklichkeit und Schnelligkeit der lötenden Person ankommt, ob das Kabel beschädigt wird oder nicht. Für industrielles Löten ist ein solcher Kabelaufbau aufgrund der geringen Fähigkeiten daher ungeeignet.

**[0005]** Vor diesem Hintergrund ist es eine Aufgabe der Erfindung, ein Kabel anzugeben sowie eine Ader hierfür, die einen Leiter und ein geschäumtes Dielektrikum aufweist, wobei der Leiter durch automatisches Löten mit anderen Komponenten verbunden werden kann. Dabei soll das Kabel beim Löten einen Hitzeeintrag möglichst ohne Schaden zu nehmen überstehen. Desweiteren soll ein Herstellungsverfahren für die Ader angegeben werden.

**[0006]** Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Kabel mit den Merkmalen gemäß Anspruch 1 sowie durch eine Ader mit den Merkmalen gemäß Anspruch 11. Weiterhin wird die Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zur Herstellung einer elektrischen Ader mit den Merkmalen gemäß Anspruch 12. Vorteilhafte Ausgestaltungen, Weiterbildungen und Varianten sind Gegenstand der Unteransprüche. Dabei gelten die im Zusammenhang mit dem Kabel genannten Vorteile und Ausgestaltungen sinngemäß auch für die Ader sowie das Verfahren und umgekehrt.

**[0007]** Das Kabel ist insbesondere als Datenübertragungskabel ausgebildet, beispielsweise als symmetrisches Datenkabel oder Koaxialkabel. Das Kabel weist zumindest eine Ader auf, mit einem inneren Leiter und einer direkt auf diesen aufgetragenen Aderummantelung, welche eine Dielektrikumschicht aus einem geschäumten, unvernetzten thermoplastischen Kunststoff aufweist, wobei um die Dielektrikumschicht eine Außenskin-Schicht aus ungeschäumtem, chemisch vernetztem Polyethylen angeordnet ist. Dabei ist die Aderummantelung direkt auf einen Außenumfang, d.h. eine Mantelfläche des Leiters aufgebracht. Der thermoplastische Kunststoff, aus welchem die Dielektrikumschicht gefertigt ist, ist insbesondere ein Olefin, bevorzugt ein Polyethylen oder ein Polypropylen.

**[0008]** Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, dass das Kabel, im Folgenden auch ohne Einschränkung als Datenübertragungskabel bezeichnet, besonders einfach verlötet werden kann, d.h. insbesondere, dass nach einem Lötvorgang das Kabel keine Impedanzfahlestelle und keinen Kurzschluss aufweist. Der wesentliche Kerngedanke besteht hierbei insbesondere in der speziellen Kombination aus einem unvernetzten Kunststoff als Dielektrikumschicht und einem chemisch vernetzten Kunststoff als Außenskin-Schicht. Gegenüber physikalisch vernetztem, d.h. insbesondere strahlenvernetztem Polyethylen wird insbesondere der technische Vorteil erzielt, dass ausschließlich die Außenskin-Schicht vernetzt. Alle anderen Schichten bleiben hingegen unvernetzt. Auf diese Weise wird auf eine aufwendige Strahlenvernetzung verzichtet und vorteilhafterweise lediglich die Außenskin-Schicht vernetzt, während die Dielektrikumschicht unvernetzt bleibt, d.h. die Aderummantelung wird sozusagen lediglich lokal vernetzt, nämlich im Bereich der Außenskin-Schicht. Ein unvernetzter Kunststoff zur Ausbildung der Dielektrikumschicht hat nun den Vorteil, dass insgesamt bessere mechanische Eigenschaften erzielt werden, wodurch die Ader mit unvernetztem Kunststoff als Dielektrikum gegenüber einer Ader mit vernetztem Kunststoff eine höhere Anzahl von Biegezyklen ohne Ausfall übersteht. Insbesondere wird durch das lokale Vernetzen auch eine stoffschlüssige Verbindung verhindert, sodass bei einem Zusammenfallen der geschäumten Dielektrikumschicht die Außenskin-Schicht weiterhin intakt bleibt, d.h. deren Struktur erhalten bleibt.

**[0009]** Die Ader besteht aus einem inneren Leiter, beispielsweise einem massiven Leiter oder einem Litzenleiter,

sowie einer Aderummantellung, welche direkt auf den Außenumfang des Leiters aufgebracht ist. Die Aderummantellung weist insbesondere mehrere Schichten auf, zumindest jedoch die Dielektrikumschicht und die Außenskin-Schicht. Die Dielektrikumschicht dient der elektrischen Isolation der Ader und stellt vorzugsweise zusätzlich einen bestimmten Abstand zwischen dem inneren Leiter und benachbarten Bauelementen im Kabel sicher. Dabei weist die Aderummantellung eine Gesamtdicke auf und die Dielektrikumschicht eine Dicke, welche einen wesentlichen Teil der Gesamtdicke ausmacht, vorzugsweise etwa 65 bis 95 %.

**[0010]** In einem symmetrischen Datenübertragungskabel mit mehreren Adern, wie beispielsweise einem paarigen Datenübertragungskabel oder einem Sternviererkabel, wird durch die Dicke der Dielektrikumschicht insbesondere ein definierter Abstand zwischen den Adern, insbesondere den inneren Leitern der Adern erzielt. In einem nicht symmetrischen Datenübertragungskabel, wie beispielsweise einem Koaxialkabel, wird durch die Dielektrikumschicht ein definierter Abstand zwischen dem inneren Leiter und einem Schirm oder äußeren Leiter definiert. Durch einen solchen definierten Abstand zwischen verschiedenen Bauteilen werden Impedanzschwankungen effizient vermieden, welche ansonsten zu Störungen in der Datenübertragung, z.B. durch Reflektionen, führen würden, was letztlich die mögliche maximale Datenübertragungsrate senkt.

**[0011]** Die Dielektrikumschicht der Aderummantellung weist eine Schicht aus einem geschäumten, unvernetzten thermoplastischen Kunststoff insbesondere auf Olefinbasis auf. Dabei hat das Schäumen den vorteilhaften Effekt, dass die relative Permittivität, die auch Dielektrizitätszahl genannt wird, gegenüber einem gleichen Kunststoff in ungeschäumter Form gesenkt wird, wodurch letztlich eine Beeinflussung der Impedanz, Abmessung, Kapazität und Dämpfung in an sich bekannter Weise erfolgt und hierdurch wiederum eine höhere Datenübertragungsgeschwindigkeit erzielt werden kann.

**[0012]** Um die Dielektrikumschicht herum, d.h. insbesondere an einem äußeren Rand der Dielektrikumschicht aus unvernetzten, geschäumten thermoplastischen Kunststoff, befindet sich die Außenskin-Schicht, auch dünne Schicht oder Außenskin genannt, aus ungeschäumtem, chemisch vernetztem Polyethylen, welches auch als PE-Xa, PE-Xb, PEX-d bezeichnet wird. Dabei erfolgt bei PE Xa eine peroxidische Vernetzung, bei PE Xb eine Silanvernetzung und bei PE Xd eine Azovernetzung im Salzbad. Die Außenskin-Schicht bildet vorteilhafterweise ein stabiles Rohr, das die Dielektrikumschicht, d.h. eine Schicht aus weichem geschäumtem, unvernetztem thermoplastischem Kunststoff umgibt. Falls die Wärmemenge zu einem teilweisen Aufschmelzen der Dielektrikumschicht an einem Ende der Ader führen sollte, so bildet die Außenskin-Schicht aufgrund ihrer Stabilität einen ausreichenden Schutz zumindest gegen einen Kurzschluss des inneren Leiters mit anderen leitenden Bauelementen des Kabels.

**[0013]** Versuche zeigten weiterhin, dass ein solcher Außenskin die Lötbarkeit der Ader verbessert. Dies wird insbesondere darauf zurückgeführt, dass das vernetzte Polyethylen einerseits selbst eine höhere Dauergebrauchstemperatur von insbesondere bis zu 150°C gegenüber einem nicht chemisch vernetzten Polyethylen mit einer Dauergebrauchstemperatur von insbesondere etwa 85°C aufweist. Durch die geringe Wärmeleitfähigkeit der Schichten wird die geschäumte Dielektrikumschicht vorteilhaft weniger erwärmt.

**[0014]** In einer bevorzugten Variante ist der thermoplastische Kunststoff der Dielektrikumschicht ein geschäumtes Polyethylen, kurz PE-LD, d.h. insbesondere die Dielektrikumschicht besteht aus PE-LD. Dies hat den Vorteil, dass aufgrund der ähnlichen Materialien eine gute Verbindung mit der Außenskin-Schicht erzielt wird.

**[0015]** In einer bevorzugten Variante ist der thermoplastische Kunststoff der Dielektrikumschicht ein geschäumtes Polypropylen, kurz PP-E, d.h. insbesondere die Dielektrikumschicht besteht aus PP-E. Dies hat den Vorteil, dass bei Einsatz von PP-E eine um bis zu 20°C höhere Dauergebrauchstemperatur erzielt wird, wodurch die Lötbarkeit zusätzlich verbessert wird.

**[0016]** Die Außenskin-Schicht weist eine Dicke auf, welche bevorzugt im Bereich von 70 bis 150 µm, d.h. Mikrometer, liegt und besonders bevorzugt im Bereich von 80 bis 120 µm. Bei geringeren Dicken wurde gefunden, dass die Wärmekapazität der Außenskin-Schicht nicht ausreichend ist, sodass bei einem Lötvorgang von etwa 10 Sekunden bereits regelmäßig ein Schaden an dem Kabel entsteht. Die obere Grenze des bevorzugten Bereichs ist insbesondere durch die notwendige Flexibilität des Kabels bedingt.

**[0017]** Die Außenskin-Schicht weist zweckmäßigerweise einen Vernetzungsgrad G von größer 50%, vorzugsweise größer 60% auf. Bei geringerem Vernetzungsgrad ist die Dauergebrauchstemperatur üblicherweise zu niedrig. Beim Vernetzen bilden einzelne Polymerketten untereinander Vernetzungsstellen aus. Der Vernetzungsgrad ist insbesondere durch die Anzahl an Vernetzungsstellen relativ zur Gesamtanzahl an Polymerketten bestimmt. Insbesondere ist der Vernetzungsgrad proportional zur sogenannten Verschlaufungsdichte.

**[0018]** Die Außenskin-Schicht besteht bevorzugterweise aus ungeschäumtem, silanvernetztem Polyethylen. Gemäß Nomenklatur wird diese Form des vernetzten Polyethylen als PE-Xb bezeichnet. Durch eine silanvernetzte Außenskin-Schicht wird eine besonders gute Temperaturrestistenz beim Löten erzielt.

**[0019]** In einer bevorzugten Weiterbildung ist insbesondere als Teil oder weitere Schicht der Aderummantellung eine zusätzliche Innenskin-Schicht, kurz Innenskin ausgebildet. Diese ist zweckmäßigerweise direkt am Außenumfang des inneren Leiters angeordnet, d.h. zwischen dem innerem Leiter und der Dielektrikumschicht. Die Innenskin-Schicht besteht dann aus insbesondere ungeschäumtem Polyethylen. Durch eine solche Innenskin-Schicht wird insbesondere die Wär-

meübertragung zwischen dem inneren Leiter und der Dielektrikumschicht verringert, sodass die Lötseigenschaften beim Verlöten des inneren Leiters wesentlich verbessert werden.

**[0020]** Besonders vorteilhaft ist hierbei Ausbildung der Innenskin-Schicht aus einem insbesondere chemisch vernetzten Polyethylen, wodurch die Ader beim Löten besonders effektiv gegen einen Wärmeeintrag abgeschirmt ist.

**[0021]** Besonders bevorzugt ist eine Variante mit einem ungeschäumten und chemisch vernetzten Polyethylen, wodurch das Lötverhalten weiter verbessert ist, da hier insbesondere durch die höhere Dauergebrauchstemperatur der Innenskin-Schicht eine wesentlich längere Lötdauer gegenüber einem ungeschäumten, unvernetzten Polyethylen ermöglicht wird.

**[0022]** Die Innenskin-Schicht weist vorzugsweise eine Dicke von 25 bis 100  $\mu\text{m}$  auf, bevorzugt 50 bis 80  $\mu\text{m}$ . Mit diesem Dickenbereich wurden in Versuchen die besten Lötsergebnisse erzielt.

**[0023]** Die Ader eignet sich besonders zur Ausbildung des Kabels als Koaxialkabel. Dieses weist dann zweckmäßigerweise einen äußeren Leiter auf, welcher den inneren Leiter und auch die Dielektrikumschicht umgibt, und einen Außenmantel, welcher den äußeren Leiter umgibt. Der äußere Leiter bildet dann insbesondere einen Schirm für den inneren Leiter, ist also eine Schirmlage. Durch die oben erwähnten vorteilhaften Lötseigenschaften, bleibt beim Löten insbesondere auch die Struktur des Koaxialkabels vorteilhaft erhalten, besonders der durch die Dielektrikumschicht vorgegebene Abstand zwischen innerem und äußerem Leiter. Dabei ist insbesondere sowohl ein Verlöten des inneren wie auch des äußeren Leiters mit den genannten Vorteilen möglich.

**[0024]** Das Koaxialkabel besteht in einer geeigneten Variante aus einer Ader mit einem inneren Leiter, vorzugsweise einer direkt auf den inneren Leiter aufgetragenen Innenskin-Schicht, einer darauf aufgetragenen Dielektrikumschicht und einer am äußeren Rand der Dielektrikumschicht befindlichen Außenskin-Schicht, sowie einem Schirm und einem Mantel. Der Mantel ist vorzugsweise ein Außenmantel des Kabels.

**[0025]** In einer geeigneten Variante ist das Kabel ein symmetrisches Datenkabel, mit zumindest zwei Adern, die jeweils einen inneren Leiter und eine direkt auf diesen aufgetragene Aderummantelung aufweisen, welche eine Dielektrikumschicht aus einem geschäumten, unvernetzten thermoplastischen Kunststoff aufweist, wobei um die jeweilige Dielektrikumschicht eine Außenskin-Schicht aus ungeschäumtem, chemisch vernetztem Polyethylen angeordnet ist.

**[0026]** Das symmetrische Datenkabel besteht in einer geeigneten Variante aus zumindest zwei Adern, oder auch vier, sechs, oder einer höheren geraden Anzahl von Adern mit jeweils einem inneren Leiter, vorzugsweise einer direkt auf den inneren Leiter aufgetragenen Innenskin-Schicht, einer darauf aufgetragenen Dielektrikumschicht und einer am äußeren Rand der Dielektrikumschicht befindlichen Außenskin-Schicht, sowie einen um alle Adern herum aufgetragenen einzelnen Schirm, d.h. einer gemeinsamen Schirmlage, oder um jeweils zwei Adern aufgetragenen Schirmen und einem Mantel, welcher den einzelnen Schirm bzw. alle Schirme umgibt. Der Mantel ist dann insbesondere ein Außenmantel des Kabels.

**[0027]** In einer vorteilhaften Weiterbildung weist das Kabel eine Schirmlage auf, welche die Adern umgibt. Mit anderen Worten: um die Außenskin-Schichten der Adern herum ist ein Schirm aufgebracht oder angeordnet, d.h. der Schirm umgibt zumindest die Außenskin-Schichten zweier Adern. Die Adern eines solchen Kabels werden üblicherweise miteinander verseilt und sind dann insbesondere miteinander verdreht. Die Schirmlage ist beispielsweise als D-Schirm ausgebildet, d.h. als Draht, welcher um die Adern herumgesponnen ist.

**[0028]** Der Schirm, d.h. die Schirmlage ist besonders beim Koaxialkabel und beim symmetrischen Datenkabel, allgemein beim Kabel bevorzugterweise ein C-Schirm, d.h. ein Geflechschirm, alternativ ein D-Schirm, d.h. Wendel- oder Spiralschirm, oder ein St-Schirm, d.h. statischer Schirm, wie beispielsweise Folienschirm, der auch B-Schirm genannt wird. In weiteren Schichten können darüber hinaus noch weitere Schirmungen angeordnet sein.

**[0029]** In einer zweckmäßigen Ausgestaltung wird zumindest eine Schirmlage direkt auf die Außenskin-Schicht aufgebracht oder angeordnet, d.h. insbesondere in Kontakt mit der Außenskin-Schicht. Dadurch wird insbesondere erreicht, dass beim Löten der Schirmlage die Außenskin-Schicht die beim Löten erzeugte Wärme aufnimmt und die darunterliegenden Schichten schützt. Es hat sich gezeigt, dass eine direkt unter der Schirmlage angeordnete Außenskin-Schicht aus nicht geschäumtem, chemisch vernetztem Polyethylen die Zeitdauer einer Wärmeeinwirkung während des Verlötens vor Beeinträchtigung der geschäumten Dielektrikumschicht drastisch erhöht, sodass ein automatischer Lötprozess bei einem solchen Aufbau ohne Probleme verwendet werden kann.

**[0030]** Das gesamte Koaxialkabel oder das symmetrische Datenkabel weist zweckdienlicherweise einen Außenmantel auf, auch als Kabelmantel bezeichnet, welcher um die Ader und insbesondere die Schirmlage herum angeordnet ist, und damit eine äußere Lage bildet. Der Außenmantel ist somit insbesondere direkt Umwelteinflüssen ausgesetzt und schützt alle innenliegenden Schichten und Bauelemente vor solchen Umwelteinflüssen.

**[0031]** Für die Herstellung einer elektrischen Ader wird zunächst ein elektrischer Leiter bereitgestellt. Dieser wird durch einen Extrusionskopf geführt. Der Extrusionskopf ist mit mehreren Extrudern verbunden. Dabei wird von jedem Extruder ein Material zur Verfügung gestellt.

**[0032]** Die Dielektrikumschicht wird aufgebracht, indem ein Dielektrikum-Extruder einen geschäumten, unvernetzten thermoplastischen Kunststoff bereitstellt und dieses Material über einen Dielektrikum-Bereich im Extrusionskopf um den Leiter herum aufbringt. In einer geeigneten Variante wird die Dielektrikumschicht direkt auf den Leiter aufextrudiert. Das

Material für die Dielektrikumschicht wird physikalisch oder chemisch geschäumt. Eine chemische Schäumung erfolgt beispielsweise durch Einbringen eines Treibmittels wie z.B. Azodicarbonamid, kurz ADCA. Physikalisches Schäumen erfolgt beispielsweise durch Einbringen eines Inertgases wie z.B. Kohlendioxid oder Stickstoff.

**[0033]** Im Dielektrikum-Extruder wird bevorzugterweise das Material Polyethylen oder Polypropylen bereitgestellt.

**[0034]** Die Außenskin-Schicht wird aufgebracht, indem ein Außenskin-Extruder ein ungeschäumtes, chemisch vernetztes Polyethylen bereitstellt und dieses Material über einen Außenskin-Bereich im Extrusionskopf direkt auf die Dielektrikumschicht aufbringt. Bevorzugterweise wird das chemisch vernetzte Polyethylen hierbei durch Extrusion von insbesondere unmittelbar vor der Extrusion gemischten Komponenten aus einem silanvernetzbaaren Compound und einem Vernetzungsaktivator im Außenskin-Extruder erhalten. Mit anderen Worten: die zur Herstellung von vernetztem Polyethylen benötigten Komponenten, die insbesondere zunächst jeweils als Granulat bereitgestellt werden, werden vor der Extrusion gemischt. Das Mischen erfolgt entweder manuell, bevorzugt jedoch direkt an einer Einzugszone des Außenskin-Extruders mithilfe einer Dosierstation. Dabei ist eine automatische Mischung mithilfe einer Dosierstation besonders prozesssicher. Im Außenskin-Extruder werden dann der aufgeschmolzene Compound und der aufgeschmolzene Vernetzungsaktivator vermischt. Unter unmittelbar wird dann insbesondere verstanden, dass die Verweildauer der Komponenten im Außenskin-Extruder weniger als etwa 30 min beträgt, da bei diesem Mischen im Außenskin-Extruder bereits die Vernetzung einsetzt und insbesondere noch nicht vollständig abgeschlossen ist.

**[0035]** Dabei wird in einer bevorzugt Variante zusätzlich eine Innenskin-Schicht auf den inneren Leiter aufgebracht, indem ein insbesondere ungeschäumtes Polyethylen durch einen Innenskin-Extruder bereitgestellt wird und über einen Innenskin-Bereich im Extrusionskopf direkt auf den elektrischen Leiter aufextrudiert wird. Vorzugsweise wird die Innenskin-Schicht zudem insbesondere ähnlich der Außenskin-Schicht als chemisch vernetzte Innenskin-Schicht aus Polyethylen hergestellt.

**[0036]** Der Extrusionskopf ist zweckmäßigerweise ein Co-Extrusionskopf, zur Extrusion mehrerer Schichten um den inneren Leiter herum. Der Extrusionskopf weist dann mehrere Stufen auf, nämlich den Innenskin-Bereich als ersten Bereich, den Dielektrikum-Bereich als zweiten Bereich und den Außenskin-Bereich als dritten Bereich. In einer Variante weist der Extrusionskopf lediglich die beiden letztgenannten Bereiche auf und es wird entsprechend keine Innenskin-Schicht extrudiert.

**[0037]** Dabei erfolgt die Extrusion der Außenskin-Schicht, der Dielektrikumschicht und im Falle einer zusätzlichen Innenskin-Schicht auch deren Extrusion insbesondere in einem Mehrschichtverfahren, d.h. einem Zwei- bzw. Dreischichtverfahren. Hierbei werden die Außenskin-Schicht, die Dielektrikumschicht und bei Vorhandensein auch die Innenskin-Schicht in einem gemeinsamen Extrusionskopf und zur selben Zeit über die diversen Bereiche des Extrusionskopfs aufgebracht.

**[0038]** Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen jeweils schematisch und im Querschnitt:

Fig. 1 eine elektrische Ader,

Fig. 2 ein als Koaxialkabel ausgebildetes Kabel,

Fig. 3 ein als symmetrisches Datenkabel ausgebildetes Kabel.

**[0039]** In den Figuren sind gleichwirkende Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

**[0040]** In Fig. 1 ist eine Ader 2 dargestellt mit einem inneren Leiter 4 und einer Aderummantelung 6. Diese weist in dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel eine Innenskin-Schicht 8 und eine Dielektrikumschicht 10. In einer nicht gezeigten Variante ist auf die Innenskin-Schicht 8 verzichtet und die Dielektrikumschicht 10 ist direkt auf den Leiter 4 aufgebracht. Die Ader 2 weist weiterhin eine Außenskin-Schicht 12 auf, welche um die Dielektrikumschicht 10 herum angeordnet ist. Die Dielektrikumschicht 10 ist hier aus einem geschäumten, unvernetzten thermoplastischen Kunststoff auf Olefinbasis gefertigt.

**[0041]** In dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel weist die Innenskin-Schicht 8 eine Dicke D1 von etwa 60  $\mu\text{m}$  auf, die Dielektrikumschicht 10 eine Dicke D2 von etwa 1,35 mm und die Außenskin-Schicht 12 eine Dicke D3 von etwa 90  $\mu\text{m}$ . Damit macht die Dicke D2 der Dielektrikumschicht etwa 90 % einer Gesamtdicke der Aderummantelung 6 aus.

**[0042]** Fig. 2 zeigt ein Kabel 14, welches als Koaxialkabel ausgebildet ist. Das Kabel 14 weist eine Ader 2 gemäß Fig. 1 auf, die von einem äußeren Leiter 16 umgeben ist. Der innere Leiter 4 und der äußere Leiter 16 bilden somit zwei konzentrische Leiter des Koaxialkabels, zwischen denen die Dielektrikumschicht 10 als Dielektrikum mit einer bestimmten Dicke D2 angeordnet ist. Um den äußeren Leiter 16 herum ist ein Außenmantel 18 angeordnet. Der äußere Leiter 16 bildet zudem eine Schirmlage 20.

**[0043]** Fig. 3 zeigt eine Variante des Kabels 14, welches hier als symmetrisches Datenkabel ausgebildet ist, mit zwei Adern 2, die jeweils gemäß Fig. 1 ausgebildet sind. Die beiden Adern 2 sind gemeinsam von einer Schirmlage 20 umgeben, die wiederum von einem Außenmantel 18 umgeben ist.

## EP 3 136 402 A1

**[0044]** Die folgende Tabelle 1 zeigt Ergebnisse aus Vergleichstest der jeweiligen Lötignung im Vergleich zu herkömmlichen Kabeln von sehr schlecht (--) bis sehr gut (++). Als Vergleich, d.h. als Referenz dient hierbei eine herkömmliche Ader 2, welche lediglich einen Leiter 4 aus Kupfer mit einer darauf aufgetragenen geschäumten Dielektrikumschicht 10 als Aderummantelung 6 aufweist.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

5  
10  
15  
20  
25  
30  
35  
40  
45  
50  
55

Tabelle 1

Nr.	innerer Leiter	Innenskin-Schicht	Dielektrikumschicht	Außenskin-Schicht	äußerer Leiter	Außenmantel	Lötleignung
Ref.	Cu	-	PE-LD oder PP-X/EPP	-	-	-	-
1	Cu	-	PE-LD	PE-Xb	-	-	+
2	Cu	PE-Xb	PE-LD	PE-Xb	-	-	++
3	Cu	PE-Xb	PE-LD	PE-Xb	D-Schirm	PVC	innerer Leiter ++ äußerer Leiter ++
4	Cu	PE-Xb	PP-X / EPP	PE-Xb	D-Schirm	PVC	innerer Leiter ++ Schirmlage++

[0045] In der Versuchsreihe 1 wurde eine Ader 2 mit einem inneren Leiter 4 aus Kupfer, ohne Innenskin-Schicht 8, einer Dielektrikumschicht 10 aus geschäumtem, unvernetztem Polyethylen, kurz PE-LD, einer Außenskin-Schicht 12 aus ungeschäumtem, silanvernetztem Polyethylen, kurz PE-Xb, ohne äußeren Leiter 16 oder Schirmlage 20 und ohne Außenmantel 18 getestet. Diese Ader 2 zeigt bereits gutes Lötverhalten (+) bei Verlotung des inneren Leiters 4 gegenüber Adern gemäß dem Stand der Technik.

[0046] In der Versuchsreihe 2 wurde eine Ader, wie in Fig. 1 gezeigt, getestet. Die Ader 2 besteht aus einem inneren Leiter 4 aus Kupfer, einer Innenskin-Schicht 8 aus ungeschäumtem, silanvernetztem Polyethylen, kurz PE-Xb, einer Dielektrikumschicht 10 aus geschäumtem, unvernetztem Polyethylen, kurz PE-LD, einer Außenskin-Schicht 12 aus ungeschäumtem, silanvernetztem Polyethylen, kurz PE-Xb, keinem äußeren Leiter 16, keiner Schirmlage 20 und keinem Außenmantel 18. Aufgrund der Innenskin-Schicht 8 zeigt diese Ader 2 gegenüber der Versuchsreihe 1 ein deutlich verbessertes Lötverhalten (++) bei Verlotung des inneren Leiters 4.

[0047] In der Versuchsreihe 3 wurde ein als Koaxialkabel ausgebildetes Kabel 14, wie in Fig. 2 gezeigt, getestet. Das Koaxialkabel besteht aus einer Ader 2 mit einem inneren Leiter 4 aus Kupfer, einer Innenskin-Schicht 8 aus ungeschäumtem, silanvernetztem Polyethylen, kurz PE-Xb, einer Dielektrikumschicht 10 aus geschäumtem, unvernetztem Polyethylen, kurz PE-LD, einer Außenskin-Schicht 12 aus ungeschäumtem, silanvernetztem Polyethylen, kurz PE-Xb, einem äußeren Leiter 16, der hier ein D-Schirm ist, und einem Außenmantel 18 aus PVC. Aufgrund der Innenskin-Schicht 8 zeigen sowohl der innere Leiter 4 als auch der äußere Leiter 16 und somit das Kabel 14 insgesamt ein deutlich verbessertes Lötverhalten (++) .

[0048] In der Versuchsreihe 4 wurde ein symmetrisches, d.h. paariges Datenkabel ausgebildetes Kabel 14, wie in Fig. 3 gezeigt, getestet. Das Datenkabel besteht aus zwei miteinander verseilten Adern 2 mit jeweils einem inneren Leiter 4 aus Kupfer, einer Innenskin-Schicht 8 aus ungeschäumtem, silanvernetztem Polyethylen, kurz PE-Xb, einer Dielektrikumschicht 10 aus geschäumtem, unvernetztem Polyethylen, kurz PE-LD, einer Außenskin-Schicht 12 aus ungeschäumtem, silanvernetztem Polyethylen, kurz PE-Xb, sowie einer beide Adern 2 umgebenden Schirmlage 20, die hier ein D-Schirm ist und einem die Schirmlage 20 umgebenden Außenmantel 18 aus PVC. Aufgrund der Innenskin-Schicht 8 zeigen die Adern 2 sowie die Schirmlage 20 und somit das Kabel 14 insgesamt ein deutlich verbessertes Lötverhalten (++) .

#### Bezugszeichenliste

#### [0049]

2	Ader
4	innerer Leiter
6	Aderummantelung
8	Innenskin-Schicht
10	Dielektrikumschicht
12	Außenskin-Schicht
14	Kabel
16	äußerer Leiter
18	Außenmantel
20	Schirmlage
D1, D2, D3	Dicke

#### Patentansprüche

1. Kabel (14), insbesondere Datenübertragungskabel, mit zumindest einer Ader (2), mit einem inneren Leiter (4) und einer direkt auf diesen aufgebracht Aderummantelung (6), welche eine Dielektrikumschicht (10) aus einem geschäumten, unvernetzten thermoplastischen Kunststoff aufweist,

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** um die Dielektrikumschicht (10) eine Außenskin-Schicht (12) aus ungeschäumtem, chemisch vernetztem Polyethylen angeordnet ist.

2. Kabel (14) nach Anspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** der thermoplastische Kunststoff der Dielektrikumschicht (10) ein geschäumtes Polyethylen oder Polypropylen ist.

3. Kabel (14) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Außenskin-Schicht (12) eine Dicke (D3) im Bereich von 70 bis 150  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise 80 bis 120  $\mu\text{m}$ , aufweist.
- 5
4. Kabel (14) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Außenskin-Schicht (12) einen Vernetzungsgrad G von größer 50%, vorzugsweise größer 60%, aufweist.
- 10
5. Kabel (14) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Außenskin-Schicht (12) aus ungeschäumtem, silanvernetztem Polyethylen besteht.
- 15
6. Kabel (14) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Aderummantelung (6) eine Innenskin-Schicht (8) aufweist, die aus insbesondere ungeschäumtem Polyethylen, insbesondere aus einem vernetzten Polyethylen gefertigt ist.
- 20
7. Kabel (14) nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
 die Innenskin-Schicht (8) eine Dicke (D1) im Bereich von 25 bis 100  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise 50 bis 80  $\mu\text{m}$ , aufweist.
- 25
8. Kabel (14) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** dieses als Koaxialkabel ausgebildet ist, mit einem äußeren Leiter (16), welcher den inneren Leiter (4) umgibt und von diesem durch die Dielektrikumschicht (10) beabstandet ist, und mit einem Außenmantel (18), welcher den äußeren Leiter (16) umgibt.
- 30
9. Kabel (14) nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** dieses als symmetrisches Datenkabel ausgebildet ist, mit zumindest zwei Adern (2), die jeweils einen inneren Leiter (4) und eine direkt auf diesen aufgebrachte Aderummantelung (6) aufweisen, welche eine Dielektrikumschicht (10) aus einem geschäumten, unvernetzten thermoplastischen Kunststoff aufweist, wobei um die jeweilige Dielektrikumschicht (10) eine Außenskin-Schicht (12) aus ungeschäumtem, chemisch vernetztem Polyethylen angeordnet ist.
- 35
10. Kabel (14) nach dem vorhergehenden Anspruch,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** dieses eine Schirmlage (20) aufweist, welche die Adern (2) umgibt.
- 40
11. Ader (2) für ein Kabel (14) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem inneren Leiter (4) und einer direkt auf diesen aufgebrachten Aderummantelung (6), welche eine Dielektrikumschicht (10) aus einem geschäumten, unvernetzten thermoplastischen Kunststoff aufweist, wobei um die Dielektrikumschicht (10) eine Außenskin-Schicht (12) aus ungeschäumtem, chemisch vernetztem Polyethylen angeordnet ist, wobei die Aderummantelung (6) zusätzlich vorzugsweise eine Innenskin-Schicht (8) aus ungeschäumtem und unvernetztem oder chemisch vernetztem Polyethylen aufweist, die vor der Dielektrikumschicht (10) umgeben ist.
- 45
12. Verfahren zur Herstellung einer elektrischen Ader (2) gemäß Anspruch 11, umfassend die Schritte:
- 50
- Bereitstellen eines inneren Leiters (4),
  - Hindurchführen des inneren Leiters (4) durch einen Dielektrikum-Bereich und durch einen Außenskin-Bereich eines Extrusionskopfs einer Extrusionsmaschine,
  - Aufbringen einer Dielektrikumschicht (10) aus einem geschäumten thermoplastischen Kunststoff im Dielektrikum-Bereich des Extrusionskopfs sowie
- 55
- Aufbringen einer Außenskin-Schicht (12) aus ungeschäumtem, chemisch vernetztem Polyethylen im Außenskin-Bereich des Extrusionskopfs.
13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei der thermoplastische Kunststoff der Dielektrikumschicht (10) aus geschäumtem

## EP 3 136 402 A1

Polyethylen oder aus geschäumtem Polypropylen ist.

5 **14.** Verfahren nach einem der Ansprüche 12 oder 13, wobei das chemisch vernetzte Polyethylen der Außenskin-Schicht (12) dadurch ausgebildet wird, dass ein silanvernetzbarer Compound mit einem Vernetzungsaktivator zu einer Mischung gemischt wird und anschließend nach dem Mischen die Mischung extrudiert wird.

**15.** Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, wobei vordem Hindurchführen des inneren Leiters (4) durch den Dielektrikum-Bereich

- 10
- der innere Leiter (4) zusätzlich durch einen Innenskin-Bereich des Extrusionskopfs hindurchgeführt wird,
  - eine Innenskin-Schicht (8) aus insbesondere ungeschäumtem Polyethylen im Innenskin-Bereich des Extrusionskopfs aufgebracht wird.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

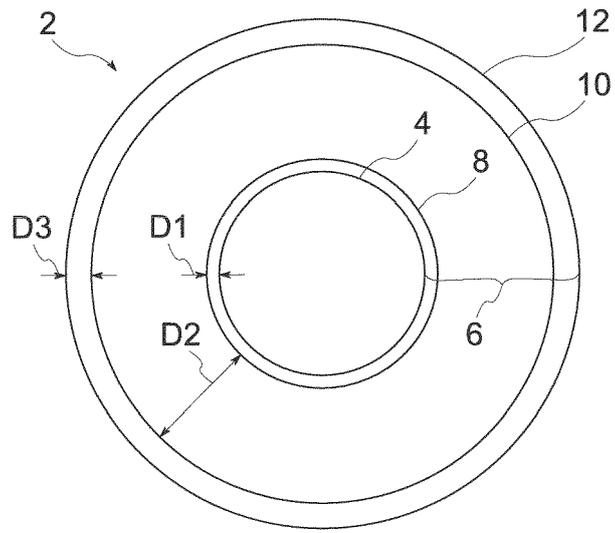


Fig. 1

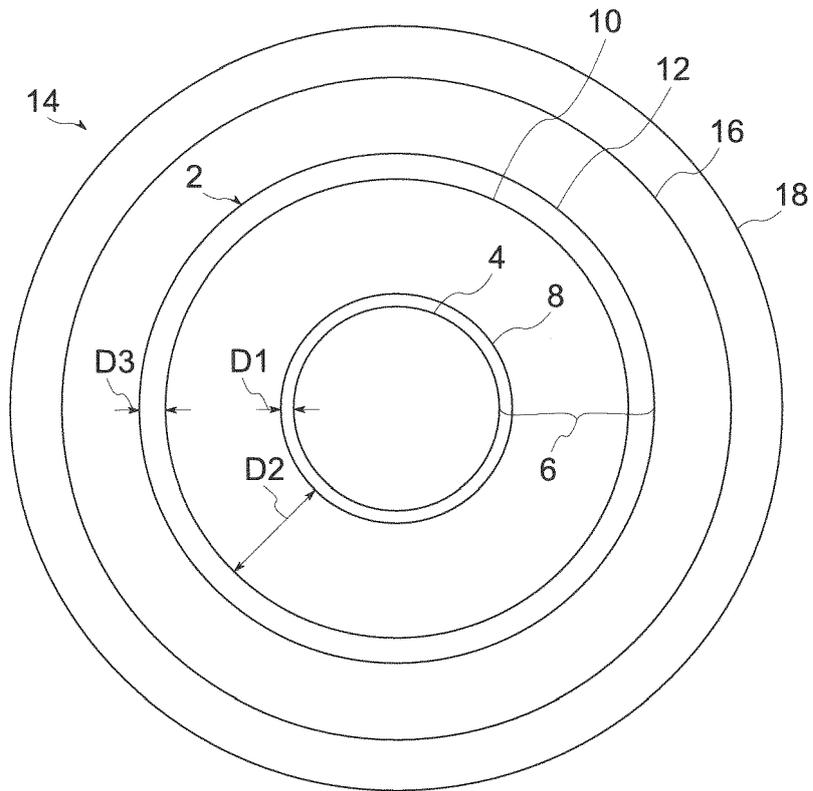


Fig. 2

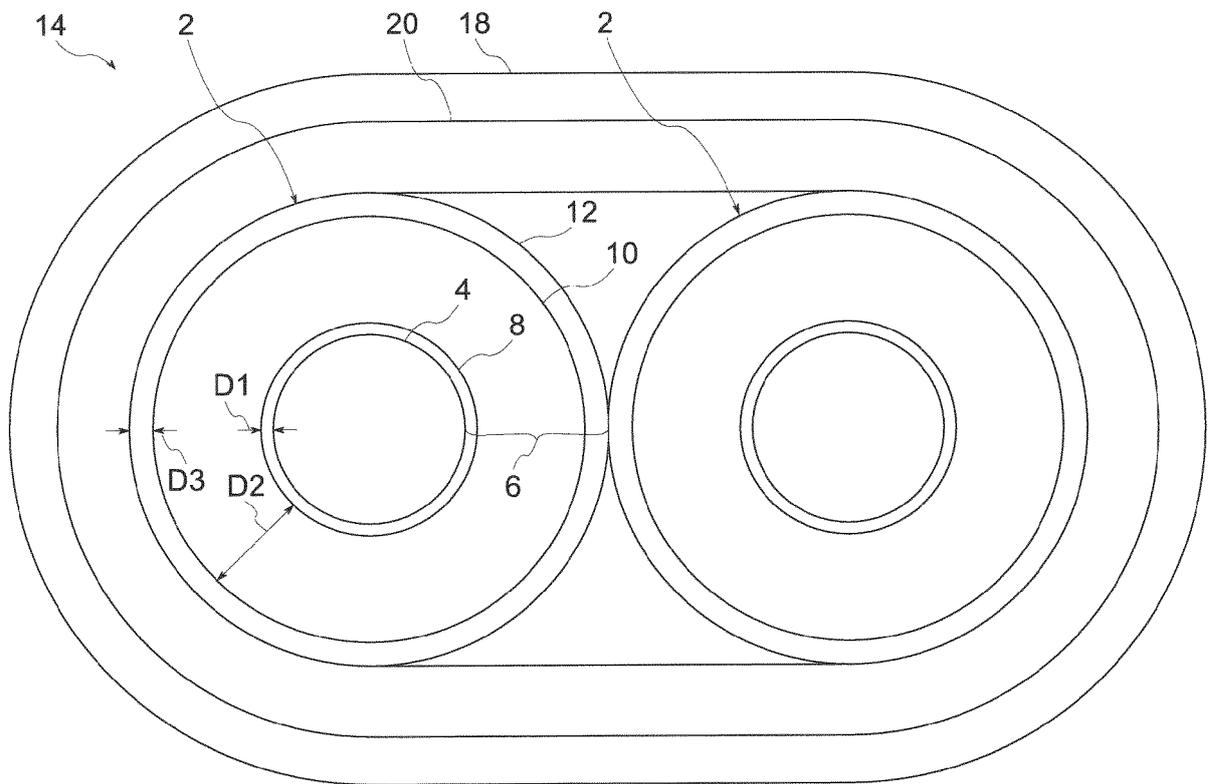


Fig. 3



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 16 18 4216

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	US 2014/305676 A1 (HITACHI METALS, LTD.) 16. Oktober 2014 (2014-10-16) * Absätze [0023], [0058], [0063], [0064] * * Abbildung 2 *	1-15	INV. H01B11/18 H01B3/42 H01B7/29
Y	----- CN 201 607 993 U (ZHONGTIAN HITACHI RADIO FREQUENCY CABLE) 13. Oktober 2010 (2010-10-13) * Absätze [0002], [0004], [0007], [0009] * * Abbildung 1 *	1-15	ADD. H01B11/00 H01B11/20
A	----- WO 2009/138971 A2 (NEXANS [FR]; YI JUN HONG [US]; ZHU WEI [US]) 19. November 2009 (2009-11-19) * Seite 6, Zeile 15 - Zeile 18 * * Abbildungen 2, 3 *	1,11,12	
A	----- US 2010/319957 A1 (ABE MASAHIRO [JP] ET AL) 23. Dezember 2010 (2010-12-23) * Absätze [0021], [0037], [0040], [0043] * * Abbildung 1 *	1,11	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) H01B
A	----- US 4 340 773 A (PERREAUULT AIME J) 20. Juli 1982 (1982-07-20) * Abbildung 1 *	1,11	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>Den Haag</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>19. Januar 2017</b>	Prüfer <b>Hillmayr, Heinrich</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : 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 16 18 4216

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.

19-01-2017

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2014305676 A1	16-10-2014	CN 203931546 U	05-11-2014
		JP 5920278 B2	18-05-2016
		JP 2014207178 A	30-10-2014
		US 2014305676 A1	16-10-2014
-----			
CN 201607993 U	13-10-2010	KEINE	
-----			
WO 2009138971 A2	19-11-2009	EP 2286418 A2	23-02-2011
		US 2009294151 A1	03-12-2009
		WO 2009138971 A2	19-11-2009
-----			
US 2010319957 A1	23-12-2010	CN 101930806 A	29-12-2010
		JP 5552759 B2	16-07-2014
		JP 2011001496 A	06-01-2011
		US 2010319957 A1	23-12-2010
-----			
US 4340773 A	20-07-1982	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**

- US 20130180752 A1 [0003]