

(19)



(11)

**EP 4 064 297 A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
**28.09.2022 Patentblatt 2022/39**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**H01B 1/04 (2006.01) H01B 7/18 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **21000089.9**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**H01B 7/1865; H01B 1/04; H01B 7/1885**

(22) Anmeldetag: **26.03.2021**

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

(72) Erfinder: **Barczynski, Eike**  
**35625 Hüttenberg (DE)**

(74) Vertreter: **Knefel, Cordula**  
**Patentanwälte Knefel & Knefel**  
**Postfach 1924**  
**DE-35529 Wetzlar (DE)**

(71) Anmelder: **bda connectivity GmbH**  
**35614 Asslar (DE)**

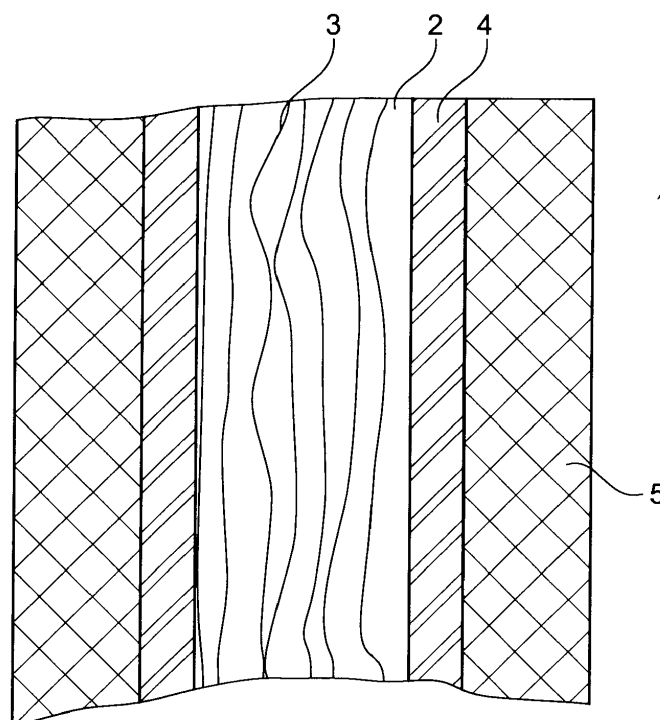
Bemerkungen:

Geänderte Patentansprüche gemäß Regel 137(2) EPÜ.

### (54) KABEL SOWIE VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES KABELS

(57) Die Erfindung betrifft ein Kabel, welches einen oder mehrere elektrische Leiter aufweist, wobei der wenigstens eine elektrische Leiter aus einer Vielzahl von elektrisch leitenden Kohlenstoff-Nanoröhren gebildet ist, und wobei ein den wenigstens einen elektrischen Leiter

umhüllendes Geflecht aus nichtleitendem Material vorgesehen ist, und wobei eine weitere das Geflecht aus nichtleitendem Material ummantelnde Isolierschicht vorgesehen ist. Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung des Kabels.



**Fig. 1**

**EP 4 064 297 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Kabel sowie ein Verfahren zur Herstellung eines Kabels.

**[0002]** Aus der Praxis sind Kabel in der Elektro- und Informationstechnik bekannt, die in der Regel aus einem mit Isolierstoffen ummantelten ein- oder mehradrigen Verbund von Adern (Einzelleitungen) besteht. Das Kabel dient zur Übertragung von Energie und/oder Informationen.

**[0003]** Als Isolierstoffe kommen in der Regel unterschiedliche Kunststoffe zur Anwendung, welche die als Leiter genutzten Adern umgeben und isolieren.

**[0004]** Elektrische Leiter bestehen meist aus Kupfer, teilweise aus Aluminium oder geeigneten Metalllegierungen.

**[0005]** Insbesondere in den Bereichen Raumfahrt, Luftfahrt oder auch im Medizinbereich sind jedoch elektrische Leiter, die aus schweren Materialien wie zum Beispiel Kupfer bestehen, von Nachteil.

**[0006]** Seit einigen Jahren ist aus der Praxis bekannt, als elektrischen Leiter Kohlenstoff-Nanoröhren (auch Carbon Nanotubes - CNT genannt) als elektrische Leiter zu verwenden.

**[0007]** Kohlenstoff-Nanoröhren sind mikroskopisch kleine, röhrenförmige Gebilde (molekulare Nanoröhren), bestehend aus Kohlenstoff.

**[0008]** Die Wände der Kohlenstoff-Nanoröhren bestehen nur aus Kohlenstoff, wobei die Kohlenstoffatome eine wabenartige Struktur mit Sechsecken und jeweils drei Bindungspartnern einnehmen. Der Durchmesser der Röhren liegt meist im Bereich von ein 1 bis 50 nm (Nanometer), es gibt jedoch auch Röhren mit nur 0,4 nm Durchmesser. Grundsätzlich gibt es ein- oder mehrwandige, offene oder geschlossene Röhren. Grundsätzlich können die Röhren leer oder gefüllt sein. Eine Füllung mit Silber, flüssigem Blei oder Edelgasen ist möglich.

**[0009]** Diese Kohlenstoff-Nanoröhren weisen eine elektrische Leitfähigkeit auf. Je nach Detail der Struktur ist die elektrische Leitfähigkeit innerhalb der Röhre metallisch oder halbleitend. Es sind auch Kohlenstoffröhren bekannt, die bei tiefen Temperaturen supraleitend sind.

**[0010]** Einwandige Kohlenstoff-Nanoröhren haben üblicherweise eine Dichte von 1,3 bis 1,4 g/cm<sup>3</sup>. Mehrwandige Kohlenstoff-Nanoröhren weisen üblicherweise eine Dichte von circa 1,8 g/cm<sup>3</sup> und eine Zugfestigkeit von 30 GPa (Giga-Pascal) bei einwandiger und bis zu 63 GPa bei mehrwandiger Ausführung auf.

**[0011]** Aus dem Stand der Technik (EP 2 085 979 B1) ist ein Koaxialkabel und ein Verfahren zu dessen Herstellung bekannt. Dieses Koaxialkabel weist den folgenden Aufbau auf:

- eine Seele, die eine Vielzahl von Kohlenstoff-Nanoröhren mit mindestens einer Beschichtung um die Kohlenstoff-Nanoröhren herum aufweist, wobei die Kohlenstoff-Nanoröhren und die Beschichtung in Form mindestens eines Kohlenstoff-Nanoröhren-

Verbunddrahtes zusammengefasst und die Kohlenstoff-Nanoröhren systematisch angeordnet sind;

- eine die Seele umhüllende Isolierschicht;
- eine die Isolierschicht umhüllende Abschirmschicht;
- und eine die Abschirmschicht umhüllende Ummantelungsschicht, wobei die leitende Beschichtung eine leitende Schicht und eine Benetzungsschicht aufweist, die sich zwischen den Kohlenstoff-Nanoröhren und der leitenden Schicht befinden.

**[0012]** Dieses zum Stand der Technik gehörende Kabel ist als sogenanntes Koaxialkabel ausgebildet. Dieses Kabel weist eine leitende Beschichtung um die Kohlenstoff-Nanoröhren auf und zusätzlich eine Benetzungsschicht, so dass der Aufbau sehr aufwendig ist.

**[0013]** Das der Erfindung zugrunde liegende technische Problem besteht darin, ein Kabel mit wenigstens einem elektrischen Leiter anzugeben, wobei der elektrische Leiter aus Kohlenstoff-Nanoröhren besteht, welches einfach im Aufbau ist und welches einfach herzustellen ist. Darüber hinaus soll ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen Kabels angegeben werden, mit dem ein Kabel mit einem elektrischen Leiter, bestehend aus Kohlenstoff-Nanoröhren derart hergestellt werden kann, dass eine Isolierschicht am Ende des Kabels einfach entfernt werden kann, ohne den elektrischen Leiter zu zerstören oder zu beschädigen.

**[0014]** Dieses technische Problem wird durch ein Kabel mit den Merkmalen gemäß Anspruch 1 sowie durch ein Verfahren mit den Merkmalen gemäß Anspruch 12 gelöst.

**[0015]** Das erfindungsgemäße Kabel, welches einen oder mehrere elektrische Leiter aufweist, wobei der wenigstens eine elektrische Leiter aus einer Vielzahl von elektrisch leitenden Kohlenstoff-Nanoröhren gebildet ist, zeichnet sich dadurch aus,

- dass eine den wenigstens elektrischen Leiter umhüllendes Geflecht aus nichtleitendem Material vorgesehen ist und
- dass eine weitere das Geflecht aus nichtleitendem Material ummantelnde Isolierschicht vorgesehen ist.

**[0016]** Das erfindungsgemäße Kabel weist den Vorteil auf, dass der wenigstens ein elektrischer Leiter mit einem Geflecht aus nichtleitendem Material umhüllt wird. Hierdurch werden die empfindlichen Kohlenstoff-Nanoröhren geschützt. Gleichzeitig sind die Kohlenstoff-Nanoröhren in dem Geflecht derart angeordnet, dass sie aus dem Geflecht nicht herausrutschen können. Das Geflecht liegt mit einem entsprechenden Druck an dem wenigstens einen elektrischen Leiter an.

**[0017]** Das Geflecht wird darüber hinaus von einer weiteren Isolierschicht, die aus einem nichtleitenden Material besteht, ummantelt.

**[0018]** Durch diesen erfindungsgemäßen Aufbau wird gewährleistet, dass die Isolierschicht am Ende eines Kabels kreisförmig, das heißt radial umlaufend eingeschnit-

ten werden kann und sich die Isolierschicht anschließend von dem Geflecht trennen lässt, so dass das Geflecht geöffnet werden kann, derart, dass der wenigstens eine elektrische Leiter freigelegt werden kann, um den elektrischen Leiter mit einem weiteren elektrischen Element, beispielsweise einer Klemme elektrisch zu verbinden.

**[0019]** Unter einem elektrischen Leiter wird eine Anordnung aus elektrisch leitfähigen Kohlenstoff-Nanoröhren verstanden. Diese Kohlenstoff-Nanoröhren können zur Bildung eines elektrischen Leiters einen Strang bilden. Die Kohlenstoff-Nanoröhren können in einer vorgegebenen Struktur angeordnet sein, um einen elektrischen Leiter zu bilden. In dem Kabel kann ein elektrischer Leiter, gebildet aus einer Vielzahl von elektrisch leitfähigen Kohlenstoff-Nanoröhren angeordnet sein, oder es können mehrere elektrische Leiter jeweils bestehend aus einer Vielzahl von elektrisch leitenden Kohlenstoff-Nanoröhren in dem Kabel angeordnet sein.

**[0020]** Sind mehrere elektrische Leiter in dem Kabel angeordnet, sind diese nicht gegeneinander elektrisch isoliert in dem Kabel, das heißt in dem Geflecht angeordnet. Mehrere elektrische Leiter bezieht sich darauf, dass jeder Leiter aus einer bestimmten Struktur oder Anordnung von Kohlenstoff-Nanoröhren gebildet ist. Die Vielzahl von Kohlenstoff-Nanoröhren können beispielsweise um eine Längsachse in ihrer Gesamtheit verdreht angeordnet sein und damit einen einzelnen elektrischen Leiter bilden.

**[0021]** Die Begriffe leitendes Material oder nichtleitendes Material beziehen sich auf elektrisch leitfähiges oder elektrisch nicht leitfähiges Material.

**[0022]** Unter einem Geflecht wird ein Gebilde aus Fasern oder einem fadenförmigen Material verstanden, welches derart miteinander verflochten ist, dass es eine mantelförmige Form bildet, welches durch Ineinanderschlingen mehrerer Stränge aus biegsamem Material hergestellt wird.

**[0023]** Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass das den wenigstens einen elektrischen Leiter ummantelnde Geflecht unmittelbar auf dem wenigstens einen elektrischen Leiter angeordnet ist.

**[0024]** Zwischen dem wenigstens einen elektrischen Leiter und dem den Leiter ummantelnden Geflecht ist kein weiteres Material angeordnet. Es ist zwischen dem wenigstens einen elektrischen Leiter und dem den Leiter ummantelnden Geflecht keine weitere Schicht vorgesehen. Das Geflecht umgibt den wenigstens einen elektrischen Leiter unmittelbar.

**[0025]** Das Geflecht hat folgende Aufgaben:

1. Verhinderung der Verklebung des wenigstens einen elektrischen Leiters mit dem Material der weiteren Isolierschicht,
2. die Gewährleistung einer gewissen Zugfestigkeit des Kabels,
3. einen Einschnideschutz zu gewährleisten beim Abschneiden des Isoliermaterials.

**[0026]** Die Anordnung des den wenigstens einen elektrischen Leiters ummantelnden Geflechtes unmittelbar auf dem wenigstens einen elektrischen Leiter weist darüber hinaus den Vorteil auf, dass das Geflecht und der Leiter rutschfest miteinander verbunden sind, so dass der elektrische Leiter nicht aus dem Geflecht herausrutschen kann.

**[0027]** Hierzu wird das Geflecht mit der erforderlichen Spannung um den elektrischen Leiter herum bei der Herstellung angeordnet.

**[0028]** Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass das Geflecht aus Fasern oder einem fadenförmigen Material gebildet ist. Dadurch dass das Geflecht aus einem ineinandergeschlungenen Material besteht, ist es vorteilhaft, längliche Fasern oder fadenförmiges Material zu verwenden.

**[0029]** Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass das Geflecht aus einem textilen Material zu bilden. Textiles Material weist den Vorteil auf, dass es zum einen elektrisch nicht leitfähig ist. Zum anderen kann aus dem textilen Material in einfacher Art und Weise eine Geflecht hergestellt werden.

**[0030]** Gemäß einer anderen vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass das Geflecht aus Aramid-Fasern besteht.

**[0031]** Aramid-Fasern weisen den Vorteil auf, dass sie hitzebeständig sind und sehr starke synthetische Fasern sind, die eine hohe Zugfestigkeit aufweisen.

**[0032]** Die Aramid-Fasern gewährleisten auch, dass eine gewisse Haftung des Kunststoffes der Isolierschicht auf den Aramid-Fasern des Geflechtes besteht.

**[0033]** Würden die Kohlenstoff-Nanoröhren ohne Zwischenschaltung des Geflechtes in dem Kunststoff der äußeren Isolierschicht angeordnet, würde die Isolierschicht mit den Kohlenstoff-Nanoröhren verbacken und das Entfernen der Isolierschicht - zum Beispiel zum Kontaktieren des Leiterelements - wäre nicht möglich.

**[0034]** Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass das Geflecht den wenigstens einen elektrischen Leiter vollflächig auf einer Mantelfläche umhüllend ausgebildet ist.

**[0035]** Das Geflecht umhüllt oder ummantelt den elektrischen Leiter vollflächig. Das bedeutet, dass die weitere Isolierschicht keinen Kontakt mit dem wenigstens einen elektrischen Leiter aufweist. Die Ummantelung des elektrischen Leiters durch das Geflecht ist vollständig. Das Geflecht bildet eine vollständige Ummantelung des elektrischen Leiters.

**[0036]** Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass der wenigstens eine elektrische Leiter derart von dem Geflecht ummantelt ist, dass zwischen dem wenigstens einen elektrischen Leiters und der weiteren Isolierschicht ein kontaktloser Aufbau vorgesehen ist.

**[0037]** Wie schon ausgeführt, kommt der wenigstens eine elektrische Leiter nicht in Kontakt mit der weiteren Isolierschicht. Hierdurch wird gewährleistet, dass die

Haftung, die durch das Geflecht gewährleistet wird, durchgehend besteht.

**[0038]** Vorteilhaft ist weiterhin vorgesehen, dass die Isolierschicht aus einem thermoplastischen Kunststoff gebildet ist.

**[0039]** Isolierstoffe oder Isoliermittel bestehen aus einem elektrisch nichtleitenden Material. Der Isolierstoff weist eine extrem geringe und somit vernachlässigbare elektrische Leitfähigkeit auf.

**[0040]** Elektrische Isolierstoffe haben einen hohen spezifischen elektrischen Widerstand, zum Beispiel mindestens  $10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$  und sind Nichtleiter.

**[0041]** Als elektrische Isolierstoffe werden vorteilhaft Kunststoffe, beispielsweise Duroplaste, Thermoplaste oder Elastomere eingesetzt. Thermoplastische Kunststoffe sind vorteilhaft aufgrund der einfachen Verarbeitung.

**[0042]** Beispielsweise kann für die Isolierschicht Polyethylen, zum Beispiel ein geschäumtes Polyethylen verwendet werden.

**[0043]** Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung sind die weitere Isolierschicht und das Geflecht miteinander fest verbunden oder die weitere Isolierschicht und das Geflecht sind mit einer Haftverbindung miteinander verbunden.

**[0044]** Die Verbindung zwischen der Isolierschicht und dem Geflecht sollte so fest sein, dass das Geflecht in der Isolierschicht rutschfest angeordnet ist. Soll die Isolierschicht am Ende eines Kabels entfernt werden, muss diese sich von dem Geflecht, beispielsweise nach kreisförmigem Einschneiden der Isolierschicht lösen, vorteilhaft abziehen lassen.

**[0045]** Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass, obwohl der elektrische Leiter eine Zugfestigkeit von weniger als 2 Naufweist, sich das erfindungsgemäße Kabel gut und zerstörungsfrei einsetzen lässt.

**[0046]** Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung eines Kabels, welches einen oder mehrere elektrische Leiter aufweist, wobei der wenigstens eine elektrische Leiter aus einer Vielzahl von elektrisch leitenden Kohlenstoff-Nanoröhren gebildet ist und bei dem ein den wenigstens einen elektrischen Leiter umhüllendes Geflecht aus nichtleitendem Material vorgesehen ist und bei dem eine weitere, das Geflecht aus nichtleitfähigem Material ummantelnde Isolierschicht vorgesehen ist, zeichnet sich dadurch aus, dass der wenigstens eine aus einer Vielzahl von elektrisch leitfähigen Kohlenstoff-Nanoröhren bestehende elektrische Leiter mit nichtleitenden Fasern umflochten wird und dass anschließend eine weitere Isolierschicht aus einem Kunststoff auf dem Geflecht angeordnet wird.

**[0047]** Dieses Verfahren zur Herstellung eines Kabels zeichnet sich dadurch aus, dass eine rutschfeste Verbindung zwischen dem wenigstens einen elektrischen Leiter, der aus Kohlenstoff-Nanoröhren besteht, und dem Geflecht ausgebildet wird und dass zusätzlich eine weitere Isolierschicht aus einem Kunststoff auf dem Geflecht

angeordnet wird, so dass die Isolierschicht bei Bedarf zumindest teilweise von dem Kabel entfernt werden kann.

**[0048]** Das Verfahren gewährleistet die einfache und preiswerte Herstellung eines derartigen Kabels.

**[0049]** Eine besonders bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, dass der wenigstens eine elektrische Leiter und das Geflecht mit dem Kunststoff, vorzugsweise einem thermoplastischen Kunststoff ummantelt werden und dass der Kunststoff, vorzugsweise der thermoplastische Kunststoff und das Geflecht eine feste Verbindung oder eine Haftverbindung bilden.

**[0050]** Hierdurch ist zum einen gewährleistet, dass der wenigstens eine elektrische Leiter rutschfest in dem Geflecht angeordnet ist und dass zum anderen das Geflecht und der Kunststoff eine Haftverbindung bilden, so dass das Geflecht mit dem elektrisch leitfähigen Leiter nicht aus der weiteren Isolierschicht herausrutscht. Trotzdem besteht eine lösbare Verbindung, um die Isolierschicht von dem Geflecht lösen zu können.

**[0051]** Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird der Kunststoff auf dem Geflecht mittels eines Kabelextrusionsverfahrens angeordnet. Andere Verfahren können jedoch auch verwendet werden.

**[0052]** Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass der wenigstens eine elektrische Leiter flächendeckend mit dem Geflecht ummantelt wird. Hierbei wird bei der Herstellung des Geflechtes beispielsweise über die Führung der Fäden mit Spindeln eine flächendeckende Ummantelung gebildet, so dass der wenigstens eine elektrische Leiter mit der weiteren Isolierschicht nicht in Kontakt kommt.

**[0053]** Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Kabels besteht darin, dass beim Absetzen des Kabels, das heißt beim kreisförmigen Einschneiden des Isoliermaterials, das Isoliermaterial leicht von dem Geflecht abgezogen werden kann, um mit dem in dem Kabel innenliegenden wenigstens einen elektrischen Leiter eine elektrisch leitfähige Verbindung zu anderen Bauteilen herstellen zu können.

**[0054]** Die Kabel finden beispielsweise ihren Einsatz als Hochfrequenzkabel oder stromführende Kabel. Die Kabel können auch in der Schalltechnik als Schalldrähte eingesetzt werden.

**[0055]** Wie schon ausgeführt, ist das Geflecht nicht elektrisch leitfähig und weist eine gewisse Zugfestigkeit auf.

**[0056]** Die Kabel können auf einer Extrusionsanlage, beispielsweise einer Vollextrusionsanlage hergestellt werden.

**[0057]** Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich anhand der zugehörigen Zeichnungen, die ein erfindungsgemäßes Kabel zeigen, ohne die Erfindung auf diese Ausführungsbeispiele zu beschränken. In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch ein erfindungsgemäßes

- ßes Kabel;
- Fig. 2 einen Querschnitt durch ein erfindungsgemäßes Kabel;
- Fig. 3 einen Längsschnitt durch ein Kabel mit zum Teil entfernter Isolierschicht;
- Fig. 4 einen Längsschnitt durch ein geändertes Ausführungsbeispiel.

**[0058]** Fig. 1 zeigt ein Kabel 1, welches einen elektrischen Leiter 2 aufweist. Der elektrische Leiter 2 besteht aus einer Vielzahl von Kohlenstoff-Nanoröhren 3.

**[0059]** Der elektrische Leiter 2 ist von einem Geflecht 4 umgeben. Das Geflecht 4 besteht aus einem nichtleitenden Material, vorzugsweise aus Aramid-Fasern.

**[0060]** Das Geflecht 4 aus Aramid-Fasern bewirkt, dass das Geflecht den elektrischen Leiter 2 fest aufnimmt.

**[0061]** Der elektrische Leiter 2 und das Geflecht 4 sind von einer Isolierschicht 5 umgeben. Die Isolierschicht 5 umschließt das Geflecht 4 vollständig.

**[0062]** Ebenso umschließt das Geflecht 4 den elektrischen Leiter 2 vollständig, so dass die Isolierschicht 5 nicht in Kontakt mit dem elektrischen Leiter 2 kommt.

**[0063]** Fig. 2 zeigt das Kabel 1 mit dem elektrischen Leiter 2 der eine Vielzahl von Kohlenstoff-Nanoröhren 3 aufweist. In der Fig. 2 ist nur ein Teil der Kohlenstoff-Nanoröhren 3 dargestellt. Der elektrische Leiter 2 ist vollständig aus den Kohlenstoff-Nanoröhren 3 gebildet.

**[0064]** Der elektrische Leiter 2 ist ummantelt mit dem Geflecht 4, welches ebenfalls aus einzelnen Fäden 6 besteht. Die Fäden bestehen beispielsweise aus Aramid oder einem anderen textilen Material.

**[0065]** Die gesamte Schicht 4, die in Fig. 2 dargestellt ist, besteht aus dem Geflecht und den Fäden 6.

**[0066]** Das Geflecht 4 ist von einer Schicht 5, die als Isolierschicht ausgebildet ist, vollständig ummantelt. Die Schicht 5 hat keinen Kontakt zu dem elektrischen Leiter 2.

**[0067]** Fig. 3 zeigt das Kabel 1, wie es in Fig. 1 dargestellt ist. Gleiche Teile sind mit gleichen Bezugszeichen versehen. Gemäß Fig. 3 ist die Isolierschicht 5 an einem Ende 7 abgelängt, das heißt abgeschnitten. Hierzu wird an dem Ende 7 die Isolierschicht kreisförmig eingeschnitten. Es ragen die Fäden 6 des Geflechtes 4 sowie die Kohlenstoff-Nanoröhren 3 über eine stirnseitige Endfläche 8 der Isolierschicht 5 hinaus. Die Kohlenstoff-Nanoröhren 3 können elektrisch leitfähig mit einem anderen Bauteil verbunden werden. Sie können beispielsweise in einer Klemme (nicht dargestellt) angeordnet werden.

**[0068]** Fig. 4 zeigt das Kabel 1 mit dem Geflecht 4 und der Isolierschicht 5. Der Aufbau ist analog zu der Ausführungsform gemäß Fig. 1.

**[0069]** Das Kabel 1 weist mehrere elektrische Leiter 2 auf. Hierzu sind die Kohlenstoff-Nanoröhren 3 zu drei verschiedenen Strängen miteinander verwickelt, verwor-

ben, geflochten oder dergleichen. Hierdurch bilden sich drei elektrische Leiter. Diese sind in Fig. 4 lediglich schematisch dargestellt. Zwischen den elektrischen Leitern 2 ist grundsätzlich kein Abstand vorgesehen, sondern diese liegen eng aneinander wie auch die einzelnen Kohlenstoff-Nanoröhren 3 der Fig. 1.

Bezugszahlen

10 **[0070]**

- 1 Kabel
- 2 elektrischer Leiter
- 3 Kohlenstoff-Nanoröhren
- 4 Geflecht
- 5 Isolierschicht
- 6 Fäden
- 7 Ende
- 8 stirnseitige Endfläche

## Patentansprüche

1. Kabel, welches einen oder mehrere elektrische Leiter aufweist, wobei der wenigstens eine elektrische Leiter aus einer Vielzahl von elektrisch leitenden Kohlenstoff-Nanoröhren gebildet ist, **dadurch gekennzeichnet**,
  - **dass** ein den wenigstens einen elektrischen Leiter (2) umhüllendes Geflecht (4) aus nichtleitendem Material vorgesehen ist,
  - und **dass** eine weitere das Geflecht (4) aus nichtleitendem Material ummantelnde Isolierschicht (5) vorgesehen ist.
2. Kabel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das den wenigstens einen elektrischen Leiter (2) ummantelnde Geflecht (4) unmittelbar auf dem wenigstens einen elektrischen Leiter (2) angeordnet ist.
3. Kabel nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Geflecht (4) aus Fasern oder einem fadenförmigen Material gebildet ist.
4. Kabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Geflecht (4) aus einem textilen Material gebildet ist.
5. Kabel nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Geflecht (4) aus Aramid-Fasern besteht.
6. Kabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Geflecht (4) den wenigstens einen elektrischen Leiter (2) vollflächig auf einer Mantelfläche umhüllend ausgebildet

ist.

7. Kabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der wenigstens eine elektrische Leiter (2) derart von dem Geflecht (4) ummantelt ist, dass zwischen dem wenigstens einen elektrischen Leiter (2) und der weiteren Isolierschicht(5) ein kontaktloser Aufbau vorgesehen ist. 5
8. Kabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die weitere Isolierschicht (5) aus einem thermoplastischen Kunststoff gebildet ist. 10
9. Kabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die weitere Isolierschicht (5) und das Geflecht (4) miteinander fest verbunden sind oder dass die weitere Isolierschicht (5) und das Geflecht (4) mittels einer Haftverbindung miteinander verbunden sind. 15 20
10. Kabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der elektrische Leiter (2) eine Zugfestigkeit von weniger als zwei Newton aufweist. 25
11. Verfahren zur Herstellung eines Kabels nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der wenigstens eine aus einer Vielzahl von elektrisch leitenden Kohlenstoff-Nanoröhren (3) bestehende elektrische Leiter (2) mit nichtleitenden Fasern umflochten wird und dass anschließend eine weitere Isolierschicht (5) aus einem Kunststoff auf dem Geflecht (4) angeordnet wird. 30
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der wenigstens eine elektrische Leiter (2) und das Geflecht (4) mit dem Kunststoff ummantelt werden, und dass der Kunststoff und das Geflecht (4) eine feste Verbindung oder eine Haftverbindung bilden. 35 40
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kunststoff auf dem Geflecht (4) mittels eines Kabelextrusionsverfahrens angeordnet wird. 45
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der wenigstens eine elektrische Leiter (2) flächendeckend mit dem Geflecht (4) ummantelt wird. 50

#### Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.

1. Kabel, welches einen oder mehrere elektrische Leiter aufweist, wobei der wenigstens eine elektrische

Leiter aus einer Vielzahl von elektrisch leitenden Kohlenstoff-Nanoröhren gebildet ist,

- bei dem ein den wenigstens einen elektrischen Leiter (2) umhüllendes Geflecht(4) aus nichtleitendem Material vorgesehen ist,
- und bei dem eine weitere das Geflecht (4) aus nichtleitendem Material ummantelnde Isolierschicht (5) vorgesehen ist

**dadurch gekennzeichnet, dass** das Geflecht (4) aus einem textilen Material gebildet ist oder dass das Geflecht (4) aus Aramid-Fasern besteht.

2. Kabel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das den wenigstens einen elektrischen Leiter (2) ummantelnde Geflecht (4) unmittelbar auf dem wenigstens einen elektrischen Leiter (2) angeordnet ist.
3. Kabel nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Geflecht (4) aus Fasern oder einem fadenförmigen Material gebildet ist.
4. Kabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Geflecht (4) den wenigstens einen elektrischen Leiter (2) vollflächig auf einer Mantelfläche umhüllend ausgebildet ist.
5. Kabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der wenigstens eine elektrische Leiter (2) derart von dem Geflecht (4) ummantelt ist, dass zwischen dem wenigstens einen elektrischen Leiter (2) und der weiteren Isolierschicht(5) ein kontaktloser Aufbau vorgesehen ist.
6. Kabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die weitere Isolierschicht (5) aus einem thermoplastischen Kunststoff gebildet ist.
7. Kabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die weitere Isolierschicht (5) und das Geflecht (4) miteinander fest verbunden sind oder dass die weitere Isolierschicht (5) und das Geflecht (4) mittels einer Haftverbindung miteinander verbunden sind.
8. Kabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der elektrische Leiter (2) eine Zugfestigkeit von weniger als zwei Newton aufweist.
9. Verfahren zur Herstellung eines Kabels nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der wenigstens eine aus einer Vielzahl von elektrisch leitenden Kohlenstoff-Nanoröhren (3) bestehende

elektrische Leiter (2) mit nichtleitenden Fasern umflochten wird und dass anschließend eine weitere Isolierschicht (5) aus einem Kunststoff auf dem Geflecht (4) angeordnet wird.

5

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der wenigstens eine elektrische Leiter (2) und das Geflecht (4) mit dem Kunststoff ummantelt werden, und dass der Kunststoff und das Geflecht (4) eine feste Verbindung oder eine Haftverbindung bilden. 10
11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kunststoff auf dem Geflecht (4) mittels eines Kabelextrusionsverfahrens angeordnet wird. 15
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der wenigstens eine elektrische Leiter (2) flächendeckend mit dem Geflecht (4) ummantelt wird. 20

25

30

35

40

45

50

55

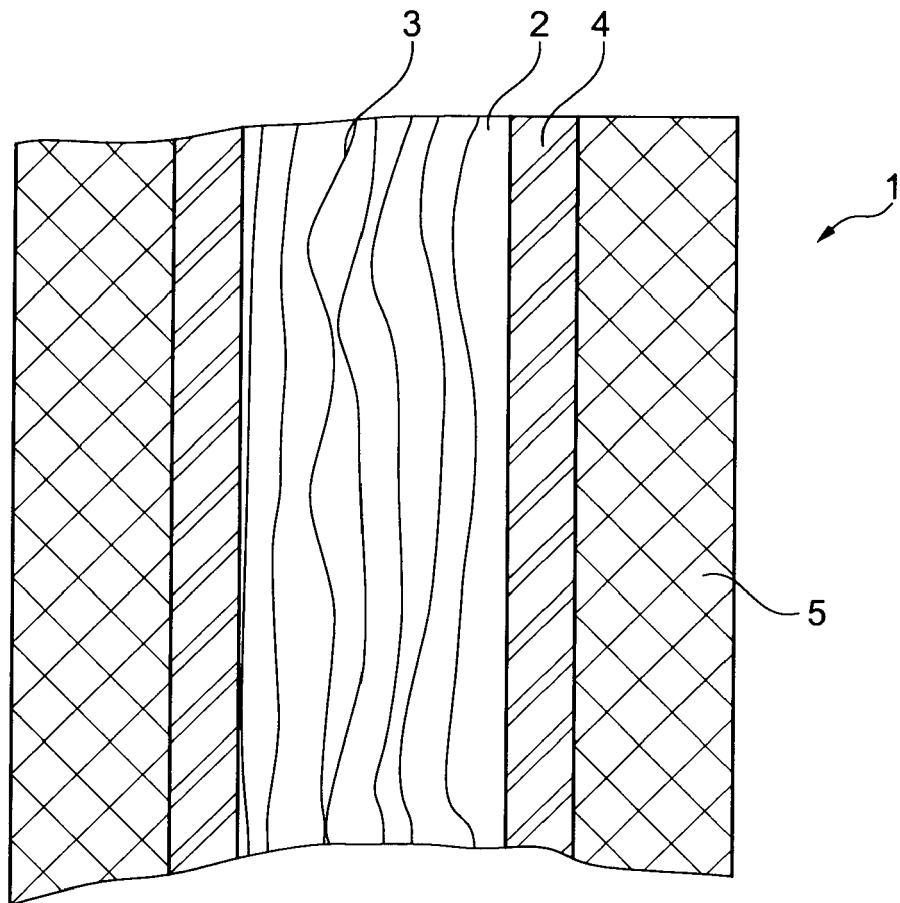


Fig. 1



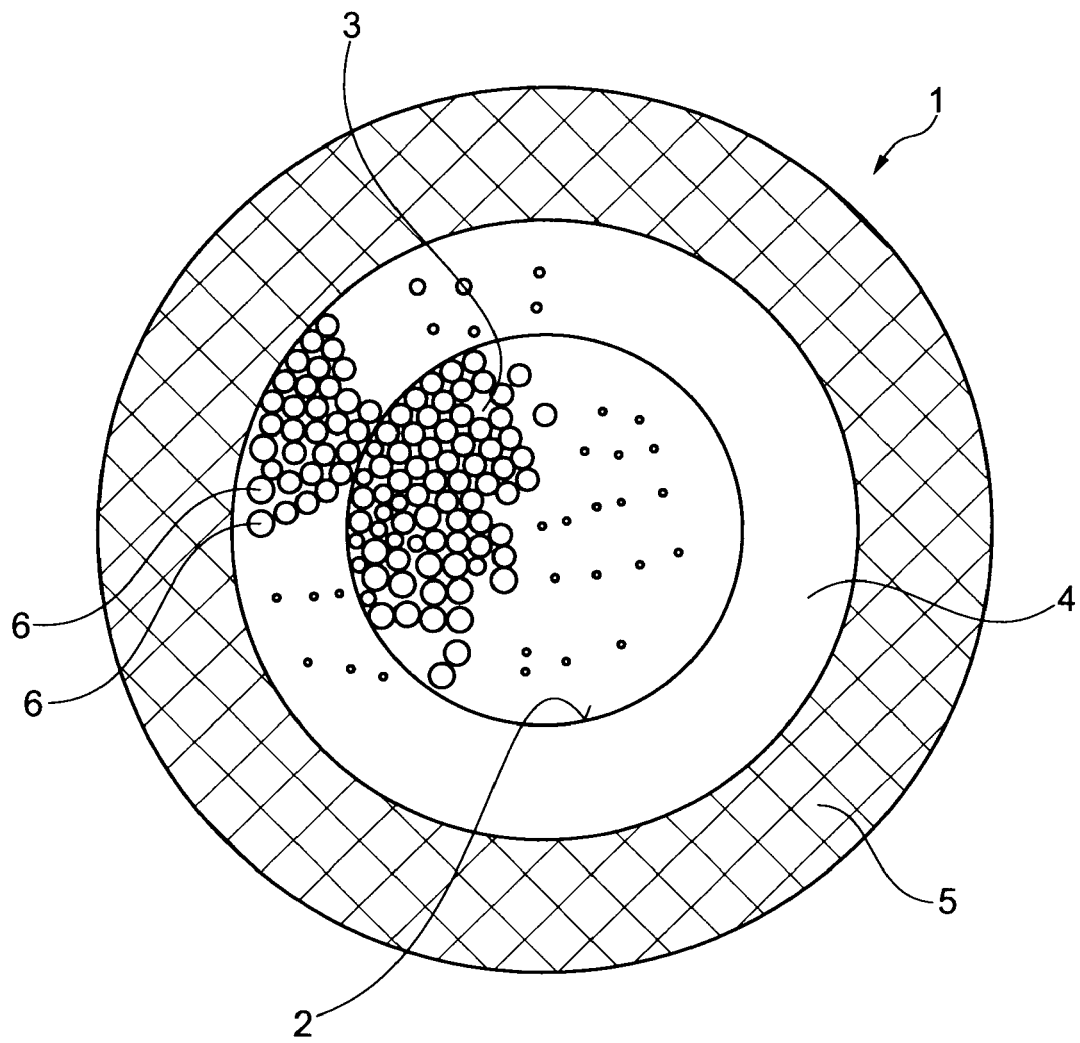


Fig. 2

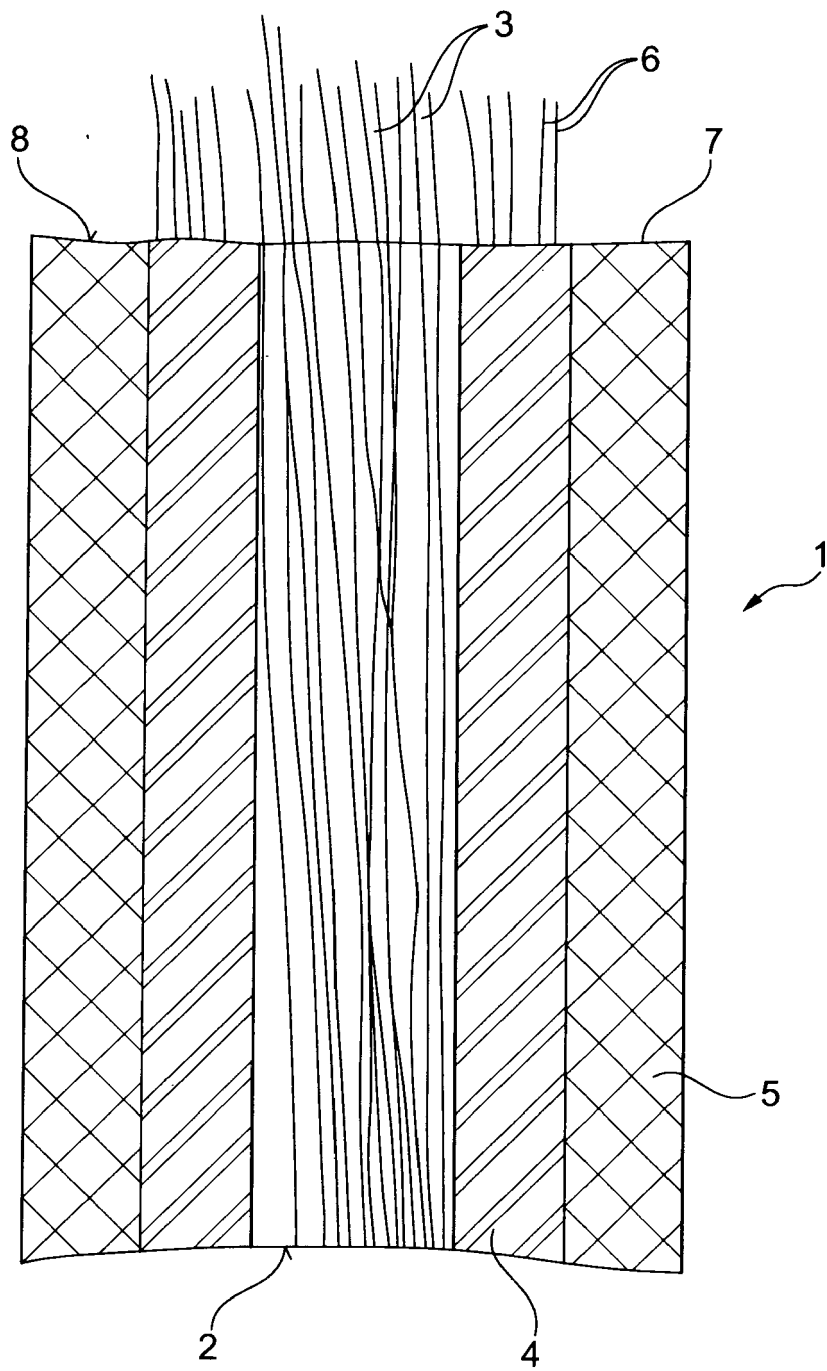


Fig. 3

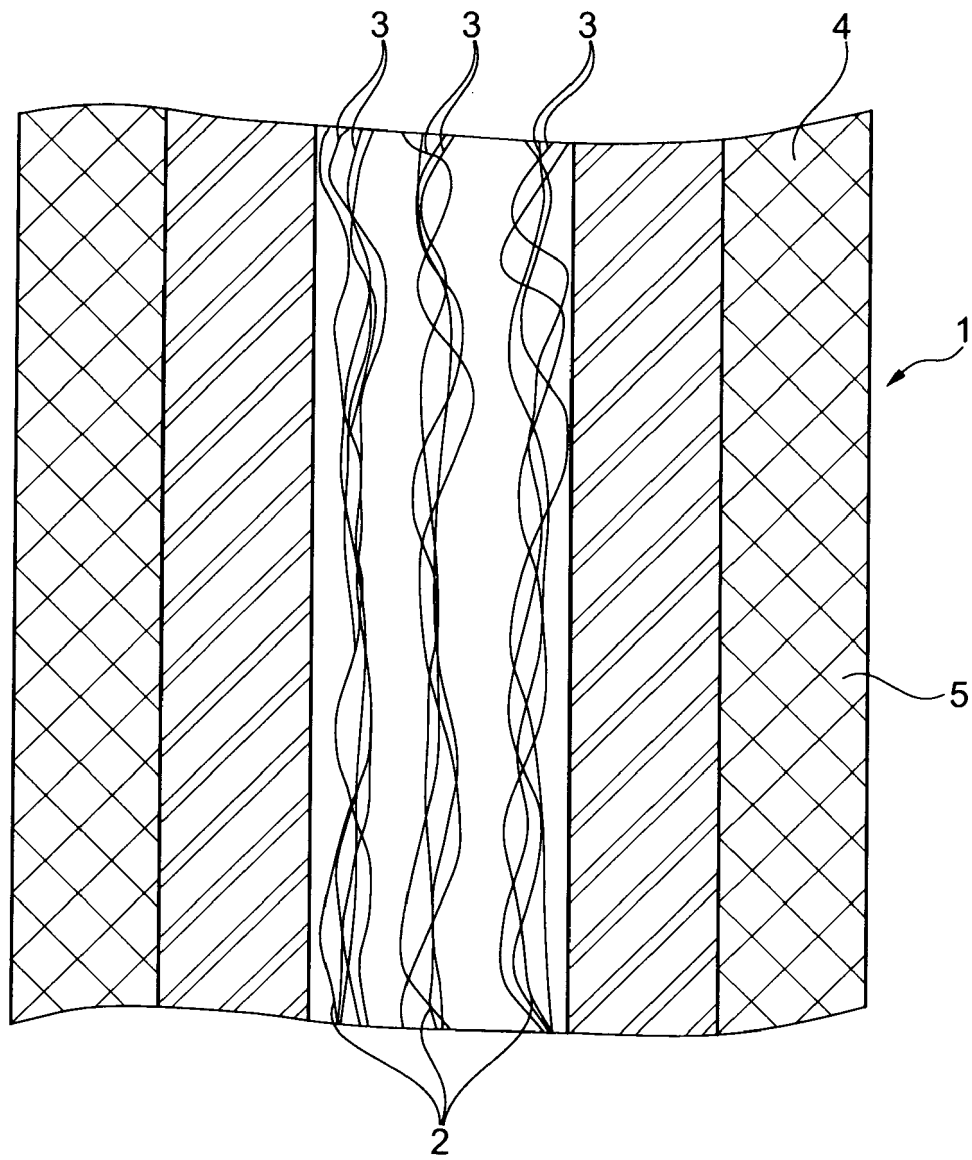


Fig. 4



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
 EP 21 00 0089

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

2

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Kategorie                                                                                                                                                                                                                                                                         | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile                                                                                                                                                                     | Betrifft Anspruch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC) |
| Y,D                                                                                                                                                                                                                                                                               | EP 2 085 979 B1 (FUNATE INNOVATION TECHNOLOGY CO LTD [CN]; HON HAI PREC IND CO LTD [TW])<br>18. September 2013 (2013-09-18)<br>* Absätze [0001], [0006], [0040], [0072] - [0073] *<br>* Abbildung 1 *                                                   | 1-14                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | INV.<br>H01B1/04<br>H01B7/18       |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                 | EP 3 471 112 A1 (YUMIN SYSTEM TECH CO LTD [KR]) 17. April 2019 (2019-04-17)<br>* Abbildung 1 *<br>* Absätze [0007], [0013] *                                                                                                                            | 1-14                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                    |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Sleeve It: "Sleeving",<br>14. April 2018 (2018-04-14), Seiten 1-22, XP055836522,<br>Gefunden im Internet:<br>URL:https://www.sleeveit.co.uk/file/Sleeve .It.Catalogue.pdf<br>[gefunden am 2021-09-01]<br>* das ganze Dokument *                         | 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                    |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Is Rayfast: "Braided sleeving",<br>22. Februar 2017 (2017-02-22), XP055836751,<br>Gefunden im Internet:<br>URL:https://www.is-rayfast.com/wp/wp-content/uploads/2017/09/Braided-Sleeving-2017.pdf<br>[gefunden am 2021-09-01]<br>* das ganze Dokument * | 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                    |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                    |
| Recherchenort<br><b>Den Haag</b>                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                         | Abschlußdatum der Recherche<br><b>7. September 2021</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Prüfer<br><b>Bossi, Paolo</b>      |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE<br>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : mündliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur |                                                                                                                                                                                                                                                         | T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument |                                    |

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

EP 21 00 0089

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.

07-09-2021

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| EP 2085979 B1                                      | 18-09-2013                    | EP 2085979 A2                     | 05-08-2009                    |
|                                                    |                               | ES 2435425 T3                     | 19-12-2013                    |
|                                                    |                               | KR 20090084677 A                  | 05-08-2009                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| EP 3471112 A1                                      | 17-04-2019                    | CN 109416961 A                    | 01-03-2019                    |
|                                                    |                               | EP 3471112 A1                     | 17-04-2019                    |
|                                                    |                               | JP 6768086 B2                     | 14-10-2020                    |
|                                                    |                               | JP 2019521333 A                   | 25-07-2019                    |
|                                                    |                               | KR 20170138893 A                  | 18-12-2017                    |
|                                                    |                               | US 2019265124 A1                  | 29-08-2019                    |
|                                                    |                               | WO 2017213381 A1                  | 14-12-2017                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |

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**

- EP 2085979 B1 [0011]