

(19)



(11)

EP 2 637 179 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
11.09.2013 Patentblatt 2013/37

(51) Int Cl.:
H01B 9/06 (2006.01) H01B 9/04 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12158096.3**

(22) Anmeldetag: **05.03.2012**

(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

(72) Erfinder: **Widenhorn, Markus**
78354 Sipplingen (DE)

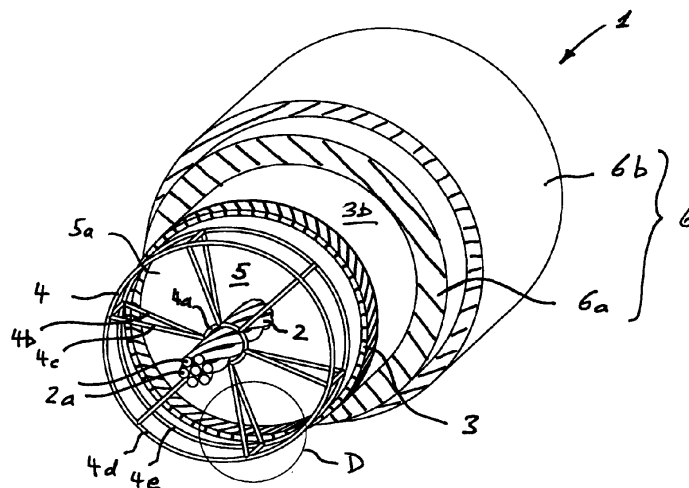
(74) Vertreter: **Dr. Graf & Partner AG**
Intellectual Property
Herrenacker 15
Postfach 518
8200 Schaffhausen (CH)

(71) Anmelder: **Antrova AG**
8260 Stein am Rhein (CH)

(54) **Selbstkühlendes, koaxiales Hochspannungskabel und Verfahren zum Betrieb desselben**

(57) Selbstkühlendes Hochspannungskabel (1) umfassend einen metallischen Innenleiter (2) sowie einen metallischen Aussenleiter (3) welche sich beide in einer Verlaufsrichtung (L) erstrecken, sowie umfassend zumindest einen elektrisch isolierenden Distanzhalter (4) welcher derart ausgestaltet und angeordnet ist, dass der metallische Innenleiter (2) und der metallische Aussenleiter (3) durch den Distanzhalter (4) gegenseitig beabstandet und im Wesentlichen gegenseitig koaxial verlaufend gehalten sind, wobei der metallische Aussenleiter (3) einen Innenraum (5) umschliesst, innerhalb welchem der Innenleiter (2) und der Distanzhalter (4) angeordnet ist, wobei der Distanzhalter (4) ein Innenauflageteil (4a) zur Auflage am Innenleiter (2) umfasst, und wobei der Distanzhalter (4) ein Aussenauflageteil (4d) zur Auflage am metallischen Aussenleiter (3) umfasst, wobei das In-

nenauflage teil (4a) derart ausgestaltet ist, dass dieses in Verlaufsrichtung (L) höchstens 15% der Oberfläche (2b) des Innenleiters (2) bedeckt, und wobei das Aussenauflageteil (4d) derart ausgestaltet ist, dass dieses höchstens 50% der Innenoberfläche (3c) des Aussenleiters (3) bedeckt, wobei der Innenleiter (2) und der Aussenleiter (3) einen Zwischenraum (5a) begrenzen innerhalb welchem der Distanzhalter (4) angeordnet ist, wobei der Zwischenraum (5a) zudem mit einem Isolationsmittel (7) gefüllt ist, wobei das Isolationsmittel (7) entweder flüssig ist oder sich durch die während dem Betrieb des Hochspannungskabels (1) entstehende Betriebstemperatur (T) verflüssigt, um bei Betriebstemperatur (T) im Zwischenraum (5a) eine natürliche Konvektion (K) des Isolationsmittels (7) zwischen dem Innenleiter (2) und dem Aussenleiter (3) zu bewirken.



Figur 1

EP 2 637 179 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein selbst kühlendes koaxiales Hochspannungskabel gemäss dem Oberbegriff von Anspruch 1. Die Erfindung betrifft weiter ein Verfahren zum Betrieb eines selbst kühlenden, koaxialen Hochspannungskabels gemäss dem Oberbegriff von Anspruch 13.

Stand der Technik

[0002] Es besteht ein zunehmender Bedarf, grosse Mengen an elektrischer Energie zuverlässig, sicher und kostengünstig über grosse Distanzen zu übertragen. Hierzu ist insbesondere die Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ) geeignet, ein Verfahren das elektrische Energie mit hoher Gleichspannung von über 100 kV und über Distanzen zwischen beispielsweise 1000 km bis 3000 km überträgt. Im Englischen wird die Hochspannungs-Gleichstromübertragung (HGÜ) auch als *HVDC (High Voltage Direct Current)* bezeichnet. Solche Übertragungen werden aus Kostengründen vorzugsweise als Freileitungen ausgestaltet. Solche Freileitungen weisen die Nachteile auf, dass diese aufgrund der über 60m hohen Masten in der Landschaft signifikant sichtbar sind, eine Gefährdung für den bodennahen Flugverkehr wie zum Beispiel Rettungshubschrauber darstellen, und vor allem für Anwohner erhebliche elektrische und magnetische Feldimmissionen verursachen. Es besteht daher ein zunehmender Bedarf grosse Energiemengen mit Hilfe von Erd- oder Seekabeln zu übertragen. Bisher verwendete Erd- oder Seekabel mit Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung weisen eine relativ kurze Distanzen von einigen 10 km bis zu einigen 100 km auf, insbesondere auch weil das elektrische Übertragungskabel konstruktionsbedingt einen sehr hohen kapazitiven Belag aufweist. Zudem erzeugen die elektrischen Übertragungskabel bisheriger Bauarten ein starkes magnetisches Feld. Zur Verminderung starker elektrischer und magnetischer Felder sind Lösungen bekannt geworden, bei denen die 3 Leiter eines 3-Phasensystems gegenseitig möglichst nahe zu einem Leitersystem zusammengefasst werden. Derartige Leitersysteme weisen den Nachteil auf, dass diese, insbesondere bei hohen Spannungen über 120 kV, starke Streufelder bewirken, welche als sehr störende oder sogar schädliche Emission erachtet werden.

Darstellung der Erfindung

[0003] Aufgabe der Erfindung ist es ein vorteilhafteres Hochspannungskabel auszubilden, das als Erd- oder Seekabel geeignet ist, und das geringfügige elektrische und/oder magnetische Feldemissionen verursacht.

[0004] Diese Aufgabe wird insbesondere gelöst mit einem selbstkühlenden, koaxialen Hochspannungskabel aufweisend die Merkmale von Anspruch 1. Die Unteransprüche 2 bis 12 betreffen weitere, vorteilhafte Ausge-

staltungen. Die Erfindung wird weiter gelöst mit einem Verfahren zur Selbstkühlung eines koaxialen Hochspannungskabels aufweisend die Merkmale von Anspruch 13. Die abhängigen Ansprüche 14 bis 15 betreffen weitere, vorteilhafte Verfahrensschritte.

[0005] Die Aufgabe wird insbesondere gelöst mit einem selbstkühlenden, koaxialen Hochspannungskabel umfassend einen metallischen Innenleiter sowie einen metallischen Aussenleiter welche sich beide in einer Verlaufsrichtung erstrecken, sowie umfassend zumindest einen elektrisch isolierenden Distanzhalter welcher derart ausgestaltet und angeordnet ist, dass der metallische Innenleiter und der metallische Aussenleiter durch den Distanzhalter gegenseitig beabstandet und im Wesentlichen gegenseitig koaxial verlaufend gehalten sind, wobei der metallische Aussenleiter einen Innenraum umschliesst, innerhalb welchem der Innenleiter und der Distanzhalter angeordnet ist, wobei der Distanzhalter ein Innenauflageteil zur Auflage am Innenleiter umfasst, und wobei der Distanzhalter ein Aussenauflageteil zur Auflage am metallischen Aussenleiter umfasst, wobei das Innenauflageteil derart ausgestaltet ist, dass dieses in Verlaufsrichtung höchstens 15% der Oberfläche des Innenleiters bedeckt, und wobei das Aussenauflageteil derart ausgestaltet ist, dass dieses höchstens 50% der Innenoberfläche des Aussenleiters bedeckt, wobei der Innenleiter und der Aussenleiter einen Zwischenraum begrenzen innerhalb welchem der Distanzhalter angeordnet ist, wobei der Zwischenraum zudem mit einem Isolationsmittel gefüllt ist, wobei das Isolationsmittel entweder flüssig ist oder sich durch die während dem Betrieb des Hochspannungskabels entstehende Betriebstemperatur verflüssigt, um bei Betriebstemperatur im Zwischenraum eine natürliche Konvektion des Isolationsmittels zwischen dem Innenleiter und dem Aussenleiter zu bewirken.

[0006] Die Aufgabe wird weiter insbesondere gelöst mit einem Verfahren zur Selbstkühlung eines koaxialen Hochspannungskabels, wobei das Hochspannungskabel einen metallischen Innenleiter sowie einen koaxial zum Innenleiter verlaufenden metallischen Aussenleiter aufweist, wobei der Innenleiter und der Aussenleiter einen Zwischenraum begrenzen in welchem Distanzhalter angeordnet sind und welcher mit einem bei Betriebstemperatur flüssigem Isolationsmittel gefüllt ist, wobei während der Stromführung des Hochspannungskabels im Innenleiter und im Aussenleiter eine Verlustwärme erzeugt wird, wobei die Verlustwärme über den Aussenleiter an die Umgebung abgegeben wird, sodass der Innenleiter auf eine höhere Temperatur erwärmt wird als der Aussenleiter und daher im Isolationsmittel eine Konvektionsbewegung erzeugt wird, indem das durch den Innenleiter erwärmte Isolationsmittel vom metallischen Innenleiter zum metallischen Aussenleiter hin strömt, und indem das vom metallischen Aussenleiter gekühlte Isolationsmittel vom Aussenleiter zurück zum metallischen Innenleiter strömt, sodass Wärme vom metallischen Innenleiter zum metallischen Aussenleiter und vom metallischen Aus-

senleiter an die Umgebung übertragen wird.

[0007] Das erfindungsgemässe Hochspannungskabel umfasst einen metallischen Innenleiter, einen bezüglich dem metallischen Innenleiter coaxial angeordneten metallischen Aussenleiter sowie einen Distanzhalter, wobei der metallische Innenleiter und der metallische Aussenleiter durch den Distanzhalter gegenseitig beabstandet und im Wesentlichen gegenseitig coaxial verlaufend gehalten sind, und wobei der metallische Aussenleiter einen Innenraum umschliesst, und wobei der Innenraum mit flüssigem oder festem Isolationsmittel, vorzugsweise Palmöl oder ein Palmöl-Derivat, gefüllt ist, wobei der metallische Innenleiter und der metallische Aussenleiter derart gegenseitig beabstandet sind, dass sich im Innenraum bei genügender Erwärmung eine natürliche Konvektion zwischen Innenleiter und Aussenleiter ausbildet.

[0008] Das Isolationsmittel weist derartige Eigenschaften auf, dass dieses entweder in einem Grundzustand flüssig ist, oder dass dieses in einem Grundzustand fest ist, und sich ab einer gewissen Temperatur verflüssigt, sodass sich im Innenraum eine natürliche Konvektion zwischen Innenleiter und Aussenleiter ausbilden kann, um die am Innenleiter auftretende Wärme an den Aussenleiter abzugeben, wobei der Aussenleiter die Wärme nach Aussen abgibt, vorzugsweise an das den Aussenleiter umgebende Medium wie Erde oder Wasser.

[0009] Als Isolationsmittel sind eine Mehrzahl von Isolationsmitteln geeignet, vorzugsweise umweltverträgliche und/oder biologische Isolationsmittel. Insbesondere ist flüssiges oder festes Palmöl oder ein Palmöl-Derivat wie beispielsweise Palmölstearin geeignet. Vorzugsweise weist das Palmöl einen Stearinanteil zwischen 4% und 100% auf. Als weiteres biologisches Isolationsmittel wäre zum Beispiel auch Zucker geeignet. Als weiteres Isolationsmittel wäre zum Beispiel auch ein Silikon geeignet wie Polydimethylsiloxan (PDMS), ein Polymer auf Siliziumbasis.

[0010] Das erfindungsgemässe Hochspannungskabel weist den Vorteil auf, dass auf Grund der coaxialen Anordnung der Strom führenden Leiter und der dadurch bewirkten gegenseitigen Interferenz der Felder die elektrischen und magnetischen Felder vorzugsweise vollständig kompensiert werden, sodass ausserhalb des Strom führenden Hochspannungskabels keine oder nur geringfügige elektrische und/oder magnetische Feldemissionen auftreten.

[0011] Das erfindungsgemässe Hochspannungskabel weist den Vorteil auf, dass sich im Innenraum eine natürliche Konvektion zwischen dem Innenleiter und dem Aussenleiter ausbilden kann, um die am Innenleiter auftretende Wärme an den Aussenleiter zu übertragen, wobei der Aussenleiter die Wärme nach Aussen abgibt, vorzugsweise an das den Aussenleiter umgebende Medium wie Erde oder Wasser. Der isolierende Distanzhalter, welcher den Innenleiter und den Aussenleiter in gegenseitig beabstandeter Lage hält, ist dabei derart ausgestaltet, dass dieser in Verlaufsrichtung von Innen- und

Aussenleiter höchstens 15% und vorzugsweise höchstens 5% der Oberfläche des Innenleiters bedeckt und höchstens 50% und vorzugsweise höchstens 10% der Oberfläche des Aussenleiters bedeckt. Über die nicht bedeckte Oberfläche kann der Innenleiter Wärme an das Isolationsmittel abgeben. Über die nicht bedeckte Oberfläche kann der Aussenleiter Wärme vom Isolationsmittel aufnehmen. Zudem ist der Distanzhalter derart ausgestaltet und angeordnet, dass der Zwischenraum zwischen dem Innenleiter und dem Aussenleiter vorzugsweise so weit als möglich offen behalten wird, sodass das flüssige Isolationsmittel auf Grund der auftretenden Konvektion ungehindert vom Innenleiter in Richtung Aussenleiter und wieder zurück in Richtung Innenleiter strömen kann. Dies hat zur Folge, dass dem Isolationsmittel grosse Bereiche der Oberflächen des Innenleiters und des Aussenleiters für einen Wärmeaustausch zur Verfügung stehen. Dieser effizienter und selbsttätige Wärmetransport zwischen Innen- und Aussenleiter und der Abführung der Wärme nach Aussen ermöglicht es mit dem erfindungsgemässen Hochspannungskabel hohe Leistungen im Bereich von 10 MW bis zu 5 GW zu übertragen, da die am Innenleiter auf Grund der Ohmschen Verluste auftretende Erwärmung auf einfache und zuverlässige Weise sowie selbsttätig und ohne zusätzliche Fördervorrichtungen an den Aussenleiter und anschliessend nach Aussen in das Erdreich oder in das Wasser übertragen werden kann. Vorzugsweise weist der metallische Innenleiter und die dem Innenraum zugewandte Oberfläche des metallischen Aussenleiters keine Beschichtung auf, sodass das Isolationsmittel direkt mit dem Metall des Innen- und Aussenleiters in Berührung kommt. Es ist jedoch auch möglich, dass der metallische Innenleiter und/oder der metallische Aussenleiter eine Beschichtung aufweist, sofern diese Beschichtung nur einen geringen Wärmedurchlasswiderstand aufweist, und somit die Übertragung der Wärme zwischen Isolationsmittel und Innen- bzw. Aussenleiter gewährleistet ist.

[0012] In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung ist der Zwischenraum zwischen Innenleiter und Aussenleiter so weit als möglich oder vollständig freigehalten von Feststoffen wie etwa Isolationspapier, konventionellen zylindrischen Stützvorrichtung usw. um einerseits im Zwischenraum eine Konvektion zu ermöglichen, und um andererseits die Oberfläche vom Innenleiter und die dem Innenleiter zugewandte Oberfläche des Aussenleiters möglichst unbedeckt zu halten, um dadurch zwischen Innenleiter und Aussenleiter einen effizienten Wärmetransport, insbesondere durch natürlich Konvektion zu erreichen. Der Aussenleiter gibt die Abwärme, verursacht vorzugsweise durch Ohmsche Verluste des Innenleiters und teilweise auch des Aussenleiters, auf einfache und zuverlässige Weise nach Aussen ins Erdreich oder ins Wasser ab. Beim erfindungsgemässen Hochspannungskabel sind somit keine festen Isolationsstoffe wie Feststoffisolationen oder ölgetränkte Isolatorpapiere erforderlich. Solche festen Isolationsstoffe würden die Konvektion behindern.

[0013] In einer besonders vorteilhaften Ausführung wird ein Isolationsmittel verwendet, das fest ist, wenn das Hochspannungskabel keine elektrische Energie überträgt, und das flüssig ist, wenn das Hochspannungskabel Energie überträgt und daher erwärmt ist. Ein derartiges Isolationsmittel erfährt somit eine Phasenumwandlung. Als ein derartiges Isolationsmittel ist beispielsweise Stearin, insbesondere Palmölstearin geeignet. In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung weist das Isolationsmittel wie beispielsweise das Stearin im flüssigen Zustand einen Überdruck gegenüber dem ausserhalb des Hochspannungskabels herrschenden Druck auf. Diese Ausgestaltung weist den Vorteil auf, dass bei einer allfälligen Verletzung der Aussenhaut oder des Aussenleiters des Hochspannungskabels an der dadurch entstandenen Austrittsstelle das Isolationsmittel aus dem Hochspannungskabel austritt, wobei sich das über diese Austritts- beziehungsweise diese Leckagestelle austretende Isolationsmittel auf Grund einer Wärmeabgabe an das umgebende kühlere Erdoberflächengewebe oder Seewasser abkühlt, einen Phasenübergang erfährt und somit anschliessend erstarrt, sodass sich ein Pfropfen ausbildet, der ein weiteres Ausfliessen von Isolationsmittel verhindert. Das erfindungsgemässe Hochspannungskabel weist somit eine selbst verpfropfende Eigenschaft auf. Die Verwendung eines biologischen oder umweltverträglichen Isolationsmittels weist den Vorteil auf, dass eine Verletzung des Hochspannungskabels keine oder eine nur sehr geringe Umweltschädigung zur Folge hat, und dass die allenfalls auftretende Umweltschädigung klein und vor allem lokal sehr eng begrenzt ist.

[0014] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist eine Nachspeisevorrichtung vorgesehen, welche das Isolationsmittel zum Beispiel aus einem Vorratsbehälter automatisch in den Innenraum des Hochspannungskabels nachspeist, damit das Hochspannungskabel weiter betrieben werden kann, zumindest in einem Notbetrieb mit verminderter Leistung. Das erfindungsgemässe Hochspannungskabel weist somit den Vorteil einer erhöhten Versorgungssicherheit auf.

[0015] Das erfindungsgemässe Hochspannungskabel ist insbesondere zur Übertragung von Gleichstrom oder von niederfrequentem Wechselstrom, z.B. 16 2/3 Hz oder 50 Hz geeignet.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0016] Die zur Erläuterung der Ausführungsbeispiele verwendeten Zeichnungen zeigen:

- Fig. 1 eine perspektivische Ansicht eines Kabels;
- Fig. 2 eine Stirnansicht des Kabels;
- Fig. 3 eine Seitenansicht des Kabels, mit teilweise entfernter Aussenhülle;
- Fig. 4 eine in Figur 1 mit D bezeichnete Detailansicht;
- Fig. 5 eine in Figur 2 mit C bezeichnete Detailansicht;
- Fig. 6 ein Ausführungsbeispiel eines Distanzhalters mit im Innern verlaufenden Fasern;

Fig. 7 eine Seitenansicht eines weiteren Kabels mit teilweise entfernter Aussenhülle.

[0017] Grundsätzlich sind in den Zeichnungen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Wege zur Ausführung der Erfindung

[0018] Figur 1 zeigt eine perspektivische Ansicht und Figur 3 eine Seitenansicht eines Hochspannungskabels 1 umfassend einen metallischen Innenleiter 2 sowie einen bezüglich dem Innenleiter 2 coaxial angeordneten metallischen Aussenleiter 3. Vom Innenleiter 2 ist in Figur 1 nur ein kurzer Abschnitt sichtbar dargestellt. Der Innenleiter 2 erstreckt sich natürlich über die gesamte Länge des Hochspannungskabels 1. Der Aussenleiter 3 umschliesst einen Innenraum 5, in welchem der metallische Innenleiter 2 angeordnet ist sowie eine Mehrzahl von in Verlaufsrichtung L des Hochspannungskabels 1 beabstandet angeordnete Distanzhalter 4. Der dargestellte Distanzhalter 4 umfasst ein kreisförmiges Innenauflageteil 4a, zwei Aussenauflageteile 4d, 4e, welche über ein Aussenverbindungsteil 4f gegenseitig verbunden sind, sowie radial verlaufende Abstandhalter 4b, 4c. Das kreisförmige Innenauflageteil 4a ist in Verlaufsrichtung L sehr schmal ausgestaltet um die Oberfläche des metallischen Innenleiters 2 nur geringfügig zu bedecken. Das kreisförmige Innenauflageteil 4a bedeckt in Verlaufsrichtung L höchstens 15% der Oberfläche 2a des Innenleiters 2 und vorzugsweise höchstens 5%, damit eine genügend grosse Oberfläche des Innenleiters 2 zur Wärmeabgabe an das Isolationsmittel 7 wirksam sein kann. Zwischen dem Innenleiter 2 und dem Aussenleiter 3 ist ein Zwischenraum 5a ausgebildet, in welchem die Distanzhalter 4 angeordnet sind, und welcher ansonsten mit einem Isolationsmittel 7 gefüllt ist. Die Distanzhalter 4 sind vorzugsweise derart angeordnet und ausgestaltet, dass sich der Zwischenraum 5a ausgehend vom Innenleiter 2 ungehindert bis zum Aussenleiter 3 erstreckt, damit das flüssige Isolationsmittel 7 im Zwischenraum 5a ungehindert zwischen dem Innenleiter 2 und dem Aussenleiter 3 zirkulieren kann. Der Aussenleiter 3 bildet eine Aussenoberfläche 3b aus, an welcher ein Aussenmantel 6 anliegt. Der Aussenmantel 6 umfasst einen ersten Teilaussenmantel sowie einen zweiten Teilaussenmantel 6b. Die Distanzhalter 4 sind im Hochspannungskabel 1 in Verlaufsrichtung L gegenseitig beabstandet, und weisen zum Beispiel einen gegenseitigen und vorzugsweise auch einen regelmässigen Abstand im Bereich zwischen 50 cm und 2 m auf, insbesondere 1 m.

[0019] Figur 2 zeigt eine Stirnansicht des in Figur 1 dargestellten Hochspannungskabels 1. Der Innenleiter 2 und der Aussenleiter 3 sind mit Hilfe des Distanzhalters 4 gegenseitig beabstandet und gegenseitig konzentrisch gehalten. Figur 2 zeigt zudem eine Konvektionsströmung K des sich im Zwischenraum 5a befindlichen Isolationsmittels 7. Die Konvektionsströmung K tritt auf, wenn sich der Innenleiter 2 sowie der Aussenleiter 3 während der

Energieübertragung erwärmt, wobei der Aussenmantel 6 von Aussen gekühlt wird, beispielsweise durch das den Aussenmantel 6 umgebende Erdreich oder Wasser, so dass der Innenleiter 2 eine höhere Temperatur aufweist als der Aussenleiter 3. Die Erwärmung des Innenleiters 2 hat zur Folge, dass das Isolationsmittel 2 wie in Figur 2 dargestellt beim Innenleiter 2 aufsteigt und dabei zum Aussenleiter 3 hin fliesst, wo es abgekühlt wird und deshalb nach unten fliesst, sodass sich ein Kreislauf der Konvektionsströmung K ausbildet. Diese Konvektionsströmung K weist den Vorteil auf, dass diese selbsttätig erfolgt und sich dadurch eine selbsttätige Kühlung des Innenleiters 2 ergibt. Die Konvektionsströmung K ergibt sich unter anderem auch deshalb, weil die Distanzhalter 4 derart ausgestaltet sind, dass die Oberfläche des Innenleiters 2 und des Aussenleiters 3 nur geringfügig vom Distanzhalter abgedeckt sind, sodass für den Energieaustausch ein grosser Anteil der Oberfläche des Innenleiters 2 zur Verfügung steht. Da der Innenleiter 2 einen relativ kleinen Durchmesser aufweist ist es besonders wichtig, dass der Distanzhalter nur einen geringen Teil der Oberfläche des Innenleiters 2 abdeckt von höchstens 15% und vorzugsweise höchstens 5%, damit der Innenleiter 2 zum Wärmeaustausch mit dem Isolationsmittel 2 eine genügend grosse Oberfläche zur Verfügung steht, beziehungsweise dass eine genügend grosse Energiemenge vom Innenleiter 2 zum Aussenleiter 3 übertragen werden kann.

[0020] Figur 4 zeigt die in Figur 1 mit D bezeichnete Detailansicht und Figur 5 zeigt die in Figur 2 mit C bezeichnete Detailansicht. Im dargestellten Ausführungsbeispiel besteht der metallische Aussenleiter 3 aus einer Mehrzahl von helixförmig verlaufenden Teilaussenleitern 3a, welche derart gegenseitig angeordnet und angepasst ausgestaltet sind, dass der metallische Aussenleiter 3 eine über den gesamten Umfang geschlossene Metallfläche ausbildet. Der Aussenleiter 3 könnte jedoch auch einstückig beziehungsweise rohrförmig ausgestaltet sein.

[0021] Figur 6 zeigt in einer Seitenansicht ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Distanzhalters 4. Die Konturen des Distanzhalters 4 sind nur strichliert dargestellt. Der Distanzhalter 4 besteht aus Kunststoff und weist zur Verstärkung Faserarmierungen 4g auf, zum Beispiel Glasfasern. Der Distanzhalter umfasst ein kreisförmiges Innenauflageteil 4a, ein kreisförmiges Aussenauflageteil 4d sowie radial verlaufende Abstandhalter 4c.

[0022] Figur 7 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Hochspannungskabels 1, wobei nur der Innenleiter 2, der Aussenleiter 3 sowie der Distanzhalter 4 dargestellt ist. Der den Aussenleiter 3 umgebende Aussenmantel 6 ist nicht dargestellt. Der elektrisch isolierende Distanzhalter 4 besteht vorzugsweise aus einem Kunststoff wie z.B. Polyethylen oder Silikon und ist wendelförmig verlaufend ausgestaltet, wobei der Distanzhalter 4 an dessen einen Stirnseite ein Aussenauflageteil 4d ausbildet, an welchem der Aussenleiter 3 anliegt, und wobei der Distanzhalter 4 an dessen innerer Stirnseite eine In-

nenauflageteil 4a ausbildet, an welchem der Innenleiter 2 anliegt. Auch diese Ausführungsform eines Distanzhalters 4 gewährleistet, dass der Zwischenraum 5a in bezüglich dem Innenleiter 2 radialer Richtung zwischen dem Innenleiter 2 und dem Aussenleiter 3 frei von Hindernissen ist, sodass in dem im Zwischenraum 5a befindliche Isolationsmittel 7 bei genügender Erwärmung des Innenleiters 2 eine Konvektionsströmung K ausbildet wird, über welche zwischen dem Innenleiter 2 und dem Aussenleiter 3 Wärmeenergie übertragen wird.

[0023] In einem möglichen Ausführungsbeispiel eines Hochspannungskabels 1 könnte der Innenleiter 2 einen Durchmesser im Bereich von 10 mm bis 100 mm aufweisen. Der Innendurchmesser des Aussenleiters 3 könnte zum Beispiel 600 mm betragen.

[0024] Vorzugsweise beträgt die Temperatur des Innenleiters 2 während dem Betrieb des Hochspannungskabels weniger als 120 °C. Vorzugsweise ist das Isolationsmittel 7 derart gewählt, dass dieses einen Phasenübergang aufweist und unterhalb von 50 °C einen festen Zustand annimmt und oberhalb von 50 °C in einen flüssigen Zustand übergeht.

[0025] Besonders vorteilhaft wird das Hochspannungskabel derart betrieben, dass, sofern die Aussenhülle 6 auf Grund einer Beschädigung eine Austrittsstelle 6c aufweist an welcher das flüssige Isolationsmittel 7 austreten kann, das flüssige Isolationsmittel 7 während dem Austreten aus der Aussenhülle 6 abgekühlt und dadurch verfestigt wird, sodass an der Aussenhülle 6 selbsttätig ein Pfropfen ausgebildet wird, welcher die Austrittsstelle 6c der Aussenhülle 6 verschliesst. Um diesen Effekt zu erzielen ist es vorteilhaft, dass die Temperatur bei welcher der Phasenübergang stattfindet beziehungsweise die Temperatur bei welcher das Isolationsmittel sich verfestigt 5 °C über der maximalen Umgebungstemperatur liegt, sodass sicher gestellt ist, dass sich das Isolationsmittel beim Austritt verfestigt.

[0026] Die Figuren zeigten nur Ausführungsbeispiele von Distanzhalter 4.

[0027] Der Distanzhalter kann in einer Vielzahl von möglichen Ausführungsformen ausgestaltet sein, um die technische Wirkung zu erzielen, dass eine Konvektionsströmung K des Isolationsmittel 7 im Zwischenraum 5a entstehen kann, um den Innenleiter 2 selbsttätig zu kühlen und dadurch die im Hochspannungskabel 1 entstehende Wärmeenergie über den Aussenmantel 6 an die Umgebung abzuleiten, um dadurch einen selbst kühlenden Effekt im Hochspannungskabel 1 zu bewirken.

Patentansprüche

1. Selbstkühlendes Hochspannungskabel (1) umfassend einen metallischen Innenleiter (2) sowie einen metallischen Aussenleiter (3) welche sich beide in einer Verlaufsrichtung (L) erstrecken, sowie umfassend zumindest einen elektrisch isolierenden Distanzhalter (4) welcher derart ausgestaltet und an-

- geordnet ist, dass der metallische Innenleiter (2) und der metallische Aussenleiter (3) durch den Distanzhalter (4) gegenseitig beabstandet und im Wesentlichen gegenseitig coaxial verlaufend gehalten sind, wobei der metallische Aussenleiter (3) einen Innenraum (5) umschliesst, innerhalb welchem der Innenleiter (2) und der Distanzhalter (4) angeordnet ist, wobei der Distanzhalter (4) ein Innenauflageteil (4a) zur Auflage am Innenleiter (2) umfasst, und wobei der Distanzhalter (4) ein Aussenauflageteil (4d) zur Auflage am metallischen Aussenleiter (3) umfasst, wobei das Innenauflageteil (4a) derart ausgestaltet ist, dass dieses in Verlaufsrichtung (L) höchstens 15% der Oberfläche (2b) des Innenleiters (2) bedeckt, und wobei das Aussenauflageteil (4d) derart ausgestaltet ist, dass dieses höchstens 50% der Innenoberfläche (3c) des Aussenleiters (3) bedeckt, wobei der Innenleiter (2) und der Aussenleiter (3) einen Zwischenraum (5a) begrenzen innerhalb welchem der Distanzhalter (4) angeordnet ist, wobei der Zwischenraum (5a) zudem mit einem Isolationsmittel (7) gefüllt ist, wobei das Isolationsmittel (7) entweder flüssig ist oder sich durch die während dem Betrieb des Hochspannungskabels (1) entstehende Betriebstemperatur (T) verflüssigt, um bei Betriebstemperatur (T) im Zwischenraum (5a) eine natürliche Konvektion (K) des Isolationsmittels (7) zwischen dem Innenleiter (2) und dem Aussenleiter (3) zu bewirken.
2. Hochspannungskabel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Isolationsmittel (7) derart gewählt ist, dass dieses bei einer Temperatur im Bereich zwischen 50°C und 100°C eine Phasenumwandlung von fest zu flüssig aufweist.
 3. Hochspannungskabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Isolationsmittel (7) ein Palmöl ist, insbesondere ein raffiniertes Palmöl.
 4. Hochspannungskabel nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Palmöl einen Stearinanteil zwischen 4% und 100% aufweist.
 5. Hochspannungskabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Mehrzahl von Distanzhaltern (4) in Verlaufsrichtung (L) gegenseitig beabstandet angeordnet sind, wobei jeder Distanzhalter (4) ein kreisförmiges Innenauflageteil (4a), ein kreisförmiges Aussenauflageteil (4d) und radial verlaufende Abstandsteile (4b, 4c) umfasst, wobei das kreisförmige Innenauflageteil (4a) den metallischen Innenleiter (2) von aussen umschliesst, und wobei der metallische Aussenleiter (3) das kreisförmige Aussenauflageteil (4d) von aussen umschliesst.
 6. Hochspannungskabel nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest einige Distanzhalter (4) ein kreisförmiges Innenauflageteil (4a) und zwei kreisförmige Aussenauflageteile (4d, 4e) umfasst, wobei die beiden kreisförmigen Aussenauflageteile (4d, 4e) in Verlaufsrichtung (L) gegenseitig beabstandet angeordnet sind.
 7. Hochspannungskabel nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Distanzhalter (4) wendelförmig verlaufend ausgestaltet ist, mit dem zum metallischen Innenleiter (1) hin ausgerichteten Innenauflageteil (4a) und dem zum metallischen Aussenleiter (3) hin ausgerichteten Aussenauflageteil (4d).
 8. Hochspannungskabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Innenauflageteil (4a) höchstens 5% der Oberfläche des metallischen Innenleiters (2) bedeckt und dass das Aussenauflageteil (4d) höchstens 10% der Oberfläche des metallischen Aussenleiters (3) bedeckt.
 9. Hochspannungskabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Distanzhalter (4) aus einem Kunststoff besteht, und dass die radial verlaufenden Abstandhalter (4b, 4c) eine in radialer Richtung verlaufende Faserarmierung (4g) aufweisen.
 10. Hochspannungskabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der metallische Innenleiter (2) eine Mehrzahl von gegenseitig verdrehten Teilinnenleitern (2a) aufweist.
 11. Hochspannungskabel nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Teilinnenleiter (2a) beim Zusammenbau des Hochspannungskabels (1) mit festem Isolationsmittel (7) beschichtet sind, um die Teilinnenleiter (2a) in einer gegenseitig beabstandeten Lage zu halten.
 12. Hochspannungskabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der metallische Aussenleiter (3) aus einer Mehrzahl helixförmig verlaufender Teilaussenleitern (3a) besteht, welcher derart gegenseitig angeordnet und ausgestaltet sind, dass der metallische Aussenleiter (3) eine Mantelfläche ausbildet.
 13. Verfahren zur Selbstkühlung eines Hochspannungskabels (1), wobei das Hochspannungskabel (1) einen metallischen Innenleiter (2) sowie einen coaxial zum Innenleiter (2) verlaufenden metallischen Aussenleiter (3) aufweist, wobei der Innenleiter (2) und der Aussenleiter (3) einen Zwischenraum (5a) begrenzen in welchem Distanzhalter (4) ange-

ordnet sind und welcher mit einem bei Betriebstemperatur (T) flüssigem Isolationsmittel (7) gefüllt ist, wobei während der Stromführung des Hochspannungskabels (1) im Innenleiter (2) und im Aussenleiter (3) eine Verlustwärme erzeugt wird, wobei die Verlustwärme über den Aussenleiter (3) an die Umgebung abgegeben wird, sodass der Innenleiter (2) auf eine höhere Temperatur erwärmt wird als der Aussenleiter (3) und daher im Isolationsmittel (7) eine Konvektionsbewegung (K) erzeugt wird, indem das durch den Innenleiter (2) erwärmte Isolationsmittel (7) vom metallischen Innenleiter (2) zum metallischen Aussenleiter (3) hin strömt, und indem das vom metallischen Aussenleiter (3) gekühlte Isolationsmittel (7) vom Aussenleiter (3) zurück zum metallischen Innenleiter (2) strömt, sodass Wärme vom metallischen Innenleiter (2) zum metallischen Aussenleiter (3) und vom metallischen Aussenleiter (3) an die Umgebung übertragen wird.

5

10

15

20

14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Isolationsmittel (7) bei nicht Strom führendem, abgekühltem Hochspannungskabel (1) in festem Zustand ist, und dass das Isolationsmittel (7) bei Strom führendem Hochspannungskabel (1) auf Grund der Verlustwärme vorerst erwärmt wird, eine Phasenumwandlung erfährt, und während dem Betrieb des Strom führenden Hochspannungskabels (1) auf Grund der Verlustwärme in flüssigem Zustand gehalten wird.

25

30

15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass**, sofern die Aussenhülle (6) auf Grund einer Beschädigung eine Austrittsstelle (6c) aufweist an welcher das flüssige Isolationsmittel (7) austreten kann, das flüssige Isolationsmittel (7) während dem Austreten aus der Aussenhülle (6) abgekühlt und dadurch verfestigt wird, sodass an der Aussenhülle (6) selbsttätig ein Pfropfen ausgebildet wird, welcher die Austrittsstelle (6c) der Aussenhülle (6) verschliesst.

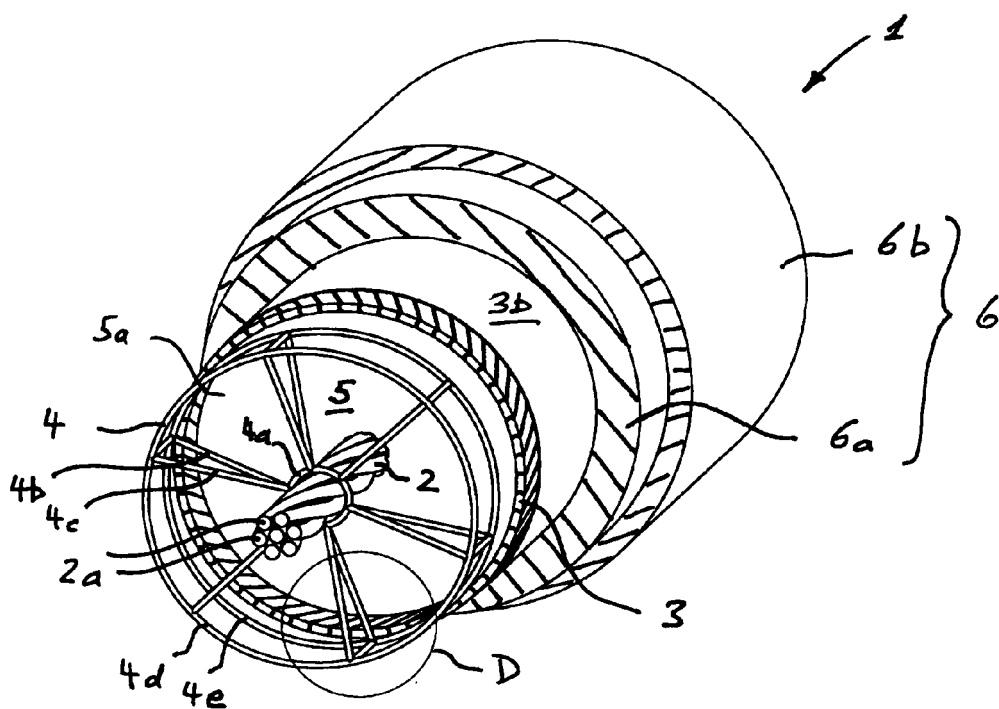
35

40

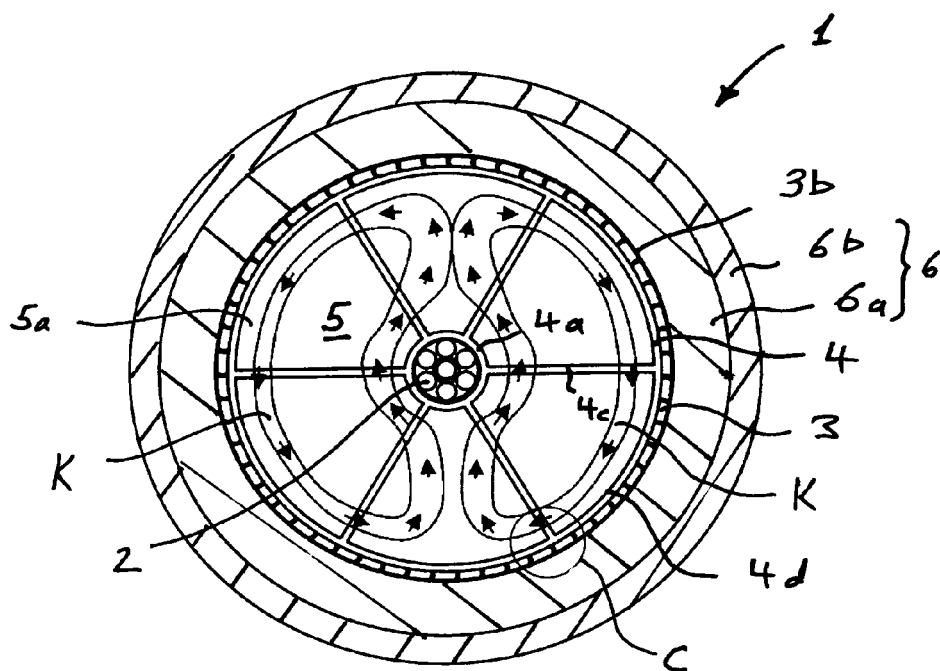
45

50

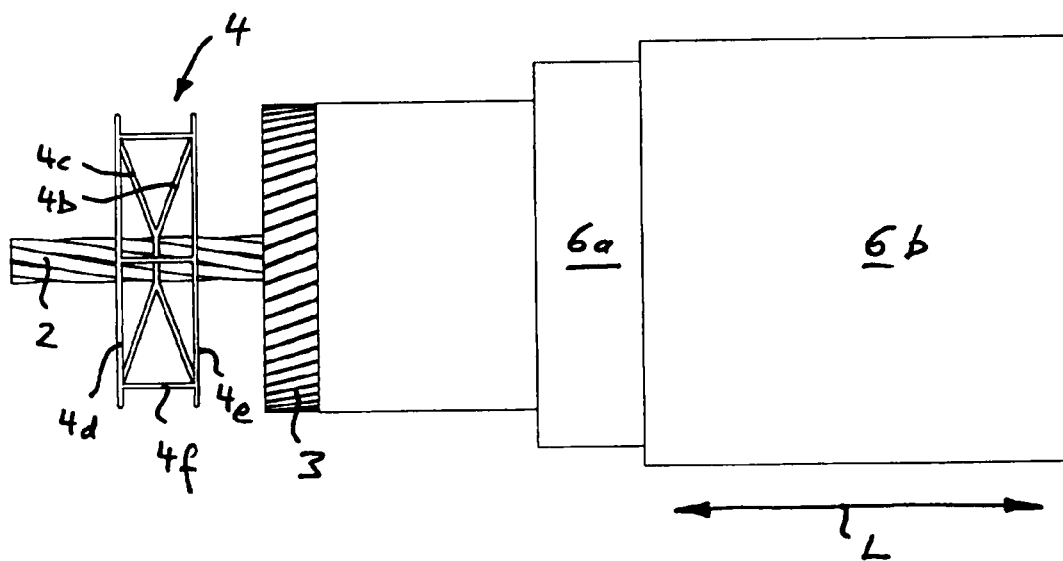
55



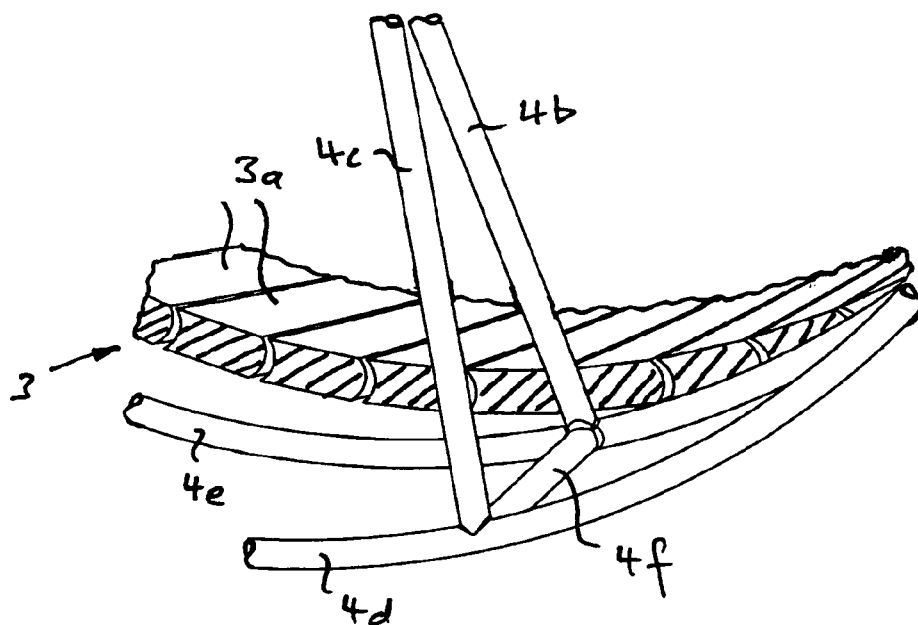
Figur 1



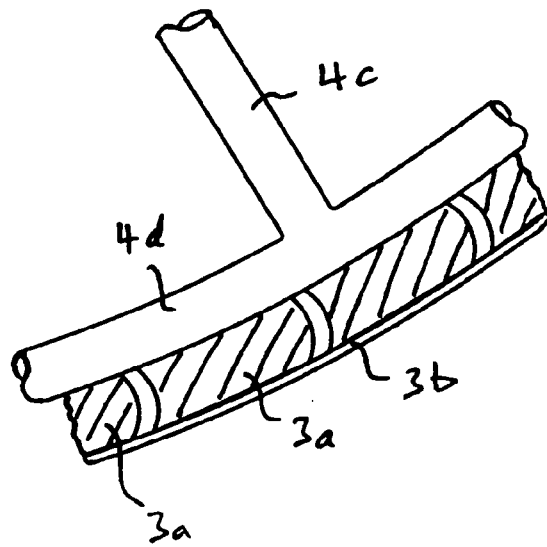
Figur 2



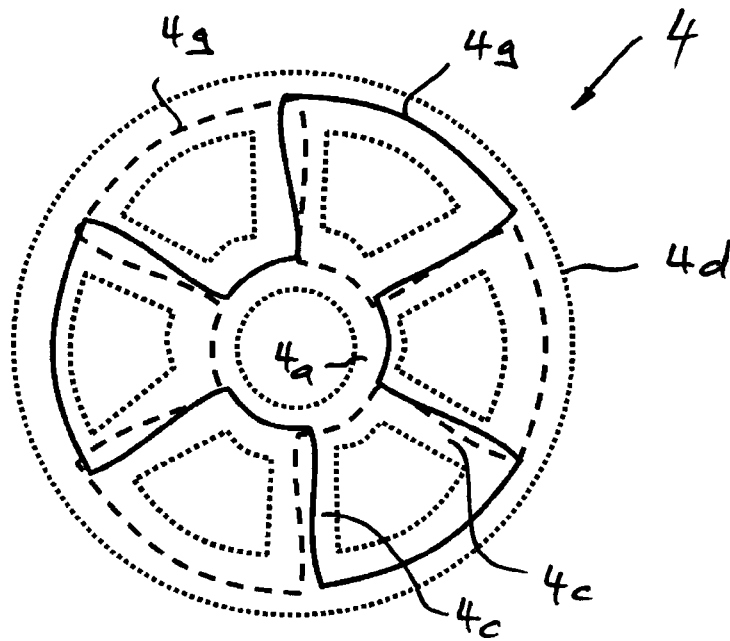
Figur 3



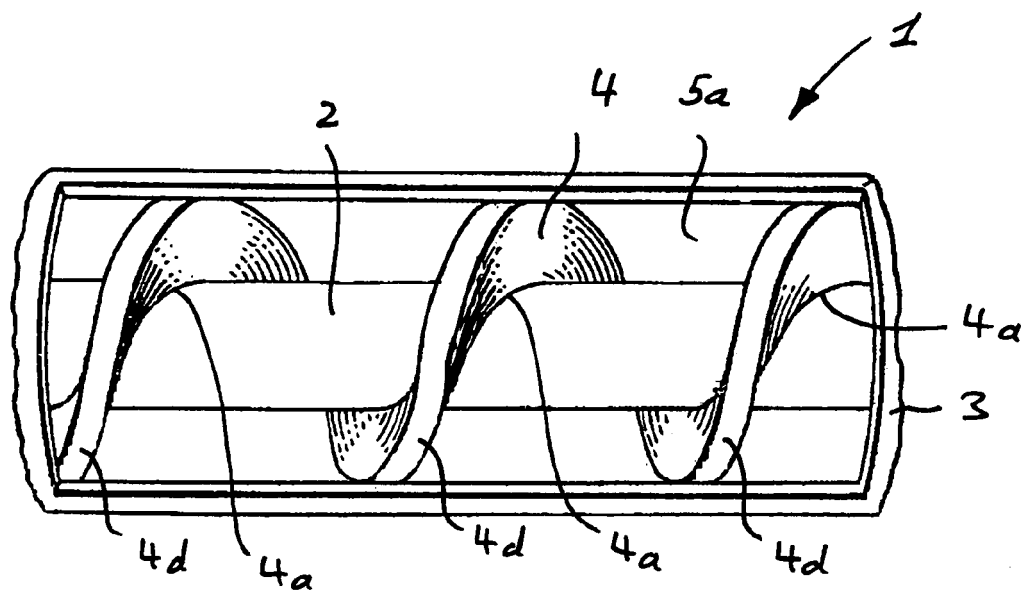
Figur 4



Figur 5



Figur 6



Figur 7



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 12 15 8096

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 33 15 588 A1 (PRENZLAU HERBERT PROF) 31. Oktober 1984 (1984-10-31) * das ganze Dokument *	1,13	INV. H01B9/06 H01B9/04
A	WO 99/33067 A1 (ASEA BROWN BOVERI [SE]; KORNFELDT ANNA [SE]; FELIX JOHAN [SE]; BERGKVI) 1. Juli 1999 (1999-07-01) * Zusammenfassung *	1,13	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			H01B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 10. August 2012	Prüfer Salm, Robert
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1
EPO FORM 1503 03/82 (P04C03)

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

EP 12 15 8096

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente 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.

10-08-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 3315588	A1	31-10-1984	KEINE
-----	-----	-----	-----
WO 9933067	A1	01-07-1999	AR 017934 A1 24-10-2001
		AU 745261 B2 14-03-2002	
		AU 1988899 A 12-07-1999	
		CN 1285075 A 21-02-2001	
		DE 69823231 D1 19-05-2004	
		EP 1042760 A1 11-10-2000	
		ID 26510 A 11-01-2001	
		IS 5516 A 30-05-2000	
		JP 2001527130 A 25-12-2001	
		NO 20003241 A 21-06-2000	
		SE 511215 C2 23-08-1999	
		SE 9704827 A 23-06-1999	
		US 6383634 B1 07-05-2002	
		WO 9933067 A1 01-07-1999	
		ZA 9811710 A 04-08-1999	
		-----	-----

EPO FORM P0461

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