



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
25.11.2015 Patentblatt 2015/48

(51) Int Cl.:
H05B 6/10 (2006.01) E21B 43/24 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14169412.5**

(22) Anmeldetag: **22.05.2014**

(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

(71) Anmelder:
• **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)
• **Wintershall Holding GmbH**
34119 Kassel (DE)

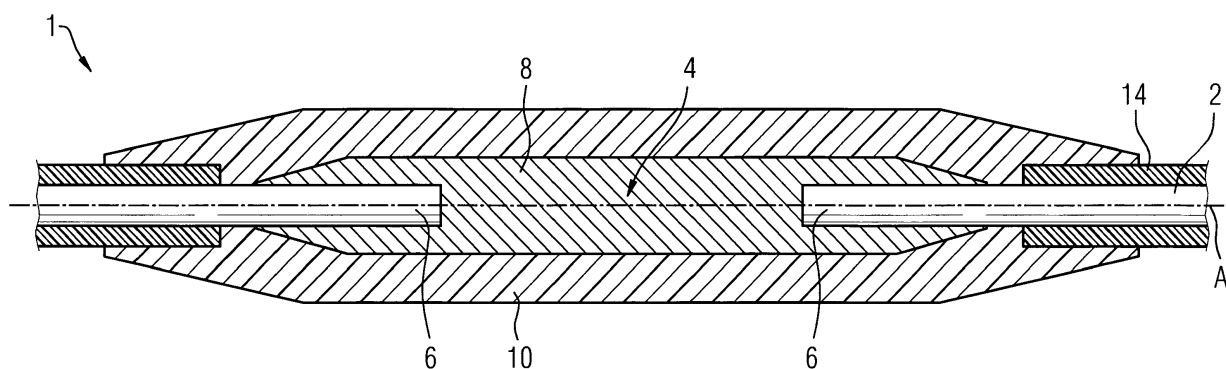
(72) Erfinder: **Diehl, Dirk**
91088 Bubenreuth (DE)

(54) **Induktor**

(57) Es wird ein Induktor (1) zur induktiven Heizung von Ölsand-, Ölschiefer oder Schwerstöllagerstätten vorgeschlagen, der wenigstens einen Leiter (2) mit wenigstens einer Unterbrechungsstelle (4) umfasst, wobei zwei Endbereiche (6) des Leiters (2) an der Unterbrechungsstelle (4) mittels eines elektrisch leitenden Verbindungselementes (8, 9) verbunden sind, wobei das Verbindungselement (8, 9) einen spezifischen Widerstand von wenigstens $10\ \Omega\text{m}$ und höchstens $10^{10}\ \Omega\text{m}$ aufweist. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Herstellungsverfahren für den Induktor (1).

elementes (8, 9) verbunden sind, wobei das Verbindungselement (8, 9) einen spezifischen Widerstand von wenigstens $10\ \Omega\text{m}$ und höchstens $10^{10}\ \Omega\text{m}$ aufweist. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Herstellungsverfahren für den Induktor (1).

FIG 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Induktor gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1, sowie ein Herstellungsverfahren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 15.

[0002] Zur in-situ Förderung von Kohlenwasserstoffen aus einer unterirdischen Lagerstätte, beispielsweise zur Förderung von Schwerstölen oder Bitumen aus Ölsand oder Ölschiefervorkommen, ist es notwendig, eine möglichst große Fließfähigkeit der zu fördernden Kohlenwasserstoffe zu erreichen. Eine Möglichkeit die Fließfähigkeit der Kohlenwasserstoffe bei ihrer Förderung zu verbessern ist, die in der Lagerstätte vorherrschende Temperatur zu erhöhen.

[0003] Eine angewendete Methode zur Erhöhung der Temperatur der Lagerstätte ist das induktive Heizen mittels eines Induktors, welcher in die Lagerstätte, das heißt in das Erdreich, eingebracht wird. Mittels des Induktors werden in elektrisch leitfähigen Lagerstätten (Reservoir) Wirbelströme induziert, welche die Lagerstätte aufheizen, so dass es folglich zu einer Verbesserung der Fließfähigkeit der in der Lagerstätte vorliegenden Kohlenwasserstoffe kommt.

[0004] Um eine zur geforderten Temperaturerhöhung ausreichende Heizleistung in der Umgebung des Induktors zu erreichen, sind typischerweise große Wechselstromstärken von einigen 100 A nötig, da das den Induktor umgebende Reservoir meist nur gering elektrisch leitfähig ist. Durch einen Betrieb des Induktors mit einer hohen Wechselstromstärke ergibt sich ein hoher induktiver Spannungsabfall entlang des Induktors, wobei der induktive Spannungsabfall in der Größenordnung von einigen 100 kV liegen kann. Solch hohe Spannungen lassen sich nur unschwer praktisch handhaben, so dass es zweckmäßig ist, diese zu kompensieren.

[0005] Eine Kompensation des induktiven Spannungsabfalls wird, wie in der Patentschrift DE 10 2007 040 605 beschrieben, beispielsweise durch in Serie geschaltete Kondensatoren ermöglicht (Blindleistungskompensation). In der dort vorgestellten Lösung werden die stromführenden Leiter des Induktors zur Ausbildung der Kondensatoren unterbrochen und weisen somit eine Mehrzahl von Unterbrechungsstellen auf.

[0006] Nachteilig an der Serienschaltung von Kondensatoren ist, dass die Unterbrechungsstelle Schwachstellen des Induktors ausbilden. An den Unterbrechungsstellen treten Teilentladungen auf, die zur teilweisen oder vollständigen Zerstörung des Induktors führen können. Aufgrund der Unzugänglichkeit eines tief in die Lagerstätte eingebrachten Induktors sind besonders hohe Anforderungen an die Zuverlässigkeit des Induktors zu stellen. Insbesondere wird ein kontinuierlicher und wartungsfreier Betrieb über zehn bis zwanzig Jahre angestrebt. Bei Ausfall eines Kondensators des Induktors wird aufgrund der Reihenschaltung der Kondensatoren der gesamte Induktor funktionsuntüchtig.

[0007] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe

zugrunde, die Zuverlässigkeit eines Induktors zu verbessern.

[0008] Die Aufgabe wird durch einen Induktor mit den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruches 1, sowie durch ein Herstellungsverfahren mit den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruches 15 gelöst. In den abhängigen Patentansprüchen sind vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung angegeben.

[0009] Der erfindungsgemäße Induktor zur induktiven Heizung von Öl-sand-, Ölschiefer oder Schwerstöllagerstätten umfasst wenigstens einen Leiter, welcher Leiter wenigstens eine Unterbrechungsstelle aufweist, wobei erfindungsgemäß zwei Endbereiche des Leiters an der Unterbrechungsstelle mittels eines elektrisch leitenden Verbindungselementes verbunden sind und das Verbindungselement einen spezifischen Widerstand von wenigstens $10\ \Omega\text{m}$ und höchstens $10^{10}\ \Omega\text{m}$ aufweist.

[0010] Im Sinne der vorliegenden Erfindung kann der erfindungsgemäße Induktor eine Mehrzahl von Leitern umfassen, wobei von den Leitern wenigstens ein Leiter eine Unterbrechungsstelle mit zwei Endbereichen aufweist, welche Endbereiche mittels eines elektrisch gering leitenden Verbindungselementes verbunden sind.

[0011] Ein Element oder Material wird hier als elektrisch gering leitend bezeichnet, falls das Element oder Material einen spezifischen Widerstand im Bereich von $10\ \Omega\text{m}$ bis $10^{10}\ \Omega\text{m}$, besonderes bevorzugt im Bereich von $10^2\ \Omega\text{m}$ bis $10^5\ \Omega\text{m}$ aufweist. Weiterhin ist ein spezifischer Widerstand im Bereich von $10^2\ \Omega\text{m}$ bis $10^3\ \Omega\text{m}$ vorgesehen. Erfindungsgemäß weist das Verbindungselement einen spezifischen Widerstand von wenigstens $10\ \Omega\text{m}$ und höchstens $10^{10}\ \Omega\text{m}$, bevorzugt von wenigstens $10^2\ \Omega\text{m}$ und höchstens $10^5\ \Omega\text{m}$ auf. Besonders bevorzugt weisen alle Leiter des Induktors eine gering leitende Unterbrechungsstelle gemäß Anspruch 1 auf.

[0012] Erfindungsgemäß wird durch das elektrisch gering leitende Verbindungselement die Teilentladungsfestigkeit des Leiters an der Unterbrechungsstelle erhöht, wodurch die Zuverlässigkeit des Induktors verbessert wird. Durch die geringe elektrische Leitfähigkeit des Verbindungselementes werden vorteilhafterweise Feldstärkeüberhöhung (Überhöhung der elektrischen Feldstärke) an der Unterbrechungsstelle, insbesondere an Graten oder scharfen (Schnitt)Kanten, verringert beziehungsweise abgeschwächt. Vorteilhafterweise wird durch die Vermeidung von Feldstärkeüberhöhungen, die über die Dauer des kontinuierlichen Betriebes des Induktors zu einer Zerstörung der Isolierschicht an der Unterbrechungsstelle und folglich zu einem Ausfall des Induktors führen können, die Zuverlässigkeit des Induktors weiter verbessert.

[0013] Bei dem erfindungsgemäßen Herstellungsverfahren für einen Induktor zur induktiven Heizung von Öl-sand-, Ölschiefer oder Schwerstöllagerstätten wird wenigstens ein Leiter bereitgestellt und wenigstens eine Unterbrechungsstelle des Leiters mittels eines Durchtrennens des Leiters geschaffen, wodurch sich zwei Endbe-

reich des Leiters an der Unterbrechungsstelle ausbilden. Ferner werden erfindungsgemäß die zwei Endbereiche des Leiters an der Unterbrechungsstelle mittels eines Aufbringens eines elektrisch leitenden Stoffes verbunden, wobei der elektrisch leitende Stoff einen spezifischen Widerstand von wenigstens $10\ \Omega\text{m}$ und höchstens $10^{10}\ \Omega\text{m}$ aufweist.

[0014] Mit anderen Worten wird ein elektrisch gering leitendes Verbindungselement zwischen den zwei Endbereichen des Leiters an der Unterbrechungsstelle hergestellt, wobei das Verbindungselement mittels des elektrisch gering leitenden Stoffes gebildet wird. Hierbei koppelt das Verbindungselement die zwei Endbereiche des Leiters elektrisch. Bevorzugt kann hierbei der elektrisch leitende Stoff mittels eines Spritzverfahrens, Vergussverfahrens und/oder Extrudierverfahrens aufgebracht werden.

[0015] Bevorzugt umfasst der gering leitende Stoff (Verbindungselement) ein Material aus der Stoffgruppe der thermoelastischen Kunststoffe. Hierbei können Kunststoffe, welche Füll- oder Faserstoffe aus Graphit, Ruß, Karbon oder weitere Materialien, beispielsweise PEEK CF30, umfassen vorgesehen sein.

[0016] Es ergeben sich zum bereits genannten erfindungsgemäßen Induktor gleichartige und gleichwertige Vorteile des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens.

[0017] Gemäß einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung weist das Verbindungselement einen spezifischen Widerstand von wenigstens $10^2\ \Omega\text{m}$ und höchstens $10^5\ \Omega\text{m}$ auf.

[0018] Dadurch wird vorteilhafterweise die Teilentladungsfestigkeit weiter erhöht, so dass sich die Zuverlässigkeit des Induktors weiter verbessert.

[0019] In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist das Verbindungselement als eine erste Muffe ausgebildet, wobei jeweils wenigstens ein Teil der zwei Endbereiche des Leiters von der ersten Muffe umschlossen ist.

[0020] Die elektrisch gering leitende erste Muffe (Innenmuffe) dient zur mechanischen, kraftschlüssigen Verbindung der zwei Enden beziehungsweise Endbereiche des Leiters, wobei die Enden durch die Unterbrechungsstelle des Leiters gebildet werden. Bevorzugt ist eine aus thermoelastischen Kunststoff gespritzte erste Muffe, die beide Enden beziehungsweise beide Endbereiche an der Unterbrechungsstelle umschließt. Hierbei ist eine erste Muffe vorgesehen, deren Außendurchmesser wesentlich größer als der Durchmesser des Querschnittes des Leiters ist.

[0021] In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist eine zweite Muffe vorgesehen, wobei die zweite Muffe elektrisch isolierend ist und die erste Muffe umschließt.

[0022] Vorteilhafterweise wird dadurch die erste Muffe geschützt und zudem die mechanische Stabilität des Leiters sichergestellt. Zudem kann die erste Muffe mittels der zweiten Muffe mechanisch entlasten werden, so dass

bei der Formgestaltung und elektrischen Auslegung der ersten Muffe das elektrische Wirken, das heißt die Erhöhung der Teilentladungsfestigkeit, bevorzugt ist. Die mechanische Stabilität wird dann folglich hauptsächlich durch die zweite Muffe gewährleistet. Hierbei ist die zweite Muffe elektrisch nicht leitend, das heißt ein Isolator. Insbesondere ist aufgrund der elektrischen Wirkung der ersten Muffe bei ihrer Formgestaltung darauf zu achten, dass scharfe Kante und/oder Grate vermieden werden. Beispielsweise kann dies mit einer ersten Muffe erreicht werden, die mittels eines Spritzgussverfahrens hergestellt ist. Generell ist eine Muffe vorliegend ein Verbindungselement und insbesondere auch Schutzelemente. Die erste und/oder zweite Muffe ist vorzugsweise fest mit dem eingeführten Leiter verbunden und umschließt die Unterbrechungsstelle. Denkbar sind Ausgestaltungen der ersten und/oder zweiten Muffe als Gießharzmuffen, Gelmuffen, Spritzmuffen, Schrumpfmuffen - Wärmeschrumpf - oder Kaltschrumpfmuffen.

[0023] Es ist eine zweite Muffe vorgesehen, die die erste Muffe, sowie wenigstens einen Teil einer Isolierung des Leiters umschließt. Liegt eine Isolierung des Leiters an beiden Teilen des Leiters vor, wobei die genannten Teile des Leiters durch die Unterbrechungsstelle gebildet werden, so sind bevorzugt die Isolierungen der beiden Teile des Leiters von der zweiten Muffe umschlossen.

[0024] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist das Verbindungselement als eine erste Leiterummantelung ausgebildet, wobei die erste Leiterummantelung die zwei Endbereiche des Leiters im Bereich der Unterbrechungsstelle umschließt.

[0025] Vorteilhafterweise können dadurch nach dem Stand der Technik bekannte Herstellungsverfahren für Leiterummantelungen für die Herstellung des Verbindungselementes verwendet werden.

[0026] In einer besonders bevorzugten Weiterbildung der Erfindung weist der Leiter eine zweite Leiterummantelung auf, wobei die zweite Leiterummantelung die erste Leiterummantelung wenigstens im Bereich der Unterbrechungsstelle umschließt.

[0027] Hierbei ist eine zweite Leiterummantelung vorgesehen, die elektrisch isolierend ist. Mit anderen Worten wird durch die zweite Leiterummantelung die Isolierung des Leiters gebildet. Folglich ist der Leiter von einer zweischichtigen Ummantelung umschlossen, wobei die erste direkt am Leiter anliegende innere Schicht durch die erste Leiterummantelung, das heißt durch das elektrisch gering leitende Verbindungselement gebildet ist. Die zweite Schicht ist durch die zweite, außenliegende Leiterummantelung gebildet. Sie dient zur elektrischen und mechanischen Isolierung und zum Schutz des Leiters und der ersten Leiterummantelung.

[0028] Vorteilhafterweise wird hierdurch die Herstellung des Induktors beziehungsweise des Leiters weiter verbessert und vereinfacht.

[0029] Bevorzugt ist zwischen den zwei Endbereichen des Leiters ein Abstandshalter angeordnet.

[0030] Ein zwischen den zwei Endbereichen angeord-

netter Abstandshalter ist insbesondere dann bevorzugt, wenn das Verbindungselement als erste Leiterummantelung ausgebildet ist. Durch den Abstandshalter innerhalb der Unterbrechungsstelle wird insbesondere ein kontinuierliches Herstellungsverfahren für den Induktor beziehungsweise für einen Leiter des Induktors, beispielsweise mittels Extrusion, ermöglicht. Hierbei ist ein elektrisch isolierender oder ein elektrisch gering leitender Abstandshalter vorgesehen. Insbesondere kann der Abstandshalter dieselben Materialien wie das Verbindungselement umfassen oder mit diesem einstückig sein. Mit anderen Worten wird das Verbindungselement zusätzlich als Abstandshalter verwendet. Insbesondere ist das Verbindungselement einstückig ausgebildet.

[0031] In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist der Abstandshalter von dem Verbindungselement umschlossen.

[0032] Insbesondere ist der Abstandshalter von einem Verbindungselement umschlossen, welches als erste Leiterummantelung ausgebildet ist. Dadurch wird vorteilhafterweise die Teilentladungsfestigkeit erhöht.

[0033] Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist wenigstens ein Endbereich unduloidartig ausgebildet. Bevorzugt sind beide Endbereiche des Leiters an der Unterbrechungsstelle unduloidartig ausgebildet.

[0034] Vorteilhafterweise wird durch die unduloidartige Ausbildung des wenigstens einen Endbereiches des Leiters des Induktors ein Verrutschen oder Verschieben der ersten Muffe (Verbindungselement) oder der ersten Leiterummantelung (Verbindungselement) behindert oder verhindert. Durch die Verhinderung des Verschiebens des Verbindungselementes wird die Teilentladungsfestigkeit des Leiters an der Unterbrechungsstelle an Enden des Leiters, die sich durch die Unterbrechungsstelle ausbilden, erhöht. Das ist deshalb der Fall, da durch eine Verhinderung des Verschiebens des Verbindungselementes eine Bildung von Gas- oder Lufteinschlüssen verhindert wird, wobei die Gas- oder Lufteinschlüsse beispielsweise aufgrund der mechanischen Zugbelastung bei der Kabelherstellung - Verseilung, Umspulen und Weitere - entstehen. Vorteilhafterweise wird die Zuverlässigkeit des Verbindungselementes und folglich die Zuverlässigkeit des gesamten Induktors verbessert.

[0035] Ein weiterer besonderer Vorteil des unduloidartig ausgebildeten Endbereiches des Leiters an der Unterbrechungsstelle ist, dass scharfe Kanten, die zu einer Feldstärkeüberhöhung (Überhöhung der elektrischen Feldstärke) an der Unterbrechungsstelle führen, mittels der unduloidartigen Ausbildung vermieden werden. Vorteilhafterweise wird durch die Vermeidung von Feldstärkeüberhöhungen, die über die Dauer des kontinuierlichen Betriebes des Induktors zu einer Zerstörung der Isolierschicht an der Unterbrechungsstelle und folglich zu einem Ausfall des Induktors führen können, die Zuverlässigkeit des Induktors weiter verbessert.

[0036] Mit anderen Worten stellt die vorteilhafte undu-

loidartige Ausgestaltung des Endbereiches des Leiters an der Unterbrechungsstelle sowohl die elektrische als auch die mechanische Stabilität sicher. Durch die vorteilhafte und synergetische Kombination der elektrischen und mechanischen Stabilität, welche mittels der unduloidartigen Ausbildung des Endbereiches erreicht wird, wird insgesamt die Teilentladungsfestigkeit an der Unterbrechungsstelle des Leiters erhöht, so dass die Zuverlässigkeit des Induktors verbessert wird.

[0037] Besonders bevorzugt sind die Ende der unduloidartigen Endbereiche halbkugelförmig ausgebildet ist.

[0038] Durch die halbkugelförmige Ausbildung der Enden der unduloidartigen Endbereiche werden vorteilhafterweise scharfe Kanten oder Ecken, die bei der Herstellung der Unterbrechungsstelle entstehen können, beispielsweise durch die Durchtrennung des Leiters mit einem Schneidewerkzeug, vermieden. Mit anderen Worten wird durch die halbkugelförmig ausgebildeten Enden der unduloidartigen Endbereiche des Leiters die Teilentladungsfestigkeit an der Unterbrechungsstelle des Leiters weiter verbessert. Das ist deshalb der Fall, da die halbkugelförmige glatte Ausbildung der Ende Feldstärkeüberhöhungen, wie sie beispielsweise bei kantigen Formen auftreten, verhindert.

[0039] Beispielsweise wird mittels einer Abfolge von Ausbeulungen und Einschnürungen des Leiters, die durch eine entsprechende Ausgestaltung der Querschnittsfläche des Leiters ermöglicht werden, die unduloidartige Ausbildung des Endbereiches oder der Endbereiche ermöglicht. Vorgesehen ist auch eine Ausbeulung des Leiters, die bezüglich ihres Radius oder Durchmessers über den ursprünglichen Radius oder Durchmesser des Querschnittes des Leiters hinausgeht.

[0040] Durch die alternierende Abfolge der Ausbeulungen und Einschnürungen des Leiters wird vorteilhafterweise ein Verschieben des Leiters innerhalb der ersten Muffe oder der ersten Leiterummantelung behindert oder blockiert. Zusätzlich werden durch die abgerundete Ausgestaltung der unduloidartigen Endbereiche Feldstärkeüberhöhungen an den Enden der Endbereiche vermindert, so dass die Teilentladungsfestigkeit an der Unterbrechungsstelle und folglich die Zuverlässigkeit des Induktors verbessert wird.

[0041] In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist der wenigstens eine unduloidartige Endbereich von dem Verbindungselement, insbesondere von der ersten Muffe oder der ersten Leiterummantelung, umschlossen.

[0042] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung bildet der Leiter einen Leiter eines Multifilamentleiters aus.

[0043] Hierbei ist vorgesehen, dass insbesondere alle Leiter des Multifilamentleiters eine elektrisch gering leitende Unterbrechungsstelle gemäß Anspruch 1 aufweisen. Hierbei sind die Filamente des Multifilamentleiters mittels der Mehrzahl von Leitern gebildet. Bevorzugt umfasst ein Multifilamentleiter eine Mehrzahl von wenigstens 10 und höchstens 5000 Leitern. Hierdurch wird vor-

teilhafterweise die Heizleistung des Induktors erhöht.

[0044] Bevorzugt ist ein Induktor mit einer Mehrzahl von Leitern, wobei die Unterbrechungsstellen der Leiter einen gegenseitigen Versatz entlang einer Längsachse des Induktors aufweisen.

[0045] Dadurch wird vorteilhafterweise ein Induktor ausgebildet, dessen einzelne Leiter kapazitiv miteinander verkoppelt sind. Durch die Reihenschaltung der Kondensatoren, die durch die kapazitiv gekoppelten Leiter ausgebildet wird, wird vorteilhafterweise die Blindleistung des Induktors reduziert und/oder im Resonanzfall annähernd kompensiert.

[0046] Besonders bevorzugt ist in Induktor aus einer Mehrzahl von Leitern, wobei sich die Leiter parallel entlang der Längsachse des Induktors erstrecken.

[0047] Vorteilhafterweise wird durch den parallelen Verlauf der Leiter eine annähernd konstante Kapazität zwischen den Leitern ermöglicht, so dass eine gleichmäßige und gleich verteilte Belastung der Leiter des Induktors vorliegt.

[0048] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung bilden die Leiter eine verflochtene und/oder verseilte Struktur aus, die sich entlang der Längsachse des Induktors erstreckt.

[0049] Dadurch wird vorteilhafterweise eine Kabelanordnung der Leiter des Induktors ermöglicht, die durch eine Verflechtung und/oder Verseilung zum einen mechanisch stabilisiert wird und zum anderen zur Bildung von Kapazitäten zwischen den einzelnen Leitern besonders geeignet ist.

[0050] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus dem im Folgenden beschriebenen Ausführungsbeispielen sowie anhand der Zeichnungen. Dabei zeigen:

Figur 1 eine Schnittdarstellung eines Abschnittes eines Leiters eines Induktors, wobei der Leiter wenigstens eine Unterbrechungsstelle aufweist und zwei Endbereiche des Leiters an der Unterbrechungsstelle mittels einer ersten Muffe elektrisch gekoppelt sind;

Figur 2 eine Schnittdarstellung eines Abschnittes eines Leiter eines Induktors, wobei der Leiter wenigstens eine Unterbrechungsstelle aufweist und zwei unduloidartige Endbereiche des Leiters an der Unterbrechungsstelle mittels einer ersten Muffe elektrisch gekoppelt sind; und

Figur 3 eine Schnittdarstellung eines Abschnittes eines Leiters eines Induktors, wobei der Leiter wenigstens eine Unterbrechungsstelle aufweist und zwei Endbereiche des Leiters an der Unterbrechungsstelle mittels einer ersten Leiterummantelung elektrisch gekoppelt sind.

[0051] Gleichartige Elemente können in den Figuren

mit denselben Bezugszeichen versehen sein.

[0052] Figur 1 zeigt eine Schnittdarstellung eines Abschnittes eines Leiters 2 eines Induktors 1, wobei sich der Leiter 2 entlang einer Längsachse A erstreckt.

[0053] Als Leiter 2 kann ein einzelner Draht oder eine Litze vorgesehen sein, wobei der Leiter 2 ein elektrisch hochleitfähiges Material, beispielsweise Kupfer und/oder Aluminium, umfasst. Ist der Leiter 2 als Litze ausgebildet, so wird vorteilhafterweise der Hochfrequenzwiderstand des Induktors 1 beziehungsweise des Leiters 2 reduziert. Zur Bildung einer geeigneten Kapazität ist wenigstens ein weiterer zum Leiter 2 parallel verlaufender Leiter (nicht dargestellt) vorgesehen. Hierbei kann der weitere Leiter eine gegenüber dem Leiter 2 versetzte Unterbrechungsstelle aufweisen, wobei der Versatz sich periodisch fortsetzt und der Resonanzlänge entspricht. Bevorzugt ist ein weiterer Leiter, welcher wie der dargestellte Leiter 2 ausgestaltet ist.

[0054] Der Leiter 2 weist ferner zur Bildung der Kapazitäten eine Unterbrechungsstelle 4 auf. Durch die Ausbildung der Unterbrechungsstelle 4, weist der Leiter 2 zwei Endbereiche 6 auf. Außerhalb der Endbereiche 6 ist der Leiter 2 von einem elektrisch isolierenden Außenmantel 14 (zweite Leiterummantelung) umschlossen. Für den elektrisch isolierenden Außenmantel 14 sind hochtemperaturbeständige Kunststoffe, beispielsweise PFA, PTFE, PEEK oder Kombination der genannten Kunststoffe vorgesehen. Ein Außenmantel 14, welcher eine Mehrzahl von Schichten umfasst kann vorgesehen sein. Insbesondere kann jede Schicht eines mehrschichtigen Außenmantels 14 aus einem anderen Material gefertigt sein.

[0055] Die offenliegenden, das heißt die nicht vom elektrisch isolierenden Außenmantel 14 umschlossen Endbereiche 6 sind mittels eines elektrisch gering leitenden Verbindungselementes 8 elektrisch gekoppelt beziehungsweise verbunden. Ein Element oder Material wird hier als elektrisch gering leitend bezeichnet, falls das Element oder Material einen spezifischen Widerstand im Bereich von $10 \Omega\text{m}$ bis $10^{10} \Omega\text{m}$ aufweist. Besonders bevorzugt ist ein Bereich von $10^2 \Omega\text{m}$ bis $10^5 \Omega\text{m}$ oder von $10^2 \Omega\text{m}$ bis $10^3 \Omega\text{m}$.

[0056] In dem in Figur 1 dargestellten Ausführungsbeispiel ist das elektrisch gering leitende Verbindungselement 8 als eine erste Muffe 8, das heißt als eine (innenliegende) Innenmuffe 8, ausgebildet. Hierbei umschließt die erste Muffe 8 die zwei Endbereiche 6 des Leiters 2 an der Unterbrechungsstelle 8. Durch die wenn auch geringe elektrische Leitfähigkeit der ersten Muffe 6 werden die zwei Endbereiche 6 des Leiters 2 elektrisch gekoppelt beziehungsweise verbunden. Hierdurch wird vorteilhafterweise die Teilentladungsfestigkeit des Induktors 1 beziehungsweise des Leiters 2 an der Unterbrechungsstelle 4 verbessert.

[0057] Bei der Herstellung des Induktors 1 kann die erste Muffe 6 als Fixierung für die beiden Endbereiche 6 des Leiters dienen. Hierbei wird vorteilhafterweise durch die erste Muffe 6 verhindert, dass die Endbereiche 6 (Lei-

terenden) beim Spritzen der zweiten Muffe 10 eine Innenwand einer Spritzform berühren. Hierdurch wird eine annähernd konstante Schichtdicke der zweiten Muffe 10 gewährleistet.

[0058] Figur 2 zeigt einen Induktor 1 gemäß Figur 1, wobei im Gegensatz zu Figur 1 zwei Endbereiche 6 des Leiters 2 unduloidartig ausgebildet sind. Hierbei zeigt Figur 2 dieselben Elemente wie bereits Figur 1.

[0059] An der Unterbrechungsstelle 4 weist der Leiter 2 die zwei Endbereiche 6 auf, die jeweils unduloidartig ausgebildet sind. Hierbei wird die unduloidartige Ausgestaltung der Endbereiche 6 mittels einer Abfolge von Einschnürungen und Ausbeulungen des Querschnittes des Leiters 2 gebildet. Der Querschnitt des Leiters 2 verläuft senkrecht zur Längsachse A des Leiters 2 und ist annähernd kreisförmig ausgebildet. Die funktionale Form der Ausbeulungen und Einschnürungen kann dem Zweck angepasst werden. Beispielsweise ist eine cosinus- oder sinusförmige Profilkurve des unduloidartigen Endbereiches 6 vorgesehen. Die Profilkurve ergibt sich aus einem Längsschnitt des Leiters 2 entlang der Längsachse A in den Endbereichen 6.

[0060] Die unduloidartigen Endbereiche 6 sind an ihren jeweiligen Enden halbkugelförmig ausgebildet. Durch die halbkugelförmige Ausgestaltung oder Ausbildung der Enden werden Feldstärkeüberhöhungen an den Enden und folglich an der Unterbrechungsstelle vermieden, so dass hierdurch die Teilentladungsfestigkeit an der Unterbrechungsstelle erhöht wird.

[0061] Die Ausbeulungen der unduloidartigen Endbereiche weisen im Querschnitt einen Radius auf, der dem Radius eines ursprünglichen Querschnittes des Leiters 2 entspricht. Hierbei ist als ursprünglicher Querschnitt des Leiters ein mittlerer Querschnitt außerhalb der Endbereiche 6 zu verstehen. Mit anderen Worten stellen die Ausbeulungen nur gegenüber den Einschnürungen Ausbeulungen des Leiters 2 dar. In dem in Figur 2 gezeigten Ausführungsbeispiel weisen die unduloidartigen Endbereiche 6 des Leiters 2 jeweils drei Ausbeulungen und drei Einschnürungen auf.

[0062] Der sich entlang der Längsachse A erstreckende Leiter 2 ist von der ersten und zweiten Muffe 8, 10 umgeben, wobei die genannten Muffen 8, 10 den Leiter 2 im Bereich der Unterbrechungsstelle 4 umschließen. Durch die unduloidartigen Endbereiche 6 des Leiters 2 an der Unterbrechungsstelle 4 werden die Feldstärkeüberhöhungen und folglich die Teilentladungen an der Unterbrechungsstelle 4 verringert, so dass die erste Muffe 8 an der Unterbrechungsstelle 4 zum einen durch die Verringerung der Teilentladungen entlastet und zum anderen mechanisch durch die Abfolge von Ausbeulungen und Einschnürungen der Endbereiche 6 kraftschlüssig fixiert wird. Eine kraft- und formschlüssige Fixierung kann vorgesehen sein. Folglich ermöglicht die unduloidartige Ausbildung der Endbereiche 6 eine synergetische und vorteilhafte Kombination von mechanischer und elektrischer Festigkeit der ersten Muffe 6 an der Unterbrechungsstelle 4 des Leiters 2.

[0063] Die zweite Muffe 10 umschließt wiederum einen isolierenden Außenmantel 14, so dass im Wesentlichen die zweite Muffe 10 zur mechanischen Stabilisierung und mechanischen Entlastung der ersten Muffe 8 dient.

[0064] Figur 3 zeigt eine Schnittdarstellung eines Abschnittes eines Leiters 2 eines Induktors 1, wobei der Leiter 2 wenigstens eine Unterbrechungsstelle 4 aufweist und zwei Endbereiche 6 des Leiters an der Unterbrechungsstelle 4 mittels einer ersten Leiterummantelung 9 elektrisch gekoppelt sind.

[0065] Hierbei ist als Verbindungselement der zwei Endbereiche 6 die erste Leiterummantelung 9 vorgesehen. Mit anderen Worten ist das Verbindungselement als erste Leiterummantelung 9 ausgebildet. Ferner ist zwischen den zwei Endbereichen 6 ein Abstandshalter 16 angeordnet, der die Endbereiche 6 mechanisch fixiert und auf Abstand hält. Hierbei ist eine axiale Länge (parallel zur Längsachse A) des Abstandshalters 16 im Bereich von 10 mm bis 500 mm, besonders bevorzugt im Bereich von 10 mm bis 50 mm vorgesehen. Die Endbereiche 6 erstrecken sich hierbei annähernd entlang des gesamten Leiters 2, da annähernd der gesamte Leiter 2 von der ersten, elektrisch gering leitenden Leiterummantelung 9 umschlossen ist.

[0066] Der Leiter 2 weist gemäß Figur 3 eine zweischichtige Ummantelung auf. Eine erste, am Leiter 2 direkt anliegende Schicht 9 wird durch die erste, elektrisch gering leitende Leiterummantelung 9 (Verbindungselement) gebildet. Eine zweite, äußere Schicht 14 umschließt die erste Schicht 9 und wird mittels einer zweiten Leiterummantelung 14 gebildet, wobei die zweite Leiterummantelung 14 einen äußeren Abschluss des Leiters 2 ausbildet. Hierbei ist insbesondere eine elektrisch isolierende zweite Leiterummantelung 14 vorgesehen.

[0067] Vorteilhafterweise können durch die in Figur 3 dargestellte Ausführung des Verbindungselementes als erste Leiterummantelung 9 bekannte Herstellungsverfahren, insbesondere Extrusionsverfahren zur Herstellung des Leiters 2 beziehungsweise des Induktors 1 verwendet werden.

[0068] Obwohl die Erfindung im Detail durch die bevorzugten Ausführungsbeispiele näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt oder andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

Patentansprüche

1. Induktor (1) zur induktiven Heizung von Ölsand-, Ölschiefer oder Schwerstöllagerstätten umfassend wenigstens einen Leiter (2), welcher Leiter (2) wenigstens eine Unterbrechungsstelle (4) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwei Endbereiche (6) des Leiters (2) an der Unterbrechungsstelle (4) mittels eines elektrisch leitenden Verbindungselementes (8, 9) verbunden sind, wobei das Verbindungs-

element (8, 9) einen spezifischen Widerstand von wenigstens $10\ \Omega\text{m}$ und höchstens $10^{10}\ \Omega\text{m}$ aufweist.

2. Induktor (1) gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verbindungselement (8, 9) einen spezifischen Widerstand von wenigstens $10^2\ \Omega\text{m}$ und höchstens $10^5\ \Omega\text{m}$ aufweist. 5
3. Induktor (1) gemäß Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verbindungselement (8, 9) als eine erste Muffe (8) ausgebildet ist, wobei jeweils wenigstens ein Teil der zwei Endbereiche (6) des Leiters (2) von der ersten Muffe (8) umschlossen ist. 10
4. Induktor (1) gemäß Anspruch 3, mit einer zweiten Muffe (10), wobei die zweite Muffe (10) elektrisch isolierend ist und die erste Muffe (8) umschließt. 15
5. Induktor (1) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verbindungselement (8, 9) als eine erste Leiterummantelung (9) ausgebildet ist, wobei die erste Leiterummantelung (9) die zwei Endbereiche (6) des Leiters (2) im Bereich der Unterbrechungsstelle (4) umschließt. 20
6. Induktor (1) gemäß Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Leiter (2) eine zweite Leiterummantelung (14) aufweist, wobei die zweite Leiterummantelung (14) die erste Leiterummantelung (9) wenigstens im Bereich der Unterbrechungsstelle (4) umschließt. 25
7. Induktor (1) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen den zwei Endbereichen (6) des Leiters (2) ein Abstandshalter (16) angeordnet ist. 30
8. Induktor (1) gemäß Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abstandshalter (18) von dem Verbindungselement (8, 9) umschlossen ist. 35
9. Induktor (1) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Endbereich (6) des Leiters (2) an der Unterbrechungsstelle (4) unduloidartig ausgebildet ist. 40
10. Induktor (1) gemäß Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der wenigstens eine unduloidartige Endbereich (6) von dem Verbindungselement (8, 9) umschlossen ist. 45
11. Induktor (1) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Leiter (2) einen Leiter eines Multifilamentleiters ausbildet. 50
12. Induktor (1) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche, mit einer Mehrzahl von Leitern, die jeweils

eine Unterbrechungsstelle (4) gemäß Anspruch 1 aufweisen, wobei die Unterbrechungsstellen (4) der Leiter (2) einen gegenseitigen Versatz entlang einer Längsachse des Induktors (1) aufweisen.

13. Induktor (1) gemäß Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Leiter parallel entlang der Längsachse des Induktors (1) erstrecken.
14. Induktor (1) gemäß Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leiter (2) eine verflochtene und/oder verseilte Struktur ausbilden, die sich entlang der Längsachse des Induktors (1) erstreckt.
15. Herstellungsverfahren für einen Induktor (1) zur induktiven Heizung von Ölsand-, Ölschiefer oder Schwerstöllagerstätten, bei dem wenigstens ein Leiter (2) bereitgestellt und wenigstens eine Unterbrechungsstelle (4) des Leiters (2) mittels eines Durchtrennens des Leiters (2) geschaffen wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwei Endbereiche (6) des Leiters (2) an der Unterbrechungsstelle (4) mittels eines Aufbringens eines elektrisch leitenden Stoffes (8, 9) verbunden werden, wobei der elektrisch leitende Stoff (8, 9) einen spezifischen Widerstand von wenigstens $10\ \Omega\text{m}$ und höchstens $10^{10}\ \Omega\text{m}$ aufweist.
16. Herstellungsverfahren gemäß Anspruch 15, bei dem der elektrisch leitende Stoff (8, 9) mittels eines Spritzverfahrens, Vergussverfahrens und/oder Extrudierverfahrens aufgebracht wird.

FIG 1

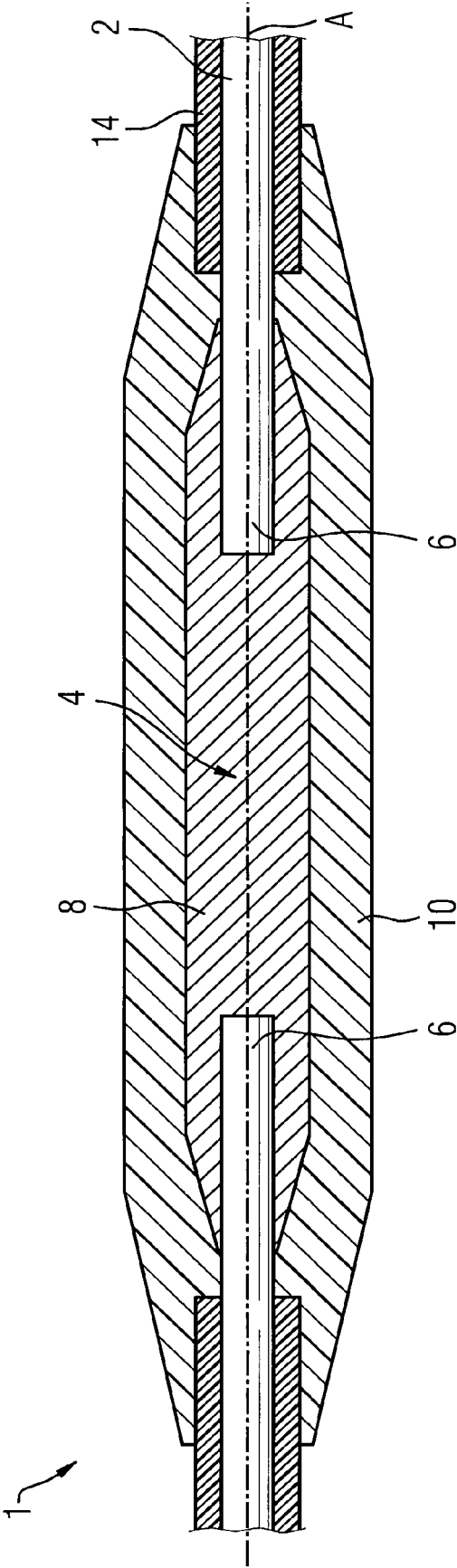


FIG 2

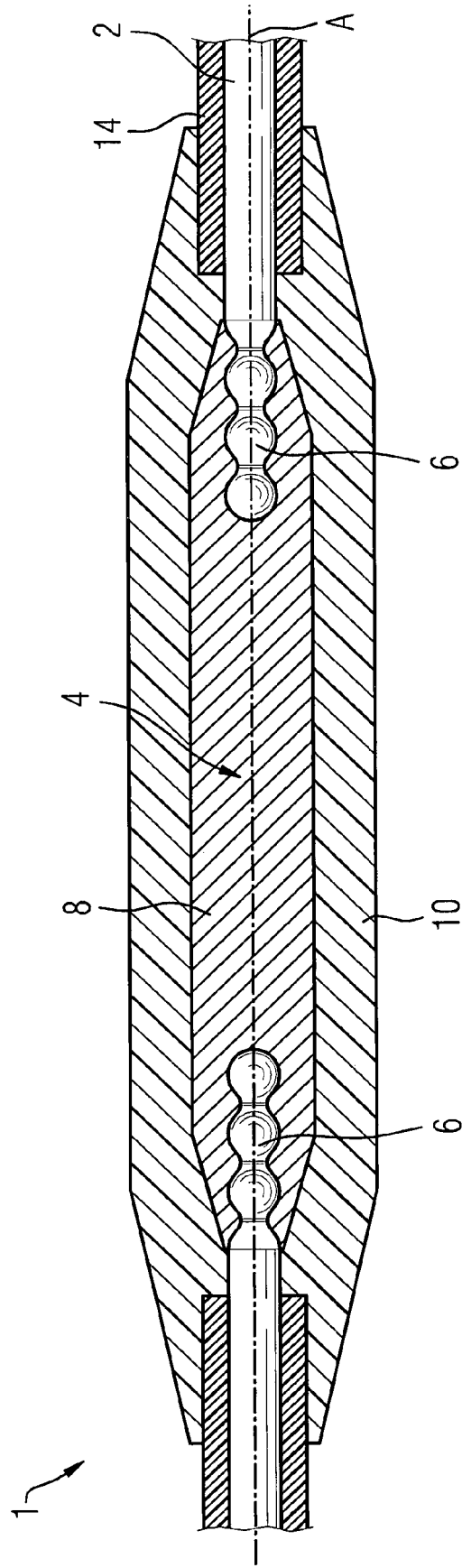
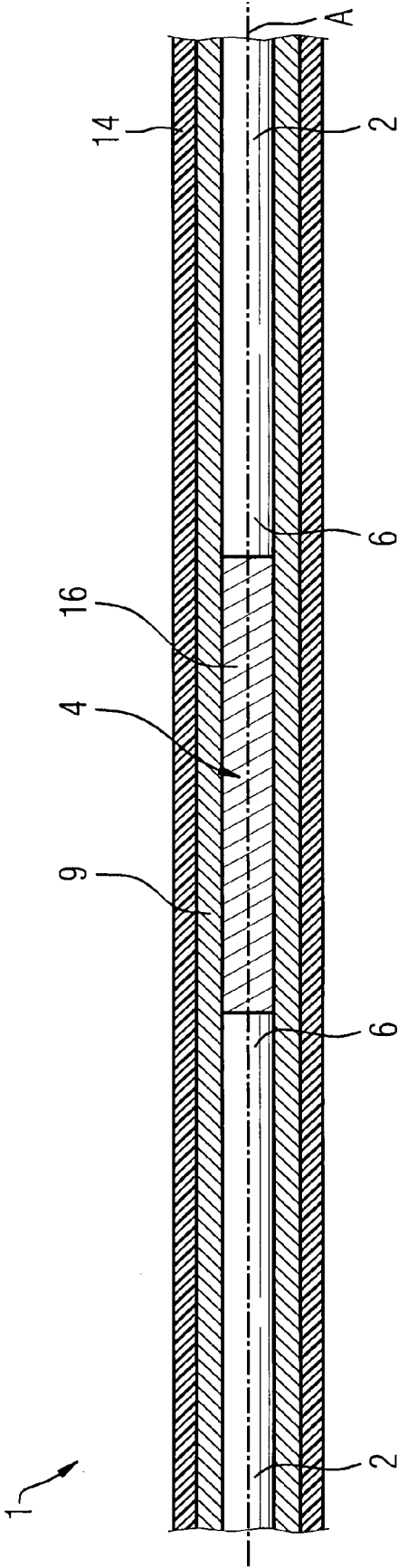


FIG 3





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 14 16 9412

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)
A	WO 2013/079201 A1 (LEONI KABEL HOLDING GMBH [DE]; MOSEBACH JENS [DE]; DREINER MICHAEL [DE] 6. Juni 2013 (2013-06-06) * Seite 6 - Seite 7; Abbildungen 1-3 *	1-16	INV. H05B6/10 E21B43/24
A	US 4 617 449 A (WEITZEL HAROLD B [US] ET AL) 14. Oktober 1986 (1986-10-14) * Spalte 10, Zeile 30 - Zeile 61; Abbildungen 6-8 *	1-16	
A	WO 2009/027305 A2 (SIEMENS AG [DE]; DIEHL DIRK [DE]; HUBER NORBERT [DE]; WACKER BERND [DE] 5. März 2009 (2009-03-05) * Seite 10, Zeile 8 - Zeile 24; Abbildungen 4,7A, 7B *	1-16	
A	US 2012/125607 A1 (PARSCHE FRANCIS EUGENE [US]) 24. Mai 2012 (2012-05-24) * Absatz [0028] - Absatz [0031]; Abbildungen 1,3 *	1-16	
A	WO 2011/001408 A1 (TOTAL SA [FR]; REY-BETHBEDER FRANCK [FR]; LAVAUD JACQUES [FR]; ESPAGNE) 6. Januar 2011 (2011-01-06) * Seite 14, Zeile 10 - Zeile 17; Abbildungen 1-3 *	1-16	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) H05B E21B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 27. Oktober 2014	Prüfer Gea Haupt, Martin
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 14 16 9412

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

27-10-2014

Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2013079201 A1	06-06-2013	CA 2857698 A1	06-06-2013
		CN 103987916 A	13-08-2014
		EA 201491076 A1	30-09-2014
		EP 2785968 A1	08-10-2014
		US 2014263289 A1	18-09-2014
		WO 2013079201 A1	06-06-2013

US 4617449 A	14-10-1986	KEINE	

WO 2009027305 A2	05-03-2009	CA 2697820 A1	05-03-2009
		DE 102008022176 A1	12-11-2009
		RU 2010111804 A	10-10-2011
		US 2011042063 A1	24-02-2011
		WO 2009027305 A2	05-03-2009

US 2012125607 A1	24-05-2012	CA 2816102 A1	24-05-2012
		US 2012125607 A1	24-05-2012
		WO 2012067770 A1	24-05-2012

WO 2011001408 A1	06-01-2011	CA 2766566 A1	06-01-2011
		CN 102482939 A	30-05-2012
		FR 2947587 A1	07-01-2011
		RU 2012103261 A	10-08-2013
		US 2012118879 A1	17-05-2012
		WO 2011001408 A1	06-01-2011

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

- DE 102007040605 [0005]