



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 07 864 T2 2005.12.22**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 323 171 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 07 864.0**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/EP01/09700**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 962 964.1**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 02/027731**

(86) PCT-Anmeldetag: **22.08.2001**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **04.04.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **02.07.2003**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **15.12.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **22.12.2005**

(51) Int Cl.7: **H01B 3/44**

H01B 3/22, H01B 7/00

(30) Unionspriorität:

00121110	28.09.2000	EP
236735 P	02.10.2000	US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE, TR**

(73) Patentinhaber:

Pirelli & C. S.p.A., Mailand/Milano, IT

(72) Erfinder:

**CASTELLANI, Luca, I-20094 Corsico, IT;
DELL'ANNA, Gaia, I-20145 Milano, IT; SCELZA,
Cristiana, I-84044 Angellara di Vallo della Lucania,
IT; ALBIZZATI, Enrico, I-28040 Lesa, IT**

(74) Vertreter:

HOFFMANN & EITL, 81925 München

(54) Bezeichnung: **KABEL MIT EINEM WIEDERVERWERTBAREN KABELMANTEL**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Kabel mit einer recycelbaren Abdeckung. Insbesondere betrifft die Erfindung ein Kabel zum Transport oder die Verteilung von elektrischer Mittel- oder Hochspannungsenergie, wobei eine extrudierte Abdeckschicht auf Basis eines thermoplastischen Polymermaterials unter Zumischung einer dielektrischen Flüssigkeit mit guten mechanischen und elektrischen Eigenschaften vorliegt, was insbesondere die Verwendung bei hohen Betriebstemperaturen und den Transport von Hochleistungsenergie ermöglicht.

[0002] Das Bedürfnis nach Produkten mit hoher Umweltverträglichkeit, die aus Materialien zusammengesetzt sind, die zusätzlich dazu, dass sie nicht schädlich für die Umwelt sind, sowohl während der Herstellung als auch der Benutzung, leicht am Ende ihres Lebens recycelt werden können, ist nun im Gebiet der elektrischen und Telekommunikationskabel vollständig akzeptiert.

[0003] Die Verwendung von Materialien, die umweltverträglich sind, wird sicherlich begrenzt durch die Notwendigkeit, Kosten zu begrenzen und für die häufigeren Verwendungsarten die Garantie von Leistungseigenschaften, die in jedem Fall gleich oder besser sind als diejenigen von herkömmlichen Materialien.

[0004] Im Fall von Kabeln für den Transport von Mittel- und Hochspannungsenergie bestehen die verschiedenen Abdeckungen, welche den Leiter umgeben, häufig aus vernetztem Polymermaterial auf Polyolefinbasis, insbesondere vernetztem Polyethylen (XLPE) oder elastomeren Ethylen/Propylen (EPR)- oder Ethylen/Propylen/Dien (EPDM)-Copolymeren, die ebenso vernetzt sind. Die Vernetzung, die nach dem Schritt der Extrusion des Polymermaterials auf den Leiter durchgeführt wird, gibt dem Material zufriedenstellende mechanische Eigenschaften selbst unter heißen Bedingungen während der kontinuierlichen Verwendung oder bei Stromüberlast.

[0005] Es ist jedoch gut bekannt, dass vernetzte Materialien nicht recycelt werden können, so dass Herstellungsabfälle und das Überzugsmaterial von Kabeln, die das Ende ihres Lebens erreicht haben, nur durch Verbrennung beseitigt werden können.

[0006] Es sind ebenso elektrische Kabel bekannt, die eine Isolierung besitzen, die aus einer Mehrschicht-Umwicklung aus Papier oder Papier/Polypropylen-Laminat, imprägniert mit einer großen Menge einer elektrischen Flüssigkeit (normalerweise als massenimprägnierte Kabel oder ebenso ölgefüllte Kabel bekannt), besteht. Indem die Zwischenräume, die in der Mehrschicht-Umwicklung vorliegen, vollständig gefüllt werden, verhindert die dielektrische Flüssigkeit, dass Teilentladungen mit folgender Perforierung der elektrischen Isolierung auftreten. Als dielektrische Flüssigkeiten werden normalerweise Produkte, wie Mineralöle, Polybutene, Alkylbenzole und dgl. verwendet (siehe z. B. US-4,543,207, US-4,621,302, EP-A-0 987 718, WO 98/32137).

[0007] Es ist jedoch gut bekannt, dass massenimprägnierte Kabel im Vergleich zu extrudierten Isolierungskabeln zahlreiche Nachteile haben, so dass ihre Verwendung gegenwärtig auf spezielle Anwendungsgebiete beschränkt ist, insbesondere auf die Konstruktion von Überlandleitungen für Gleichstrom hoher und sehr hoher Spannung, sowohl für die Verwendung auf dem Land und insbesondere für Unterwasseranlagen. In dieser Hinsicht ist die Herstellung von massenimprägnierten Kabeln besonders komplex und kostspielig, sowohl wegen der hohen Kosten der Laminats als auch wegen der Schwierigkeiten, denen man bei den Schritten des Umwickelns des Laminats und seinem anschließenden Imprägnieren mit der dielektrischen Flüssigkeit begegnet. Insbesondere muss die verwendete dielektrische Flüssigkeit bei Kälte eine niedrige Viskosität haben, um die schnelle und gleichförmige Imprägnierung zu erlauben, während sie gleichzeitig eine geringe Tendenz zur Migration während der Verlegung und dem Betrieb des Kabels besitzen muss, um Flüssigkeitsverlust von den Kabelenden oder infolge von Bruch zu verhindern. Zusätzlich können massenimprägnierte Kabel nicht recycelt werden, und ihre Verwendung ist auf eine Betriebstemperatur von weniger als 90°C beschränkt.

[0008] Es ist bei unvernetzten Polymermaterialien bekannt, Polyethylen hoher Dichte (HDPE) für die Abdeckung von Hochspannungskabeln zu verwenden. HDPE hat jedoch den Nachteil einer niedrigeren Temperaturbeständigkeit als XLPE, sowohl bei Stromüberlast als auch beim Betrieb.

[0009] Isolierungsabdeckungen aus thermoplastischem Polyethylen niedriger Dichte (LDPE) werden ebenso bei Mittel- und Hochspannungskabeln verwendet in diesem Fall sind diese Abdeckungen wiederum auf eine zu niedrige Betriebstemperatur (etwa 70°C) beschränkt.

[0010] WO 99/13477 beschreibt ein Isoliermaterial, das aus einem thermoplastischen Polymer besteht, das

eine kontinuierliche Phase bildet, welche eine Flüssigkeit oder ein leicht schmelzbares Dielektrikum eingearbeitet enthält, die eine mobile, sich gegenseitig durchdringende Phase innerhalb der festen Polymerstruktur ausbilden. Das Gewichtsverhältnis des thermoplastischen Polymers zum Dielektrikum ist zwischen 95 : 5 und 25 : 75. Das Isoliermaterial kann hergestellt werden durch Vermischen der zwei Komponenten im heißen Zustand, entweder chargenweise oder kontinuierlich (beispielsweise mit Hilfe eines Extruders). Die resultierende Mischung wird dann granuliert und als Isoliermaterial zur Herstellung eines elektrischen Hochspannungskabels durch Extrusion auf einen Leiter verwendet. Das Material kann entweder in thermoplastischer oder vernetzter Form verwendet werden. Als thermoplastische Polymere sind angegeben: Polyolefine, Polyacetate, Cellulosepolymere, Polyester, Polyketone, Polyacrylate, Polyamide und Polyamine. Die Verwendung von Polymeren niedriger Kristallinität wird besonders vorgeschlagen. Das Dielektrikum ist vorzugsweise ein synthetisches oder ein Mineralöl niedriger oder hoher Viskosität, insbesondere ein Polyisobuten-, Naphthen-, polyaromatisches, α -Olefin- oder Silikonöl.

[0011] US 4,410,869 beschreibt dielektrische Zusammensetzungen, die eine Mischung aus Ditoluylether-Isomeren, gegebenenfalls in Gegenwart von Hydrochinon oder einem Derivat davon, umfassen, die verwendet werden für die Imprägnierung elektrischer Vorrichtungen, einschließlich Kondensatoren und Transformatoren.

[0012] US 4,543,207 beschreibt dielektrische Zusammensetzungen, die dielektrische Öle und aromatische Monoolefine und/oder Diolefine mit kondensierten oder unkondensierten aromatischen Kernen umfassen. Diese Zusammensetzungen umfassen insbesondere Mischungen organischer Säureester, pflanzlicher oder tierischer Öle und aromatischer Ether mit 0,01 bis 50% aromatischen Mono- und/oder Diolefinen mit zwei kondensierten oder unkondensierten aromatischen Ringen. Die Zusammensetzungen werden verwendet, um Kondensatoren, Transformatoren und elektrische Kabel zu imprägnieren.

[0013] US 4,900,766 offenbart eine strahlungsbeständige hochmolekulare Zusammensetzung, welche ein hochmolekulares Polymer, wie beispielsweise Polyethylen, Polypropylen, Polybuten; ein halogeniertes Acenaphthylen und/oder Kondensate davon; sowie ein Diphenyletherderivat umfasst. Die Zusammensetzung kann verwendet werden zur Herstellung vernetzter Abdeckungsmaterialien elektrischer Drähte und Kabel.

[0014] JP 52 003 180 offenbart ölprägnierte elektrische Energiekabel, in denen ein oder zwei oder mehr Arten von Öl, ausgewählt aus den Di(alkylphenyl)etherölen und den Phenylalkylphenyletherölen, wobei die Gesamtzahl von Kohlenstoffatomen in den Alkylgruppen von 8 bis 30 ist, in ein Polypropylenband als gewundene Isolierungsschicht imprägniert wird, dessen Extraktionsfaktor mit Decalin bei 77°C nicht mehr als 20 Gew.-% ist.

[0015] JP 08 289 454 offenbart eine aus Gummi geformte Wickelkeule an der vorgefertigten Verbindungsstelle mit ausreichender Flexibilität und für lange Zeit stabilisierten Isolierungseigenschaften, indem eine Zusammensetzung von Ethylen-Propylen-Kautschuk und Phenyletheröl in der Form verwandt wird und die Form der Vernetzung unterworfen wird.

[0016] Der Anmelder sieht es immer noch als ungelöstes technisches Problem an, ein elektrisches Kabel mit einer Abdeckschicht herzustellen, die aus einem thermoplastischen Polymaterial hergestellt ist, das mechanische und elektrische Eigenschaften besitzt, die denen von Kabeln mit einer Isolierabdeckung aus vernetztem Material vergleichbar sind. Insbesondere hat der Anmelder über das Problem nachgedacht, ein Kabel mit einer unvernetzten Isolierungsabdeckung mit guter Flexibilität und hoher mechanischer Festigkeit, sowohl bei Hitze als auch bei Kälte herzustellen, welches gleichzeitig hohe dielektrische Durchschlagsfestigkeit besitzt.

[0017] Im Hinblick auf dieses Problem ist die Anmelderin der Auffassung, dass der Zusatz von dielektrischen Flüssigkeiten zu Polymermaterialien, wie sie in der zitierten WO 99/13477 beschrieben sind, völlig unzufriedenstellende Resultate ergibt. In dieser Hinsicht vertritt die Anmelderin die Ansicht, dass der Zusatz einer dielektrischen Flüssigkeit zu einem Isoliermaterial einerseits einen signifikanten Anstieg seiner elektrischen Eigenschaften (insbesondere seiner dielektrischen Durchschlagsfestigkeit) bedingen sollte, während andererseits die Materialeigenschaften (thermomechanische Eigenschaften, Handhabbarkeit) unverändert bleiben, selbst bei hoher Betriebstemperatur (mindestens 90° und darüber hinaus).

[0018] Die Anmelderin hat nun gefunden, dass es möglich ist, das technische Problem zu lösen, indem als recycelbares Polymerbasismaterial ein thermoplastisches Propylen-Homopolymer oder -Copolymer, vermischt mit einer dielektrischen Flüssigkeit, wie nachstehend definiert, verwendet wird. Die resultierende Zusammensetzung besitzt, selbst wenn sie kalt ist, ausgezeichnete thermomechanische Festigkeit und sehr gute elektrische Eigenschaften, was sie besonders geeignet macht zur Ausbildung mindestens einer Abdeckschicht

und insbesondere einer elektrischen Isolierungsschicht eines Mittel- oder Hochspannungskabels hoher Betriebstemperatur von mindestens 90°C und darüber hinaus.

[0019] Die für die Umsetzung der Erfindung geeignete dielektrische Flüssigkeit besitzt hohe Kompatibilität mit dem Basispolymer und hohe Effizienz im Hinblick auf die Verbesserung der elektrischen Eigenschaften, was folglich die Verwendung kleiner Mengen von Additiv ermöglicht, um die thermomechanischen Eigenschaften der Isolierungsschichten nicht zu beeinträchtigen.

[0020] Hohe Kompatibilität zwischen der dielektrischen Flüssigkeit und dem Basispolymer stellt eine homogene Dispersion der Flüssigkeit in der Polymatrix sicher und verbessert das Kälteverhalten des Polymers.

[0021] Gemäß einem ersten Aspekt betrifft die Erfindung folglich ein Kabel (1), das mindestens einen elektrischen Leiter (2) und mindestens eine unvernetzte, extrudierte Abdeckschicht (3, 4, 5) umfasst, die ein thermoplastisches Polymermaterial unter Zumischung einer dielektrischen Flüssigkeit enthält, wobei:

- das thermoplastische Material ein Propylen-Homopolymer oder ein Copolymer von Propylen mit mindestens einem Olefin-Comonomer, ausgewählt aus Ethylen und einem anderem α -Olefin als Propylen umfasst, wobei das Homopolymer oder Copolymer einen Schmelzpunkt größer oder gleich 140°C und eine Schmelzenthalpie von 30 von 100 J/g besitzt;
- die dielektrische Flüssigkeit mindestens einen Diphenylether umfasst, der unsubstituiert ist oder substituiert ist mit mindestens einem linearen oder verzweigten, aliphatischen, aromatischen oder gemischt aliphatischen und aromatischen C_1-C_{30} , vorzugsweise C_1-C_{24} -Kohlenwasserstoffrest.

[0022] Nach einer ersten Ausführungsform ist die extrudierte Abdeckschicht auf Basis des thermoplastischen Polymermaterials unter Zumischung der dielektrischen Flüssigkeit eine elektrische Isolierungsschicht.

[0023] Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist die extrudierte Abdeckschicht auf Basis des thermoplastischen Polymermaterials unter Zumischung der dielektrischen Flüssigkeit eine halbleitende Schicht.

[0024] Vorzugsweise hat das Propylen-Homopolymer oder -Copolymer einen Schmelzpunkt von 145 bis 170°C.

[0025] Vorzugsweise hat das Propylen-Homopolymer oder -Copolymer eine Schmelzenthalpie von 30 bis 85 J/g.

[0026] Vorzugsweise hat das Propylen-Homopolymer oder -Copolymer einen Biegemodul, gemessen gemäß ASTM D790 bei Raumtemperatur, von 30 bis 1.400 MPa, und mehr bevorzugt von 60 bis 1.000 MPa.

[0027] Vorzugsweise hat das Propylen-Homopolymer oder -Copolymer einen Schmelzflussindex (MFI), gemessen bei 230°C mit einer Last von 21,6 N gemäß ASTM D1238/L, von 0,05 bis 10,0 dg/min, mehr bevorzugt von 0,5 bis 5,0 dg/min.

[0028] Wenn ein Copolymer von Propylen mit einem Olefin-Comonomer verwendet wird, liegt letzteres vorzugsweise in einer Menge von weniger als oder gleich 15 mol% vor und mehr bevorzugt weniger als oder gleich 10 mol%. Das Olefin-Comonomer ist insbesondere Ethylen oder ein α der Formel $CH_2=CH-R$, worin R ein lineares oder verzweigtes C_2-C_{10} -Alkyl ist, das z. B. ausgewählt ist aus: 1-Buten, 1-Penten, 4-Methyl-1-penten, 1-Hexen, 1-Octen, 1-Decen, 1-Dodecen und dgl., oder Kombinationen davon. Propylen/Ethylen-Copolymere sind besonders bevorzugt.

[0029] Vorzugsweise ist das thermoplastische Material ausgewählt aus:

- (a) einem Propylen-Homopolymer oder einem Copolymer von Propylen mit mindestens einem Olefin-Comonomer, ausgewählt aus Ethylen und einem anderen α -Olefin als Propylen, mit einem Biegemodul von üblicherweise 30 bis 900 MPa, vorzugsweise von 50 bis 400 MPa;
- (b) einem Heterophasen-Copolymer, das eine thermoplastische Phase auf Basis von Propylen und eine elastomere Phase auf Basis von Ethylen, das mit einem α -Olefin, vorzugsweise mit Propylen, copolymerisiert ist, umfasst, in dem die elastomere Phase in einer Menge von mindestens 45 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Heterophasen-Copolymers, vorliegt.

[0030] Die Homopolymere oder Copolymere der Klasse a) zeigen eine mikroskopische Einzelphasenstruktur, d. h. sie sind im wesentlichen frei von heterogenen Phasen, die als molekulare Domänen von einer Größe über 1 μm dispergiert sind. Diese Materialien zeigen nicht die optischen Phänomene, die für Heterophasen-Poly-

mermaterialien typisch sind und sind insbesondere gekennzeichnet durch bessere Transparenz und ein verringertes Weißwerden infolge von lokalen mechanischen Spannungen (normalerweise als "Stress-Whitening", Weißwerden durch Spannung, bekannt).

[0031] Von der Klasse a) besonders bevorzugt ist ein Propylen-Homopolymer oder ein Copolymer von Propylen mit mindestens einem Olefin-Comonomer, ausgewählt aus Ethylen und einem anderen α -Olefin als Propylen, wobei das Homopolymer oder Copolymer aufweist:

einen Schmelzpunkt von 140 bis 165°C;

eine Schmelzenthalpie von 30 bis 80 J/g;

eine in siedendem Diethylether lösliche Fraktion in einer Menge von weniger als oder gleich 12 Gew.-%, vorzugsweise 1 bis 10 Gew.-%, mit einer Schmelzenthalpie von weniger als oder gleich 4 J/g, vorzugsweise weniger als oder gleich 2 J/g;

eine in siedendem n-Heptan lösliche Fraktion in einer Menge von 15 bis 60 Gew.-%, vorzugsweise 20 bis 50 Gew.-%, mit einer Schmelzenthalpie von 10 bis 40 J/g, vorzugsweise 15 bis 30 J/g; und

eine in siedendem n-Heptan unlösliche Fraktion in einer Menge von 40 bis 85 Gew.-%, vorzugsweise 50 bis 80 Gew.-%, mit einer Schmelzenthalpie größer als oder gleich 45 J/g, vorzugsweise von 50 bis 95 J/g.

[0032] Weitere Details dieser Materialien und ihre Verwendung bei der Abdeckung von Kabeln sind in der Europäischen Patentanmeldung 99 122 890 angegeben, die am 17.11.1999 im Namen der Anmelderin eingereicht wurde.

[0033] Die Heterophasen-Copolymere der Klasse b) sind thermoplastische Elastomere, erhalten durch sequenzielle Copolymerisation von: i) Propylen, das gegebenenfalls kleine Mengen mindestens eines Olefin-Comonomers enthält, das ausgewählt ist aus Ethylen und einem anderen α -Olefin als Propylen; und dann von: ii) einer Mischung von Ethylen mit einem α -Olefin, insbesondere Propylen, und gegebenenfalls kleinen Teilen eines Diens. Diese Klasse von Produkten ist auch unter der Bezeichnung "thermoplastische Reaktor-elastomere" ("thermoplastic reactor elastomers") bekannt.

[0034] Besonders bevorzugt von dieser Klasse b) ist ein Heterophasen-Copolymer, in dem die elastomere Phase aus einem elastomeren Copolymer von Ethylen und Propylen besteht, das 15 bis 50 Gew.-% Ethylen und 50 bis 85 Gew.-% Propylen, bezogen auf das Gewicht der elastomeren Phase, umfasst. Weitere Details dieser Materialien und ihre Verwendung bei der Abdeckung von Kabeln sind in der Patentanmeldung WO 00/41187 im Namen der Anmelderin angegeben.

[0035] Produkte der Klasse a) sind kommerziell beispielsweise unter der Marke Rexflex[®] der Huntsman Polymer Corporation erhältlich.

[0036] Produkte der Klasse b) sind kommerziell beispielsweise unter der Marke Hifax[®] von Montell erhältlich.

[0037] Alternativ kann als thermoplastisches Basismaterial ein Propylen-Homopolymer oder -Copolymer, wie oben definiert, in mechanischer Mischung mit einem Polymer niedriger Kristallinität, im allgemeinen mit einer Schmelzenthalpie von weniger als 30 J/g, welches hauptsächlich zur Erhöhung der Flexibilität des Materials dient, verwendet werden. Die Menge des Polymers niedriger Kristallinität ist im allgemeinen weniger als 70 Gew.-% und vorzugsweise 20 bis 60 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des thermoplastischen Materials.

[0038] Vorzugsweise ist das Polymer niedriger Kristallinität ein Copolymer von Ethylen mit einem C_3 - C_{12} - α -Olefin und gegebenenfalls mit einem Dien. Das α -Olefin ist vorzugsweise ausgewählt aus Propylen, 1-Hexen und 1-Octen. Wenn ein Dien-Comonomer vorliegt, ist dieses im allgemeinen C_4 - C_{20} und ist vorzugsweise ausgewählt aus konjugierten oder nicht-konjugierten linearen Diolefinen, wie 1,3-Butadien, 1,4-Hexadien, 1,6-Octadien oder ihren Mischungen und dgl.; monozyklischen oder polyzyklischen Dienen, wie 1,4-Cyclohexadien, 5-Ethyliden-2-norbornen, 5-Methylen-2-norbornen, 5-Vinyl-2-norbornen oder ihren Mischungen und dergleichen.

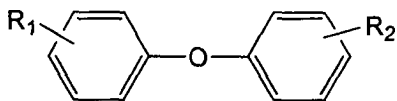
[0039] Besonders bevorzugte Ethylen-Copolymere sind:

(i) Copolymere mit der folgenden Monomerzusammensetzung: 35 bis 90 mol% Ethylen; 10 bis 65 mol% eines α -Olefins, vorzugsweise Propylen; 0 bis 10 mol% eines Diens, vorzugsweise 1,4-Hexadien oder 5-Ethyliden-2-norbornen (EPR- und EPDM-Kautschuke gehören zu dieser Klasse);

(ii) Copolymere mit der folgenden Monomerzusammensetzung: 75 bis 97 mol%, vorzugsweise 90 bis 95 mol% Ethylen; 3 bis 25 mol%, vorzugsweise 5 bis 10 mol% eines α -Olefins; 0 bis 5 mol%, vorzugsweise 0

bis 2 mol% eines Diens (beispielsweise Ethylen/1-Octen-Copolymere, wie die Produkte Engage® von Dow-DuPont Elastomers).

[0040] Die erfindungsgemäße dielektrische Flüssigkeit umfasst vorzugsweise mindestens einen Diphenylether mit der folgenden Strukturformel:



worin R₁ und R₂ gleich oder verschieden sind und Wasserstoff, eine Phenylgruppe, die unsubstituiert ist oder mit mindestens einer Alkylgruppe substituiert ist, oder eine Alkylgruppe, die unsubstituiert ist oder mit mindestens einem Phenyl substituiert ist, bedeuten.

[0041] Mit der Alkylgruppe ist ein linearer oder verzweigter C₁-C₂₄-, vorzugsweise C₁-C₂₀-Kohlenwasserstoffrest gemeint.

[0042] Flüssigkeiten, die erfindungsgemäß vorteilhaft verwendbar sind, sind beispielsweise Phenyltoluylether, 2,3'-Ditoluylether, 2,2'-Ditoluylether, 2,4'-Ditoluylether, 3,3'-Ditoluylether, 3,4'-Ditoluylether, 4,4'-Ditoluylether, Octadecyldiphenylether, entweder als reine Isomere oder in Mischung miteinander.

[0043] Die dielektrische Flüssigkeit hat ein Verhältnis der Zahl von Arylkohlenstoffatomen zur Gesamtzahl von Kohlenstoffatomen größer als oder gleich 0,4, vorzugsweise größer als oder gleich 0,7.

[0044] Der erfindungsgemäße Diphenylether hat vorzugsweise eine dielektrische Konstante bei 25°C von weniger als oder gleich 8, vorzugsweise weniger als 4 (gemessen gemäß IEC 247).

[0045] Nach einem weiteren bevorzugten Aspekt hat der erfindungsgemäße Diphenylether eine vorgegebene Viskosität, um so die schnelle Diffusion der Flüssigkeit innerhalb der Isolierungsschicht und folglich ihre Migration nach außen zu verhindern, während er gleichzeitig leicht dem Polymer zugeführt und in es eingemischt werden kann. Im allgemeinen hat die erfindungsgemäße dielektrische Flüssigkeit eine kinematische Viskosität bei 20°C zwischen 1 und 100 mm²/s, vorzugsweise zwischen 3 und 50 mm²/s (gemessen gemäß ISO 3104).

[0046] Gemäß einem weiteren bevorzugten Aspekt hat der erfindungsgemäße Diphenylether eine Wasserstoffabsorptionskapazität von größer als oder gleich 5 mm²/min, vorzugsweise größer als oder gleich 50 mm³/min (gemessen gemäß IEC 628-A).

[0047] Gemäß einem bevorzugten Aspekt kann der dielektrischen Flüssigkeit ein Epoxyharz zugesetzt werden, das zur Ausbildung des erfindungsgemäßen Kabels geeignet ist, im allgemeinen in einer Menge von weniger als oder gleich 1 Gew.-%, bezogen auf das Gewicht der Flüssigkeit, wobei dies so angesehen wird, dass es hauptsächlich wirkt, indem es die Ionenmigrationsgeschwindigkeit in einem elektrischen Feld verringert und folglich den dielektrischen Verlust des Isoliermaterials.

[0048] Die dielektrische Flüssigkeit, die zur Durchführung der Erfindung geeignet ist, hat gute Wärmebeständigkeit, beträchtliche Gasabsorptionskapazität, insbesondere für Wasserstoff, und folglich Widerstand gegen Teilentladungen, so dass der dielektrische Verlust selbst bei hoher Temperatur und hohem elektrischen Gradienten nicht hoch ist. Das Gewichtsverhältnis der dielektrischen Flüssigkeit zum erfindungsgemäßen Polymerbasismaterial ist üblicherweise zwischen 1 : 99 und 25 : 75, vorzugsweise zwischen 2 : 98 und 20 : 80 und mehr bevorzugt zwischen 3 : 97 und 15 : 85.

[0049] Erfindungsgemäße dielektrische Flüssigkeiten können beispielsweise hergestellt werden, indem ein Cresol in Form eines Salzes eines Alkalimetalls mit Halogentoluol, gegebenenfalls in Gegenwart eines Kupferkatalysators oder eines Katalysators auf Kupfersalzbasis, umgesetzt wird.

[0050] Weitere Details zur Herstellung der erfindungsgemäßen dielektrischen Flüssigkeiten werden beispielsweise in US 4,410,869 berichtet.

[0051] Gemäß einem bevorzugten Aspekt hat das erfindungsgemäße Kabel mindestens eine extrudierte Abdeckschicht mit elektrischen Isolierungseigenschaften, die aus dem thermoplastischen Polymermaterial unter Zumischung der zuvor beschriebenen dielektrischen Flüssigkeit gebildet ist.

[0052] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist das erfindungsgemäße Kabel mindestens eine extrudierte Abdeckschicht mit halbleitenden Eigenschaften auf, die aus dem thermoplastischen Polymermaterial unter Zumischung der zuvor beschriebenen dielektrischen Flüssigkeit gebildet ist. Um eine halbleitende Schicht zu bilden, wird dem Polymermaterial üblicherweise ein leitfähiger Füllstoff hinzugefügt. Um gute Dispersion des leitfähigen Füllstoffs innerhalb des Polymerbasismaterials sicherzustellen, ist letzteres vorzugsweise ausgewählt aus Propylen-Homopolymeren oder -Copolymeren, die mindestens 40% amorphe Phase, bezogen auf das Polymergesamtgewicht, enthalten.

[0053] In einer bevorzugten Ausführungsform besitzt das erfindungsgemäße Kabel mindestens eine elektrische Isolierungsschicht und mindestens eine halbleitende Schicht, die aus einem thermoplastischen Polymermaterial unter Zumischung einer dielektrischen Flüssigkeit, wie oben beschrieben, gebildet sind. Dies verhindert, dass die halbleitenden Schichten im Laufe der Zeit einen Teil der dielektrischen Flüssigkeit absorbieren, die in der Isolierungsschicht vorliegt, und so deren Menge gerade an der Grenzfläche zwischen der Isolierungsschicht und der halbleitenden Schicht, insbesondere der inneren halbleitenden Schicht, wo das elektrische Feld höher ist, zu verringern.

[0054] Gemäß einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung eine Polymerzusammensetzung, die ein thermoplastisches Polymermaterial unter Zumischung einer dielektrischen Flüssigkeit umfasst, bei der:

- das thermoplastische Material ein Propylen-Homopolymer oder ein Copolymer von Propylen mit mindestens einem Olefin-Comonomer, ausgewählt aus Ethylen und einem anderen α -Olefin als Propylen umfasst, wobei das Homopolymer oder Copolymer einen Schmelzpunkt größer als oder gleich 140°C und eine Schmelzenthalpie von 30 bis 100 J/g besitzt;
- die dielektrische Flüssigkeit mindestens einen Diphenylether umfasst, der unsubstituiert ist oder substituiert ist mit mindestens einem linearen oder verzweigten, aliphatischen, aromatischen oder gemischt aliphatischen und aromatischen $\text{C}_1\text{-C}_{30}$, vorzugsweise $\text{C}_1\text{-C}_{24}$ -Kohlenwasserstoffrest.

[0055] Gemäß einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung die Verwendung einer Polymerzusammensetzung, wie zuvor beschrieben, als Polymerbasismaterial für die Herstellung einer unvernetzten Abdeckschicht (4) mit elektrischen Isolierungseigenschaften, oder für die Herstellung einer Abdeckschicht (3, 5) mit halbleitenden Eigenschaften.

[0056] Bei der Ausbildung einer Abdeckschicht für das erfindungsgemäße Kabel können andere herkömmliche Komponenten der zuvor definierten Polymerzusammensetzung hinzugefügt werden, wie Antioxidanzien, Prozesshilfsmittel, Mittel zur Hemmung der "Bäumchen"-Bildung durch Wassereindringung ("water tree retardants") und dergleichen.

[0057] Für diesen Zweck geeignete herkömmliche Antioxidanzien sind beispielsweise Distearylthiopropionat, Pentaerythryl-tetrakis-[3-(3,5-di-tert-butyl-4-hydroxyphenyl)propionat] und 1,3,5-Trime-thyl-2,4,6-tris(3,5-di-tert-butyl-4-hydroxybenzyl)benzol und dgl. oder ihre Mischungen.

[0058] Prozesshilfsmittel, die zur Polymerbasis zugegeben werden können, schließen beispielsweise Calciumstearat, Zinkstearat, Stearinsäure, Paraffinwachs und dgl. oder ihre Mischungen ein.

[0059] Insbesondere bei Mittel- und Hochspannungskabeln können die Polymermaterialien, wie oben definiert, vorteilhaft zur Bildung einer Isolierungsschicht verwendet werden. Wie oben festgestellt, zeigen diese Polymermaterialien gute mechanische Eigenschaften sowohl bei Raumtemperatur als auch bei Hitze und zeigen ebenso verbesserte elektrische Eigenschaften, insbesondere ermöglichen sie es, eine hohe Betriebstemperatur anzuwenden, die mit Kabeln mit Abdeckungen, die aus vernetzten Polymerbasismaterialien bestehen, vergleichbar ist, oder sogar über sie hinaus geht.

[0060] Wenn eine halbleitende Schicht gebildet werden soll, wird üblicherweise ein leitfähiger Füllstoff, insbesondere Ruß, im Polymermaterial in einer solchen Menge dispergiert, dass das Material halbleitende Eigenschaften bekommt (d. h. um beispielsweise einen spezifischen Widerstand von weniger als $5\text{ Ohm}\cdot\text{m}$ bei Umgebungstemperatur zu erhalten). Diese Menge liegt üblicherweise zwischen 5 und 80 Gew.-% und vorzugsweise zwischen 10 und 50 Gew.-% des Gesamtgewichts der Mischung.

[0061] Die Möglichkeit, denselben Typ Polymerzusammensetzung sowohl für die Isolierungsschicht als auch für die halbleitenden Schichten zu verwenden, ist bei der Herstellung von Kabeln für Mittel- und Hochspannung darin besonders vorteilhaft, dass dies eine ausgezeichnete Haftung zwischen angrenzenden Schichten und folglich besseres elektrisches Verhalten, insbesondere an der Grenzfläche zwischen der Isolierungsschicht

und der inneren halbleitenden Schicht, wo das elektrische Feld und folglich das Risiko von Teilentladungen höher ist, sicherstellt.

[0062] Die erfindungsgemäßen Zusammensetzungen können hergestellt werden durch gemeinsames Vermischen des Polymerbasismaterials, der dielektrischen Flüssigkeit und weiterer gegebenenfalls vorliegender Additive mit in der Technik bekannten Verfahren. Das Mischen kann beispielsweise mit einem internen Mischer des Typs mit Tangentialrotoren (Banbury) oder sich gegenseitig durchdringenden Rotoren oder vorzugsweise in einem kontinuierlichen Mischer des Ko-Kneeter-(Buss)-Typs oder des gleich- oder gegenläufigen Doppelschnecken-Typs durchgeführt werden.

[0063] Alternativ kann die erfindungsgemäße dielektrische Flüssigkeit während dem Extrusionsschritt dem Polymermaterial hinzugefügt werden durch Direktinjektion in den Extruderzylinder.

[0064] Erfindungsgemäß ermöglicht es die Verwendung der zuvor definierten Polymerzusammensetzung für die Abdeckung von Kabeln für Mittel- oder Hochspannung, dass recycelbare flexible Abdeckungen mit ausgezeichneten mechanischen und elektrischen Eigenschaften erhalten werden.

[0065] Eine größere Kompatibilität wurde ebenfalls zwischen der dielektrischen Flüssigkeit und dem thermoplastischen Basispolymer gemäß der Erfindung gefunden als im Fall ähnlicher Mischungen desselben Polymermaterials mit anderen im Stand der Technik bekannten dielektrischen Flüssigkeiten. Diese größere Kompatibilität führt u. a. zu geringerem Ausschwitzen der dielektrischen Flüssigkeit und folglich einer Verringerung der bereits diskutierten Migrationsphänomene. Infolge ihrer hohen Betriebstemperatur und ihres niedrigen elektrischen Verlusts können die erfindungsgemäßen Kabel beispielsweise für dieselbe Spannung eine Energie transportieren, die zumindest gleich ist oder sogar größer ist als diejenige, die mit einem traditionellen Kabel mit XLPE-Abdeckung transportierbar ist.

[0066] Für die Zwecke der Erfindung bedeutet die Bezeichnung "Mittelspannung" im allgemeinen eine Spannung zwischen 1 und 35 kV, wohingegen "Hochspannung" Spannungen größer als 35 kV meint.

[0067] Obwohl sich diese Beschreibung hauptsächlich auf die Herstellung von Kabeln für den Transport oder die Verteilung von Mittel- oder Hochspannungsenergie konzentriert, kann die erfindungsgemäße Polymerzusammensetzung für die Abdeckung von elektrischen Vorrichtungen im allgemeinen und insbesondere von Kabeln unterschiedlicher Typen, beispielsweise Niederspannungskabel, Telekommunikationskabel oder kombinierte Energie/Telekommunikations-Kabel oder Zubehör, das bei der Konstruktion elektrischer Leitungen verwendet wird, wie beispielsweise Anschlüsse oder Stecker, verwendet werden.

[0068] Weitere Eigenschaften ergeben sich aus der im Folgenden gegebenen ausführlichen Beschreibung unter Bezug auf die beigefügte Zeichnung, in welcher:

[0069] [Fig. 1](#) eine Perspektivansicht eines erfindungsgemäßen elektrischen Kabels ist, das besonders geeignet ist für Mittel- oder Hochspannung.

[0070] In [Fig. 1](#) umfasst das Kabel **1** einen Leiter **2**, eine innere Schicht mit halbleitenden Eigenschaften **3**, eine Zwischenschicht mit Isolierungseigenschaften **4**, eine äußere Schicht mit halbleitenden Eigenschaften **5**, eine Metallabschirmung **6** und eine äußere Hülle **7**.

[0071] Der Leiter **2** besteht im allgemeinen aus Metalldrähten, vorzugsweise aus Kupfer oder Aluminium, die mit herkömmlichen Verfahren zu einem Strang verbunden sind. Mindestens eine Abdeckschicht, ausgewählt aus der Isolierungsschicht **4** und den halbleitenden Schichten **3** und **5**, umfasst die erfindungsgemäße Zusammensetzung, wie sie zuvor definiert wurde. Um die äußere halbleitende Schicht **5** herum ist üblicherweise eine Abschirmung **6** angeordnet, üblicherweise aus elektrisch-leitenden Drähten oder Streifen, die spiralförmig gewickelt sind. Diese Abschirmung wird dann mit einer Hülle **7** eines thermoplastischen Materials, beispielsweise unvernetztem Polyethylen (PE) oder vorzugsweise einem Propylen-Homopolymer oder -Copolymer, wie zuvor definiert, abgedeckt.

[0072] Das Kabel kann auch mit einer äußeren Schutzstruktur (in [Fig. 1](#) nicht gezeigt) versehen werden, deren Hauptzweck es ist, das Kabel mechanisch gegen Schlag und/oder Druck zu schützen. Diese Schutzstruktur kann beispielsweise eine Metallverstärkung oder eine Schicht von geschäumtem Polymer sein, wie in WO 98/52197 beschrieben.

[0073] Fig. 1 zeigt nur eine mögliche Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Kabels. Offensichtlich können geeignete, im Stand der Technik bekannte Modifikationen an dieser Ausführungsform durchgeführt werden, ohne vom Bereich der Erfindung abzuweichen.

[0074] Das erfindungsgemäße Kabel kann in Übereinstimmung mit bekannten Verfahren zur Abscheidung von Schichten aus thermoplastischem Material, beispielsweise durch Extrusion, aufgebaut werden. Die Extrusion wird vorteilhaft in einem Einlagen-("single pass"), beispielsweise mit dem Tandem-Verfahren durchgeführt, bei dem Einzelextruder in Reihe geschaltet sind, oder durch Coextrusion mit einem Mehrfachextrusionskopf.

[0075] Die folgenden Beispiele erläutern die Erfindung, ohne sie zu beschränken.

Beispiele

[0076] Die erfindungsgemäßen dielektrischen Flüssigkeiten, die in den folgenden Beispielen verwendet wurden, waren:

- Baylectrol® 4900: Ditoluylether (BAYER AG), Dielektrizitätskonstante bei 25°C gleich 3,5, gemessen in Übereinstimmung mit IEC 247;
- Neovac® SY: Octadecyldiphenylether (Matsumura Oil Research Corp.), Dielektrizitätskonstante bei 25°C gleich 2,7, gemessen in Übereinstimmung mit IEC 247.

[0077] Die in den folgenden Beispielen verwendeten dielektrischen Vergleichsflüssigkeiten waren:

- Baysilone®PD5 (General Electric – BAYER), Dielektrizitätskonstante bei 25°C gleich 2,6, gemessen in Übereinstimmung mit IEC 247;
- Polyphenylmethylsiloxan (PPMS), polyaromatisches dielektrisches Öl, wie beschrieben in IEEE Transactions on Electrical Insulation, Band 26, Nr. 4, 1991, mit einer Viskosität von 4 mm²/s bei 25°C;
- Flexon®641 (Handelserzeugnis von Esso): aromatisches Öl auf Naphthenbasis mit einer Viskosität von 22 mm²/s bei 40°C, das aus 40 Gew.-% aromatischen Kohlenwasserstoffen, 57 Gew.-% gesättigten Kohlenwasserstoffen und 3 Gew.-% polaren Verbindungen besteht.

[0078] Als Polymermaterialien werden verwendet:

- ein flexibles Propylen-Homopolymer mit Schmelzpunkt 160°C, Schmelzenthalpie 56,7 J/g, MFI 1,8 dg/min und Biegemodul 290 MPa (Rexflex®WL105 – Handelserzeugnis von Huntsman Polymer Corp.) (Tabelle 1, Beispiele 1 bis 6)
- ein Propylen-Heterophasen-Copolymer mit einem Anteil an elastomerer Ethylen/Propylen-Phase von etwa 65 Gew.-% (72 Gew.-% Propylen in der elastomeren Phase), Schmelzenthalpie 32 J/g, Schmelzpunkt 163°C, MFI 0,8 dg/min und Biegemodul von etwa 70 MPa (Hifax®KSO81 – Handelserzeugnis von Montell) (Tabelle 1, Beispiele 7 bis 8).

Herstellung der Zusammensetzung

[0079] Das Polymer in körniger Form wurde in einem Turbomischer auf 80°C vorgeheizt. Die dielektrische Flüssigkeit wurde in den Mengen, die für die in Tabelle 1 genannten Formulierungen angegeben sind, zum im Turbomischer vorgeheizten Polymer unter Rühren bei 80°C im Verlauf von 15 min gegeben. Nach dem Zusetzen wurde das Rühren für eine weitere Stunde bei 80°C fortgesetzt, bis die Flüssigkeit vollständig im Polymergranulat absorbiert war.

[0080] Nach dieser ersten Stufe wurde das erhaltene Material in einem Labor-Doppelschnecken-Brabender Plasticorder PL2000 bei einer Temperatur von 185°C bis zur vollständigen Homogenisierung geknetet. Das Material verließ den Doppelschnecken-Mischer in Form von Granulat

Messung der dielektrischen Durchschlagfestigkeit ("dielectric strength", DS)

[0081] Die dielektrische Durchschlagfestigkeit der erhaltenen Polymerzusammensetzungen wurde bestimmt an Teststücken von Isoliermaterial mit der vom EFI (Norwegisches Forschungsinstitut für elektrische Energie, Norwegian Electric Power Research Institute) in der Veröffentlichung "The EFI Test Method for Accelerated Growth of Water Tress" (IEEE International Symposium on Electrical Insulation, Toronto, Kanada, 3.–6. Juni 1990) vorgeschlagenen Geometrie. In diesem Verfahren wird das Kabel mit glasgeformten ("glass-shaped") Teststücken von Isoliermaterial, deren Basis auf beiden Seiten mit einer Beschichtung aus halbleitendem Material versehen war, simuliert.

[0082] Die glasgeformten Teststücke wurden durch Formen von Scheiben aus Isoliermaterial bei 160 bis 170°C aus einer Platte mit einer Dicke von 10 mm, die durch Pressen von Granulat bei etwa 190°C erhalten worden war, hergestellt.

[0083] Die innere und äußere Oberfläche der Basis, welche eine Dicke von etwa 0,40 bis 0,45 mm besaß, wurde mit einer halbleitenden Beschichtung versehen. Die DS-Messung wurde durchgeführt, indem an diese Probenstücke, die in Silikonöl bei 20°C eingetaucht wurden, ein Wechselstrom von 50 Hz angelegt wurde, beginnend mit einer Spannung von 25 kV und Erhöhen alle 30 min in Schritten von 5 kV, bis Perforation des Teststücks auftrat. Jede Messung wurde an 10 Teststücken wiederholt. Die in Tabelle 1 angegebenen Werte sind das arithmetische Mittel der gemessenen Einzelwerte.

Tabelle 1

Beisp.	Polymer	dielektrische Flüssigkeit	Gew. & dielektrische Flüssigkeit	DS (Mittelwert)
1*	Rexflex® WL 105	--	--	92
2*	Rexflex® WL 105	Baysilone® PD5	5	90
3*	Rexflex® WL 105	Flexon®641	5	94
4	Rexflex® WL 105	Baylectrol® 4900	6	140
5	Rexflex® WL 105	Baylectrol® 4900	13	152
6	Rexflex® WL 105	Neovac SY®	10	145
7*	Hifax® KS081	--	--	90
8	Hifax® KS081	Baylectrol® 4900	13	140

Vergleich

[0084] Die in Tabelle 1 angegebenen Werte der dielektrischen Durchschlagfestigkeit beleuchten die Verbesserung der elektrischen Eigenschaften, die von den erfindungsgemäßen dielektrischen Flüssigkeiten herrühren, im Vergleich zu denjenigen des Basispolymer als solchem oder wenn es mit den dielektrischen Vergleichsflüssigkeiten vermischt ist.

Test an Kabeln

Kabelherstellung

[0085] Die Zusammensetzung der Isolierungsschicht und der halbleitenden Schichten ist in der nachstehenden Tabelle 2 beschrieben.

Tabelle 2

	Referenzkabel (Zusammensetzung Beispiel 1)		erfindungsgemäßes Kabel (Zusammensetzung Beispiel 5)	
	Isolierung	innere und äußere halbleitende Schicht	Isolierung	innere und äußere halbleitende Schicht
	Phr	Phr	Phr	Phr
Rexflex®WL105	100		87	
Baylectrol®4900			13	10
Hifax®KSO81		100		100
Nero Y-200		55		55
Irganox®1330		0,3		0,3

Nero Y-200 Acetylen-Ruß der Firma SN2A mit spezifischer Oberfläche von 70 m²/g;
 Irganox® 1330 1,3,5-Trimethyl-2,4,6-tris-(3,5-di-tertbutyl-4-hydroxy-benzyl)benzol (Ciba Geigy)

[0086] Das zur Herstellung des Kabels verwendete Verfahren war wie folgt. Das Reflex® WL105 und das Baylectrol® 4900, letzteres mit vorher zugesetztem Irganox® 1330 wurden einem Doppelschnecken-Extruder (T = 180°C) zugeführt; die auf diese Weise geformte Mischung wurde dann in einen Einzelschneckenextruder (T = 190°C, Schneckenquerschnitt 150 mm²) überführt, wobei die gefilterte Mischung (50 µm) einen weiteren Extruder (Schneckenquerschnitt 150 mm², 190°C) speist. Nach der anschließenden Filtration (80 µm) wurde das Material in einen Dreifachkopf überführt und gleichzeitig mit den halbleitenden Schichten abgeschieden und so eine Dreifachschicht auf dem metallischen Leiter von Kupfergeflecht (Querschnitt 400 mm²) gebildet.

[0087] Das den Extrusionskopf verlassende Kabel wurde in ein Rohr geführt, das Silikonöl von 100°C enthielt, und dann in Wasser, wo es auf Umgebungstemperatur abgekühlt wurde.

[0088] Das fertige Kabel bestand aus einem Kupferleiter (Querschnitt 400 mm²), einer inneren halbleitenden Schicht von etwa 2 mm, einer Isolierungsschicht von etwa 5 mm und schließlich einer äußeren halbleitenden Schicht von etwa 2 mm.

[0089] Unter ähnlichen Bedingungen wurde unter Verwendung der in Tabelle 2 angegebenen Materialien ein Referenzkabel hergestellt.

Teilentladungen

[0090] Teilentladungen wurden bei 20 kV/mm gemessen ohne Strömen zu begegnen, die 5 Pikocoulomb (pC) (in Übereinstimmung mit IEC 60-502) überstiegen.

Dielektrische Durchschlagsfestigkeit

[0091] 100 m jedes der wie oben beschrieben hergestellten zwei Kabel wurden der Messung der dielektrischen Durchschlagsfestigkeit auf Basis von ENEL DC4584 unter Verwendung von Wechselstrom bei Umgebungstemperatur unterzogen. Beginnend mit 30 kV/mm wurde der an die Kabel angelegte Gradient alle 30 min um 5 kV/mm erhöht, bis die Kabel Perforation zeigten. Der betrachtete Perforationsgradient ist derjenige auf dem Leiter.

[0092] Tabelle 3 fasst die Daten relativ zu den Kabeln und die Resultate der elektrischen Tests zusammen.

Tabelle 3

Beispiel	Polymer	dielektrische Flüssigkeit	Gew.-% dielektrische Flüssigkeit	DS (relativ)
1*	Rexflex [®] WL 105	--	--	100
5	Rexflex [®] WL 105	Baylectrol [®] 4900	13	180

[0093] Die erhaltenen Resultate zeigen, dass das Kabel mit Additiven eine DS-Erhöhung von 80% gegenüber dem Kabel ohne Additive zeigt.

Patentansprüche

1. Kabel (1), das mindestens einen elektrischen Leiter (2) und mindestens eine unvernetzte, extrudierte Abdeckschicht (3, 4, 5) umfaßt, die ein thermoplastisches Polymermaterial unter Zumischung einer dielektrischen Flüssigkeit enthält, wobei:

- das thermoplastische Material ein Propylen-Homopolymer oder ein Copolymer von Propylen mit mindestens einem Olefin-Comonomer, ausgewählt aus Ethylen und einem anderen α -Olefin als Propylen umfaßt, wobei das Homopolymer oder Copolymer einen Schmelzpunkt größer als oder gleich 140°C und eine Schmelzenthalpie von 30 bis 100 J/g besitzt;
- die dielektrische Flüssigkeit mindestens einen Diphenylether umfaßt, der unsubstituiert ist oder substituiert ist mit mindestens einem linearen oder verzweigten, aliphatischen, aromatischen oder gemischt aliphatischen und aromatischen C₁-C₃₀-Kohlenwasserstoffrest.

2. Kabel wie in Anspruch 1 beansprucht, wobei das Propylen-Homopolymer oder -Copolymer einen Schmelzpunkt von 145 bis 170°C besitzt.

3. Kabel wie in Anspruch 1 oder 2 beansprucht, wobei das Propylen-Homopolymer oder -Copolymer eine Schmelzenthalpie von 30 bis 85 J/g besitzt.

4. Kabel wie in mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche beansprucht, wobei das Propylen-Homopolymer oder -Copolymer einen bei Raumtemperatur gemessenen Biegemodul von 30 bis 1.400 MPa besitzt.

5. Kabel wie in mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche beansprucht, wobei das Propylen-Homopolymer oder -Copolymer einen bei Raumtemperatur gemessenen Biegemodul von 60 bis 1.000 MPa besitzt.

6. Kabel wie in mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche beansprucht, wobei das Propylen-Homopolymer oder -Copolymer einen bei 230°C gemessenen Schmelzflußindex von 0,05 bis 10,0 dg/min besitzt.

7. Kabel wie in mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche beansprucht, wobei das Propylen-Homopolymer oder -Copolymer einen bei 230°C gemessenen Schmelzflußindex von 0,5 bis 5,0 dg/min besitzt.

8. Kabel wie in mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche beansprucht, wobei das Olefin-Comonomer in einer Menge von weniger als oder gleich 15 mol% vorliegt.

9. Kabel wie in mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche beansprucht, wobei das Olefin-Comonomer in einer Menge von weniger als oder gleich 10 mol% vorliegt.

10. Kabel wie in mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche beansprucht, wobei das Olefin-Comonomer Ethylen oder ein α -Olefin der Formel CH₂=CH-R ist, worin R ein lineares oder verzweigtes C₂-C₁₀-Alkyl ist.

11. Kabel wie in mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche beansprucht, wobei das α -Olefin ausgewählt ist aus 1-Buten, 1-Penten, 4-Methyl-1-penten, 1-Hexen, 1-Octen, 1-Decen, 1-Dodecen und dergleichen oder Kombinationen davon.

12. Kabel wie in mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche beansprucht, wobei das thermoplastische Material ausgewählt ist aus:

(a) einem Propylen-Homopolymer oder einem Copolymer von Propylen mit mindestens einem Olefin-Comonomer, ausgewählt aus Ethylen und einem anderen α -Olefin als Propylen, mit einem Biegemodul von 30 bis 900 MPa;

(b) einem Heterophasen-Copolymer, das eine thermoplastische Phase auf Basis von Propylen und eine elastomere Phase auf Basis von mit einem α -Olefin copolymerisiertem Ethylen umfaßt, wobei die elastomere Phase in einer Menge von mindestens 45 Gew.-% des Gesamtgewichts des Heterophasen-Copolymers vorliegt.

13. Kabel wie im vorhergehenden Anspruch beansprucht, wobei das Propylen-Homopolymer oder -Copolymer unter a) einen Biegemodul von 50 bis 400 MPa besitzt.

14. Kabel wie in Anspruch 12 oder 13 beansprucht, wobei das Propylen-Homopolymer oder -Copolymer unter a) aufweist:

einen Schmelzpunkt von 140 bis 165°C;

eine Schmelzenthalpie von 30 bis 80 J/g;

eine in siedendem Diethylether lösliche Fraktion in einer Menge von weniger als oder gleich 12 Gew.-% mit einer Schmelzenthalpie von weniger als oder gleich 4 J/g;

eine in siedendem n-Heptan lösliche Fraktion in einer Menge von 15 bis 60 Gew.-% mit einer Schmelzenthalpie von 10 bis 40 J/g; und

eine in siedendem n-Heptan unlösliche Fraktion in einer Menge von 40 bis 85 Gew.-% mit einer Schmelzenthalpie größer als oder gleich 45 J/g.

15. Kabel wie in mindestens einem der Ansprüche 12 bis 14 beansprucht, wobei das Propylen-Homopolymer oder -Copolymer unter a) aufweist:

eine in siedendem Diethylether lösliche Fraktion in einer Menge von 1 bis 10 Gew.-% mit einer Schmelzenthalpie von weniger als oder gleich 2 J/g;

eine in siedendem n-Heptan lösliche Fraktion in einer Menge von 20 bis 50 Gew.-% mit einer Schmelzenthalpie von 15 bis 30 J/g; und

eine in siedendem n-Heptan unlösliche Fraktion in einer Menge von 50 bis 80 Gew.-% mit einer Schmelzenthalpie von 50 bis 95 J/g.

16. Kabel wie in Anspruch 12 beansprucht, wobei das α -Olefin, das in die elastomere Phase des Heterophasen-Copolymers unter b) eingeschlossen ist, Propylen ist.

17. Kabel wie im vorhergehenden Anspruch beansprucht, wobei die elastomere Phase aus einem elastomeren Copolymer von Ethylen und Propylen besteht, das 15 bis 50 Gew.-% Ethylen und 50 bis 85 Gew.-% Propylen, bezogen auf das Gewicht der elastomeren Phase, enthält.

18. Kabel wie in mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche beansprucht, wobei das thermoplastische Basismaterial das Propylen-Homopolymer oder -Copolymer in mechanischer Mischung mit einem Polymer niedriger Kristallinität mit einer Schmelzenthalpie von weniger als oder gleich 30 J/g und einer Menge von weniger als oder gleich 70 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des thermoplastischen Materials, ist.

19. Kabel wie im vorhergehenden Anspruch beansprucht, wobei das Polymer niedriger Kristallinität in einer Menge von 20 bis 60 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des thermoplastischen Materials, vorliegt.

20. Kabel wie in Anspruch 18 oder 19 beansprucht, wobei das Polymer niedriger Kristallinität ein Copolymer von Ethylen mit einem C_3 - C_{12} - α -Olefin ist.

21. Kabel wie in Anspruch 18 oder 19 beansprucht, wobei das Polymer niedriger Kristallinität ein Copolymer von Ethylen mit einem α -Olefin und einem Dien ist.

22. Kabel wie in Anspruch 20 oder 21 beansprucht, wobei das Ethylen-Copolymer ausgewählt ist aus:

(i) einem Copolymer mit der folgenden Monomerzusammensetzung: 35–90 mol% Ethylen; 10–65 mol% eines α -Olefins; 0–10 mol% eines Diens;

(ii) einem Copolymer mit der folgenden Monomerzusammensetzung: 75–97 mol% Ethylen; 3–25 mol% eines α -Olefins; 0–5 mol% eines Diens.

23. Kabel wie im vorhergehenden Anspruch beansprucht, wobei das Ethylen-Copolymer ausgewählt ist aus einem Copolymer mit der folgenden Monomerzusammensetzung: 90–95 mol% Ethylen; 5–10 mol% eines α -Olefins; 0–2 mol% eines Diens.

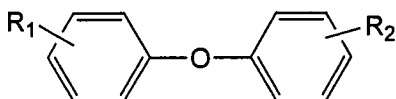
24. Kabel wie in mindestens einem der Ansprüche 20 bis 23 beansprucht, wobei das α -Olefin ausgewählt ist aus Propylen, 1-Hexen und 1-Octen. 25. Kabel wie in mindestens einem der Ansprüche 20 bis 24 beansprucht, wobei das Dien 4 bis 20 Kohlenstoffatome besitzt.

25. Kabel wie in mindestens einem der Ansprüche 20 bis 25 beansprucht, wobei das Dien ausgewählt ist aus einem konjugierten oder nicht-konjugierten linearen Diolefin und einem monozyklischen oder polyzyklischen Dien.

26. Kabel wie in mindestens einem der Ansprüche 20 bis 26 beansprucht, wobei das Dien ausgewählt ist aus 1,3-Butadien, 1,4-Hexadien, 1,6-Octadien, 1,4-Cyclohexadien, 5-Ethyliden-2-norbornen, 5-Methylen-2-norbornen, 5-Vinyl-2-norbornen oder ihren Mischungen und dergleichen.

27. Kabel wie in mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche beansprucht, wobei der Kohlenstoffrest 1 bis 24 Kohlenstoffatome besitzt.

28. Kabel wie in mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche beansprucht, wobei die dielektrische Flüssigkeit mindestens einen Diphenylether mit der folgenden Strukturformel enthält:



worin R_1 und R_2 gleich oder verschieden sind und Wasserstoff, eine Phenylgruppe, die unsubstituiert oder mit mindestens einer Alkylgruppe substituiert ist, oder eine Alkylgruppe, die unsubstituiert oder mit mindestens einem Phenyl substituiert ist, bedeuten.

29. Kabel wie im vorhergehenden Anspruch beansprucht, wobei die Alkylgruppe 1 bis 20 Kohlenstoffatome besitzt.

30. Kabel wie in mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche beansprucht, wobei die dielektrische Flüssigkeit ausgewählt ist aus Phenyltoluylether, 2,3'-Ditoluylether, 2,2'-Ditoluylether, 2,4'-Ditoluylether, 3,3'-Ditoluylether, 3,4'-Ditoluylether, 4,4'-Ditoluylether, Octadecyldiphenylether, entweder als reine Isomere oder in Mischung miteinander.

31. Kabel wie in mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche beansprucht, wobei das Verhältnis der Zahl der Arylkohlenstoffatome zur Gesamtzahl von Kohlenstoffatomen der dielektrischen Flüssigkeit größer als oder gleich 0,4 ist.

32. Kabel wie in mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche beansprucht, wobei das Verhältnis der Zahl der Arylkohlenstoffatome zur Gesamtzahl von Kohlenstoffatomen der dielektrischen Flüssigkeit größer als oder gleich 0,7 ist.

33. Kabel wie in mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche beansprucht, wobei der Diphenylether bei 25°C eine dielektrische Konstante von weniger als oder gleich 8 besitzt.

34. Kabel wie in mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche beansprucht, wobei der Diphenylether bei 25°C eine dielektrische Konstante von weniger als oder gleich 4 besitzt.

35. Kabel wie in mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche beansprucht, wobei die dielektrische Flüssigkeit bei 20°C eine kinematische Viskosität zwischen 1 und 100 mm²/s besitzt.

36. Kabel wie in mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche beansprucht, wobei die dielektrische Flüssigkeit bei 20°C eine kinematische Viskosität zwischen 3 und 50 mm²/s besitzt.

37. Kabel wie in mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche beansprucht, wobei der Diphenylether eine Wasserstoffabsorptionskapazität von größer als oder gleich $5 \text{ mm}^3/\text{min}$ besitzt.
38. Kabel wie im vorhergehenden Anspruch beansprucht, wobei die Wasserstoffabsorptionskapazität größer als oder gleich $50 \text{ mm}^3/\text{min}$ ist.
39. Kabel wie in mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche beansprucht, wobei der dielektrischen Flüssigkeit ein Epoxyharz in einer Menge von weniger als oder gleich 1 Gew.-%, bezogen auf das Gewicht der Flüssigkeit, zugesetzt ist.
40. Kabel wie in mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche beansprucht, wobei das Gewichtsverhältnis der dielektrischen Flüssigkeit zum Polymerbasismaterial 1 : 99 bis 25 : 75 ist.
41. Kabel wie in mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche beansprucht, wobei das Gewichtsverhältnis der dielektrischen Flüssigkeit zum Polymerbasismaterial 2 : 98 bis 20 : 80 ist.
42. Kabel wie in mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche beansprucht, wobei das Gewichtsverhältnis der dielektrischen Flüssigkeit zum Polymerbasismaterial 3 : 97 bis 15 : 85 ist.
43. Kabel wie in mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche beansprucht, wobei das Polymerbasismaterial ausgewählt ist aus Propylen-Homopolymeren oder -Copolymeren, die, bezogen auf das Polymergesamtgewicht, mindestens 40 Gew.-% amorphe Phase enthalten.
44. Kabel wie in mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche beansprucht, wobei die extrudierte Abdeckschicht eine Schicht (4) mit elektrischen Isolierungseigenschaften ist.
45. Kabel wie in mindestens einem der Ansprüche 1 bis 44 beansprucht, wobei die extrudierte Abdeckschicht eine Schicht (3, 5) mit halbleitenden Eigenschaften ist.
46. Kabel wie im vorhergehenden Anspruch beansprucht, wobei ein leitfähiger Füllstoff in der Schicht mit halbleitenden Eigenschaften dispergiert ist.
47. Kabel wie in mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche beansprucht, wobei mindestens eine Schicht mit elektrischen Isolierungseigenschaften und mindestens eine Schicht mit halbleitenden Eigenschaften vorliegen.
48. Polymerzusammensetzung, die ein thermoplastisches Polymermaterial unter Zumischung einer dielektrischen Flüssigkeit gemäß mindestens einem der Ansprüche 1 bis 44 enthält.
49. Verwendung einer Polymerzusammensetzung wie in Anspruch 49 beansprucht, als Polymerbasismaterial für die Herstellung einer unvernetzten Abdeckschicht (4) mit elektrischen Isolierungseigenschaften.
50. Verwendung einer Polymerzusammensetzung wie in Anspruch 49 beansprucht, als Polymerbasismaterial für die Herstellung einer unvernetzten Abdeckschicht (3, 5) mit halbleitenden Eigenschaften.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Fig. 1

