

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: **86109643.6**

51 Int. Cl.⁴: **H 01 B 7/08**
H 01 B 11/10

22 Anmeldetag: **14.07.86**

30 Priorität: **26.07.85 DE 3526839**
19.06.86 DE 3620595

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
28.01.87 Patentblatt 87/5

84 Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE FR GB IT LI NL SE

71 Anmelder: **MITEC Moderne Industrietechnik GmbH**
Daimlerstrasse 15
D-8012 Ottobrunn(DE)

72 Erfinder: **Mehnert, Walter, Dr.Dipl.-Ing.**
Grillparzer Strasse 6
D-8012 Ottobrunn(DE)

74 Vertreter: **Strasser, Wolfgang, Dipl.-Phys et al,**
Patentanwälte Strohschänk, Uri & Strasser Innere Wiener
Strasse 8
D-8000 München 80(DE)

54 **Kabel.**

57 Um ein im Erdreich verlegbares Kabel (1), dessen Leiter (16) mit einer Vielzahl von elektrischen Schaltungseinheiten (10) elektrisch leitend verbunden sind, die längs des Kabels in Abständen verteilt im Inneren des Kabelkerns (2) angeordnet sind, der von einem Mantel (3) umgeben ist, der eine Schicht hoher elektrischer Leitfähigkeit und eine äußere Schicht zum Schutz gegen chemische Einwirkungen umfaßt, zuverlässig gegen von außen kommende elektrische und magnetische Störungen zu schützen, weist der Mantel zusätzlich eine innere Schicht (28) aus einem Material hoher magnetischer Permeabilität auf. Überdies kann die äußere Schicht (27) eine elektrische Leitfähigkeit besitzen, deren Wert zwischen den Leitfähigkeitswerten des umgebenden Erdreichs und der mittleren Schicht liegt. Um ein solches Kabel möglichst einfach herstellen zu können, werden die Schaltungseinheiten zunächst mit den Leitern elektrisch leitend verbunden und dann zusammen mit diesen in die innere Schutzschicht (5) des Kabels z.B. durch Einextrudieren eingebettet.

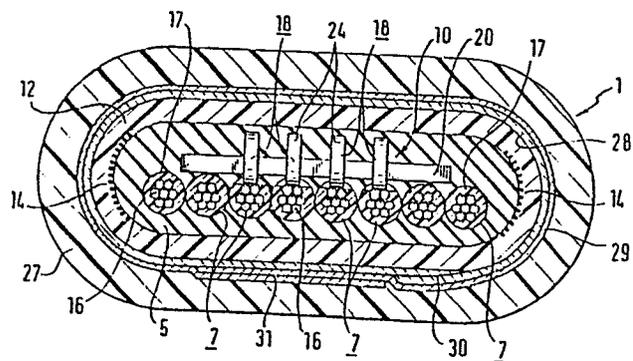


Fig. 2

MITEC Moderne Industrietechnik GmbH

M 155 - S/Pr

München, den 14. Juli 1986

Kabel

Die Erfindung betrifft ein Kabel der im Oberbegriff des Anspruches 1 genannten Art sowie ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Kabels gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 29.

Bei einem bekannten Kabel dieser Art, wie es z.B. der DE-PS 33 05 246 entnehmbar ist, wird der Kern des Kabels von einer Isolierschicht mit flach rechteckigem Querschnitt gebildet, in deren Inneren in unmittelbarer Nähe der einen Flachseite die Adern bzw. Leiter des Kabels so angeordnet sind, daß sie sich in etwa in einer Ebene zueinander parallel in Längsrichtung des Kabels erstrecken. Von der anderen Flachseite des Kabelkerns her erstrecken sich in Abständen vorgesehene Ausnehmungen so weit in die Isolierschicht hinein, daß an ihrer Bodenseite die Leiter blank offen liegen. Die Ausnehmungen weisen Abmessungen auf, die erheblich größer sind als die Abmessungen der in ihnen untergebrachten Schaltungseinheiten, so daß letztere bei der Herstellung des Kabels in die Ausnehmungen eingesetzt und mit den Leitern elektrisch leitend verbunden werden können. Dies hat allerdings zur Folge, daß nach der Montage der Schaltungseinheiten in den Ausnehmungen Frei- und Hohlräume vorhanden sind, die zum Schutz gegen Verunreinigungen und Feuchtigkeit mit einer dauerelastischen, elektrisch isolierenden Masse ausgefüllt werden müssen. Der so gebildete Kern des bekannten Kabels ist von einem mehrlagigen Mantel umgeben, der z.B. ein Band mit bei Wasserzutritt quellenden Bestandteilen, eine von einer Bandierung aus einem elektrisch leitenden Folienband gebildete Schicht mit hoher elektrischer Leitfähigkeit und eine Schicht aus einem plastomeren oder elastomeren Kunststoff umfaßt, die die inneren Teile des Kabels gegen von außen kommende chemische Einwirkungen schützen soll.

Der Aufbau dieses bekannten Kabels führt zu einer Reihe von Nachteilen. So ist die Herstellung umständlich und mit erhöhten Kosten verbunden, weil die Ausnehmungen zur Aufnahme der Schaltungseinheiten nachträglich in die die Leiter umgebende Isolationschicht eingearbeitet und nach der Montage der Schaltungseinheiten mit einer weiteren Isolationsmasse ausgefüllt werden müssen, wobei fraglich ist, ob sich hierdurch eine vollständige, das Eindringen insbesondere von Feuchtigkeit mit Sicherheit verhindernde Abdeckung der blanken, elektrisch leitenden Teile erreichen läßt. Dieses Problem ist um so gravierender, als der Aufbau des Kabel-Mantels mit gewickelten Bändern und einer äußeren Kunststoffschicht zumindest bei einer unmittelbaren Verlegung des Kabels im Erdboden keinen ausreichenden Schutz gegen Feuchtigkeit, sonstige chemische Einwirkungen und gegen elektrische und magnetische Störeinflüsse bietet, wie sie z.B. durch Blitzeinschläge in der näheren Umgebung des Kabels verursacht werden. Weiterhin sind bei dem bekannten Kabel die Positionen bzw. gegenseitigen Abstände der Schaltungseinheiten nach Herstellung der Ausnehmungen in der Isolierschicht endgültig festgelegt und können danach nicht mehr verändert werden. Insbesondere in den Fällen, in denen die Isolationschicht, in die die Ausnehmungen für die Schaltungseinheiten eingearbeitet werden, unabhängig von dem die Adern enthaltenden Teil des Kabelkerns hergestellt und nach Erzeugung der Ausnehmungen mit diesem Teil zusammengesetzt wird, ergeben sich große Schwierigkeiten hinsichtlich einer genauen Positionierung der Ausnehmungen und damit der Schaltungseinheiten, weil beim Zusammenbau des Kerns auf die mit Ausnehmungen versehene Isolierschicht unvermeidlich ein Zug in Längsrichtung ausgeübt wird, wodurch sich die Isolierschicht, deren Querschnitt im Bereich der Ausnehmungen stark verringert ist, ungleichförmig dehnt.

Demgegenüber liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Kabel der eingangs genannten Art so weiterzubilden, daß es einen einfachen, kostengünstigen Aufbau besitzt und auch bei extremen Einsatzbedingungen einen hervorragenden Schutz der in das Kabel integrierten Schaltungseinheiten bzw. ihrer elektronischen und mechanischen Komponenten gegen Umwelteinflüsse aller Art gewährleistet, sowie ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Kabels anzugeben.

Zur Lösung dieser Aufgabe sieht die Erfindung die in den Ansprüchen 1 bzw. 29 zusammengefaßten Merkmale vor.

Den im Anspruch 1 niedergelegten Maßnahmen liegt die Erkenntnis zugrunde, daß eine in den Mantel eingebaute Schicht hoher elektrischer Leitfähigkeit, deren Querschnitt genügend klein ist, um zumindest eine gewisse Flexibilität des Kabels zu gewährleisten, für sich allein keinen perfekten Faraday'schen Käfig bildet, der bei hoher Belastung, z.B. bei einem Blitzeinschlag durch das Erdreich hindurch auf ein im Boden verlegtes Kabel, im Kabelinnern das Entstehen von gefährlichen Längsspannungen verhindern könnte, die zu einer Beschädigung oder Zerstörung der eingebauten Schaltungseinheiten führen. Wenn die Schicht hoher elektrischer Leitfähigkeit, wie dies wegen der Handhabbarkeit und des Gewichts des Kabels erforderlich ist, eine Dicke von nur einigen Zehntel Millimetern aufweist, genügen die in dieser Schicht bei einem Blitzeinschlag induzierten Wirbelströme in keiner Weise, um die aufgebrachten elektrischen Ladungen auf der Außenseite der elektrisch leitenden Schicht zu halten und daran zu hindern, zur Innenseite dieser Schicht zu gelangen, wo sie dann in Längsrichtung des Kabels zu einem proportional zur Entfernung vom Einschlagsort anwachsenden Spannungsabfall führen, der die zulässigen Werte bei weitem übersteigt. Daran ändert sich selbst dann grundsätzlich nichts, wenn man die Dicke der

elektrisch gut leitenden Schicht auf einige Millimeter vergrößert. Hierdurch wird zwar das Gewicht und die Flexibilität des Kabels erheblich verschlechtert, die verbesserte Ausbildung von Wirbelströmen wird aber dadurch wieder weitgehend kompensiert, daß sich durch den geringeren elektrischen Widerstand der leitenden Schicht eine erheblich verlängerte Verweilstrecke des Blitzes auf dem Kabel ergibt. Die elektrisch gut leitende Schicht müßte also eine Dicke von einigen Zentimetern besitzen, wenn sie allein einen ausreichenden Schutz des Kabelinneren gegen Längsspannungen bewirken sollte. Eine solche Schichtdicke würde aber aus dem "Kabel" eine Stange bzw. ein Rohr machen, das nicht mehr endlos gefertigt, auf eine Trommel aufgewickelt und von dieser abgezogen und mit wechselnden, vor Ort beliebig wählbaren Krümmungsradien verlegt werden könnte.

Diese Problematik findet durch die im Anspruch 1 niedergelegten Maßnahmen eine überraschende Lösung, weil durch die innerhalb der eine hohe elektrische Leitfähigkeit besitzenden Schicht angeordnete Schicht hoher magnetischer Permeabilität, worunter insbesondere eine Schicht aus einem Material mit ferromagnetischen Eigenschaften verstanden werden soll, der Skin-Effekt in so starkem Maß gesteigert wird, daß auch dann, wenn die Schicht hoher elektrischer Leitfähigkeit nur einige Zehntel Millimeter dick ist, durch einen Blitzeinschlag gefährliche Längsspannungen im Kabelinneren durch Ladungsverdrängung verhindert werden. Die Schicht hoher elektrischer Leitfähigkeit übernimmt den Strom und verhindert, daß die Schicht hoher magnetischer Permeabilität, deren hoher Skin-Effekt erwünscht ist, in Sättigung geht. Um die Verweilstrecke des Blitzes auf der elektrisch gut leitenden Schicht möglichst kurz zu halten, hat sich eine Schichtdicke von 0,2 bis 0,3 mm als optimal erwiesen, wie sie z.B. mit Hilfe einer entsprechend starken Aluminium- oder Kupferfolie ohne weiteres realisiert werden kann. Da sich der erwähnte Effekt mit einer Schicht hoher magnetischer Permeabilität erreichen läßt, die ebenfalls nur einen Zehntel-Millimeter

dick ist, und z.B. aus einer oder mehreren entsprechend dünnen Mu-Metall-Folien besteht, ergibt sich erfindungsgemäß eine hervorragende Schirmwirkung, ohne daß das Kabel hierdurch besonders schwer oder in seiner Flexibilität beeinträchtigt wird. Darüber hinaus verhindert die Schicht hoher magnetischer Permeabilität das Eindringen von magnetischen Störungen in das Kabelinnere und somit ein induktives Einkoppeln von elektrischen Spannungen in die Leiter des Kabels.

Eine zusätzliche Verbesserung der Schirmwirkung der beiden eben beschriebenen Schichten läßt sich dadurch erreichen, daß die äußere, primär dem Schutz gegen chemische Einwirkungen dienende Schicht nicht von einer isolierenden Masse sondern von einem Material gebildet wird, das zwar eine hohe chemische Widerstandsfähigkeit besitzt, wie z.B. Polyäthylen oder ein ähnlicher Kunststoff, das überdies aber auch eine gewisse elektrische Leitfähigkeit aufweist, die zwar kleiner ist als die der extrem gut leitenden mittleren Schicht des Mantels aber größer als die elektrische Leitfähigkeit des Mediums, also z.B. des Erdreichs, in dem das Kabel verlegt werden soll, oder in derselben Größenordnung wie diese zuletzt genannte Leitfähigkeit liegt. Durch diese Maßnahmen ist es möglich, daß die z.B. bei einem Blitzeinschlag über das Erdreich in das Kabel auf die elektrisch gut leitende Schicht des Mantels gelangenden großen Ladungsmengen von dort wegen der Leitfähigkeit der äußeren Schicht des Mantels wieder rasch über das umgebende Erdreich an die "Masse" zurückfließen, die als entfernte Zylinderwand koaxial zum Kabel liegend anzusehen ist. Somit wird durch die Leitfähigkeit der äußeren Kabelschicht die Verweilstrecke eines Blitzes auf dem Kabel zusätzlich verkürzt und damit die Größe von sich aufbauenden Längsspannungen auf noch geringere und mit Sicherheit ungefährliche Werte begrenzt.

Würde man die äußere Schicht des Mantels aus einem elektrisch gut isolierenden Material herstellen, so würde diese Schicht wie das Dielektrikum eines Kondensators wirken, dessen Belegungen einerseits vom Erdreich und andererseits von der elektrisch gut leitenden Schicht des Mantels gebildet werden. Um zu vermeiden, daß ein solches Dielektrikum bei einem Blitzschlag durchschlagen und damit örtlich zerstört wird, was an dieser Stelle zu einer Aufhebung seiner Schutzwirkung gegen chemische Einflüsse führen würde, müßte es mit einer sehr großen Wandstärke ausgebildet werden. Dies würde aber wiederum das Gewicht und die Flexibilität des Kabels beeinträchtigen. Somit trägt die Tatsache, daß die äußere Schicht des Mantels eine gewisse elektrische Leitfähigkeit besitzt, nicht nur zu einer verbesserten Schirmwirkung gegen elektrische Störungen sondern auch zur Erzielung guter mechanischer Eigenschaften des Kabels bei.

Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, daß die elektrische Leitfähigkeit der äußeren, primär gegen chemische Einwirkungen schützenden Schicht des Mantels auch dann die oben beschriebenen Vorteile mit sich bringt, wenn die innere, eine hohe magnetische Permeabilität besitzende Schicht des Kabelmantels weggelassen ist. Diese Schicht wird z.B. dann nicht benötigt, wenn ein erfindungsgemäßes Kabel im Meer verlegt wird und sich keine langgestreckten elektrischen Leiter, z.B. Telefonkabel, in seiner unmittelbaren Nähe befinden, weil sich wegen der hohen elektrischen Leitfähigkeit von Meerwasser bei einem Blitzeinschlag kein eventuell parallel zum Kabel verlaufender Strompfad bzw. -kanal ausbilden kann, von dem her eine induktive Störungseinkopplung auf die Leiter des Kabels zu befürchten ist. In einem solchen Fall kann es durchaus genügen, das Kabel nur mit einer dünnen Schutzschicht hoher elektrischer Leitfähigkeit zu versehen und diese Schicht, die z.B. von einer Aluminiumfolie gebildet ist,

mit einer weiteren Schicht zu umgeben, die einerseits einen Schutz gegen chemische Einwirkungen bietet und gleichzeitig die oben erwähnte gemäßigte elektrische Leitfähigkeit besitzt. Die Kombination dieser beiden Maßnahmen ist dann in Verbindung mit dem elektrisch gut leitenden umgebenden Medium ausreichend, um die Verweilstrecke des Blitzes auf dem Kabel so stark zu verkürzen, daß keine gefährlichen Längsspannungen entstehen.

Da ein erfindungsgemäßes Kabel im Regelfall so verwendet wird, daß seine Leiter zumindest an einem seiner Enden mit einer Steuer- und Meßzentrale elektrisch leitend verbunden sind, die zur Ansteuerung der im Kabel befindlichen Schaltungseinheiten und/oder zur Erfassung und Auswertung der von den Schaltungseinheiten gelieferten Meßwerte dient, ist gemäß der Erfindung weiterhin vorgesehen, daß zumindest alle mit dem Kabel in elektrisch leitender Verbindung stehenden Schaltungseinheiten der Steuer- und Meßzentrale von einer elektrisch gut leitenden Schirmanordnung umgeben sind, die mit der elektrisch gut leitenden Schicht des Kabelmantels elektrisch leitend verbunden ist und somit gemeinsam mit dieser einen Faraday'schen Käfig bildet, der durch elektrisch leitende Endabschlüsse an eventuell vorhandenen freien Kabelenden vervollständigt wird. Erfindungsgemäß wird dieser Faraday'sche Käfig an keiner Stelle durch elektrische Leiter durchbrochen. Dies bedeutet zum einen, daß jegliche Informations-Ein- bzw. -Ausspeisung in das bzw. aus dem Kabel, die nicht von der Steuer- und Meßzentrale her erfolgt, z.B. mit Hilfe von Lichtleitfasern oder direkt auf optischem Wege durchgeführt wird. Die Stromversorgung der im Kabel befindlichen Schaltungseinheiten erfolgt von der Steuer- und Meßzentrale her entweder mit Hilfe von Batterien, die innerhalb des Faraday'schen Käfigs angeordnet sind, oder mit Hilfe einer Stromversorgungseinheit, deren Transformator sich mit seiner Sekundärwicklung innerhalb und mit seiner Primärwicklung

außerhalb des Faraday'schen Käfigs befindet. Die Vorteile eines vollständigen Einschlusses des gesamten Systems in einen Faraday'schen Käfig lassen sich auch dann erzielen, wenn das Kabel keine Schicht hoher magnetischer Permeabilität besitzt und/oder wenn die äußere Mantelschicht keine elektrische Leitfähigkeit aufweist, weil das Kabel z.B. in einem Kabelkanal verlegt ist, wo ein Blitzeinschlag nicht droht.

Durch den Anspruch 29 wird ein Verfahren zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Kabels angegeben, das sich vor allem deshalb besonders einfach gestaltet, weil zunächst nur die Schaltungseinheiten in den gewünschten Abständen auf den Leitern des Kabels montiert und mit den erforderlichen Leitern elektrisch leitend verbunden werden müssen, um dann gemeinsam mit den Leitern in die innere Schutzschicht des Kabelkerns vorzugsweise durch Einextrudieren eingebettet zu werden. Eine vorausgehende Bearbeitung der Schutzschicht zur Herstellung irgendwelcher Ausnehmungen und ein nachträgliches Ausfüllen verbleibender Hohl- und Freiräume mit einer zusätzlichen isolierenden Masse ist nicht erforderlich. Selbst für den Fall, daß die Leiter von vornherein eine isolierende Hülle aufweisen, ist es zur elektrisch leitenden Verbindung der Schaltungseinheiten mit diesen Leitern nicht unbedingt erforderlich, die Leiter partiell abzuisolieren. Vielmehr kann stattdessen die elektrisch leitende Verbindung auch durch einen Aufkrimp-Vorgang oder dergleichen hergestellt werden, bei dem die isolierende Hülle der betreffenden Leiter einfach mechanisch durchstoßen wird.

Vorteilhafte Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens sind in den Ansprüchen 30 bis 36 niedergelegt.

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die Zeichnung beschrieben; in dieser zeigt:

- Fig. 1 einen in Längsrichtung verlaufenden Schnitt durch ein erfindungsgemäßes Kabel an einer Stelle, an der sich eine Schaltungseinheit befindet,
- Fig. 2 einen Schnitt längs der Linie II-II aus Fig. 1, und
- Fig. 3 ein erfindungsgemäßes Kabel, das zusammen mit den Schaltungseinheiten einer Steuer- und Meßzentrale vollständig in einem Faraday'schen Käfig eingeschlossen ist.

Wie man der Fig. 1 entnimmt, besteht ein erfindungsgemäßes Kabel 1 aus einem Kern 2 und einem den Kern 2 umgebenden Mantel 3, wobei jede dieser beiden Untereinheiten aus mehreren Bestandteilen aufgebaut ist.

So umfaßt der Kern 2 eine innere Schutzschicht 5, die im vorliegenden Fall aus einer isolierenden Masse, beispielsweise einer gummielastischen Mischung besteht und in die sowohl die Adern 7 des Kabels als auch die in Längsrichtung des Kabels 1 in Abständen voneinander angeordneten Schaltungseinheiten 10 vollständig eingebettet und hierdurch elektrisch isoliert und gegen Feuchtigkeit und Schmutz geschützt sind. Um dies zu erreichen, werden vorzugsweise die Schaltungseinheiten 10 zumindest mit einigen der Adern 7 sowohl mechanisch als auch elektrisch leitend verbunden und gemeinsam mit allen Adern 7 in die innere Schutzschicht 5 einextrudiert.

Weiterhin umfaßt der Kern 2 eine zweite Schutzschicht 12, die z.B. aus PVC besteht und die innere Schutzschicht 5 vollständig so umgibt, daß diese beiden Schichten gegeneinander frei beweglich sind. Dies verleiht dem erfindungsgemäßen Kabel 1 eine hohe Flexibilität, so daß es ohne Faltenbildung auch mit kleinen Krümmungsradien verlegt und/oder auf eine Vorratstrommel aufgewickelt werden kann.

Wie man insbesondere der Fig. 2 entnimmt, sind zwischen der inneren Schutzschicht 5 und der äußeren Schutzschicht 12 Zugentlastungs-Elemente 14 vorgesehen, die beispielsweise aus Kevlar-, Stahl- oder Kohlefasern bestehen können.

Weiterhin zeigt insbesondere die Fig. 2, daß jede der Kabeladern 7 einen Leiter 16 umfaßt, der aus mehreren miteinander verdrehten Drähten besteht und von einer isolierenden Hülle 17 umgeben ist. Die Adern 7 sind in einer Ebene so angeordnet, daß sich die Hüllen 17 von einander benachbarten Adern 7 jeweils entlang einer sich in Längsrichtung erstreckenden Mantellinie berühren und in diesem Berührungsbereich fest miteinander verbunden sind. Somit bilden die Adern 7 bereits vor ihrem Einbau in das erfindungsgemäße Kabel 1 ein flaches Band, das auf einfache Weise gehandhabt werden kann. Zur Befestigung der Schaltungseinheiten 10 vor dem Einextrudieren in die innere Schutzschicht 5 wird im vorliegenden Fall von den Adern 7, mit denen die jeweilige Schaltungseinheit 10 verbunden werden soll, ein Teil der isolierenden Hülle 17 entfernt, so daß die Leiter 16 freiliegen und mit den Anschlußbeinchen 18 der betreffenden Schaltungseinheit z.B. durch Löten oder Schweißen elektrisch leitend verbunden werden können. In Fig. 2 ist eine solche Verbindung mit den mittleren vier Adern 7 des Kabels 1 dargestellt, während außen jeweils ein Paar von Adern 7 durchläuft, ohne mit der dort wiedergegebenen Schaltungseinheit 10 verbunden zu sein. Anstelle einiger der gezeigten elektrisch leitenden Adern 7 oder zusätzlich zu diesen

kann ein erfindungsgemäßes Kabel auch eine oder mehrere Lichtleitfasern umfassen, die zur optischen Informationsübertragung dienen und mit Zugentlastungselementen umspinnen sind.

Die in den Figuren dargestellte Schaltungseinheit 10 umfaßt ein Substrat 20, das z.B. als gedruckte Schaltungsplatine oder als Dickschicht-Substrat ausgebildet ist. Es dient einerseits als mechanischer Träger für die Bauelemente der Schaltungseinheit 10, die in Fig. 1 in schematischer Weise durch ein Rechteck 21 bzw. einen Verußmassetropfen 22 symbolisiert sind. Andererseits trägt das Substrat 20 auch die in den Fig. 1 und 2 nicht sichtbaren Leitbahnen, die zur Verbindung der auf dem Substrat 20 angeordneten Bauelemente untereinander und mit den Anschlußbeinchen 18 erforderlich sind.

Wie man insbesondere der Fig. 1 entnimmt, besitzen die Anschlußbeinchen 18 einen senkrecht zur Längsrichtung des Kabels 1 und von den Adern 7 konvex weggebogenen Abschnitt 24, der sich bis knapp unter die Oberfläche der inneren Schutzschicht 5 erstreckt und scharfe Seitenkanten aufweist. Auf diese Weise werden zwischen dem Abschnitt 24 und den in den Mantel 3 des Kabels 1 eingebetteten metallischen Leitern 28, 29 eine Isolations-Schwachstelle und hohe Feldstärken geschaffen, so daß eine unmittelbare Entladung der Leiter 16 erfolgen kann, wenn trotz der weiter unten noch genauer beschriebenen Schutzmaßnahmen sich im Inneren des Kabelmantels 3 ein störendes elektrisches Potential aufbauen sollte. Außerdem dient der Abschnitt 24 der Anschlußbeinchen 18 zur Zugentlastung, falls es zu einer Relativbewegung zwischen dem Substrat 20 und den Kabeladern 7 kommen sollte.

Wie die Figuren deutlich zeigen, sind also die Kabeladern 7 insbesondere mit den blanken Stellen ihrer Leiter 16 und

die Schaltungseinheiten 10 mit ihren Bauelementen 21, 22 und ihren Anschlußbeinchen 18 gänzlich in die innerste Schutzschicht 5 des Kabelkerns 2 eingebettet und somit in jedem Fall ausreichend gegen Schmutz und in all denjenigen Anwendungsfällen, in denen keine extrem hohen Anforderungen gestellt werden, auch ausreichend gegen Feuchtigkeit und andere chemische Einwirkungen geschützt. Dabei ist es nicht unbedingt erforderlich, daß die Kabeladern 7 eine eigene isolierende Hülle 17 besitzen. Stattdessen könnten auch bei der Herstellung des Kabels die Schaltungseinheiten 10 auf zunächst nicht isolierten Leitern 16, die durch geeignete Maßnahmen voneinander auf Abstand gehalten werden, montiert und dann gemeinsam mit diesen in die innerste Schutzschicht 5 eingebettet werden. Auch ist es nicht unbedingt erforderlich, daß die Kabeladern 7 in der dargestellten Weise in einer Ebene angeordnet sind. Vielmehr könnten sie auch, im Querschnitt der Fig. 2 gesehen, auf einem oder mehreren konzentrischen Kreisen um einen gemeinsamen Mittelpunkt herum angeordnet sein, so daß sich im Endeffekt ein Rundkabel ergibt. Weiterhin ist es möglich, die Kabeladern 7 miteinander zu verdrillen, wobei vorzugsweise ein wechselnder Schlag verwendet wird, um einen zusätzlichen Schutz gegen von außen eingekoppelte elektromagnetische Störungen zu erzielen. In den beiden zuletzt genannten Fällen werden als Substrate für die Schaltungseinheiten 10 vorzugsweise keine starren Schaltungsplatinen oder Keramikplättchen sondern z.B. Kapton-Folienstücke verwendet, die die elektrischen Bauelemente und die zu ihrer Verbindung erforderlichen Leitungsbahnen tragen und von außen um das Adernbündel herumgelegt werden. Die elektrisch leitende Verbindung zwischen den Anschlußbeinchen der Schaltungseinheiten 10 und den Leitern 16 der Kabeladern 7 kann auch durch Krimpen oder einen anderen

Aufquetsch-Vorgang erfolgen, wobei die isolierende Hülle 17 der Kabeladern 7 mechanisch durchstoßen wird, ohne daß vorher ein Abisolier-Vorgang erforderlich ist. Weiterhin ist es nicht erforderlich, daß die Schutzschicht 5 unbedingt aus einem Isolator mit extrem niedriger elektrischer Leitfähigkeit besteht. Vielmehr kann beim Zusammenbau des Kabels vor dem Einbetten auf die Adern 7 und die Schaltungseinheiten 10 ein dünner Film aus einem isolierenden Material, beispielsweise aus Teflon, aufgebracht und dann für die Bildung der Schutzschicht 5 eine Masse verwendet werden, die eine elektrische Leitfähigkeit besitzt, deren Wert zwischen den Leitfähigkeitswerten von Isolatoren einerseits und metallischen Leitern andererseits liegt. In Verbindung mit den im folgenden noch zu schildernden Schutzmaßnahmen kann hierdurch eine erhöhte Sicherheit gegen von außen kommende elektromagnetische Störungen erzielt werden.

Wie die Fig. 1 und 2 zeigen, ist der Kabelkern 2 von einem Mantel 3 umgeben, der aus einer metallischen Schirmanordnung 26 gegen elektromagnetische Störungen und einer äußeren Schicht 27 besteht, die die Schirmanordnung 26 gegen chemische Einwirkungen schützt.

Für gemäßigte Anforderungen kann die Schirmanordnung 26 z.B. aus einem Schirmgeflecht aus verkupferten Eisen bestehen, d.h. also aus zwei Komponenten, von denen die eine ein Metall hoher magnetischer Permeabilität und die andere ein Metall hoher elektrischer Leitfähigkeit ist. Um einen ausreichenden Schutz zu gewährleisten, muß ein solches Schirmgeflecht aber eine vergleichsweise große Dicke aufweisen, was zu einem erhöhten Gewicht des Kabels führt. Überdies ist es schwierig, mit einem solchen Geflecht bereits im Mantel eine Feuchtigkeitssperre aufzubauen. Weiterhin ist der Schirmfaktor relativ gering.

Besonders bevorzugt ist daher die in den Fig. 1 und 2 wiedergegebene Schirmanordnung 26, die aus einer inneren Schicht 28 und einer zweiten Schicht 29 besteht. Die innere Schicht 28 wird von einer Folie eines Metalls mit hoher magnetischer Permeabilität, beispielsweise einer Mu-Metall-Folie gebildet, während die zweite Schicht 29, die die mittlere Schicht des Mantels 3 bildet, von einer Folie eines Metalls hoher elektrischer Leitfähigkeit, beispielsweise einer Aluminium- oder Kupferfolie gebildet wird.

Die von der Mu-Metall-Folie gebildete innere Schicht 28 des Mantels 3 liegt unmittelbar auf der Außenseite der zweiten Schutzschicht 12 des Kerns 2 auf, ist gegen diese zweite Schutzschicht 12 aber verschiebbar, wodurch die Flexibilität des Kabels 1 erhöht und eine Faltenbildung auch dann vermieden wird, wenn das Kabel mit kleinen Krümmungsradien abgebogen wird. Die Mu-Metall-Folie 28 ist so um den Kabelkern 2 herumgelegt, daß ihre Längskanten parallel zur Längsrichtung des Kabels 1 verlaufen und sich im Überlappungsbereich 30 gegenseitig überdecken. Die Mu-Metall-Folie 28 kann mit einem elektrisch leitenden Copolymer beschichtet sein, das zur Verschweißung der sich überlappenden Längskanten dient. Unmittelbar auf der Mu-Metall-Folie 28 und in elektrischem Kontakt mit ihr liegt dann die Aluminium- oder Kupfer-Folie 29 auf, die vorzugsweise mit einem copolymeren, elektrisch leitenden Kunststoff beschichtet ist. Die Längskanten dieser Aluminium- oder Kupfer-Folie verlaufen ebenfalls parallel zur Längsrichtung des Kabels 1 und überdecken sich gegenseitig im Überlappungsbereich 31, wo sie mit Hilfe der copolymeren Beschichtung so miteinander verschweißt sind, daß die Aluminium- oder Kupfer-Folie 29 eine absolut wasser- und dampfdichte Umhüllung für alle innerhalb liegenden Teile des Kabels bildet. Um die Kupfer- bzw. Aluminium-Folie 29 gegen von außen kommende chemische Einwirkungen zu schützen, besitzt der Mantel 3 eine äußere Schicht 27, die vorzugsweise aus Polyäthylen oder einem ähnlichen Kunststoff be-

steht und durch entsprechende Beimengung einer elektrisch leitfähigen Substanz, wie z.B. Ruß oder Graphit eine elektrische Leitfähigkeit aufweist, die vorzugsweise größer/gleich der elektrischen Leitfähigkeit des Erdreiches ist, in dem das Kabel verlegt werden soll, und die kleiner ist, als die elektrische Leitfähigkeit der die mittlere Schicht 29 bildenden Aluminium- oder Kupfer-Folie. Diese Folie ist mit Hilfe ihrer Copolymerbeschichtung auch mit der äußeren Schicht 27 des Mantels 3 verschweißt.

Das so gebildete Kabel kann dann noch mit einem Nagetier-Schutz umgeben werden, der in den Figuren nicht dargestellt ist. Ebenso kann innerhalb der äußeren Schicht 27 ein in den Figuren nicht dargestellter Bleimantel vorgesehen werden, um das Kabelinnere gegen radioaktive Strahlung zu schützen.

Bei dem eben beschriebenen Aufbau des Kabelmantels 3 übernimmt die innere Schicht 28 aus einer Mu-Metall-Folie primär den Schutz gegen von außen kommende magnetische Felder, während die von einer Kupfer- oder Aluminium-Folie gebildete mittlere Schicht 29 einen Faraday'schen Käfig bildet, der gegen elektrische Felder schützt. Überraschend dabei ist, daß die Schutzwirkung der mittleren Schicht 29 durch das Vorhandensein der innenliegenden Mu-Metall-Folie 28 in ganz erheblichem Maße verstärkt wird, so daß trotz der geringen Dicke der beiden Folien das Eindringen von Längsspannungen in das Kabelinnere auch dann vermieden wird, wenn ein Blitz in das Kabel einschlägt. Da in einem solchen Fall die mittlere Schicht 29 des Kabels 1 die für den Blitz "sichtbare Masse" aus der Ferne oder der weiteren Umgebung der Einschlagstelle in deren unmittelbare Nähe "verschleppt" würde der Blitz dann, wenn die äußere Schicht 27 aus einem elektrisch nicht leitenden Material bestehen würde, den vom Erdreich einerseits und der mittleren

Schicht 29 andererseits gebildeten Kondensator durchschlagen und dabei die äußere Schicht 27 zumindest örtlich so weit beschädigen bzw. zerstören, daß sie ihre Schutzwirkung gegen chemische Einwirkungen an dieser Stelle nicht mehr ausüben könnte. Dadurch, daß die äußere Schicht 27 eine zwischen der Leitfähigkeit des Erdreichs und der Leitfähigkeit der mittleren Schicht 29 liegende Leitfähigkeit besitzt, wird die Bildung eines derartigen Kondensators vermieden und die vom Blitz in das Erdreich eingebrachte elektrische Ladung kann ohne Zerstörung auf die mittlere Schicht 29 des Kabelmantels 3 gelangen und über diese Schicht in Längsrichtung zur "Masse" hin kontinuierlich abfließen. Die erhöhte Leitfähigkeit der äußeren Schicht 27 erleichtert dabei das Zurückfließen der auf der mittleren Schicht 29 befindlichen elektrischen Ladungen über das Erdreich zur "Masse".

In Fig. 3 sind die Adern 7 eines erfindungsgemäßen Kabels 1, von dem nur der Kabelkern 2 und die eine hohe elektrische Leitfähigkeit besitzende Schicht 29 des Mantels wiedergegeben sind, an dem einen Kabelende mit einer Steuer- und Meßzentrale 35 verbunden, die durch eine gestrichelte Linie angedeutet ist. Diese Steuer- und Meßzentrale umfaßt eine Reihe von elektronischen Schaltungen, die durch den Block 36 symbolisiert sind und sowohl zur Ansteuerung der im Kabel 1 befindlichen Schaltungseinheiten als auch zum Empfang, Auswertung und gegebenenfalls zur Anzeige der von diesen Schaltungseinheiten gelieferten Informationen als auch zur Überwachung und Regelung der Versorgungsspannung dienen, die über zwei der Adern 7 den im Kabel 1 befindlichen Schaltungseinheiten (hier nicht dargestellt) zugeführt wird. Zu diesem Zweck

stehen die elektronischen Schaltungen 36 mit den Kabeladern 7 in elektrisch leitender Verbindung.

Weiterhin umfaßt die Steuer- und Meßzentrale 35 eine Stromversorgungseinheit 39, die sowohl für die elektronischen Schaltungen 36 als auch für die im Kabel 1 befindlichen Schaltungseinheiten die zum Betrieb erforderliche elektrische Energie liefert.

Prinzipiell könnte diese elektrische Energie aus Batterien entnommen werden, doch ist vorzugsweise ein Transformator 40 vorgesehen, von dem lediglich die Primärwicklung 42 und die Sekundärwicklung 41 in symbolischer Weise dargestellt sind. Darüber hinaus umfaßt die Steuer- und Meßzentrale 35 eine elektrisch leitende Schirmanordnung 44, die alle Teile der Steuer- und Meßzentrale 35, die mit dem Kabel 1 in elektrisch leitender Verbindung stehen, d.h. also insbesondere die elektronischen Schaltungen 36 und die Stromversorgungseinheit 39 umschließt und gegen von außen kommende elektrische Störungen schützt. Diese Schirmanordnung 44 ist mit der elektrisch gut leitenden Schicht 29 des Kabels elektrisch leitend verbunden, die an dem dargestellten stumpfen Kabelende einen elektrisch leitenden Endabschluß 45 aufweist. Weiterhin ist in Fig. 3 zwischen zwei "Unterbrechungen" des Kabels 1, die lediglich die große Länge des Kabels symbolisieren sollen, eine Verbindungseinheit 50 dargestellt, in die von zwei Seiten her jeweils ein Kabelabschnitt eintritt. Die Verbindungseinheit 50 dient zur Aufnahme von Schaltungseinheiten 51, die nicht direkt in das Kabel 1 integriert werden können oder sollen, aber zumindest mit einigen der Kabeladern 7 in elektrisch leitender Verbindung stehen und über diese z.B. auch mit der zu ihrem Betrieb erforderlichen elektrischen Energie versorgt werden. Zum Schutz dieser Schaltungseinheiten 51 weist die Verbindungseinheit 50 eine elektrisch gut leitende Schirmanordnung 52 auf, die mit Ausnahme der Ein- und Austritts-

Öffnungen für das Kabel 1 die Schaltungseinheiten 51 vollständig umschließt und mit den elektrisch gut leitenden Schichten 29 der Kabelabschnitte, mit denen die Verbindungseinheit 50 verbunden ist, so in elektrisch leitendem Kontakt steht, daß sie einen Teil des Faraday'schen Käfigs bildet, der das gesamte System umschließt. Obwohl Fig. 3 nur eine einzige Verbindungseinheit 50 zeigt, die zwei Kabelabschnitte miteinander verbindet, kann eine Vielzahl solcher Verbindungseinheiten 50 vorgesehen sein, die je nach Bedarf jeweils auch mehr als zwei Kabelabschnitte miteinander verbinden können.

Wesentlich ist, daß die Schirmanordnungen 44 und 52, die elektrisch gut leitenden Schichten 29 und der oder die Endabschlüsse 45 einen vollständig geschlossenen Faraday'schen Käfig bilden, der an keiner Stelle von elektrischen Leitern durchbrochen wird. Da die Primärwicklung 42 des Transformators 40 in irgendeiner Weise an ein Stromversorgungsnetz angeschlossen werden soll, ist sie außerhalb der Schirmanordnung 44 angeordnet, während sich die Sekundärwicklung 41 innerhalb des Faraday'schen Käfigs befindet. Die zur Stromversorgung der elektronischen Schaltungen 36 sowie der Schaltungseinheiten 10 im Kabel 1 erforderliche Energie wird also auf rein magnetischem Weg von außen in den Faraday'schen Käfig eingespeist.

Wenn es erforderlich ist, zwischen den Enden des Kabels durch den Faraday'schen Käfig hindurch Informationen ein- bzw. auszuspeisen, so erfolgt dies ausschließlich mit Hilfe von Nichtleitern, z.B. mit Hilfe von Lichtleitfasern, längs derer keine elektrischen Ladungen in das Innere des Käfigs gebracht werden können. Von den elektronischen Schaltungen 36 erzeugte Daten können innerhalb des Faraday'schen Käfigs zur Anzeige gebracht werden, wobei die Ablesung der Anzeigeeinheiten durch eine Öffnung des Käfigs hindurch auf optischem

Wege erfolgt. Sollen diese Daten an andere Einheiten übertragen werden, so erfolgt auch ihre Ausgabe aus der Steuer- und Meßzentrale auf optischem Weg, wie dies durch die in einer Pfeilspitze endende Lichtleitfaser 53 symbolisiert ist.

- P a t e n t a n s p r ü c h e -

1. Kabel, dessen Leiter zumindest teilweise mit einer Vielzahl von elektrischen Schaltungseinheiten, die insbesondere Meßfühler umfassen, elektrisch leitend verbunden sind, die in Abständen über die Länge des Kabels verteilt im Inneren des Kabelkerns angeordnet sind, der von einem Mantel umgeben ist, der eine Schicht aus einem Material hoher elektrischer Leitfähigkeit und eine diese Schicht umgebende äußere Schicht umfaßt, die zum Schutz gegen von außen kommende chemische Einwirkungen dient, dadurch gekennzeichnet, daß der Mantel (3) weiterhin eine innere Schicht (28) aus einem Material hoher magnetischer Permeabilität umfaßt, die innerhalb der die mittlere Schicht (29) des Mantels (3) bildenden Schicht aus einem Material hoher elektrischer Leitfähigkeit angeordnet ist.

2. Kabel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die innere Schicht (28) des Mantels (3) aus einem Mu-Metall und die mittlere Schicht (29) des Mantels aus Aluminium oder Kupfer besteht.
3. Kabel nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die mittlere Schicht (29) des Mantels (3) eine Folie aus einem Metall hoher elektrischer Leitfähigkeit ist, die so um die innere Schicht (28) des Mantels (2) herumgelegt ist, daß sich ihre sich in Längsrichtung erstreckenden Ränder überlappen, und daß der Überlappungsbereich (31) dieser Ränder als Dampfsperre ausgebildet ist.
4. Kabel nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die mittlere Schicht (29) des Mantels (3) mit der äußeren Schicht (27) des Mantels (3) verschweißt ist.
5. Kabel nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die mittlere Schicht (29) des Mantels (3) und/oder die innere Schicht (28) des Mantels (3) jeweils mit einem zum Verschweißen der Schicht (28, 29) dienenden, elektrisch leitfähigen Copolymer beschichtet ist.
6. Kabel nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die äußere Schicht (27) des Mantels (3), die zum Schutz gegen von außen kommende chemische Einwirkungen dient, flammwidrig ist.

7. Kabel nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die äußere Schicht (27) des Mantels (3), die zum Schutz gegen von außen kommende chemische Einwirkungen dient, elektrisch leitfähig ist.
8. Kabel, dessen Leiter zumindest teilweise mit einer Vielzahl von elektrischen Schaltungseinheiten, die insbesondere Meßfühler umfassen, elektrisch leitend verbunden sind, die in Abständen über die Länge des Kabels verteilt im Inneren des Kabelkerns angeordnet sind, der von einem Mantel umgeben ist, der eine Schicht aus einem Material hoher elektrischer Leitfähigkeit und eine diese Schicht umgebende äußere Schicht umfaßt, die zum Schutz gegen von außen kommende chemische Einwirkungen dient, dadurch gekennzeichnet, daß die äußere Schicht (27) des Mantels (3) elektrisch leitfähig ist.
9. Kabel nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Leitfähigkeit der äußeren Schicht (27) des Mantels (3) größer/gleich der elektrischen Leitfähigkeit des umgebenden Mediums, in dem das Kabel (1) verlegt werden soll, und kleiner als die elektrische Leitfähigkeit der Schicht (29) ist, die aus einem Material hoher elektrischer Leitfähigkeit besteht.
10. Kabel nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die äußere Schicht (27) des Mantels (3) aus einem Kunststoff besteht, der mit einem seine elektrische Leitfähigkeit bewirkenden Material gefüllt ist.

11. Kabel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem mindestens ein Ende mit einer Steuer- und Meßzentrale zur Ansteuerung der Schaltungseinheiten und/oder zur Erfassung und Auswertung der von den Schaltungseinheiten gelieferten Informationen verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest die eine hohe elektrische Leitfähigkeit besitzende Schicht (29) des Mantels (3) mit einer in der Steuer- und Meßzentrale (35) vorgesehenen, sämtliche dort befindlichen, mit dem Kabel (1) in elektrisch leitender Verbindung stehenden Schaltungsteile (36, 39) umschließenden Schirmanordnung (44) elektrisch leitend so verbunden ist, daß das gesamte System in einem Faraday'schen Käfig (44, 29, 45) eingeschlossen ist.

12. Kabel, dessen Leiter zumindest teilweise mit einer Vielzahl von elektrischen Schaltungseinheiten, die insbesondere Meßfühler umfassen, elektrisch leitend verbunden sind, die in Abständen über die Länge des Kabels verteilt im Inneren des Kabelkerns angeordnet sind, der von einem Mantel umgeben ist, der eine Schicht aus einem Material hoher elektrischer Leitfähigkeit und eine diese Schicht umgebende äußere Schicht umfaßt, die zum Schutz gegen von außen kommende chemische Einwirkungen dient, und bei dem mindestens ein Ende mit einer Steuer- und Meßzentrale zur Ansteuerung der Schaltungseinheiten und/oder zur Erfassung und Auswertung der von den Schaltungseinheiten gelieferten Informationen verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest die eine hohe elektrische Leitfähigkeit besitzende Schicht (29) des Mantels (3) mit einer in der Steuer- und Meßzentrale (35) vorgesehenen, sämtliche dort befindlichen, mit dem Kabel (1) in elektrisch leitender Verbindung stehenden Schaltungsteile (36, 39) umschließenden Schirmanordnung (44) elektrisch leitend so verbunden ist, daß das gesamte

System in einem Faraday'schen Käfig (44, 29, 45) eingeschlossen ist.

13. Kabel nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Stromversorgung der im Kabel (1) befindlichen Schaltungseinheiten (10) von der Steuer- und Meßzentrale (35) her mit Hilfe einer innerhalb des Faraday'schen Käfigs (44, 29, 45) angeordneten Batterieanordnung erfolgt.
14. Kabel nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Stromversorgung der im Kabel (1) befindlichen Schaltungseinheiten (10) von der Steuer- und Meßzentrale (35) her mit Hilfe einer Stromversorgungseinheit (39) erfolgt, die einen Transformator (40) umfaßt, dessen Primärwicklung (42) außerhalb und dessen Sekundärwicklung (41) innerhalb des Faraday'schen Käfigs (44, 29, 45) angeordnet ist.
15. Kabel nach einem der Ansprüche 11 bis 14, bei dem einzelne Kabelabschnitte durch Verbindungseinheiten miteinander verbunden sind, die zur Aufnahme weiterer, mit Kabeladern in elektrisch leitender Verbindung stehender Schaltungseinheiten dienen, dadurch gekennzeichnet, daß jede Verbindungseinheit (50) eine eigene elektrisch leitende Schirmanordnung (52) aufweist, die mit den eine hohe elektrische Leitfähigkeit besitzenden Schichten (29, 29) der in die jeweilige Verbindungseinheit (50) einmündenden Kabelabschnitte so in elektrisch leitender Verbindung steht, daß sie Teil des Faraday'schen Käfigs ist, der das Gesamtsystem umschließt.

16. Kabel nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Mantel (3) eine weitere, zur Strahlungsabschirmung dienende Schicht umfaßt, die innerhalb der äußeren Schicht (27) angeordnet ist.
17. Kabel, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Leiter (16) und die Schaltungseinheiten (10) in eine die innere Schutzschicht (5) des Kerns (2) bildende Masse eingebettet sind.
18. Kabel nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die die innere Schutzschicht (5) des Kerns (2) bildende Masse ein Isolator ist.
19. Kabel nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die die innere Schutzschicht (5) des Kerns (2) bildende Masse elektrisch leitfähig ist und daß zwischen ihr und zumindest den elektrisch leitenden Teilen der Schaltungseinheiten (10) und der Leiter (16) des Kabels (1) ein dünner Film aus isolierendem Material vorgesehen ist.
20. Kabel nach einem der Ansprüche 17 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß für die innere Schutzschicht (5) des Kerns (2) eine Zugentlastung (14) vorgesehen ist.
21. Kabel nach einem der Ansprüche 17 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß im Kern (2) des Kabels (1) über der inneren Schutzschicht (5) eine zweite Schutzschicht (12) angeordnet ist, gegen die die innere Schutzschicht (5) beweglich ist.
22. Kabel nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Schutzschicht (12) ein Isolator ist.

23. Kabel nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Schutzschicht (12) elektrisch leitfähig ist.
24. Kabel nach einem der Ansprüche 1 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß die innere Schicht (27) des Mantels (3) auf der Außenseite des Kerns (2) aufliegt und gegen den Kern (2) beweglich ist.
25. Kabel nach einem der Ansprüche 1 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Schaltungseinheiten (10) als integrierte Schaltungen und/oder als Hybrid-schaltungen aufgebaut sind.
26. Kabel nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß jede Schaltungseinheit (10) ein Substrat (20) umfaßt, das die elektronischen und/oder elektrischen Bauelemente trägt und Leitbahnen zur elektrischen Verbindung dieser Bauelemente sowie elektrisch leitende Anschlußflächen aufweist, über die es mit den Leitern (16) des Kabels (1) elektrisch leitend verbunden ist.
27. Kabel nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat (20) Anschlußbeinchen (18) aufweist, mit deren Hilfe seine Leitbahnen mit den Leitern (16) des Kabels (1) elektrisch leitend verbunden sind.
28. Kabel nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Anschlußbeinchen (18) im wesentlichen in Längsrichtung des Kabels (1) über eine Kante des Substrats (20) hinweg erstrecken und einen bogenförmig gekrümmten, seitlich scharfkantigen Abschnitt (24) aufweisen, der sich konvex bis knapp unter die Oberfläche der inneren Schutzschicht (5) des Kerns (2) erstreckt.

29. Verfahren zur Herstellung eines Kabels, dessen Leiter zumindest teilweise mit einer Vielzahl von elektrischen Schaltungseinheiten, die insbesondere Meßfühler umfassen, elektrisch leitend verbunden sind, die in Abständen über die Länge des Kabels verteilt im Inneren des Kabelkerns angeordnet sind, der von einem mehrschichtigen Mantel umgeben ist, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zunächst die elektrischen Schaltungseinheiten (10) mit Leitern (16) des Kabels (1) elektrisch leitend verbunden und dann gemeinsam mit diesen vollständig in eine Masse eingebettet werden, die die innere Schutzschicht (5) des Kerns (2) des Kabels (1) bildet.
30. Verfahren nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, daß das Einbetten kontinuierlich, insbesondere durch Einextrudieren der Leiter (16) und der Schaltungseinheiten (10) in eine zunächst fließfähige und sich dann verfestigende Masse erfolgt.
31. Verfahren nach Anspruch 29 oder 30, dadurch gekennzeichnet, daß die Leiter (16) zunächst einzelne Drähte oder Litzen sind, die erst dadurch mechanisch miteinander verbunden werden, daß sie mit den Schaltungseinheiten (10) verbunden werden.
32. Verfahren nach Anspruch 29 oder 30, dadurch gekennzeichnet, daß die Leiter (16) bereits vor ihrer Verbindung mit den Schaltungseinheiten (10) mechanisch miteinander verbunden sind.
33. Verfahren nach einem der Ansprüche 29 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß die Leiter (16) vor dem Einbetten zumindest über einen Teil ihres Umfangs und zumindest über Teile ihrer Länge hinweg blank sind.

34. Verfahren nach einem der Ansprüche 29 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß die Leiter (16) bereits vor dem Einbetten von einer isolierenden Hülle (17) umgeben sind, die zur Herstellung der elektrisch leitenden Verbindung der Leiter (16) mit den Schaltungseinheiten (10) teilweise entfernt und/oder mechanisch durchstoßen wird.
35. Verfahren nach einem der Ansprüche 29 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß die innere Schutzschicht (5) des Kerns (2) mit einer zweiten Schutzschicht umgeben wird, die gegen die innere Schutzschicht (5) beweglich ist.
36. Verfahren nach einem der Ansprüche 29 bis 35, dadurch gekennzeichnet, daß der Kern (2) des Kabels (1) mit einem Mantel (3) umgeben wird, der den Kern (2) gegen elektrische, magnetische und chemische Einwirkungen schützt.

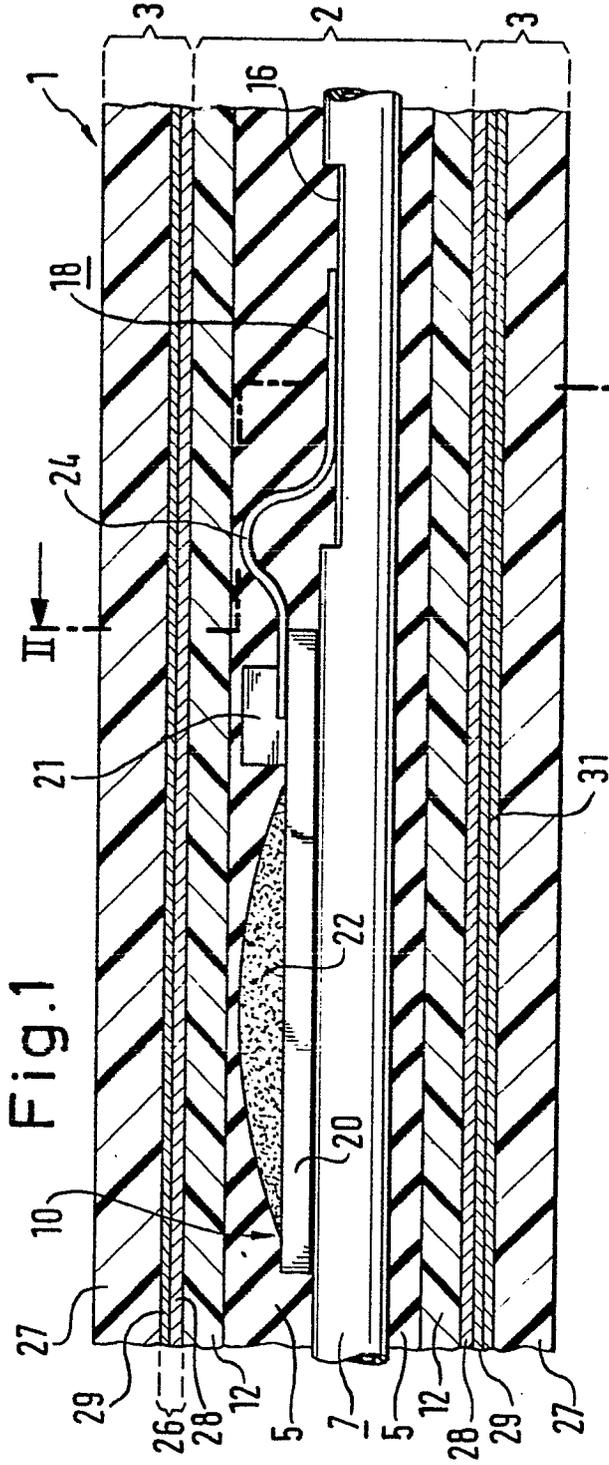


Fig. 1

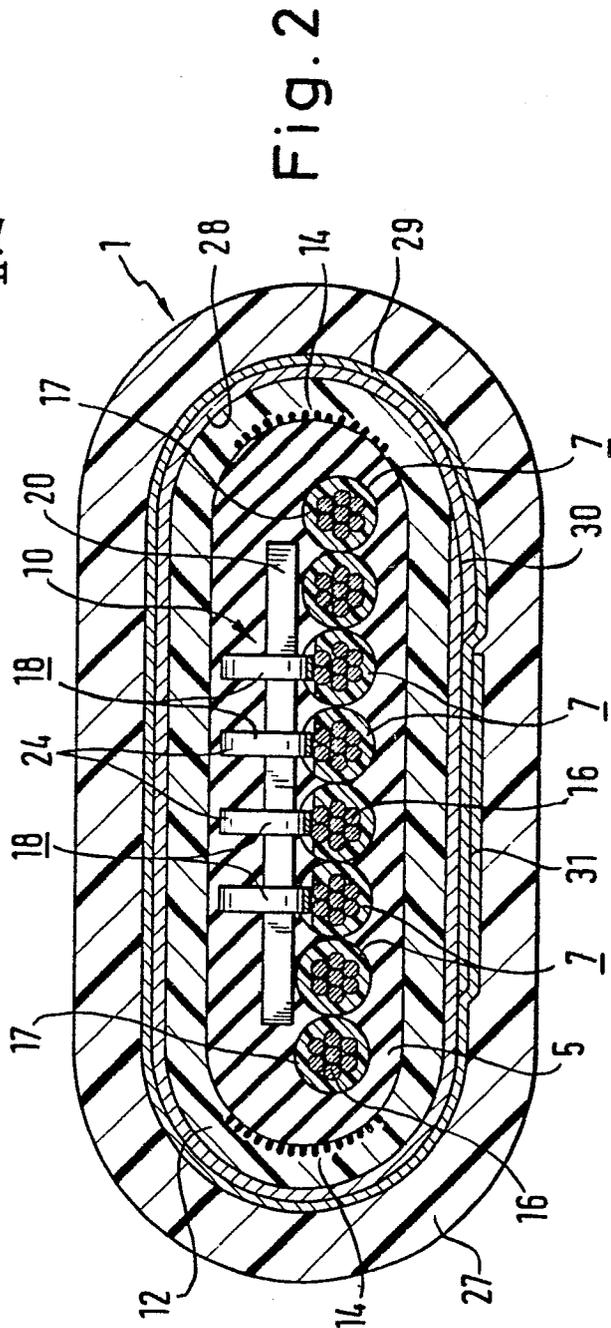


Fig. 2

Fig. 3

