

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 828 259 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
11.03.1998 Patentblatt 1998/11

(51) Int. Cl.⁶: H01B 11/02

(21) Anmeldenummer: 97102913.7

(22) Anmeldetag: 21.02.1997

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE FR GB IT LI NL

- Poletti, Hans
6462 Seedorf (CH)
- Schmucki, Beat
6467 Schattdorf (CH)

(30) Priorität: 06.09.1996 DE 19636287

(71) Anmelder:
DÄTWYLER AG
KABEL + SYSTEME
CH-6460 Altdorf (CH)

(74) Vertreter:
von Samson-Himmelstjerna, Friedrich R., Dipl.-
Phys. et al
SAMSON & PARTNER
Widenmayerstrasse 5
80538 München (DE)

(72) Erfinder:
• Furrer, Thomas
6472 Erstfeld (CH)

(54) Datenkabel und Verfahren zum Herstellen von Datenkabeln

(57) Die Erfindung betrifft ein Datenkabel (1) mit wenigstens einer Doppelleitung, die folgendes umfaßt: a) ein Aderpaar (4-7), bestehend aus zwei miteinander verdrehten Einzeladern (A, B, 17-24), die jeweils einen Leiter (A', B') und eine den Leiter (A', B') umschließende Aderisolierung (A'', B'', 13-16) aufweisen, b) einen das Aderpaar (4-7) umgebenden Zwischenmantel (C) und c) eine den Zwischenmantel (C) umgebende Abschir-

mung (D, d) wobei der Zwischenmantel (C) Einkerbungen zwischen den Oberflächen der Einzeladern (A, B, 17-24) des Aderpaares (4-7) wenigstens teilweise ausfüllt, so daß er die Geometrie der Doppelleitung fixiert. Außerdem betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Herstellen eines solchen Kabels.

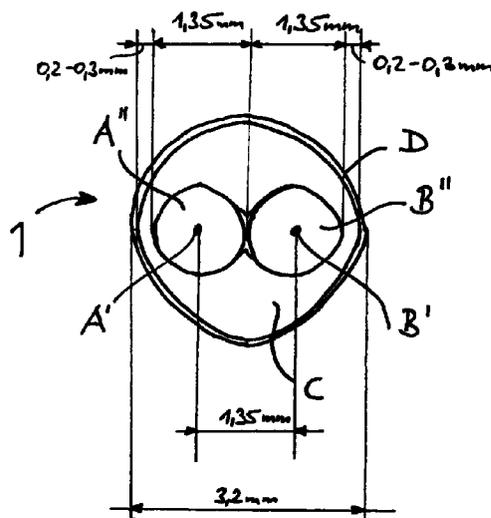


Fig. 1

EP 0 828 259 A2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft Datenkabel mit wenigstens einer Doppelleitung sowie Verfahren zum Herstellen solcher Datenkabel.

Zur Nachrichten- bzw. Datenübertragung finden vielfach Mehrleiterkabel, d.h. Kabel mit mehreren bzw. vielen Leitern bzw. Adern, Anwendung. Ein Leiter- bzw. Aderpaar bildet in der Regel eine Leitung, eine sogenannte Doppelleitung. Zwischen den Doppelleitungen sind Teilkapazitäten und -induktivitäten vorhanden, die eine unerwünschte Kopplung zwischen den mit den Doppelleitungen gebildeten Stromkreise, das sogenannte Nebensprechen, zur Folge haben. Die unmittelbare Folge der Nebensprechkopplungen sind im Betrieb Nah- und Fernnebensprechstörungen, sogenannte NEXT (near end crosstalk) und FEXT (far end crosstalk) -Störungen. Die Nahnebensprechstörung tritt am gleichen Ende der Kabelanlage auf, an dem sich auch der Störer befindet, während sich bei Fernnebensprechstörungen Störer und Gestörter an verschiedenen Enden der Kabelanlage befinden.

Die Verdrallung (auch Verseilung genannt) von Einzeladern zu Aderpaaren bietet die Möglichkeit, verschiedene Leitungen mehr oder weniger gut voneinander zu entkoppeln und somit das Nebensprechen klein zu halten. Daher sind die Aderpaare eines Mehrleiterkabels in der Regel verdrallt.

Eine weitere Möglichkeit, eine Entkopplung von Doppelleitungen zu erzielen, besteht darin, die Doppelleitungen mit einer Abschirmung zu versehen. Im Stand der Technik sind daher Doppelleitungen bekannt, die aus zwei miteinander verdrallten Einzeladern bestehen, welche wiederum direkt von einer leitenden Abschirmung umgeben sind. Dabei bilden bei bekannten Kabeln Metallfolien, die direkt die Aderisolationen von je zwei Einzeladern umgeben, die leitende Abschirmung.

Zwischen den Einzeladern und der leitenden Abschirmung bilden sich Kapazitäten aus, welche die elektrischen Eigenschaften des Kabels maßgeblich beeinflussen und zwar insbesondere die Impedanz und die Dämpfungseigenschaften des Kabels. Die sich ausbildenden Kapazitäten - einerseits direkt zwischen zwei Einzeladern einer Doppelleitung, andererseits zwischen Einzeladern und Abschirmung und somit auch indirekt zwischen zwei Einzeladern über die Abschirmung - werden durch die Abstände zwischen Einzeladern und Abschirmung maßgeblich bestimmt.

Die Geometrie der Anordnung von Adern und Abschirmung bestimmt letztlich sowohl die Impedanz als auch die Dämpfungseigenschaften des Kabels. Änderungen der Geometrie bewirken daher zwangsläufig Änderungen der elektrischen Eigenschaften, insbesondere Übertragungseigenschaften des Datenkabels. Derartige Kabel reagieren daher sehr empfindlich gegenüber äußeren, mechanischen Einflüssen. So ändern bekannte Datenkabel beispielsweise ihre elek-

trischen Eigenschaften, wenn man einen schweren Gegenstand auf sie stellt oder beim Überfahren mit einem Fahrzeug. Außerdem ändern sie ihre Eigenschaften beim Verbiegen, beispielsweise beim Verlegen des Kabels in Ecken.

Wie oben bereits erwähnt, bestimmt auch der Abstand der Leiter zur Abschirmung die elektrischen Eigenschaften, insbesondere die Impedanz. Es ist daher notwendig, um eine bestimmte Impedanz zu erreichen, einen bestimmten Mindestabstand zwischen Leiter und Abschirmung vorzusehen. Bei bekannten Doppelleitungen mit direkt auf der Aderisolation aufliegender Abschirmung bestimmt die Dicke der Aderisolation den Abstand zwischen Leiter und Abschirmung. Daher ist man bei der Wahl der Dicke der Aderisolation an die Anforderungen an die Impedanz gebunden.

Bei herkömmlichen Kabeln, beispielsweise sog. AWG-22-Kabeln, beträgt der Aderdurchmesser 1,6 mm bei einem Leiterdurchmesser von ungefähr 0,64 mm. Diese Kabel haben eine Impedanz von 100 Ohm. Eine Abschirmung umgibt jedes Aderpaar. Ein Aderdurchmesser von 1,6 mm ist nachteilig, da sich diese Adern nicht ohne Einschränkung mit herkömmlichen Steckersystemen kontaktieren lassen. Viele herkömmliche Steckerverbindungen sind nämlich als Schneid-Klemmverbindungen ausgebildet, die lediglich Adern mit einem maximalen Durchmesser von 1,4 mm aufnehmen können. Die relativ dicke Aderisolation ist aber nötig, um die gewünschte Impedanz zu erzielen. Der Aderdurchmesser läßt sich daher nicht einfach reduzieren.

Bei diesen bekannten Kabeln mit einer auf jedem Aderpaar aufliegenden Abschirmung verwendet man zum Herstellen der verhältnismäßig dicken Aderisolation einen hohen Schäumungsgrad. Ein hoher Schäumungsgrad hat allerdings zur Folge, daß die Adern nicht besonders stabil und dadurch mechanisch sehr anfällig bzw. empfindlich sind.

Ein Kabel mit einer anderen Geometrie, ein sog. Sternviererkabel, ist aus der EP 0 567 757 A2 bekannt.

Die Erfindung zielt darauf ab, ein hinsichtlich der Übertragungseigenschaften sowie der Handhabbarkeit optimiertes Datenkabel zur Verfügung zu stellen.

Dieses Ziel erreicht die Erfindung durch den Gegenstand gemäß Anspruch 1, also durch ein Datenkabel mit wenigstens einer Doppelleitung, die folgendes umfaßt:

- a) ein Aderpaar bestehend aus zwei miteinander verdrallten Einzeladern, die jeweils einen Leiter und einen den Leiter umschließende Aderisolation aufweisen,
- b) einen das Aderpaar umgebenden Zwischenmantel und
- c) eine den Zwischenmantel umgebende Abschirmung,
- d) wobei der Zwischenmantel Einkerbungen zwischen den Oberflächen der Einzeladern des Ader-

paares wenigstens teilweise ausfüllt, so daß er die Geometrie der Doppelleitung fixiert.

Ferner erreicht die Erfindung das Ziel durch ein Verfahren zum Herstellen eines Datenkabels mit wenigstens einer Doppelleitung, wobei das Herstellen der Doppelleitung folgende Schritte umfaßt:

- a) Verdrallen von zwei Einzeladern, die jeweils einen Leiter und eine den Leiter umschließende Aderisolierung aufweisen, zu einem Aderpaar;
- b) Umgeben des Aderpaars mit einem Zwischenmantel, der Einkerbungen zwischen den Oberflächen der Einzeladern des Aderpaares wenigstens teilweise ausfüllt, so daß er die Geometrie der Doppelleitung fixiert und
- c) Umgeben des Zwischenmantels mit einer Abschirmung.

Das erfindungsgemäße Datenkabel sieht also einen derart ausgebildeten Zwischenmantel aus isolierendem Material, z.B. Polyethylen vor, der Hohlräume, d.h. Einkerbungen zwischen Oberflächen aneinandergrenzender Einzeladern, wenigstens teilweise ausfüllt. Hierdurch ist gewährleistet, daß die Lage der Einzeladern zueinander, und damit die Geometrie der Verseilung, auch bei extremer mechanischer Belastung stabil bleibt. Der Zwischenmantel gewährleistet daher, daß die Einzeladern des erfindungsgemäßen Datenkabels über die gesamte Kabellänge eine definierte Lage zueinander besitzen. Dies führt bei Datenübertragung insbesondere über große Entfernungen zu einer wesentlichen Verbesserung. So ist beispielsweise die Betriebskapazität eines eine elektromagnetische Welle fortleitenden Leiterpaares u.a. durch die geometrische Anordnung der Einzelleiter in der Kabelseele bestimmt. Auch die Induktivität der Leitung ist abhängig vom Magnetfeld außerhalb der Einzelleiter und wird deshalb auch durch den Abstand der Einzelleiter zueinander bestimmt. Beide Größen - Kapazität und Induktivität - beeinflussen maßgeblich das Widerstands-, Nebensprechen- und Dämpfungsverhalten eines Kabels. Beim erfindungsgemäßen Datenkabel besitzen diese Größen über die gesamte Länge des Kabels einen definierten Wert. Dies wird durch den lagestabilisierenden Zwischenmantel erreicht, der dafür sorgt, daß die Lage der Einzelleiter bzw. Einzeladern zueinander an allen Stellen des Kabels gleich ist.

Die Stabilisierung der relativen Lage der Einzeladern zueinander wirkt sich sehr günstig auf das sog. Nebensprechverhalten aus, d.h. den ungewollten Übertritt elektromagnetischer Energie von einer Doppelleitung in eine andere. Das Nebensprechen, insbesondere zwischen symmetrischen Leitungen, wird u.a. durch kapazitive und induktive Kopplungen verursacht, die auf Unsymmetrien im elektrischen Feld und auf Unsymmetrien im geometrischen Aufbau des Kabels zurückzuführen sind. Gerade die Unsymmetrien

im geometrischen Aufbau lassen sich erfindungsgemäß durch Fixierung der Einzeladern relativ zueinander minimieren. Außerdem bleibt das Nebensprechverhalten infolge der Lagestabilisierung über die gesamte Kabellänge auch bei äußerer mechanischer Einwirkung konstant.

Der Zwischenmantel dient aber nicht nur der Stabilisierung der relativen Lage der Einzeladern zueinander, sondern auch der Stabilisierung der den Zwischenmantel umgebenden Abschirmung hinsichtlich ihrer Lage zu den Einzeladern bzw. deren Leitern. Eine Stabilisierung der Lage der Abschirmung zu den Leitern ist vorteilhaft, da auch der Abstand der Abschirmung zu den Leitern maßgeblich die elektrischen Eigenschaften des Kabels bestimmt. Daher kommt es auf eine exakt definierte Lage der Abschirmung in Bezug auf die Leiter an. Aufgrund seiner Eigenschaft als Dielektrikum (mit einer gegenüber Luft wesentlich größeren Dielektrizitätskonstante) in dem durch Aderpaare und Kondensator gebildeten Kondensator verringert der Zwischenmantel die Dämpfung der Doppelleitung.

Bei einem herkömmlichen Datenkabel, bei dem die Abschirmung ohne Zwischenmantel auf den Einzeladern liegt, bilden sich Hohlräume zwischen der Abschirmung und den Einzeladern aus. D.h., daß der Abstand zwischen Aderisolierung und Abschirmung variiert. Dadurch ergibt sich ein ungleichmäßiger Kontakt von Abschirmung und Aderisolierungen. Durch Anordnen eines erfindungsgemäßen Zwischenmantel und ein Aderpaar herum, erhält man eine sehr gleichmäßige Fläche, auf die man die Abschirmung aufbringen kann. Die Abschirmung umschließt daher sehr präzise und definiert den Zwischenmantel.

Der Zwischenmantel führt also einerseits zu genau definierten Geometriebedingungen der Einzeladern bzw. deren Leitern in Bezug auf die Abschirmung und das auch über die gesamte Kabellänge. Andererseits vermeidet der Zwischenmantel Hohlräume zwischen Aderisolierungen und Abschirmung und erreicht damit auch bei mechanischer Belastung des Kabels, wie beispielsweise Verbiegen, eine Lagestabilisierung der Abschirmung in Bezug auf das Aderpaar. Eine Verschiebung der Abschirmung gegenüber den Adern ist daher quasi ausgeschlossen.

Schließlich dient der Zwischenmantel dem Schutz gegen Eindringen von Feuchtigkeit und mechanischer Beschädigung der Einzeladern.

Insgesamt weist das erfindungsgemäße Datenkabel wesentlich verbesserte Übertragungseigenschaften (Dämpfung, Nebensprechen) bis hin zu sehr hohen Frequenzen im Bereich von bis zu 1000 MHz und größer auf und ist darüberhinaus auch in seinen mechanischen Eigenschaften (Stabilität auch in Kurven, Tritt- und Überfahrfestigkeit) sehr vorteilhaft.

Bei der Herstellung des Kabels geht man folgendermaßen vor: Zunächst verdrallt man zwei Einzeladern miteinander. Diese können sodann durch ein Wachsbad gezogen werden, damit sich die umhüllen-

den Schichten später leichter von den Adern trennen lassen. Sodann wird der Zwischenmantel auf das Aderpaar aufgebracht. Dieses Aufbringen erfolgt vorzugsweise durch Extrudieren. Sobald der Zwischenmantel das Aderpaar umgibt, wird eine Abschirmung auf den Zwischenmantel aufgebracht.

Bei einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Kabels füllt der Zwischenmantel die Einkerbungen zwischen den Oberflächen der Einzeladern des Aderpaars nahezu vollständig aus (Anspruch 2) und legt sich eng um die Einzeladerisolierung, so daß sich eine Art "Einbettung" der symmetrisch-verseilten Einzeladern im Zwischenmantelmaterial ausbildet. Dabei legt sich der Zwischenmantel derart eng um die Leiterisolierung der Einzeladern, daß diese beispielsweise beim Verlegen des Kabels in jeder Situation in der vorgegebenen Verseillage verbleiben.

Bevorzugt besteht das Datenkabel aus mehreren Doppelleitungen, welche insgesamt von einer Gesamt-Abschirmung umgeben sind (Anspruch 3). Eine derartige zusätzliche Gesamt-Abschirmung verbessert die Übertragungseigenschaften zusätzlich, insbesondere indem Störquellen außerhalb des Datenkabels infolge der Abschirmung nur sehr viel geringere Störsignale in das Datenkabel induzieren können.

Besonders vorteilhaft berührt die Gesamt-Abschirmung die anderen Abschirmungen in den Doppelleitungen und steht zu diesen Abschirmungen in elektrischem Kontakt (Anspruch 4). Die Gesamt-Abschirmung hat dabei einerseits die Funktion, die Abschirmungen der Doppelleitungen auf gleiches Potential, z.B. Erdpotential, zu zwingen. Dadurch kann man die Übertragungseigenschaften zusätzlich verbessern. Andererseits hält die Gesamt-Abschirmung mehrere Doppelleitungen zusammen.

Besonders bevorzugt weist das Datenkabel einen allumschließenden Außenmantel auf (Anspruch 5). Auch der Außenmantel kann die Funktion erfüllen, mehrere Doppelleitungen zusammenzuhalten. Außerdem schützt der Außenmantel vor dem Eindringen von Feuchtigkeit und verbessert zusätzlich die mechanische Stabilität und Belastbarkeit des Datenkabels.

Bei einer weiteren Ausgestaltung ist zwischen jedem Aderpaar und dem zugeordneten Zwischenmantel eine Folie, insbesondere eine Polyesterfolie, angeordnet (Anspruch 6). Diese Folie dient zum Trennen von Zwischenmantel und Einzeladern. Wie bereits oben erwähnt, kann man den Zwischenmantel auf das Aderpaar extrudieren. Eigentlich würde dies zu einer sehr starken Verbindung zwischen Aderpaar und Zwischenmantel führen, so daß beim Freilegen der Adern, wie es beispielsweise bei Anschlüssen notwendig ist, beim Entfernen des Zwischenmantels zu erheblichen Problemen kommen würde.

Um den Vorgang des Entferns des Zwischenmantels zu erleichtern, sieht man daher vorteilhaft eine entsprechende Trennfolie vor. Diese Trennfolie erfüllt dann eine ähnliche Funktion wie das Wachsen der Ein-

zeladern, nämlich Erleichtern des Trennens von Adern und Zwischenmantel. Besonders bevorzugt wird sowohl ein Wachsbad der Adern vorgenommen als auch eine Trennfolie zwischen Adern und Zwischenmantel eingefügt. Diese Trennfolie ist sehr dünn. Typischerweise liegt ihre Dicke im Bereich von ca. 0,1 mm.

Vorzugsweise weist das Datenkabel im Vergleich zu einem entsprechenden Datenkabel gleicher Impedanz, beispielsweise 100 Ohm, aber ohne Zwischenmantel, dünnere Aderisolierungen auf (Anspruch 7). Ein vergleichbares Datenkabel ohne Zwischenmantel enthält, wie eingangs bereits beschrieben, ebenfalls ein Aderpaar sowie eine das Aderpaar umgebende Abschirmung. Vergleichbares Datenkabel in diesem Sinne bedeutet gleiche Impedanz, wobei die Impedanz einer Doppelleitung gemeint ist, bei symmetrischer Beschaltung und geerdeter Abschirmung. Bei bekannten Kabeln (mit Abschirmung, aber ohne Zwischenmantel) dient die Dicke der Aderisolierung zur Einstellung eines bestimmten gewünschten Impedanzwerts, und zwar einerseits weil sie den Abstand der Leiter zueinander und andererseits den Abstand der Leiter zur Abschirmung bestimmt. Um zum Beispiel eine Impedanz von 100 Ohm zu erzielen, ist i.a. eine relativ dicke Aderisolierung erforderlich. Bei der Erfindung befindet sich die Abschirmung aufgrund des Zwischenmantels in einem größeren Abstand zu den Leitern des Aderpaars, als es durch die Aderisolierungen allein vorgegeben wäre. Dies ermöglicht, die Aderisolierungen dünner zu gestalten. Durch diese Maßnahmen ist einerseits der Abstand der Leiter des Aderpaares verringert, andererseits deren Abstand zur Abschirmung vergrößert. Während bei herkömmlichen Kabeln (wie eingangs erwähnt) der (Gesamt-)Durchmesser von Leiter und Aderisolierung 1,6 mm beträgt - um ein Kabel mit einer Impedanz von 100 Ohm herzustellen - kommt man bei einem erfindungsgemäßen Datenkabel mit einem entsprechenden Durchmesser von 0,9 - 1,4 mm, insbesondere ca. 1,35 mm aus. Dies ist sehr vorteilhaft, da herkömmliche Schneid-Klemmverbindungen lediglich Aderdicken von 1,4 mm erlauben. Aufgrund der nunmehrigen Aderdicken können diese herkömmlichen Schneid-Klemmverbindungen problemlos kontaktiert werden. Ein geringerer Leiterdurchmesser bei bekannten Kabeln war nicht möglich, da sonst eine Impedanz von 100 Ohm nicht hätte erreicht werden können.

Aufgrund dieser Vorzüge kann die Aderisolierung gegenüber einem vergleichbaren (bekannten) Kabel mit gleicher Impedanz um 15% bis 40% dünner gefertigt werden (Anspruch 8). Neben der besseren Kompatibilität zu herkömmlichen Steckersystemen bringt eine dünnere Aderisolierung auch Materialersparnisse und erlaubt höhere Fertigungsgeschwindigkeiten. Aufgrund der dünneren Aderisolierung ist - da die Adern i.a. direkt aueinanderliegen - auch der Abstand der Leiter geringer, z.B. beträgt er bei einer verringerten Aderdicke von 1,35 mm ebenfalls nur 1,35 mm (da sich die Leiter im Mittelpunkt der Isolierung befinden). Der Zwischenman-

tel ist dann so ausgebildet, daß er an der dünnsten Stelle eine Dicke von 0,2 bis 0,3 mm und an seiner dicksten Stelle eine Dicke von etwa 1 mm aufweist. Die Anordnung "Aderpaar mit Zwischenmantel und Abschirmung" (Doppelleitung) hat somit einen Gesamtdurchmesser von etwa 3,2 mm. Aufgrund der obigen Vorteile beträgt bei einer besonderen Ausgestaltung der Erfindung der Durchmesser der Aderisolierung einschließlich Leiter höchstens 1,4 mm (Anspruch 9), z.B. bei einer Impedanz von 100 Ohm und einem Leiterdurchmesser von 0,5 - 0,8 mm, insbesondere ungefähr 0,64 mm.

Bei einem Datenkabel mit vier Doppelleitungen ergibt sich daher ein Gesamtkabeldurchmesser von 9 mm. Bei herkömmlichen Kabeln ohne Zwischenmantel ist dieser Durchmesser größer als 10 mm. Diese Durchmesserreduktion beruht auf der relativ hohen Dielektrizitätskonstante des (nicht oder nur wenig geschäumten) Zwischenmantelmaterials (sie beträgt ungefähr 2,2 für Polyethylen) im Vergleich zu derjenigen der stark geschäumten Aderisolierung beim Stand der Technik. Sie ist aus mehreren Gründen vorteilhaft. Zum einen kann Material eingespart werden, zum anderen beansprucht ein Kabel einer bestimmten Länge einen geringeren Raum. Dies wirkt sich vorteilhaft beim Verlegen der Kabel in engen Kabelräumen sowie auf die Größe von Kabeltrommeln aus.

Wie oben bereits angedeutet, beträgt bei besonderen Ausgestaltungen der Erfindung die Impedanz des Datenkabels 100 Ohm (Anspruch 10) und zwar bei symmetrischer Beschaltung des Aderpaares. Symmetrische Beschaltung bedeutet, daß nicht etwa die Impedanz zwischen den beiden Adern einerseits und der Abschirmung andererseits gemessen wird, sondern zwischen den Adern eines Aderpaares. Die Abschirmung liegt dabei i.d.R. auf einem anderen Potential als die Einzeladern, beispielsweise auf Erdpotential.

Eine besondere Ausgestaltung sieht vor, daß das Datenkabel wenigstens zwei verdrahte Doppelleitungen aufweist, die im wesentlichen gleiche Drallängen (nachfolgend Doppelleitungs-Drallängen genannt) und entgegengesetzte Drallrichtungen haben (Anspruch 11).

Durch die einander entgegengesetzten Drallrichtungen und die im wesentlichen gleichen Drallängen beider Doppelleitungen erhält man ein Datenkabel mit hervorragender Entkopplung, insbesondere magnetischer Entkopplung, beider Aderpaare. Dadurch sind die Nebensprecheigenschaften, insbesondere die Nahbensprecheigenschaften, besonders gut.

Bei herkömmlichen Dieselhorst-Martin-Vierern, die unterschiedliche Drallängen aufweisen, ergibt sich wegen der unterschiedlichen Drallängen eine Instabilität der Impedanz bei höheren Frequenzen. Bei dieser besonderen Verdrehung wird der Impedanzverlauf gleichmäßiger, da die Drallängen von zwei (einen Vierer bildenden) Doppelleitungen eines Vierers gleich sind. Die Erfindung erreicht also einen stabileren Impedanzverlauf.

Ferner werden durch unterschiedlichen Drallängen die Gruppenlaufzeiten bei herkömmlichen Kabeln ungünstig beeinflusst. Ursache hierfür ist die unterschiedliche Länge der Aderpaare, wie z.B. bei bekannten DM-Vierern. Dieses negative Verhalten wird durch die Erfindung verbessert bzw. ganz beseitigt, da die Längen beider (einen Vierer bildenden) Aderpaare gleich groß sind.

Durch die besondere Verdrehung erreicht man folgende wesentliche Vorteile:

- verbesserte Entkopplung der aus Aderpaaren gebildeten Doppelleitungen,
- geringeres Nebensprechen, insbesondere Nahbensprechen,
- stabilerer Impedanzverlauf,
- verbessertes Gruppenlaufzeiten-Verhalten und
- sehr geringe Abweichung der Betriebskapazitäten voneinander.

Zwei derartige (zu einem Vierer angeordnete) Doppelleitungen eignen sich besonders für die Datenübertragung mit hohen Frequenzen und für Frequenzen ab 1 MHz bis hinauf zu Frequenzen von typischerweise 600 MHz, aber auch hinauf bis zu Frequenzen von 1 bis 5 GHz. Insbesondere eignet sich das derartige Datenkabel für Datenkabel nach Kategorie 5 und 6, d.h. Datenkabeln bis 300 MHz bzw. 600 MHz, nach der Euronorm EN 50173 und nach dem Normenentwurf DIN 44312-X. Vorzugsweise liegt die verwendete Doppelleitungs-Drallänge im Bereich von 15 bis 70 mm.

Durch die besondere Verdrehung erhält man auch ohne Zwischenmantel Datenkabel mit sehr guten Übertragungseigenschaften, so daß hierfür auch eigenständiger Schutz beansprucht wird.

Bevorzugt enthält das Datenkabel wenigstens ein Aderbündel mit vier Doppelleitungen, wobei jeweils zwei Doppelleitungen gleiche und jeweils andere zwei Doppelleitungen unterschiedliche Doppelleitungs-Drallängen aufweisen (Anspruch 12). Bei einem entsprechenden bevorzugten Verfahren werden vier Doppelleitungen zu einem Aderbündel miteinander verbunden, wobei die Doppelleitungs-Drallängen von jeweils zwei Doppelleitungen gleich und von jeweils anderen zwei Doppelleitungen unterschiedlich gewählt werden (Anspruch 22).

Ein solches aus vier Doppelleitungen bzw. acht Einzeladern bestehendes Aderbündel weist nur zwei unterschiedliche Doppelleitungs-Drallängen auf. Die Entkopplung zweier Doppelleitungen mit unterschiedlichen Doppelleitungs-Drallängen erfolgt durch ein optimiertes Steigungsverhältnis, d.h. die unterschiedlichen Doppelleitungs-Drallängen stehen in einem optimierten Verhältnis zueinander. Die Entkopplung zweier Doppelleitungen mit gleichen Doppelleitungs-Drallängen erfolgt durch entgegengesetzte Drallrichtung der Doppelleitungen (bei gleicher Doppelleitungs-Drallänge).

Ein derartiges Datenkabel weist entweder nur ein

Aderbündel mit vier Doppelleitungen oder mehrere derartige Aderbündel auf. Diese Aderbündel können entweder gleiche oder unterschiedliche Verdrallungen, insbesondere unterschiedliche Doppelleitungs-Dralllängen aufweisen. Dabei gilt für jedes Aderbündel die o.g. Bedingung, nämlich daß es nur zwei unterschiedliche Doppelleitungs-Dralllängen aufweist.

Bevorzugt weisen entweder zwei unmittelbar benachbarte oder zwei gegenüberliegende Doppelleitungen im wesentlichen gleiche Doppelleitungs-Dralllänge und entgegengesetzte Drallrichtung auf (Anspruch 13). Betrachtet man einen Querschnitt durch das (aus vier Doppelleitungen gebildete) Aderbündel, liegen bei dieser Ausführungsform die Querschnittsmittelpunkte der vier Doppelleitungen auf den Ecken eines Vierecks, insbesondere eines Quadrats, eines Rechtecks oder einer Raute. Für die Anordnung der vier Doppelleitungen ergeben sich dann zwei Möglichkeiten, nämlich einerseits daß zwei Doppelleitungen mit gleichen Doppelleitungs-Dralllängen und entgegengesetzte Drallrichtung auf gegenüberliegenden Ecken, andererseits daß diese Doppelleitungen auf unmittelbar benachbarten Ecken des Vierecks liegen.

Durchläuft man die Ecken des Vierecks beispielsweise im Uhrzeigersinn gibt es weitere zwei Möglichkeiten für die Drallrichtungen der Doppelleitungen. Diese Drallrichtungen können entweder alternieren, so daß sich - das Viereck durchlaufend - folgende Drallrichtungen ergeben: rechts-links-rechts-links; oder die Drallrichtungen von zweimal zwei benachbarter Doppelleitungen können gleich sein, so daß sich folgende Drallrichtungen ergeben: rechts-rechts-links-links.

Bei der Anordnung, bei der zwei gegenüberliegende Doppelleitungen gleiche Doppelleitungs-Dralllängen und entgegengesetzte Drallrichtung aufweisen, ergibt sich folgender Vorteil: Die Geometrie aller vier Doppelleitungen (zueinander) bleibt auch bei Verdrallung erhalten, da dann die Verdrallung der vier Doppelleitungen nur gemeinsam möglich ist. Unterschiedliche Dralllängen von je zwei miteinander verdrallten Doppelleitungen sind bei dieser Anordnung nicht möglich.

Bei der Anordnung, bei der zwei unmittelbar benachbarte Aderpaare gleiche Doppelleitungs-Dralllänge und entgegengesetzte Drallrichtung aufweisen, bilden diese zwei Doppelleitungen - zumindest funktionell, d.h. nicht zwangsläufig gegenständig - einen Vierer. Dann sind auch unterschiedliche Verdrallungen von je zwei Doppelleitungen zu je einem ("funktionellen") Vierer möglich, insbesondere unterschiedliche Vierer-Dralllängen und Drallrichtungen. Die Abstände der Aderpaare zweier ("funktioneller") Vierer ändern sich dann entlang der Kabellängsrichtung. - Eine gemeinsame Verdrallung der zwei ("funktionellen") Vierer zu einem Aderbündel ist zusätzlich möglich.

Bevorzugt liegen die Querschnittsmittelpunkte der Doppelleitungen eines Aderbündels im wesentlichen nebeneinander auf einer, insbesondere geraden oder

gekrümmten, Linie (Anspruch 14). Unter Querschnittsmittelpunkt ist das Zentrum eines Querschnitts durch eine Doppelleitung zu verstehen. Bei dieser Ausführungsform verbindet eine Linie die Querschnittsmittelpunkte von vier Doppelleitungen eines Aderbündels (gedanklich) miteinander. Ist die Linie gerade, ergibt sich eine besondere Art eines Flachbandkabels, bei dem verdrallte Doppelleitungen parallel "in einer Reihe" nebeneinander liegen. Grundsätzlich sind auch mehrere, beispielsweise drei bis zehn, derartiger Linien übereinander liegend möglich. Es ergibt sich dann ein mehrlagiges Flachbandkabel.

Die Linie kann aber auch gekrümmt sein. Dies ist beispielsweise dann der Fall, wenn das Aderbündel Teil einer Lagenverseilung ist, also mehrere Aderbündel in konzentrischen Lagen angeordnet sind. Auch dann liegen die Aderpaare parallel "in einer Reihe" nebeneinander. Jede einzelne Lage kann aus mehreren Aderbündeln bestehen. Das gesamte Datenkabel kann wiederum aus mehreren oder vielen, beispielsweise drei bis zehn, derartigen Lagen aufgebaut sein.

Vorzugsweise weisen bei einer Ausführungsform mit "auf einer Linie liegenden Doppelleitungs-Querschnittsmittelpunkten" zwei benachbarte und/oder zwei nicht-benachbarte Doppelleitungen im wesentlichen gleiche Doppelleitungs-Dralllänge und entgegengesetzte Drallrichtung auf (Anspruch 5). Es können sich dann folgende drei Varianten der vier "in einer Reihe" liegenden Doppelleitungen ergeben:

1. Die erste und zweite Doppelleitung einerseits und die dritte und vierte Doppelleitung andererseits weisen jeweils im wesentlichen gleiche Doppelleitungs-Dralllänge und entgegengesetzte Drallrichtung auf. Dann können die Drallrichtungen von zweiter und dritter Doppelleitung bzw. von erster und vierter Doppelleitung entweder gleichsinnig oder gegensinnig ausgebildet sein. Dabei ergeben sich folgende Alternativen der Reihenfolge der Drallrichtungen:

- a) rechts-links-links-rechts;
- b) rechts-links-rechts-links;
- c) links-rechts-rechts-links;
- d) links-rechts-links-rechts.

2. Die erste und dritte Doppelleitung einerseits und die zweite und vierte Doppelleitung andererseits weisen jeweils im wesentlichen gleiche Doppelleitungs-Dralllänge und entgegengesetzte Drallrichtung auf. Dann können die Drallrichtungen von erster und zweiter Doppelleitung bzw. von dritter und vierter Doppelleitung entweder gleichsinnig oder gegensinnig ausgebildet sein. Dabei ergeben sich folgende Alternativen der Reihenfolge der Drallrichtungen:

- a) rechts-links-links-rechts;

- b) rechts-rechts-links-links;
- c) links-rechts-rechts-links;
- d) links-links-rechts-rechts.

3. Die erste und vierte Doppelleitung einerseits und die zweite und dritte Doppelleitung andererseits weisen jeweils im wesentlichen gleiche Doppelleitungs-Dralllänge und entgegengesetzte Drallrichtung auf. Dann können die Drallrichtungen von erster und zweiter Doppelleitung bzw. von dritter und vierter Doppelleitung entweder gleichsinnig oder gegensinnig ausgebildet sein. Dabei ergeben sich folgende Alternativen der Reihenfolge der Drallrichtungen:

- a) rechts-rechts-links-links;
- b) rechts-links-rechts-links;
- c) links-links-rechts-rechts;
- d) links-rechts-links-rechts.

Besonders bevorzugt sind die unterschiedlichen Doppelleitungs-Dralllängen hinsichtlich maximaler Entkopplung optimiert (Anspruch 16). Die Entkopplung wird stark durch die Verhältnisse der Doppelleitungs-Dralllängen beeinflusst. Es gibt einerseits Verhältnisse, die eine hohe Entkopplung der Doppelleitungen gewährleisten, andererseits gibt es ungünstige Verhältnisse, die zu einer größeren Kopplung und damit zu stärkerem Nebensprechen führen. Bei dieser Ausführungsform des Datenkabels werden die Verhältnisse so gewählt, daß eine maximale Entkopplung gewährleistet ist.

Vorzugsweise erfolgt (jeweils) eine Verdrallung der einzelnen Doppelleitungen, von zwei Doppelleitungen gemeinsam und/oder des Aderbündels bzw. der Aderbündel mit, ohne oder mit teilweiser Rückdrehung (Anspruch 17). Mit einer derartigen Verdrallung erreicht man eine weitere Entkopplung der Doppelleitungen des Datenkabels und auch eine Minimierung von Störungen, die von außerhalb des Datenkabels in das Datenkabel gelangen.

Der Effekt der Rückdrehung wird beispielhaft an der Verseilung zweier Doppelleitungen zu einem Vierer erläutert: Bei einer Verdrallung ohne Rückdrehung werden die beiden Doppelleitungen derart zum Vierer verdrallt, daß die Achsen der Spulen, auf welchen die (insbesondere verdrallten) Doppelleitungen aufgewickelt sind, mit einem Verseilkorb fest verbunden sind. Bei der Verdrehung des Verseilkorbes erhält jede Doppelleitung einen zusätzlichen Drall. Die resultierenden Doppelleitungs-Dralllängen werden also verkleinert oder vergrößert, je nachdem, ob die Drallrichtungen von Doppelleitung und Vierer gleich oder entgegengesetzt sind. Diese Art der Verdrallung beeinflusst jedoch nicht die gegenseitige Lage der Adern beider Doppelleitungen. Deshalb ist die wirksame Doppelleitungs-Dralllänge gleich dem Herstellungsdrall jeder Doppelleitung.

Bei der Verdrallung mit Rückdrehung bleibt die

Lage der Spulenachsen im Raum unverändert. Dies gilt auch für die Lage der Doppelleitungen. Die Doppelleitungen erfahren bei dieser Art der Verdrallung keine zusätzlich Torsion. Jedoch wird die wirksame Doppelleitungs-Dralllänge durch die Rückdrehung verändert. Die wirksame Dralllänge einer Doppelleitung wird vergrößert oder verkleinert, je nachdem, ob die Drallrichtungen von Doppelleitung und Vierer gleich oder entgegengesetzt sind.

Zwischen diesen beiden Extremfällen, nämlich Verdrallung mit und ohne Rückdrehung, kann die Verdrallung zum Vierer jedoch auch mit nur teilweiser Rückdrehung erfolgen. Dazu verdreht man während der Verdrallung die Lage der Spulenachsen, die beispielsweise am Verseilkorb drehbar angeordnet sind, wobei die Verdrehung der Spulenachsen unterschiedlich zum Vierer-Drall gewählt wird.

Bei einem bevorzugten Aderbündel erfolgt die Herstellung der vier Doppelleitungen ohne Rückdrehung, während die Verdrallung der Doppelleitungen zum Aderbündel mit Rückdrehung erfolgt.

Vorzugsweise ist die Abschirmung bzw. jede einzelne Abschirmung folienartig, geflechtartig und/oder andere leitende Materialien aufweisend ausgebildet (Anspruch 18). Eine geflechtartige Abschirmung eignet sich insbesondere zur Abschirmung gegen niederfrequente Signale, während sich eine folienartige Abschirmung insbesondere zum Erzielen einer besonders wirksamen Abschirmung gegen hohe Frequenzen eignet. Kombiniert man eine folienartige und eine geflechtartige Abschirmung miteinander, ergibt sich eine ideale Abschirmung für (im wesentlichen) den gesamten, technisch relevanten Frequenzbereich. Während folienartigen bzw. geflechtartigen Abschirmungen vorzugsweise aus metallischem Material, z.B. Kupfer, verzinnem Kupfer oder Aluminium bestehen, können jedoch auch Abschirmungen aus anderen leitenden Materialien eingesetzt werden. Dafür kommen insbesondere leitende Kunststoffe, beispielsweise Polyolefine, in Betracht. Solche Kunststoffe sind kostengünstig und leicht zu verarbeiten. Sie werden vorzugsweise als dünne Schicht auf Adern, Doppelleitungen, Vierer und/oder Aderbündel oder das Datenkabel aufgebracht und ggf. von einem umgebenden Mantel umhüllt.

Vorteilhaft besteht wenigstens eine Abschirmung aus einer leitenden Beschichtung, insbesondere einer leitenden Pulverbeschichtung, einem leitenden Lack, einem leitenden, beispielsweise metallisiertem, Kunststoff und/oder einem extrudierbaren leitfähigem Material (Anspruch 19). Insbesondere ist die Beschichtung direkt auf die Oberfläche des Zwischenmantels aufgebracht, so daß der Zwischenmantel und die ihn umgebende Abschirmung einstückig sind. Vorteilhaft erreicht man mit derartigen Beschichtungen eine sehr gleichmäßige Impedanz über die Länge des Kabels. Darüber hinaus ist der Prozeß des Aufbringens derartiger Beschichtungen ein einfacher, schneller Arbeitsgang und damit billiger als das Aufbringen einer Folie.

Bezüglich weiterer vorteilhafter Ausgestaltungen des Verfahrens (Anspruch 23) wird auf die obigen Ausführungen zu den Ausgestaltungen des Datenkabels verwiesen, die auch für das Verfahren Gültigkeit haben.

Die Erfindung wird nun anhand von Ausführungsbeispielen und der angefügten schematischen Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:

- Fig. 1 eine schematische beispielhafte Darstellung einer Doppelleitung im Querschnitt mit Abmessungsangaben;
- Fig. 2 eine schematische beispielhafte Darstellung eines Zwischenmantels im Querschnitt;
- Fig. 3 eine schematische beispielhafte Darstellung eines Datenkabels mit vier Doppelleitungen im Querschnitt;
- Fig. 4 eine schematische beispielhafte Darstellung eines weiteren Datenkabels mit vier Doppelleitungen im Querschnitt;
- Fig. 5 eine schematische beispielhafte Darstellung eines weiteren Datenkabels mit vier Doppelleitungen im Querschnitt;
- Fig. 6 eine erste schematische beispielhafte Verdrehung von vier Doppelleitungen zu einem Aderbündel;
- Fig. 7 eine zweite schematische beispielhafte Verdrehung von vier Doppelleitungen zu einem Aderbündel;
- Fig. 8 eine dritte schematische beispielhafte Verdrehung von vier Doppelleitungen zu einem Aderbündel;
- Fig. 9 eine schematische beispielhafte Darstellung eines weiteren Datenkabels mit einem Aderbündel im Querschnitt.

In den Figuren tragen im wesentlichen funktionsgleiche Teile gleiche Bezugszeichen. Außerdem werden in der gesamten vorliegenden Beschreibung Zahlenangaben "x" im Sinn von wenigstens "x" und nur vorzugsweise im Sinn von genau "x" verstanden.

Fig. 1 veranschaulicht den prinzipiellen Aufbau eines Datenkabels 1 und zwar lediglich bestehend aus einer Doppelleitung. Die Doppelleitung weist zwei Einzeladern A, B auf. Die Einzelader A besteht aus einem Leiter A' und eine den Leiter A' umhüllende Aderisolierung A'' auf. Entsprechendes gilt für die Ader B, welche ebenfalls einen Leiter B' und eine diesen Leiter B' umschließende Aderisolierung B'' aufweist. Die Adern A, B sind miteinander verdreht (in Fig. 1 nicht zu sehen) und bilden ein Aderpaar. Dieses Aderpaar wird umgeben von einem Zwischenmantel C aus isolierendem Kunststoff, insbesondere Polyethylen, welcher wiederum von einer Abschirmung D, z.B. einer leitfähigen Beschichtung (etwa eine Pulverbeschichtung) umgeben ist.

Wie in Fig. 2 gezeigt, ist der Zwischenmantel C im Querschnitt betrachtet außen rund. Diese äußere Kontur des Zwischenmantels im Querschnitt ist entweder

kreisrund, wie in Fig. 2 gezeigt, oder bei anderen Ausführungsformen oval. Die innere Kontur des Zwischenmantels ist - im Querschnitt betrachtet - 8-förmig ausgeprägt. Der Zwischenmantel ist innerhalb dieser 8-förmigen Kontur hohl. Dieser Hohlraum dient zur Aufnahme der Adern A, B.

Aufgrund der runden Außenkontur des Zwischenmantels liegt die umschließende Abschirmung D sehr gleichmäßig auf dem Zwischenmantel. Die Abschirmung D ändert daher auch bei mechanischer Belastung der Anordnung ihre Lage zum Zwischenmantel C quasi nicht. Ferner verhindert der Zwischenmantel C auch eine Verschiebung der Einzeladern A, B. Wie bereits eingangs erläutert, ist diese Lagefixierung einerseits der Einzeladern A, B zueinander, andererseits der Einzeladern A, B zur Abschirmung D wichtig für die elektrischen Eigenschaften der als Wellenleiter dienenden Doppelleitung.

Fig. 1 zeigt außerdem auch die Abmessungen eines Ausführungsbeispiels einer Doppelleitung. Der Durchmesser der Einzeladern A, B beträgt jeweils 1,35 mm. Mithin beträgt der Abstand der Mittelpunkte der Leiter A', B' ebenfalls 1,35 mm, da die Einzeladern A, B in Kontakt miteinander stehen. Der Zwischenmantel C weist an seiner dünnsten Stelle eine Dicke von 0,2 bis 0,3 mm auf, das ist bei der in Fig. 1 dargestellten Lage links von der Ader A bzw. rechts von der Ader B. An seiner dicksten Stelle weist der Zwischenmantel eine Dicke von 1 mm auf. Die Abschirmung D hat eine vernachlässigbare Dicke. Daher ergibt sich ein Durchmesser der Doppelleitung von etwa 3,2 mm.

Bei diesen Abmessungen erhält man ein Datenkabel 1 mit einer Impedanz von 100 Ohm. Durch die Verwendung des Zwischenmantels C kann man die durchschnittliche Dämpfung des Datenkabels 1 bei einer Frequenz von 100 MHz von 17 dB bei einem vergleichbaren Kabel ohne Zwischenmantel C auf 15 dB reduzieren. Ferner ist es durch den Zwischenmantel C möglich, definierte elektrische Eigenschaften des Datenkabels 1 bis hinauf in einen Bereich von größer als 1000 MHz zu schaffen. Bei einer entsprechenden Kabelkonstruktion ohne Zwischenmantel ist es nicht möglich, bis zu derart hohen Frequenzen hinauf gute elektrische Eigenschaften zu definieren.

Fig. 3 zeigt ein Datenkabel 1 bestehend aus vier Doppelleitungen. Jede der vier Doppelleitungen ist entsprechend der Doppelleitung aus Fig. 1 aufgebaut. Diese vier Doppelleitungen werden von einem Gesamtschirm E umgeben. Ein Außenmantel F umschließt den Gesamtschirm E. Der Gesamtschirm E umgibt die Abschirmungen D der vier Doppelleitungen derart eng, daß ein guter elektrischer Kontakt zwischen allen Abschirmungen D, E gewährleistet ist. Durch diese Maßnahme befinden sich alle Abschirmungen D, E auf gleichem elektrischen Potential. Schließlich verhindert die eng umschließende Gesamtabschirmung E auch ein Verschieben der Lagen der Doppelleitungen und trägt somit ebenfalls zu definierten Verhältnissen bei. Der

Außenmantel F schließlich dient zum mechanischen Schutz des Kabels, aber auch vor dem Eindringen von Feuchtigkeit.

Ein Datenkabel gemäß der Anordnung gemäß Fig. 3 hat einen Außendurchmesser von 9 mm. Ein vergleichbares herkömmliches Kabel mit gleicher Impedanz, allerdings ohne Zwischenmäntel, hätte einen Durchmesser von ca. 10 mm.

Fig. 4 dient der weiteren schematischen Veranschaulichung eines Datenkabels 1, insbesondere der besonderen Verdrallung der Doppelleitungen, und zwar ebenfalls in Form eines Querschnitts durch das Datenkabel 1. Das Datenkabel 1 weist als äußere Hülle einen isolierenden Außenmantel 2 auf. Dieser isolierende Außenmantel 2 umschließt eine äußere Gesamtabschirmung 3. Vier Doppelleitungen 4, 5, 6, 7 befinden sich innerhalb der äußeren Gesamtabschirmung 3 bzw. innerhalb des isolierenden Mantels 2.

Bei diesem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 4 sind die vier Doppelleitungen 4-7 in einem flexiblen Material 8, beispielsweise einem Kunststoff, eingebettet. Dieses flexible Material 8 ist dennoch so formstabil, daß es eine Stabilisierung der relativen Lage der Doppelleitungen 4-7 zueinander gewährleistet. Es verhindert insbesondere eine unbeabsichtigte Verdrehung der Doppelleitungen 4-7 beispielsweise beim Verlegen des Datenkabels 1. Das flexible Material 8 bildet also eine weitere Zwischenmanteleinbettung. Diese weitere Zwischenmanteleinbettung füllt also im wesentlichen alle Zwischenräume zwischen den Doppelleitungen aus und stabilisiert daher ihre relative Lage zueinander. Ferner trägt die Zwischenmanteleinbettung zur Beibehaltung der Drallängen der Doppelleitungen bei, da sie eine Veränderung der Verdrallung, also eine zusätzliche Torsion der Doppelleitungen verhindern kann.

Bei anderen Ausführungsformen (s.o.) ist das flexible Material 8 nicht vorhanden. Dann wird die Lagestabilisierung der Doppelleitungen 4-7 dadurch erzielt, daß der Außenmantel 2 bzw. die Gesamtabschirmung derart eng um die Doppelleitungen 4-7 angelegt wird, daß im wesentlichen keine Lageverschiebung der Doppelleitungen möglich ist.

Jede Doppelleitung 4-7 weist eine Abschirmung 9, 10, 11, 12 und einen Zwischenmantel 13, 14, 15, 16 auf. Die Abschirmung 9-12 umgibt den Zwischenmantel 13-16. Jede Doppelleitung 4-7 weist zwei Adern 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 auf.

Um eine besondere Entkopplung der Doppelleitungen zu erreichen, ist das Kabel wie folgt konstruiert: Jeweils zwei Leiter 17, 18 und 21, 22 werden zu je einer Doppelleitung 4 bzw. 6 verdrallt. Beide Doppelleitungen 4 und 6 haben die gleiche Drallänge jedoch entgegengesetzte Drallrichtung. Im einzelnen sind die Adern 17, 18 der Doppelleitung 4 rechtsdrallt und die Adern 21, 22 der Doppelleitung 6 linksverdrallt. Diese beiden Doppelleitungen 4 und 6 bilden eine erste funktionelle Einheit in dem Sinne, daß zwei Doppelleitungen gleiche Dralllänge und unterschiedliche Drallrichtung aufweisen.

Ein zweite funktionelle Einheit entsteht durch die Doppelleitungen 5 und 7. Dabei bilden zwei rechtsverdrallte Adern 19 und 20 die Doppelleitung 5 und zwei linksverdrallte Adern 23 und 24 die Doppelleitung 7. Beide Doppelleitungen 5 und 7 weisen die gleiche Dralllänge und entgegengesetzte Drallrichtung auf. Die Dralllänge der Doppelleitungen 5 und 7 ist eine andere als die der Doppelleitungen 4 und 6. Die Drallängen sind aufeinander abgestimmt und hinsichtlich maximaler Entkopplung optimiert. Sie liegen im Bereich von 15 bis 70 mm oder größer.

Die vier Doppelleitungen 4-7 liegen jeweils in den Ecken eines Vierecks bzw. Quadrates. Die Doppelleitungen 4-7 jeder funktionellen Einheit liegen in gegenüberliegenden Ecken des Vierecks oder - mit anderen Worten - zwei (diagonal) gegenüberliegende Doppelleitungen bilden eine funktionelle Einheit.

Das aus vier Doppelleitungen 4-7 bestehende Aderbündel wird ebenfalls verdrallt und zwar vorzugsweise mit einer Aderbündel-Dralllänge von 35 bis 200 mm. Die Verdrallung der Einzeladern 17-24 zu Doppelleitungen 4-7 erfolgt ohne Rückdrehung. Die Verdrallung der Doppelleitungen 4-7 zu einer Achterkonfiguration (Aderbündel) erfolgt mit Rückdrehung. Die letztere Verdrallung ist im Prinzip ähnlich wie eine Stern-Vierer-Verseilung, wobei jedoch statt Einzeladern Doppelleitungen 4-7 gemeinsam verdrallt werden.

Fig. 5 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel eines Datenkabels 1. Fig. 5 entspricht im wesentlichen Fig. 4, jedoch bilden je zwei auf benachbarten nebeneinanderliegenden Ecken des (gedanklich gebildeten) Vierecks liegende Doppelleitungen 4 und 5 bzw. 6 und 7 je eine funktionelle Einheit. Im einzelnen sind die Adern 17, 18 der Doppelleitung 4 linksverdrallt und die beiden anderen Adern 19, 20 der - zu demselben Vierer gehörenden - Doppelleitung 5 rechtsverdrallt. Entsprechend sind die Adern 21 und 22 der Doppelleitung 6 linksverdrallt und die Adern 23 und 24 der Doppelleitung 7 rechtsverdrallt.

Gemäß Fig. 5 ergeben sich weitere Möglichkeiten der Verdrallung der Doppelleitungen 4-7. Es ist eine gemeinsame Verdrallung der Doppelleitungen 4-7 möglich - ähnlich wie bei einer Stern-Vierer-Verseilung (wie bereits zu Fig. 4 erläutert). Alternativ ist jedoch auch eine voneinander unabhängige Verdrallung von je zwei Doppelleitungen 4, 5 bzw. 6, 7 möglich, ähnlich einer Dieselhorst-Martin-Verseilung, jedoch mit dem Unterschied, daß statt Einzeladern (bei der Dieselhorst-Martin-Verseilung) je zwei Doppelleitungen 4, 5 bzw. 6, 7 verdrallt werden.

Fig. 6 veranschaulicht die Verdrallung gemäß dem Stern-Vierer-Prinzip, wobei zwei gegenüberliegende Doppelleitungen 4, 6 bzw. 5, 7 je eine funktionelle Einheit bilden. Dabei ist nur eine gemeinsame Verdrallung aller vier Doppelleitungen 4-7 möglich. Allerdings kann auch das Stern-Vierer-Prinzip Anwendung bei einer Anordnung gemäß Fig. 5 finden, d.h. wenn zwei unmittelbar benachbarte Doppelleitungen 4, 5 bzw. 6, 7

jeweils eine funktionelle Einheit bilden. Die Verdrallung nach dem Stern-Vierer-Prinzip hat den Vorteil, daß die Abstände zwischen den Doppelleitungen 4-7 entlang der Kabellängsrichtung konstant bleiben.

Fig. 7 zeigt eine mögliche Verdrallung für ein Datenkabel gemäß Fig. 5, d.h. wenn jeweils zwei unmittelbar benachbarte Doppelleitungen eine funktionelle Einheit bilden. Gemäß Fig. 4 sind die Doppelleitungen 4 und 5 zu einer funktionellen Einheit rechtsdrehend verdrallt, ebenso wie die Doppelleitungen 6 und 7. Alle vier Doppelleitungen 4-7 sind zudem noch gemeinsam rechtsdrehend verdrallt. Auch eine linksdrehende Verdrallung der Doppelleitungen 4-7 ist möglich.

Gemäß Fig. 8 bilden ebenfalls zwei unmittelbar benachbarte Doppelleitungen 4 und 5 bzw. 6 und 7 je eine funktionelle Einheit. Hier sind die Doppelleitungen 4 und 5 rechtsdrehend zu einer funktionellen Einheit verdrallt, während die Doppelleitungen 6 und 7 linksdrehend zu einer weiteren funktionellen Einheit verdrallt sind. Die gesamte Konfiguration bestehend aus den vier Doppelleitungen 4-7 wird wiederum rechtsdrehend verdrallt, kann jedoch auch linksdrehend verdrallt sein.

Sowohl bei der Konfiguration nach Fig. 7 als auch bei der Konfiguration nach Fig. 8 ändern sich die Abstände der Einzeladern verschiedener Doppelleitungen zueinander entlang der Kabellängsrichtung.

Fig. 9 veranschaulicht den prinzipiellen Aufbau eines Datenkabels 1 gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel. Das Datenkabel 1 ist wieder im Querschnitt dargestellt. Die Querschnittsmittelpunkte 25, 26, 27, 28 der Doppelleitungen 4-7 liegen auf einer Linie 29. Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Linie 29 gerade. Bei anderen (nicht dargestellten) Ausführungsbeispielen ist die Linie 29 gekrümmt. Für die Bildung einer funktionellen Einheit ergeben sich die oben erläuterten Varianten, nämlich daß zwei benachbarte und/oder zwei nicht-benachbarte Doppelleitungen je eine funktionelle Einheit bilden. Entsprechend können die Drallrichtungen variieren (s.o.).

Grundsätzlich dienen alle Figuren auch der Erläuterung des Aufbaus eines Vierers. Man erhält bei allen Figuren durch Weglassen zweier Doppelleitungen einen derartigen Vierer, z.B. in Fig. 4 durch Weglassen der Doppelleitungen 5 und 7. In diesem Beispiel könnte sich dann gegenüber Fig. 4 die Form des Mantels 2, des flexiblen Materials 8 und ggf. der äußeren Abschirmung 3 ändern und zwar derart, daß - statt einer kreisförmigen - eine ovale Umhüllung die Doppelleitungen umgibt. Außerdem können die beiden Doppelleitungen derart dicht aneinander liegen, daß sie sich im Extremfall berühren. Beispielsweise erhält man durch Weglassen der Doppelleitungen 4 und 7 in Fig. 9 bereits zwei sehr dicht beieinanderliegende Doppelleitungen 5 und 6, die von einer ovalen Umhüllung umgeben sind.

Die verschiedenen Konfigurationen gemäß Fig. 4-9 bieten unterschiedliche Möglichkeiten zur Optimierung eines Datenkabels mit sehr guten Übertragungseigenschaften, insbesondere sehr guter Entkopplung der je

eine Datenleitung bildenden Doppelleitungen und daher sehr geringem Nebensprechen.

Patentansprüche

1. Datenkabel (1) mit wenigstens einer Doppelleitung, die folgendes umfaßt:
 - a) ein Aderpaar (4-7), bestehend aus zwei miteinander verdrallten Einzeladern (A, B, 17-24), die jeweils einen Leiter (A', B') und eine den Leiter (A', B') umschließende Aderisolierung (A'', B'', 13-16) aufweisen,
 - b) einen das Aderpaar (4-7) umgebenden Zwischenmantel (C) und
 - c) eine den Zwischenmantel (C) umgebende Abschirmung (D),
 - d) wobei der Zwischenmantel (C) Einkerbungen zwischen den Oberflächen der Einzeladern (A, B, 17-24) des Aderpaares (4-7) wenigstens teilweise ausfüllt, so daß er die Geometrie der Doppelleitung fixiert.
2. Datenkabel (1) nach Anspruch 1, wobei der Zwischenmantel (C) die Einkerbungen zwischen den Oberflächen der Einzeladern (A, B, 17-24) des Aderpaares (4-7) nahezu vollständig ausfüllt.
3. Datenkabel (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche mit mehreren Doppelleitungen, welche insgesamt von einer Gesamt-Abschirmung umgeben sind.
4. Datenkabel (1) nach Anspruch 3, wobei die Gesamt-Abschirmung die anderen Abschirmungen der Doppelleitungen berührt und im elektrischen Kontakt zu diesen Abschirmungen steht.
5. Datenkabel (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, welches einen allumschließenden Außenmantel aufweist.
6. Datenkabel (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei welchem zwischen Aderpaar (4-7) und Zwischenmantel (C) eine Folie, insbesondere Polyesterfolie, angeordnet ist.
7. Datenkabel (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, welches im Vergleich zu einem entsprechenden Datenkabel gleicher Impedanz, beispielsweise 100 Ohm, aber ohne Zwischenmantel (C), dünnere Aderisolierungen (A'', B'', 13-16) aufweist.
8. Datenkabel (1) nach Anspruch 7, wobei die Aderisolierung (A'', B'', 13-16) wenigstens um 15% dünner ist.

9. Datenkabel (1) nach Anspruch 7 oder 8, wobei der Durchmesser der Aderisolierung (A", B", 13-16) einschließlich Leiter (A', B') höchstens 1,4 mm beträgt.
10. Datenkabel (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, welches bei symmetrischer Beschaltung des Aderpaars (4-7) im wesentlichen 100 Ohm Impedanz aufweist.
11. Datenkabel (1) mit wenigstens zwei verdrahten Doppelleitungen, insbesondere nach einem der vorstehenden Ansprüche, die
- a) im wesentlichen gleiche Dralllängen (Doppelleitungs-Dralllängen) und
- b) entgegengesetzte Drallrichtungen
- aufweisen.
12. Datenkabel (1) nach Anspruch 11, welches ein Aderbündel mit vier Doppelleitungen enthält, wobei jeweils zwei Doppelleitungen gleiche und jeweils andere zwei Doppelleitungen unterschiedliche Doppelleitungs-Dralllängen aufweisen.
13. Datenkabel (1) nach Anspruch 12, bei welchem entweder zwei unmittelbar benachbarte oder zwei gegenüberliegende Doppelleitungen im wesentlichen gleiche Doppelleitungs-Dralllänge und entgegengesetzte Drallrichtung aufweisen.
14. Datenkabel (1) nach einem der Ansprüche 12 oder 13, bei welchem die Querschnittsmittelpunkte der Doppelleitungen eines Aderbündels im wesentlichen nebeneinander auf einer, insbesondere geraden oder gekrümmten, Linie liegen.
15. Datenkabel (1) nach Anspruch 14, bei welchem zwei benachbarte und/oder zwei nicht-benachbarte Doppelleitungen jeweils im wesentlichen gleiche Doppelleitungs-Dralllänge und entgegengesetzte Drallrichtung aufweisen.
16. Datenkabel (1) nach einem der Ansprüche 12 bis 15, bei welchem die unterschiedlichen Doppelleitungs-Dralllängen hinsichtlich maximaler Entkoppung optimiert sind.
17. Datenkabel (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, mit (jeweils) einer Verdrahtung der einzelnen Doppelleitungen, von zwei Doppelleitungen gemeinsam und/oder der (des) Aderbündel(s) mit, ohne oder mit teilweiser Rückdrehung.
18. Datenkabel (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Abschirmung(en) folienartig, geflechtartig und/oder andere leitende Materialien
- aufweisend ausgebildet ist/sind.
19. Datenkabel (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Abschirmung(en), insbesondere die den Zwischenmantel (C) umgebende(n) Abschirmung(en) (D) aus einer leitenden Beschichtung, insbesondere
- einer leitenden Pulverbeschichtung,
 - einem leitenden Lack,
 - einem leitenden, beispielsweise metallisiertem, Kunststoff und/oder
 - einem extrudierbaren leitfähigem Material
- besteht/bestehen.
20. Verfahren zum Herstellen eines Datenkabels (1) mit wenigstens einer Doppelleitung, wobei das Herstellen der Doppelleitung folgende Schritte umfaßt:
- a) Verdrahten von zwei Einzeladern (A, B, 17-24), die jeweils einen Leiter (A', B') und eine den Leiter (A', B') umschließende Aderisolierung (A", B", 13-16) aufweisen, zu einem Aderpaar (4-7);
- b) Umgeben des Aderpaars (4-7) mit einem Zwischenmantel (C), der Einkerbungen zwischen den Oberflächen der Einzeladern (A, B, 17-24) des Aderpaares (4-7) wenigstens teilweise ausfüllt, so daß er die Geometrie der Doppelleitung fixiert und
- c) Umgeben des Zwischenmantels (C) mit einer Abschirmung.
21. Verfahren zum Herstellen eines Datenkabels (1), insbesondere nach Anspruch 20, mit den (weiteren) Schritten:
- a) Verdrahten einer ersten Doppelleitung mit einer ersten Doppelleitungs-Dralllänge;
- b) Verdrahten einer zweiten Doppelleitung mit einer zweiten Doppelleitungs-Dralllänge;
- c) Wählen der ersten Doppelleitungs-Dralllänge im wesentlichen gleich der zweiten Doppelleitungs-Dralllänge und
- d) Wählen der Drallrichtung des ersten Doppelleitung entgegen der Drallrichtung der zweiten Doppelleitung.
22. Verfahren nach Anspruch 21, wobei vier Doppelleitungen zu einem Aderbündel miteinander verbunden werden, wobei die Doppelleitungs-Dralllängen von jeweils zwei Doppelleitungen gleich und von jeweils anderen zwei Doppelleitungen unterschiedlich gewählt werden.
23. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 22 zum Herstellen eines Datenkabels (1) nach einem

der Ansprüche 1 bis 19.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

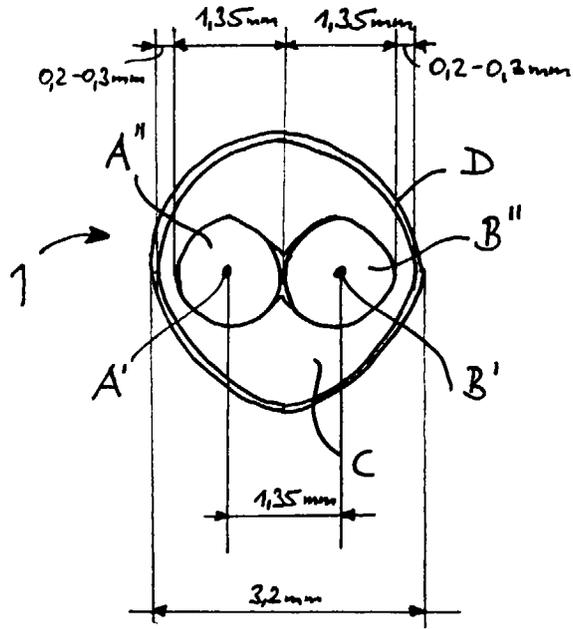


Fig. 1

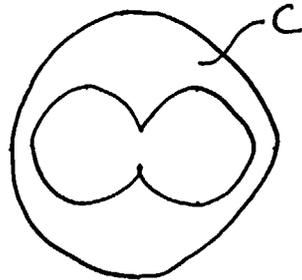


Fig. 2

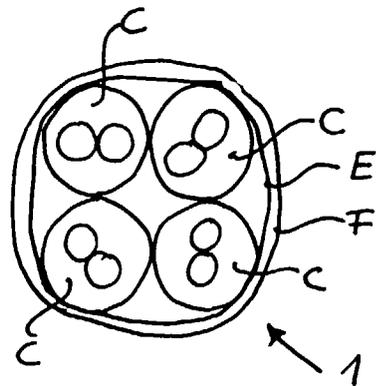


Fig. 3

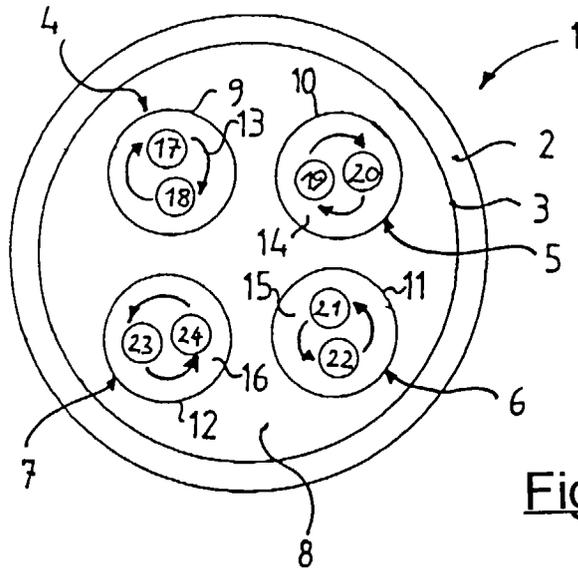


Fig. 4

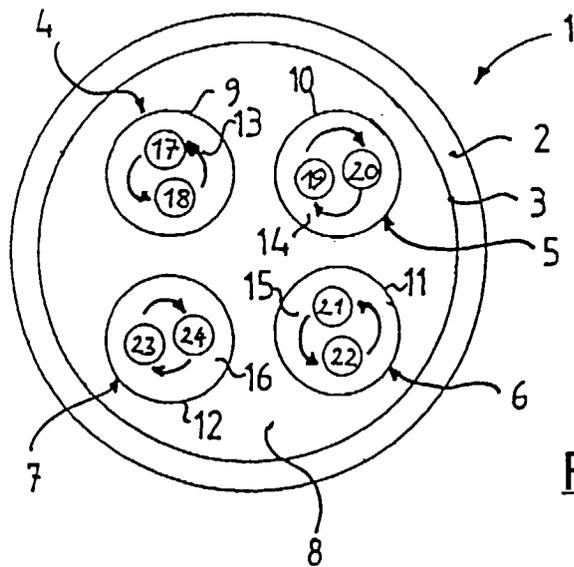


Fig. 5

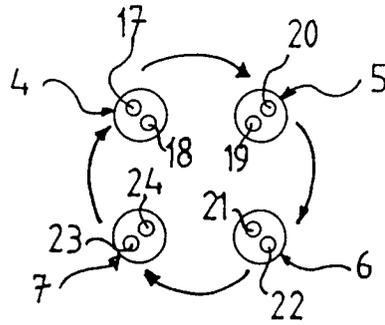


Fig. 6

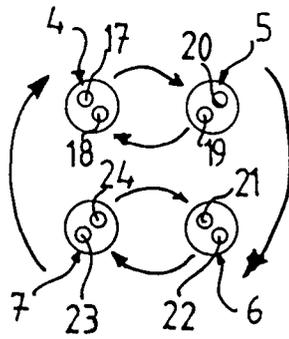


Fig. 7

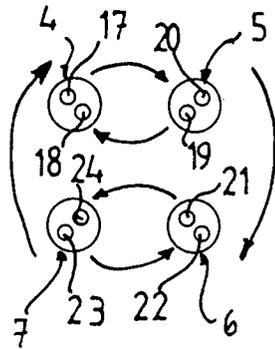


Fig. 8

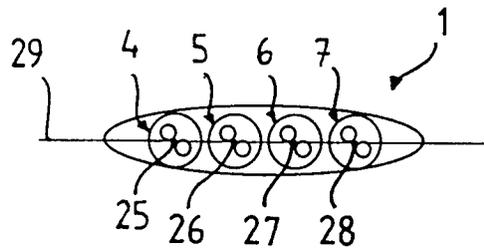


Fig. 9