

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 502 337 A1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **92102246.3**

(51) Int. Cl.⁵: **H01Q 13/20**

(22) Anmeldetag: **11.02.92**

(30) Priorität: **05.03.91 DE 4106890**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
09.09.92 Patentblatt 92/37

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

(71) Anmelder: **AEG KABEL Aktiengesellschaft**
Bonnenbroicher Strasse 2-14, Postfach 20 01
41
W-4050 Mönchengladbach(DE)

(72) Erfinder: **Buxloh, Karl Schulze, Dipl.-Ing.**
Memelstrasse 146 a
W-4050 Mönchengladbach 2(DE)

(74) Vertreter: **Mende, Eberhard, Dipl.-Ing.**
Kabelkamp 20
W-3000 Hannover 1(DE)

(54) **Strahlendes Hochfrequenzkabel.**

(57) Bei einem strahlenden Hochfrequenzkabel mit Gruppen von Öffnungen im Außenleiter eines Koaxialkabels, welche eine periodische Anordnung aufweisen, ist vorgesehen, daß die Anzahl der Öffnungen pro Periodenlänge abschnittsweise längs des Kabels zunimmt, wobei die Abschnitte ganzzahlige Vielfache der Periodenlänge sind.

EP 0 502 337 A1

Die Erfindung betrifft ein strahlendes Hochfrequenzkabel nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Ein strahlendes Kabel oder Leckkabel ist ein Wellenleiter, welcher aus einem Koaxialkabel dadurch hergestellt wird, daß dessen Außenleiter eine periodische Folge von Öffnungen aufweist. Aus diesen Öffnungen dringen elektromagnetische Felder in den Außenraum des Kabels. Die abzustrahlende Leistung wird an einem Ende des Kabels zugeführt. Längs des Kabels ergibt sich aufgrund der natürlichen Kabeldämpfung und der Abstrahlung eine Intensitätsabnahme der abgestrahlten Leistung. In der Praxis bedeutet dies, daß die Summe aus Leitungs- und Kopplungsdämpfung zwischen einem Fahrzeug und dem strahlenden Wellenleiter mit dem Abstand des Fahrzeugs vom Einspeisepunkt der Hochfrequenzenergie zunimmt. Es wäre also erwünscht, die Energiekopplung längs des Wellenleiters oder Kabels so zu variieren, daß die Empfangsfeldstärke beim mobilen Teilnehmer konstant gehalten wird.

Aus der europäischen Patentanmeldung EP 188 347 ist ein Leckkabel bekannt, bei dem der Außenleiter des Koaxialkabels aus Bändern besteht, welche den zentralen Leiter wendelförmig umgeben und sich so überlappen, daß rautenförmige Lücken entstehen. Diese Lücken werden am Ende des Kabels, d. h. mit wachsender Entfernung vom Einspeisepunkt immer größer, so daß auch mehr Energie abgestrahlt werden kann.

Der Nachteil dieses Verfahrens besteht neben hohem Aufwand bei der Produktion darin, daß eine Vergrößerung der Öffnungen oder Löcher nur eine relativ geringe Erhöhung der Abstrahlung zur Folge hat. Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, ein strahlendes Hochfrequenzkabel anzugeben, bei dem die längs des Kabels auftretenden Verluste in möglichst einfacher Weise ausgeglichen werden, so daß die Empfangsfeldstärke längs des Kabels in erster Näherung konstant bleibt.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung durch die in Kennzeichen des Anspruchs 1 erwähnten Merkmale gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen enthalten.

Einsatzgebiete der Erfindung sind vor allem längere Tunnel, die mit Hilfe eines strahlenden Kabels mit hochfrequenter Strahlung versorgt werden sollen, um Nachrichten übermitteln zu können. Weitere Anwendungsfälle sind Straßen und Autobahnen, für welche eine Verkehrsleittechnik vorgesehen ist. Die erfindungsgemäße Lösung bezieht sich auf relativ schmalbandige Nachrichtenübertragung.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachstehend anhand der Zeichnung näher erläutert; dabei zeigt

Figur 1 den Dämpfungsverlauf längs des Kabels,

Figur 2 die Anordnung der Öffnungen den ersten Abschnitten und ein weiteres Beispiel einer Anordnung von Öffnungen im Periodizitätsintervall.

Im sogenannten D-Netz werden Frequenzen von 925 $\pm$ 35 MHz benutzt. Ein einfaches strahlendes Kabel zur Übertragung dieses Bereiches besteht aus einem Koaxialkabel, in dessen Außenleiter alle fünfundzwanzig Zentimeter eine Öffnung angebracht ist. Man bekommt so eine nutzbare Bandbreite von 600-1.100 MHz.

Da besondere Maßnahmen zur Unterdrückung von Oberwellen nicht notwendig sind, erhält man für die Anordnung der Öffnungen Freiheiten in der Anordnung der Öffnungen pro Periodenlänge, welche hier zur Kompensation der Dämpfung ausgenutzt werden können. Ein handelsübliches Koaxialkabel (7/8 Zoll) hat zwischen 890 und 960 MHz eine Wellendämpfung von ca. 3,7 bis 3,9 dB/100 m. Man erhält aus diesem Koaxialkabel ein strahlendes Kabel oder Leckkabel, indem man beispielsweise gleichgroße Öffnungen im gleichen gegenseitigen Abstand von 25 cm anbringt. Die Abstrahlung eines derartigen Kabels nimmt vom Einspeisepunkt der HF-Energie aus gesehen längs des Kabels ab.

Bei einem ungeschlitzten Koaxialkabel wäre die Koppeldämpfung "unendlich" groß, (da die am Kabel parallel entlanggeführte Antenne "nichts" empfangen kann) die Wellendämpfung beträgt dabei ca. 3,7 dB/100 m. Bei einem Leckkabel mit einer Öffnung von 20x3 mm² pro Periodenlänge von ca. 25 cm beträgt die Koppeldämpfung zwischen Leckkabel und Mobil-Antenne in einigen Metern Abstand im Mittel etwa 95 dB, die Wellendämpfung 4,0 dB/100 m. Durch die lineare Zunahme der Wellendämpfung mit der Kabellänge bei konstanter Betriebsfrequenz ergibt sich, daß das Signal am Leckkabelende um die Wellendämpfung der Kabellänge bezogen auf das Signal abgeschwächt ist. Dies bezieht sich auf das Signal nahe dem Einspeisepunkt, wo noch fast keine Wellendämpfung auftritt.

Diese Abnahme der Abstrahlleistung soll nun so ausgeglichen werden, daß der sog. Systemwert als Summe aus Kopplungs- und Wellendämpfung über der Leckkabellänge möglichst konstant ist. Dies kann mit zunehmender Kabellänge durch sukzessive Erhöhung der Abstrahlung erreicht werden. Diese Erhöhung der Abstrahlung erhöht ihrerseits wieder die Wellendämpfung, sodaß die Maßnahmen zur Kompensation gegen Ende des Kabels immer aufwendiger werden, d. h. daß hier die Zahl der Öffnungen sehr stark zunimmt.

Um die günstigsten Anordnungen der Öffnungen zu erhalten, geht man von einer Öffnung pro Periodenlänge aus und erhöht deren Anzahl auf das Doppelte, sobald die Leitungsdämpfung um einen aus

Messungen ermittelten Wert, beispielsweise 5,6 dB zugenommen hat. Aus der Theorie und den anschließenden Messungen wurde ermittelt, daß die Zunahme der Abstrahlung bei Verdoppelung der Zahl der Öffnungen pro Längeneinheit nicht ganz den Faktor 2 bzw. 6 dB erreicht, sondern nur ca. 5,6 dB. Dieser Wert ist ein Mittelwert aus Meßdaten im D-Netz bei einer Frequenz von 890 bis 960 MHz. Diese Verhältnisse sind in der Figur 1 an einem 560 m langen Koaxialkabel beispielhaft dargestellt. Die Gerade A stellt die Leitungsdämpfung des Kabels ohne Öffnungen dar, während die Kurve B die Leitungsdämpfung (theoretisch) mit Öffnungen zeigt, jeweils in Abhängigkeit von der Entfernung vom Einspeisepunkt des Signals im Kabelanfang aufgetragen. Im unteren Teil der Figur 1 ist dann die Summe aus Kopplungs- und Leitungsdämpfung dargestellt. Die Kurve B fällt durch die zusätzlichen Abstrahlverluste stärker ab. Der Wert von ca. 3,7 dB/100 m bei 900 MHz Betriebsfrequenz erhöht sich durch die Abstrahlung etwa um ca. 0,35 dB/100 m, bei einer Anordnung von einer Öffnung pro 25 cm. Die Leitungsdämpfung beträgt somit ca. 4,05 dB/100 m.

Wenn man also die Leitungsdämpfung durch z.B. eine Verdoppelung der Zahl der Öffnungen kompensieren will, benötigt man diese Konfiguration erst ab einer Kabellänge von mehr als 130 m. Diese Erhöhung der Zahl der Öffnungen hebt den Systemwert als Summe aus Kopplungs- und Leitungsdämpfung auf den alten Wert von z.B. 90 dB an, wie aus der Kurve C hervorgeht. Ab da fällt dann gemäß Kurve B die Leitungsdämpfung etwas stärker ab. Durch die doppelte Zahl von Öffnungen vergrößert sich auch die Dämpfung durch Abstrahlungsverluste von ca. 0,35 dB/100 m auf ca. 0,7 dB/100 m. Nach etwa 130 m mißt man längs des Kabels wieder einen so starken Dämpfungsabfall, daß bald wieder eine Verdoppelung der Zahl der Öffnungen vonnöten ist, um den alten Systemwert von ca. 90 dB zu erhalten. Im dritten Abschnitt hat man also 4 Öffnungen pro Periodenlänge und im vierten Abschnitt deren 8. Die Dämpfungsverluste werden dadurch immer wieder ausgeglichen, wie aus Kurve C hervorgeht. Die Längen der Abschnitte nehmen wegen der immer stärker werdenden Strahlungsverluste ab. Dies zeigt die Kurve B, welche sich am Ende immer stärker nach unten neigt.

Die folgende Tabelle zeigt an einem Beispiel für etwa 900 MHz, wie die Länge der einzelnen Abschnitte von der Zahl der Öffnungen abhängt.

Tabelle

1. Abschnitt	1 Schlitz	138 m
2. Abschnitt	2 Schlitz	127 m
3. Abschnitt	4 Schlitz	110 m
4. Abschnitt	8 Schlitz	86 m
5. Abschnitt	16 Schlitz	60 m
6. Abschnitt	32 Schlitz	38 m

Die Länge der Abschnitts errechnet sich in erster Näherung aus:

$$L \text{ (m)} = 100 \cdot \frac{\text{Strahlungsverstärkung (dB)}}{\text{Dämpfung (dB/100 m)}}$$

Dies wurde durch Messungen im wesentlichen bestätigt. Die Messungen zeigen Signalschwankungen mit einer Standardabweichung von ± 5 dB. Die Strahlungsverstärkung beträgt jeweils ca. 5,6 dB, die Dämpfung ca. $3,7 + 2^{n-1} 0,35$ dB/100 m.

Bei Messungen hat sich gezeigt, daß die Längen der einzelnen Abschnitte relativ gut geschätzt waren. Der erste Abschnitt kann bei dem hier zu übertragenden Frequenzband auch etwas länger sein, bevor eine Verdoppelung oder anderweitige Vergrößerung der Zahl der Öffnungen notwendig ist.

Der zweite und die weiteren Öffnungen, welche in jedem neuen Abschnitt hinzugefügt werden, dürfen nicht in der Mitte zwischen den bereits bestehenden Öffnungen angebracht werden, damit nicht die Periodenlänge halbiert und infolgedessen erst ab der doppelten Frequenz $2f_0$ abgestrahlt wird. Die Lage ist ansonsten nicht festgelegt. Man bringt jeweils soviel Öffnungen mehr an, wie für Kompensation nötig sind.

Es können natürlich auch andere Frequenzbänder übertragen werden, wobei die Periodenlänge P so gewählt wird, daß sie der unteren Grenzfrequenz f_0 des übertragenen Frequenzbandes angepaßt ist. Außer der Verdoppelung der Zahl der Öffnungen können auch andere Algorithmen zur Vermehrung ihrer Anzahl

verwendet werden; statt des Faktors 2 beispielsweise eine Vermehrung jeweils um den Faktor 3. Die Verdoppelung der Zahl der Öffnungen ist zunächst sehr einfach auszuführen und der damit erzielte Ausgleich der Dämpfung für die praktische Anwendung ausreichend.

In Figur 2 sind beispielsweise die Muster der Öffnungen in verschiedenen Abschnitten einander gegenübergestellt.

In Figur 3 sind 16 Öffnungen pro Periode vorhanden. Diese relativ unregelmäßige Anordnung von 16 Öffnungen ist für den 5. Abschnitt vorgesehen. Dabei ist darauf zu achten, daß eine Folge von Öffnungen mit der halben Periodenlänge vermieden wird.

Die Öffnungen sind in der Regel wesentlich schmäler als hoch und senkrecht zur Achse des Kabels längs einer Mantellinie angeordnet. Die Herstellung der Öffnungen geschieht vorzugsweise durch Stanzen des Außenleiters, der dann um die Anordnung des Innenleiter-Dielektrikums zylindrisch herumgeformt und verschweißt oder überlappend geklebt wird.

Selbstverständlich ist es auch möglich, zwei verschiedene Anordnungen von Öffnungen - eine auf der Vorder-, die andere auf der Rückseite des Kabels - vorzusehen. Durch Wahl entsprechender Periodenlängen lassen sich auf diese Weise unterschiedliche Frequenzbänder übertragen.

Alle vorstehenden Ausführungen gelten wegen des Reziprozitätstheorems analog auch bei Umkehrung der Übertragungseinrichtung. Das bedeutet: im Falle eines sendenden Mobilteilnehmers empfängt ein am entsprechend der Erfindung gestalteten Kabel angeschlossener Empfänger eine in erster Näherung gleichbleibende Intensität unabhängig von der Position des mobilen Senders.

Patentansprüche

1. Strahlendes Hochfrequenzkabel mit Gruppen von Öffnungen im Außenleiter eines Koaxialkabels, welche eine periodische Anordnung aufweisen, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Anzahl der Öffnungen pro Periodenlänge abschnittsweise längs des Kabels zunimmt, wobei die Abschnitte ganzzahlige Vielfache der Periodenlänge sind.
2. Strahlendes Hochfrequenzkabel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß durch die Zunahme der Anzahl der Öffnungen pro Periodenlänge längs des Kabels die durch die Leitungsdämpfung hervorgerufene Abnahme der Abstrahlleistung mit der Entfernung eines mobilen Empfängers vom Einspeisepunkt der HF-Energie in das sendende Kabel annähernd ausgeglichen ist.
3. Strahlendes Hochfrequenzkabel nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl der Öffnungen sich abschnittsweise verdoppelt, so daß im n-ten Abschnitt des Kabels die Zahl der Öffnungen pro Periodenlänge 2^{n-1} ist, mit $n = 1, 2, 3, 4, \dots$
4. Strahlendes Hochfrequenzkabel nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der n-te Abschnitt in der Länge so bemessen ist, daß bei einem Absinken der Abstrahlleistung durch Zunahme der Anzahl der Öffnungen pro Periodenlänge im $n+1$ -ten Abschnitt die Abstrahlleistung wieder auf den Wert am Anfang des n-ten Abschnitts angehoben ist.
5. Strahlendes Hochfrequenzkabel nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß längs des Kabels die Zahl der Öffnungen pro Periodenlänge abschnittsweise um jeweils eine bestimmte Zahl $k(n)$ zunimmt.
6. Strahlendes Hochfrequenzkabel nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem ersten Abschnitt des Kabels pro Periode nur eine Öffnung vorgesehen ist.
7. Strahlendes Hochfrequenzkabel nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß beim Übergang von einem auf mehrere Öffnungen pro Periodenlänge die pro Periode hinzukommenden Öffnungen derart zwischen den bisherigen Öffnungen angeordnet sind, daß keine neue Periodizität der Anordnung entsteht.
8. Strahlendes Hochfrequenzkabel nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnungen eine längliche Form aufweisen.
9. Strahlendes Hochfrequenzkabel nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnungen bezüglich ihrer größten Ausdehnung senkrecht zur Kabelachse angeordnet sind.

10. Strahlendes Hochfrequenzkabel nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß alle Öffnungen gleiche Form aufweisen.

5 **11.** Strahlendes Hochfrequenzkabel nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß mit der Entfernung der Öffnungen vom Einspeisepunkt auch ihre Flächenausdehnung zunimmt.

12. Strahlendes Hochfrequenzkabel nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß auf zwei unterschiedlichen Mantellinien des Kabels zwei Gruppen von Öffnungen vorgesehen sind, welche verschiedene Periodenlängen aufweisen.

10 **13.** Strahlendes Hochfrequenzkabel nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß für die Übertragung mehrerer Frequenzbänder auch mehrere Mantellinien mit Öffnungen versehen sind, die sich in ihren Periodenlängen von Mantellinie zu Mantellinie unterscheiden.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

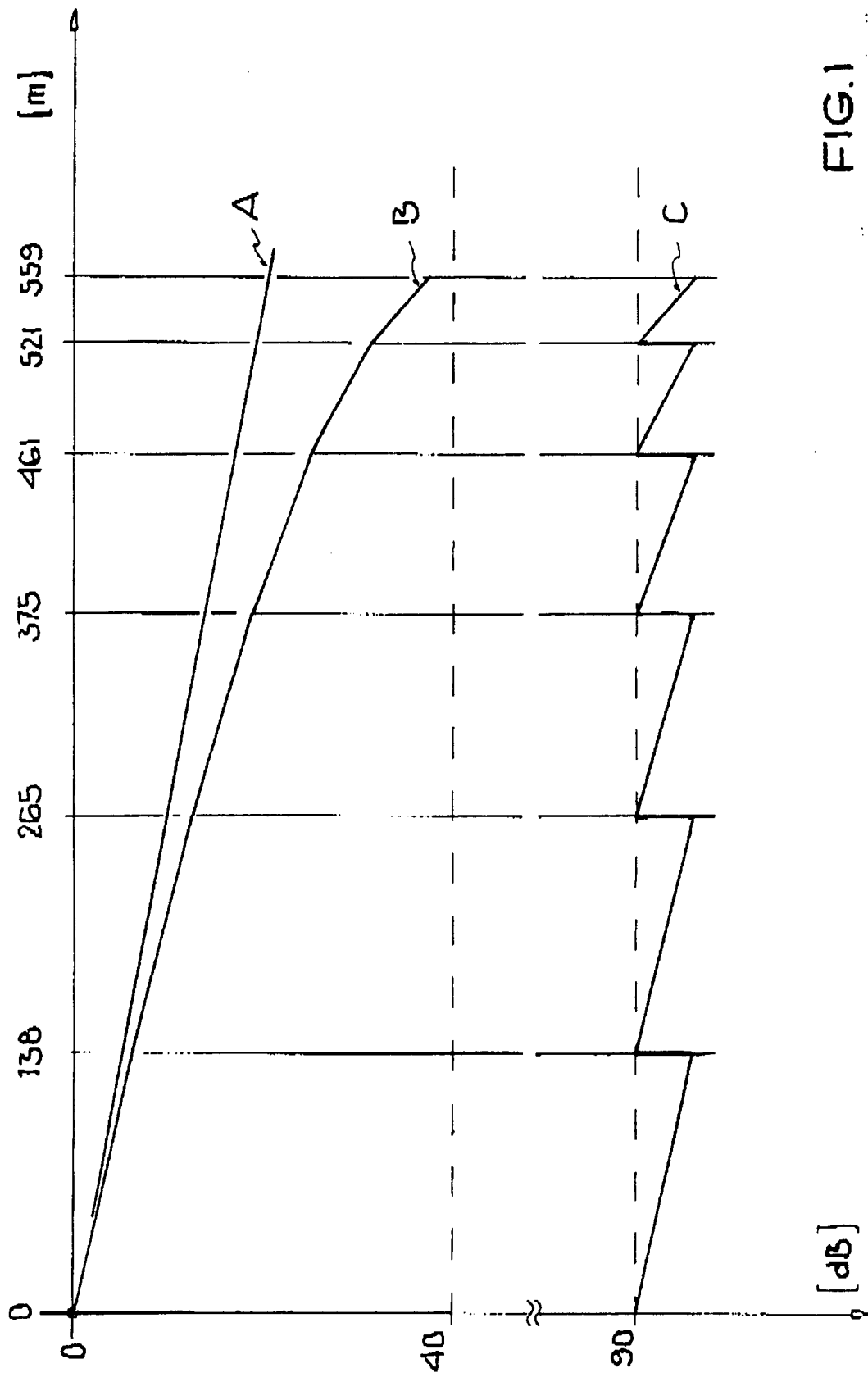


FIG.1

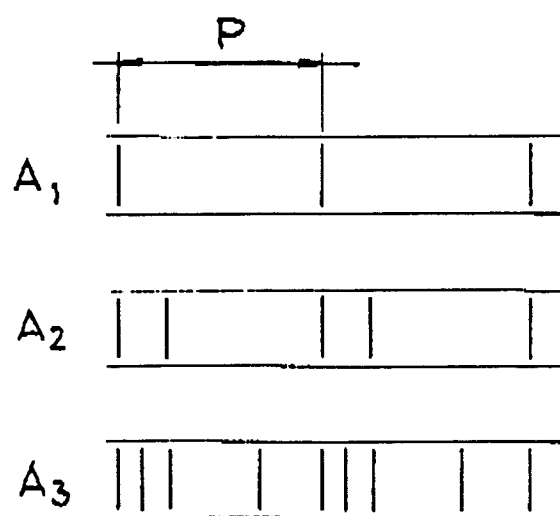


FIG.2

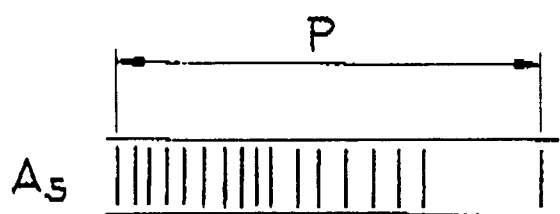


FIG.3



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 92 10 2246

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
A	EP-A-0 028 500 (BICC LTD) * Seite 7, Zeile 7 - Seite 8, Zeile 16; Abbildungen 1,2 * ---	1,2,4,5	H01Q13/20
A	EP-A-0 300 147 (AEG KABEL AG) * Spalte 2, Zeile 4 - Zeile 27; Abbildung * ---	1,8,11, 12	
A	EP-A-0 375 840 (AEG KABEL AG) * Seite 4, Zeile 10 - Zeile 25; Abbildung 1 * ---	1,3,6,8, 9	
A	FR-A-2 123 080 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES LTD) * Seite 3, Zeile 25 - Zeile 33; Abbildung 2 * ---	1,2,8,10	
A	FR-A-2 420 857 (KABEL-UND METALLWERKE GUTEHOFFNUNGSHÜTTE AG) * Seite 5, Zeile 4 - Seite 6, Zeile 28; Abbildungen 4,5 * ---	1	
A	NTG-FACHBERICHTE-Band 57; NTG-FACHTAGUNG "ANTENNEN", 8-11 März 1977, Bad Nauheim, DE VDE-Verlag GmbH, Berlin, DE, 1977 U. PETRI: "Die Berechnung von offenen Koaxialkabeln für die UKW-Funkversorgung laengs Fahrspuren" Seiten 222-226 *Seite 225, Zeile 5-Seite 226, Zeile 16; Figuren 3,4* -----	1,8,9	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5) H01Q H01P
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchanort DEN HAAG	Abschlußdatum der Recherche 21 MAI 1992	Prüfer DEN OTTER A.M.	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument ----- & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	