

Das Weltseekabelnetz

Autor(en): **Timmerman, W. / Dawidziuk, B.M. / Hvidsten, T.N.M.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Pionier : Zeitschrift für die Übermittlungstruppen**

Band (Jahr): **40 (1967)**

Heft 8

PDF erstellt am: **25.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-562774>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Das Weltseekabelnetz²

1. Nachrichtenmittel vor 1956

Vermutlich hätte die Weltgeschichte einen anderen Verlauf genommen, wenn der Nachrichtenverkehr zwischen den Ländern der Erde die heutigen Einrichtungen, Bequemlichkeiten und Gütenormen gehabt hätte. Marco Polo (1254 bis 1324) hätte nicht sein Leben in Gefahr bringen müssen, um ein Handelsmonopol mit dem Osten zu errichten, denn heute hat jedermann direkten Zugang zu den Produktionszentren für die Beschaffung von lebensnotwendigen oder gemeinnützigen Dienstleistungen, Nahrungsmitteln und Gütern. Jahrhunderte hindurch ist der Handel tatsächlich der Hauptantrieb gewesen, der Männer in die entferntesten Teile unseres Planeten führte, um Vorteile für sich oder ihr Land zu gewinnen. Heute verlangt die Wirtschaft jedes Landes einen Handelsausgleich, andernfalls leidet der Wohlstand des Landes. Das Fehlen eines angemessenen Nachrichtenverkehrs mit der Aussenwelt beeinträchtigt sowohl das Handelsvolumen als auch die Konkurrenzfähigkeit eines Landes. Diese Tatsachen können nicht mehr unbeachtet bleiben noch kann ihre Tragweite als unbedeutend angesehen werden.

1.1 Die Notwendigkeit des Nachrichtenverkehrs wächst ständig

Forschungen nach einem Zusammenhang zwischen Nachrichten- und Handelsvolumen ergaben, dass beim Vorhandensein von Fernmeldeleitungen hoher Güte zu mässigen Preisen die Gesamteinnahmen aus dem Fernmeldeverkehr zwischen zwei Ländern im Durchschnitt, gering gerechnet, 0,5 % des gesamten Handelsvolumens zwischen den beiden Ländern beträgt [1,2]. Dieses Ergebnis geht aus Tabelle I hervor.

Allgemein wurden diese Vorbedingungen nur dort angetroffen, wo die Übertragung durch verhältnismässig geringe Investitionen erfordernde Koaxialkabel oder Mikrowellen-Richtstrahlssysteme erfolgte. Wo die Entfernungen grösser

wurden und die Strecken nicht über Land gingen, sondern Meere zu kreuzen hatten, verhinderten zunächst technische Schwierigkeiten und dann der Kapitalbedarf die Beschaffung von Sprechkreisen hoher Güte. Die Einnahmen aus diesem internationalen und interkontinentalen Nachrichtenverkehr stellen nur einen Bruchteil des Möglichen dar, wobei besonders das Fernsprechwesen, bei dem der grösste Anteil der Gebühren anfällt, noch in den Kinderschuhen steckt. Ein weiterer Anreiz vom Standpunkt des Telephonbetriebs ist die Tatsache, dass die Bedienungskosten in den Endämtern beim Fernsprechen nur etwa ein Achtel derjenigen bei der Telegraphie betragen. Da der internationale Handel im Mittel um 6...7 % im Jahr wächst, ist der zu erwartende Gebührenerfall aus dem internationalen Nachrichtenverkehr offensichtlich enorm und wartet nur auf die Einführung rationeller und qualitativ hochwertiger Übertragungssysteme.

1.2 Telegraphenkabelnetz

Beim internationalen Weitverkehr übernahmen die Telegraphenkabel in der Mitte des vorigen Jahrhunderts von den Schiffen die Aufgabe schnellster Nachrichtenübermittlung. Das Kabellegen war zur damaligen Zeit der kleinen Schiffe und beschränkten technischen Möglichkeiten wegen kein besonders einfaches Geschäft; es wurden trotzdem grosse Summen in dieses Nachrichtenverkehrsmittel investiert. Praktisch haben sich sämtliche Kabel inzwischen bezahlt gemacht, gleichzeitig haben sie aber die Ausbreitung des Weltnachrichtenverkehrs gefördert. Heute verlassen sich die Regierungen, die internationale Geschäftswelt und Privatpersonen auf diese Einrichtungen. Wie zu erwarten war, folgten die Seekabel bereits bestehenden Schiffsrouten und verbanden die Handelszentren als die hauptsächlichsten Verkehrserzeuger in den Entwicklungsländern. Telegraphenseekabel haben sich als sehr zuverlässiges Verkehrsmittel erwiesen; wenn sie einmal gelegt sind, sind sie gegen störende Eingriffe von aussen praktisch unverletzbar. Allerdings konnten sie den Verkehr nicht direkt an landeinwärtsgelegene Punkte bringen, ohne von Umsetzern Gebrauch zu machen; ausserdem war ihre

² Leicht gekürzter Nachdruck, mit freundlicher Bewilligung des Laboratoire central de télécommunications, Paris, aus «Elektrische Nachrichtentechnik» Nr. 1/1966, S. 82...93.

Tabelle I Fernmeldegebühren der Britischen PTT-Verwaltung

	Gesamteinnahmen aus dem britischen internationalen Fernmeldeverkehr 1963/64 in 1000 £							
	Telephon	Telex	Telegraph	Spalten 1..3 gesamt	Gesamteinnahmen in beiden Ländern in Mio £	Handelsvolumen beider Länder in Mio £	Prozentueller Anteil der Gebühren am Handelsvolumen	Gebühr für ein 3-Minuten-Gespräch in sh
	1	2	3	4	5 (=2×4)	6	7	8
Grossbritannien-Frankreich	930	129	212	1271	2,550	348	0,73	6/—
Grossbritannien-Niederlande	510	175	77	762	1,320	384	0,34	7/—
Grossbritannien-Belgien	301	84	57	442	0,880	193	0,45	7/—
Grossbritannien-Deutschland	923	369	171	1463	2,930	448	0,65	10/—
Grossbritannien-Norwegen	190	140	69	399	0,800	153	0,52	16/—
Grossbritannien-Schweden	316	162	80*	558	1,120	336	0,33	16/—
Grossbritannien-USA	2192	633	450*	3275	6,550	859	0,76	60/—

* geschätzt

£ = Pfund Sterling = ca. Fr. 12.—

sh = Shilling = ca. Fr. —.60

Verkehrskapazität begrenzt. Andererseits gestatten Erdkabel, Nachrichtenverkehr an mehreren Stellen längs der Strecke aufzunehmen und abzugeben, wodurch die Auslastung des Kabels merklich verbessert wird. Der Telegraphenverkehr ist gegenüber dem Telephonverkehr insoweit im Vorteil, als er nicht durch Zeitunterschiede, Warten auf sofortige Verbindung und Zeitverlust beim Rückrufen der Teilnehmer beeinträchtigt wird, so dass ein sehr hoher Wirkungsgrad zu erreichen ist.

Technisch sind die Telegraphenseekabel nicht viel über den Stand von 1856 hinausgewachsen. Die Kanalaufteilung und in manchen Fällen der Einsatz von Zwischenverstärkern haben die Kanalkapazität des Kabels vergrößert, jedoch ist die höchste bekannte Kanalzahl immer noch nur zwölf.

1.3 Kurzwellen-Richtfunk

Durch die Arbeiten von Marconi und durch die Entwicklung von leistungsfähigen Vakuumröhren wurden neue Wege zur Übertragung auf weite Entfernungen gangbar gemacht. Infolge der verhältnismässig geringen Kosten und des hohen Richtvermögens der Antennenanlagen sowie der Möglichkeit, zu verabredeten Zeiten Verbindung mit in verschiedenen Richtungen liegenden Stationen aufzunehmen, stand dem Kurzwellen-Richtfunk von Anfang an ein weites Anwendungsgebiet offen. Und tatsächlich findet sich heute fast in jedem Lande der Erde zumindest eine dieser für hohe Leistungen ausgerüstete Funkanlage. Ursprünglich beschränkte sich das Arbeitsgebiet dieser Anlagen auf die Übertragung von Telegraphiesignalen. Doch bald erweiterte es sich auf Telephoniekanäle von 2400 Hz Bandbreite nach CCIR-Empfehlung und schliesslich auf vier Sprechkreise je Sender mit Einseitenbandübertragung.

Obgleich solche Übertragungen dem Einfluss von Erscheinungen unterworfen sind, die durch Schwund und Sonnenflecken hervorgerufen werden, und obgleich die Zahl der möglichen Trägerfrequenzen durch die stets wachsende Nachfrage beschränkt ist, hat die Erfahrung doch gezeigt, dass, wo es sich um nur wenige Sprechkreise handelt, eine

Kurzwellenanlage die wirtschaftlichste Übertragungsart bietet. Es ist daher zu erwarten, dass auf geraume Zeit hinaus manche Länder mit geringem Verkehrsangebot sich ausschliesslich dieser Übertragungsform zur Überbrückung von grossen Entfernungen bedienen werden.

1.4 Die ersten Fernsprechseekabel

Bei den ersten Fernsprechseekabeln erforderte jeder Sprechkreis eine Doppelleitung, die je nach Länge des Kabels bespult oder unbespult war. Die meisten dieser Kurzstrecken-Seekabel sind noch heute in Betrieb und gewähren eine vollkommen hinreichende Übertragungsgüte. Für sehr grosse Entfernungen würden diese Leitungen jedoch hinsichtlich Signalverzerrung, Pegelstabilität und Systemgeräusch den heute üblichen Anforderungen an interkontinentale Leitungen nicht mehr genügen. Zur Verbesserung ihrer Übertragungseigenschaften; und damit zur Verlängerung ihrer Reichweite, wurde schon vor Ausbruch des letzten Weltkrieges in Grossbritannien und in den Vereinigten Staaten die Entwicklung von Unterwasserverstärkern aufgenommen. So baute im Jahre 1943 die Britische PTT-Verwaltung (GPO) ihre ersten starren, mit Gleichstrom gespeisten Unterwasser-Zweidrahtverstärker in ein Kabel ein, das zwischen England und Irland verlegt wurde. Im Jahre 1946 wurde ein ähnlicher Verstärker in einem Kabel zwischen Grossbritannien und Deutschland verwendet [3]. Während sich das Interesse Englands hauptsächlich auf Zwischenverstärker für Flachseegewässer zur Verwendung rund um die britischen Inseln richtete, zielten amerikanische Entwicklungsarbeiten auf Verstärker für grosse Meerestiefen ab. Die beim Legen von Seekabeln mit Bewehrung üblicher Art bestehenden Probleme zwangen die Konstrukteure, einen biegsamen Zwischenverstärker mit kleinem Durchmesser zu entwickeln, der zusammen mit dem Kabel bewehrt wurde. Dadurch kann der Verstärker zusammen mit dem Kabel auch über die Legevorrückung des Schiffes abrollen und sich frei drehen, so dass Kabelknicke vermieden werden. Allerdings konnten Richtungsweichen, die beim Betrieb über ein einziges Kabel in beiden

Tabelle II Technische Daten der ersten Unterwasserverstärker

Verbindung	Jahr	Art des Zwischenverstärkers	Art des Kabels	Anzahl der 4-kHz-Sprechkreise	Höchste Frequenz kHz	Verstärkung dB	Abstand der Verstärker sm	Zwischenverstärker-Spannung V	Speiestrom mA	Lieferant
Grossbritannien—Deutschland	1946	einseitig	Spezial	5	44	75	**	240	630	GPO
Key West—Habana	1950	biegsam	0,46" PE	24	108*	65	36	60	230	WE
Niederlande—Dänemark	1950	einseitig	0,935" PE	36	356	62	40	220	715	STC
Grossbritannien—Niederlande	1950	einseitig	0,62" Pg	60	552	60	16	250	316	GPO
Schottland—Norwegen	1954	zweiseitig	0,935" PE	36	352	58,8	38,8	125	311	STC
TAT-1 (Überquerungsstrecke)	1956	biegsam	0,62" PE	36	164*	60,7	37,5	63	225	WE
TAT-1 (kanadischer Abschnitt)	1956	zweiseitig	0,62" PE	60	552	60	20,4	123	316	STC

* Übertragung in einer Richtung. Für den vollständigen Sprechkreis sind zwei Kabel erforderlich

** 1 Zwischenverstärker auf 197 sm

sm = Seemeile

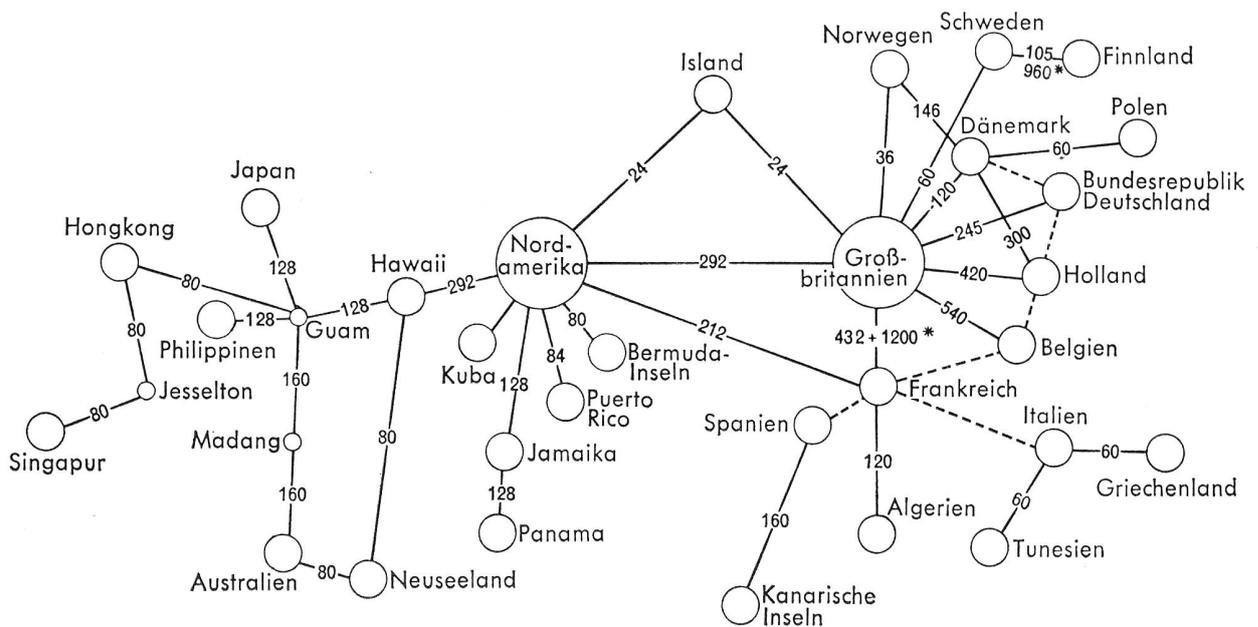
PE = Polyäthylen Dielektrikum

Pg = Paragutta Dielektrikum

GPO = Britische PTT

WE = Western Electric Company (USA)

STC = Standard Telephones and Cables Ltd



* Mikrowellen – faisceau hertzien

Fig. 1 Gegenwärtiger Stand des Seekabelnetzes und Anzahl der Fernsprechkreise

Übertragungsrichtungen unvermeidlich sind, nicht im Kabel untergebracht werden. Hieraus entstand die Zweikabelpraxis der American Telephone and Telegraph Company (ATT). Das erste Kabel dieser Art wurde 1950 zwischen Key West in Florida und Habana auf Kuba gelegt [4].

Ermutigt durch den Erfolg des ersten Kabels mit Zwischenverstärkern und durch die wachsende Nachfrage nach direkten Fernsprechkreisen, legten Grossbritannien und andere europäische Länder Kurzstrecken-Flachseekabel mit Zwischenverstärkern der Standard Telephones and Cables Ltd (STC). Einige technische Daten dieser Zwischenverstärker sind in Tabelle II angegeben.

2. Internationale Seekabelsysteme 1956 bis 1965

Figur 1 zeigt den gegenwärtigen Stand des weltumspannenden Seekabelnetzes und die Zahl der verfügbaren Telephon-Sprechkreise. Heute besteht kein Zweifel, dass Fernspreckabel wirtschaftlich sehr lohnend sind und dass das anfänglich in die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit dieser Kabel gesetzte Vertrauen vollauf gerechtfertigt war.

2.1 Überbrückung des Atlantischen Ozeans

Der grosse Erfolg des Nahverkehrs-Seekabels bildete die Grundlage für ehrgeizigere Pläne, auch den Atlantischen Ozean mit drahtgebundenen Telephonikanälen zu überbrücken. Die in Grossbritannien und USA vorliegenden Erfahrungen wurden ausgetauscht, und das erste transatlantische Kabel wurde geplant, gebaut und verlegt. Es wurde unter dem Namen Trans-Atlantic Telephone Cable 1 (TAT-1) bekannt [5].

Die biegsamen Einweg-Zwischenverstärker amerikanischer Konstruktion wurden mit dem konventionellen, mit Stahldraht bewehrten Kabel von 0,62 Zoll Durchmesser zur Überkreuzung der tiefen Teile des Atlantiks verwendet. Die systembedingte Spannung von 2000 V schloss die Möglichkeit aus, ein direktes Kabel zwischen den USA und Grossbritannien zu legen. Deshalb wurde eine weiter nordwärts gelegene, kürzere Route gewählt, ähnlich wie im Falle des ersten transatlantischen Telegraphenkabels. Landungspunkte wurden in Oban (Schottland) und Clarenville (Neufundland) gewählt.

Es wurde für jede Übertragungsrichtung ein Kabel verwendet. Ursprünglich waren damit 36 Sprechkreise von je 4 kHz vorhanden; seit 1956 ist durch die Zulassung von Schmalbandkanälen von je 3 kHz und die Anwendung des «Time-Assignment Speech Interpolation» (TASI)-Verfahrens [6,7] die Bereitstellung von 84 Sprechkreisen möglich geworden.

Die grösste Kabelstrecke im Atlantik enthält 102 Zwischenverstärker. Jeder ist mit einer dreistufigen Verstärkerschaltung ausgerüstet. Versagt auch nur eine der 306 Vakuumröhren den Dienst, dann würde das ganze System ausfallen; es ist daher als ein Merkmal der erreichten Zuverlässigkeit zu betrachten, dass nach zehn Jahren ununterbrochenen Betriebes immer noch störungsfreier Betrieb gewährleistet ist.

Die britische Erfahrung mit gemeinsamen Zwischenverstärkern für beide Übertragungsrichtungen in Flachseekabeln wurde auf dem Kabelabschnitt angewendet, der sich von Neufundland zum kanadischen Festland erstreckt. Hier wurde ein einziges Kabel mit Zwischenverstärkern für 60 Sprechkreise bei einem Kanalabstand von 4 kHz vorgesehen, wobei die überschüssige Zahl von Sprechkreisen für den örtlichen kanadischen Telephonverkehr ausgenutzt wird.

Die Inbetriebnahme des ersten transatlantischen Kabels im Jahre 1956 kennzeichnete den Anfang eines neuen Zeitabschnitts in der Entwicklung des Weltnachrichtenverkehrs. Der zuverlässige Tag- und Nachtdienst ohne atmosphärische Störungen hat das Anwachsen des Telephonverkehrs so angeregt, dass er sich im ersten Betriebsjahr nahezu verdoppelte und während der Hauptverkehrsstunde sämtliche verfügbaren Sprechkreise in Betrieb standen.

Weitere Kabel mussten gelegt werden. 1959 wurde TAT-2, eine Nachbildung des Kabels TAT-1, zwischen Amerika und Europa gelegt. Der Landepunkt dieses Kabels war in Frankreich. Hierdurch wuchs die Nachfrage aber nochmals an. Innerhalb eines Jahres schon war die Betriebskapazität voll ausgenutzt, so dass wieder Schmalbandkanäle von 3 kHz und das TASI-Verfahren eingeführt werden mussten.

Der wirtschaftliche Vorteil von gemeinsamen Zwischenverstärkern für beide Übertragungsrichtungen und somit eines einzigen Kabels war bei der Planung der Weitverkehrskabel von Anfang an bekannt und nur durch das Problem unmöglich gemacht worden, in tiefem Wasser einen starren Zwischenverstärker vorzusehen, der mit einem bewehrten Kabel verspleisst werden konnte. Die Lösung ergab sich durch die Erfindung des Leichtkabels [8] der Britischen PTT. Im neuen Kabel wird die erforderliche Zugfestigkeit durch ein in der Kabelachse liegendes Stellsel sichergestellt. Das Kabel ist gemäss Konstruktion torsionsfrei. Der Innenleiter ist aus Kupfer, der Aussenleiter aus Aluminium, während der Kabelmantel aus Polyäthylen besteht. Bewehrungsdrähte zum Schutz in tiefem Wasser sind nicht erforderlich.

Die Verfügbarkeit dieses Kabels und die Entwicklung von neuen Einrichtungen zur Kabelverlegung von seiten der Britischen PTT-Verwaltung und der ATT beseitigten die Hauptschwierigkeiten beim Legen von nicht biegsamen Zwischenverstärkern für beide Übertragungsrichtungen.

Einkabelsysteme mit einer grossen Zahl von Sprechkreisen wurden damit ausführbar, und so wurde im Jahre 1961 das erste rein britische Kabel mit STC-Zwischenverstärkern für 80 Sprechkreise zu je 3 kHz (CANTAT) zwischen Kanada und Schottland gelegt [8].

Durch das CANTAT-Kabel wurde die Zahl der transatlantischen Sprechkreise auf 248 erhöht. Im Jahre 1962 wurde für den Bedarf der International Civil Aviation Organization (ICAO) ein Kabel ähnlicher Art, doch mit nur 24 Sprechkreisen, von Schottland über Island und Grönland nach Neufundland verlegt [9].

Das Kabel TAT-3 mit Unterwasserverstärkern für 128 Sprechkreise [10] nach Angaben des Bell Systems wurde 1963 gelegt und verbindet die Vereinigten Staaten direkt mit Grossbritannien. Dadurch wurde das Gebiet von Neufundland und somit die Gefahr einer Beschädigung der Kabel durch Fischdampfer gemieden.

Das Kabel TAT-4 (Figur 2), das die Vereinigten Staaten mit Frankreich seit September 1965 verbindet, erhöhte die Gesamtzahl der transatlantischen Sprechkreise auf 528. Bei den Kabeln CANTAT, TAT-3 und TAT-4 könnte die Anzahl der Sprechkreise durch Anwendung des TASI-Verfahrens noch weiter erhöht werden.

2.2 Das Kabelsystem des Commonwealth

2.2.1 Das COMPAC-System

Die Regierungen des British Commonwealth kündigten 1958 ein Projekt eines weltumspannenden Kabelsystems an. Die Grundlage dafür bildeten das neue Leichtkabel und die bei CANTAT so erfolgreich verwendeten Unterwasserverstärker für 80 Sprechkreise. CANTAT sollte auch das erste Glied dieses Systems bilden.

Die Pläne, Australien und Neuseeland mit Kanada zu verbinden, wurden 1964 durch die Verlegung des Commonwealth-Pacific (COMPAC)-Kabels verwirklicht. Es verbindet Hawaii mit Vancouver (zum Anschluss an das amerikanische Kabelnetz) und erstreckt sich über die Fidschi-Inseln, Auckland und Sydney [11].

Bei diesem Kabel wird ein Zwischenverstärker mit einer Verstärkung von 55 dB bei 608 kHz verwendet. Das Kabel bietet eine Bandbreite von 240 kHz in beiden Übertragungsrichtungen sowie ein umfassendes Überwachungssystem. Die Zwischenverstärker sind in Abständen von 26,3 Seemeilen (≈ 50 km) in das 0,99-Zoll-Leichtkabel (25,146 mm) der Britischen PTT-Verwaltung (Mark I) eingebaut.

Die längste ununterbrochene Kabelstrecke ist jene von Hawaii nach den Fidschi-Inseln; sie ist 3073 sm (5700 km) lang und enthält 118 Zwischenverstärker. Ein derartig langes Kabel benötigt zur Speisung der Verstärker eine Stromspeisung an beiden Endpunkten und einen Strom von 430 mA bei $2 \times 6,3$ kV.

Auf der Strecke London–Sydney wurden ausgezeichnete Übertragungseigenschaften festgestellt. Auf dieser fast 26 000 Kilometer langen Strecke blieb das Leitungsrauschen unter 1 pW/km.

2.2.2 Das SEACOM-System

Der südostasiatische Zweig des Commonwealth-Kabels (SEACOM) soll 1966 fertiggestellt sein. Der Zweig Hongkong–Jesselton–Singapore enthält die normalen Zwischenverstärker für 80 Sprechkreise und wurde Anfang 1965 in Dienst gestellt. Das Kabel zwischen Hongkong und Guam ist ebenfalls für 80 Sprechkreise vorgesehen, jedoch werden in den Kabelabschnitten Guam–Madang und Madang–Cairns neue Zwischenverstärker für 160 Sprechkreise benutzt.

2.3 Amerikanische Kabelsysteme

Ausser den bereits erwähnten vier transatlantischen Kabeln hat die ATT mehrere Kabel in der Karibischen See und im Pazifischen Ozean gelegt.

Das erfolgreich im TAT-1 benutzte Einseitenbandsystem wurde auch bei der Bereitstellung von Sprechkreisen nach Hawaii, Puerto Rico und Alaska verwendet.

Der von den Bell Laboratories konstruierte starre Zwischenverstärker für beide Übertragungsrichtungen und für 128 Sprechkreise auf einem einzigen, unbewehrten Kabel (SD-System) wurde vor der Verwendung beim Kabel TAT-3 auf der Strecke Florida–Panama über Jamaika erprobt. Danach wurde ein transpazifisches Kabel zwischen den Vereinigten Staaten und Japan über Hawaii, Midway, Wake und Guam mit Abzweigung nach den Philippinen gelegt [10]. Im SD-System wird ein Zwischenverstärker für 128 Sprechkreise mit einer Verstärkung von 50 dB bei 1052 kHz verwendet.

Dieser Verstärker bietet ein Band von 414 kHz in beiden Übertragungsrichtungen nebst der erforderlichen System-

überwachung. Durch die Verwendung des 1-Zoll-Leichtkabels (25,4 mm) der Bell Laboratorien können die Zwischenverstärker 20 sm (37 km) auseinander liegen.

Fast 1000 Zwischenverstärker dieser Art sind zwischen Anfang 1963 und Mitte 1965 gelegt worden. Es wurden Übertragungseigenschaften sehr hoher Qualität erzielt.

Die europäischen Hauptstädte sind nun durch Seekabel und über die Kontinentalstrecken von Kanada und USA mit Japan verbunden, eine Entfernung von etwa 25 000 km.

Die längste mit einem einzigen Kabel geführte Strecke ist 7000 km lang. Sie verbindet die Vereinigten Staaten mit Frankreich und enthält ungefähr 200 Unterwasser-Zwischenverstärker, die einen Speisestrom von 389 mA bei einer Spannung von 3000 V/1000 sm benötigen.

2.4 Das gegenwärtige Seekabelnetz

Bei einem Vergleich der Entwicklung der Telegraphen- und der Telephonseekabel fällt die Analogie auf. Diese Entwicklung ist auch offensichtlich, wenn man die Telephondichte in der Welt betrachtet, die besonders in Nordamerika und Westeuropa gross ist. Nach dieser Dichte sind die internationalen Handelsbeziehungen sowie politische und ethnologische Bindungen von Bedeutung.

Obwohl die Nachfrage nach weltweiten Nachrichtenverbindungen in einem gewissen Masse vom Lebensstandard und vom Bruttosozialprodukt je Kopf der Bevölkerung beeinflusst wird, dürfte es keinem Zweifel unterliegen, dass durch Dritte finanzierte Kabelverbindungen sichere und ertragreiche Investitionen gewähren.

Gemessen an den geltenden Fernsprechgebühren und Mietsätzen für Leitungen bringen Seekabel moderner Art und Sprechkreiszahl eine Rendite von jährlich 15 % des investierten Kapitals. Mit Zinsen und Zinseszinsen wird das investierte

Kapital innerhalb von fünf Jahren amortisiert — also eine in jeder Hinsicht attraktive Investition. Manche jetzt in Betrieb befindlichen Kabel werden sogar in kürzeren Zeiten amortisiert sein. Nach heute üblicher Vereinbarung zwischen Kabelbesitzer und Fernmeldeverwaltung erhält diese die Hälfte aller Einnahmen.

3. Das wachsende Nachrichtenverkehrsnetz

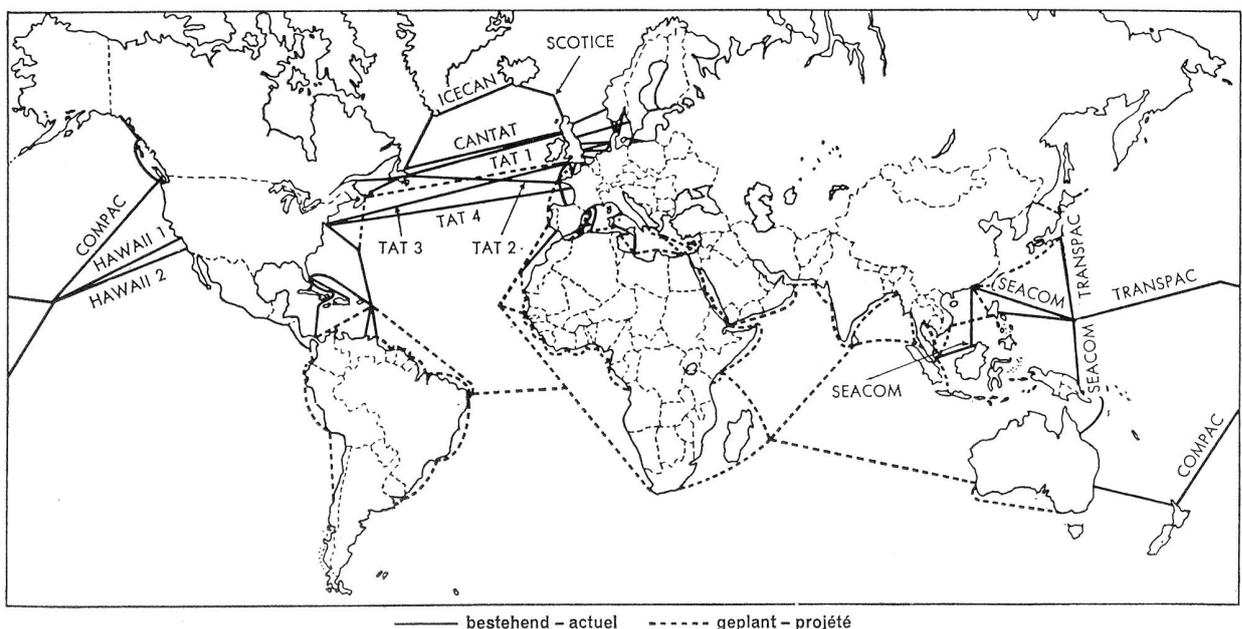
Figur 3 zeigt das Seekabelnetz, das vermutlich Ende der 70er Jahre vorhanden sein wird. Einige der neuen Strecken sind bereits in einer vorgerückten Stufe der Planung oder Projektierung [2].

3.1 Verkehrswachstum

Der Weltnachrichtenverkehr hat seit 1946 eine ständige Ausweitung erfahren, und die Verbesserung des Kurzwellenfunks hat in Grossbritannien die Zahl der Überseegespräche (unter Ausschluss des europäischen Kontinents) jährlich um etwa 10 % anwachsen lassen. Der gesamte Weltverkehr, mit den Vereinigten Staaten an der Spitze, nahm mit 13 % im Jahr etwas schneller zu.

Seit der Inbetriebnahme des ersten Telephon-Seekabels (TAT-1) haben sich die Zuwachsraten beträchtlich erhöht. Die Zahl der transatlantischen Sprechkreise zwischen England und den USA ist in der Zeit zwischen 1956 und 1965 von 50 auf über 300 (oder um 20 % im Jahr) gestiegen. Ein Jahr nach der Inbetriebnahme waren diese Sprechkreise in der Hauptverkehrsstunde voll ausgelastet. Die Wachstumsrate des Verkehrs über Kabel, die in den Vereinigten Staaten enden, zeigen eine ähnliche Entwicklung (Figur 4).

Eine zusätzliche, interessante Erscheinung ist das Längerwerden der Gesprächsdauer, wenn Sprechkreise hoher Qualität



267 Fig. 3 Telephon-Seekabelnetz, wie es für 1980 vorausgesagt wird

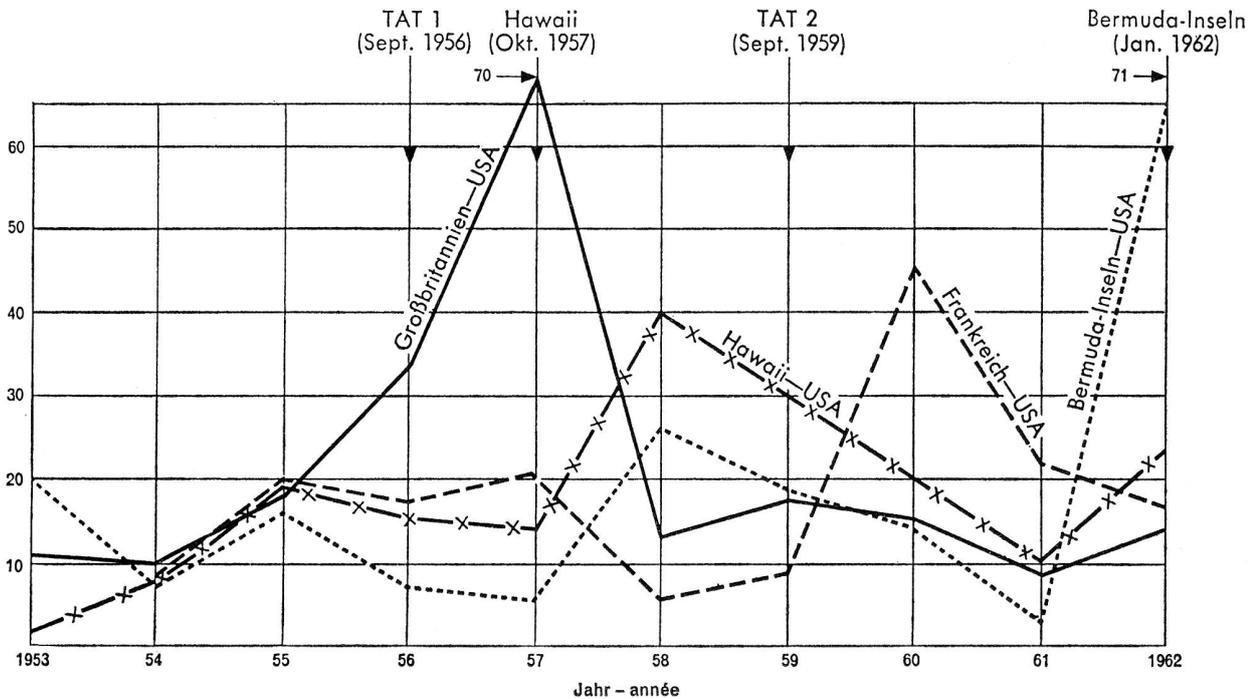


Fig. 4 Jährliche Zuwachsrate im internationalen Telefonverkehr der USA

zur Verfügung gestellt werden. Der karibische und nordatlantische Verkehr zeigt ein Anwachsen der mittleren Gesprächsdauer von sechs auf acht Minuten und damit eine Gebührenerhöhung und erhöhte Ausnutzung der vorhandenen Sprechkreise. Bei transatlantischen Verbindungen muss man immer noch Wartezeiten in Kauf nehmen, die mit dem Vormerken gewünschter Gespräche verbunden sind. Die Auswirkung von sofort zur Verfügung stehenden Leitungen kann am besten beim internationalen Selbstwählverkehr festgestellt werden. Allein in London, wo die Selbstwahl zwischen London und Paris eingeführt wurde, hat sich die Zahl der Gespräche auf dieser Strecke in einem Jahr um 22 % erhöht.

Eine wirtschaftliche jährliche Verkehrswachstumsrate unter Vermeidung von Überinvestitionen, aber auch Vermeidung von längeren Wartezeiten, dürfte bei den gegenwärtig geltenden Gebühren nicht unter 20 % liegen. Berücksichtigt man die Tendenz, direkte Leitungen zwischen den wichtigsten internationalen Ämtern der einzelnen Staaten vorzusehen und damit das Vermittlungspersonal zu verringern, dann ist die Wachstumsrate des Bedarfs an Sprechkreisen um 3..4 % kleiner, also etwa 16 % im Jahr oder eine Verdoppelung des Bedarfs an Leitungen in etwa viereinhalb Jahren. So würde die Strecke zwischen USA und beispielsweise bis 1970 weitere 300 bis 360 Sprechkreise benötigen, um den wachsenden Bedarf an Sprechkreisen decken zu können.

Eingehende, die ganze Welt umfassende Studien des CCITT/CCIR [12], der STC [2] und anderer Stellen ergaben Schätzwerte, wonach die Gesprächsmöglichkeiten bei Überseekabeln zwischen 1965 und 1970 verdoppelt werden müssten, das heißt von 3500 auf 7000 Sprechkreise. Die Streckenführung der zusätzlichen Sprechkreise ist teils über Land, teils durch

das Meer vorgesehen. Die prozentuale Aufteilung steht noch nicht fest, und die neuen Seekabelsysteme können deshalb zwischen 700 und 1750 Sprechkreise haben.

3.2 Streckenführung

Die Vorteile der sehr zuverlässigen Seekabel können nur voll ausgenutzt werden, wenn der Streckenführung sorgfältige Beachtung geschenkt wird. Die Kabel müssen nicht nur Verkehrsknotenpunkte miteinander verbinden; es müssen auch andere Faktoren berücksichtigt werden, wie geringe Wartungsanforderungen, Aufnahme und Abgabe von Verkehr an Verzweigungspunkten, geographische und Handelsgesichtspunkte. Die bestehenden Telegraphenkabel geben hierbei wichtige, aus der Erfahrung hervorgehende Hinweise. Die in Figur 3 durch ausgezogene Linien angedeuteten Strecken beziehen sich auf bestehende Einrichtungen. Die gestrichelten Linien zeigen den Bedarf an Kabeln über neue Strecken an, wie er etwa nach der Analyse der Weltverkehrszentren und ihrer Nachfragen nach Fernsprechleitungen für Ende der 70er Jahre vorausgesehen werden kann. Auch bei den bereits gelegten Kabeln dürfte eine Erhöhung der Zahl der Sprechkreise erforderlich werden. Das Hauptwachstum wird für den Südatlantik, das Mittelmeer, den Indischen Ozean und den Fernen Osten vorausgesehen. In diesem Zusammenhang mag erwähnt werden, dass die Internationale Fernmeldeunion (UIT) einen Weltvermittlungsplan vorgelegt hat, der eine Anzahl von Durchgangsverkehrszentren (CT = Centre de Transit) vorsieht. Diese müssen durch qualitativ hochwertige Übertragungsleitungen miteinander verbunden werden.

3.3 Seekabel für den weltweiten Bedarf.

Politische und wirtschaftliche Bindungen begünstigen Seekabelprojekte. Da die Anzahl der interessierten Partner klein ist, werden Planung, Finanzierung und Lösung der betrieblichen Probleme erleichtert.

Aus Kosten- und Planungsgründen neigt man zu Kabeln grosser Kapazität (360 oder mehr Sprechkreise) für die Hauptstrecken und Kabel kleinerer Kapazität für die Zubringer- oder Abzweigstrecken. Es kann auch erwartet werden, dass bei gewissen Überlandstrecken einem Seekabelsystem gegenüber einem Mikrowellen- oder Scatter-System der Vorzug gegeben wird. Als Gründe hierfür mögen erwähnt werden: a) schwierig zu überbrückendes Gebiet, b) schwieriger Zugang für Wartungsarbeiten, c) Mangel an örtlichen Betriebsstromquellen. Beispiele für solche Verhältnisse findet man in Dschungel- oder Wüstenstrecken, längs der Küsten von Afrika, im Mittleren Osten, in Australien und Südamerika. Seekabel gestatten eine grosse Vielseitigkeit in der Verwendung der Sprechkreise und in der Wahl des Übertragungsweges, da Sprechkreise bei Endämtern über Umwege in verschiedenen Kabeln weitergeführt werden können, je nach Bedarf des Verkehrs, ohne dass besondere Kosten oder eine Verschlechterung in der Übertragungsgüte zu befürchten sind. Schliesslich kann man in den Hauptverkehrszentren automatisches Umschalten jener Sprechkreise vorsehen, die nur zeitweise oder selten benutzt werden.

Mit dem Wachsen des Weltkabelnetzes in Länge und Kanal Kapazität darf man auch eine allmähliche Einführung des internationalen Selbstwählerdienstes erwarten.

Die Kosten je Sprechkreiskilometer hängen von der Anzahl der im Kabel zur Verfügung stehenden Sprechkreise ab; aus wirtschaftlichen Gründen werden daher für den internationalen Verkehr Kabelsysteme mit verhältnismässig grosser Sprechkreiszahl angestrebt.

Um dieser Nachfrage zu entsprechen, sind folgende Systeme in der Entwicklung:

3.3.1 Kabelsystem mit 360 Sprechkreisen britischer Bauart

Es sind bereits Konstruktionsunterlagen vorhanden, nach denen ein Zwischenverstärker für die Bandbreite von 1080 kHz in beiden Übertragungsrichtungen bei einer höchsten Leitungsfrequenz von 2964 kHz gebaut werden kann. Ein Dienstkanalsystem gestattet die Überwachung des Kabels im Betrieb. Der Abstand der Zwischenverstärker wird auf 10 sm geschätzt, wenn das 0,99-Zoll-Leichtkabel (25,146 mm) des GPO (Mark II) benutzt wird.

Diese Verstärker sind bei einem Systemgeräusch von 1 pW/km für Streckenlängen von bis 3500 sm geeignet und dürften in einigen grösseren Projekten Anwendung finden. Es wird erwartet, dass über 600 Zwischenverstärker dieser Konstruktion in der STC-Fabrik in North Woolwich gefertigt werden.

3.3.2 Das SF-System der Bell Laboratories

Ein transistorisierter Zwischenverstärker für 720 Sprechkreise ist für transatlantische Strecken vorgesehen.

Der Abstand der Verstärker bei einem 1,5-Zoll-Kabel soll etwa 9 sm sein. Die Verwendung von Transistoren verringert die Speisespannung und gestattet eine verhältnismässig hohe Verstärkung bei der höchsten Leitungsfrequenz von etwa 6 MHz. Wie für die früheren interkontinentalen Sprechkreise wird als Ziel ein Systemgeräusch von 1 pW/km genannt.

3.3.3 Das Kabelsystem mit 1280 Sprechkreisen britischer Konstruktion

Ein Kabel für die Übertragung von Frequenzen bis zu 10 MHz unter Verwendung von Transistorverstärkern wird zur Zeit in Grossbritannien entwickelt. Vermutlich wird ein Kabel grösseren Durchmessers verwendet werden, um einen Abstand der Zwischenverstärker von etwa 6 sm zu ermöglichen. Man erwartet auch, dass die Kosten für den Sprechkreis in einem solchen Kabel auf nicht mehr als 15 Dollar/sm zu stehen kommen.

4. Schlussfolgerungen

In den nächsten Jahren werden kommerzielle Satelliten direkt mit Kabeln konkurrieren. Solange das Vielfachzugangsproblem nicht wirtschaftlich gelöst ist, dürfte sich diese Konkurrenz auf die Strecken mit hohem Verkehr zwischen den Hauptverkehrszentren beschränken — also auf Betriebsverhältnisse, die ideal für Seekabel sind. Die endgültige Wahl wird nicht ausschliesslich von wirtschaftlichen Gesichtspunkten abhängig sein.

Es wäre verfrüht, eine Aussage darüber zu machen, welche Auswirkungen die Nachrichtensatelliten auf die ständige Ausweitung des Seekabelnetzes in der Welt haben werden. Die bisher erzielten Erfolge in der Raumfahrttechnik sind eindrucksvoll und verdienen grösste Bewunderung. Für die wirtschaftliche Bewertung eines Satellitensystems dürfte beim Vergleich mit Seekabeln, deren betriebliche Eigenschaften und Sprechkreiskosten bereits bekannt sind, folgendes ausschlaggebend sein: 1. die Möglichkeit, Gespräche an vielen Stellen zur Übertragung einzuschleiben oder abzunehmen, 2. die Übertragungslaufzeit und Echoerscheinungen, 3. die Lebensdauer des Satelliten und 4. die Sprechkreiskosten.

Der Kurzwellenfunk wird als wirtschaftlichste Weitverkehrsverbindung bei Bedarf von nur wenigen Sprechkreisen weiterbestehen.

Seekabel haben sich technisch und wirtschaftlich als einwandfreie Weltnachrichtenverbindungen erwiesen.

Der Bedarf an weiteren und besseren internationalen Verbindungen für grosse Entfernungen kann durch jede der genannten Ausführungsarten befriedigt werden, und es scheint sicher zu sein, dass das Weltverkehrsnetz von Jahr zu Jahr grösser werden wird.

W. Timmerman, B. M. Dawidziuk und T. N. M. Hvidsten¹

¹ Mitarbeiter der Standard Telephones and Cables Ltd (ITT), London.