

# ZUR TECHNISCHEN ENTWICKLUNG DER SEEKABEL

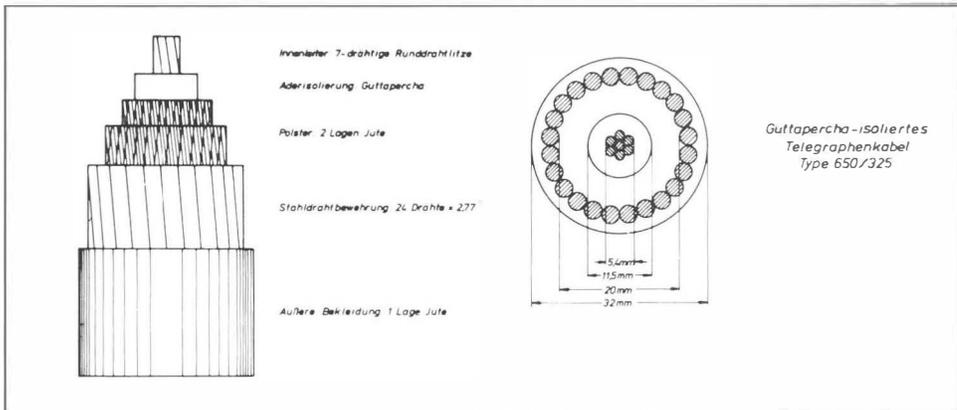
VON RUDOLF NELLE

Eine kurze zusammenfassende Darstellung der Entwicklung eines so interessanten und umfassenden Spezialgebietes, wie es die Seekabeltechnik darstellt, muß sich einer aus größerer Distanz geführten Betrachtungs- und Darstellungsweise bedienen. Dieses Vorgehen erlaubt, die bisherige Entwicklungsgeschichte der Seekabelei in drei getrennte Abschnitte zu gliedern und daran einige Gedanken anzuschließen, die sich auf ihre Zukunftsaussichten beziehen.

Die erste Hälfte des 19. Jahrhunderts eröffnete durch die grundlegenden Arbeiten, Erfindungen und Entdeckungen von Männern wie Gauß, Weber, Morse und Siemens die Möglichkeit, die um die Jahrhundertmitte bereits erprobte Landkabel-Telegraphentechnik nunmehr auch für Seekabelzwecke einzusetzen und zunächst kleinere Gewässer und Meeresteile, dann aber auch ganze Ozeane zu durchqueren.

Die für diese Zwecke eingesetzten Kabel wiesen im Prinzip alle den gleichen Aufbau auf (Bild 1):

Kupferleiter in Massivdraht- oder Litzenausführung,  
Leiterisolierung aus Guttapercha,  
Jutepolster, Stahldrahtbewehrung und Jutebekleidung.



Diese grundsätzliche Aufbauweise von Seekabeln hatte man sich um die Mitte des vorigen Jahrhunderts erarbeitet, als man bei den damals in Angriff genommenen Projekten in mehr oder minder großem Umfang durch beachtliche Fehlschläge Lehrgeld zahlen mußte. So versagte das erste zwischen England und Frankreich im Jahre 1850 verlegte Seekabel schon nach kurzer Zeit seinen Dienst und mußte aufgegeben werden. Auch die Legung des ersten Kabels zwischen Europa und Amerika im Jahre 1858 endete ebenfalls mit einem Mißerfolg. Aber schon im Jahre 1866 konnte nach Überwindung aller Schwierigkeiten eine technisch einwandfreie Telegraphen-Seekabelverbindung zwischen Europa und Amerika hergestellt werden.

Zur Technik dieser Kabel sei hier folgendes angemerkt:

Die Kabel waren in ihrem Aufbau relativ einfach gestaltet. Sie gestatteten die Anwendung nicht allzu schwieriger Fabrikationsverfahren und besaßen in der Guttaperchaisolierung ein leicht verarbeitbares und den Anforderungen an die mechanische Festigkeit und an die Wasserdichtigkeit hervorragend entsprechendes Material. Man mußte allerdings in Kauf nehmen, daß die ungünstigen dielektrischen Werte ( $\epsilon \sim 3,8$ ;  $\text{tg } \delta \sim 0,05$ ) dieses Naturproduktes nur die Übertragung eines sehr schmalen Frequenzbandes, das sich von 0 bis etwa 50 oder 100 Hz erstreckte, gestatteten. Immerhin reichten diese Kabeleigenschaften aus, um auch über größere Entfernungen einen oder mehrere Telegraphiekkanäle zu übertragen.

Die rasche Entwicklung der Seekabelei in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurde durch mehrere Umstände sehr gefördert. Die in vielen Ländern aufblühenden Industrien und der rasch wachsende Handel erforderten gebieterisch die Einrichtung leistungsfähiger Nachrichtenverbindungen über große Entfernungen. Die weltpolitische Entwicklung ließ auch aus machtstrategischen Erwägungen heraus die Erstellung und den Besitz eines großen Weltseekabelnetzes als wünschenswert erscheinen.

Die größte Aktivität auf dem Seekabelgebiet wurde verständlicherweise auf englischer Seite entfaltet, war doch mit dem neuen Nachrichtenmittel ein für die Verwaltung eines großen Weltreiches nützliches und adäquates Hilfsmittel gefunden worden. In Deutschland wurde erst im Jahre 1899 ein Seekabelwerk errichtet, nämlich in Nordenham auf dem linken Ufer der Unterweser. In diesem Werk wurden allein in den 1 1/2 Jahrzehnten bis zum Beginn des ersten Weltkrieges 20 000 Seemeilen und dann zwischen den beiden Weltkriegen noch einmal 10 000 Seemeilen guttaperchaisolierten Seekabels gefertigt.

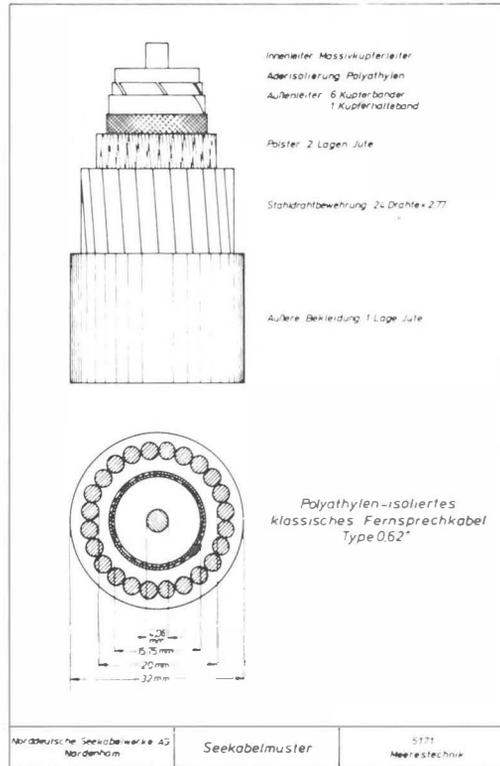
Mit dem zweiten Weltkrieg ging praktisch dieser erste Abschnitt der Seekabeltechnik zu Ende, den man zusammenfassend hier noch einmal mit dem Kennwort „90 Jahre guttaperchaisolierte Telegraphen-Seekabel“ kennzeichnen kann.

Die Nachrichtentechnik erhielt durch neue grundsätzliche Erfindungen und Entdeckungen in der Zeit zwischen den beiden Weltkriegen starke Impulse. Wichtig für die Entwicklung der Seekabeltechnik waren dabei folgende Umstände:

Die Entwicklung der Elektronenröhre und die ständig gesteigerte Perfektion in ihrer Herstellung, damit verbunden die Entwicklung der Verstärkertechnik und schließlich der Beginn der Fertigung von thermoplastischen Kunststoffen in industriellem Maßstab.

Diese technischen Voraussetzungen ermöglichten es, der schon lange auch für Seekabel erhobenen Forderung, den Übertragungsfrequenzbereich beträchtlich zu erweitern, nun endlich folgen zu können. Das bedeutete also, daß man jetzt daran gehen konnte, das alte Telegraphen-Seekabelnetz durch die Errichtung neuer moderner Fernsprech-Seekabelverbindungen zu ersetzen.

Voraussetzungen für diese Entwicklungen waren – wie gesagt – die auf dem Gebiet der Elektronenröhren, der Verstärkertechnik und der Kunststofftechnik erzielten Fortschritte. Dabei ist insbesondere der Ersatz der Guttaperchaisolierung durch einen thermoplastischen Kunststoff, das Polyäthylen, wesentlich für die Erweiterung des Übertragungsfrequenzbereiches von der Kableseite her gewesen, denn in dem neuen Isoliermaterial hatte man einen Stoff zur Verfügung, der im Vergleich zu dem Naturprodukt Guttapercha in stets gleichbleibender technischer Beschaffenheit hergestellt werden konnte und der dielektrische Eigenschaften aufwies, die denen der Guttapercha weit überlegen waren.



Diese neuen polyäthylenisolierten koaxialen Seekabel erlaubten eine Erweiterung der Übertragungsfrequenz-Bandbreite bis in den MHz-Bereich hinein. Dazu erhielten die neuen Seekabelverbindungen, wenn es sich um die Überbrückung größerer Strecken handelte, in den Zug des Kabels eingespießte Unterwasserverstärker. Die in diese eingebauten Röhren wurden über den Mittelleiter des Kabels mit Strom versorgt. Im übrigen entsprachen die Kabel in ihrem Aufbau, abgesehen von dem zusätzlich hinzugekommenen Außenleiter und der die bisherige Guttaperchaisolierung ersetzenden Polyäthylenisolierung, genau den bis dahin verwendeten Telegraphenkabeln. Wegen dieser weitgehenden Übereinstimmung mit ihren klassischen Vorbildern werden daher Kabel dieser neueren Konstruktion gern auch als „klassische Koaxialkabel“ bezeichnet (Bild 2).

Die Technik derartiger Koaxialkabel erreichte mit der Realisierung des ersten und zweiten Transatlantikkabels in den Jahren 1956 und 1958 sowie mit dem Scotice-Icecan-Kabel, der Seekabelverbindung zwischen Schottland, Island, Grönland und Kanada, im wesentlichen ihren Höhepunkt.

In jüngster Zeit werden diese Kabel nur noch für solche Seekabelverbindungen gefertigt, bei denen man wegen der äußeren mechanischen Beanspruchung oder Gefährdung der ausgelegten Kabel insbesondere in flachen Gewässern nicht auf eine Bewehrung glaubt verzichten zu können. Mithin kann man schon heute abschließend auf den drei Jahrzehnte umfassenden Zeitabschnitt zurückblicken, der etwa durch die Bezeichnung „30 Jahre klassische Koaxial-Fernsprech-Seekabel und Unterwasserverstärker mit Elektronenröhrenbestückung“ zu charakterisieren wäre.

Im weiteren Verlauf erwuchs der Seekabeltechnik durch die Entwicklung der Nachrichten-Satelliten schwere Konkurrenz, denn diese neue Technik ermöglicht die Übertragung so breiter Frequenzbänder, wie man es bis dahin nur bei Richtfunkverbindungen gekannt hatte.

Grundlegende technische Neuentwicklungen bildeten daher die Voraussetzung für den Eintritt der Seekabeltechnik in ihre dritte Entwicklungsphase:

Die Transistortechnik mußte ihre Bewährungsprobe abgelegt haben und Produkte liefern können, die durch Leistung, Präzision und Betriebsstabilität für den Einsatz in Seekabel-Unterwasserverstärkern geeignet waren,

und

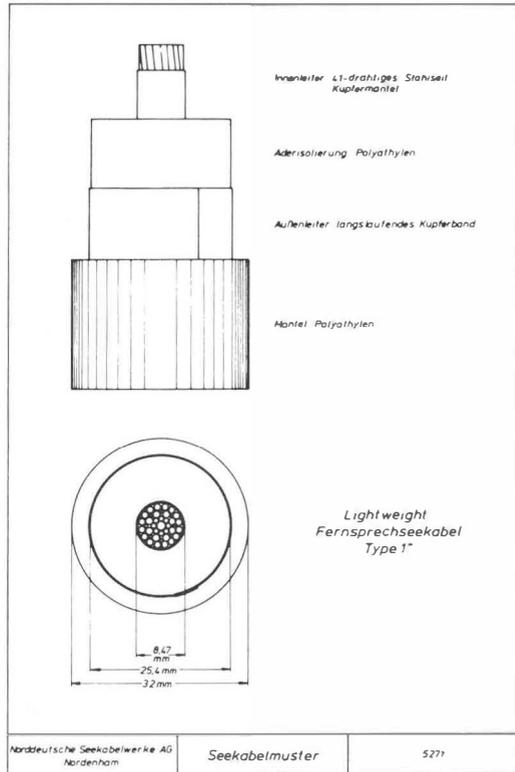
die Seekabelfabriken mußten die Fertigung von Kabeln großen Außendurchmessers mit hoher Präzision bewältigen können, wobei neuartige Kabelkonstruktionsmerkmale zu berücksichtigen waren.

Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, daß die erneute Ausweitung des Übertragungs-Frequenzbereiches für die Seekabel um das 10- bis 100-fache nur dadurch erzielt werden konnte,

daß man den Abstand zwischen den in den Zug des Kabels eingespießten Unterwasserverstärkern wesentlich reduzierte, eine Maßnahme, die erst mit transistorisierten Verstärkern zu realisieren war, und

daß man den Kabeldurchmesser erheblich steigerte, eine Maßnahme, die erst mit hochpräzisen Fabrikationseinrichtungen und unter Einsatz neuer Techniken durchführbar war.

Außerdem nutzte man bei den nunmehr erheblich gesteigerten Koaxialdurchmessern den für Übertragungszwecke nicht genutzten Teil des Innenleiters insofern wirkungsvoll aus, als man dort als zugfestes Organ eine Stahl-drahtlitze unterbrachte, ein Bauelement, dessen Aufgabe bei den klassischen Koaxialkabeln bislang die Bewehrung erfüllt hatte. (Bild 3)



Diese grundsätzliche Abkehr von bislang streng eingehaltenen Konstruktionsprinzipien führte zu einem neuen Seekabeltyp, der wegen der durch das Fortlassen der Bewehrung erzielten großen Gewichtseinsparung als sogenanntes „Lightweight-Kabel“ seit etwa zehn Jahren bekannt geworden ist. Gemeinsam mit dem transistorisierten Unterwasserverstärker repräsentiert diese Kabelkonstruktion die moderne und leistungsfähige Seekabeltechnik.

Ihre Zukunftsaussichten lassen sich in diesem Zusammenhang in groben Zügen skizzieren. Ihre Chancen werden durch Konzentration der Aktivitäten auf solche Einsatzgebiete gewahrt, in denen ihre technische Leistungsfähigkeit und Preiswürdigkeit durch die konkurrierende Technik nicht erreichbar sind. Für Nachrichten-Satellitenverbindungen wird also unter Ausnutzung

großer Übertragungsbandbreiten die Überbrückung interkontinentaler Entfernungen im Vordergrund stehen. Für die Überbrückung von Seestrecken kleiner bis mittlerer Länge dagegen, insbesondere also für die Randmeere der Ozeane und für Verbindungen längs der Küsten der Kontinente in Form von sogenannten Girlandenkabeln, aber auch für die Ergänzung transozeanischer Systeme, wird man immer wieder auf Seekabel in Lightweightausführung oder sogar in klassischer Koaxial-Bauweise zurückgreifen. Neben hier nicht wägbaren Forderungen aus Gründen der Sicherheit oder aufgrund anderer Überlegungen wird die Grenze zwischen den Übertragungssystemen Seekabel/Satellit im wesentlichen durch den Preis pro Sprechkreiskilometer gezogen. Nachrichten-Satellitenverbindungen gleicher technischer Leistungsfähigkeit erfordern unabhängig von der überbrückten Entfernung im Prinzip den gleichen finanziellen Aufwand, so daß also bei Zunahme der überbrückten Entfernung der Preis pro Sprechkreiskilometer abnehmen wird. Anders liegen die Verhältnisse beim Seekabel, da sich dort in erster Näherung der Preis des Sprechkreiskilometers längenproportional verhält. Zusammenfassend kann man also bei dieser Sicht der Dinge feststellen, daß sich die Satelliten- und Seekabeltechnik einander nicht ausschließen, sondern wirkungsvoll ergänzen.