

Werk

Titel: Fünfzig Jahre Unterseetelegraphie und Thomsons Heberschreiber

Autor: Schmidt , Georg

Ort: Berlin

Jahr: 1918

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?34557155X_0006 | LOG_0009

Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Sechster Jahrgang.

4. Januar 1918.

Heft 1.

Fünfzig Jahre Unterseetelegraphie und Thomsons Heberschreiber.

Von Oberingenieur Georg Schmidt, Berlin-Siemensstadt.

Als gegen Mitte des 19. Jahrhunderts Männer wie *Morse*, *Wheatstone*, *Siemens* u. a. durch ihre genialen Erfindungen den Beweis erbrachten, daß mit Hilfe des elektrischen Stromes ein telegraphischer Verkehr über weite Landstrecken hinweg möglich ist, da tauchte auch schon das Verlangen auf, die trennenden Meere durch Telegraphenlinien zu überbrücken, zum Zwecke eines schnellen interkontinentalen Nachrichtenaustausches. Besonders lebhaft empfand man in England das Bedürfnis einer telegraphischen Verbindung mit Nordamerika. Die Erreichung dieses Zieles bot damals freilich noch große Schwierigkeiten. Sie forderte nicht nur die Bereitstellung bedeutender Geldmittel, sondern stellte auch hohe Ansprüche an die Techniker, denn die an den Landlinien inzwischen gesammelten Erfahrungen konnten nur zum kleineren Teile verwertet werden. Die Einführung der Unterseetelegraphie muß deshalb als ein besonderer Markstein auf dem Wege zur Entwicklung der elektrischen Telegraphie angesehen werden; verdanken wir ihr doch hauptsächlich die Erfolge der modernen Telegraphentechnik, die in der Anwendung vollkommener Methoden für die Herstellung, Prüfung und Verlegung der Leitung und in der Verbesserung der telegraphischen Apparate begründet sind.

Berücksichtigt man, daß bei einem erst einmal in die Tiefe des Ozeans versenkten Unterseekabel von einer dauernden Wartung nicht die Rede sein kann und eine sich etwa nötig machende Reparatur nur unter großen Schwierigkeiten und unter Aufwendung bedeutender Geldmittel zu bewirken ist, so läßt sich leicht erkennen, daß auf die Herstellung und die sachgemäße Verlegung des Kabels der größte Wert zu legen ist.

Die Haupteigenschaften eines Unterseekabels müssen folgende sein:

1. hohe Leitfähigkeit, um den Telegraphierströmen möglichst wenig Widerstand entgegenzusetzen,
2. vollkommene Isolierung des Leiters gegen das eine gute Leitfähigkeit aufweisende Seewasser, um unterwegs Verluste an Telegraphierströmen zu vermeiden,
3. geringes Gewicht bei hoher mechanischer Festigkeit, um das Kabel in große Meerestiefen verlegen zu können, ohne daß dadurch das Kabel in seinen elektrischen Eigenschaften beeinträchtigt wird.

An den Stellen, wo das Kabel in seichtem Wasser oder an der Küste zu liegen kommt, muß es noch besonders gegen die zerstörende Einwirkung durch Schiffsanker, große Schleppnetze der Fischer, die Brandung usw. geschützt werden. Aber auch Bohrmuscheln und Bohrwürmer können dem Kabel verhängnisvoll werden. Man unterscheidet deshalb bei einem Unterseekabel Tiefseekabel und Küstenkabel (siehe Fig. 4 und 5).

Um von vornherein allen Möglichkeiten zu begegnen, muß schon während der Herstellung dauernd darauf geachtet werden, daß das Kabel den vorgeschriebenen Bedingungen restlos entspricht. *Werner Siemens* danken wir diese Erkenntnis und die Bekanntgabe der dafür geeigneten Methoden, die heute noch volle Geltung haben. Ist nun das Kabel mit aller erdenklichen Sorgfalt hergestellt, dann kommt seine sachgemäße Verlegung an die Reihe. Hierbei ergeben sich häufig Schwierigkeiten, die sich im voraus nicht übersehen lassen, weil sie von mancherlei Zufälligkeiten abhängen. Ein plötzlich ausbrechender Sturm kann das bis dahin glatt verlaufene Werk und damit Riesenwerte vernichten, wie uns die Geschichte der Unterseetelegraphie an mehreren Beispielen zeigt.

Bereits 1837 faßte *Wheatstone* den Plan, Dover mit Calais durch ein Unterseekabel zu verbinden und so einen telegraphischen Verkehr zwischen England und dem Kontinent herbeizuführen. Als er im Jahre 1840 seine Absicht dem englischen Unterhause bekanntgab, kannte man freilich noch kein geeignetes Isolationsmaterial für die Kabelader. Man war auch noch nicht weiter, als *Morse* 1843 dem Schatzamt der Vereinigten Staaten von Nordamerika vorschlug, Amerika mit England telegraphisch zu verbinden. Erst *Werner Siemens* war es vorbehalten, in der Guttapercha ein Material zu finden, das sich vorzüglich zur Isolation der Kabelader eignet, und schon 1847 verlegte er ein guttapercha-isoliertes Erdkabel zwischen Berlin und Großbeeren, das allerdings nicht lange hielt, da es ohne jeden äußeren Schutz in das Erdreich gebettet wurde. Aber auch das erste Guttaperchaseekabel konnte *Werner Siemens* herstellen und verlegen, wenn es auch nicht für telegraphische Zwecke, sondern zur Entzündung von Seeminen auf elektrischem Wege diente. Dies war im Jahre 1848, als der Kieler Hafen gegen das Einlaufen der dänischen Flotte geschützt werden sollte. Ein Jahr vorher erhielt der Engländer *John W. Brett* von Frankreich die Konzession zur Errichtung einer telegraphischen Verbindung mit England. Da er sie nicht erfüllen konnte, wurde sie ihm entzogen,

aber 1849 wieder erneuert und zu diesem Zweck eine „English Channel Telegraph Submarine Company“ gegründet. Das 25 englische Meilen lange Kabel stellte die „Guttapercha Company“ her und die Verlegung erfolgte am 25. August 1850 durch den Dampfer „Goliath“. Sie war noch nicht beendet, als das nur aus einer mit Guttapercha umkleideten mehrdrähtigen Kupferlitze bestehende Kabel einer Zerstörung zum Opfer fiel. Kurz vorher hatte man noch vom Bord des Schiffes aus ein Begrüßungstelegramm an den Präsidenten Bonaparte senden können.

Trotz dieses Fehlschlages verlegte Brett mit energischer und opferfreudiger Unterstützung durch den Ingenieur T. R. Crampton 1851 ein neues Kabel durch den Kanal, das am 13. November desselben Jahres dem Betrieb übergeben werden konnte. Dank der glücklich gewählten Konstruktion ist das aus 4 Guttaperchaadern bestehende und durch eine Armatur von starken Rundeisendrähten geschützte Kabel lange Zeit gebrauchsfähig geblieben. Bretts und Cramptons mit so gutem Erfolg durchgeführte Kabelverlegung ermutigten zu neuen Unternehmungen, so daß 1851 insgesamt 8 unterseeische Telegraphenkabel hergestellt und verlegt waren, darunter solche zwischen Belgien und England, Irland und England und unter Werner Siemens' Leitung das Kabel zwischen Kronstadt und St. Petersburg. Alle diese Kabel besaßen allerdings nur kurze Längen, dagegen war das 1854 während des Krimkrieges zwischen Varna und Balaklava verlegte Kabel bereits 640 km lang. Da aber dieses Kabel der Eile wegen nicht mehr mit einer schützenden Armatur versehen werden konnte, hielt es nur kurze Zeit; immerhin wurde auf dem nur aus einer nackten Guttaperchaader bestehenden Kabel der Betrieb ein volles Jahr aufrechterhalten.

Die Wichtigkeit der Seekabelverbindungen hatte Werner Siemens bald erkannt, denn er schrieb im September 1851, also vor der erfolgreichen Verlegung des Kanalkabels, in einem seiner Briefe: „Ich gehe jetzt ernstlich mit der Absicht um, eine Telegraphenlinie von Rostock nach den dänischen Inseln und Kopenhagen zustande zu bringen.“ In England und Amerika begann man mit Eifer, den Plan Morses einer telegraphischen Verbindung zwischen England und Nordamerika in die Tat umzusetzen. 1853 wurde mit der Auslotung des Meeresgrundes begonnen, um den besten Kabelweg zu finden. 1854 schrieb der amerikanische Leutnant Maury an Morse, daß der Meeresboden zwischen Irland und der nordamerikanischen Küste ein ziemlich gleichmäßig tiefes „Telegraphenplateau“ besäße, das für die Verlegung eines Kabels vortrefflich geeignet sei. Der Amerikaner Cyrus W. Field, der als der Vater der atlantischen Kabelverbindungen anzusehen ist, erwarb am 10. März 1854, zusammen mit seinem Bruder David Dudley Field, von der englischen Regierung auf 50 Jahre das ausschließliche Recht, Kabel in Neufundland zu lan-

den. Im Jahre 1857 schritt man zur Ausführung des kühnen Planes. Schon ein Jahr vorher war durch Brett und David Dudley Field in England eine eigene Telegraphengesellschaft unter dem Namen „Atlantic Telegraph Company“ gegründet worden, die die Anfertigung des erforderlichen Kabels nach den Angaben von Samuel Canning der englischen Firma Glass, Elliot & Co. in Morden Wharf, East Greenwich übertrug. Als das Kabel (Fig. 1) fertiggestellt war, sah man sich gezwungen, da damals noch kein genügend großes Schiff vorhanden war, um die ganze Kabellänge aufzunehmen, das Kabel zu teilen und auf zwei Schiffe zu verladen. Es waren dies das amerikanische Fahrzeug „Niagara“ und das englische Kriegsschiff „Agamemnon“. Beide Schiffe sollten von der nordamerikanischen bzw. irischen Küste aus das Kabel verlegen und auf der Mitte des Ozeans die Vereinigung des Kabels vornehmen.

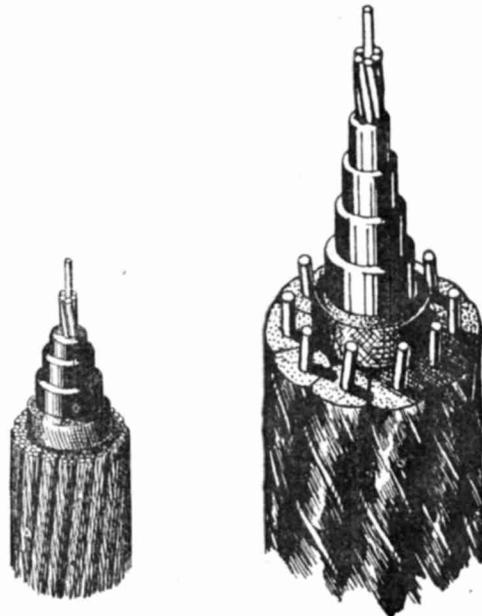


Fig. 1. Erstes transatlantisches Kabel 1857/58.

Fig. 2. Zweites Transatlantisches Kabel 1866.

Am 5. August 1857 begann die erste Ozeankabelverlegung, aber schon 2 Tage später traten Störungen und Kabelbrüche ein. Nach deren Behebung und nachdem bereits 610 km ausgelegt waren, riß am 11. August das Kabel. Da man dasselbe aus der beträchtlichen Tiefe von 2050 Faden mit den vorhandenen Mitteln nicht wieder auffischen konnte, gab man weitere Versuche auf, um sie im folgenden Jahre desto energischer wieder aufzunehmen. Aber noch mehrere Male riß das Kabel, ehe es am 27. Juli 1858 glückte, die beiden Kabelängen auf dem Ozean zusammenzuspleißen. Am 5. August war die erste telegraphische Verbindung zwischen der Alten und Neuen Welt erreicht. Die Freude an dem Gelingen des

großen Werkes war freilich nur von kurzer Dauer, denn schon am 20. Oktober versagte das Kabel gänzlich seinen Dienst; zehn Millionen Mark waren verloren! Doch die Bedeutung des neuen Verkehrsmittels war in den maßgebenden Kreisen voll erkannt worden, schon allein durch die Tatsache, daß die englische Regierung mit Hilfe zweier noch rechtzeitig übermittelten Depeschen die vorher brieflich angeordnete Entsendung von Truppen rückgängig machen konnte, was sie vor einem Verluste von rund 50 000 Pfund Sterling bewahrte. Dessenungeachtet war es aber schwer, das für ein neues transatlantisches Kabelunternehmen erforderliche Kapital bald aufzutreiben.

Inzwischen hatte *Werner Siemens* die von *Brett* zweimal vergeblich versuchte Legung eines von *Newall & Co.* gelieferten Kabels zwischen *Cagliari* (Sardinien) und *Bona* (Algerien) in die Hand genommen und mit vollem Erfolg durchgeführt. Seine hierbei und bei der im Jahre 1859 ausgeführten Verlegung des ebenfalls von *Newall & Co.* gelieferten Kabels von *Suez* über *Suakin*, *Aden* und *Maskat* nach *Kuradschi* an der Nordwestküste Vorderindiens gewonnenen Erfahrungen boten gute Aussicht auf die glücklichere Verlegung eines neuen Kabels durch den Ozean. *Cyrus W. Field* setzte infolgedessen seine Bemühungen unermüdlich fort, und es gelang ihm, einflußreiche Kreise für ein neues transatlantisches Kabelunternehmen zu gewinnen. 1865 hatten *Glass, Elliot & Co.* das zweite transatlantische Kabel (Fig. 2) fertiggestellt, dessen Konstruktion eine größere Haltbarkeit versprach. Ein glücklicher Umstand fügte es, daß die getrennte Verlegung zweier Kabellängen und deren Verbindung auf offener See unnötig wurden, da in dem soeben fertiggestellten Riesendampfer „*Great Eastern*“ ein Fahrzeug zur Verfügung stand, welches das Kabel in der ganzen Länge aufnehmen konnte.

So waren alle günstigen Vorbedingungen für das Gelingen des Werkes erfüllt, so daß am 15. Juli die Verlegung unter persönlicher Leitung von *Canning* beginnen konnte. Am 2. August, als bereits 2196 km glücklich verlegt waren, riß das Kabel und sank in die Tiefe. Ein Kapital von 14 Millionen Mark schien verloren. Diesmal ging man aber schneller an die Arbeit, das erstrebte Ziel zu erreichen. Schon 1866 gründeten *Cyrus W. Field* und *John Pender* die „*Anglo-American Telegraph Co.*“ und am 7. Juli 1866 begann der „*Great Eastern*“ von der *Foihommerum Bay* bei *Valentia* an Irlands Küste die Verlegung eines neuen Kabels, dessen Konstruktion wenig von der des Jahres 1865 abweicht. Am 4. August 1866 war die Verbindung mit dem bereits 1856 zwischen *Neufundland* und dem amerikanischen Kontinent verlegten Kabel hergestellt und der telegraphische Verkehr zwischen der Alten und Neuen Welt aufgenommen. Gleichzeitig glückte auch die Wiederaufnahme und Instandsetzung des 1865 verlorenen Kabels. Noch in demselben Jahre wurde ein Kabel zwischen Frankreich und den

Vereinigten Staaten verlegt, das allerdings nicht lange im Betrieb blieb. Jedenfalls standen 1866 drei transatlantische Kabel zur Verfügung, so daß man dieses Jahr mit Recht als das Geburtsjahr des interkontinentalen Telegraphenverkehrs ansehen kann. 1869 begann der weitere Ausbau der transatlantischen Kabellinien, indem die „*Anglo-American Telegraph Co.*“ ein französisch-atlantisches Kabel zwischen *Brest* und *St. Pierre* von der „*Telegraph Construction and Maintenance Company*“ anfertigen und verlegen ließ. 1873/74 wurden für Rechnung der „*Anglo-American Telegraph Co.*“ 2 Kabel zwischen *Valentia* und *Hearts Content* verlegt. Die danach gegründete „*Direct United States Cable Co.*“ stellte in den Jahren 1874/75 eine telegraphische Verbindung zwischen der *Ballinskellig Bay* in *Irland* und der *Tor Bay* in *Neufundland* und von da nach *Rye Beach* in *New Hampshire* her. Die Anfertigung und Verlegung dieses Kabels (Fig. 3) wurden der Firma *Siemens Bros.*, *London*, übertragen, die nach dem Entwurfe *William Siemens'* inzwischen ein besonderes Kabelschiff „*Faraday*“ hatte erbauen lassen. Dieses Schiff, nach dem „*Hooper*“ das erste Schiff, das speziell für Kabelverlegungen gebaut wurde, hat sich von Anfang an vorzüglich bewährt und wird noch heute mit Vorteil benutzt.

Als die „*Anglo-American Telegraph Co.*“ die „*Direct United States Cable Company*“ in sich aufgenommen hatte und damit die Engländer ein lästiges Monopol auszuüben begannen, gründete sich 1879 die „*Compagnie Française du Télégraphe de Paris à New York*“, um dem unerträglichen Zustand ein Ende zu machen. *Siemens Frères* (*Paris*) erhielten den Auftrag und ließen das Kabel von *Siemens Bros.* (*London*) anfertigen und mit dem „*Faraday*“ verlegen. Das Kabel ist im ganzen 6800 km lang und besteht aus den Strecken *Brest—St. Pierre*, *St. Pierre—Cap Cod* (*Mass.*), *St. Pierre—Neu-Schottland*, *Brest—Lands End*. 1880 legte die „*Anglo-American Tel. Co.*“ ein Kabel von 3000 km Länge unter Benutzung der Küstenenden des 1866er Kabels. 1881/82 ließ der amerikanische Eisenbahnkönig *Gould* zwei transatlantische Kabel von *Siemens Bros.* *London* anfertigen und verlegen. 1884 erhielt dieselbe Firma von der „*Commercial Cable Company*“ den Auftrag auf Lieferung und Verlegung zweier Kabel zwischen *Waterville* und *Canso* bzw. *Irland* und *Halifax*, und 1899 wurde ein weiteres Kabel zwischen *Waterville* und *Canso* verlegt. *Siemens Bros.* fertigten und verlegten 1900 auch das *Waterville—Fayaal—Canso-Kabel*.

Wie man sieht, war bis zu diesem Jahre der deutsch-amerikanische Telegraphenverkehr ausschließlich in den Händen ausländischer, hauptsächlich englischer Gesellschaften. Dieser Zustand war für das mächtig aufblühende Deutschland auf die Dauer unhaltbar, und so wurde im Jahre 1899 in Köln die „*Deutsch-Atlantische Telegraphengesellschaft*“ mit einem Stammkapital von

20 Millionen Mark gegründet. Schon ein Jahr später konnte das erste deutsch-atlantische Kabel (Fig. 4 und 5) verlegt werden, und zwar von Emden—Borkum über Fayal auf den Azoren nach New York. Die Verlegung des Kabels zwischen Borkum und Fayal (1800 Seemeilen) wurde vom 5. bis 26. Mai, die des Kabels auf der Strecke Fayal—New York (2477 Seemeilen) vom 11. bis 28. August ausgeführt. Die Anfertigung des Kabels mußte freilich noch von einer englischen Gesellschaft, der „Telegraph Construction and Maintenance Co.“ bewirkt werden, jedoch unter Verwendung von in Deutschland hergestelltem Ma-



Fig. 3. Kabel der Direct United States Cable Co. 1874/75.



Fig. 4. Erstes deutsch-atlantisches Kabel 1900. Tiefseekabel.

terial, z. B. der Drähte für die Ader und die Armatur. Der auf dem deutsch-atlantischen Kabel in kurzer Zeit erreichte bedeutende Verkehr machte bald die Benutzung eines zweiten Kabels notwendig, das ausschließlich in Deutschland, und zwar von den „Norddeutschen Seekabelwerken“ in Nordenham a. d. Weser hergestellt und dessen erste Teilstrecke schon im Herbst 1903 in Betrieb genommen werden konnte. Im Jahre 1914 waren im ganzen 15 transatlantische Kabel im Betrieb.

Die längste Kabelverbindung führt durch den Stillen Ozean. Es ist dies das im Jahre 1900 der „Telegraph Construction and Maintenance Co.“ in Auftrag gegebene sogenannte „Allbritische Kabel“, dessen Herstellung nicht weniger als 36 Millionen gekostet hat. Die Engländer nennen es Allbritisches Kabel, weil seine Stationen nur auf englischem Gebiete liegen. Das insgesamt 14 516 km lange Kabel führt von Vancouver an

der Westküste Kanadas über die Fanninginsel und Fitzschinseln zur Norfolkinsel, von hier aus einerseits nach Neuseeland, andererseits nach Brisbane in Australien, wo es über Adelaide und Perth Anschluß an das Kabel nach Südafrika findet, das andererseits mit England in Verbindung steht.

Auch die Amerikaner verlegten ein Kabel durch den Stillen Ozean von San Francisco über Honolulu, Midway und Guam nach Manila, welches am 4. Juli 1902 dem Betrieb übergeben wurde.

Das große Interesse Deutschlands an dem Handel mit Südamerika veranlaßte die Gründung einer zweiten deutschen Kabelgesellschaft unter dem Namen „Deutsch-Südamerikanische Telegraphengesellschaft“, ebenfalls mit dem Sitze in Köln. Das südamerikanische Kabel konnte bereits 1911 dem Betriebe übergeben werden. Es besteht aus folgenden Teilstrecken:

1. Emden—Santa Cruz auf Teneriffa 3907 km
2. Santa Cruz—Monrovia 3340 „
3. Monrovia—Pernambuco 3475 „

weist also die beträchtliche Länge von 10 722 km auf.

Bei Ausbruch des Weltkrieges war natürlich die erste Tat unserer Feinde die gänzliche Unterbrechung unserer unterseeischen Telegraphenlinien; glücklicherweise besaßen wir aber in der inzwischen zu so außerordentlicher Höhe entwickelten Funkentelegraphie ein Hilfsmittel, das uns die Störung des Nachrichtenaustausches mit dem neutralen Auslande kaum fühlbar werden ließ.

Die großen Erfolge der Untersee-Telegraphie beruhen nicht allein auf der zweckmäßigen Konstruktion und richtigen Verlegung des Kabels, sondern auch auf der Anwendung von Apparaten, die den Schwierigkeiten eines Betriebes auf langen Unterseekabeln vollkommen Rechnung tragen. Die Guttapercha, die, wie bereits erwähnt, sich bis in die Gegenwart als das geeignetste Isoliermaterial für Unterseekabel erwiesen hat, besitzt leider eine sehr unangenehme Eigenschaft, die den telegraphischen Betrieb mit den auf Landleitungen üblichen Apparaten zur Unmöglichkeit macht. Es ist dies die hohe Kapazität, die eine mit Guttapercha isolierte Leitung besitzt und die eine starke Verzögerung der Telegraphierimpulse hervorruft. Andererseits fordern die enormen Anschaffungs- und Verlegungskosten dringend eine Wirtschaftlichkeit des Betriebes, die nur durch eine möglichst hohe Zahl der übermittelten Telegramme erreicht werden kann. Es bedurfte daher der Aufbietung großen Scharfsinnes, Mittel und Wege zur Erreichung des erstrebten Zieles zu finden.

Da die Konstruktion des Kabels feststand, und man das einzige Mittel, die Leistung des Kabels dadurch zu verbessern, daß man seinen Leitungswiderstand verringerte, um so das Produkt: Kapazität \times Widerstand möglichst klein zu gestalten

ten, nicht anwenden konnte, weil durch Vergrößerung des Leiterquerschnittes das Kabel nicht nur schwerer, sondern auch wesentlich teurer in der Anschaffung würde, so blieb eben nichts anderes übrig, als Apparate zu erfinden, die den ungünstigen Betriebsverhältnissen weitgehendst Rechnung tragen.

Zur Erklärung der nachteiligen Kapazitätswirkung sei kurz erwähnt, daß die einzelnen sonst zur Bildung telegraphischer Zeichen erforderlichen Gleichstromimpulse durch die Kapazität (Aufladung) des Kabels mit dessen zunehmender Länge immer mehr abflachen, ja unter Umständen

ihre Wirkung auf den Empfänger ganz verlieren. Das läßt sich vermeiden, wenn Ströme wechselnder Richtung, aber gleicher Dauer benutzt werden und das Kabel nach jeder Stromgebung an Erde gelegt wird, um eine Entladung desselben zu bewirken. Der Strich oder der Punkt des Morsealphabetes wird nicht mehr durch einen langen oder kurzen Stromimpuls, sondern nur durch die entgegengesetzte Richtung gleich kurzer Stromimpulse hervorgebracht. Doch genügt dies allein noch nicht für einen tadellosen Betrieb, die Apparate müssen vielmehr äußerst empfindlich sein, um bei den erfahrungsgemäß nur anwendbaren schwachen Strömen noch gut lesbare Zeichen wiedergeben zu können.

Die in der Unterseetelegraphie zur Anwendung gekommenen Telegraphenapparate verdanken ihren Ursprung den empfindlichen Galvanometern, die zur Prüfung der Kabel sowohl während der Herstellung als auch bei der Verlegung benutzt werden.

William Thomson, der spätere Lord Kelvin, hatte im Jahre 1858 für diesen Zweck das sogenannte „Marinegalvanometer“ konstruiert, das zur Verbindung der beiden Kabelschiffe „Agamemnon“ und „Niagara“ mit den Küstenstationen

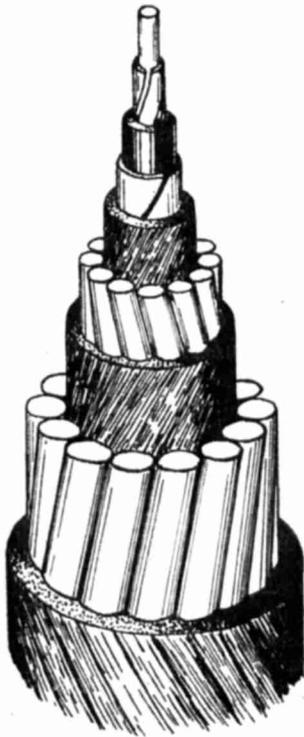


Fig. 5. Erstes deutsch-atlantisches Kabel 1900. Küstenkabel.

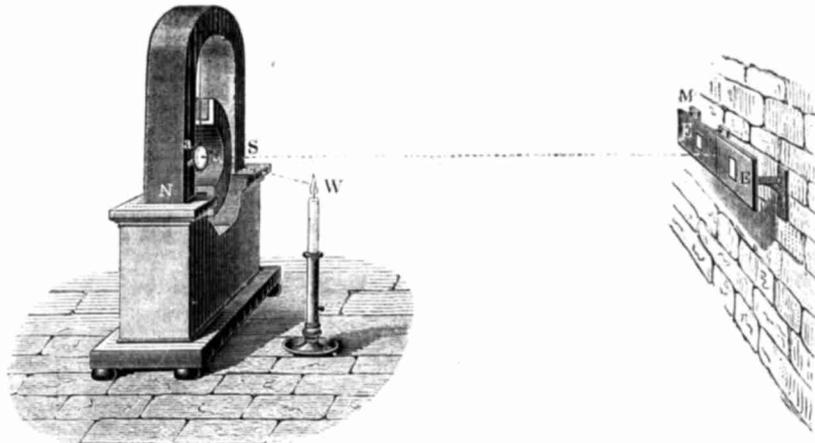


Fig. 6. Marinegalvanometer von Thomson.

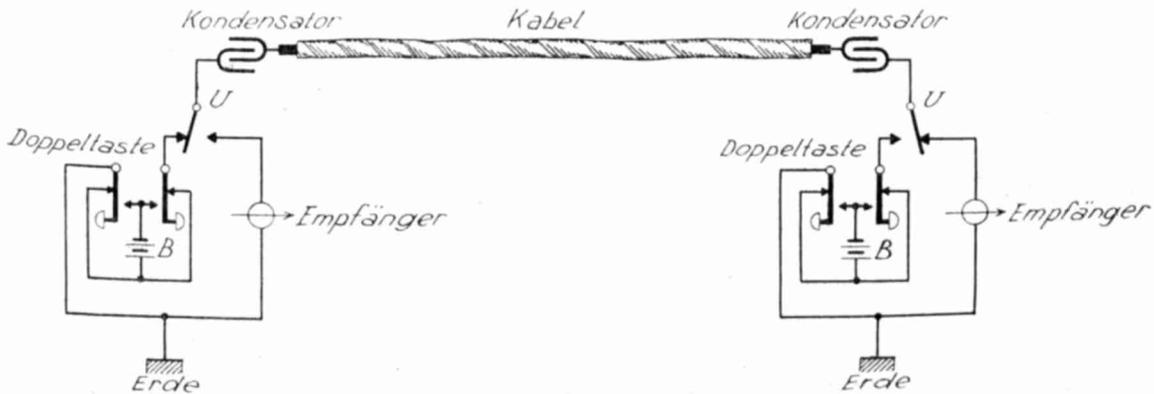


Fig. 7. Schaltung einer Unterseetelegraphenanlage (Grundgedanke).