

Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

Band: 26 (1948)

Heft: 4

Artikel: Über die Fabrikation von Telephonkabeln = Quelques considérations sur la fabrication des câbles téléphoniques

Autor: Gertsch, Rudolf

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-874036>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 15.03.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

meldetechnik einwandfrei gelöst wurden. Man denke zum Beispiel an Fernverbindungen von einem Endamt über sein Knotenamt, das Fernendamt, das Fernknotenamt und umgekehrt bis zu einer entlegenen Landzentrale. Dabei haben wir es bei uns mit den drei verschiedenen Zentralensystemen Bell, Hasler und Siemens zu tun, die einwandfrei zusammenarbeiten müssen. Ausserdem Verbindungen mit Zweidraht- und Vierdrahtleitungen, streckenweise sogar mit drahtlosen Verbindungen, wenn zum Beispiel ein Teilnehmer in Genf vollautomatisch seine Verbindung nach dem Blockhaus im Nationalpark im Engadin herstellt. Und trotz dieser Erschwerungen werden die Verbindungen von Fernendamt zu Fernendamt einheitlich mit einer Restdämpfung von —1 Neper übertragen, um eine gute Sprechverständigung zu ermöglichen.

Für denjenigen, der Gelegenheit hat, sich eingehender mit diesem Gebiete der Technik zu befassen, stellen sich hier höchst interessante Aufgaben und Probleme.

Über die Fabrikation von Telephonkabeln

Von Rudolf Gertsch, Bern

Einleitung

621.315.2

Wenn hier versucht wird, einen Einblick in die Arbeit der schweizerischen Kabelfabriken zu vermitteln, so wird damit im besondern der Zweck verfolgt, ausser beim fachlich interessierten Leser auch in den Reihen völlig Uneingeweihter einiges Verständnis für diesen Industriezweig zu wecken.

Bei der Behandlung von Geschäften, die den Kabelbau betreffen, bietet sich zwangsläufig Gelegenheit festzustellen, dass, ganz abgesehen von vorwiegend administrativ tätigem Personal, auch Beamte technischer Dienste vom Fabrikationsgang und den Aufbauprinzipien der Erdkabel oft nur vage Kenntnisse besitzen. Infolge der in den letzten Jahren eingetretenen starken Verjüngung des Personals tritt diese Wahrnehmung noch viel mehr in Erscheinung. Nun hat aber, ausser den Beamten des Kabelbaudienstes, auch ein grosser Teil des übrigen technischen und administrativen Personals direkt oder indirekt mit Kabeln zu tun. Gleich wie eine Arbeit einen Menschen um so mehr zu begeistern vermag, je gründlicher er über ihren Zweck unterrichtet ist, so beurteilt und gebraucht man irgendein Fabrikat um so verständnisvoller, je besser man über dessen Herkunft und Entstehungsgeschichte orientiert ist. Diese Erkenntnis, im Zusammenhang mit den vorerwähnten Beobachtungen, hat mich dazu bewogen, mit folgender Darstellung in knapper, aber möglichst nützlicher Form Wissenswertes über die Fabrikation von Telephon-Erdkabeln zu veröffentlichen. Es sei vorausgeschickt, dass, im Hinblick auf die mannigfaltigen

d'un central terminus par son central nodal, le central terminus interurbain, le central nodal interurbain et inversement jusqu'à un central rural quelconque, communications pour lesquelles on a affaire à trois différents types de centraux, Bell, Hasler et Siemens, devant travailler ensemble, à des circuits à deux fils et à quatre fils et même, sur certains parcours, à des liaisons sans fil, comme c'est le cas, par exemple, quand un abonné de Genève établit automatiquement une communication avec le blockhaus du parc national. Et malgré toutes ces difficultés, les communications de central terminus interurbain à central terminus interurbain ont uniformément un équivalent de —1 néper qui garantit une bonne audition.

Pour celui qui a l'occasion de s'occuper plus à fond de ce domaine particulier de la technique, il reste encore à résoudre une quantité de problèmes du plus haut intérêt.

Quelques considérations sur la fabrication des câbles téléphoniques

Par Rudolf Gertsch, Berne

Avant-propos

621.315.2

Si le présent exposé cherche à faire connaître le travail qui s'accomplit dans les fabriques suisses de câbles, c'est avant tout dans le but d'éveiller pour cette branche particulière de l'industrie non seulement l'attention des lecteurs que ce sujet pourrait intéresser du fait de leur activité professionnelle, mais aussi celle des profanes.

Lorsqu'on traite des affaires qui se rapportent à la construction des câbles, on constate qu'en plus du personnel dont les occupations sont essentiellement du ressort administratif, certains fonctionnaires des services techniques n'ont souvent que de vagues connaissances sur les procédés de fabrication des câbles souterrains et les principes de leur constitution. Le fort rajeunissement du personnel au cours de ces dernières années rend cette constatation encore plus apparente, ceci également du fait qu'une grande partie du personnel technique et administratif d'autres services que celui des câbles doit s'occuper directement ou indirectement de questions touchant les installations de câbles. Un travail peut fortement nous enthousiasmer lorsque nous en saisissons parfaitement le but; il en est de même d'un produit manufacturé que nous considérons et utilisons avec beaucoup plus de compréhension lorsque nous en connaissons l'origine. Ces considérations jointes aux constatations mentionnées ci-haut m'ont engagé à faire ci-après une description succincte de la fabrication des câbles téléphoniques souterrains. Etant donné les multiples relations d'ordre matériel, technique et

Zusammenhänge materieller, fabrikationstechnischer und wissenschaftlicher Natur, unter diesem Thema nur Grundsätzliches über den Fabrikationsgang behandelt werden soll. Die vorliegenden Zeilen dürften um so grösserem Interesse begegnen, als dieses mit dem Telegraphen- und Telephonbetrieb doch so eng verknüpfte Gebiet in den «Technischen Mitteilungen» in ähnlicher Form noch nicht behandelt wurde. Aus praktischen Erwägungen sind im allgemeinen nur schweizerische Verhältnisse berücksichtigt.

Geschichtliches

Es liegt zwar ausserhalb des Rahmens dieser Arbeit, auf die Vorgeschichte der heutigen Kabeltechnik einzutreten. Immerhin mag es dem bessern Verständnis für die modernen Fabrikationsmethoden dienen, wenn doch ein Streiflicht auf Vergangenes geworfen wird.

Die Notwendigkeit, an Stelle oberirdischer Telegraphen- und Telephonlinien unterirdische Kabelanlagen zu bauen, drängte sich seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts in dem Verhältnis auf, als sich der Nachrichtenverkehr entwickelte. Ausser den allgemein bekannten störenden Einflüssen, denen lange, oberirdische Linien ausgesetzt waren, haben technische Gründe der Aufnahmefähigkeit dieser Anlagen schon früh eine Grenze gesetzt.

Die ersten Versuche, elektrische Leiter so zu isolieren, dass sie für unterirdische Zeichen- oder Nachrichtenübermittlung dienen konnten, gehen auf das Ende des 18. Jahrhunderts zurück. In diesem Bestreben wurden bis gegen die Mitte des 19. Jahrhunderts, als das «Guttaperchazeitalter» begann, Seide, Glas, Porzellan, Holz, Schellack, Pech u. a. m. zur Isolation verwendet. Zahllos waren die verschiedenartigen Versuche, aber nur langsam zeichnete sich ein Fortschritt ab. Die vielen Misserfolge, die hauptsächlich auf unzulängliche Materialien und Fabrikationseinrichtungen zurückzuführen waren, vermochten jedoch die schöpferische Kraft gelehrter und forschender Männer nicht zu lähmen. Gegenteils wirkten sich die mühselig gesammelten, spärlichen Forschungsergebnisse immer wieder befruchtend auf den Erfindergeist aus.

Im Jahre 1844 gelangte Guttapercha, ein aus dem Milchsaft tropischer Pflanzen hergestellter Stoff, erstmals nach Europa. Dieses Material diente in der Folge bis ins zwanzigste Jahrhundert hinein zur Herstellung von Kabeln. Wegen unzweckmässiger Behandlung dieses Stoffes blieben auch hier anfängliche Misserfolge nicht erspart. So geschah es, dass man sich beispielsweise in Preussen und Sachsen nach der Erstellung eines Kabelnetzes von über 3000 km Länge der schlechten Erfahrungen wegen schon im Jahre 1852 vom Guttaperchakabel abwandte und an Stelle von Kabelanlagen wieder oberirdische Linien baute. Der allerdings sehr krasse Fall, dass ein im Jahre 1850 von Leipzig nach Hof ausgelegtes Guttaperchakabel von ungefähr 23 km Länge schon 1851

scientifique entrant en ligne de compte dans ce domaine, je me bornerai à ne traiter ici que les principes de fabrication. Le présent exposé sera certainement accueilli avec d'autant plus d'intérêt que cette matière touchant de près les services télégraphique et téléphonique n'a pas encore été traitée sous cette forme dans le «Bulletin technique». Pour des raisons d'ordre pratique, le présent exposé n'aura trait qu'aux conditions telles qu'elles existent en Suisse.

Aperçu historique

Bien que l'histoire précédant la technique actuelle des câbles ne rentre pas dans le cadre du présent exposé, il peut tout de même être utile, pour mieux comprendre les méthodes de fabrication modernes, de jeter un coup d'œil sur le passé.

La nécessité d'établir des installations de câbles souterrains en lieu et place de lignes aériennes commença à se manifester au début de la seconde moitié du dernier siècle dans la mesure du développement du service des télécommunications. Outre les influences perturbatrices bien connues affectant les longues lignes aériennes, ce sont des raisons d'ordre technique qui mirent relativement tôt une limite à la capacité de ces installations.

Les premiers essais d'isoler des conducteurs électriques de manière qu'ils puissent être utilisés pour la transmission par voie souterraine de signaux ou de communications remontent à la fin du 18^e siècle. Jusque vers le milieu du 19^e siècle, c'est-à-dire jusqu'à l'époque où la gutta-percha fit son apparition, on utilisait comme matière isolante la soie, le verre, la porcelaine, le bois, la gomme-laque, la poix, etc.

On procéda à d'innombrables essais, mais les progrès ne se réalisèrent que très lentement. Les nombreux échecs dus en majeure partie à des matériaux et à des dispositifs de fabrication insuffisants ne parvinrent toutefois pas à paralyser la force créatrice des chercheurs. Bien au contraire, les maigres résultats des recherches, péniblement recueillis, stimulèrent toujours plus leur esprit investigateur.

C'est en 1844 que la gutta-percha, un produit fait du suc laiteux de plantes tropiques, fit sa première apparition en Europe. Cette matière servit jusqu'au commencement du 20^e siècle à la confection des câbles. Mais du fait de son traitement irrationnel, on ne put éviter des succès au début de son emploi. C'est ainsi qu'après avoir établi en Prusse et en Saxe un réseau de câble de plus de 3000 km, on renonça déjà en 1852 à l'emploi de ces câbles à isolation de gutta-percha à cause des mauvaises expériences que l'on fit, et on se remit à construire des lignes aériennes. Le cas très significatif d'un câble de ce genre posé en 1850 de Leipzig à Hof sur un parcours d'environ 23 km et qu'on dut réparer déjà l'année suivante par l'insertion de 60 sections de remplacement illustre la décision mentionnée plus haut.

Pour améliorer la protection mécanique des câbles à isolation de gutta-percha ou d'autre matière, on

durch 60 längere Ersatzstücke instandgestellt werden musste, lässt die Gründe zum vorerwähnten Entschlusse ahnen.

Zur Erhöhung des mechanischen Schutzes der aus Guttapercha oder anderem Material hergestellten Kabel wurden bereits vor 1850 Bleirohre von beschränkter Länge verwendet, in welche die isolierten Adern eingezogen werden mussten. War dieses Verfahren während Jahrzehnten, d. h. bis zur Erfindung der Bleipresse im Jahre 1879, auch noch sehr unvollkommen, so blieb doch die Erkenntnis, dass reines Blei bei zweckdienlicher Bearbeitung dicht, unpressbar, biegsam und relativ dauerhaft ist.

Mittlerweile wurde die Qualität und Dauerhaftigkeit der Guttaperchakabel fabrikationstechnisch weitgehend verbessert. Neben zusätzlichen Umwicklungen mit Chatterton-Compound und Hanf, erhielten die Kabel zum Teil auch Bleimäntel und Armaturen aus verzinkten Drähten. Dadurch gelang es, die Lebensdauer der Guttaperchakabel erheblich zu verlängern, worauf nach diesem System umfangreiche Kabelanlagen, eine Anzahl davon auch in der Schweiz, geschaffen wurden. Darunter waren Anlagen, die ein Höchstalter bis zu 60 Jahren erreichten.

In Figur 1 ist der Querschnitt eines Guttaperchakabels dargestellt. Jeder der sieben Leiter besteht aus fünf Litzendrähten von je 0,7 mm Durchmesser. Guttapercha, Chatterton-Compound und Juteband bilden das Dielektrikum. Darüber sind zwei Bleimäntel, eine mit Compound getränkte Juteumspinnung, eine Armatur aus Z-förmigen Eisendrähnen und eine asphaltierte äussere Umwicklung angebracht. Im übrigen sind die in der Schweiz verwendeten Guttaperchakabel fast ausschliesslich mit Runddrahtarmaturen ausgerüstet worden.

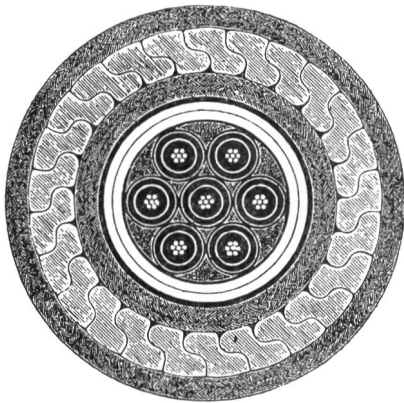


Fig. 1. Querschnitt des 7adrigen Guttaperchakabels, das 1893 von der Firma Felten & Guillaume, Köln-Mülheim, für den Gotthardtunnel geliefert wurde

Coupe transversale du câble à 7 conducteurs, à isolation de gutta-percha, livré en 1893 par la Maison Felten & Guillaume à Cologne-Mülheim pour le tunnel du Gothard

Der Umstand, dass Guttaperchakabel schon für eine verhältnismässig geringe Aderzahl viel Raum beanspruchten — der meistverwendete Typ neben 14- und 28adrigen Kabeln enthielt sieben einadrige

utilisa déjà avant l'année 1850 des tubes de plomb de longueur restreinte, dans lesquels on introduisait les conducteurs isolés.

Quoique ce procédé fût loin d'être parfait pendant des dizaines d'années, c'est-à-dire jusqu'au moment de l'apparition de la presse à plomb en 1879, on reconnut cependant que le plomb pur était une matière étanche, plastique, malléable et relativement durable lorsqu'on la traitait convenablement.

Cependant, la qualité et la durabilité des câbles isolés à la gutta-percha furent grandement améliorées au point de vue de la fabrication. En plus d'enroulements additionnels de compound chatterton et de chanvre, les câbles reçurent en partie aussi des gaines de plomb et des armures de fils zingués. On arriva ainsi à prolonger considérablement la durée des câbles, et l'on construisit d'après ce système des installations de grande étendue, dont un certain nombre également en Suisse. Des installations de ce genre ont atteint l'âge respectable de 60 ans.

La fig. 1 montre la coupe transversale d'un câble à isolation de gutta-percha. Chacun des sept conducteurs est formé de sept brins de 0,7 mm de diamètre. Le diélectrique est constitué de gutta-percha, de compound chatterton et de ruban de jute. Le tout est recouvert de deux gaines de plomb, d'un guipage imprégné de compound, d'une armure de fils de fer en forme de Z et d'une enveloppe extérieure asphaltée. Les câbles à la gutta-percha utilisés en Suisse sont équipés presque exclusivement d'une armure de fils ronds.

Le fait que les câbles à la gutta-percha étaient, même pour un petit nombre de conducteurs, très volumineux (le type le plus usité à part ceux de 14 et 28 conducteurs contenait 7 conducteurs simples) engagea les chercheurs, lorsque le téléphone fut introduit, à construire des câbles de plus petit volume. Par la suite, on fit usage de résine, de cire et d'huile pour l'imprégnation des matières fibreuses (jute, chanvre, coton, papier) destinées à isoler les conducteurs. Des câbles de ce genre sont restés en exploitation jusqu'à la fin de la première guerre mondiale, c'est-à-dire qu'ils l'étaient encore au moment du premier emploi de câbles à isolation d'air et de papier au début du 20^e siècle.

A part les câbles de ce genre, on utilisait en petit nombre aussi des câbles construits selon d'autres procédés.

Définition du câble à isolation d'air et de papier

On entend par «câble» une chose qui a la forme d'une corde. Ce nom provient des cordes de chanvre, de jute ou de fils métalliques que l'on employa de tout temps sur les bateaux et dans la construction des ponts.

Un câble téléphonique est composé d'un nombre quelconque de fils de 0,6 à 1,5 mm de diamètre constitués de cuivre électrolytique pur. Autour de chaque

Leiter — veranlasste die Forscher, besonders seit der Einführung des Telephons, Kabel mit geringer Raumbeanspruchung herzustellen. Es gelangten in der Folge mit Harz, Wachs und Oel imprägnierte Faserstoffe (Jute, Hanf, Baumwolle, Papier) für die Aderisolierung der sogenannten Faserstoffkabel zur Verwendung, die sich, neben den um die Jahrhundertwende eingeführten Papierlufttraumkabeln, bis zum Ende des ersten Weltkrieges erhielten.

Ausser diesen Fabrikaten wurden in geringem Ausmasse noch weitere, nach verschiedenen andern Verfahren hergestellte Kabel verwendet.

Definition des Papierlufttraumkabels

Unter dem Begriff «Kabel» ist schlechthin ein seilförmiges Gebilde zu verstehen. Der Name stammt von Seilen aus Hanf, Jute oder Draht, wie solche auf Schiffen und im Brückenbau bereits seit früher Zeit verwendet wurden.

Ein Telephonkabel besteht aus einer beliebigen Anzahl Drähten von gewöhnlich 0,6 bis 1,5 mm Durchmesser, die aus reinem, durch elektrolytisches Verfahren gewonnenem Kupfer hergestellt sind. Jeder Draht, den man beim Kabel als «Ader» bezeichnet, ist mit einer Papierkordel spiralförmig umwickelt und darüber mit einem oder mehreren Papierbändern isoliert. Je zwei isolierte Adern werden zu Paaren, je zwei Paare miteinander zu sogenannten Dieselhorst-Martin-Vierern (so benannt nach den Erfindern Dieselhorst und Martin, die in den Kabelwerken Siemens Bros. in London tätig waren) für Fernkabel und je vier Adern miteinander zu Sternvierern für Teilnehmer-, Bezirks- und Trägerstromkabel verseilt. Um das Auseinanderfallen von Paaren und Vierern zu verhindern, werden diese mit Baumwollfäden umwickelt. Man verseilt oder verdreht die ersten Paare oder Vierer seilförmig zu einem Bündel, das den Kern bildet. Dieser Kern erhält eine Papierbandumwicklung. Um den Kern wird die erste Lage von Paaren oder Vierern spiralförmig aufgewickelt und darüber folgt wieder ein Papierband. Die Zahl der Lagen richtet sich nach den Bedürfnissen und den technischen Möglichkeiten. Es ist naheliegend, dass der Durchmesser eines Kabels ein gewisses Höchstmass nicht übersteigen darf, weil Gewicht, Handlichkeit und namentlich der Radius von Abbiegungen aus Rücksicht auf die elektrischen Eigenschaften gewisse Grenzen ziehen. Ueber dem Papierband der äussersten Lage schliesst ein Baumwollband das Aderbündel ab. Ein nahtlos umpresster Bleimantel hat alsdann die Aufgabe, das Aderbündel nach aussen wasserdicht abzuschliessen. Als mechanischer und Korrosionsschutz erhält der in ein heisses Bitumenbad getauchte Bleimantel eine Umwicklung von drei asphaltierten (chemisch reiner Bitumen) Papierbändern und darüber eine ebenfalls asphaltierte Jute-garnhülle. Ein solches Kabel bezeichnet man üblicherweise als «unarmiert». Es wird gewöhnlich durch einen Zoreskanal gegen mechanische Schädigung

fil, dénommé «conducteur», est enroulé un filet de papier sous forme de spirale, puis un ou plusieurs rubans de papier. Les conducteurs isolés sont toronnés deux à deux en paires et les paires en quarts Dieselhorst-Martin (dénommées ainsi d'après leurs inventeurs qui travaillèrent dans les usines de câbles Siemens Bros. à Londres) pour les câbles interurbains, et quatre à quatre conducteurs en quarts-étoile pour les câbles d'abonnés, les câbles ruraux et les câbles à courants porteurs. Pour empêcher que les paires et les quarts ne se déploient, on les entoure de fils de coton. Les premières paires ou les premières quarts sont câblées en un faisceau formant le centre du câble. Ce faisceau est enveloppé d'un ruban de papier. Autour de ce faisceau central, on dispose en spirales la première couche de paires ou de quarts que l'on enveloppe de nouveau d'un ruban de papier. Le nombre des couches est déterminé selon les besoins et les possibilités techniques. On conçoit aisément que le diamètre d'un câble ne doit pas dépasser un certain maximum limité par le poids et la maniabilité du câble, et notamment par le rayon des recourbements qui peut avoir une influence sur les propriétés électriques. Un ruban de coton placé sur le ruban de papier de la couche extérieure termine le faisceau des conducteurs. Une gaine de plomb sans couture enserrant le faisceau des conducteurs doit assurer l'étanchéité absolue du câble. La gaine de plomb trempée dans un bain bitumeux bouillant est recouverte d'une couche de trois rubans de papier asphalté (bitume chimiquement pur), puis d'une couche de jute également asphalté, ces couches étant destinées à donner à la gaine de plomb une certaine protection non seulement mécanique mais aussi contre la corrosion. Un câble ainsi constitué est dénommé «câble non armé». On le protège généralement au moyen d'un caniveau zorès contre les endommagements mécaniques. Si l'on applique une couche de fils méplats de forme trapézoïdale zingués au feu (d'une épaisseur de 1,2 ou 1,7 mm suivant le diamètre du câble) sur la couche de jute, on obtient un «câble armé de fils méplats». Les câbles de ce genre sont destinés à être tirés dans des canalisations en tuyaux. Au lieu de câbles non armés que l'on place dans des caniveaux zorès pour les protéger contre des endommagements mécaniques, on utilise depuis plus de 10 ans très souvent des câbles enveloppés d'une armure constituée par deux rubans de fer asphaltés, d'une épaisseur de 0,5, 0,8 ou 1,0 mm, et d'une couche de jute. Jusqu'au début de la seconde guerre mondiale, seuls des câbles d'abonnés furent munis de ce genre d'armure. Le manque de matières premières et le coût très élevé des fers zorès ont, plus tard, conduit l'Administration à armer de rubans de fer aussi les câbles ruraux, les câbles interurbains et les câbles à courants porteurs. L'emploi de câbles armés de cette façon se restreint à des régions situées en dehors des villes et des villages, où les dangers d'endommagements mécaniques sont minimes. Afin d'augmenter

gungen geschützt. Wird über der Juteumwicklung noch eine Armatur aus trapezförmigen, feuerverzinkten Flacheisendrahten, je nach Kabeldurchmesser von 1,2 oder 1,7 mm Stärke, angebracht, so sprechen wir von einem «flachdrahtarmierten Kabel». Solche Kabel sind zum Einzug in Rohrleitungen bestimmt. An Stelle unarmerter Kabel, die hauptsächlich zum Schutze gegen mechanische Beschädigungen in Zoreskanälen untergebracht werden, gelangen seit mehr als zehn Jahren zum Teil solche Kabel zur Anwendung, die mit zwei sich überlappenden asphaltierten Eisenbändern von 0,5, 0,8 oder 1,0 mm Stärke sowie mit einer äusseren Juteumwicklung ausgerüstet sind. Während bis zum Ausbruch des zweiten Weltkrieges nur Teilnehmerkabel solche Armaturen erhielten, ging man seither wegen Materialmangel und stark erhöhten Zoreskanalkosten soweit, auch die Bezirks-, Fern- und Trägerstromkabel damit zu versehen. Die Verwendung der auf diese Weise armierten Kabel beschränkt sich allerdings auf Gebiete, die ausserhalb von Städten und Dörfern liegen, wo die Gefahr mechanischer Beschädigungen gering ist. Zur Erhöhung des mechanischen Schutzes kommen diese Kabel bis 80 cm tief ins Erdreich zu liegen.

Drahtwalzwerk und Drahtzieherei

Um den Fabrikationsprozess von Anfang an verfolgen zu können, begeben wir uns vorerst in ein Drahtwalzwerk. Auf dem Areal der «S. A. des Câbleries et Tréfileries» in Cossonay erblicken wir, wie die Figur 2 zeigt, ein Lager von Kupferbarren und Ringen von gewalztem Kupferdraht, der aus Barren bereits auf 8 mm Durchmesser ausgewalzt worden ist. Jeder dieser Barren wiegt ungefähr 120 kg, und das ganze Lager umfasst einige Tausend Tonnen Kupfer. Das für die Herstellung von Kabeladern verwendete Kupfer wird durch elektrolytisches Verfahren aus Rohkupfer gewonnen und ist fast vollkommen rein. Es stammt hauptsächlich aus den USA, aus Kanada und Belgisch-Kongo.

Die «S. A. des Câbleries et Tréfileries» in Cossonay unterhält für das Auswalzen der Kupferbarren zu Walzdrähten und für das Herunterziehen derselben zu dünnen Adern für Telephonkabel ein Walzwerk nebst einer Drahtzieherei. Diese Firma liefert, ausser für ihren eigenen Bedarf, der «Société d'exploitation des câbles électriques Cortaillod», und den «Kabelwerken Brugg AG., Brugg» einen Teil des für die Kabelfabrikation nötigen Drahtmaterials. Das Unternehmen in Cossonay stellt überdies einen Teil des von der Telegraphen- und Telephonverwaltung für den oberirdischen Linienbau benötigten Bronzedrahtes her.

Figur 3 zeigt, wie ein zu heller Rotglut auf 800° C erhitzter Kupferbarren dem elektrischen Vorwärmer entnommen und dem Walzgerüst, das sich immer in der Mitte einer sogenannten Walzstrasse befindet, zugeführt wird.

l'effet protecteur, on pose ces câbles à une profondeur de 80 cm.

Laminaires et tréfileries

Pour pouvoir suivre dès le commencement le procédé de fabrication, nous nous rendons d'abord dans un laminoir. Sur le terrain de la «S. A. des Câbleries et Tréfileries» de Cossonay, nous apercevons (fig. 2) un dépôt de lingots de cuivre et de couronnes de fils laminés déjà au diamètre de 8 mm. Chaque lingot pèse environ 120 kg, et tout le dépôt représente quelques milliers de tonnes de cuivre. Le cuivre qui constitue les conducteurs de câbles est obtenu par l'électrolyse; il est d'une pureté presque absolue. Il provient en majeure partie des Etats-Unis d'Amérique, du Canada et du Congo belge.



Fig. 2. Lager von Kupferbarren und -draht auf dem Areal der S.A. des Câbleries et Tréfileries in Cossonay
Dépôt de lingots et de fil de cuivre sur les chantiers de la S.A. des Câbleries et Tréfileries de Cossonay

Pour le laminage des lingots de cuivre en gros fils et le tréfilage de ces fils en fins conducteurs pour câbles téléphoniques, les Câbleries et Tréfileries de Cossonay disposent de laminaires et d'installations de tréfilerie. En plus des fils pour leurs propres besoins, ces usines fournissent à la «Société d'exploitation des câbles électriques de Cortaillod» et aux «Kabelwerke Brugg» une partie du fil destiné à la fabrication des câbles. En outre, les usines de Cossonay livrent à l'Administration des télégraphes et des téléphones aussi une partie du fil de bronze dont elle a besoin pour ses lignes aériennes.

La figure 3 montre la sortie d'un lingot de cuivre chauffé à 800° C du four et son amenée vers le laminoir situé au milieu du train de laminage.

Le laminoir est disposé de telle façon qu'un lingot de cuivre d'une longueur d'environ 130 cm et d'une section de 11×11 cm, chauffé à rouge, puisse être laminé dans des opérations ininterrompues jusqu'à ce qu'il soit réduit au diamètre de 8 mm. Après cha-

Das Walzwerk ist so eingerichtet, dass ein Kupferbarren von ungefähr 130 cm Länge und 11×11 cm im Querschnitt in glühendem Zustande in ununterbrochenem Arbeitsgange zu Runddraht von 8 mm Durchmesser ausgewalzt werden kann. Das Profil des Walzgutes verändert sich beim Durchgang durch

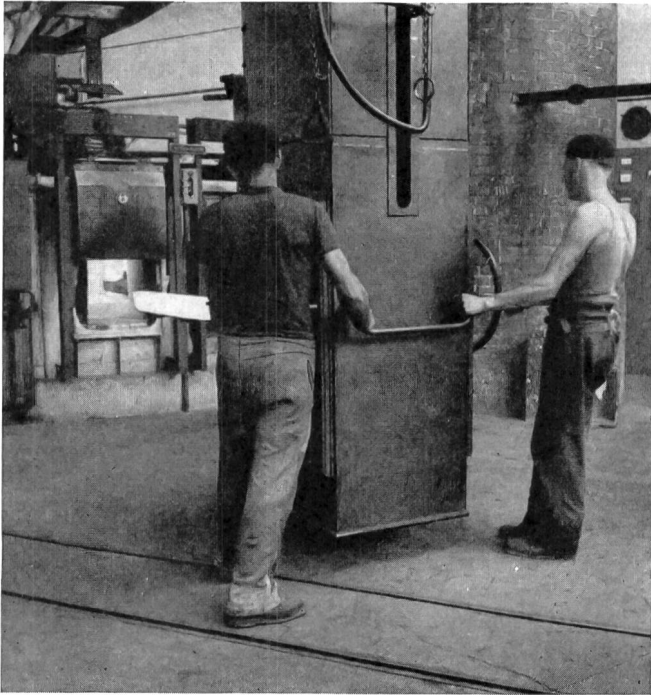


Fig. 3. Ein Kupferbarren wird dem elektrischen Wärmeofen entnommen

Un lingot de cuivre est sorti du four électrique

die Walzen, da von Walze zu Walze immer kleinere Kaliber benützt werden. Die schematische Darstellung der Walzen und die Querschnittveränderungen des Walzgutes sind aus Figur 4 ersichtlich.

Zwei auf waagrechten Achsen im Walzengerüst eingesetzte und übereinanderliegende Guss- oder Stahlzylinder, in denen Rillen ausgeschnitten sind, bilden ein Walzenpaar. Wie die schematische Darstellung zeigt, drehen sich die maschinell angetriebenen Walzen in der angegebenen Pfeilrichtung so, dass sich das Walzgut von einem Stich zum andern (ein Gang durch die Walzen wird «Stich» genannt) in umgekehrter Richtung durch die Walzen bewegt. Durch die Reibung an den Walzenoberflächen wird das Walzgut mitgenommen. Verblüffend flink und sicher fassen die Arbeiter mit grossen Zangen das mit ziemlicher Geschwindigkeit aus den Walzen schießende Walzgut, um es sogleich in umgekehrter Richtung einer Walze mit kleinerem Kaliber zuzuführen.

Nach dem Aufwickeln des auf 8 mm Durchmesser ausgewalzten Drahtes gelangt dieser nach der Abkühlung in ein Säurebad, wo der Sinter, auch Walzunder genannt, der als Oxydschicht an der Drahtoberfläche haftet, durch Beizen entfernt wird.

que passage entre les cylindres du laminoir, le profil du cuivre se modifie selon la réduction des calibres. La disposition schématique des cylindres et les modifications de section du cuivre sont représentées à la figure 4.

Deux cylindres de fonte ou d'acier placés l'un au-dessus de l'autre sur des axes horizontaux et dont les surfaces accusent des rainures forment une paire. Comme on le voit sur le dessin schématique, les cylindres tournent de telle manière dans le sens des flèches que la pièce laminée, après son passage entre deux cylindres, est ramenée entre deux cylindres tournant en sens inverse. La pièce à laminier est entraînée par le frottement qu'elle subit sur les surfaces des cylindres. Les ouvriers saisissent avec une agilité et une habileté déconcertantes au moyen de grosses pinces les barres rapidement expulsées par les cylindres, pour les ramener immédiatement entre des rainures de plus petite section.

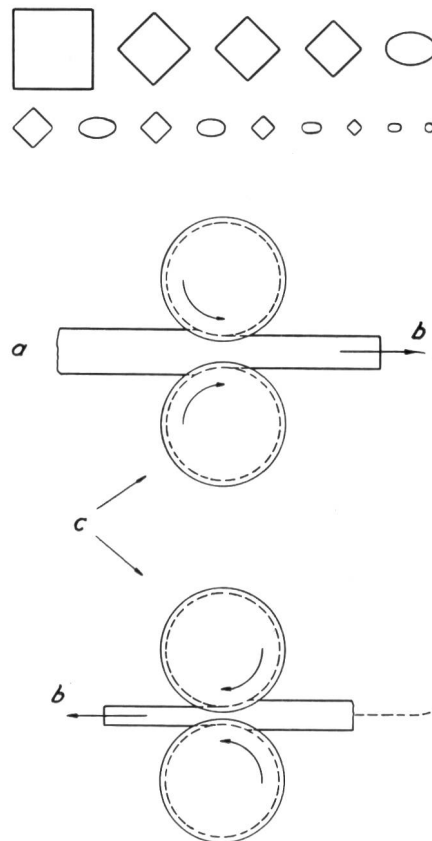


Fig. 4. Querschnittveränderungen beim Auswalzen eines Kupferbarrens

- a = Walzgut
- b = Walzrichtung
- c = Walzen

Modification des sections pendant le laminage d'une barre de cuivre

- a = pièce laminée
- b = direction de laminage
- c = cylindres du laminoir

Après l'enroulement et le refroidissement du fil laminé au diamètre de 8 mm, on le passe dans un bain d'acide pour le décaper.

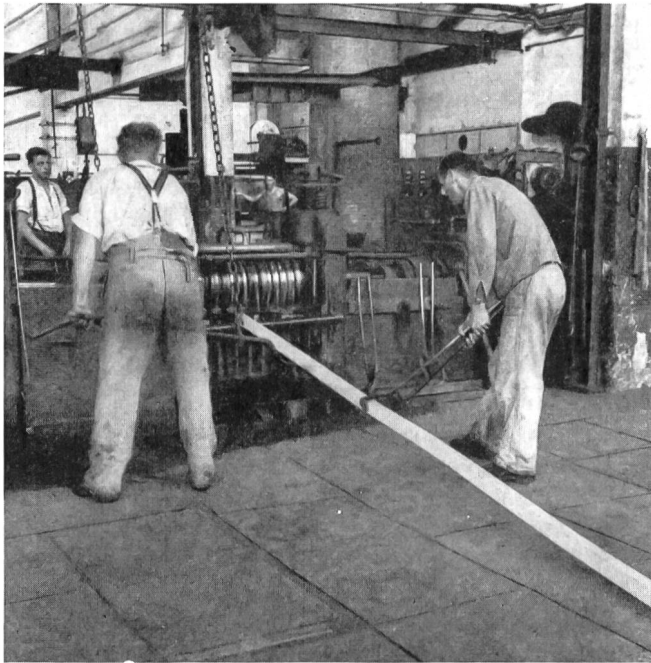


Fig. 5. Ein Kupferbarren ist bereits zu einer Stange mit bedeutend kleinerem Querschnitt ausgewalzt
Un lingot vient d'être laminé en une barre de section déjà très réduite

Nun begeben wir uns in die Drahtzieherei, wo auf einer Mehrfachziehbank, Figur 7, der sogenannte Kaltzug ausgeführt wird. Vorne links spult der 8-mm-Kupferdraht von einer Trommel ab und führt zur Ziehbank, wo er durch mehrere hintereinander angeordnete Zieheisen, mit allmählich kleiner werden-

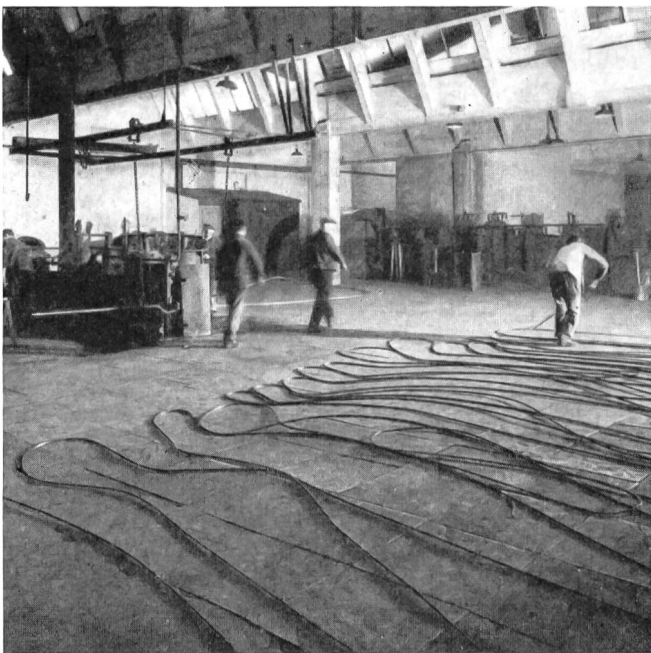


Fig. 6. Ausgewalzter Kupferdraht von 8 mm Durchmesser auf dem Kühlbett
Fil de cuivre laminé, de 8 mm de diamètre, se refroidissant sur le train de laminage

Nous nous rendons maintenant dans les ateliers de tréfilerie, où l'étirage à froid se fait sur un banc multiple (fig. 7). Au devant à gauche le fil de 8 mm se déroule d'une bobine, puis il est conduit au banc d'étirage où il passera par plusieurs filières dont les calibres deviennent toujours plus petits de l'une à l'autre, jusqu'à ce que le fil ait atteint le diamètre de 2,52 mm. Les filières (plongées dans le liquide et non visibles sur la figure) sont disposées entre des rouleaux d'entraînement verticaux qui tournent chacun plus vite que le précédent du fait que le fil entouré en plusieurs spires autour de chacun de ces rouleaux devient toujours plus fin et plus long. La suite de l'opération est semblable, le fil passe par des calibres de diamant de 1,5, 1,2, 1,0, 0,8 et 0,6 mm de diamètre correspondant aux diamètres des conducteurs de câbles.

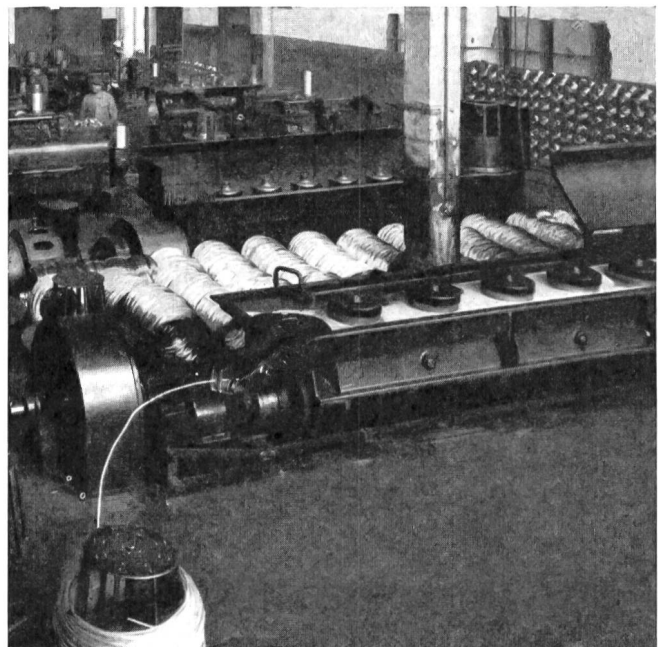


Fig. 7. Mehrfach-Ziehbank für das Herunterziehen von Drähten von 8 mm Durchmesser auf kleinere Durchmesser
Banc d'étirage multiple, où le fil de 8 mm de diamètre est réduit à de plus petits diamètres

Avant d'être utilisé, le fil est recuit dans un récipient à vide afin de lui redonner sa flexibilité primitive tout en lui assurant une surface propre non oxydée.

L'isolement des conducteurs

Lorsque le fil de cuivre est étiré au diamètre voulu et recuit, on l'amène vers les machines à isoler montées en séries sur des bâtis et dont les fuseaux et les rouleaux d'entraînement reçoivent leur mouvement de rotation d'une machine commune.

Au bas, nous apercevons dans la figure 8, placée sur un dévidoir de bois, une couronne de fil dont l'extrémité est dirigée vers le haut par deux tubes-guides. Après que les conducteurs ont été isolés, ils sont enroulés sur des bobines placées au côté opposé de la machine à isoler. A gauche au-dessus de la couronne de

den, kreisrunden Kalibern bis auf 2,52 mm Durchmesser heruntergezogen wird. Die Zieheisen (im Bild in der Flüssigkeit untergetaucht und nicht sichtbar) befinden sich zwischen den auf vertikalen Achsen drehenden Ziehrollen, von denen jede folgende, entsprechend dem immer dünner und länger werdenden Draht, schneller als die vorangehende läuft und den mehrmals um die Rolle herumgeführten Draht glättet und ohne Stauungen vorwärtsbewegt. In ähnlicher Weise spielt sich der nächste Arbeitsvorgang ab, bei dem der Draht durch kreisrunde Kaliber in Diamantsteinen auf die für Telephonkabel gewünschten Aderdurchmesser von 1,5, 1,2, 1,0, 0,8 und 0,6 mm Durchmesser heruntergezogen wird.

Vor der Verwendung dieses Drahtes wird er noch im Vakuum ausgeglüht, um dadurch seine ursprüngliche Geschmeidigkeit und Biegsamkeit wieder zu erlangen und gleichzeitig eine oxydfreie, saubere Oberfläche zu erhalten.

Isolieren der Adern

Nachdem der Kupferdraht auf den gewünschten Aderdurchmesser heruntergezogen und ausgeglüht ist, gelangt er zu den Isoliermaschinen, die reihenweise auf Gestellen montiert sind und deren Spindeln und Abzugscheiben, durch gemeinsame Maschinen getrieben, in Rotation gesetzt werden.

Unten auf dem Boden erblicken wir in Figur 8 auf einem Holzhaspel einen Ring Kupferdraht, dessen äusseres Ende durch zwei Spindeln aufwärts zur Abzugscheibe führt. Nach dem Isolieren der Adern werden diese auf Spulen gewickelt, die sich auf der gegenüberliegenden Seite der Isoliermaschine befinden. Links über dem abspulenden Drahttring (a) wird von einer horizontal drehenden Spule (b = Spinner) eine Papierschnur (Kordel) abgewickelt und spiralförmig um die sich aufwärts bewegende Kupferader gesponnen. Weiter oben sehen wir eine mit dem Papierspinner (c) horizontal rotierende Rolle aus Papierband. Dieses Papierband wickelt sich spiralförmig und überlappend um die Kupferader. Der erste Spinner links befindet sich gerade in Rotation. Um den gewollten Durchmesser und mögliche Gleichmässigkeit der Papierumwicklung zu erhalten, führt man die isolierte Ader oberhalb des Spinners durch Nippel (d) mit genau dimensionierter Bohrung. Den obersten Teil der Isoliermaschine bildet die Abzugscheibe (e), das ist eine Rolle, um welche der isolierte Draht einige Male herumführt, bevor er auf einer besondern Spule hinter der Maschine aufgewickelt wird. Die Abzugscheibe betätigt gleichzeitig eine Messuhr zum Registrieren der Aderlänge.

Figur 9 veranschaulicht vergrössert einen Papierspinner, darüber einen Nippel. Man sieht den bereits mit Papierschnur umspinnenden Draht, um den nun auch das Isolierpapier gewickelt wird.

Verseilen der Adern zu Paaren und Vierern

Nach diesem Arbeitsgang haben wir eine gleichmässig isolierte Ader (Fig. 10a). Mehrere dieser

fil (a), un cordon de papier se déroule d'un fuseau (b) et s'enroule en spirales autour du conducteur de cuivre tiré vers le haut. Plus haut, on aperçoit un rouleau de papier (c) tournant horizontalement. Le ruban de papier enveloppe le conducteur de cuivre en spirales à recouvrement. Le premier fuseau à gauche se trouve justement en rotation. Pour obtenir le diamètre voulu et une grande régularité de l'enveloppe de papier, on conduit le conducteur isolé au-dessus du fuseau par un tube-guide (d) dont l'alésage est exactement dimensionné. La partie la plus haute de la machine à isoler est constituée par une roue d'entraînement (e) autour de laquelle le fil isolé passe en plusieurs spires avant d'être enroulé sur une bobine située derrière la machine. La roue d'entraînement

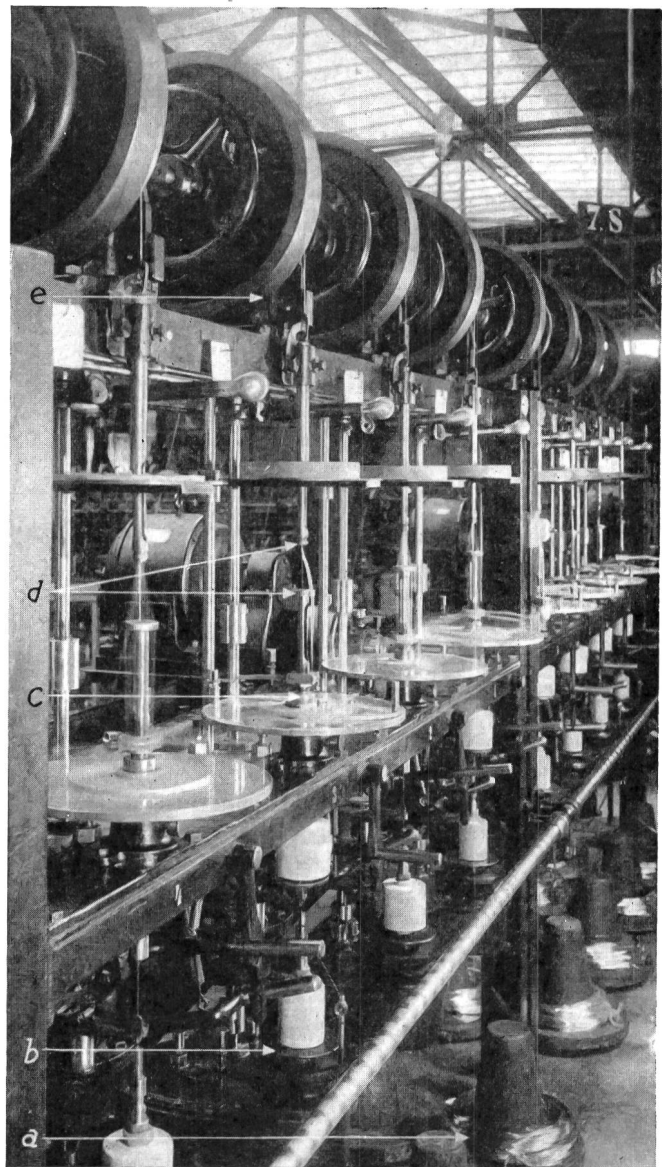


Fig. 8 Isoliermaschinen

- a = Drahttring
- b = Papierschnurspinner
- c = Papierbandspinner
- d = Nippel
- e = Abzugscheibe

Machines à isoler

- a = couronne de fil
- b = enrouleuse de cordon de papier
- c = enrouleuse de papier
- d = tube-guide
- e = roue d'entraînement

Adern, die auf verschiedenen Spulen aufgewickelt sind, gelangen nun zur Verseilung, entweder

zu Paaren (Fig. 10b), zur Herstellung sogenannter paarverseilter Kabel;

zu Sternvierern, das sind vier zu einem seilförmigen Bündel verdrehte Adern (Fig. 10c); oder

zu DM-Vierern, das sind zwei zu einem Vierer verseilte Paare (Fig. 10d) für Fernkabel;

In Figur 11 ist ersichtlich, wie vier isolierte Adern von 1,3 mm Durchmesser mit Rückdrehung zu einem Vierer für Trägerstromkabel verseilt werden. Unter Rückdrehung versteht man, dass die Achsen der Spulenträger im Verseilkorb während der Rotation des Verseilkorbes automatisch in horizontaler Lage verharren. Dadurch lässt sich das Verdrillen der Kupferadern vermeiden, was bei qualitativ erstklassigen Kabeln (DM- und Trägerstromkabel) wichtig ist. Meistens arbeiten die Verseilmachines jedoch ohne Rückdrehung. Die Verseilung kommt zustande,

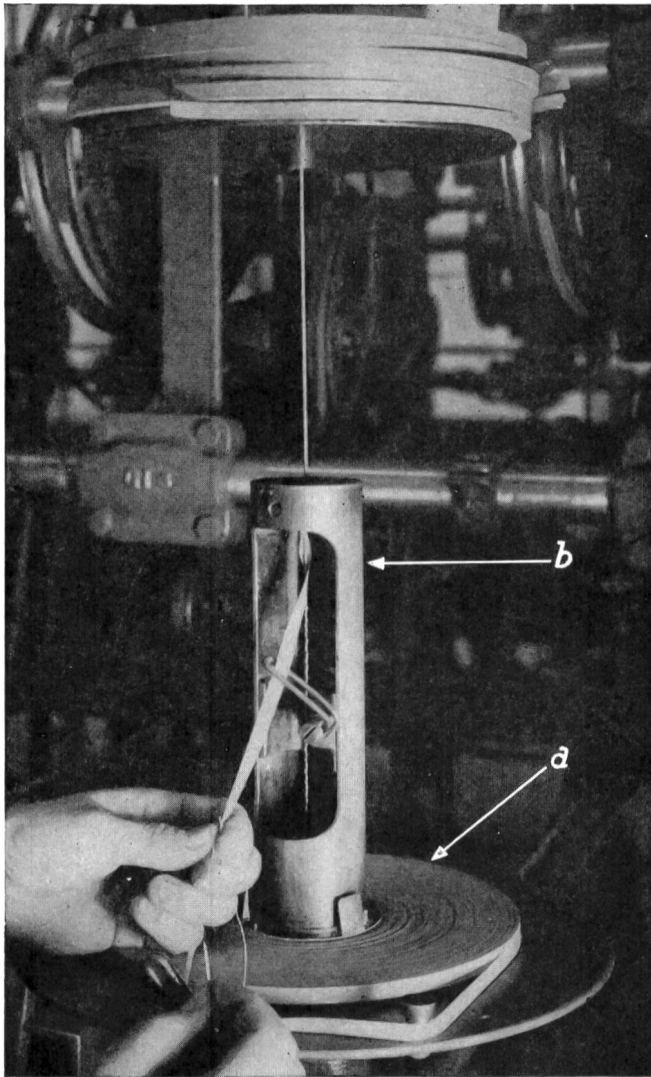


Fig. 9. Papierspinner (a), rechtsdrehend, und Nippel (b). Eine neue Papierrolle wird eingesetzt
Enrouleuse (a) tournant à droite et tube-guide (b). On met en place un nouveau rouleau de papier

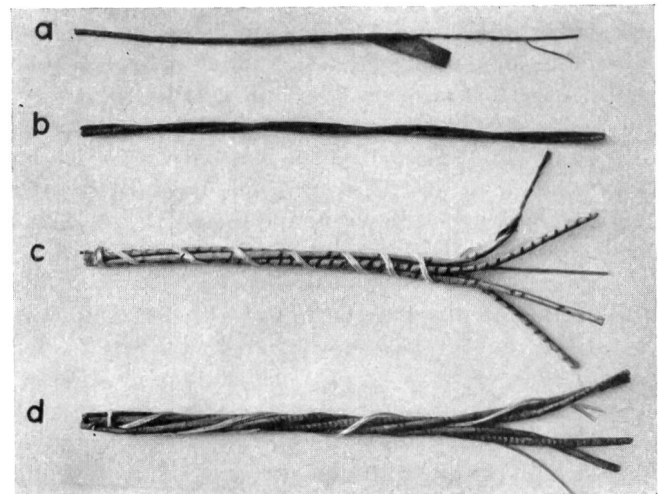


Fig. 10. Verseilung der Adern

- a = mit Papierkordel umwickelte und mit Papierband isolierte Ader
 - b = zwei zu einem Paar verseilte Adern
 - c = vier zu einem sogenannten Sternvierer verseilte Adern mit einer Papierschnur in der Mitte
 - d = zwei zu einem DM-Vierer verseilte Paare
- Toronnage des conducteurs
- a = conducteur entouré d'un cordon de papier et isolé d'un ruban de papier
 - b = deux conducteurs toronnés en paire
 - c = quatre conducteurs toronnés en quarte-étoile autour d'une ficelle de papier
 - d = deux paires toronnées en quarte DM

actionne en même temps un compteur enregistrant la longueur du conducteur.

La figure 9 représente en grand une dérouleuse de papier et, plus haut, un tube-guide. On aperçoit le fil de cuivre autour duquel le cordon de papier est déjà enroulé et le ruban de papier qui enveloppe le tout.

Toronnage des conducteurs en paires et en quartes

Nous avons maintenant un conducteur isolé de façon régulière (fig. 10a). Plusieurs de ces conducteurs enroulés sur différentes bobines sont ensuite toronnés

en paires (fig. 10b) pour les câbles constitués de paires; en quartes-étoile, soit quatre conducteurs réunis en un faisceau (fig. 10c), ou en quartes DM, soit deux paires formant une quarte (fig. 10d) pour câbles interurbains.

On voit à la fig. 11 comment 4 conducteurs isolés, d'un diamètre de 1,3 mm, sont toronnés par rotation rétrograde en une quarte pour courants porteurs. Dans la rotation rétrograde, les axes des supports de bobines restent automatiquement horizontaux pendant la rotation de la toronneuse. On évite ainsi que les conducteurs de cuivre ne se tordent, ce qui a une certaine importance pour les câbles de haute qualité (câbles DM et câbles à courants porteurs). Toutefois, les machines de câblage fonctionnent à l'ordinaire sans rotation rétrograde des bobines. Le toronnage se fait de telle manière que la roue d'entraînement située au milieu, et autour de laquelle la quarte est

indem die Abzugrolle in der Mitte, um welche der Vierer einige Male herumführt, die Adern vorwärtszieht, während der kleine Verseilkorb mit den symmetrisch darauf angebrachten vier Spulen gleichzeitig rotiert. Im Zentrum der vier Adern läuft eine Papierschnur mit, um den symmetrischen Aufbau des Vierers zu erleichtern und dadurch günstige elektrische Eigenschaften, besonders in bezug auf die Kapazität, zu erreichen. Die Schnur läuft von der über dem Verseilkopf montierten Papierspule aufwärts, dann durch ein Rohr nach rückwärts und endlich durch die Hohlachse des Verseilkorbes nach vorn gegen den Verseilnippel und vereinigt sich hier mit den vier Adern. Unmittelbar nach der Verseilung wird der Vierer mit einem farbigen Baumwollfaden umspinnen, der das Auseinanderfallen der Adern beim Öffnen und Spleissen des Kabels verhindert.

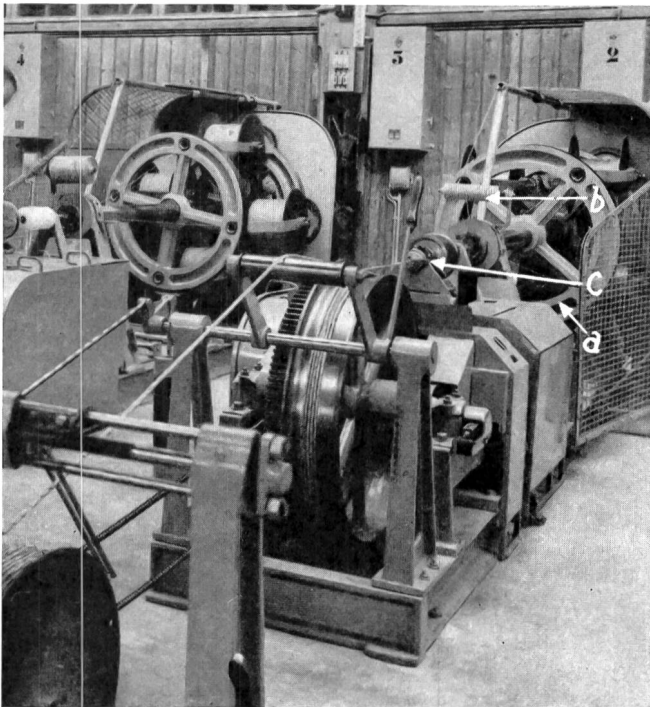


Fig. 11. Verseilmaschine für Sternvierer

a = Verseilkorb

b = Papierschnurspule

c = Nippel

Machine à toronner les quartes-étoile

a = toronneuse

b = bobine de la ficelle de papier

c = tube-guide

Der Verseilschritt (Drallänge, Steigungswinkel) bei Paaren, Sternvierern und DM-Vierern ist von besonderer Wichtigkeit, worauf noch zurückzukommen ist.

Völlig verschieden von der Funktion der in Figur 11 gezeigten Verseilmaschine ist die Verseilart mit der nun in Figur 12 gezeigten Vertikal-Verseilmaschine für DM-Vierer als Verseilungseinheit für Fernkabel. Da DM-Kabel für die Phantomausnutzung (aus zwei

enroulée en quelques spires, entraîne les conducteurs en avant, et qu'en même temps la petite toronneuse supportant quatre bobines de façon symétrique se trouve également en rotation. Le centre des quatre conducteurs est formé par un cordon de papier qui doit faciliter la disposition symétrique de la quarte en vue d'améliorer les propriétés électriques surtout au point de vue de la capacité. Le cordon de papier monte depuis sa bobine située au-dessus de la tête de toronnage, passe en arrière à travers un tube, puis par l'arbre creux de la toronneuse en avant vers le tube-guide, où il est réuni avec les quatre conducteurs. Immédiatement après le toronnage, la quarte est entourée d'un fil de coton coloré qui doit empêcher les conducteurs de se déployer lorsqu'on ouvre le câble pour procéder à l'épissure.

Le pas de toronnage joue un rôle important pour les paires, les quartes-étoile et les quartes DM; nous en reparlerons.

Le câblage au moyen de la machine verticale (fig. 12) pour les quartes DM qui forment l'unité de toron des câbles interurbains est complètement différent du câblage à l'aide de la machine représentée à la fig. 11. Les câbles DM étant construits en vue de pouvoir exploiter les circuits fantômes (circuits combinés au moyen de deux circuits réels ou de base), on doit veiller à réprimer la diaphonie non seulement entre deux circuits de base quelconques mais aussi entre les circuits de base et les circuits fantômes, ainsi qu'entre les circuits fantômes entre eux, ce qu'on obtient par une disposition symétrique des trois voies de communication de la quarte (deux circuits réels et un circuit fantôme) en réalisant des couplages capacitifs mutuels et avec des quartes voisines aussi égaux que possible. En connectant les huit longueurs d'une section Pupin selon les valeurs de capacité et en procédant à l'équilibrage des capacités par des croisements appropriés lors du montage, on obtient pratiquement des équilibres satisfaisants. Afin de pouvoir, dans le but de réduire les effets de diaphonie, maintenir aussi bas que possible les couplages capacitifs entre les conducteurs de différentes paires et quartes, on toronne les conducteurs à différents pas pour former les paires, et les paires à un pas encore différent pour former les quartes. La machine montrée à la figure 12 toronne les conducteurs en quartes en une seule opération avec trois longueurs de pas différentes.

Deux à deux conducteurs isolés conduits parallèlement (non toronnés) sont entourés d'un fil de coton de la couleur caractéristique de la fabrique et enroulés ensuite sur des bobines *a*. Le parcours que suivent les paires de conducteurs vers leur formation en quartes puis par la roue d'entraînement en descendant vers la bobine d'enroulement s'accomplit dans l'ordre des lettres *a*, *b*, *c*, *d*, *e*. Tandis que la bobine d'enroulement *e* de la quarte achevée est mise en mouvement par la machine, les conducteurs qui se déroulent d'abord parallèlement de la bobine *a*

Stammleitungen kombinierte künstliche Leitung) gebaut sind, muss dafür gesorgt werden, dass das Übersprechen nicht nur zwischen beliebigen Stammleitungen, sondern auch zwischen Stamm- und Phantomleitungen und zwischen Phantomleitungen unter sich unterdrückt wird. Dies wird erreicht durch symmetrischen Aufbau der drei Sprechkanäle im Vierer (zwei Stammleitungen und eine Phantomleitung), indem die gegenseitigen Kopplungen und diejenigen mit benachbarten Vierern möglichst gleich gross gehalten werden. Durch geeignete, nach Kopplungswerten geordnete Zusammenstellung von je acht Längen zu Pupinfeldern und durch den Kapazitätsausgleich im Kreuzungsverfahren bei der Montage, wird der praktisch mögliche Ausgleich geschaffen. Um die kapazitiven Kopplungen zwischen den einzelnen Leitern verschiedener Paare und Vierer möglichst niedrig zu halten, was die Verminderung des Übersprechens bezweckt, werden die Adern mit unterschiedlichen Drallängen zu Paaren und die Paare wiederum mit einer andern Drallänge zu Vierern verseilt. Die in Figur 12 gezeigte Maschine verseilt die Adern in einem Arbeitsgang in drei verschiedenen Drallängen zu DM-Vierern. In jeder Lage haben die benachbarten Paare oder Vierer ungleiche Verseilschrittlängen.

Je zwei isolierte Adern werden in Parallelführung (unverseilt) mit einem farbigen Baumwollfaden in der Kennfarbe der Fabrik umspinnen und auf Spulen nach Buchstabe *a* gewickelt. Der Verlauf der Adern, bzw. Paare zum Vierer, dann über die Abzugscheibe und hinunter zur Aufwickelspule lässt sich in der Reihenfolge der Buchstaben *a*, *b*, *c*, *d*, *e* verfolgen. Während die zum Aufwickeln des fertigen Vierers bestimmte Spule *e* maschinell angetrieben wird, werden die von den Spulen *a* sich abwickelnden anfänglich noch parallel laufenden Adern in den beiden Nippeln *b* in entgegengesetzter Richtung zu Paaren verseilt. Diese Verseilung kommt dadurch zustande, dass jede der beiden Spulen während des Abwickelns der Adern gleichzeitig in horizontaler Richtung, jedoch in entgegengesetztem Sinne zur andern Spule, rotiert. Schliesslich werden die beiden Paare im Nippel *c* zum DM-Vierer dadurch verseilt, dass die beiden Spulen *a* um die grosse Vertikalachse *f* rotieren. Durch verschiedene Umdrehungsgeschwindigkeiten der Spulen erhalten die zwei Paare ungleiche Verseilschritte und der Verseilschritt der beiden Paare zum Vierer erhält wiederum eine andere Länge. Wir haben im gleichen Vierer somit in einem Arbeitsgang drei verschiedene Verseilschrittlängen erhalten.

So einfach der Isolier- und Verseilvorgang erscheint, so liegt ihm doch eine grosse Forschungsarbeit zugrunde. Die im Laufe der Jahrzehnte gesammelten vielseitigen und wertvollen Erfahrungen gestatten heute die Anfertigung hochwertiger Telephonkabel.

(Fortsetzung folgt.)

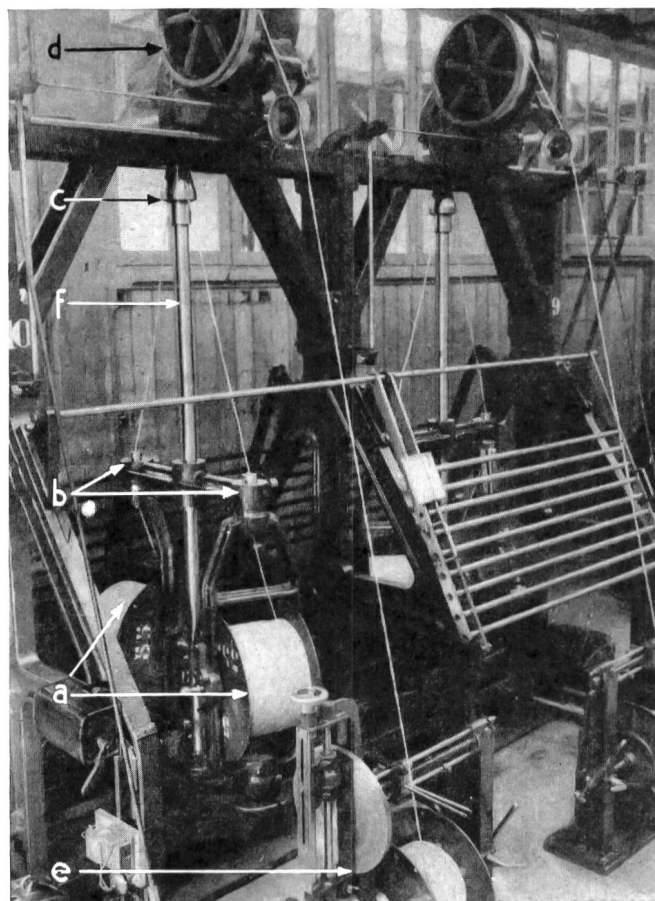


Fig. 12. Verseilmachine für DM-Vierer

- a = Spulen, auf denen je ein Aderpaar aufgewickelt ist
 - b = die beiden Nippel, in denen die bereits zu Paaren verseilten Adern kalibriert werden
 - c = Nippel, in dem die beiden Paare zum DM-Vierer verseilt werden
 - d = Abziehscheibe
 - e = Spule zur Aufnahme des fertigen Vierers
 - f = Vertikalachse
- Toronneuse pour quarts DM
- a = bobines contenant chacune une paire de conducteurs
 - b = les deux tubes-guide, où les paires toronnées sont calibrées
 - c = tube-guide, dans lequel les deux paires sont toronnées en quart DM
 - d = roue d'entraînement
 - e = bobine sur laquelle s'enroule la quartie achevée
 - f = axe vertical

sont toronnés dans les deux tubes-guides *b* en sens inverse en paires. Ce câblage se fait de telle manière que, pendant le déroulement des conducteurs, chacune des deux bobines tourne horizontalement mais en sens inverse l'une de l'autre. En fin de compte, les deux paires sont toronnées en quarts DM dans le tube-guide *c* du fait que les deux bobines *a* tournent autour du grand axe vertical *f*. Les différentes vitesses de rotation des bobines ont pour effet que les deux paires accusent des pas de toronnage différents et que le pas de la quartie formée par les deux paires est encore différent, de sorte qu'en une seule opération on obtient trois différents pas de toronnage.

(A suivre.)