

Untersuchungen an Montierungsdrähten verschiedenen Leiter- und Aussendurchmesser sowie an entsprechenden Zentralkabeln = Etudes de fils de montage de différents diamètres de conducteurs et diamètres extérieurs, ainsi que des câbles Z

Autor(en): Künzler, H. / Fierz, W.
correspondants

Objektyp: Article

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

Band (Jahr): **40 (1962)**

Heft 9

PDF erstellt am: **28.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-875137>

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.

TECHNISCHE MITTEILUNGEN

BULLETIN TECHNIQUE

PTT

BOLLETTINO TECNICO

Herausgegeben von den Schweizerischen Post-, Telephon- und Telegraphen-Betrieben - Publié par l'entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses. - Pubblicato dall'Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

H. Künzler und W. Fierz, Bern

621.315.33:621.395

Untersuchungen an Montierungsdrähten verschiedenen Leiter- und Aussendurchmessers sowie an entsprechenden Zentralenkabeln

Etudes de fils de montage de différents diamètres de conducteurs et diamètres extérieurs, ainsi que des câbles Z correspondants

1. Einleitung

Die Entwicklung der Nachrichtentechnik geht dahin, immer kleinere Apparate bei gleichbleibender oder gar grösserer Leistung zu bauen. Diese Tendenz versteht sich aus der allgemeinen Raumknappheit und den erhöhten Kubikmeterpreisen besonders in Neubauten. Auch die einzelnen Bauelemente sind kleiner geworden. Man denke nur etwa an den Ersatz von Elektronenröhren durch Transistoren, die um ein Vielfaches weniger Raum beanspruchen als ihre Vorgänger. Es ist deshalb möglich geworden, bedeutend mehr Bauelemente auf dem gleichen Raum zusammenzudrängen als früher.

Der erreichte Fortschritt beschwor aber eine neue Schwierigkeit herauf. Bei den gedrängten modernen Konstruktionen sind die Abstände zwischen den Bauelementen so knapp geworden, dass die Drahtverbindungen, deren Zahl je Volumeneinheit als Folge der engeren Bauweise zwangsläufig gestiegen ist, kaum mehr untergebracht werden können. Eine gewisse Erleichterung brachte die sogenannte gedruckte Schaltung; doch blieb trotzdem der Wunsch nach einem dünneren Montierungsdraht bestehen.

Die schweizerischen PTT-Betriebe und die für sie arbeitenden Industriezweige benützen seit mehr als zehn Jahren für die Verdrahtungen ihrer Apparate und technischen Einrichtungen vorwiegend einen mit

1. Introduction

L'évolution des télécommunications tend vers la construction d'appareils toujours plus petits de puissance égale, sinon supérieure. Cette tendance s'explique par la pénurie générale des locaux et les prix élevés du mètre cube, spécialement dans les nouvelles constructions. Les différents éléments de construction sont aussi devenus plus petits. Il suffit de penser au remplacement des tubes électroniques par les transistors, pour se rendre compte qu'ils occupent beaucoup moins de place que leurs prédécesseurs. C'est pourquoi il est devenu possible de serrer beaucoup plus d'éléments de construction dans le même espace qu'autrefois.

Mais le progrès réalisé soulève une nouvelle difficulté. Dans ces constructions modernes resserrées, les distances entre les éléments se sont tellement réduites que les connexions par fil, dont le nombre par unité de volume a forcément augmenté par suite de la construction plus étroite, peuvent difficilement trouver place. Les circuits imprimés ont apporté un certain soulagement; malgré cela, on désire toujours avoir un fil de montage plus mince.

L'entreprise des PTT suisses et l'industrie travaillant pour elle utilisent depuis plus d'une décennie pour le câblage des appareils et des équipements techniques principalement un fil de montage isolé au

Polyvinylechlorid isolierten Montierungsdraht, den sogenannten M49, mit einem Kupferleiter von 0,60 mm \pm 1,5% Durchmesser und einem Aussendurchmesser von höchstens 1,20 mm. Dieser Draht hat sich im Laufe der Jahre vorzüglich bewährt. Er besitzt für die modernen Konstruktionen nur einen einzigen Nachteil: er ist zu dick!

An der Tagung der Commission Electrotechnique Internationale (CEI) im Juni 1961 in Interlaken beriet sich das entsprechende Fachkomitee (46c) über das Pflichtenheft für kunststoffisolierte Montierungsdrähte und Zentralenkabel. Die meisten Delegierten forderten einen dünnen Montierungsdraht, so dass die Kommission mehrheitlich beschloss, die Minimalwerte für die Drahtdimensionen herabzusetzen. Der minimale Durchmesser des Kupferleiters beträgt nun 0,5 mm, die Mindestdicke der Isolationshülle 0,15 mm, was einen Aussendurchmesser des isolierten Drahtes von 0,80 mm ergibt.

Eine Umfrage unter den Delegierten des erwähnten Komitees ergab, dass bereits mehrere europäische Länder Montierungsdrähte mit 0,5 mm dicken Kupferleitern erfolgreich eingeführt haben.

Ob man auch in der Schweiz einen dünneren Montierungsdraht zulassen darf, kann indessen nicht «übers Handgelenk hinweg» entschieden werden. Man muss zuerst wissen, wie sich der dünnere Draht in mechanischer sowie elektrischer Hinsicht verhält, und ob er nicht etwa die von den PTT-Betrieben geforderte hohe Qualität ihrer technischen Anlagen merklich beeinträchtigt. Um die auftauchenden Probleme abzuklären, führten wir eine Reihe von Versuchen durch. Sie sind in den folgenden Abschnitten beschrieben und sollen mithelfen, einen klaren Entscheid zu ermöglichen.

2. Der Raumbedarf von Verdrahtungen

Es interessiert den Konstrukteur wie den Betriebsmann in erster Linie, wie viel Platz er gewinnt, wenn er seine Verdrahtungen mit dünnerem Montierungsdraht ausführt, und ob er seine Leiterbündel in dem zur Verfügung stehenden engen Raum überhaupt unterbringen kann. Betrachten wir zunächst ein Beispiel aus der Praxis: In der *Figur 1a* ist die Grundplatte eines modernen Linienwählers abgebildet, in deren unteren Hälfte man die dicken Drahtbündel erkennt. Wird diese Verdrahtung mit einem 1,04 mm dicken Montierungsdraht ausgeführt, so bleiben die Lötösen frei stehen (vgl. *Fig. 1b* – Detailaufnahme). Verwendet man dagegen 1,15 mm dicken Draht zu diesem Zweck, dann berühren die innersten Lötösen das Aderbündel (*Fig. 1c*). Was dies für den Lötenden bedeutet, weiss der Praktiker! Mit dem dünneren Draht ist der Platz besser ausgenützt, man könnte im Notfall noch mehr Leitungen in den vorhandenen Raum einbauen oder bei gleichbleibender Leiterzahl den Apparat kleiner konstruieren.

Wie stark sich der Querschnitt von Drahtbündeln mit 30 beziehungsweise 100 Adern verringert, wenn man den Aussendurchmesser des Montierungsdrahtes

chlorure de polyvinyle, le M49, avec un conducteur de cuivre de 0,60 mm \pm 1,5% de diamètre et de 1,20 mm de diamètre extérieur maximum. Ce fil s'est révélé excellent au cours des années. Il ne possède qu'un seul inconvénient pour les constructions modernes: il est trop épais!

Lors de la réunion de la Commission Electrotechnique Internationale (CEI) en juin 1961 à Interlaken, le comité spécial (46c) délibéra sur le cahier des charges pour fils de montage et câbles de central à isolation en matière synthétique. La plupart des délégués réclamèrent un fil de montage fin, si bien que la commission décida à la majorité de réduire les valeurs minimales des dimensions des fils. Le diamètre minimal du conducteur de cuivre est de 0,5 mm, l'épaisseur minimale de la gaine isolante de 0,15 mm, ce qui donne un diamètre extérieur du fil isolé de 0,80 mm.

Une enquête menée parmi les délégués de ce comité a démontré que plusieurs pays européens ont déjà introduit avec succès des fils de montage à conducteurs de cuivre de 0,5 mm de diamètre.

On ne peut néanmoins pas décider en un touremain s'il est possible d'admettre en Suisse un fil de montage plus fin. On doit d'abord savoir comment le fil plus fin se comportera du point de vue mécanique et électrique et s'il ne portera pas préjudice à la haute qualité que l'entreprise des PTT exige pour ses installations techniques. Pour élucider les problèmes qui se posent, nous avons procédé à une série d'essais que nous décrivons dans les paragraphes suivants et qui doivent nous aider à prendre une décision claire et précise.

2. Place nécessaire aux câblages

Le constructeur comme l'exploitant désirent avant tout savoir combien de place ils gagnent en faisant les câblages avec un fil de montage plus fin et s'ils peuvent loger les faisceaux de conducteurs dans l'espace restreint dont ils disposent. Examinons d'abord un exemple tiré de la pratique: la *figure 1a* représente la plaque de base d'un sélecteur de lignes moderne; on reconnaît à la partie inférieure les épais faisceaux de fils. Si ce câble est fait avec un fil de montage de 1,02 mm de diamètre, les œillets de connexion restent libres (cf. *fig. 1b* – vue détaillée). En revanche, si l'on emploie, à cet effet, du fil de 1,15 mm de diamètre, les œillets de connexion intérieurs touchent le faisceau des conducteurs (*fig. 1c*). Le praticien sait ce que cela signifie pour le monteur chargé de faire les soudures. Le fil plus mince permet de mieux utiliser la place et, au besoin, de monter un plus grand nombre de lignes dans l'espace disponible ou de diminuer les dimensions de l'appareil si le nombre des conducteurs reste le même.

La *figure 2* montre clairement la diminution de section des faisceaux de fils à 30 ou 100 conducteurs si l'on ramène le diamètre extérieur du fil de montage de 1,15 mm à 1,04 mm. La figure suivante (*fig. 3*) reproduit le côté latéral de quatre faisceaux de cent, dont chacun est monté avec un autre fil. On voit



Fig. 1a

ici aussi que le diamètre des faisceaux diminue fortement avec le diamètre du fil. Les rapports quantitatifs exacts sont analysés au cours de cet article.

3. Fils de montage à diamètres extérieurs et diamètres de conducteurs différents, mais à gaine isolante également épaisse

Bien que l'entreprise des PTT désirât savoir avant tout si elle pouvait remplacer le fil de montage actuel au diamètre de 0,6 mm par un fil ayant un diamètre de 0,5 mm, nous avons, pour avoir une meilleure vue d'ensemble, pris également, pour nos essais, des fils aux diamètres de 0,4 et de 0,8 mm. Les dimensions des fils d'essai sont résumées au *tableau I*.

Tableau I Dimensions des fils d'essai

Diamètre du conducteur en mm	Epaisseur de la gaine de PVC en mm	Diamètre extérieur du fil isolé en mm
0,4	0,27	0,95
0,5	0,26	1,02
0,6	0,25	1,11
0,8	0,26	1,32

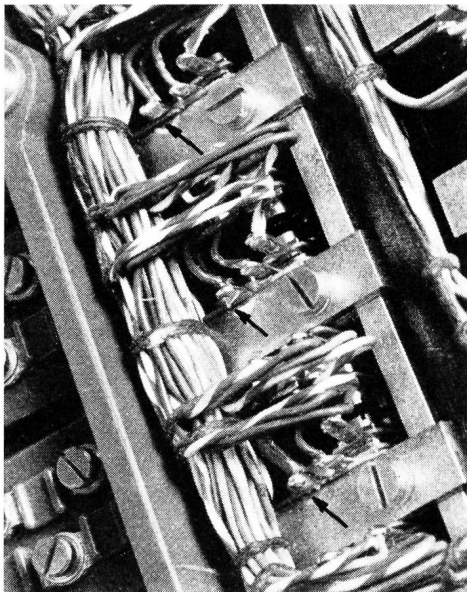


Fig. 1b

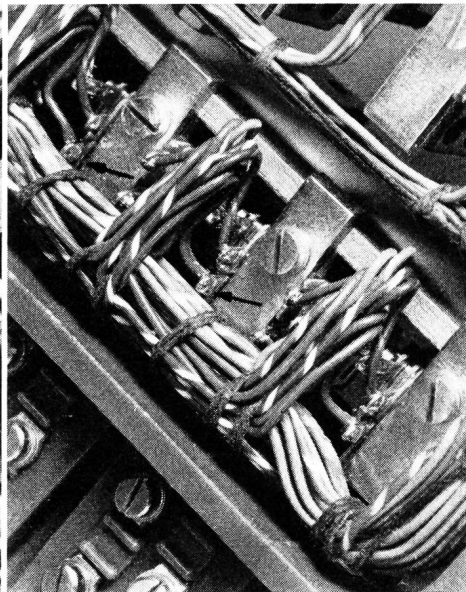


Fig. 1c

Fig. 1.

Verdrahtung eines Linienwählers

- a) Grundplatte
- b) Aderdurchmesser 1,02 mm
- c) Aderdurchmesser 1,11 mm

Die Pfeile weisen auf den Abstand zwischen Lötösen und Drahtbündel hin. Bildvergrößerung für b und c: Massstab 1:1

Câblage d'un sélecteur de lignes

- a) Plaque de base
- b) Diamètre des conducteurs 1,02 mm
- c) Diamètre des conducteurs 1,11 mm

Les flèches indiquent la distance entre l'œillet de connexion et le faisceau de fils. Agrandissement de l'image pour b et c: 1:1

von 1,15 mm auf 1,02 mm herabsetzt, zeigt die *Figur 2* anschaulich. In der folgenden Abbildung (*Fig. 3*) ist die Seitenansicht von vier Hunderterbündeln wiedergegeben, von denen jedes mit einem andern Draht aufgebaut wurde. Auch hier wird deutlich, dass der Bündeldurchmesser mit dem Drahtdurchmesser stark abnimmt. Die genauen quantitativen Verhältnisse werden im weiteren Verlauf dieser Arbeit noch untersucht.

On émit au début des doutes au sujet de l'introduction d'un fil de montage plus mince, un conducteur de 0,5 mm de diamètre pouvant supporter, par rapport à un fil de cuivre de $\frac{1}{10}$ de mm plus gros tel qu'il a été utilisé jusqu'ici, des efforts mécaniques plus faibles et devant, par conséquent, provoquer plus de dérangements en service. Pour déterminer si cette réserve était justifiée, nous avons effectué une série d'essais que nous décrivons ci-après.

3. Montierungsdrähte mit verschiedenen Leiter- und Aussendurchmessern, jedoch mit gleich dicker Isolierhülle

Wiewohl für die PTT-Betriebe lediglich die Frage im Vordergrund stand, ob der gegenwärtige Montierungsdraht mit einem Leiterdurchmesser von 0,6 mm durch einen solchen mit einem Leiterdurchmesser von 0,5 mm ersetzt werden könne, zogen wir der besseren Übersicht wegen für unsere Versuche auch Drähte mit Leiterdurchmessern von 0,4 und 0,8 mm heran. Die Abmessungen der Versuchsdrähte sind in der *Tabelle I* zusammengestellt.

Tabelle I Abmessungen der Versuchsdrähte

Durchmesser des Leiters in mm	Dicke des PVC-Schlauches in mm	Aussendurchmesser des isolierten Drahtes
0,4	0,27	0,95
0,5	0,26	1,02
0,6	0,25	1,11
0,8	0,26	1,32

Gegen die Einführung eines dünneren Montierungsdrahtes wurden zunächst Bedenken geäußert, weil ein Leiter mit nur 0,5 mm Durchmesser im Vergleich zu einem um $\frac{1}{10}$ mm dickeren Kupferdraht, wie er bis heute für den erwähnten Zweck benutzt wurde, geringere mechanische Beanspruchungen auszuhalten vermöge und deshalb im Betrieb vermehrt Störungen verursachen müsse. Um abzuklären, ob diese Bedenken berechtigt seien, führten wir eine Reihe von Versuchen durch, die im folgenden beschrieben werden.

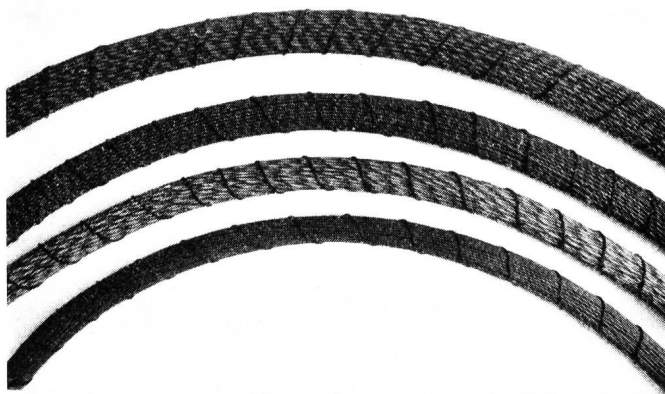


Fig. 3. Aderbündel aus Montierungsdrähten verschiedenen Durchmessers
Aderzahl: 100
Aussendurchmesser der Adern in den Bündeln von oben nach unten: 1,32, 1,11, 1,02 und 0,95 mm
Faisceaux de conducteurs en fils de montage de différents diamètres
Nombre de conducteurs: 100
Diamètre extérieur des conducteurs dans les faisceaux de haut en bas: 1,32, 1,11, 1,02 et 0,95 mm

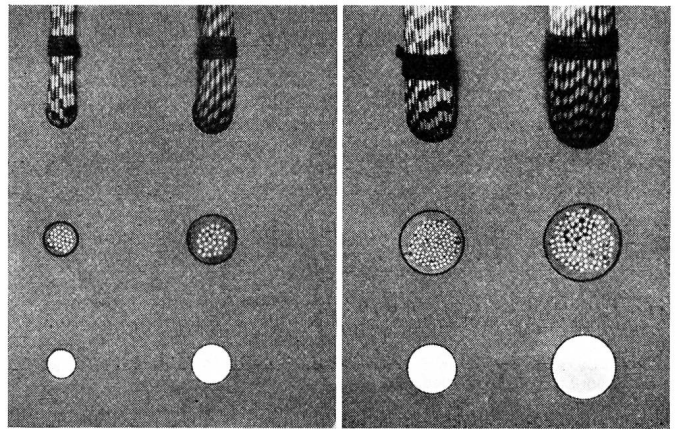


Fig. 2. Querschnitte von Bündeln mit 30 und 100 Adern aus Montierungsdraht

- a) Bündel zu 30 Adern
- b) Bündel zu 100 Adern

In beiden Abbildungen befinden sich links das Bündel aus Adern mit 0,5 mm Leiter- und 1,02 mm Aussendurchmesser, rechts dasjenige mit 0,6 mm Leiter- und 1,11 mm Aussendurchmesser

Aufnahme: Albiswerk Zürich AG

Sections de faisceaux à 30 et 100 conducteurs en fil de montage

- a) Faisceau à 30 conducteurs
- b) Faisceau à 100 conducteurs

Sur les deux images, le faisceau de conducteurs de 0,5 mm de diamètre et de 1,02 mm de diamètre extérieur se trouve à gauche et celui des conducteurs de 0,6 mm de diamètre et de 1,11 mm de diamètre extérieur à droite
Reproduction: Albiswerk Zurich S.A.

Résistance à la traction et allongement

Nous avons d'abord déterminé, à la machine «Drage», la résistance à la traction et l'allongement à la rupture des fils isolés, indiqués au *tableau 1*. Les valeurs de mesure obtenues sont représentées graphiquement à la *figure 4*. Les colonnes désignées par a concernent le fil nu et celles qui le sont par b le fil isolé. Il n'y a rien d'étonnant à ce que les valeurs de la résistance à la traction et de l'allongement augmentent avec le diamètre du fil. Pour le fil de cuivre isolé de 0,5 mm, la résistance à la traction se situe néanmoins aux environs de 7 kg* (colonne b pour 0,5 mm \varnothing), ce qui fait 3 kg* de moins que pour le fil de montage utilisé actuellement (colonne b pour 0,6 mm \varnothing) mais devrait toutefois suffire pour la pratique. Il vaut la peine de relever que la gaine de PVC augmente sensiblement la résistance à la traction et l'allongement, bien qu'elle n'adhère pas au fil mais l'enveloppe simplement d'une façon lâche.

Essais de flexion

Lors du montage ou de modifications, les fils de montage sont occasionnellement courbés d'un côté et de l'autre et finalement redressés. Ces efforts violents peuvent, s'ils sont répétés trop souvent, provoquer des ruptures de fils et occasionner ainsi des dérangements de service. Etant donné que les efforts de flexion peuvent être de nature totalement différente, nous avons contrôlé les fils selon plusieurs méthodes.

Zerreissfestigkeit und Dehnung

Zunächst bestimmten wir von den in der *Tabelle I* angeführten isolierten Drähten auf der «Drage»-Zerreissmaschine die Zerreissfestigkeit und die Bruchdehnung. In der *Figur 4* sind die erhaltenen Messwerte graphisch dargestellt. Die mit a bezeichneten Säulen gelten für den nackten, die Säulen b dagegen für den isolierten Draht. Es erstaunt nicht, dass Zerreissfestigkeit und Dehnung mit zunehmendem Drahtdurchmesser auch grössere Werte annehmen. Immerhin liegt die Zerreissfestigkeit für den isolierten 0,5 mm Kupferdraht etwa bei 7 kg* (Säule b bei 0,5 mm \varnothing), was zwar rund 3 kg* weniger ist als beim heute gebräuchlichen Montierungsdraht (Säule b bei 0,6 mm \varnothing), aber doch für die Praxis genügen sollte. Bemerkenswert ist, dass die PVC-Hülle, wiewohl sie nicht am Draht haftet, sondern nur satt aufliegt, Zerreissfestigkeit und Dehnung deutlich erhöht.

Biegeversuche

Bei der Montage oder bei Änderungen werden die Montierungsdrähte gelegentlich hin- und hergebogen und zuletzt wieder gerade gestreckt. Derart scharfe Beanspruchungen können, wenn sie zu oft wiederholt werden, Drahtbrüche bewirken und damit zu unerwünschten Betriebsstörungen führen. Da indessen die Biegebeanspruchungen ganz verschiedener Art sein können, prüften wir die Drähte nach mehreren Methoden.

a) Untersuchung mit dem Biegeapparat «Amsler»

Einwandfrei vergleichbare Ergebnisse erhält man nur, wenn man die verschiedenen Drähte über definierte Radien biegt. Dafür eignet sich vorzüglich der Biegeapparat «Amsler», der in der *Figur 5* abgebildet ist. Er wurde uns von der Firma *Albiswerk Zürich AG* zur Verfügung gestellt. Der Draht wird senkrecht unter einer Spannung von 1 kg* eingespannt (*Fig. 5a*) und hernach links und rechts über einen definierten Radius gebogen (*Fig. 5b*), wobei man eine seitliche Ausbiegung und die Rückführung in die Ausgangsstellung als eine Biegung zählt. Der Draht wird so lange hin- und hergebogen bis er bricht. In *Figur 6* ist die Anzahl der ausgehaltenen Biegungen in Säulenform dargestellt. Der schraffierte Teil der Säulen gilt für den nackten Leiter, die ganze Säule für den isolierten Draht. Die Versuche wurden bei vier verschiedenen Biegeradien durchgeführt.

Als Ergebnis steht fest, dass die Isolierhülle die Biegezahl, die ein Draht zu erleiden vermag, erhöht. Dies erklärt sich dadurch, dass der Biegeradius des Kupferdrahtes um den Betrag der Dicke des PVC-Mantels vergrössert und demnach der Prüfling weniger scharf beansprucht wird. Bei gleichem Biegeradius hat der Durchmesser des Leiters dagegen keinen beachtenswerten Einfluss auf die Biegezahl. Je kleiner jedoch der Biegeradius ist, desto früher brechen die Drähte, weil die Materialbeanspruchung zunehmend grösser

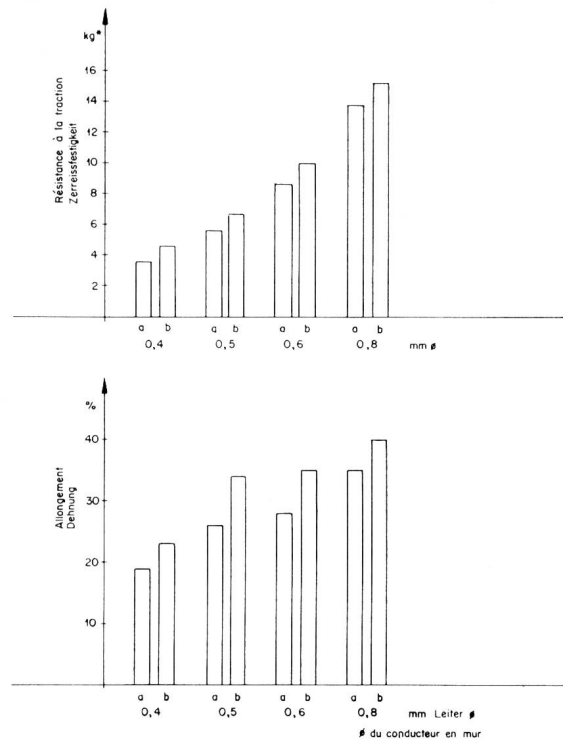


Fig. 4. Zerreissfestigkeit und Dehnung von Montierungsdrähten verschiedenen Durchmessers

- a) nackter Leiter
b) isolierter Draht

Résistance à la traction et allongement de fils de montage de différents diamètres

- a) Conducteur nu
b) Fil isolé

a) Contrôle à l'aide de l'appareil à cintrer «Amsler»

On n'obtient des résultats parfaitement comparables que si l'on courbe les différents fils à des rayons définis. L'appareil à cintrer «Amsler» convient parfaitement à cet effet; il est reproduit à la *figure 5*. *Albiswerk Zürich S.A.* a bien voulu mettre cet appareil à notre disposition. Le fil est tendu verticalement sous une tension de 1 kg* (*fig. 5a*) et est ensuite plié vers la droite et vers la gauche selon un rayon bien défini (*fig. 5b*), une flexion latérale vers l'extérieur et le retour à la position de départ étant comptés pour une courbure. Le fil est ainsi courbé d'un côté et de l'autre jusqu'à ce qu'il se brise. La *figure 6* représente sous forme de colonnes le nombre de courbures obtenues. La partie hachurée des colonnes concerne le conducteur nu, les colonnes pleines le fil isolé. Les essais ont été effectués pour quatre rayons de courbure différents.

Le résultat met en évidence le fait que la gaine isolante augmente le nombre de flexions qu'un fil est à même de supporter. Cela s'explique par le fait que le rayon de courbure du fil de cuivre est agrandi du montant de l'épaisseur de la gaine de chlorure de polyvinyle et que, par conséquent, l'échantillon est soumis à un effort moins violent. En revanche, le rayon de courbure étant le même, le diamètre du conducteur n'a pas d'influence notable sur le nombre de flexions. Plus le rayon

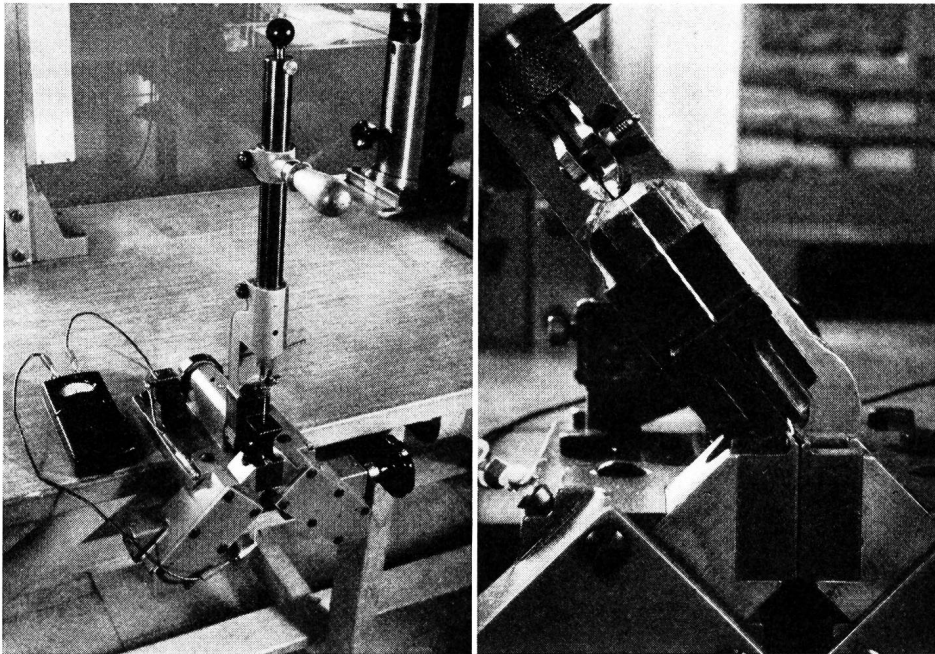


Fig. 5.

Biegeapparat Amsler

a) Gesamtansicht

b) Teilansicht

Aufnahmen: Albiswerk Zürich AG

Appareil à cintrer Amsler

a) Vue générale

b) Vue partielle

Reproductions: Albiswerk Zurich S.A.

wird. Doch sind bei sehr kleinen Radien (0 und 0,5 mm) die Werte nicht mehr stark voneinander verschieden.

b) *Versuche mit dem Biegeapparat PTT*

Im Betrieb haben die Montierungsdrähte jedoch wesentlich andere Beanspruchungen auszuhalten. Die Monteure biegen den Draht beim Bau von Zentralen oder bei der Fabrikation von Teilnehmerapparaten gelegentlich um mehr oder minder scharfe Kanten, wobei Zugspannungen von 1 kg* und mehr durchaus vorkommen können. Wir konstruierten deshalb einen Biegeapparat, bei dem die Biegeversuche zwar auch unter Span-

de courbure est petit, plus les fils se brisent rapidement parce que l'effort que subit le matériel devient de plus en plus grand. Aux très petits rayons (0 et 0,5 mm), les valeurs diffèrent peu les unes des autres.

b) *Essais à l'aide de l'appareil à cintrer PTT*

Dans l'exploitation, les fils de montage doivent supporter bien d'autres efforts. Pour construire les centraux ou pour fabriquer des appareils d'abonnés, les monteurs recourbent le fil autour d'arêtes plus ou moins vives, des tensions de traction de 1 kg* et plus pouvant très bien se produire. C'est pourquoi nous avons construit un

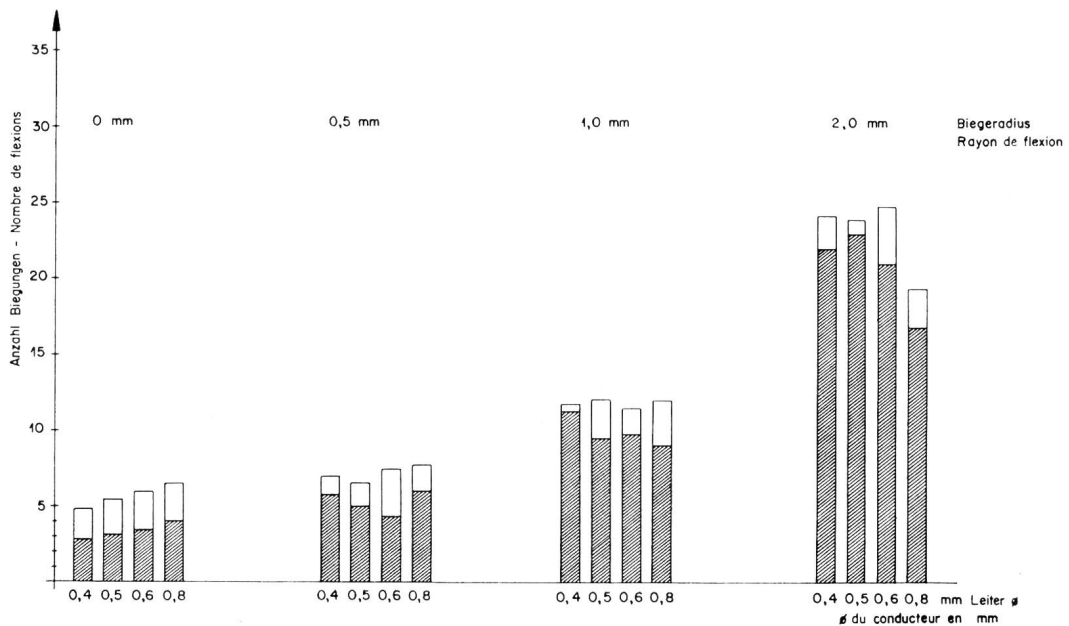


Fig. 6. Biegeversuche mit Montierungsdrähten verschiedenen Durchmessers mit dem Biegeapparat Amsler
 Schraffierte Säule: Nackter Leiter
 Ganze Säule: Isolierter Draht

Essais de flexion avec des fils de montage de différents diamètres à l'appareil à cintrer Amsler
 Colonnes hachurées: Conducteur nu
 Colonnes pleines: Fil isolé

nung vorgenommen werden können, aber sich zudem gewisse Drahteigenschaften wie zum Beispiel die Steifigkeit auswirken. Der PTT-Apparat ist in *Figur 7* wiedergegeben. Man spannt einen etwa 12 cm langen isolierten Draht mit dem einen Ende in eine um 90° drehbare Klemme. Das andere Ende wird mit verschiedenen Gewichten belastet. Drückt man nun auf den Schalterknopf, so beginnt die Klemme zwischen der einen Extremlage, wie sie in *Figur 7* gezeigt ist, und der andern, bei der das eingeklemmte Drahtstück senkrecht nach oben steht, hin- und herzudrehen. Dabei wird der Draht über die Kante der festen Klemmenbacke, die genau in der Drehachse der Antriebswelle liegt, gebogen. Wenn der Draht bricht, stellt der Apparat automatisch ab. Die Anzahl der ausgehaltenen Biegungen kann an einem Zähler abgelesen werden.

In der *Figur 8* ist die Klemme vergrößert abgebildet. Die untere Backe kann durch solche ersetzt werden, bei denen an Stelle der Kante oben links eine Fläche mit definiertem Krümmungsradius ausgebildet ist. Die *Figur 8* lässt deutlich erkennen, dass die dickeren Drähte, ihrer grösseren Steifigkeit wegen, sich trotz der Zugspannung von 1 kg* nicht genau rechtwinklig abbiegen lassen. Sie werden deshalb weniger stark beansprucht als die dünnern, was auch den Verhältnissen in der Praxis entspricht.

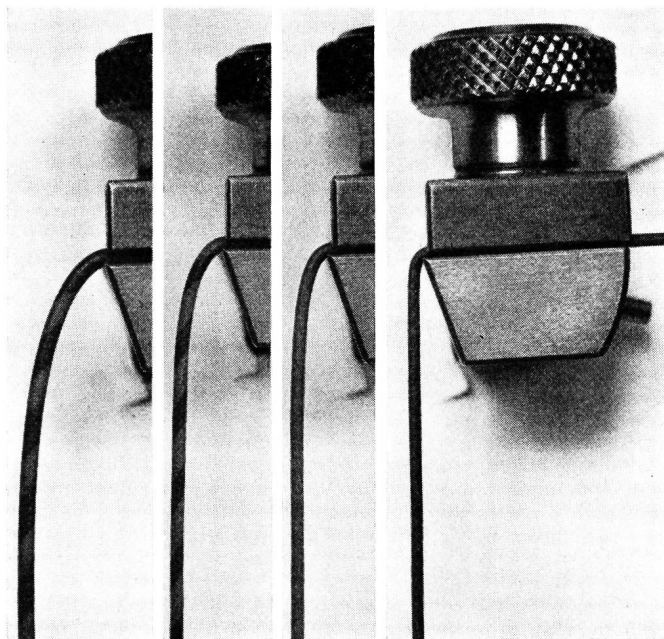


Fig. 8. Klemmenbacken des Biegeapparates PTT mit eingespannten Montierungsdrähten verschiedenen Durchmessers
Aussendurchmesser der Drähte von links nach rechts: 1,32, 1,11, 1,02 und 0,95 mm
Alle Drähte sind mit 1000 g* belastet
Mâchoires de l'appareil à cintrer PTT avec des fils de montage de différents diamètres tendus
Diamètre extérieur des fils de gauche à droite: 1,32, 1,11, 1,02 et 0,95 mm
Tous les fils sont chargés par 1000 g*

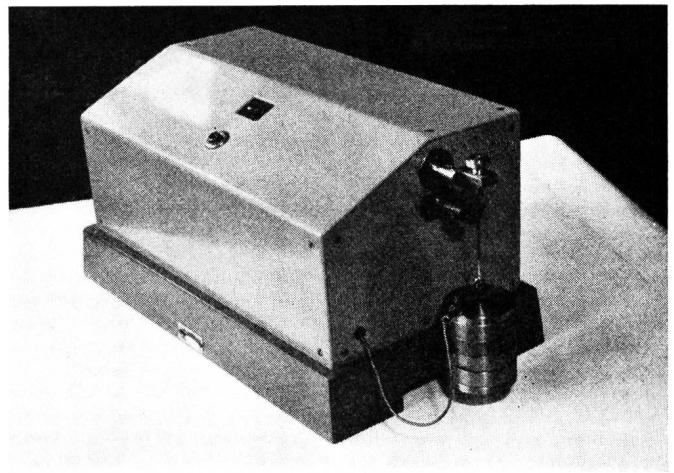


Fig. 7. Biegeapparat PTT
Appareil à cintrer PTT

appareil à cintrer, avec lequel les essais de courbure peuvent aussi être faits sous tension, mais certaines caractéristiques du fil, par exemple la résistance à la flexion, exercent leur influence. L'appareil PTT est reproduit à la figure 7. On fixe l'une des extrémités d'un fil isolé d'environ 12 cm de long dans un serre-fil pouvant tourner de 90°. L'autre extrémité est chargée par différents poids. Si l'on presse sur le bouton de l'interrupteur, le serre-fil commence à tourner dans un sens et dans l'autre entre les deux positions extrêmes, ainsi que le montre la figure 7, le bout de fil pincé étant maintenu verticalement vers le haut. Le fil est plié sur l'arête de la mâchoire du serre-fil fixe qui se trouve exactement dans l'axe de rotation de l'arbre d'entraînement. Lorsque le fil se rompt, l'appareil s'arrête automatiquement. Le nombre de flexions obtenues peut être lu sur un compteur.

La *figure 8* reproduit un agrandissement du serre-fil. La mâchoire inférieure peut être remplacée par des mâchoires dont l'arête supérieure gauche fait place à une surface de rayon de courbure défini. La *figure 8* montre clairement que les fils plus épais, du fait de leur rigidité, ne se plient pas exactement à angle droit malgré la tension de traction de 1 kg*. C'est pourquoi ils sont soumis à un effort moins grand que les fils plus minces, ce qui correspond aussi aux conditions pratiques. A la *figure 9* sont représentés les résultats des mesures pour les rayons de courbure 0 (arête vive), 0,5, 1,0 et 2 mm. La partie hachurée des colonnes concerne à nouveau le fil nu et les colonnes pleines le fil isolé (charge 1 kg*).

Si l'on compare les *figures 6 et 9*, on constate avec surprise que, pour l'essai de flexion PTT plus proche de l'exploitation, les fils supportent à tous les rayons de courbure un nombre plus grand de courbures qu'avec l'appareil Amsler, parce que cet appareil plie les échantillons à un angle de 180° et que l'appareil PTT les plie à un

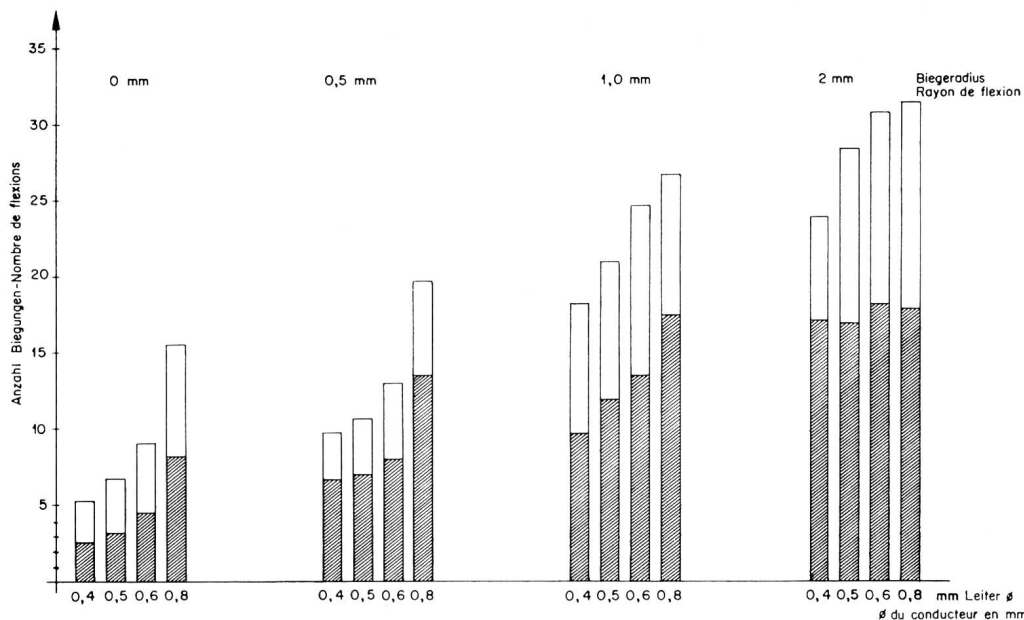


Fig. 9. Biegeversuche mit Montierungsdrähten verschiedenen Durchmessers mit dem Biegeapparat PTT
 Schraffierte Säule: Nackter Leiter
 Ganze Säule: Isolierter Draht

Essais de flexion avec des fils de montage de différents diamètres à l'aide de l'appareil à cintrer PTT
 Colonnes hachurées: Conducteur nu
 Colonnes pleines: Fil isolé

In *Figur 9* sind die Messergebnisse für die Biegeradien 0 (scharfe Kante), 0,5, 1,0 und 2 mm dargestellt. Der schraffierte Teil der Säule gilt wiederum für den nackten, die ganze Säule für den isolierten Draht (Belastung 1 kg*). Vergleicht man die Figuren 6 und 9 miteinander, so fällt auf, dass beim betriebsnäheren PTT-Biegeversuch die Drähte bei allen Biegeradien mehr Biegungen aushalten vermögen als auf dem Amsler-Gerät, weil bei diesem die Proben über einen Winkel von 180°, bei jenem jedoch nur um 90° gebogen werden, was eine unterschiedliche Beanspruchung für den Kupferdraht bedeutet. Auch hier wirkt sich die PVC-Hülle als Schutz aus, indem der isolierte Draht fast doppelt so viele Biegungen aushält wie der nackte. Im Gegensatz zum Versuch mit dem Amsler-Apparat sind beim PTT-Gerät die gefundenen Biegezahlen deutlich vom Drahtdurchmesser abhängig. Dies liegt darin begründet, dass sich die dickeren Drähte ihrer grösseren Steifigkeit wegen trotz des angehängten Gewichtes nicht vollständig über den vorgeschriebenen Radius biegen lassen (siehe *Figur 8*). Die Unterschiede zwischen dem 0,5 mm und dem 0,6 mm dicken Leiter betragen maximal nur 25%. Zudem liegen die gefundenen Biegezahlen dieser beiden Drähte so hoch, dass man im Betrieb nicht mit Bruchschäden zu rechnen hat.

c) *Biegeversuche mit Montierungsdrähten, die an Relaisfedern angelötet sind*

Bei Umschaltungen müssen gelegentlich einzelne Drähte von den Lötflächen der Relaispulen abgelöst und durch andere Leitungen ersetzt werden. Dabei biegt der Monteur diejenigen Verbindungsdrähte, die am Relais angeschaltet bleiben,

angle de 90° seulement, ce qui représente un effort différent pour le fil de cuivre. La gaine de PVC exerce aussi un effet de protection, le fil isolé supportant un nombre de flexions presque double de celui du fil nu. Au contraire de l'essai effectué avec l'appareil Amsler, le nombre de flexions que permet de faire l'appareil PTT dépend dans une large mesure du diamètre du fil. Cela se justifie par le fait que, par suite de leur plus grande rigidité, les fils plus épais ne se plient pas complètement selon le rayon prescrit, malgré le poids suspendu (voir *figure 8*). Les différences entre les conducteurs de 0,5 et de 0,6 mm ne sont que de 25% au maximum. En outre, les chiffres de flexion de ces deux fils sont si élevés qu'on ne doit pas compter dans l'exploitation avec des dommages causés par la rupture.

c) *Essais de flexion avec des fils de montage soudés aux ressorts de relais*

Lors de commutations, certains fils doivent parfois être détachés des cosses des bobines de relais et remplacés par d'autres lignes. A cet effet, le monteur replie des deux côtés les fils de jonction qui restent connectés au relais, pour avoir assez de place pour travailler avec le fer à souder. Lorsqu'il a soudé le nouveau fil, il ramène les fils de jonction dans leur position primitive. S'il ne travaille pas minutieusement, il peut casser les fils. Pour apprécier à sa juste valeur l'importance du danger décrit, nous avons utilisé le dispositif représenté à la *figure 10*: on soude le fil à examiner à une languette d'un jeu de ressorts de relais monté à demeure, on le tire d'abord horizontalement et on le fait passer ensuite par une poulie; on fixe un poids à la partie verticale. A une distance de 2,5 cm de la soudure, le fil passe entre

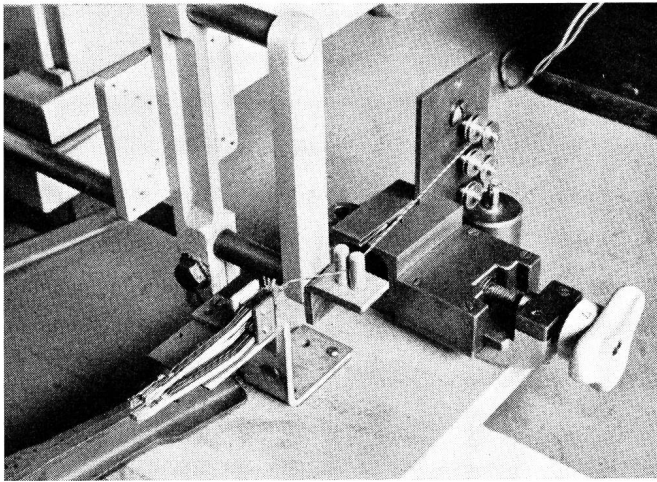


Fig. 10. Einrichtung für Biegeversuche mit an Relaisfedern angelöteten Montierungsdrähten
Belastung der Drähte: 500 g*
Dispositif pour essais de flexion avec des fils de montage soudés à des ressorts de relais
Charge des fils: 500 g*

beidseitig aus, um für die Arbeit mit dem LötKolben Platz zu gewinnen. Wenn der neue Draht angelötet ist, biegt er diese wieder in die alte Lage zurück. Arbeitet der Monteur dabei nicht sorgfältig, so können die Drähte brechen.

Um die Grösse der beschriebenen Gefahr richtig einzuschätzen, benützten wir die in *Figur 10* abgebildete Einrichtung: Man lötet den zu untersuchenden Draht an einen Lappen eines fest montierten Relaisfedersatzes, führt ihn zunächst waagrecht und biegt ihn dann über eine Rolle; am senkrechten Teil befestigt man ein Gewicht. 2,5 cm von der Lötstelle entfernt wird er zwischen zwei Bolzen hindurchgeführt, die mit einem Motor senkrecht zur Drahtichtung hin- und herbewegt werden. Der Ausbiegewinkel beträgt 30° . Wird der Draht von der Ausgangslage (0°) nach rechts um 30° gebogen und wieder in die Ausgangsstellung zurückgeführt, so zählt dies als eine Biegung. Bei unserer Versuchseinrichtung folgt auf eine Ausbiegung nach rechts eine nach links und umgekehrt.

In *Figur 11* sind die Messergebnisse zusammengestellt. Bei allen Versuchen waren die Drähte mit 500 g* gespannt. Die Biegezahl ist auch hier deutlich vom Drahtdurchmesser abhängig. Es spielt jedoch keine grosse Rolle, ob die PVC-Hülle bis an die Lötöse reicht oder ob sie sich ein Stückchen weit zurückgezogen hat. Die gefundenen Biegezahlen (Fig. 11a und 11b) liegen innerhalb der zu erwartenden Streuung.

Dagegen sinken sie bedenklich ab, wenn man den Kupferleiter beim Entfernen des Kunststoffschlauches mit der Abisolierzange verletzt (Fig. 11c) oder gar mit dem Messer abisoliert (Fig. 11d). Dadurch entstehen auf der Oberfläche des Leiters Kerben, welche die Wechselbiegefestigkeit herabsetzen. Gegen Kerben sind die dickeren Drähte noch empfindlicher als die dünneren, weil bei

deux tourillons qui sont mus dans un sens et dans l'autre par un moteur, perpendiculairement à la direction du fil. L'angle est de 30° . La flexion du fil du point de départ (0°) à 30° vers la droite et le retour à la position de repos comptent pour une flexion. Dans le dispositif d'essai, une flexion vers la droite est suivie d'une autre vers la gauche et vice versa.

Les résultats des mesures sont reproduits à la *figure 11*. Dans tous les essais, les fils étaient tendus par une charge de 500 g*. Le nombre de flexions dépend aussi ici nettement du diamètre du fil. Il n'est cependant pas d'une très grande importance que la gaine de PVC arrive à l'ocillet de connexion ou qu'il en manque un petit bout. Les chiffres de flexion obtenus (figures 11a et 11b) sont dans les limites de la dispersion à escompter. En revanche, ils tombent nettement lorsqu'on blesse le conducteur de cuivre avec la pince à enlever l'isolation en éloignant le tube de matière synthétique (figure 11c) ou qu'on supprime même l'isolation avec le couteau (figure 11d). Cela provoque sur la surface du conducteur des entailles qui diminuent la résistance à la flexion alternative. Les fils épais sont encore plus sensibles à ces entailles que les minces, des tensions de traction élevées se produisant sur le côté extérieur du conducteur plié. La figure 11d explique clairement qu'il est à juste titre interdit d'enlever l'isolation à l'aide du couteau.

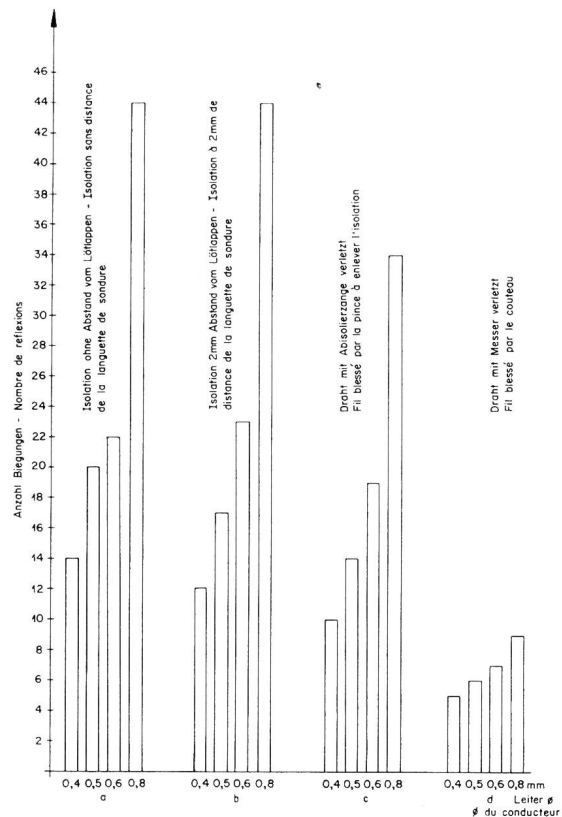


Fig. 11. Auswertung der Biegeversuche mit angelöteten Montierungsdrähten

Appréciation des essais de flexion avec les fils de montage soudés

ihnen an der Aussenseite des gebogenen Leiters grössere Zugspannungen auftreten. Die Figur 11d zeigt eindrücklich, dass das Abisolieren mit dem Messer zu Recht verboten ist.

Die Säulen für den Draht mit 0,5 mm Leiterdurchmesser in den Figuren 11a und b besagen, dass dieser Montierungsdraht 20 beziehungsweise 17 Biegungen ausgehalten hat. In der Praxis wird – entsprechend den Aussagen verschiedener Zentralenmonteure – in Apparaten und in Zentraleneinrichtungen, ausgenommen im Verteiler, nur sehr selten ein Draht umgelötet, so dass die bei diesem Versuch gefundenen Biegezahlen des 0,5-mm-Leiters einen störungsfreien Betrieb über viele Jahre hinaus erwarten lassen.

d) Biegeversuche mit angeschraubten Drähten

Wird der abisolierte Leiter eines Montierungsdrahtes angeschraubt, so bringt man zwischen den Draht und den Schraubkopf eine Unterlagsscheibe. Deren scharfe Kante kann der Kupferleiter verletzen, wenn die Schraube zu fest angezogen oder der Draht bewegt wird.

Um diese Verhältnisse abzuklären, benützen wir wiederum die in Figur 10 abgebildete Einrichtung. Dabei bogen wir den Versuchsdraht sowohl in der Ebene parallel zur Unterlagsscheibe als auch senkrecht dazu (Fig. 12 oben), wobei die zweite Prüfart wesentlich schärfer ist. Für diese Versuche zogen wir lediglich die Drähte mit 0,5 und 0,6 mm Leiterdurchmesser heran.

Die beiden Drähte unterscheiden sich in der Biegezahl nur wenig. Biegt man sie parallel zur Ebene der Unterlagsscheibe, so halten sie 24 beziehungsweise 28 Biegungen aus (Fig. 12a), bewegt man die Drähte indessen senkrecht dazu, so brechen sie schon nach 9 beziehungsweise 11 Biegungen. Doch genügen diese Biegezahlen für die praktischen Verhältnisse vollkommen.

Lötversuche an einer Verteilerschiene

Beim Einlöten in eine Verteilerschiene erleidet der Kupferleiter zunächst eine Wärmebehandlung durch den LötKolben und hernach wird der Draht den Vorschriften gemäss mit einem runden Stab von etwa 10 mm Durchmesser an die Wand der Bakelitform gedrückt. Um zu erfahren, wie manche Lötung ein Draht aushält, bis sich ein Schaden einstellt, arbeiteten wir mit der in Figur 13 gezeigten Versuchseinrichtung. Der Prüfling wurde, wie es aus der Abbildung ersichtlich ist, an die oberste Lappe der Verteilerschiene gelötet, nach dem Abkühlen wieder abgelötet und gerade gestreckt. Hernach löteten wir den Draht an der untersten Lappe an und wiederholten diesen Vorgang einmal oben, einmal unten, so lange bis der Kupferleiter brach; die Figur 14 vermittelt die Ergebnisse. Mit den drei dickeren Leitern liessen sich rund 30 Lötungen ausführen, was für die Betriebsverhältnisse mehr als genügt. Lediglich der 0,4 mm dicke Kupferdraht brach schon nach 15 Lötungen in

Les colonnes des figures 11a et 11b indiquent que le fil de montage de 0,5 mm de diamètre a résisté à 20 et 17 flexions. En pratique – ainsi que divers monteurs de centraux nous l'ont affirmé –, des changements de soudure d'un fil sont très rares dans les appareils et dans les équipements de centraux, sauf au distributeur, de sorte que les chiffres de flexions du conducteur de 0,5 mm, trouvés lors de cet essai, permettent d'attendre un service impeccable pendant de nombreuses années.

d) Essais de flexions avec des fils vissés

Lorsque le conducteur d'un fil de montage, dont l'isolation a été enlevée, est vissé, on place entre le fil et la tête de la vis une rondelle dont l'arête vive peut blesser le conducteur de cuivre, si la vis est fortement serrée ou si le fil est déplacé.

Pour élucider ce problème, nous avons à nouveau utilisé le dispositif reproduit à la figure 10. A cet effet, nous avons plié le fil d'essai horizontalement et perpendiculairement à la rondelle (figure 12, en haut), ce second essai étant nettement plus violent. Pour ces essais, nous avons uniquement eu recours à des fils de 0,5 et 0,6 mm de diamètre. Pour les deux fils, le nombre de flexions est très peu différent. Si l'on plie les fils horizontalement par rapport à la rondelle, on arrive à 24 et 28 flexions (figure 12a); si l'on déplace les fils perpendiculairement par rapport à la rondelle, ils se rompent après 9 et 11 flexions. Ces chiffres sont suffisamment clairs pour la pratique.

Essais de soudure à une réglette de distribution

Lorsqu'il est soudé à une réglette de distribution, le conducteur de cuivre est d'abord chauffé à l'aide du fer à souder et, ensuite, le fil est, conformément aux prescriptions, pressé contre la paroi de la forme en bakélite au moyen d'une tige ronde d'environ 10 mm de diamètre. Pour savoir combien de fois un fil peut être soudé jusqu'à ce qu'il soit endommagé, nous avons utilisé le dispositif d'essai que montre la figure 13. L'échantillon fut, ainsi que cela ressort de la figure, soudé à la languette supérieure de la réglette de distribution, dessoudé une fois refroidi et redressé. A la suite de cela, nous avons soudé le fil à la languette inférieure et avons répété l'opération une fois en haut, une fois en bas, jusqu'à ce que le conducteur de cuivre se rompe; la figure 14 donne les résultats. Les trois conducteurs les plus épais permirent d'effectuer 30 soudures, ce qui est plus que suffisant pour les conditions que l'on rencontre dans l'exploitation. Seul le fil de cuivre de 0,4 mm se brisa après 15 soudures à proximité de la languette de soudure; il se révéla ainsi être nettement le plus mauvais.

Essais de vibrations

Dans les centraux téléphoniques automatiques, les fils de montage sont exposés aux vibrations partout où ils se trouvent à proximité de parties mobiles. Lorsque le fil vibre à l'unisson, alors que la soudure

der Nähe des Lötflappens ab. Er erwies sich damit als deutlich schlechter.

Erschütterungsversuche

In automatischen Telephonzentralen sind die Montierungsdrähte überall dort Vibrationen ausgesetzt, wo sie sich in der Nähe bewegter Teile befinden. Vibriert dann der Draht mit, während die Lötstelle unbewegt bleibt oder umgekehrt, so können Ermüdungsbrüche entstehen.

Da wir selbst über kein geeignetes Prüfgerät verfügten, liessen wir die Neigung der Drähte zu Ermüdungsbrüchen von der Firma Albiswerk Zürich AG bestimmen. Der dazu verwendete Vibrationstisch ist in den Figuren 15 oben und unten abgebildet. Bei der gezeigten Versuchsanordnung wird die Lötstelle bewegt (Frequenz: 8 Hz, Amplitude: 5 mm) und der Draht 50 mm entfernt von dieser festgehalten. Auf einer Verteilschiene sind 36 Drähte gleichen Types angelötet.

In der Figur 16 sind die Ergebnisse dargestellt. Auf der Ordinate sind die Drahtbrüche in Prozenten, auf der Abszisse die Schwingungszahlen aufgetragen. Der besseren Anschaulichkeit wegen geben wir in der Figur 17 die Schwingungszahlen an, bei denen die Hälfte der Drähte eines Types abgebrochen ist. Die dünneren Drähte halten demnach wesentlich mehr Schwingungen aus als die dickeren. Würde man einen dünneren Montierungsdraht einführen, so hätte man in dieser Beziehung einen merklichen Vorteil zu erwarten.

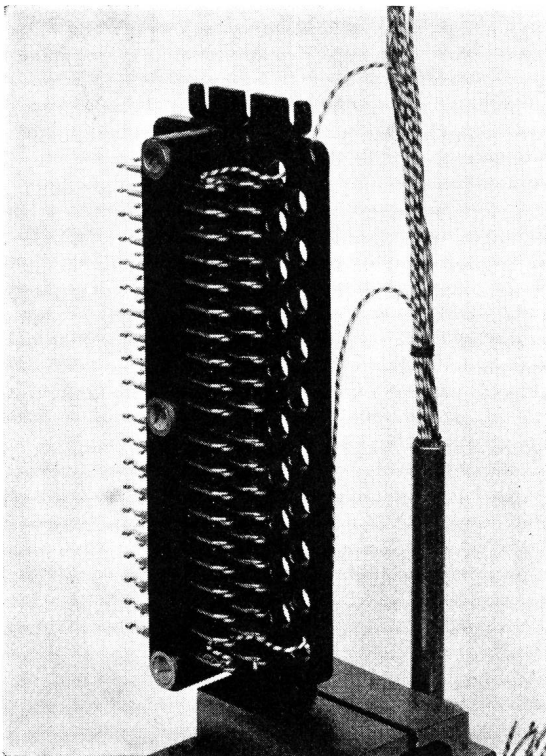


Fig. 13. Verteilerschiene für Lötversuche
Réglette de distribution pour essais de soudure

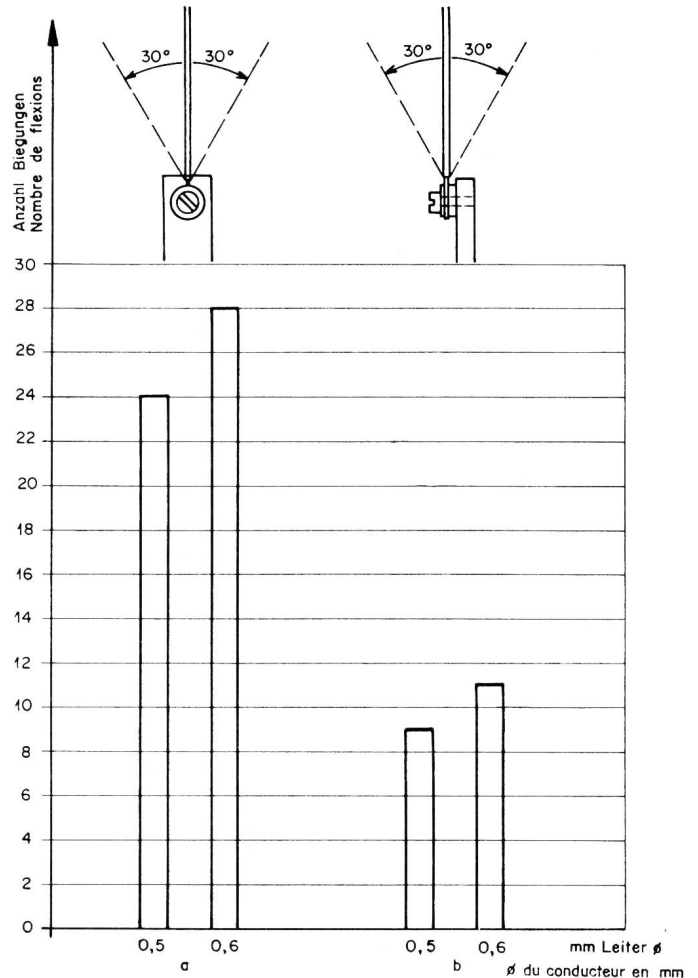


Fig. 12. Auswertung der Biegeversuche mit angeschraubten Montierungsdrähten
Appréciation des essais de flexion avec des fils de montage vissés

reste immobile ou inversement, des ruptures dues à la fatigue peuvent se produire.

Ne disposant pas nous-mêmes d'un appareil d'essai adéquat, nous avons chargé Albiswerk Zurich S.A. de déterminer la tendance des fils aux ruptures dues à la fatigue. Les figures 15 en haut et en bas reproduisent la table de vibrations utilisée à cet effet. Dans ce dispositif d'essai, la soudure est mobile (fréquence: 8 Hz, amplitude: 5 mm) et le fil, éloigné de 50 mm de celle-ci, est fixe. 36 fils du même type sont soudés sur une réglette de distribution.

Les résultats sont donnés par la figure 16. Les ruptures de fils sont reportées en pour-cent en ordonnée et le nombre des oscillations en abscisse. Pour donner une idée plus claire de la chose, nous indiquons à la figure 17 les nombres des oscillations, pour lesquels la moitié des fils d'un type se sont cassés. Les fils plus minces supportent, d'après cela, plus d'oscillations que les fils plus épais. Si l'on introduisait un fil de montage plus fin, on devrait s'attendre sous ce rapport à un avantage sensible.

Chute de tension sur les fils

La résistance effective d'un conducteur dépendant, entre autres choses, de sa section, la chute de tension

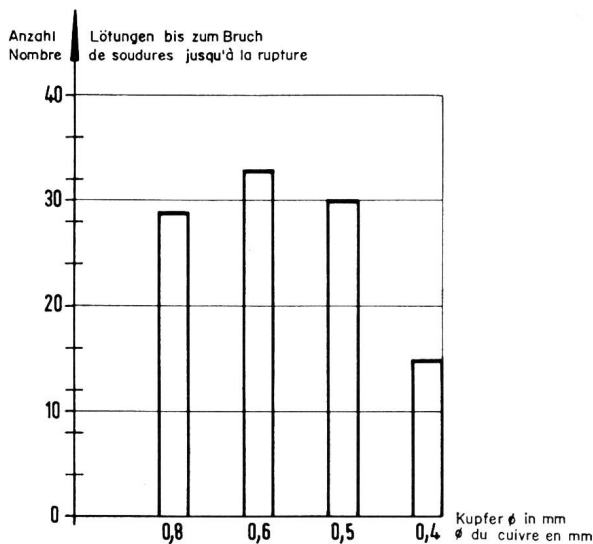


Fig. 14. Lötversuche an einer Verteilerschiene mit Montierungsdrähten verschiedenen Durchmessers
Essais de soudure à une réglette de distribution avec fils de montage de différents diamètres

Der Spannungsabfall an den Drähten

Da der ohmsche Widerstand eines Leiters unter anderem auch von dessen Querschnitt abhängt, wird der Spannungsabfall an einem Drahtstück von gegebener Länge um so grösser, je geringer sein Durchmesser ist. Der Spannungsabfall in den Montierungsdrähten einer Zentrale ist besonders dann von Bedeutung, wenn die Batteriespannung auf den unteren Toleranzwert absinkt. Die Zentrale muss auch in diesem Falle noch zuverlässig arbeiten. Wir untersuchten deshalb die quantitativen Verhältnisse für 100 m lange Drähte und stellten die Ergebnisse in Figur 18 zusammen.

In unseren Zentralen sind die Sprech- und Speiseströme, die in den a- und b-Leitern fließen, stets kleiner als 0,1 A, so dass der Spannungsabfall der verschiedenen Leiter vernachlässigt werden kann. Grösser sind jedoch die Ströme der Zählimpulse im c-Leiter eines bestimmten Automaten-systems, die Werte von etwa 1 A erreichen. Nach Figur 18 beträgt der Unterschied des Spannungsabfalles zwischen dem 0,5 mm dicken und dem 0,6 mm dicken Leiter (Länge 100 m) bei 1 A Belastung 3 V. Die Automatikspezialisten geben an, dass auch diese Differenz den Betrieb nicht beeinträchtigt, zumal man es in den Zentralen mit viel kürzeren Verbindungen zu tun habe. Leitungen mit Längen von 20 Metern oder mehr gibt es wenige. Lediglich in ganz seltenen Fällen sollen Längen bis gegen 50 Meter auftreten. In den Zentralen hätte man somit mit einer Zunahme des Spannungsabfalles für die meisten Leitungen von weniger als 0,6 V zu rechnen, wenn man den Leiterdurchmesser von 0,6 auf 0,5 mm herabsetzt.

Erwärmung der Montierungsdrähte durch den elektrischen Strom

Die Montierungsdrähte dürfen sich durch die Betriebsströme nicht zu stark erwärmen. Zudem sollen

sur un bout de fil de longueur donnée est d'autant plus grande que son diamètre est plus petit. La chute de tension sur les fils de montage d'un central est particulièrement importante lorsque la tension de la batterie tombe à la valeur de tolérance inférieure. Le central doit, dans ce cas, encore fonctionner de façon impeccable. C'est pourquoi nous avons déterminé les rapports quantitatifs pour des fils de 100 m de long et avons récapitulé les résultats à la figure 18.

Dans les centraux téléphoniques, les courants de conversation et d'alimentation qui circulent dans les conducteurs a et b sont constamment inférieurs à 0,1 A, de sorte que la chute de tension sur les différents conducteurs peut être négligée. Les courants des impulsions de comptage dans le conducteur c d'un système automatique déterminé sont plus grands: ils atteignent des valeurs d'environ 1 A. Selon la figure

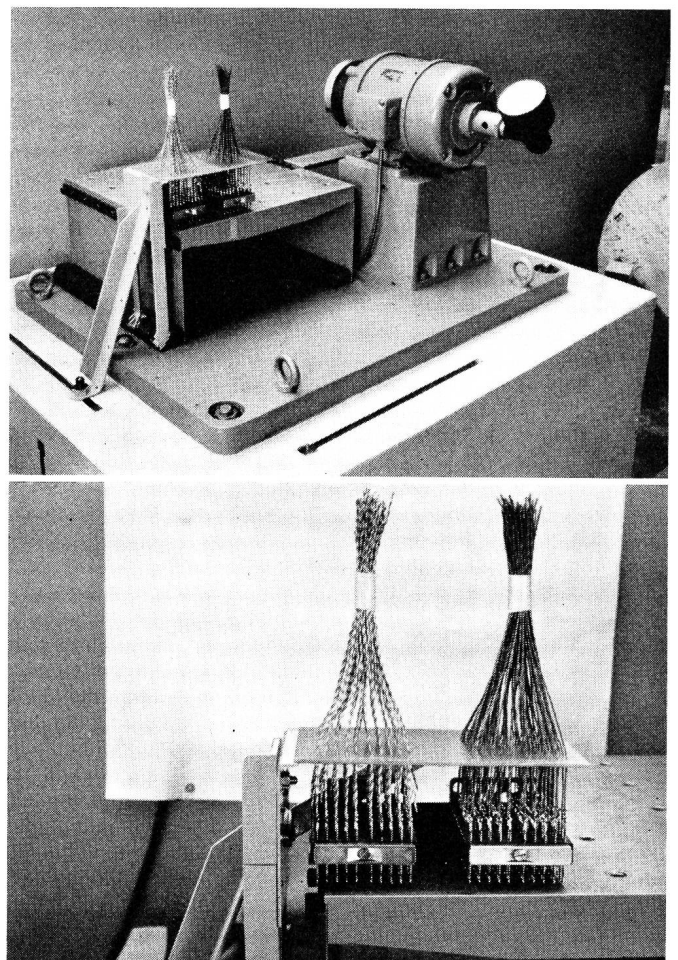


Fig. 15. Einrichtung für Schwingversuche mit Montierungsdrähten verschiedenen Durchmessers
Schwingungsfrequenz 8 Hz
Amplitude 5 mm
Einspannlänge 50 mm
oben: Gesamtansicht unten: Teilansicht
Dispositif pour essais de vibration avec fils de montage de différents diamètres
Fréquence de vibration 8 Hz
Amplitude 5 mm
Longueur de tension 50 mm
en haut Vue générale en bas Vue partielle

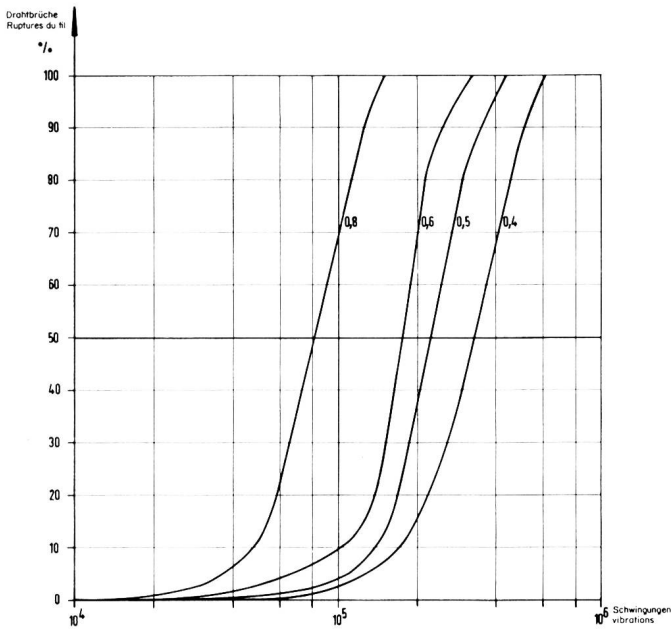


Fig. 16. Schwingversuche mit Montierungsdrähten verschiedenen Durchmessers
 Schwingungsfrequenz 8 Hz
 Amplitude 5 mm
 Einspannlänge 50 mm
 Essais de vibration avec fils de montage de différents diamètres
 Fréquence de vibration 8 Hz
 Amplitude 5 mm
 Longueur de tension 50 mm

sie so dimensioniert sein, dass sie auch bei zeitweiser Überbelastung keine gefährlich hohen Temperaturen annehmen. Jedenfalls müssen sie ohne Schaden alle Ströme aushalten, welche die eingesetzten Sicherungen nicht durchschmelzen. Die meisten Stromkreise der PTT-Zentralen sind mit Sicherungen von 0,75 bis 1,2 A geschützt. Doch findet man auch 1-A- und 3-A-Sicherungen. Im Apparatebau, wie bei Steuergeräten, Automaten u.a. sind 2-A-Sicherungen gebräuchlich. Ist ein 0,5 mm dicker Kupferdraht den sich daraus ergebenden Anforderungen gewachsen?

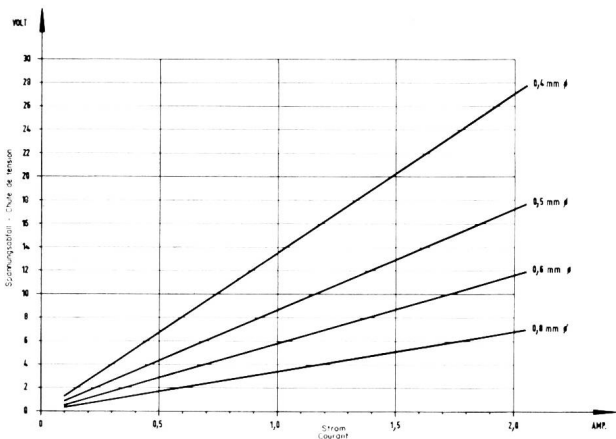


Fig. 18. Spannungsabfall von Montierungsdrähten verschiedenen Leiterdurchmessers, bezogen auf eine Länge von 100 m
 Chute de tension sur les fils de montage de différents diamètres de conducteur, rapportée à une longueur de 100 m

18, la différence de chute de tension entre le conducteur de 0,5 mm et celui de 0,6 mm (100 m de longueur) est de 3 V sous une charge de 1 A. Les spécialistes de l'automatique affirment que cette différence ne nuit pas au service, d'autant moins que, dans les centraux, on a affaire à des jonctions beaucoup plus courtes. Il y a peu de liaisons qui ont 20 mètres de longueur ou plus. Des longueurs atteignant 50 mètres ne se présentent que dans des cas extrêmement rares. Dans les centraux, on devrait donc compter avec une augmentation de la chute de tension inférieure à 0,6 V pour la plupart des circuits, si l'on ramenait le diamètre des conducteurs de 0,6 à 0,5 mm.

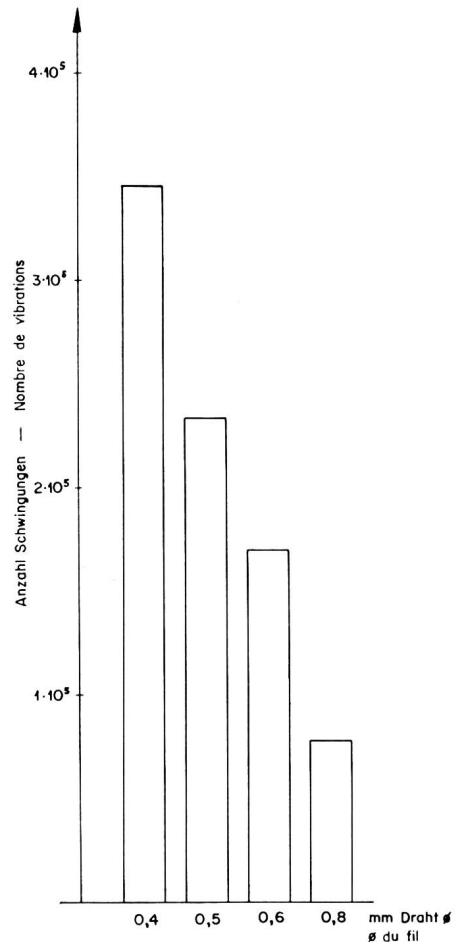


Fig. 17. Auswertung der Schwingversuche
 Die Säulen geben an, nach wieviel Schwingungen 50% der Montierungsdrähte abgebrochen sind
 Appréciation des essais de vibration
 Les colonnes indiquent après combien de vibrations 50% des fils de montage se sont cassés

Echauffement des fils de montage par le courant électrique

Les fils de montage ne doivent pas trop s'échauffer lors du passage des courants d'exploitation. De plus, ils doivent être dimensionnés de telle sorte que, même lors de surcharge temporaire, ils n'atteignent pas des températures dangereusement élevées. En tout cas, ils doivent supporter sans dommage tous les courants qui ne fondent pas les fusibles intercalés. La plupart des circuits des centraux PTT sont protégés par des

Um diese Frage beantworten zu können, bestimmten wir an je einem 1 m langen isolierten Draht die Erwärmung in Abhängigkeit des durchfließenden Stromes. Der Prüfling war dabei allseitig von Luft umgeben. Wir massen die Temperaturerhöhung des Leiters anhand der Zunahme des elektrischen Widerstandes und berechneten sie nach der folgenden Formel gemäss SEV-Publikation 149:

$$\Delta t = \frac{R_2 - R_1}{R_1} (t_1 + 235)$$

Δt = Temperaturzunahme

R_1 = elektrischer Widerstand in stromlosem Zustand bei Zimmertemperatur

R_2 = elektrischer Widerstand des stromdurchflossenen Leiters

t_1 = Zimmertemperatur

Die *Figur 19* enthält die Ergebnisse. Die frei aufgehängten Versuchsdrähte dürfen danach ohne Bedenken mit Strömen bis zu 6 A belastet werden. Kurzfristig halten sie sogar noch höhere Stromstärken aus.

Im Zentralen- und Apparatebau werden jedoch die Montierungsdrähte nicht frei schwebend geführt, sondern meistens zu Bündeln zusammengefasst und auf einer Unterlage befestigt. Unter diesen Umständen sind die Abstrahlungsverhältnisse für die erzeugte Wärme anders. Um betriebsnähere Angaben zu erhalten, formten wir von den Montierungsdrähten mit 0,5 und 0,6 mm dickem Leiter Ringe zu 100 Schlaufen mit einem Durchmesser von 32 cm und banden die einzelnen Drahtschlaufen zu einem festen Bündel zusammen. In dessen Mitte zapften wir ein 1 m langes Drahtstück an. In einem ersten Versuch (a) liessen wir durch dieses nacheinander Ströme von 1, 2 und 3 A fließen. Gleichzeitig bestimmten wir dessen Temperaturzunahme Δt . Die übrigen Drahtschlaufen waren stromlos.

Anschliessend daran führten wir einen zweiten Versuch (b) durch, indem wir die gleichen Ströme durch alle hundert Schlaufen des Bündels schickten, die Temperaturzunahme jedoch nur in der mittleren angezapften Schlaufe ermittelten.

Der *Figur 20a* entnehmen wir, dass eine mittlere Ader eines Bündels über längere Zeit mit einem Strom von 3 A belastet werden kann, ohne dass ihre Temperatur mehr als 10°C zunimmt. Dies gilt für beide Drahttypen. Die PVC-Hüllen der benachbarten Drähte, die den stromdurchflossenen berühren, dienen ebenso gut als Wärmeableiter wie die umgebende Luft im vorher beschriebenen Versuch.

Ungünstigere Verhältnisse treten auf, wenn man sämtliche Schlaufen eines Hunderterbündels erwärmt. Die *Figur 20b* zeigt, dass Δt beim 0,6 mm dicken Leiter folgende Werte annimmt: 10°C bei 1 A, 45°C bei 2 A und 110°C bei 3 A. Der 0,5 mm dicke Cu-Draht erhitzt sich noch mehr: um 19°C bei 1 A und um 80°C bei 2 A. Wird das Bündel von 3 A durchflossen, so steigt die Temperatur einer in der

coupe-circuit de 0,75 à 1,2 A. On trouve, cependant, aussi des coupe-circuit de 1 A et de 3 A. Les coupe-circuit de 2 A sont d'un usage courant dans la construction des appareils de commande et des automates, entre autres. Un fil de cuivre de 0,5 mm est-il à même de résister aux exigences qui en découlent ?

Pour pouvoir répondre à cette question, nous avons étudié sur un fil isolé de 1 m de long l'échauffement en fonction du courant qui le parcourt. L'échantillon était complètement entouré d'air. Nous avons mesuré l'augmentation de la température du conducteur d'après l'élévation de la résistance électrique et l'avons calculée selon la formule publiée dans la publication ASE 149:

$$\Delta t = \frac{R_2 - R_1}{R_1} (t_1 + 235)$$

Δt = augmentation de la température

R_1 = résistance électrique dans l'état sans courant à la température du local

R_2 = résistance électrique du conducteur parcouru par le courant

t_1 = température du local

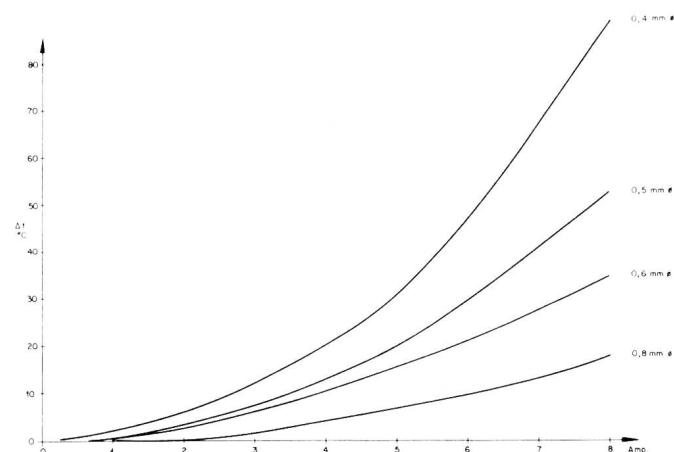


Fig. 19. Erwärmung von Montierungsdrähten verschiedenen Leiterdurchmessers beim Stromdurchfluss 1 m isolierter Draht frei in der Luft schwebend
Echauffement de fils de montage de différents diamètres de conducteurs au passage du courant
1 m de fil isolé pendant librement dans l'air

La *figure 19* contient les résultats. Les fils d'essai pendant librement peuvent, sans aucune hésitation, être chargés par des courants allant jusqu'à 6 A. Ils résistent même, pendant de brefs moments, à des intensités de courant encore plus élevées.

Mais, dans la construction des centraux et des appareils, les fils de montage ne pendent pas librement; ils sont généralement groupés en faisceaux et fixés à un support. Dans ce cas, les conditions de rayonnement de la chaleur produite sont tout autres. Pour obtenir des renseignements plus conformes à l'exploitation, nous avons formé avec les fils de montage aux conducteurs de 0,5 et 0,6 mm des torches à 100 boucles avec un diamètre de 32 cm et avons réuni les différentes boucles en un faisceau fixe. Nous

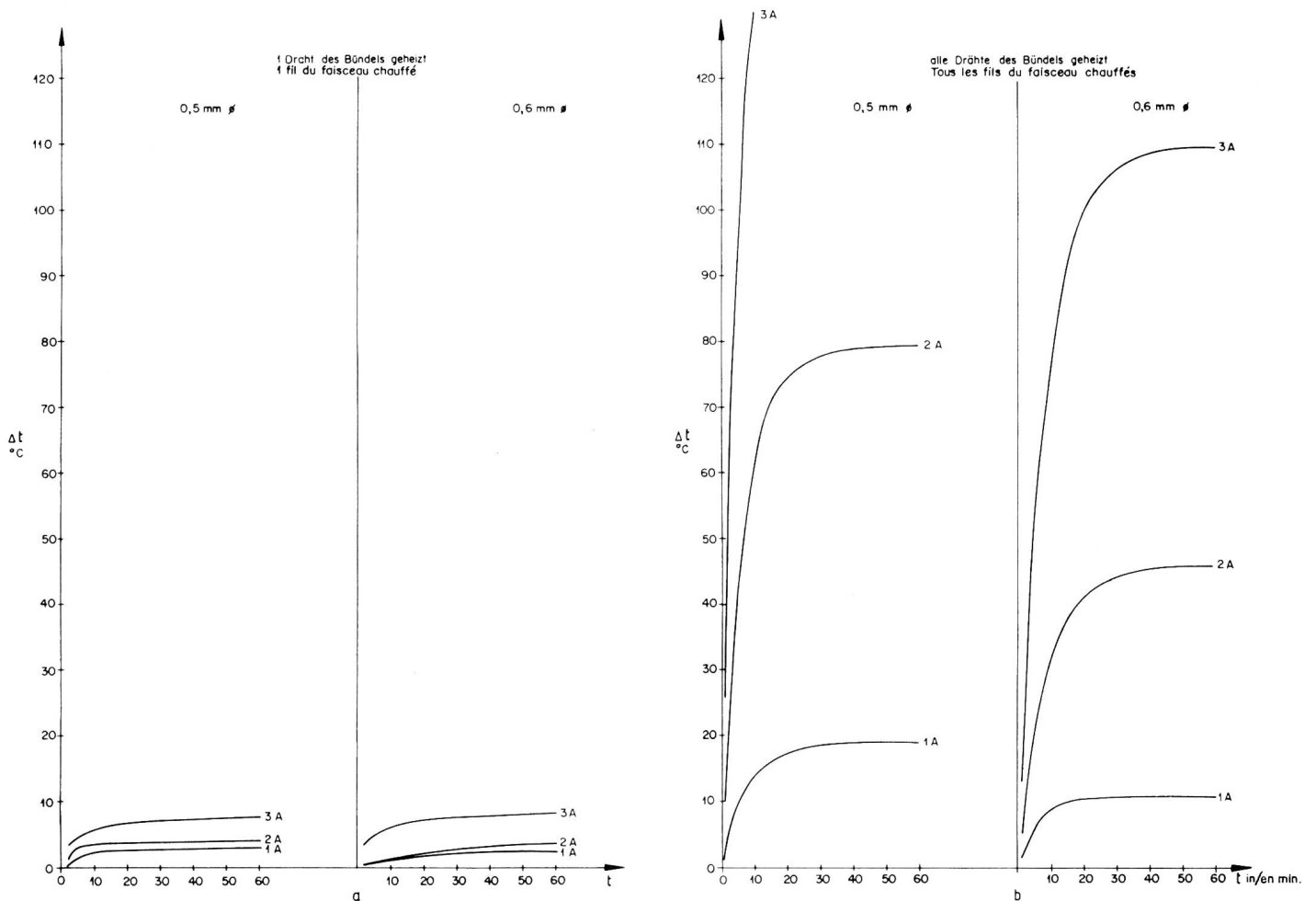


Fig. 20. Erwärmung von Montierungsdrähten in Bündeln mit 100 Adern bei verschiedenen Stromstärken
 a) ein Draht des Bündels geheizt
 b) alle Drähte des Bündels geheizt

Echauffement de fils de montage en faisceaux de 100 conducteurs à différentes intensités
 a) un fil du faisceau chauffé
 b) tous les fils du faisceau chauffés

Mitte liegenden Schlaufe um mehr als 120°C, weil so seine Wärme nicht mehr abfließen kann. Bei so hohen Temperaturen schmilzt und zersetzt sich dann auch die PVC-Hülle.

Glücklicherweise kommt es aber in den Zentralen und in Teilnehmereinrichtungen nicht vor, dass mehrere Drähte eines Bündels gleichzeitig solche Überbelastungen erleiden müssen. Für die Praxis hat man eher mit den in Figur 20a dargestellten Verhältnissen zu rechnen, so dass gefährliche Überhitzungen nicht zu erwarten sind. Die Hausinstallationsvorschriften des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins und diejenigen der PTT für Telefoninstallationen betreffend Absicherung von Leitern müssen selbstverständlich den neuen Verhältnissen angepasst werden.

4. Montierungsdrähte mit 0,5 mm Leiterdurchmesser, jedoch mit verschieden dicken PVC-Hüllen im Vergleich zum bisherigen M 49

Die im vorangehenden Abschnitt beschriebenen Versuche und die durch sie erhaltenen Ergebnisse lassen erkennen, dass ein Montierungsdraht mit 0,5 mm dickem Leiter den im Betrieb sich stellenden Anforderungen zu genügen vermag. Der Draht mit

avons branché en son milieu un fil de 1 m de long. Dans un premier essai (a), nous avons fait passer successivement des courants de 1, 2 et 3 A à travers ce fil et avons déterminé, simultanément, son augmentation de température Δt . Les autres boucles de fil étaient sans courant.

Ensuite, nous avons procédé à un deuxième essai (b), en envoyant les mêmes courants à travers les cent boucles du faisceau, mais en ne déterminant l'augmentation de température que dans la boucle branchée au milieu.

La figure 20a permet de conclure qu'un conducteur médian d'un faisceau peut être chargé par un courant de 3 A pendant assez longtemps, sans que sa température s'élève au-delà de 10°C. Cela s'applique aux deux types de fil. Les gaines de PVC des fils voisins, qui touchent le fil parcouru par le courant, servent d'évacuateurs de chaleur comme l'air ambiant dans l'essai décrit plus haut.

Des conditions plus défavorables se produisent lorsqu'on chauffe toutes les boucles d'un faisceau de cent. La figure 20b montre que Δt atteint les valeurs suivantes avec le conducteur de 0,6 mm: 10°C à 1 A, 45°C à 2 A et 110°C à 3 A. Le fil de cuivre de 0,5 mm

0,4 mm Leiterdurchmesser befriedigte dagegen nicht in allen Teilen. Wir zogen ihn deshalb nicht mehr für die folgenden Versuche heran; ebenso verzichteten wir auf weitere Untersuchungen am dicksten Draht (Leiterdurchmesser 0,8 mm).

Während wir im Abschnitt 3 dieser Arbeit das Hauptaugenmerk auf die verschiedenen Leiterdurchmesser richteten und die Isolierhülle bei allen Drähten gleich dick liessen, wollten wir durch zusätzliche Versuche erfahren, welchen Einfluss die Dicke des PVC-Schlauches besonders auf die Übertragungstechnischen Daten des Montierungsdrahtes habe. Für diese Untersuchungen verfügten wir über drei Drähte mit einem Leiterdurchmesser von 0,5 mm und PVC-Hüllen von 0,27, 0,22 sowie 0,16 mm Dicke. Wir verglichen diese mit dem bei den PTT-Betrieben gebräuchlichen M49 (Leiterdurchmesser: 0,6 mm; Dicke des Isolators: 0,27 mm). Wir führten alle Messungen entsprechend den Vorschriften des PTT-Pflichtenheftes für Montierungsdrähte aus.

Die gefundenen Messwerte können der *Figure 21* entnommen werden. In den einzelnen graphischen Darstellungen ist zum Vergleich der Pflichtwert des PTT-Pflichtenheftes für den M49 als gestrichelte Horizontale eingezeichnet.

Der dünnere Kupferdraht weist naturgemäss einen grösseren ohmschen Widerstand je km auf als der dickere (Fig. 21a). Doch kann man den Pflichtwert für den vorgesehenen Verwendungszweck, wie die Untersuchung des Spannungsabfalles im vorangehenden Abschnitt ergab, ohne Bedenken auf 92 Ω /km heraufsetzen.

Auch der auf einem 2 mm dicken Dorn gemessene Isolationswiderstand der drei dünneren Drähte ist kleiner als der Pflichtwert (Fig. 21b). Der verlangte Wert von 1000 M Ω .km stammt noch aus der Zeit des umspinnenen Montierungsdrahtes. Er musste deshalb so hoch gefordert werden, weil er besonders feuchtigkeitsempfindlich war. Nach 48stündiger Lagerung des Prüflings bei 20°C und 99–100% relativer Luftfeuchtigkeit durfte der Isolationswiderstand nicht unter 300 M Ω .km absinken. Diese Zusatzbedingung zeigt deutlich, dass alle untersuchten Montierungsdrähte mit 0,5 mm Leiterdurchmesser die Betriebssicherheit gewähren, zumal ihr Isolationswiderstand kaum feuchtigkeitsabhängig ist.

Es fällt auf, dass der M49 mit 1,15 mm Aussendurchmesser und der Draht mit 0,5 mm dickem Leiter und 1,04 mm Aussendurchmesser (Fig. 21b, Säulen 1 und 2 von links), obwohl bei beiden Typen die PVC-Hülle gleich dick ist, einen verschiedenen Isolationswiderstand besitzen. Dies kommt von der Prüfmethode her, bei welcher der dünnere und flexiblere Prüfling mit dem gleichen Gewicht auf den Dorn gewickelt wird wie der dickere und steifere M49. Dadurch schmiegt sich die Isolationshülle besser auf die Unterlage an und wird vermutlich mehr verformt, so dass der Abstand Leiter–Dorn kleiner wird. Wickelt man den dünneren Draht unter ge-

s'échauffe encore davantage: 19°C à 1 A et 80°C à 2 A. Si le faisceau est parcouru par 3 A, la température d'une boucle se trouvant au milieu monte de plus de 120°C, parce que sa chaleur ne peut plus s'écouler. A des températures aussi élevées, la gaine de PVC fond et se désintègre.

Mais, dans les centraux et dans les installations d'abonnés, il n'arrive pratiquement pas que plusieurs fils d'un faisceau doivent simultanément supporter pareilles surcharges. En pratique, on doit bien plutôt compter avec les conditions représentées à la *figure 20a*. Les prescriptions de l'Association suisse des électriciens sur les installations électriques intérieures et celles de l'entreprise des PTT pour les installations téléphoniques doivent être adaptées aux nouvelles conditions en ce qui concerne la protection.

4. Fils de montage à conducteurs de 0,5 mm de diamètre, mais à gaines de PVC de différentes épaisseurs par rapport à l'ancien fil M49

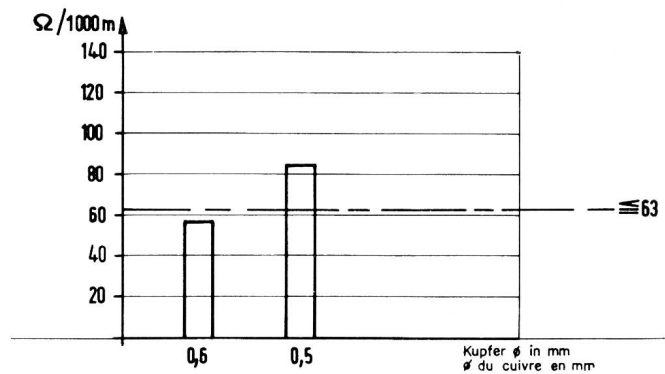
Les essais décrits au chapitre précédent et les résultats obtenus permettent de conclure qu'un fil de montage de 0,5 mm d'épaisseur satisfera certainement aux exigences de l'exploitation. En revanche, le fil de 0,4 mm de diamètre n'a pas donné entière satisfaction. C'est pourquoi nous ne l'avons plus utilisé pour les essais suivants; nous avons également renoncé à procéder à de nouveaux essais avec le fil le plus épais (diamètre des conducteurs: 0,8 mm).

Tandis que, au chapitre 3 de ce travail, nous avons porté toute notre attention sur les différents diamètres des conducteurs et avons laissé à tous les fils la même épaisseur de la gaine isolante, nous avons voulu connaître, en faisant des essais supplémentaires, l'influence que l'épaisseur de la gaine de PVC a en particulier sur les caractéristiques techniques de transmission du fil de montage. Pour ces essais, nous disposions de trois fils d'un diamètre du conducteur de 0,5 mm et de gaines de PVC de 0,27, 0,22 et 0,16 mm d'épaisseur. Nous les avons comparés avec le fil M49 d'un usage courant dans les services des PTT (diamètre du conducteur: 0,6 mm; épaisseur de l'isolant: 0,27 mm). Nous avons exécuté toutes les mesures d'après les prescriptions du cahier des charges PTT pour les fils de montage.

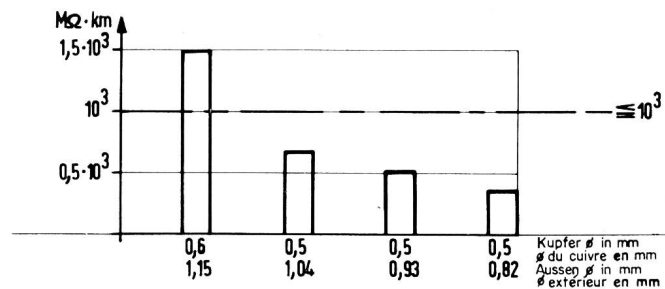
Les valeurs de mesures trouvées figurent sur la *figure 21*. Sur les graphiques, la valeur obligatoire du cahier des charges PTT pour le fil M49, est, à titre de comparaison, dessinée en une ligne horizontale striée.

Le fil de cuivre plus fin accuse naturellement une résistance ohmique kilométrique plus grande que le fil plus gros (figure 21a). On peut, néanmoins, ramener sans hésitation à 92 ohms/km la valeur obligatoire pour l'emploi prévu, ainsi que l'analyse de la chute de tension l'a démontré dans le chapitre précédent.

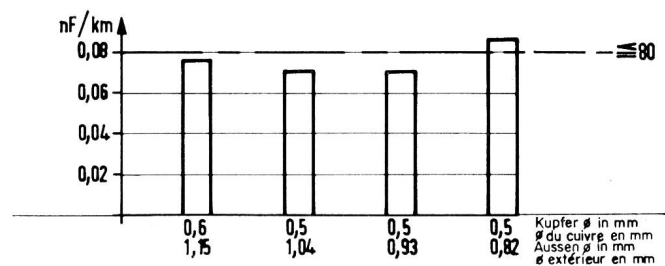
La résistance diélectrique des trois fils minces, mesurée sur un mandrin de 2 mm d'épaisseur, est plus faible que la valeur obligatoire (figure 21b).



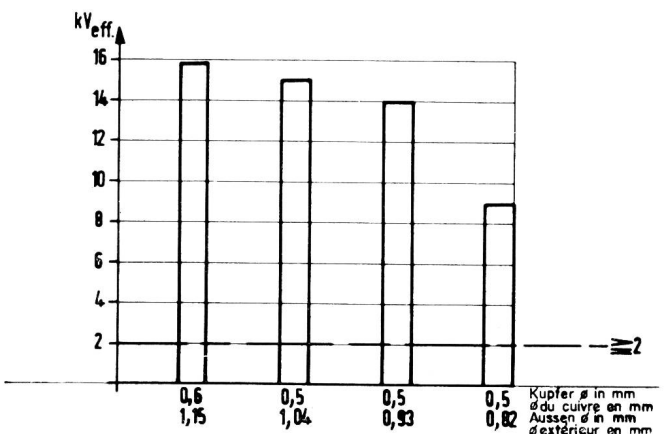
a) Leitungswiderstand – Résistance de ligne



b) Isolationswiderstand – Résistance diélectrique



c) Kapazität bezogen auf eine Länge von 1000 m
Capacité rapportée à une longueur de 1000 m



d) Durchschlagsspannung – Tension disruptive

Fig. 21. Elektrische Eigenschaften von Montierungsdrähten verschiedenen Durchmessers
Die gestrichelte Horizontale in den Darstellungen gibt den Pflichtwert für den M49 an
Caractéristiques électriques de fils de montage de différents diamètres
L'horizontale striée sur les graphiques indique la valeur obligatoire pour le fil M49

Cette valeur de 1000 M Ω ·km date encore du temps du fil de montage guipé. Elle était aussi élevée parce que le fil était particulièrement sensible à l'humidité. L'échantillon ayant été entreposé pendant 48 heures à 20°C et à 99–100% d'humidité relative, la résistance diélectrique ne devait pas tomber au-dessous de 300 M Ω ·km. Cette condition supplémentaire montre clairement que tous les fils de montage à diamètre des conducteurs de 0,5 mm analysés offrent toute sécurité d'exploitation, d'autant plus que leur résistance diélectrique ne dépend pour ainsi dire pas de l'humidité.

On constate avec surprise que le fil M49, dont le diamètre extérieur est de 1,15 mm, et le fil dont le diamètre extérieur est de 1,04 mm (figure 21 b, colonnes 1 et 2 de gauche), ne possèdent pas la même résistance diélectrique, bien que la gaine de PVC ait la même épaisseur pour les deux types. Cela provient de la méthode d'essai, dans laquelle l'échantillon plus mince et plus flexible est enroulé sur le mandrin avec le même poids que celui qui a été utilisé pour le fil M49 plus épais et plus rigide. De ce fait, la gaine isolante s'adapte mieux au support et est probablement davantage déformée, de sorte que la distance entre le conducteur et le mandrin devient plus petite. Si l'on enroule le fil plus mince sur le mandrin sous une traction plus faible, on mesure une résistance diélectrique plus élevée.

La capacité des fils d'essai de 2 m de long, enroulés sur un mandrin, correspond, à l'exception de celle du fil le plus mince, à la condition imposée de ≤ 80 nF (figure 21 c). De même, la tension disruptive de tous les échantillons est de plusieurs fois supérieure à la valeur exigée (figure 21 d).

Les caractéristiques électriques les plus favorables des fils analysés ne peuvent être obtenues que si le conducteur est uniformément enrobé par la gaine isolante. Nous avons étudié ce point, en prenant 10 échantillons du fil M49 ainsi que du fil à conducteur de 0,5 mm de diamètre et à 0,92 mm de diamètre extérieur (M62) et en déterminant au microscope l'endroit le plus mince et le plus épais de la gaine de PVC dans les sections les plus propres. Le tableau II donne le résumé des valeurs trouvées.

Epaisseur moyenne et aire de dispersion mesurée de la gaine de PVC de fils de montage

	Fil de montage M62 Diamètre du conducteur: 0,51 mm Diamètre extérieur: 0,93 mm	Fil de montage M49 Diamètre du conducteur: 0,62 mm Diamètre extérieur: 1,16 mm
Epaisseur moyenne de la gaine de PVC	0,207 mm	0,245 mm
Aire de dispersion mesurée	+14% –15%	+24% –18%

ringerem Zug auf den Dorn, so misst man einen höheren Isolations-Widerstand.

Die Kapazität der 2 m langen, auf einen Dorn gewickelten Versuchsdrähte entspricht mit Ausnahme derjenigen des dünnsten, der gestellten Bedingung von ≤ 80 nF (Fig. 21c). Ebenso liegt die Durchschlagsspannung bei allen Proben um ein Mehrfaches über dem geforderten Wert (Fig. 21d).

Die günstigsten elektrischen Eigenschaften der untersuchten Drähte können nur erreicht werden, wenn der Leiter gleichmässig von der Isolierhülle umgeben ist. Wir untersuchten diesen Punkt, indem wir vom M49 sowie vom Draht mit 0,5 mm Leiter- und 0,92 mm Aussendurchmesser (M62) je 10 Proben nahmen und in den sauberen Querschnitten mikroskopisch die dünnste und die dickste Stelle des PVC-Mantels bestimmten. In der *Tabelle II* sind die gefundenen Werte zusammengestellt.

Mittlere Wandstärke und gemessener Streubereich der PVC-Hülle von Montierungsdrähten

Tabelle II

	Montierungsdraht M62 0,51 mm Leiter- \varnothing 0,93 mm Aussen- \varnothing	Montierungsdraht M49 0,62 mm Leiter- \varnothing 1,16 mm Aussen- \varnothing
Mittlere Wandstärke des PVC-Mantels	0,207 mm	0,245 mm
Gemessener Streubereich	+14% -15%	+24% -18%

Die Streuung um die mittlere Manteldicke beträgt demnach im Maximum +24 und -18%, was absolut genommen, lediglich wenigen Hundertstelmmillimetern entspricht. Beim dünneren Draht M62 sind die Verhältnisse noch günstiger, so dass die Streuung der elektrischen Daten beim M62 eher geringer sein wird als beim bisher gebräuchlichen M49.

5. Kabel

Um die elektrischen Eigenschaften der zu Kabeln verseilten, im Abschnitt 4 beschriebenen Versuchsdrähte kennen zu lernen, liessen wir aus ihnen einige Kabel herstellen und bestimmten die im entsprechenden PTT-Pflichtenheft angegebenen Daten gemäss den dort beschriebenen Methoden. Es standen uns folgende Kabel zur Verfügung:

- Kabel Nr. 1 $2 \times 2 \times 0,6$,
Aderaussendurchmesser 1,15 mm
- Kabel Nr. 2 $2 \times 2 \times 0,5$,
Aderaussendurchmesser 1,04 mm
- Kabel Nr. 3 $21 \times 2 \times 0,5$,
Aderaussendurchmesser 0,93 mm
- Kabel Nr. 4 $21 \times 2 \times 0,5$,
Aderaussendurchmesser 0,82 mm

Die Ergebnisse sind in *Figur 22* wiedergegeben, wobei die waagrechte, gestrichelte Gerade in den einzelnen Darstellungen wiederum den im PTT-

La dispersion autour de l'épaisseur moyenne de la gaine est, en conséquence, de +24 et de -18% au maximum, ce qui, pris d'une façon absolue, correspond à quelques centièmes de millimètre. Pour le fil plus mince M62, les conditions sont encore plus favorables, de sorte que la dispersion des caractéristiques électriques du fil M62 aura tendance à être plus faible que pour le fil M49 en usage jusqu'ici.

5. Câbles

Pour connaître les propriétés électriques des fils d'essai, décrits au chapitre 4 et toronnés en câbles, nous en avons fait fabriquer quelques câbles, et avons déterminé les caractéristiques indiquées dans le cahier des charges PTT correspondant selon les méthodes qui y sont expliquées. Nous disposons des câbles suivants:

- Câble N° 1 $2 \times 2 \times 0,6$,
diamètre extérieur des conducteurs: 1,15 mm
- Câble N° 2 $2 \times 2 \times 0,5$,
diamètre extérieur des conducteurs: 1,04 mm
- Câble N° 3 $21 \times 2 \times 0,5$,
diamètre extérieur des conducteurs: 0,93 mm
- Câble N° 4 $21 \times 2 \times 0,5$,
diamètre extérieur des conducteurs: 0,82 mm

Les résultats sont reproduits à la *figure 22*, la ligne horizontale striée indiquant à nouveau, dans les divers graphiques, la valeur exigée par le cahier des charges PTT pour les câbles en fils de 0,6 mm d'épaisseur.

Quant à la résistance ohmique, nous ne pouvons que répéter ce que nous avons déjà dit pour les fils séparés. Le fil de cuivre de 0,5 mm d'épaisseur ne peut pas tenir la valeur obligatoire de 64 ohms/km (figure 22a). Mais les résistances mesurées sont inférieures à 90 ohms/km et suffisent ainsi à l'exploitation.

Les résistances diélectriques des câbles d'essai, un conducteur mesuré contre tous les autres, varient entre 6000 et 14 000 M Ω ·km et dépassent de beaucoup la valeur minimum exigée de 1000 M Ω ·km (figure 22b).

La capacité effective est une valeur particulièrement importante du point de vue de la technique de transmission. Le cahier des charges PTT exige que sa valeur pour les câbles Z ne soit pas supérieure à 70 nF/km. Le câble n° 4, formé des conducteurs les plus minces (diamètre extérieur), ne satisfait pas à cette exigence, contrairement aux autres câbles d'essai (cf. figure 22c). Le câble n° 3, avec des conducteurs de 0,93 mm de diamètre extérieur, est le plus intéressant pour notre étude; il remplit cette condition mais la capacité effective mesurée se trouve très proche de la valeur maximum admise. C'est pourquoi, pour la fabrication courante, il n'y a plus de réserve suffisante. Au vu de ces circonstances, nous proposons un cahier des charges provisoire dans lequel nous prévoyons une valeur pour le diamètre extérieur du M62 avec une tolérance en plus suffisante:

$$0,92 \begin{matrix} + 0,04 \\ - 0 \end{matrix} \text{ mm}$$

Pflichtenheft geforderten Wert für Kabel aus Drähten mit 0,6 mm dicken Leitern angibt.

Über den Gleichstromwiderstand muss das gleiche gesagt werden, was wir schon bei den Einzeldrähten betonten. Der 0,5 mm dicke Kupferleiter kann den Pflichtwert von 64 Ω /km nicht einhalten (Fig. 22a). Die gemessenen Widerstände sind aber kleiner als 90 Ω /km und genügen somit für den Betrieb.

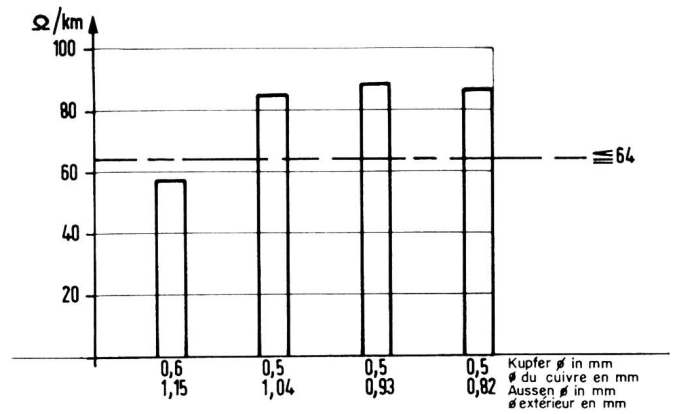
Die Isolationswiderstände der Versuchskabel, eine gegen alle andern Adern gemessen, liegen zwischen 6000 und 14 000 $M\Omega \cdot km$ und übersteigen den geforderten Mindestwert von 1000 $M\Omega \cdot km$ um ein Vielfaches (Fig. 22b).

Eine übertragungstechnisch besonders wichtige Grösse ist die Betriebskapazität. Das PTT-Pflichtenheft verlangt, dass ihr Wert bei Z-Kabeln nicht grösser sei als 70 nF/km. Das Kabel Nr. 4 mit den dünnsten Adern (Aussendurchmesser) genügt dieser Forderung im Gegensatz zu den andern Versuchskabeln nicht (vgl. Fig. 22c). Das für unsere Betrachtung interessanteste Kabel Nr. 3, mit Adern von 0,93 mm Aussendurchmesser, erfüllt zwar diese Bedingung, aber die gemessene Betriebskapazität liegt sehr nahe beim zulässigen Höchstwert. Für die laufende Fabrikation ist deshalb keine genügende Reserve mehr vorhanden. Diesen Umstand berücksichtigten wir bei unserem Vorschlag für ein provisorisches Pflichtenheft, indem wir den Wert für den Aussendurchmesser des M62 mit einer genügenden Plustoleranz versahen: $0,92 \begin{matrix} +0,04 \\ -0 \end{matrix}$ mm.

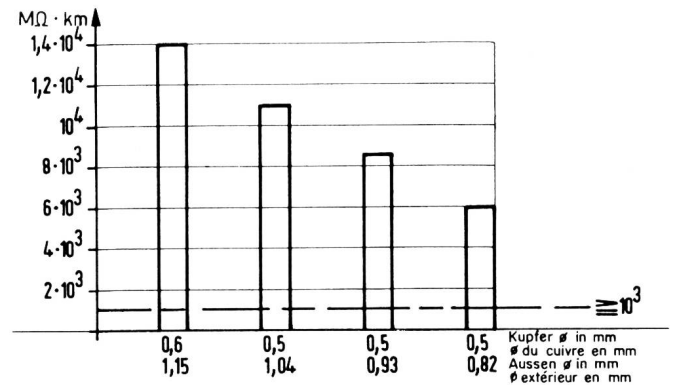
Die Nebensprechdämpfung musste mit einer Apparatur gemessen werden, die höchstens 12,7 N anzeigen kann. Da wir lediglich Kabellängen zwischen 110 und 200 m zur Verfügung hatten, lagen alle Nebensprechdämpfungen über diesem Wert. In Ermangelung genauer Zahlen war es nicht möglich, die Werte für eine Länge von 500 m zu berechnen. Es ist indessen anzunehmen, dass bei allen Prüflingen der Pflichtwert $\geq 9,5$ N erreicht wird.

Leider waren die verschiedenen Versuchskabel nicht genau gleich aufgebaut, so dass es nicht möglich war, ihren Platzbedarf miteinander zu vergleichen. Wir formten deshalb aus den Drähten mit 1,15 (M49), 1,04, 0,93 (M62) und 0,82 mm Aussendurchmesser Bündel zu hundert Adern, wobei diese nicht verseilt wurden.

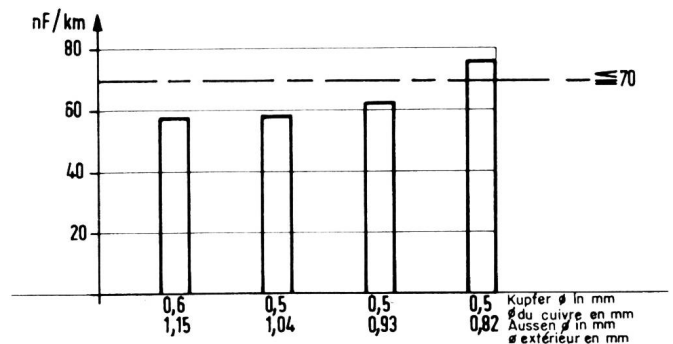
Nimmt man das Bündel, das aus hundert M-49-Drähten aufgebaut ist, als Vergleichsbasis, so vermindert sich der Querschnitt um 29, 42 beziehungsweise 50%, wenn die Vergleichskabel aus Drähten mit 1,04, 0,93 beziehungsweise 0,82 mm Aussendurchmesser hergestellt werden (Fig. 23). Die Platzersparungen, die man mit den dünneren Verdrahtungen gewinnt, sind beträchtlich. Leider genügt der dünnste Draht den Ansprüchen der PTT-Betriebe nicht. Doch bringt auch der M62 (0,93 mm Aussendurchmesser) einen beachtenswerten Vorteil. Ein nachträglich damit hergestelltes Kabel 21×2 weist einen um 40%



a) Gleichstromwiderstände - Résistances ohmiques



b) Isolationswiderstände, 1 Ader gegen alle andern
Résistances diélectriques, 1 conducteur contre tous les autres



c) Betriebskapazität - Capacité effective

Fig. 22. Elektrische Eigenschaften von Kabeln
Die gestrichelte Horizontale in den Darstellungen gibt den Pflichtwert für Z-Kabel aus M49 an
Caractéristiques électriques de câbles
L'horizontale striée sur les graphiques indique la valeur obligatoire pour les câbles Z

L'affaiblissement diaphonique a dû être mesuré à l'aide d'un appareil qui peut indiquer au maximum 12,7 N. Etant donné que nous ne disposons que de longueurs de câbles variant entre 110 et 200 m, tous les affaiblissements diaphoniques étaient supérieurs à cette valeur. L'absence de chiffres exacts ne permet pas de calculer les valeurs pour une longueur de 500 m. Il y a néanmoins lieu d'admettre que la valeur obligatoire $\geq 9,5$ N est atteinte pour tous les échantillons.

Les différents câbles d'essai ne furent malheureusement pas construits exactement de la même façon,

kleineren Querschnitt auf, als ein entsprechendes mit M-49-Drähten.

Das Ziel der vorliegenden Untersuchungen war, einen dünneren Montierungsdraht zu finden, der trotz den kleineren Dimensionen im Vergleich zum bisher verwendeten M49 den Anforderungen des Betriebes genügt. Der M62 erfüllt diesen Wunsch.

6. Die Steigung der Farbspiralen bei mehrfarbigen Montierungsdrähten

Um die einzelnen Adern eines Drahtbündels oder eines Kabels unterscheiden zu können, werden sie mit einer, zwei oder drei Farben gekennzeichnet. Bei mehrfarbigen Adern sind die Farben spiralförmig in die PVC-Masse eingefärbt.

Beim M49 (Aussendurchmesser 1,15 mm) betrug die Steigung der Farbspiralen 4 mm, wobei die einzelnen Farbbänder gleich breit sein mussten. Aus spritztechnischen Gründen ist es jedoch nicht möglich, den M62 (Aussendurchmesser 0,93 mm) mit der gleichen Steigung der Farbspiralen herzustellen. Da der PVC-Schlauch dünner ist, würde bei gleichem Vorschub die Spritzmasse länger im Spritzkopf bleiben und dort überhitzt werden. Um dies zu vermeiden, ist es notwendig, die Spritzgeschwindigkeit zu erhöhen, wodurch die Steigung der Farbspiralen zwangsläufig grösser wird.

Es ist wünschenswert, dass die Lötlerin oder der Monteur die Farben leicht erkennt und sicher unterscheiden kann. Dies gelingt um so besser, je grösser die sichtbare Farbfläche ist. In *Figur 24* sind die

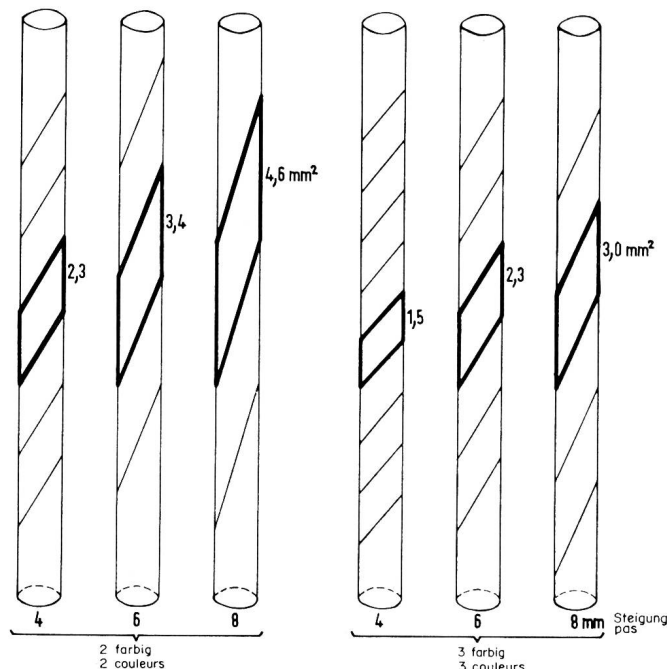


Fig. 24. Grösse der Farbfelder von mehrfarbigen M-49-Drähten bei verschiedener Steigung der Farbspiralen
Aussendurchmesser = 1,14 mm

Grandeur de champs de couleurs de fils M49 à plusieurs couleurs pour un pas différent des spirales de couleurs
Diamètre extérieur = 1,14 mm

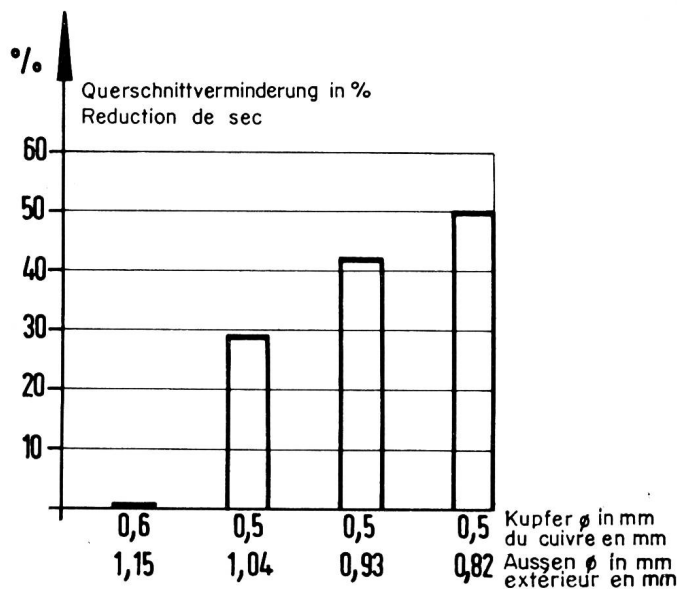


Fig. 23. Querschnittsverminderung in % von vier 100adrigen Bündeln, hergestellt aus verschiedenen dicken Montierungsdrähten

Réduction de section en % de quatre faisceaux à 100 conducteurs, construits avec des fils de montage de différents diamètres

de sorte qu'il ne fut pas possible de comparer leur encombrement. C'est pourquoi nous avons formé avec des fils de 1,15 (M49), 1,04, 0,93 (M62) et 0,82 mm de diamètre extérieur des faisceaux de cent conducteurs que nous n'avons pas toronnés.

Si l'on prend le faisceau composé de 100 fils M49 comme base de comparaison, la section se réduit de 29, 42 et 50%, lorsque les câbles de comparaison sont fabriqués avec des fils de 1,04, 0,93 ou 0,82 mm de diamètre extérieur (*fig. 23*). L'économie de place que l'on réalise avec les fils de câblage plus fins est considérable. Malheureusement, le fil le plus fin ne satisfait pas aux exigences de l'entreprise des PTT. Mais le fil M62 (0,93 mm de diamètre extérieur) présente un avantage appréciable. Un câble 21 x 2, monté ainsi après coup, a une section de 40% inférieure à un câble de même capacité construit avec des fils M49.

Le but des présentes recherches fut de trouver un fil de montage plus fin, satisfaisant aux exigences du service malgré ses dimensions plus petites que celles du fil M49 utilisé jusqu'ici. Le fil M62 répond à ce désir.

6. Pas des spirales de couleurs dans les fils de montage à plusieurs couleurs

Pour que les conducteurs d'un faisceau ou d'un câble puissent être différenciés, ils sont désignés par une, deux ou trois couleurs. Les couleurs des conducteurs multicolores sont incrustées en forme de spirale dans la masse de PVC.

Pour le fil M49 (diamètre extérieur: 1,15 mm), le pas des spirales de couleurs était de 4 mm, les différents rubans de couleurs devant avoir exactement la même largeur. La technique d'injection ne permet, toutefois, pas de fabriquer le fil M62 (diamètre extérieur: 0,93 mm) avec des spirales de couleurs

Farbfelder von zwei- und dreifarbigen Drähten mit 4, 6 und 8 mm Steigung gezeigt, die sich bei Aufsicht ergeben. Die dick ausgezogenen Parallelogramme werden bei gleichem Drahtdurchmesser mit zunehmender Steigung der Farbspirale grösser. Die 8 mm Steigung wäre demnach für die Montagearbeit am günstigsten. Versuche mit fünf Personen haben denn auch diese Tatsache eindeutig bestätigt. Dies mag wohl der Grund dafür sein, dass im Ausland die Steigung wesentlich grösser verlangt wird als in der Schweiz.

In unserem Lande indessen kann man die Steigung der Farbsignale nicht beliebig gross wählen. Sie wird dadurch begrenzt, dass die Farben zum Beispiel bei gedrängten Verdrahtungen von Sucherkörben an einem nur 8–10 mm langen Drahtende in der Aufsicht sichtbar sein müssen. Nach eingehenden Diskussionen, bei denen sich besonders die Praktiker zum Worte meldeten, konnte die Steigung der Farbspirale lediglich auf 6 mm erhöht werden.

7. Schlussfolgerungen

Die beschriebenen Versuche und deren Ergebnisse erbringen die Gewissheit, dass ein Montierungsdraht mit 0,5 mm dickem Kupferleiter und einem Aussendurchmesser von 0,92 mm ohne Schaden auch im Bereich der schweizerischen PTT-Betriebe eingeführt werden kann. Dieser künftig M62 genannte Draht besitzt zwar gegenüber seinem Vorgänger M49 (Leiterdicke 0,6 mm, Aussendurchmesser höchstens 1,20 mm) etwas weniger günstige mechanische Eigenschaften, aber er genügt bei weitem den gestellten Bedingungen des Betriebes.

Sein ohmscher Widerstand je Kilometer Länge ist des kleineren Querschnittes wegen zwangsläufig grösser als beim M49, was jedoch nach Angaben der Automaten weder im Zentralenbau noch bei den Teilnehmerapparaten störend wirkt, da dort in der Regel nur kurze Verbindungen vorkommen. Die übrigen elektrischen und Übertragungstechnischen Eigenschaften entsprechen sogar den strengen Bedingungen des PTT-Pflichtenheftes für den Montierungsdraht M49. Für die Beurteilung des Isolationswiderstandes ist der Wert nach 48stündiger Klimatisierung bei 20°C und 100% relativer Luftfeuchtigkeit massgebend, der die Betriebssicherheit garantiert.

In der *Tabelle III* sind in der ersten Kolonne die wichtigsten Pflichtwerte für den Montierungsdraht M49 sowie für Zentralen- und Installationskabel angegeben. Daneben befinden sich zum Vergleich die entsprechenden Forderungen der Commission Electrotechnique Internationale (CEI), die zurzeit beraten werden. Man erkennt, dass auf internationaler Ebene die Bedingungen wesentlich milder ausfallen als in der Schweiz. In der dritten Kolonne ist ein Vorschlag für ein provisorisches Pflichtenheft für den Montierungsdraht M62 und die damit hergestellten Kabel bekanntgegeben. Hier sind einige der zu erfüllenden Werte den neuen Drahteigenschaften angepasst. Insbesondere wurde der Gleichstromwiderstand des

de même pas. Etant donné que le tube de PVC est plus mince, la masse à injecter resterait plus longtemps dans la seringue si l'avance était la même et y serait surchauffée. Pour éviter cet inconvénient, il est nécessaire d'augmenter la vitesse d'injection, ce qui se traduit par un pas des spirales de couleurs forcément plus grand.

Il est souhaitable que la soudeuse ou le monteur reconnaissent aisément les couleurs et puissent les différencier à coup sûr. Cela est d'autant plus facile que la surface colorée visible est plus grande. La *figure 24* montre les champs de couleurs de fils bicolores et tricolores à pas de 4, 6 et 8 mm, qui ont été découverts lors du contrôle. Les parallélogrammes épais s'agrandissent, pour le même diamètre des fils, avec le pas de la spirale de couleurs. Le pas de 8 mm serait, par conséquent, le plus favorable pour le travail de montage. Des essais auxquels ont pris part cinq personnes ont nettement confirmé cet état de choses. Cela peut très bien être la raison pour laquelle on exige un pas nettement plus grand à l'étranger qu'en Suisse.

Dans notre pays, on ne peut cependant pas choisir une grandeur quelconque pour le pas des signaux en couleurs. Elle est limitée par le fait que les couleurs doivent, par exemple pour les câblages serrés des corbeilles de chercheurs, être visibles au contrôle à une extrémité de fil de 8–10 mm de long seulement. Après des discussions approfondies, au cours desquelles les praticiens prirent spécialement la parole, on a pu porter le pas des spirales de couleurs à 6 mm.

7. Conclusions

Les essais décrits ci-dessus et leurs résultats apportent la certitude qu'un fil de montage, ayant un conducteur de cuivre de 0,5 mm et un diamètre extérieur de 0,92 mm, peut sans dommage être aussi introduit dans les montages des PTT suisses. Ce fil, appelé à l'avenir M62, possède par rapport à son prédécesseur, le fil M49 (diamètre du conducteur: 0,6 mm, diamètre extérieur: 1,20 mm au maximum), des propriétés mécaniques quelque peu moins favorables, mais il satisfait largement aux conditions imposées par l'exploitation.

Sa résistance effective par kilomètre de longueur est, par suite de sa section plus petite, forcément plus grande que celle du fil M49, ce qui, selon les indications des spécialistes de l'automatique, n'a une influence néfaste ni dans la construction des centraux ni dans les appareils d'abonnés, étant donné que, en règle générale, on n'y trouve que de courtes jonctions. Les autres caractéristiques électriques et techniques de transmission répondent aux conditions sévères du cahier des charges PTT pour le fil de montage M49. La valeur qui garantit la sécurité d'exploitation après 48 heures de climatisation à 20°C et à 100% d'humidité relative de l'air est déterminante pour l'appréciation de la résistance diélectrique.

La première colonne du *tableau III* donne les valeurs prescrites les plus importantes pour le fil de montage

Die wichtigsten Pflichtwerte für M49-, M62- und CEI-Montierungsdrähte im Vergleich zu den am M62 gemessenen Größen
 Valeurs prescrites les plus importantes pour fils de montage M49, M62 et CEI, comparées aux valeurs mesurées sur le fil M62

Tabelle III

Tableau III

	PTT-Pflichtenheft für M49	CEI-Pflichtenheft für Montierungs- drähte und Z- sowie G-Kabel (in Bearbeitung)	Vorschlag für provisorisches Pflichtenheft für M62	Gemessene Werte am M62
	Cahier des charges PTT pour M49	Cahier des charges CEI pour fils de montage ainsi que câbles Z et G (en préparation)	Proposition de cahier des charges provisoire pour M62	Valeurs mesurées sur M62
Montierungsdraht – Fil de montage				
Leiterdurchmesser mm				
Diamètre du conducteur mm	$0,6 \pm 1,5\%$	0,5 0,6	$0,5 \pm 2\%$	0,505
Dehnung %				
Allongement %	>25	>15 >15	>20	27
Gleichstromwiderstand Ω/km				
Résistance ohmique Ω/km	<63	$<96,5$ <67	<92	86
Aussendurchmesser mm				
Diamètre extérieur mm	$\leq 1,20$	0,80 0,90	0,92 $+0,04$ -0	0,93
Steigung der Farbspiralen mm				
Pas des spirales en couleurs mm	4	≥ 6	6	6
Isolationswiderstand $M\Omega \cdot \text{km}$				
Résistance diélectrique $M\Omega \cdot \text{km}$				
Anlieferungszustand				
Etat à la livraison	>1000	>500	>500	560
nach 48 h bei 20°C und 100% rel. F.				
après 48 h. à 20°C et 100% d'humidité relative	>300	—	>300	530
Kapazität nF/km				
Capacité nF/km	≤ 80	—	≤ 80	71
Dielektrische Festigkeit kV_{eff} (50 Hz, 2 Min.)				
Rigidité diélectrique kV_{eff} (50 Hz, 2 min.)	>2	≥ 2	≥ 2	14
Z-Kabel – Câbles Z				
Gleichstromwiderstand Ω/km				
Résistance ohmique Ω/km	<64	—	<94	88,0
Isolationswiderstand $M\Omega \cdot \text{km}$ (a gegen alle andern bei 80–100 V nach 3 Min.)				
Résistance diélectrique $M\Omega \cdot \text{km}$ (a contre tous les autres à 80–100 V après 3 min.)	>100	>500	>1000	8600
Dielektrische Festigkeit kV_{eff} (50 Hz, 2 Min.)				
Rigidité diélectrique kV_{eff} (50 Hz, 2 min.)	>2	>2	>2	2
Betriebskapazität nF/km				
Capacité effective nF/km	<70	<120	<70	63
Nebensprehdämpfung N je 500 m (bei 800 Hz)				
Affaiblissement diaphonique N par 500 m (à 800 Hz)	$>9,5$	—	$>9,5$	$>12,7$
Kapazitätsunsymmetrie pF je 500 m				
Dissymétrie de capacité pF par 500 m	—	>500	—	—

Kupferleiters auf $< 92 \Omega/\text{km}$ heraufgesetzt. Bei der Festlegung des Isolationswiderstandes von Montierungsdrähten hielten wir uns an den CEI-Vorschlag, da für den Betrieb $> 500 \text{ M}\Omega \cdot \text{km}$ vollkommen genügen, was auch aus dem entsprechenden Wert für Z-Kabel des M-49-Pflichtenheftes hervorgeht, wo seinerzeit lediglich $100 \text{ M}\Omega \cdot \text{km}$ gefordert wurden (Kol. 1). Die übrigen Übertragungstechnischen Daten entsprechen den Pflichtwerten des dickeren Montierungsdrahtes M49.

In der vierten Kolonne der Tabelle 3 sind die an einem M62-Draht sowie an einem aus ihm hergestellten Kabel gemessenen Werte mitgeteilt. Es ist ersichtlich, dass der neue Montierungsdraht die künftig an ihn gestellten Bedingungen gut erfüllt.

Der grosse Vorteil, den der M62 bringt, liegt darin, dass er im Vergleich zum bisher gebräuchlichen M49 einen um rund 0,2 mm kleineren Aussendurchmesser besitzt und damit dem Bedürfnis der modernen Nachrichtentechnik nach Platzeinsparung entgegenkommt. Ein aus ihm hergestelltes, hundertadriges Bündel weist einen um 40% kleineren Querschnitt auf, als das entsprechende aus M49. Im März dieses Jahres entschieden sich die PTT-Betriebe, dieses Vorteils teilhaftig zu werden. Sie erlaubten ihren Lieferanten, auf Grund der vorliegenden Arbeit, die PTT-Zentralen und -Apparate mit dem Montierungsdraht M62 und den daraus hergestellten Zentralenkabeln zu verdrahten.

M49 ainsi que pour les câbles de centraux et d'installation. Dans la colonne suivante figurent les exigences correspondantes de la Commission Electrotechnique Internationale (CEI), qui sont conseillées actuellement. On reconnaît que, sur le plan international, les conditions sont nettement moins sévères qu'en Suisse. La troisième colonne représente une proposition de cahier des charges provisoire pour le fil de montage M62 et les câbles construits avec ce fil. Quelques-unes des valeurs à satisfaire y sont adaptées aux nouvelles caractéristiques du fil. En particulier, la résistance ohmique du conducteur de cuivre a été élevée à $< 92 \text{ ohms/km}$. Pour fixer la résistance diélectrique de fils de montage, nous nous sommes tenus à la proposition de la CEI, étant donné qu'une valeur $> 500 \text{ M}\Omega \cdot \text{km}$ suffit amplement pour l'exploitation, ce qui ressort aussi de la valeur correspondante pour câbles Z du cahier des charges pour le fil M49, dans lequel $100 \text{ M}\Omega \cdot \text{km}$ uniquement furent exigés à l'époque (col. 1). Les autres caractéristiques techniques de transmission correspondent aux valeurs prescrites du fil de montage M49 plus épais.

Dans la quatrième colonne du tableau 3 sont reportées les valeurs mesurées sur un fil M62 ainsi que sur un câble formé au moyen de ce fil. On peut constater que le nouveau fil de montage satisfait bien aux conditions qui lui seront imposées à l'avenir.

Le grand avantage que représente le fil M62 réside dans le fait que, en comparaison du fil M49 utilisé jusqu'ici, il possède un diamètre extérieur de 0,2 mm plus petit et qu'ainsi il répond au besoin des télécommunications modernes d'économiser de la place. Un faisceau de cent conducteurs, formé avec du fil M62, a une section de 40% inférieure à celle d'un faisceau correspondant, formé en fil M49.

En mars dernier, l'entreprise des PTT a décidé de profiter de cet avantage. Se fondant sur la présente étude, elle a autorisé ses fournisseurs à câbler les centraux et les appareils PTT à l'aide du fil de montage M62 et des câbles de centraux fabriqués avec ce fil.