

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 51 (1960)

Heft: 26

Artikel: Erfahrungen mit Kunststoffen

Autor: Künzler, H.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-917098>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 22.02.2026

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

BULLETIN

DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEM VEREINS

GEMEINSAMES PUBLIKATIONSORGAN

DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEM VEREINS (SEV) UND
DES VERBANDES SCHWEIZERISCHER ELEKTRIZITÄTSWERKE (VSE)

Erfahrungen mit Kunststoffen

Vortrag, gehalten an der 19. Schweiz. Tagung für elektrische Nachrichtentechnik vom 16. September 1960 in Basel,
von H. Künzler, Bern

621.315.616.9

Die schweizerische PTT-Verwaltung verwendete schon frühzeitig Kunststoffe für ihre technischen Einrichtungen. Die Erfahrungen, die sie dabei machte, sind im allgemeinen günstig. Schon 1942 liess sie die Gehäuse der Telefonstationen aus Kunsthärz herstellen. Für die crème-farbigen Gehäuse wurden später Aminoplaste herangezogen, die allerdings einige Unannehmlichkeiten mit sich brachten. Für mechanisch beanspruchte Teile in Apparaten eigneten sich bei fachgemäßem Einsatz Polyamide. Als gutes Isoliermaterial erwies sich für spezielle Zwecke ein Hartpapier auf der Basis von acetylisiertem Papier. Ein schöner Erfolg konnte bei den Kondensatoren erzielt werden, die heute mit Epoxyharz vergossen und gegen Feuchtigkeit unempfindlich gemacht werden. Besonders bewährt haben sich Montierungsdrähte mit Polyvinylchlorid-isolation. Polyvinylchloridmantel von Installationskabeln können von Mikroorganismen angegriffen und Kunststoffkabel von Mäusen angenagt werden. Als Schutzhülle für Mikrotelephonschnüre hat sich Polyvinylchlorid nicht bewährt. Es wird ferner die Spannungsrissbildung in Polyäthylen und Polyvinylchlorid erwähnt und das Korrosionsschutzproblem von Erdkabeln gestreift. Abschliessend wird eine enge Zusammenarbeit zwischen Verbraucher und Hersteller empfohlen, um den unfachgemässen Einsatz von Kunststoffen zu verhüten.

Die stürmische Entwicklung auf dem Gebiete der Kunststoffe kam den Nachrichtentechnikern zur richtigen Zeit, da sie für ihre Entwicklungsaufgaben immer bessere Werkstoffe benötigten. So sind denn heute die Kunststoffe aus dem Gebiet der Nachrichtentechnik nicht mehr wegzudenken. Auch die PTT-Verwaltung, die sich zwangsläufig mit der Nutzung des technischen Fortschrittes zu befassen hat, zog die neuen Werkstoffe schon frühzeitig zur Verbesserung ihrer technischen Einrichtungen heran. Die meist günstigen Erfahrungen, die sie dabei gewinnen konnte, sind so umfangreich, dass man sich an dieser Stelle darauf beschränken muss, lediglich einige typische Beispiele anzuführen.

Während des letzten Weltkrieges ging die PTT-Verwaltung dazu über, die Gehäuse ihrer Telefonstationen aus Kunsthärz herstellen zu lassen. Da zu jener Zeit den Herstellern vorwiegend nur Pressen für die Fabrikation zur Verfügung standen, musste für diesen Zweck ein härbarer Kunststoff verwendet werden. Man einigte sich auf einen Phenoplast mit der Typenbezeichnung H.POP, weil schon genügend Betriebserfahrungen mit diesem Material vorlagen und es zudem verhältnismässig billig war. Das Telephongehäuse wurde schwarz gepresst, weil

L'Administration des PTT suisses utilise depuis longtemps, pour ses équipements techniques, des matériaux synthétiques qui ont généralement donné pleine satisfaction. En 1942 déjà, elle a fait fabriquer en résine synthétique les boîtiers des postes téléphoniques. Par la suite, les boîtiers de teinte crème en aminoplastes présentèrent toutefois quelques inconvénients. Les polyamides conviennent mieux pour des parties sollicitées d'appareils, à la condition que ces matériaux soient convenablement utilisés. Dans certains cas, un papier acétyle a donné de bons résultats comme isolant. De même, on a été très satisfait des condensateurs scellés à la résine époxydique, qui les rend insensibles à l'humidité. Les fils de montage isolés au chlorure de polyvinyle sont excellents, mais les gaines de câbles d'installation constituées avec cette matière sont attaquées par des micro-organismes et les câbles en matière synthétique sont endommagés par les rongeurs. Pour les gaines de protection des cordons de microtéléphones, le chlorure de polyvinyle n'a pas donné satisfaction. L'auteur signale également la formation de fissures dans le polyéthylène et le chlorure de polyvinyle, puis il aborde le problème de la protection contre la corrosion de câbles enterrés. Pour terminer, il recommande une étroite collaboration entre usagers et fabricants, afin d'éviter un emploi mal approprié de matériaux synthétiques.

das Phenolharz selbst bräunlich gefärbt ist und sich mit der Zeit dunkel verfärbt. Seit 1942 stehen solche Telefonstationen im Betrieb, und man darf sagen, dass sie sich im allgemeinen sehr gut bewährt haben.

Mit der Zeit verliert die Phenoplastoberfläche, besonders bei starker Sonnenbestrahlung, den Glanz und wird matt, teilweise sogar unansehnlich. Zudem ist das Material spröde, weshalb gelegentlich Bruchschäden entstehen. Da man die Phenoplaste für Zwecke der PTT der geforderten Festigkeit wegen in verhältnismässig dicken Wandstärken pressen muss, wird der Pressling etwas plump und schwer, was besonders beim Mikrotelephon unangenehm auffällt.

Am meisten Mühe bereitete es, die engen Toleranzen der Sprech- und Hörmuscheln des Mikrotelephones einzuhalten. Man war in diesem Falle gezwungen, mit den Anforderungen an die äusserste Grenze dessen zu gehen, was ein Kunststoff zu leisten vermag, weil die Auswechselbarkeit sichergestellt sein musste.

Dem Wunsche der Abonnenten nach hellen Farben entsprechend, gibt die PTT-Verwaltung seit 1955 auf besonderes Verlangen auch eine crème-farbige Telefonstation ab. In Fig. 1 ist sie nebst

der älteren, schwarzen, abgebildet. Das helle Gehäuse wird mit einer Melaminharzmischung vom Typ H.MOP gepresst. Leider ist dieses Material noch um einiges spröder als die Phenoplaste, weshalb ver-

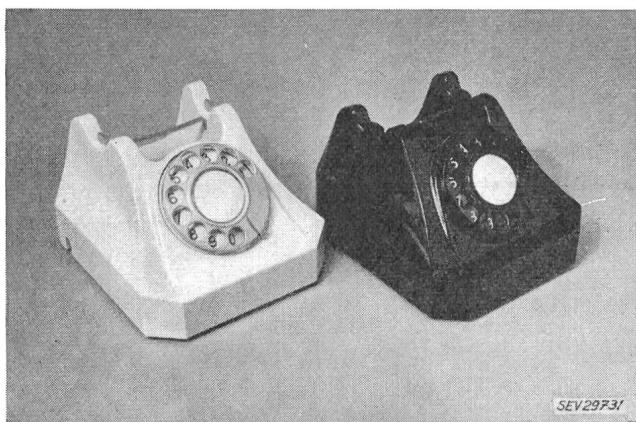


Fig. 1
Telephonstationsgehäuse aus Phenolharzpreßstoff (rechts)
und aus Melaminharz (links)

mehr Bruchschäden auftreten. Die Masshaltigkeit liess oft zu wünschen übrig, und infolge des Nachschwundes entstanden mit der Zeit Spannungsrisse selbst an Material, das längere Zeit unbenutzt im Lager blieb. Die gleiche Erscheinung konnte man



Fig. 2
Spannungsrisse an Mikrotelefonen aus Melaminharz

auch an Pressteilen beobachten, die Wärmeschwankungen ausgesetzt waren. Fig. 2 zeigt solche Rissbildung.

Um diesen Unannehmlichkeiten etwas auszuweichen, wählte die PTT für das neue Linienwähler-

gehäuse ein bruchfesteres Melamin-Phenolharzgemisch grauer Farbe. Doch ist dies noch keine endgültige Lösung. Es sind nämlich gegenwärtig in den Laboratorien der PTT eingehende Versuche im

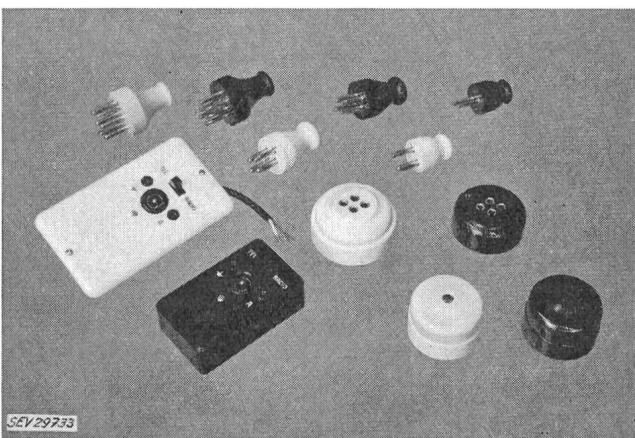


Fig. 3
Steckdosen und Stecker aus Phenoplast und Aminoplast

Gange, die zum Ziele haben, einen geeigneten Thermoplasten zu finden, damit die Gehäuse nach dem Spritzverfahren hergestellt werden können. Die Form und gleichzeitig auch die Schaltung der Station sollen modernisiert werden; vor allem ist beabsichtigt, das Mikrotelephon kürzer, leichter und eleganter zu gestalten. Die metallenen Fingerscheiben des Nummernschalters sind bereits teilweise durch solche aus Preßstoff ersetzt; neuerdings werden sie sogar für helle Stationen aus durchsichtigem Plexiglas hergestellt. Man befindet sich also mitten in einer lebhaften Entwicklung.

Auch beim Installationsmaterial vermochten sich Preßstoffe immer mehr durchzusetzen. Fig. 3 zeigt einige Steckdosen und Stecker mit Gehäusen aus Phenoplast und Aminoplast, die sich ausgezeichnet bewährten.

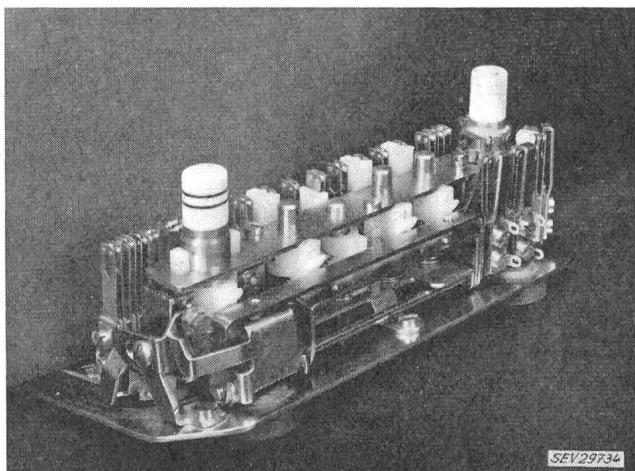


Fig. 4
Amts- und Linienfedersätze mit mechanischer Verriegelung
eines Linienwählers

Die mechanisch beanspruchten weißen Teile bestehen aus Polyamid, die weißen Tastknöpfe dagegen aus Aminoplast

Im Apparatebau bereiteten die bewegten, auf Druck und Reibung beanspruchten Teile dem Kon-

strukturen von jeher einiges Kopfzerbrechen. Man verwendete hiefür in neuester Zeit mit Vorteil die zähen Polyamide. Sie zeichnen sich durch grosse Abriebfestigkeit und günstige Gleiteigenschaften aus. Zudem sind sie im Gegensatz zu den Metallen bis zu einem gewissen Grade isolierend. Als Beispiel seien die Amts- und Linienfedersätze mit mechanischer Verriegelung einer modernen Linienwählerkonstruktion angeführt (Fig. 4). Einen Metallteil kann man allerdings nicht ohne weiteres durch ein entsprechendes Polyamidstück ersetzen. Die Konstruktion des Apparates muss den Eigenschaften dieses Kunststoffes angepasst werden. So sind die Massentoleranzen zu erweitern und die Abmessungen der gespritzten Teile abzuändern, da die Polyamide durch Feuchtigkeitsaufnahme etwas quellen und der Kunststoff, verglichen mit Metall, weicher ist. Berücksichtigt man alle Materialeigenschaften, so bewähren sich die Polyamide für den erwähnten Zweck sehr gut. Bemerkenswert ist auch, dass gegenüber gleitende Teile aus Polyamid merklich weniger Lärm entwickeln als entsprechende Metallstücke, was sich bei der Betätigung von Tasten an Linienwählern oder bei Zahnrädern vorteilhaft auswirkt.

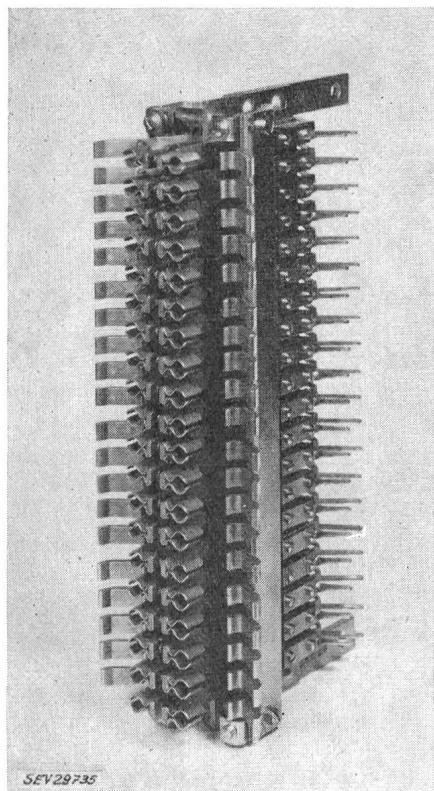


Fig. 5

Sicherungsserie für Hitzdrahteinsätze mit Hartpapierisolation auf der Basis von acetyliertem Papier

Für die Sicherungsserien (Fig. 5) alter Ausführung verlangte das Pflichtenheft der PTT im Jahre 1944 einen Isolationswiderstand von $2000 \text{ M}\Omega$ (20 a-Drähte gegen 20 b-Drähte + Erde). Da aber die Linienabteilung der PTT-Verwaltung den Isolationswiderstand der Kabelladern von etwa $50\,000 \text{ M}\Omega$ überwachen möchte, ohne die Drähte ablöten zu müssen, forderte sie, dass die Sicherungsserien bes-

ser isoliert werden. Diese Verbesserung brachte das Isoliermaterial Dellit PA auf der Basis von acetyliertem Papier. Fig. 6 zeigt den Verlauf der Isolationswiderstände von Sicherungsserien, die mit verschiedenen Hartpapieren isoliert waren, in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchtigkeit [1] ¹⁾. Ermutigt durch diesen Fortschritt, wurde der Pflichtwert in der Folge auf $25\,000 \text{ M}\Omega$ (20 a-Drähte gegen 20 b-Drähte + Erde bei 65 % rel. Feuchtigkeit und $100 \text{ V}_\text{--}$ Meßspannung) heraufgesetzt. Trotz

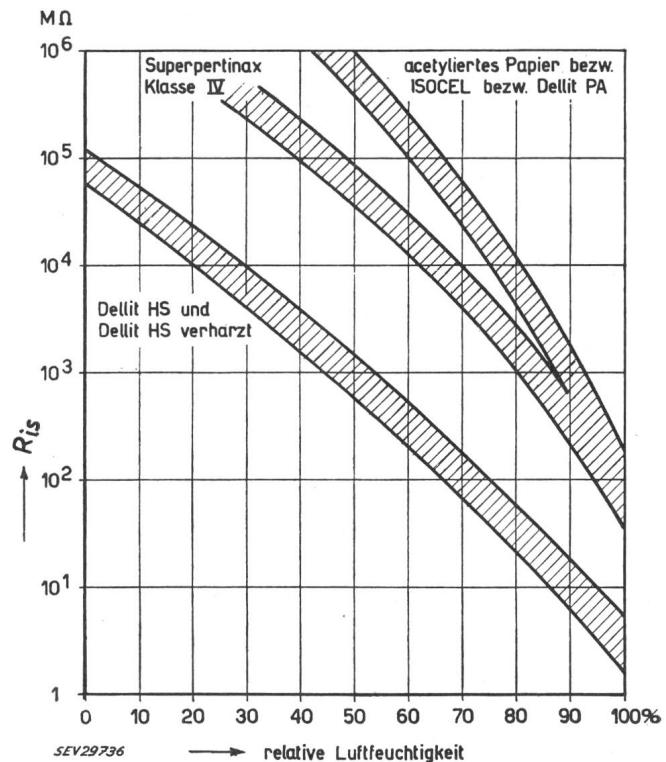


Fig. 6
Isolationswiderstand von Sicherungsserien 20×2 mit verschiedenen Hartpapierisolationen
 R_{is} Isolationswiderstand

dem verbesserten Isoliermaterial konnte jedoch dieser Wert bei der laufenden Fabrikation nur annähernd erreicht werden, weil schon die geringsten Spuren von Feuchtigkeit den hohen Isolationswiderstand beeinflussten. Schuld daran sind die sehr kleinen Kriechwege. Die gedrängte Konstruktion dieses Bestandteiles wirkt sich somit ungünstig aus. Vergleichsversuche mit noch besseren Isolationsmaterialien zeigten die gleichen Störeffekte. Es ergibt sich daraus, dass man nicht nur das Isoliermaterial, sondern auch die Konstruktion der Apparate den gestellten Anforderungen anpassen muss.

Ein schöner Erfolg konnte auf dem Gebiete der Kondensatoren erzielt werden. Bei gewissen alten Papierkondensatoren war der Wickel in einem Kunstharzbecher mit einem Deckel aus dem gleichen Material untergebracht. Da dieses Gehäuse jedoch nicht feuchtigkeitsundurchlässig war, vermochte der erwähnte Kondensatortyp nicht voll zu befriedigen und wurde deshalb im Jahre 1955 ersetzt. Bei der neuen Ausführung befindet sich die Kondensatorwicklung in einem Metallbecher, der mit einem schweizerischen Epoxyharz, nämlich Araldit, ver-

¹⁾ Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

gossen ist. Der Aralditverschluss dichtet sehr gut ab gegen Feuchtigkeit und ermöglichte auch Verbesserungen bei der Fabrikation. In Fig. 7 sind je ein Papierkondensator alter (*a*) und neuer (*c*) Konstruktion abgebildet. In der Mitte (*b*) erkennt man zudem eine Zwischenlösung mit Metallbecher und Ba-

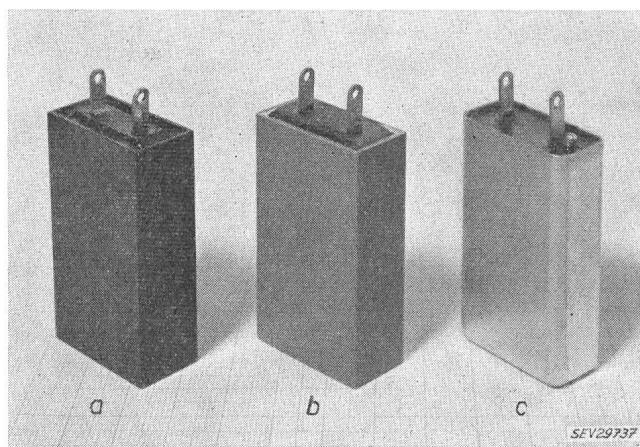


Fig. 7
Papierkondensatoren

- a* mit Kunstharzbecher und Kunstharzdeckel
- b* mit Metallbecher und Kunstharzdeckel
- c* mit Metallbecher und Epoxyharzverschluss

kelitdeckel. Welchen Fortschritt der Aralditverschluss brachte, zeigt Fig. 8, in der der Verlauf des Isolationswiderstandes alten (Kurve 1) und neuen (Kurve 2) Typs während der Lagerung bei 60 °C in sehr feuchter Luft (99...100 % rel. F.) eingezeichnet ist.

Die schweizerische PTT-Verwaltung war eine der ersten, die den Schritt vom kunstseideumsponnenen zum polyvinylchlorid-isolierten Montierungsdräht wagten. Sie entschloss sich dazu, weil sie sich der Vorteile der Kunststoffisolation bewusst war. Die wichtigsten elektrischen Eigenschaften der Verdrahtungen wurden dadurch schlagartig besser. In Tabelle I fällt besonders auf, dass der neue Draht einen um ein Vielfaches grösseren Isolationswiderstand aufweist als der frühere. Zudem sinkt dieser Wert in feuchter Luft im Gegensatz zu demjenigen

der alten Ausführung nur schwach. Auch die Kapazität und die Durchschlagfestigkeit liegen wesentlich günstiger. Die PVC-Hülle ist genügend flamm-sicher, so dass im Gegensatz zu früher der Draht nicht mehr mit einem feuerhemmenden Lack versehen werden muss. Beim Abisolieren franst kein

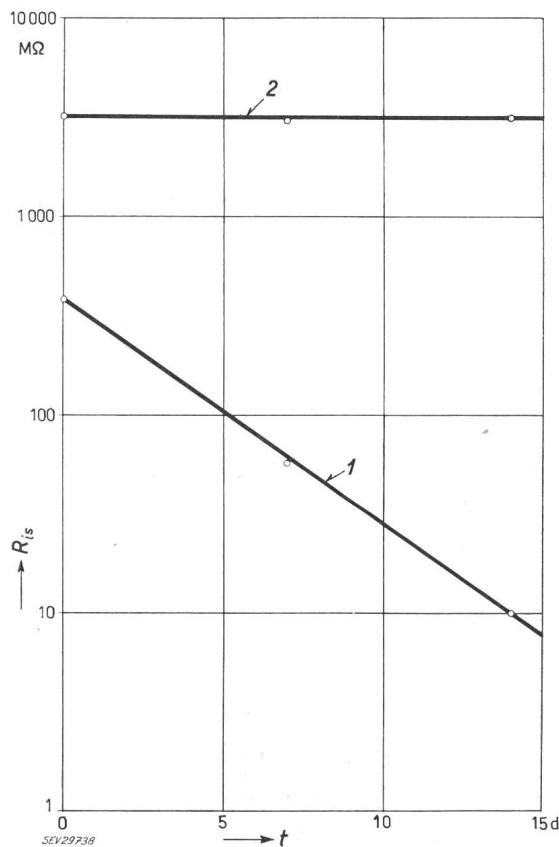


Fig. 8
Verlauf des Isolationswiderstandes R_{is} von Papierkondensatoren bei 60 °C und 99...100 % relativer Luftfeuchtigkeit
t Zeit; 1 alte Ausführung: Kunstharz-Becher (Deckelverschluss); 2 neue Ausführung: Aluminium-Becher mit Araldit-Verschluss

Gewebe mehr aus, wodurch sauberer und rascher gelötet werden kann. In Fig. 9 sind ein- und mehrfarbige Drähte alten und neuen Typs nebeneinander gestellt. Die Farben des Kunststoffdrahtes leuchten schöner und sind leichter zu unterscheiden als

Vergleich einiger elektrischer Eigenschaften des alten und des neuen, kunststoffisierten Montierungsdrähtes

Tabelle I

Eigenschaften	Alter Draht	Neuer Draht	Pflichtwerte
<i>Isolationswiderstand pro 1000 m</i>			
lufttrocken	3,1 MΩ	1650 MΩ	≥ 1000 MΩ
nach 48 h Lagerung in Luft von 100 % rel. F.	0,37 MΩ	1220 MΩ	≥ 300 MΩ
<i>Kapazität pro 1000 m</i>	0,115 µF	0,074 µF	$\leq 0,080$ µF
<i>Durchschlagfestigkeit</i>	7,0 kV Y ¹⁾	14,5 kV Y ¹⁾	—
<i>Aufbau des Montierungsdrähtes</i>	Kupferdraht von 0,6 mm Durchmesser emailliert 2 Kunstseideumspinnungen flammensichere Lackierung Aussendurchmesser 1,10 mm	Kupferdraht von 0,6 mm Durchmesser mit PVC-Isolation Aussendurchmesser 1,10 mm	$\leq 1,2$ mm

¹⁾ Effektivwert

beim umspommenen. Trotz diesen Vorteilen ist das neue Produkt noch billiger.

Das neu aufgestellte Pflichtenheft der PTT bereitete den Fabrikanten indessen ernste Sorgen, denn es war bis anhin nicht möglich, zwei oder drei verschiedenen gefärbte PVC-Massen so um einen 0,6 mm dicken Kupferdraht zu spritzen, dass ein geschlossener Schlauch entsteht, die einzelnen Farben eine Spirale beschreiben und die Farbgrenzen

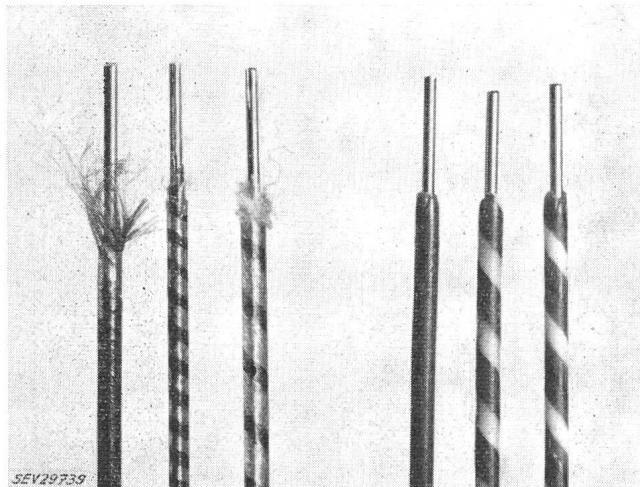


Fig. 9
Montierungsdrähte

links: mit Kunstseide umsponnen
rechts: mit Polyvinylchlorid isoliert

scharf bleiben. Es gelang aber der Industrie, völlig neuartige Maschinen zu konstruieren, die das Geforderte zu leisten vermögen.

Natürlich blieben zunächst die Kinderkrankheiten nicht aus. Anfänglich zog sich z. B. das Ende des PVC-Schlauches beim Löten so weit zurück, dass in der Nähe der Lötstelle der Draht ein Stück weit nicht mehr isoliert war, was besonders bei Strips oder Vielfachsteckern mit mehreren Anschlüssen gefährlich wurde. Dieser Nachteil konnte leicht behoben werden, indem man die durch den Spritzvorgang erzeugten Spannungen im Polyvinylchloridmantel gleich nach dem Austritt des Drahtes aus der Düse mit Wärme wieder ausglich.

Mit der Zeit wurde im Ausland und in der Schweiz bekannt, dass gewisse Weichmacherdämpfe Relaiskontakte ungünstig beeinflussen. Der Lichtbogen zwischen den Kontakten zersetzt die gasförmigen organischen Verbindungen, wobei die Reaktionsprodukte sich auf den Kontakten ablagern und deren Übergangswiderstand erhöhen. Eingehende Untersuchungen zeigten, dass besonders Weichmacher aus chlorierten, zyklischen Kohlenwasserstoffen solche unerwünschte Störungen fördern. Seit dieser Entdeckung werden in der Schweiz nur noch Montierungsdrähte hergestellt, deren Kunststoffhülle mit unschädlichen Stoffen plastisch gemacht sind. Für die Kontaktstörungen dürfen jedoch nicht nur die Weichmacherdämpfe, die aus den Drähten stammen, verantwortlich gemacht werden. Auch Kunststoffböden, Farbanstriche und Bodenpflegemittel geben schädliche Dämpfe ab. Als besonders gefährlich wird diesbezüglich Terpentinöl genannt.

Werden also Weichmacher von unschädlicher Zusammensetzung sowie von niedrigem Dampfdruck, etwa unter $1 \cdot 10^{-4}$ mm Hg bei 20 °C, gewählt und die Betriebsräume gut gelüftet, so kann man die Kontaktstörungen in Zentralen wenigstens von dieser Seite her auf ein Minimum reduzieren.

Einige Mühe bereitete es auch, die gewünschte Kältebeständigkeit der Montierungsdrähte zu erreichen, weil die übrigen gestellten Bedingungen dieser Forderung entgegenstanden. Doch gelang es auch hier, befriedigende Ergebnisse zu erzielen.

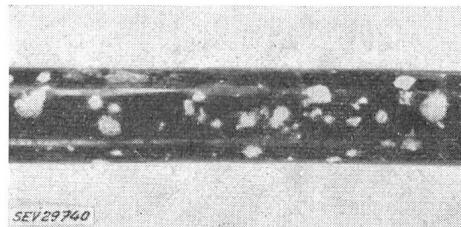


Fig. 10
Von Mikroorganismen angegriffener
Polyvinylchlorid-Kabelmantel

Zusammenfassend darf man demnach sagen, dass die Einführung des PVC-isolierten Montierungsdrätes nicht nur erfolgreich war, sondern zugleich einen wesentlichen technischen Fortschritt bedeutet. Dass der Erfolg nicht ausbleibt, wenn Verbraucher und Hersteller eng und mit Fachkenntnis zusammenarbeiten, zeigt dieses Beispiel deutlich.

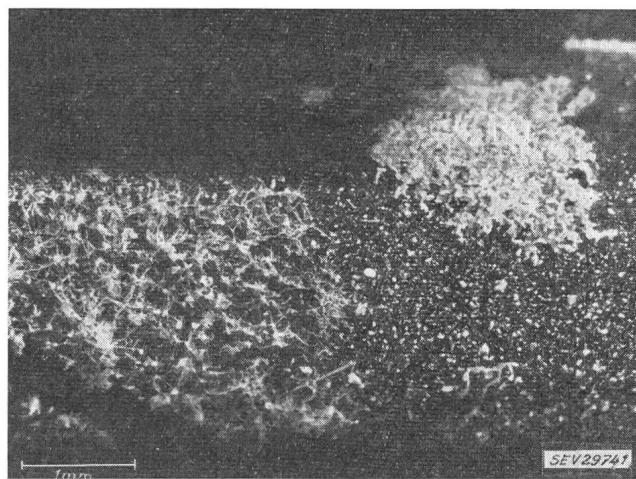


Fig. 11
Mycelartige Gebilde von Mikroorganismen auf Polyvinylchlorid
(Mikroaufnahme)

Gelegentlich entstanden der PTT Unannehmlichkeiten durch Mikroorganismen. So entwickelten sich auf den mit Polyvinylchlorid isolierten Drähten von Verteilanlagen, die sich in feuchten Kellerräumen befanden, Kolonien solcher Lebewesen. Zu Betriebsstörungen kam es dabei allerdings nicht. Fig. 10 gibt den Zustand einer angegriffenen Isolationshülle wieder. Unter dem Mikroskop lösten sich die einzelnen hellen Punkte in mycelartige Gebilde (Fig. 11) auf. Als Substrat diente ihnen der Weichmacher der PVC-Mischung. Versuche zeigten aber, dass nicht alle Weichmacher fördernd auf die Entwicklung von Schimmelpilzen und Bakterien wir-

ken, so dass man durch richtige Wahl der PVC-Mischung und Trocknung der Räume die Schäden weitgehend unterbinden kann.

Es kommt hin und wieder vor, dass Kunststoffkabel von Mäusen angenagt werden. Solche Schäden können nicht nur zu Leitungsunterbrüchen führen, sondern auch eine erhebliche Feuergefahr heraufbeschwören, indem sich bei Kurzschlüssen Lichtbögen bilden. Die PTT untersuchte deshalb dieses Problem eingehend und fand, dass Hausmäuse die weicheren Kunststoffe den härteren vorziehen. So wurde ein verhältnismässig steifer Polyäthylenmantel nur in geringem Masse, eine weichere Polyvinylchloridhülle bei gleichen Bedingungen stark angenagt [2]. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch schwedische Forscher [3], die im übrigen zeigten, dass mäuseabstossende Mittel, die dem Kunststoff beigemischt werden, wenig schützen²⁾.

Es war naheliegend, die mit Polyvinylchlorid isolierten Leiter der Mikrotelephonschnüre mit einem Mantel aus dem gleichen Kunststoff zu umgeben. Leider bewährte sich dieses System nicht. Durch Weichmacherverlust wurde die PVC-Hülle hart und brüchig. Da viele Telephonierende, während sie sprechen, einer übeln Gewohnheit nachgebend mit der freien Hand die Mikrotelephonschnur hin- und herbewegen oder noch schlimmer behandeln, kam es häufig zu Mantelbrüchen (Fig. 12), so dass diese Schnurkonstruktion wieder aufgegeben werden musste.

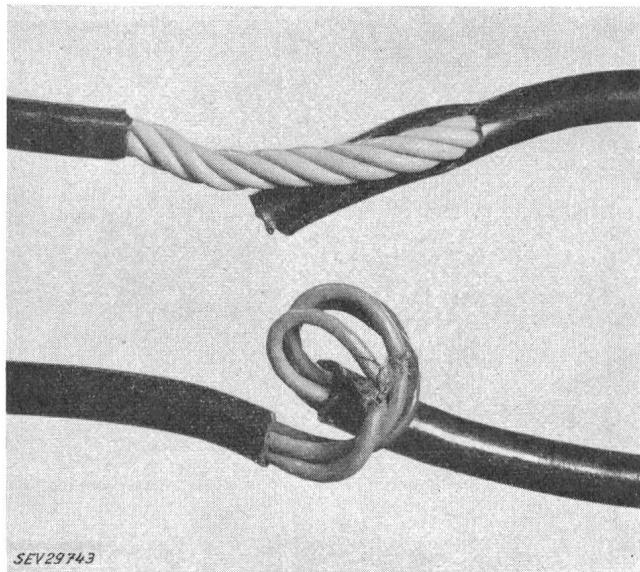


Fig. 12

Mantelbrüche bei Mikrotephonschnüren mit Polyvinylchlorid-Hüllen

Besondere Sorgen bereiteten der PTT die sog. F-Kabel, welche die Verbindung zwischen Erdkabel und Freileitung besorgen und entlang der Telefonstangen aufwärts steigen. Daneben dienen sie als Einführung der Freileitung in die Häuser der Abonnenten. Es handelt sich um einadrige Kabel mit Kautschukisolation und einer Schutzhülle aus Blei. Der dünne, 1 mm starke Bleimantel korrodiert rasch und ist wenig ermüdungsfest. Auch ist er mechanisch leicht verletzbar. Man ging deshalb nach

eingehenden Laboratoriumsversuchen dazu über, die Drahtisolation und den Mantel aus Polyaethylen herzustellen und gleichzeitig das neue F-Kabel zweiadrig aufzubauen zu lassen. In Fig. 13 sind zwei alte F-Kabel mit beschädigten Bleimänteln abgebildet (a). Sie besorgten den Anschluss eines Abonnenten an das Telephonnetz. Daneben erkennt man den neuen Typ aus Kunststoff (b), bei dem die beiden Adern in einem Kabel zusammengefasst sind. Das neue F-Kabel bewährte sich in einem mehrjährigen praktischen Grossversuch so gut, dass wir seine allgemeine Einführung beschliessen konnten.

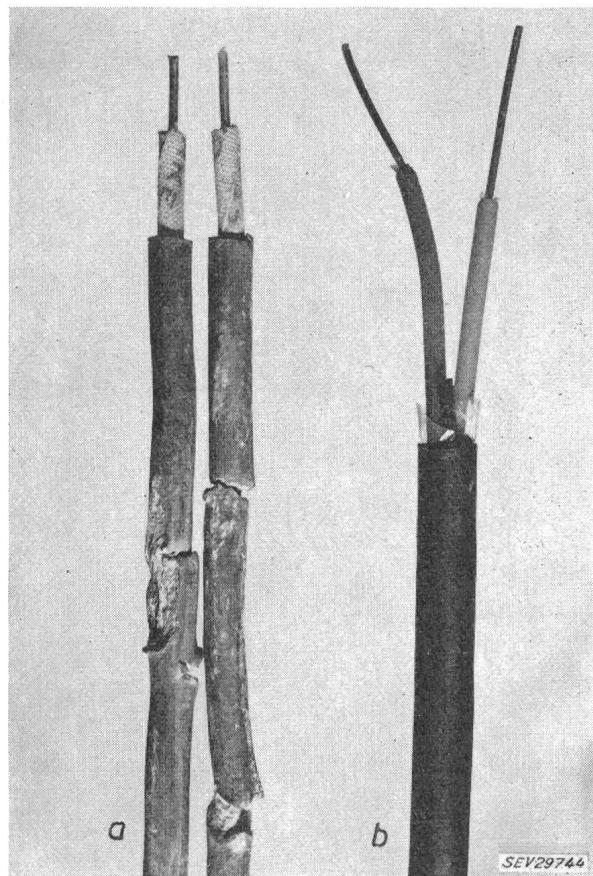


Fig. 13
F-Kabel

- a im Betrieb schadhaft gewordene alte Typen mit Gummi-isolation und Bleimantel
- b neuer doppeladriger Typ mit Polyäthylenisolation und Polyäthylenmantel

Der Witterungsbeständigkeit wegen muss dem Polyaethylen, das für den Mantel bestimmt ist, Russ beigegeben werden. Die dadurch entstandene schwarze Farbe ist aber den Abonnenten unangenehm, weil sich ein dunkles Kabel in den hellen Räumen eines Hauses hässlich ausnimmt. Der Ruf nach einem hellgrauen F-Kabel liess deshalb nicht lange auf sich warten. Versuche im Atlas Weatherometer, einem Bewitterungsapparat, ergaben jedoch, dass sich das Polyäthylen des grauen Musters auf der dem Licht zugewendeten, etwas einwärts gebogenen Seite veränderte. Bereits nach 500 h waren schon Risse in der Kunststoffhülle zu beobachten (Fig. 14). Als Vorstufe der Rissbildung scheint sich auf der Schlauchoberfläche eine sog. Schildkröten-

²⁾ Siehe auch Bull. SEV Bd. 50(1959), Nr. 20, S. 979...980.

struktur zu bilden, die im oberen Teil der Figur deutlich als helles Netzgebilde zu erkennen ist. Dass durch die Bewitterung Veränderungen im Polyäthylen stattfinden, zeigt auch folgende Beobachtung: Die Zerreissfestigkeit änderte sich zwar nicht; dagegen sank aber die Bruchdehnung nach 1500 h Aufenthalt im Atlas-Weatherometer von 170 % auf 45 %. Vorläufig müssen also die F-Kabel schwarz bleiben, weil sie beständiger sind als die hellen.

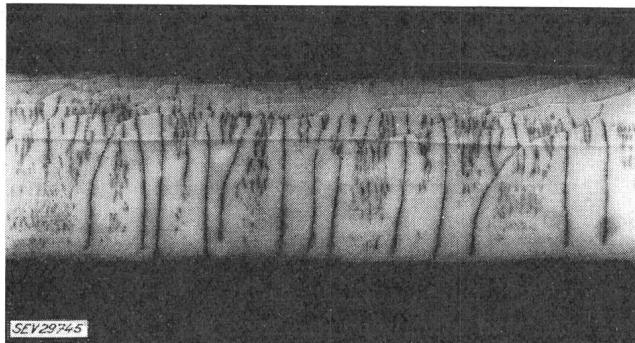


Fig. 14

Rissbildung in einem grauen Polyäthylenmantel eines sog. F-Kabels nach 500 h künstlicher Alterung

Beim Spritzen von Polyäthylen zu Schläuchen oder Formstücken entstehen in diesem Material manchmal innere Spannungen, die mit der Zeit zu Rissen führen. Man nennt diese Erscheinung in Fachkreisen «stress corrosion». Auch die PTT hatte solche Schäden zu erleiden. Fig. 15a zeigt ein Kabel, dessen Polyäthylenmantel auf die erwähnte Weise zerriss. Dass ähnliche Schäden an Polyvinylchloridhüllen ebenfalls vorkommen, ist weniger gebräuchig. Einen solchen Fall zeigt jedoch Fig 15b. Es handelt sich um ein Kabel, das an einem Stahldraht während vier Jahren im Freien aufgehängt war.

Ernstlich zu schaffen gab seit Jahren das Korrosionsproblem der Erdkabel. Die Hüllen, die den Bleimantel schützen sollten, waren ungenügend, so dass die Korrosionsschäden von Jahr zu Jahr stiegen und die Reparaturkosten jährlich in die Hunderttausende von Franken gingen. Es wurde deshalb immer dringender, einen neuen Korrosionsschutz zu entwickeln, um Abhilfe zu schaffen. Schon im Jahre 1942 wurde ein Versuchskabel auf dem Rocher de Naye verlegt, bei dem sich über dem Bleirohr ein Polyvinylchloridmantel befand. Zur Kriegszeit standen dem Hersteller leider die modernen Weichmacher nicht zur Verfügung. Man war deshalb gezwungen, einen Buttersäureester zu nehmen, der sich mit der Zeit unter Abspaltung der freien Buttersäure zersetzte. Der PVC-Mantel erhärtete dadurch im Laufe der Jahre. Trotzdem vermochte er das Blei während 18 Jahren weitgehend zu schützen. Eindiffundiertes Wasser griff zusammen mit der abgespaltenen organischen Säure das Metall oberflächlich leicht an; aber die Korrosion ging nicht in die Tiefe. Bei den gleichen Bedingungen dürfte dieses Kabel noch mindestens 30 Jahre ohne Schaden im Betrieb bleiben.

Heute kennt man indessen weit bessere PVC-Mischungen. Bei Kabeln, die schon 4 Jahre in sumpfigem Boden im Betrieb standen, war die Bleiober-

fläche unter dem Kunststoffmantel immer noch in neuwertigem Zustand. Die Koaxialkabel oder andere besonders wichtige Kabel werden deshalb heute auf diese Weise geschützt.

Immerhin können nicht alle Telephonkabel mit PVC-Schläuchen umhüllt werden, weil ein solcher Korrosionsschutz zu kostspielig ist. Für Teilnehmer- und Bezirkskabel suchte man bei der PTT nach einer billigeren Lösung.

Der allgemeinen Einführung solcher Kabel stehen auch technische Hindernisse im Wege: Die Telephonanlagen sind nämlich über das Kabelnetz geerdet. Wie das geschehen soll, wenn die Kabel mit einer gut isolierenden Kunststoffhülle verkleidet sind, ist noch nicht entschieden. Zudem gelang es bis heute nicht, den PVC-Mantel einwandfrei auf das Blei zu bringen. Versuche mit Klebstoffen befriedigten nicht. Zur Zeit wird ein neuer Vorschlag geprüft, der vorsieht, zwischen Blei- und Polyvinylchlorid-Mantel eine dünne Bitumenschicht zu bringen. Die verwendete PVC-Mischung ist gegen Bitumen beständig, so dass die erwähnte Lösung folgende Vorteile bringen würde: Sollte die Schutzhülle an irgend einer Stelle verletzt werden, so kann das Grundwasser nicht zwischen Blei und Kunststoff vordringen. Außerdem quillt das Bitumen an der Rissstelle heraus und verhindert dort den direkten Kontakt zwischen Blei und Wasser. Man hat es also mit einer Art von Selbstheilung zu tun.

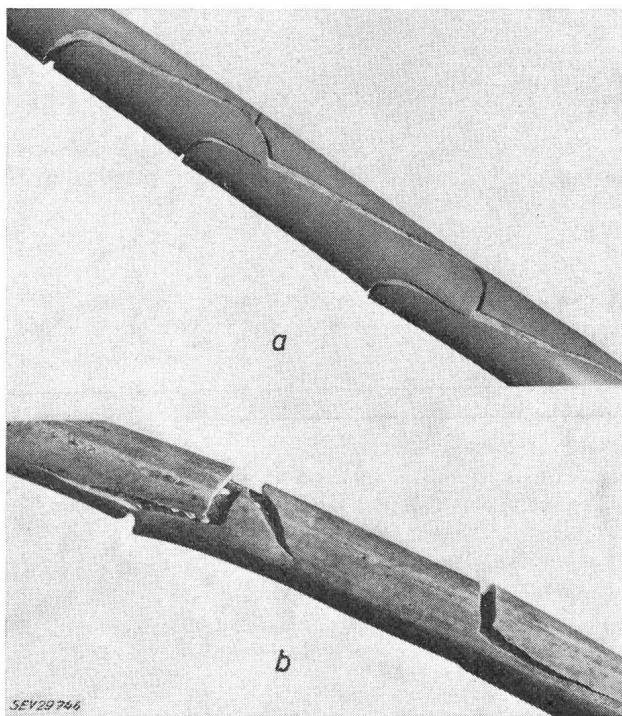


Fig. 15

Rissbildungen im Kabelmantel

- a im Polyäthylenmantel eines Telephonkabels (stress corrosion)
- b in einem Polyvinylchloridmantel eines während vier Jahren im Freien aufgehängten Kabels

Es wird zudem auch die Entwicklung der sog. Vollkunststoffkabel verfolgt, bei denen die Papierisolation und der Bleimantel durch einen Thermoplasten ersetzt sind. Die allgemeine Einführung hängt indessen wesentlich von den technischen Eigenschaften und vor allem vom Preis ab.

Zusammenfassend kann man die nachteiligen Erfahrungen mit Kunststoffen ganz allgemein auf zwei Ursachen zurückführen: Entweder waren zur Zeit der Planung die Alterungseigenschaften des verwendeten Materials noch nicht genügend bekannt oder aber der Kunststoff wurde falsch eingesetzt.

Die natürlichen Alterungsversuche dauern gewöhnlich so lange, dass zuverlässige Ergebnisse oft erst auftreten, wenn bereits schon wieder neue oder verbesserte Kunststofftypen zur Verfügung stehen. Fehlschläge solcher Art muss man gelegentlich in Kauf nehmen, da man auf den technischen Fortschritt weder verzichten kann noch will. Die oft mangelnde praktische Erfahrung wird indessen zu einem Teil ausgeglichen durch die künstlichen Schnellalterungsversuche, denen zwar gewisse Unsicherheitsfaktoren anhaften, die aber doch wertvolle Hinweise geben.

Schäden, die dagegen lediglich auf falschen Einsatz zurückzuführen sind, sollten nicht vorkommen. Wer Kunststoffe erfolgreich anwenden will, muss zunächst eingehend deren Eigenschaften kennen lernen. Dabei muss es klar sein, für welchen Zweck das Material dienen soll, um danach die Auswahl zu treffen. Es ist nicht unnötig, dies erneut zu unterstreichen, weil das Gefühl, ein Kunststoff vermöge alles zu leisten, immer noch lebendig ist. Ein Werkstoff aber, der nur gute Eigenschaften besitzt, existiert bis heute noch nicht.

Sehr zu begrüßen sind die Normungsbestrebungen auf dem Gebiete der Kunststoffe. Die daraus hervorgehenden Unterlagen, wie sie etwa in der «Enzyklopädie der elektrischen Isolierstoffe», herausgegeben vom Schweizerischen Elektrotechnischen Verein, vorliegen, leisten dem Konstrukteur und dem Betriebsmann vorzügliche Dienste. Je mehr objektive Kriterien bekannt sind, desto besser kann man den Schritt zum Kunststoff wagen. Am wichtigsten ist es aber, dass Verbraucher und Hersteller eng miteinander zusammenarbeiten und sich von ihren Fachleuten beraten lassen. Gerade diesem Umstande ist es zu verdanken, dass die PTT-Verwaltung von schwerwiegenden Misserfolgen verschont blieb und die im Vergleich zum gesamten Kunststoffeinsatz geringen Störungen leicht zu beheben vermochte. Die Erfahrungen lauten im ganzen gesehen günstig, weil die PTT dem Grundsatz folgte: «Der richtige Kunststoff am richtigen Platz».

Literatur

- [1] *Gerber, Th.*: Sicherungsserien für Hitzdrahtpatronen mit verbesserter Isolation. Techn. Mitt. PTT Bd. 33(1955), Nr. 9, S. 375...377.
- [2] *Mauch, H.*: Beschädigung kunststoffisolierter Kabel durch Mäuse. Techn. Mitt. PTT Bd. 35(1957), Nr. 12, S. 529...531.
- [3] *Lizell, B., J. Roos und G. Björck*: Rattenschäden an gummi- und kunststoffisierten Kabeln und Leitungen. Ericsson Rev. Bd. 36(1959), Nr. 2, S. 58...66.

Adresse des Autors:

Dr. sc. nat. *H. Künzler*, Chef der Sektion Materialprüfung der Forschungs- und Versuchsanstalt der Generaldirektion der PTT, Speichergasse 6, Bern.

Verwendung von Kunststoffen bei der Herstellung von Formstücken

Vortrag, gehalten an der 19. Schweiz. Tagung für elektrische Nachrichtentechnik vom 16. September 1960 in Basel,
von *G. O. Grimm*, Rapperswil

621.315.616.9 : 679.5

Kunststoffe werden heute in sehr grossen Mengen verarbeitet; sie übertreffen volumenmässig die Buntmetalle. Die Auswahl an verschiedenartigen Stoffen ist in den letzten zehn Jahren ganz erheblich gewachsen, so dass die Wahl des bestgeeigneten Werkstoffes aus der stark erweiterten Vielfalt schwierig geworden ist.

Leider hat sich auch die moderne Publizistik der Kunststoffe bemächtigt, wobei die Sensationen viel höher im Kurs stehen als die schlichten, aber harten Tatsachen. Wenn man Apparate bauen will, die Jahr um Jahr ohne Betriebsstörung funktionieren sollen, braucht man seriöse und objektive Angaben über die Eigenschaften der Kunststoffe.

Betrachte man vorerst ein paar Zahlen. In den USA sind im Jahr 1959 von der Kunststoffindustrie im engeren Sinn etwa 1 Million t Plastics verarbeitet worden. Mehr als 20 % davon sind als Folien auf den Markt gekommen. Auf Formteile für den Apparatebau entfielen 12...15 %. Das Anwendungsbereich für Formstücke ist somit mengenmässig eher bescheiden, in den hochgeschraubten Anforderungen an vielseitige Eigenschaften aber sehr anspruchsvoll.

Die mengenmässige Verteilung auf die verschiedenen Kunststoffe zeigt in den USA etwa folgendes Bild. Für die Herstellung von Formstücken und Profilen, also z. B. Haushaltgegenständen, Apparateteilen, Schläuchen, Röhren usw. ergibt sich eine Auf-

teilung gemäss Fig. 1. Für Formstücke allein verschieben sich die Zahlen zum Teil wesentlich. Bei Phenoplasten wird alles zu Formstücken, bei Polyvinylchlorid der überwiegende Anteil zu Platten

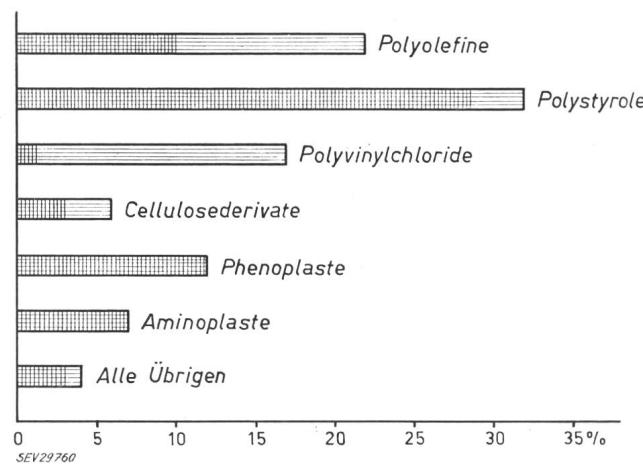


Fig. 1
Relativer Anteil verschiedener Kunststoffe am Verbrauch für Formstücke und Profile

Formstücke; Profile

und Profilen verarbeitet. Das Erstaunlichste an diesen Zahlen ist der geringe Anteil der auf die letzte Position entfällt, umfasst diese doch eine grosse Zahl von Stoffen, wie z. B. Polyamide, Acetalharze,