Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 52 (1961)

Heft: 17

Artikel: Gedruckte Verdrahtungen

Autor: Folini, P.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-916862

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: 10.07.2025

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

BULLETIN

DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS

Gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV) und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)

Gedruckte Verdrahtungen

Von *P. Folini*, Zürich

621.3.049.75

Die folgenden Ausführungen sollen eine allgemeine Orientierung über die Herstellung, die Bearbeitung und die Anwendung von Leiterplatten (gedruckten Verdrahtungen) ermöglichen. Dabei werden diejenigen Probleme erwähnt, die einen Konstrukteur interessieren, welcher gedruckte Verdrahtungen anwendet — oder anzuwenden gedenkt. Von den verschiedenen Herstellungsmöglichkeiten wird lediglich das sog. Ätzverfahren behandelt, welches bisher die weitaus grösste Bedeutung erreicht hat.

L'auteur donne des renseignements généraux sur la fabrication, le façonnage et l'emploi de plaques conductrices pour circuits imprimés. Il mentionne également les problèmes intéressant le constructeur désireux d'utiliser des circuits imprimés dans ses appareils. Parmi les diverses méthodes d'exécution, l'auteur ne considère que le procédé à l'acide, qui est actuellement le plus courant.

Die unter der Bezeichnung «gedruckte Verdrahtungen» bekannte, noch junge Technik hat im Rahmen der Rationalisierung und Mechanisierung bei der Herstellung elektrischer und elektronischer Produkte in den letzten Jahren grosse Bedeutung erlangt. Über die Forschungsarbeiten auf diesem Gebiet und über die Entwicklung geeigneter Isolierstoffe, Druck- und Ätzverfahren bestehen diverse wissenschaftliche Veröffentlichungen und Fachbücher. In den nachstehenden Ausführungen werden einige, den Verbraucher von gedruckten Verdrahtungen interessierende Probleme der Herstellung und der Anwendung erwähnt, wogegen aber auf Details aus Entwicklung und Forschung verzichtet wird.

Sowohl in der Starkstrom- als auch in der Nachrichten- und Fernmeldetechnik haben gedruckte Verdrahtungen (Printed wiring) grosse Anwendungsgebiete gefunden. Die bis heute gemachten Erfahrungen lassen aber darauf schliessen, dass die erwähnte Technik in der Zukunft eine noch wesentlich grössere Rolle spielen wird. Auch bei einfachen Verdrahtungen in mittleren oder kleinen Stückzahlen wird es in vielen Fällen vorteilhaft sein, Leiterplatten zu verwenden.

1. Die Herstellung der Leiterplatten

Die Technik der gedruckten Verdrahtungen kann in einige, prinzipiell verschiedene, Herstellungsverfahren unterteilt werden:

a) Aufbringen (Kleben) von ausgestanzten Leiterspuren auf eine Isolierplatte.

b) Ausstanzen (oder Formen) von Leiterspuren, welche in einen Isolierkörper eingepresst werden.

c) Aufkopieren (Abdecken) der Leiterspuren, auf der mit einer Metallfolie überzogenen Isolierplatte und Abätzen der nicht erwünschten Metallpartien.

Das unter c) erwähnte Verfahren hat bisher die weitaus grösste Bedeutung erreicht, und die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich ausschliesslich auf dieses sog. Ätzverfahren.

Isolierplatten aus Hartpapier, Kunstharzen usw. sind in verschiedenen Dicken, einseitig oder beidseitig mit Kupferfolien belegt, erhältlich. Dabei beträgt die Dicke einer Kupferfolie in der Regel 35 oder 70 μm. Die kupferkaschierten Platten in der Grösse von etwa 1 m² bilden das Ausgangsmaterial für die Herstellung von gedruckten Verdrahtungen. Für Spezialzwecke können auch kaschierte oder metallisierte Filme in Frage kommen. Je nach Verwendungszweck der gedruckten Verdrahtungen muss das Ausgangsmaterial verschiedenen Anforderungen entsprechen.

Für die Beurteilung des Ausgangsmaterials (ganzer Platten) sind eine grosse Zahl von Proben erforderlich, von denen hier einige erwähnt seien:

Oberflächen-Widerstand,
Spannungsfestigkeit,
Spezifischer Widerstand,
Verlustfaktor,
Dielektrizitätskonstante
} bei 95 % rel. Luftfeuchtigkeit nach 4 h in 70 °C und 96 h in 22 °C

Wasseraufnahme (mit und ohne Cu-Folie),
Max. Arbeitstemperatur (keine Blasenbildung),
Lötbarkeit (keine Blasen, kein Ablösen der Folie),
Haftfestigkeit und Abzugkraft der Cu-Folie,
Stanzbarkeit bzw. Stanztemperatur,
Schrumpfung nach Warmstanzen (Längs- und Quer-Richtung),
Biege- und Zugfestigkeit,
Toleranz der Plattendicke und der Folienstärke usw.

In der Regel werden für die Durchführung der erwähnten Messungen besondere Testplatten hergestellt (Fig. 1).

Da die Preise der kupferkaschierten Platten ziemlich stark den Gestehungspreis der gedruckten Verdrahtungen beeinflussen und mit den an das Ausgangsmaterial gestellten Anforderungen erheblich variieren können, ist es vor allem bei grösseren Serien sehr wichtig, die Schaltung und die Konstruktion so auszulegen, dass an die gedruckte Verdrahtung nicht unnötig hohe Anforderungen gestellt werden. Wenn z. B. die Leiterplatte im Gerät mechanisch gut abgestützt werden kann, ist es evtl. möglich, dünneres Ausgangsmaterial zu verwenden, welches in der Regel billiger und besser stanzbar ist.

Bei der Herstellung der Leiterplatten nach dem Ätzverfahren wird das Schaltschema (original) auf das kupferkaschierte Hartpapier aufgedruckt (Siebdruck oder Offset) oder photographisch übertragen (Kontaktkopie). Das zu wählende Verfahren ist abhängig

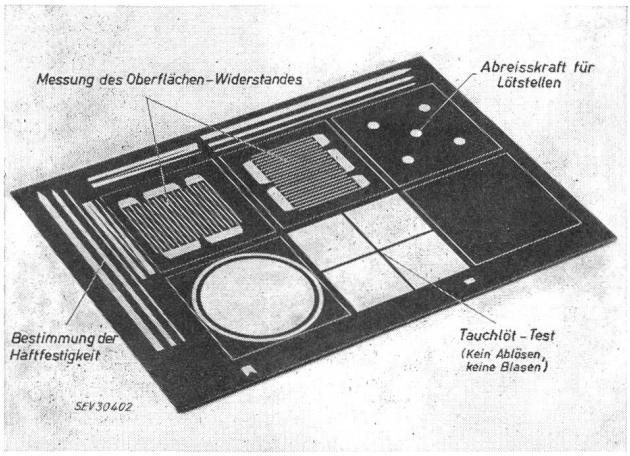

Fig. 1
Beispiel einer Testplatte zur Prüfung des Ausgangsmaterials

von der Seriengrösse und von der verlangten Reproduktionsgenauigkeit. Das für grössere Serien in Frage kommende, bekannte Offset-Druckverfahren verlangt eine sehr feine und flache Oberfläche der zu bedruckenden Kupferfolie. Bei Kratzern und feinen Unebenheiten wird die Kupferfolie nicht bedruckt und muss retouchiert werden, da an solchen Stellen sonst die Leitspur abgeätzt wird.

Beim Siebdruckverfahren wird in der Regel ein Seidenschirm verwendet, wobei dieses feine Gewebe allseitig möglichst straff in einen Rahmen gespannt und auf photochemischem Wege so behandelt wird, dass mit Ausnahme der Leiterspuren das Gewebe für die Druckfarbe undurchlässig wird. Das zu ätzende Material wird möglichst flach aufgespannt, dann wird mit kleinem Abstand der Seidenschirm angebracht, die Druckfarbe darüber gewalzt bzw. gezogen und dadurch die Leiterspuren auf dem Kupfer abgedeckt (Fig. 2).

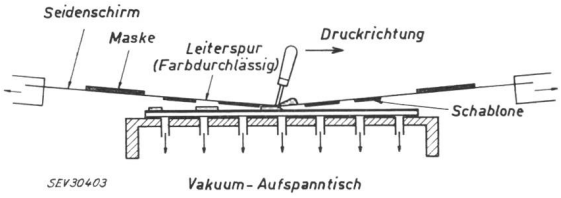

Fig. 2
Abdecken der Leiterspuren nach dem Siebdruckverfahren

Dieses Verfahren eignet sich für kleine und für grosse Serien. Bei richtiger Handhabung sind die Leiterspuren sehr homogen aufgedruckt, so dass wenig Retouchierarbeit erforderlich ist. Die erreichbare Genauigkeit (Spurbreite, Spurabstände, Konturen) ist von der verwendeten Farbe und besonders aber von der Feinheit des Gewebes abhängig. Es wird auch mit Geweben aus äusserst feinen Stahldrähten gearbeitet. In Fällen, in denen die Reproduktionsgenauigkeit nicht ausreicht, wird das Photo-Ätzverfahren angewendet.

Beim Photo-Ätzverfahren wird das kupferkaschierte Hartpapier in geeignete Arbeitsstücke geschnitten (Grösse der Leiterplatte oder Vielfache davon) und anschliessend mit einer photoempfindlichen Emulsion beschichtet. Das Kupfer muss vor der Beschichtung entfettet und äusserst gut gereinigt werden, um eine gut haftende und homogene Schicht zu ermöglichen.

Auf die nun lichtempfindliche Platte wird ein Film aufgelegt, auf welchem die zu ätzende Verdrahtung einfach oder in mehrfacher Wiederholung aufgebracht wurde. Platte und Film werden in einem Belichtungsrahmen an eine Glasplatte gepresst und mit einer punktförmigen, intensiven Lichtquelle (Bogenlampe) belichtet (Kontaktkopie). Dabei ist darauf zu achten, dass die beschichtete Platte, der Film mit dem Original und die Belichtungseinrichtung absolut staubfrei gehalten werden, um nachträgliche Retouchierarbeiten möglichst zu vermeiden.

Nach dem «Entwickeln und Einfärben» der kupferkaschierten Platte sind diejenigen Stellen, welche belichtet wurden mit einer ätzebeständigen Schicht bedeckt, welche durch das Einfärben gut sichtbar wird und auf kleinste Unterbrüche (Staubeinflüsse) kontrolliert werden kann. Die nicht bedeckten Kupferpartien werden weggeätzt. Dieses Verfahren eignet sich sowohl für Einzelausführung als auch für grössere Serien, wobei die Reproduktionsgenauigkeit sehr grossen Ansprüchen genügt. Für grössere Serien können die Herstellungskosten höher werden als bei anderen Verfahren, da das Beschichten und Photokopieren jeder einzelnen Leiterplatte ins Gewicht fällt.

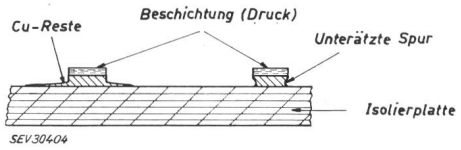

Fig. 3
Darstellung einer ungleichmässig geätzten Partie

Es ist dann zwischen Reproduktionsgenauigkeit und Gestehungspreis zu entscheiden. Bei allen erwähnten Verfahren ist das Ausgangsmaterial sehr gut zu reinigen, wobei sowohl geeignete chemische Bäder als auch rotierende Bürsten, Wasser und Waschpulver Verwendung finden. Nach dem Aufbringen des Leiterbildes und nach den erforderlichen Kontroll- und Retouchierarbeiten werden die Platten geätzt. Beim Ätzprozess ist speziell darauf zu achten, dass die abzubauende Kupferfolie über die ganze Leiterplatte gleichmässig angegriffen wird. Die Erfüllung dieser Bedingung verursacht allerhand Schwierigkeiten, da bei verschiedenen Plattengrössen jede Stelle gleichmässig von Ätzmittel bespült werden muss und die Bespülung nicht während der ganzen Operation in der gleichen Richtung erfolgen darf. Bei ungleichmässiger Ätzung werden Leiterspuren unterätzt währenddem an anderen Stellen noch unerwünschte Kupferreste übrigbleiben (Fig. 3).

Nach dem Ätzprozess müssen die Platten wiederum sehr gut gewaschen werden, um alle Reste der Ätzflüssigkeit, und auch die Beschichtung (Druck) von den Leiterspuren zu entfernen. Um die jetzt blanken Leiterspuren vor Korrosion zu schützen, werden die Platten mit einem geeigneten Schutzlack gespritzt, wobei dieser Lack in der Regel gleichzeitig als Lötschutzlack dient.

In vielen Fällen sind spezielle oder kombinierte Oberflächen-Behandlungen notwendig. Anstelle von Schutzlack werden die Leiterspuren oft auch mit einer sehr dünnen Goldschicht (Electroless-Verfahren) bedeckt. Bei dickeren Schichten, wie sie für Kontaktpar-

tien erforderlich sind, müssen galvanische Bäder verwendet werden. Solche Partien werden durch Hilfsspuren untereinander verbunden (beim Druck zu berücksichtigen), damit sie als Elektrode angeschlossen werden können. Anderseits müssen Partien, welche keinen Niederschlag erhalten sollen, abgedeckt werden. Die Hilfsspuren werden nach der galvanischen Behandlung in der Regel mechanisch entfernt bzw. unterbrochen (Anbohren, Durchfräsen usw.). Bei der Behandlung mit Lötschutzlack müssen die Kontaktpartien gut abgedeckt werden, da schon durch feine Lacktröpfchen Kontaktschwierigkeiten entstehen.

2. Die mechanische Bearbeitung

Nachdem vom Rohmaterial für die Weiterverarbeitung Stücke von geeigneter Grösse zugeschnitten wurden, und diese Stücke schliesslich eine oder mehrere Leiterplatten enthalten, erfolgt das Ausschneiden, Stanzen, Bohren usw. Bei Einzelanfertigungen entstehen keine besonderen Schwierigkeiten, bei Serien spielt aber der Aufwand sofort eine grosse Rolle, so dass rationelle Methoden für Umriss, Ausschnitte und Bohrungen gefunden werden müssen. Dabei sind zwei Probleme zu betrachten, nämlich das zentrieren der einzelnen Leiterplatten auf das Stanzwerkzeug oder auf die Bohrlehre und die Bearbeitungsmethode, welche vom verwendeten Rohmaterial abhängig ist.

In vielen Fällen werden schon auf dem Ausgangsmaterial Fanglöcher für Stanzwerkzeuge oder Bohrlehren angebracht, wobei dann das Aufdrucken der Leiterspuren mit Lehren erfolgen muss. In solchen Fällen ist dafür zu sorgen, dass das Original bzw. die Druckeinrichtung genau zentriert werden und sich nicht verschieben können. Ausserdem muss beim Anbringen der Fanglöcher darauf geachtet werden, dass bei Kontraktion oder Dehnung die Toleranzen nach allen Seiten möglichst gleichmässig beeinflusst werden. Dieser Punkt ist besonders zu berücksichtigen, wenn die Leiterplatten zum Stanzen gewärmt werden müssen, da je nach Ausgangsmaterial sehr oft in

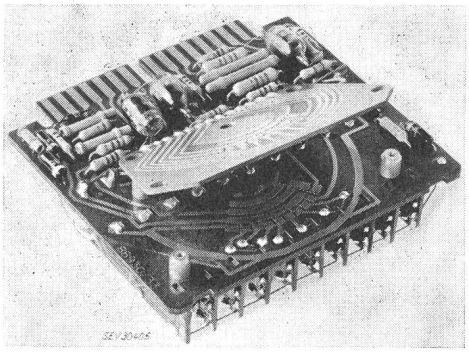

Fig. 4
Beispiel einer beidseitig bedruckten Platte mit Schalter und Steckkontakten

Längs- und in Quer-Richtung verschiedene Ausdehnungskoeffizienten bestehen. Beim Warmstanzen darf die zulässige Höchsttemperatur (vom Ausgangsmaterial abhängig) nicht überschritten werden. In der Regel wird ein Durchlaufofen verwendet, wobei nach Erreichen der richtigen Temperatur die Platten sofort verarbeitet werden. Sowohl bei den Wasch-Ätz- und Trocknungsprozessen als auch bei der mechanischen Bearbeitung kann sich das Material durch verschiedene Einflüsse (Wärme, Feuchtigkeit, Entfernung der Kupferfolie, usw.) deformieren, so dass die fertigen Leiterplatten oft wieder gerichtet werden müssen.

Für die Herstellung von doppelseitigen Leiterplatten werden Tafeln verwendet, welche beidseitig mit einer Kupferfolie bedeckt sind. Dabei ist eine einwandfreie Zentrierung beim Bedrucken (Belichten) und bei der mechanischen Bearbeitung besonders wichtig, da dann Kontaktflächen, Durchführungen, Ausschnitte, usw. der Leiterspuren von Vorder- und Rückseite berücksichtigt werden müssen (Fig. 4).

3. Die Anwendung von gedruckten Verdrahtungen

Für die Herstellung der Leiterplatten verfügt man heute über eine reichhaltige Erfahrung, so dass der Entwicklungsingenieur keine Bedenken bezüglich Störanfälligkeit, Korrosionsgefahr usw. zu haben braucht. Zur Entscheidung ob in bestimmten Fällen gedruckte Verdrahtungen vorzusehen sind, müssen aber eine Anzahl anderer Gesichtspunkte berücksichtigt werden.

Beim Bau von einzelnen Apparaturen oder von kleinen Serien ist die Verwendung von Leiterplatten in der Regel unrationell, da bei kleinen Stückzahlen die Platten teuer werden und ausserdem bei der Konstruktion ein ziemlich grosser Aufwand erforderlich ist um die Schaltelemente so zu wählen und zu gruppieren, dass möglichst wenig Kreuzungen in der Verdrahtung notwendig werden.

In solchen Fällen werden Leiterplatten nur angewendet, wenn damit andere Vorteile erzielt werden wie z. B. gegebene, bzw. starre Abstände zwischen den Leitern, günstige Raumausnützung usw.

Bei mittleren und grösseren Stückzahlen, in vielen Fällen schon ab 30...50 Stück, wird sich die Verwendung von gedruckten Verdrahtungen lohnen. Selbstverständlich müssen bei einem Kostenvergleich nicht nur Kabelbaum und Leiterplatte berücksichtigt werden, da durch die Anwendung einer gedruckten Verdrahtung z. B. ein Chassis wegfallen kann, evtl. Lötarbeit wesentlich verkürzt wird (Tauchlöten), keine Verdrahtungsfehler entstehen können (weniger Prüfarbeit), weniger Zeit für Montage der Einzelteile aufgewendet werden muss usw. Es ist aber wichtig, schon beim Beginn der Entwicklungsarbeiten zu entscheiden, ob Leiterplatten verwendet werden sollen, damit die dafür geeigneten Schaltelemente und Befestigungsteile gewählt werden können und evtl. Schalt- und Steck-Kontakte entsprechend disponiert werden. Es ist heute bereits eine grosse Zahl von Schaltelementen erhältlich, welche speziell für die Montage auf gedruckten Verdrahtungen geeignet sind. In der Regel sind die Kontakt- oder Befestigungstifte dieser Teile dem für Leiterplatten empfohlenen $^1/_{10}$-Zoll-Raster (2,54 mm) angepasst. Es ist deshalb zweckmässig, nach Möglichkeit bei der Herstellung der Originale von diesem $^1/_{10}$-Zoll-Raster (evtl. $^1/_{20}$ Zoll für Spezial-Fälle) auszugehen (Fig 5).

Bei der Montage der Einzelteile ist darauf zu achten, dass die Teile, die meistens durch Verlöten der Anschlüsse mit den Leiterspuren befestigt werden, keine Beanspruchung auf Ablösen der Kupferfolie verursachen. In der Regel werden die Schaltelemente auf der dem Druck gegenüberliegenden Seite angebracht, so dass sie sich auf der Isolierplatte abstützen und nach dem Verlöten mit den Leiterspuren nicht

mehr herausfallen können. Um die Teile vor dem Löten zu Fixieren, speziell bei grossen Serien und bei Anwendung des Tauchlötverfahrens, wird die Leiterplatte zur Bestückung auf ein Werkzeug gespannt, welches ein $^1/_{10}$-Zoll-Lochraster enthält, so dass alle Anschlussdrähte durch dieses Raster aufgenommen

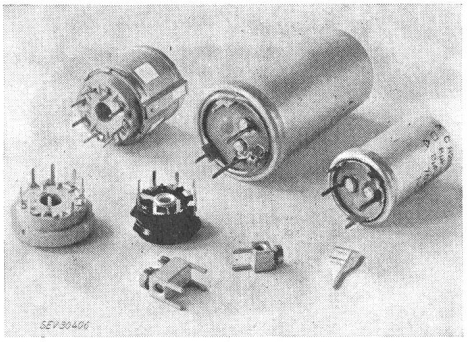

Fig. 5
Einige Schaltelemente, vorgesehen für die Montage auf Leiterplatten

werden. Wenn alle Schaltelemente richtig eingeführt sind, werden die Anschlussdrähte an der Rückseite der Leiterplatte durch eine Scherbewegung von zwei Stahl-Rasterplatten auf die richtige Länge geschnitten und gleichzeitig leicht abgebogen, so dass die Teile nicht mehr herausfallen können (Fig. 6).

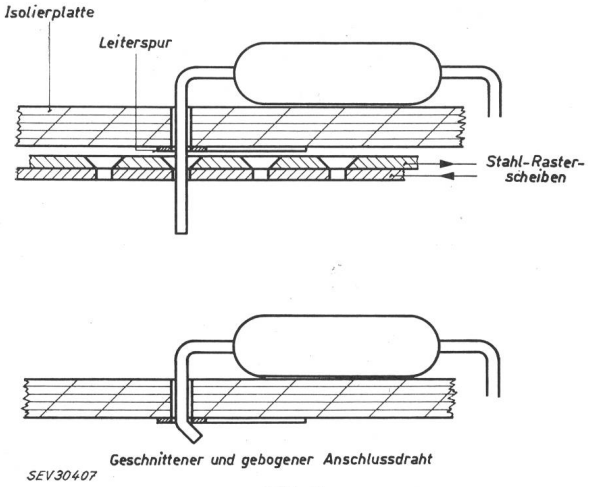

Fig. 6
Hilfseinrichtung für die Montage von Schaltelementen

Sehr oft werden die Schaltelemente nach dem Aufsetzen auf die Leiterplatte mit Schaumgummi aufgepresst, worauf an der Rückseite (Spur-Seite) die vorstehenden Drähte mit einem geeigneten Seitenschneider geknippt und anschliessend ohne zu biegen, direkt verlötet werden.

Das Verlöten der verschiedenen Anschlüsse mit den Spuren der Leiterplatte muss sehr sorgfältig erfolgen, da diese Operation auf die Qualität des fertigen Produktes einen grossen Einfluss haben kann. Die Kolbentemperatur bzw. die Temperatur des Bades beim Tauchlöten muss so gewählt werden, dass die Leiterplatte nicht beschädigt wird (etwa 245 °C) und dass trotzdem eine einwandfreie Bindung zustande kommt. Die zu lötenden Stellen müssen sehr sauber und vorzugsweise mit Flussmittel (Lötlack) gespritzt sein. Gedruckte Verdrahtungen werden heute überall angewendet, wo elektrische Verbindungen erforderlich sind und keine grossen Ströme auftreten. Besondere Bedeutung haben sie bei Herstellung von Gross-Serien (Radio- und Fernseh-Geräte) sowie bei der Miniatur- oder Mikro-Miniatur-Elektronik (Hörgeräte, Hörbrillen, Militär-Anwendungen usw.) (Fig. 7).

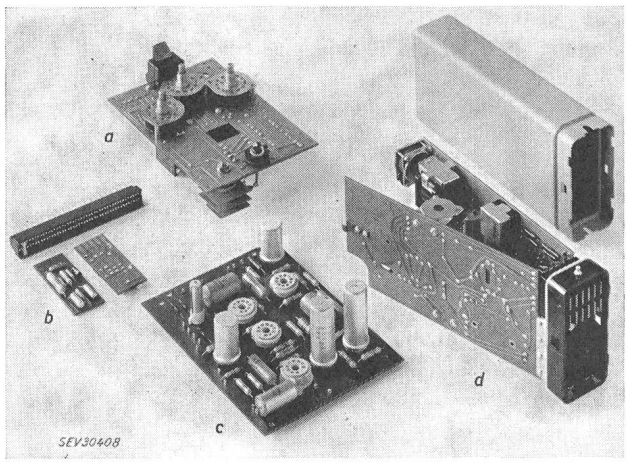

Fig. 7
Einige Beispiele zur Anwendung von Leiterplatten
a Transistor-Tester mit gedruckten Schaltkontakten (ohne Zeigerinstrument und Gehäuse); *b* Steckerleiste und steckbare Verstärker-Einheiten; *c* Baueinheit zu Röhrenvoltmeter; *d* Signalempfänger aus Mehrkanal-Telephoniesystem

4. Zukunftsentwicklungen

Im Hinblick auf die fortschreitende Miniaturisierung elektronischer Produkte wird man versuchen alle möglichen Schaltelemente zu miniaturisieren. Diese Tendenz ist auch auf dem Gebiet der gedruckten Verdrahtungen vorhanden. Schon seit längerer Zeit werden Induktivitäten «gedruckt» und durch bedrucken von Isolierfolien auch zu Transformatorwickeln gefaltet. Auch Widerstände werden bereits aufgedruckt oder aufgestrichen und Kapazitäten werden durch Paralellführung oder beidseitige Bedruckung erreicht. Dadurch, dass auf einer als Einzelteil hergestellten Isolierplatte ausser den Leiterspuren auch Schaltelemente «erzeugt» werden können, wird das Anwendungsgebiet noch wesentlich verbreitert. Die Technik der «gedruckten Schaltungen» — im Gegensatz zur oben beschriebenen Technik der gedruckten Verdrahtungen — befindet sich noch im Entwicklungsstadium und wird heute in der Produktion erst teilweise (z. B. für Induktivitäten und Kapazitäten) angewendet. Gedruckte Schaltungen (Printed circuits) werden in der Miniatur- oder Mikro-Elektronik eine wesentliche Rolle spielen. Es ist anzunehmen, dass sie später ergänzt werden durch Mikro-Moduls oder Solid-State-Circuits. Diese aus der Forschung bekannten Techniken führen zu elektronischen Bauteilen, welche äusserst kleine Abmessungen aufweisen und in der Lage sind gewisse Funktionen (Verstärker, Flip-Flop, usw.) auszuüben, zu welchen heue noch einzelne Schaltelemente zusammengefügt werden müssen. Als Beispiel einer «Festkörper-Schaltung» (Solid-State-Circuit), kann man sich ein Halbleiterelement (Transistor) vorstellen, in welchem die zu einem bestimmten Verstärker notwendigen zusätzlichen Schaltelemente schon beim Herstellungsprozess erzeugt werden.

Adresse des Autors:
P. Folini, Vizedirektor, Philips AG, Binzstrasse 38/44, Zürich 3/45.