

250

AEG

Mitteilungen

HEFT 9/12 • SEPTEMBER/DEZEMBER

B E R L I N 1 9 4 3

HAUSMITTEILUNG DER AEG

INHALTSVERZEICHNIS

Die AEG-Kleinzange zum Schweißen und Löten. Von Dipl.-Ing. W. Glage, Fabriken Hennigsdorf	33
Schweißen der Verdrahtungen in der Nachrichtentechnik. Von M. Zeh, Telefunken	43
Kabelkorrosion. Von C. Haase, Kabelwerk Oberspree	48

Die Hausmitteilung erscheint nach Bedarf, zur Zeit alle vier Monate. Der Bezugspreis beträgt 3,— RM jährlich. Das Einzelheft kostet 1,— RM. Nachdruck des Textes mit genauer Quellenangabe wird gern gestattet, doch ist in jedem Falle vorher die Genehmigung der Pressestelle der AEG einzuholen. Alle sonstigen Mitteilungen sind an die Technische-Literarische Abteilung der AEG, Berlin NW 40, Friedrich-Karl-Ufer 2-4 zu richten.

A E G

Mitteilungen

Die AEG-Kleinzange zum Schweißen und Löten.

Von Dipl.-Ing. W. Glage, Fabriken Hennigsdorf.

A. Die Entwicklung der AEG-Kleinzange.

Wenn man sich die Frage stellt, warum neben dem Löten mit dem LötKolben heute neue Verfahren zum Verbinden von Drähten, Litzen und Blechstreifen gesucht werden, so findet man dafür je nach der Problemstellung vier Gründe:

1. Die Zinnknappheit fordert die Herstellung zinnloser oder zinnarmer Verbindungen;
2. die Dauer des Arbeitsvorganges soll verkürzt werden;
3. die Güte der Verbindungsstellen soll erhöht werden;
4. es sollen Werkstoffe miteinander verbunden werden, die sich nicht oder nur schwer miteinander weich verlöten lassen.

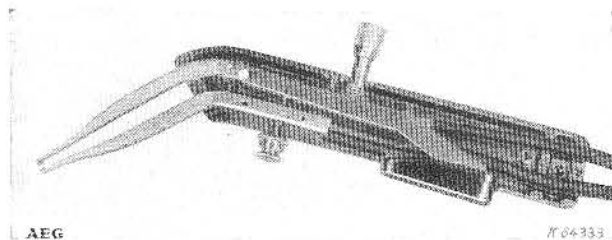


Bild 1. Innenansicht der Kleinzange.

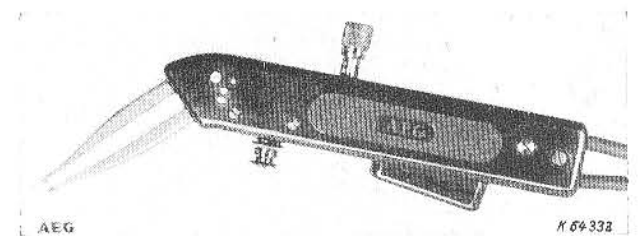


Bild 2. Außenansicht der Kleinzange.

Diese Forderungen führten zur Entwicklung der AEG-Kleinzange, und es soll nun gezeigt werden, welche Überlegungen für ihre Gestaltung maßgebend waren.

Beim elektrischen Widerstandsschweißen ist es zum Herstellen einer einwandfreien Verbindung notwendig, die zu verschweißenden Teile unter einem bestimmten Druck in einer gegebenen Zeit auf die erforderliche Schweißtemperatur zu erhitzen. Die dafür benötigte Wärmemenge wird durch den Schweißstrom I in dem Widerstand R der zu verschweißenden Teile erzeugt und ist dem Produkt $I^2 \cdot R$ verhältnismäßig; der Widerstand R setzt sich aus dem Werkstoffwiderstand und aus dem Stromübergangswiderstand an der Berührungsstelle der zu verbindenden Teile zusammen. Da diese Widerstände jedoch nur klein sind, muß der Strom stark sein, damit die entwickelte Joulesche Wärme ausreicht, um die Teile auf Schweißtemperatur zu bringen. Große Stromstärken erfordern aber starke Zuleitungen, die wiederum das Schweißgerät unhandlich machen,

Bei der Entwicklung der AEG-Kleinzange ging man daher einen anderen Weg. Die Wärmeerzeugung wurde vorwiegend in die Elektroden verlegt, die man zu diesem Zweck aus Kohlen besonderer Zusammensetzung herstellt. Da die Kohlen einen weit größeren spezifischen Widerstand haben als das Schweißgut und die Wärme schlechter leiten als die wassergekühlten Metall-Elektroden, wie man sie bei der reinen Widerstandsschweißtechnik benutzt, wird die Kohle in ziemlich kurzer Zeit durch einen verhältnismäßig kleinen Strom ganz oder teilweise zum Glühen gebracht.

Der Vorteil des bei dem AEG-Gerät angewandten Grundsatzes ist, daß mit einem kleinen Strom von nur 20 bis 200 A gearbeitet werden kann. Deswegen

können die Zuleitungen schwach — nur 6 mm² Kupferquerschnitt — gehalten und die Zangen selbst leicht und handlich gebaut werden. Die Zange wiegt nicht mehr als 250 g und ist nur 27 cm lang. Außerdem kann die als „Zangengerät“ bezeichnete Stromquelle, die einen Stufentransformator enthält, klein sein. Zum Anschluß genügt eine Steckdose, die bei 220 V mit 6-A-Elfa-Automaten oder einer verzögert wirkenden Sicherung gesichert ist.

Die Kleinzange wird neuerdings in nur einer Ausführung hergestellt und ist so gestaltet, daß sich an ihrem vorderen Ende wahlweise verschiedene Schenkelformen und -größen leicht auswechseln lassen. Sie wird über eine Drucktaste betätigt. Der mit der Hand ausgeübte Druck wird jedoch nicht unmittelbar auf die Elektroden übertragen, sondern über eine einstellbare Feder. Auf diese Weise ist es möglich, reproduzierbar mit einem einmal gewählten und an einer übersichtlichen Teilung eingestellten Druck zu arbeiten. Der Druck zwischen den Elektroden ist von 400 bis 3500 g regelbar. Selbstverständlich ist es auch möglich, die Feder

auf ihre größte Kraft, d. h. 3500 g zu spannen und zunächst beim Berühren des Werkstückes eine geringere Kraft von Hand auszuüben, um dann später evtl. bis zum Anschlag der Drucktaste durchzudrücken. Diese Betätigungsart ist besonders beim Schmelzschweißen von Vorteil. In die Zangenschenkel können verkupferte Kohleelektroden mit konischem Sitz eingesetzt werden, in Sonderfällen auch längere und nachstellbare verkupferte Kohlestifte mit kreisförmigem oder quadratischem Querschnitt. Auf den Bildern 1 und 2 ist die Zange in geschlossenem und geöffnetem Zustand zu sehen. Eine schematische Darstellung der Zange gibt Bild 3. Es werden drei Sorten Kohlen mit verschiedenen spezifischen Widerständen geliefert, die bei gleichem Zangenstrom verschieden heiß werden. Entsprechend ihrer Arbeitstemperatur sind die Kohlen auf der kleinen Kreisfläche wie folgt gezeichnet:

1. mit erhabenem Punkt = schwach warm,
2. ohne Kennzeichen = mittel warm,
3. mit versenktem Punkt = heiß.

Die Verwendung verschiedener Kohlen ist dann ratsam, wenn die zu verbindenden Teile verschie-

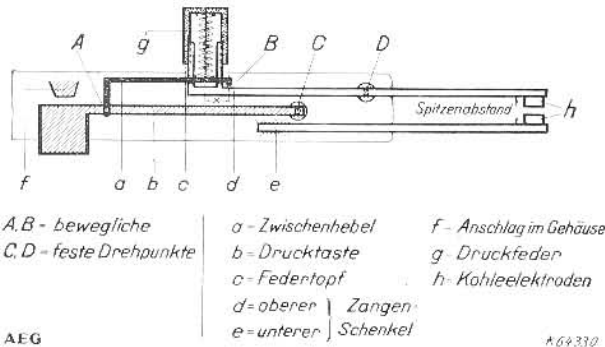


Bild 3. Schematische Darstellung der Kleinzange mit einstellbarem Druck.

dene Wärmekapazität haben (z. B. beim Anschweißen von dickem Draht an dünnen Draht), oder wenn aus irgendeinem Grunde die Temperatur der zu verbindenden Teile verschieden sein soll. Welche Kohle sich für die einzelne Aufgabe am besten eignet, muß durch Versuch einmalig ermittelt werden. Von der richtigen Wahl der Elektroden hängt es auch ab, wie viele Schweißungen mit einem Satz Elektroden hergestellt werden können. Je nach der Schweißaufgabe können etwa 50 bis 1000 Schweißungen mit einem Elektrodensatz hergestellt werden. Dies gilt besonders dann, wenn die Kohlen durch Hindurchziehen eines feinen Schmirgelleinstreifens immer saubergehalten werden. Übrigens lassen sich die Kohlen wegen ihres konischen Sitzes sehr leicht auswechseln und kosten auch nur wenige Pfennige.

B. Strom- und Temperaturverlauf während des Schmelzschweißens.

Für den erfolgreichen Einsatz der Zange ist es wichtig, daß man sich über den Stromverlauf und den Schweißvorgang grundsätzlich klar wird. Zu diesem Zweck wurden von drei Schweißungen, die mit drei verschiedenen Transformatorstufen zunehmender Höhe ausgeführt wurden, Oszillogramme des Schweißstromverlaufs aufgenommen (Bild 4). Man sieht aus ihnen, daß der Schweißstrom nach dem Einschalten ansteigt, und zwar um so steiler, je höher die Transformatorstufe ist. Nach Erreichen der Schmelztemperatur wurde der Schweißvorgang selbsttätig durch ein auf einen

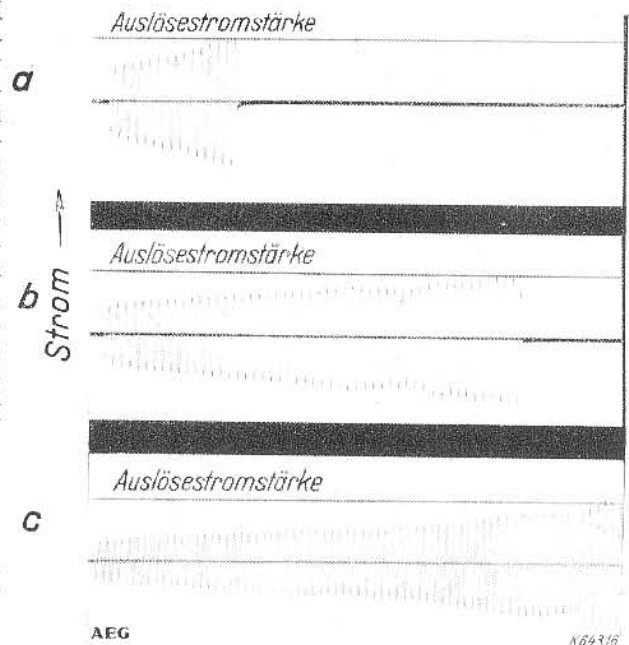


Bild 4. Stromverlauf bei verschiedenen Gütegraden der Schweißung.
 a: Schweißzeit = 14 Perioden; zu geringe Energiezufuhr,
 b: Schweißzeit = 46 Perioden; richtige Einstellung,
 c: Schweißzeit = 70 Perioden; zu große Energiezufuhr.

entsprechenden Auslösestrom eingestelltes Relais unterbrochen. Bei gleicher Auslösestärke, die auf dem Oszillogramm durch eine Horizontale dargestellt ist, wird die Schweißzeit um so kürzer, je steiler der Anstieg des Schweißstroms ist. Sie beträgt bei einer Netzfrequenz von 50 Hz im ersten Fall 14 Perioden, im zweiten 46 Perioden und im dritten 70 Perioden von je $\frac{1}{50}$ s Dauer.

Der ansteigende Stromverlauf läßt sich folgendermaßen erklären: Während des Stromdurchgangs beginnt die Kohle sich zu erwärmen. Die Kohle hat einen negativen Temperaturkoeffizienten, d. h. ihr Widerstand nimmt mit steigender Temperatur ab. Auf dem unteren Teil des Bildes 5 sieht man, daß in Abhängigkeit von der horizontal aufgetragenen Zeit die Temperatur steiler als geradlinig

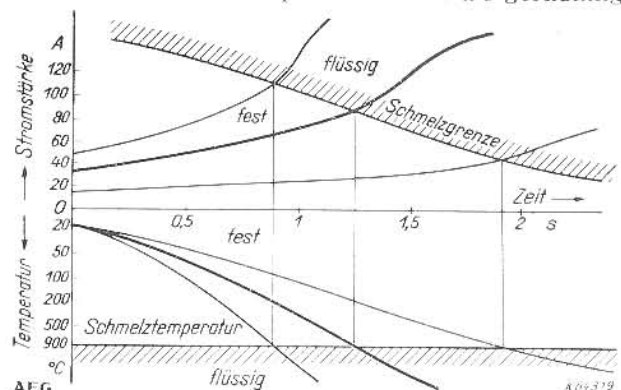


Bild 5. Temperatur- und Stromverlauf beim Schweißen.

ansteigt. Entsprechend der Temperaturzunahme steigt der Strom; dadurch wird ein weiterer Temperaturanstieg hervorgerufen, der wiederum ein Ansteigen des Stromes bedingt und so fort. Die Temperaturkurve schneidet nach einer bestimmten Zeit die Kurve für die Schmelztemperatur des zu verschweißenden Werkstoffes. Zu dem gleichen Zeitpunkt schneidet die Stromanstiegskurve, die im

oberen Teil des Bildes dargestellt ist, die Grenzkurve zwischen dem festen und flüssigen Gebiet des Werkstoffes.

Je kleiner die Stufe des Transformators, desto flacher ist der Strom- und Temperaturanstieg und desto größer die Zeit bis zum Erreichen der Schmelztemperatur bzw. der Schmelzgrenze. Wenn

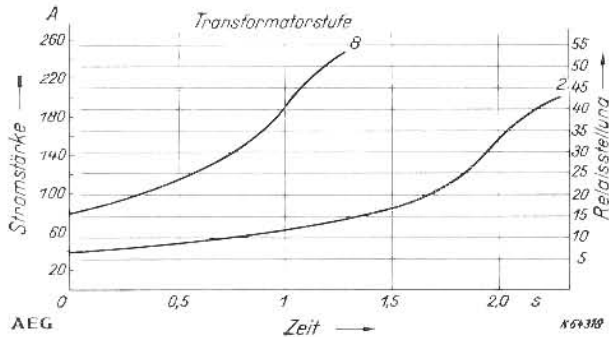


Bild 6. Wirkungsweise des Relais beim Schweißen.

eine Schweißung gut ausfallen soll, ist es notwendig, daß kurz nach Erreichen der Schmelzgrenze der Strom abgeschaltet und die Schweißung beendet wird, damit der nun flüssig werdende Werkstoff nicht fortzufließen beginnt. Dieses Abschalten kann bei flachem Stromanstieg unmittelbar durch einen Fußschalter erfolgen, bei steilem Anstieg und entsprechend kurzer Gesamtschweißzeit muß es selbsttätig geschehen. Eine kurze Schweißzeit wird in solchen Fällen notwendig sein, in denen eine geringe Wärmeabwanderung in das Werkstück erreicht werden muß, z. B. um ungewünschte Gefügeänderungen zu vermeiden oder um benachbarte temperaturempfindliche Isolationen nicht zu beschädigen. Um ein selbsttätiges Abschalten durchführen zu können, wird der Schweißstrom unmittelbar über die Spule eines einstellbaren Höchststromrelais geführt, das bei Erreichen des einstellbaren Stromes den Primärkreis des Transformators unterbricht. Auf Bild 6 sind diese Auslösestromstärken als horizontale Linien dargestellt. Die Zahlen auf der rechten Seite geben die entsprechenden Relaisstufen an. Durch den Schnittpunkt der

C. Der Gütegrad der Schmelzschweißung.

Auf dem Bild 7 sind vier Schweißverbindungen verschiedener Gütegrade von Kupferdraht an Messingblech dargestellt: die erste links mit zu wenig Energiezufuhr, daneben eine richtig dosierte Schweißung, als dritte eine Schweißung mit zu viel Energiezufuhr und ganz rechts eine verbrannte Schweißung. Noch eindeutiger lassen sich diese Verhältnisse auf dem Schliffbild 8 erkennen. Man sieht, daß bei der „richtigen Schweißung“ der Kupferdraht noch voll erhalten geblieben ist, daß aber das Messing des Blechstreifens vollständig um den Draht herumgeflossen ist und diesen allseitig einschließt. Diese Schweißung ist hinsichtlich Kontaktgüte und Festigkeit einwandfrei. Es ist besonders zu beachten, daß im Kupfer kein Gußgefüge auftritt, sondern lediglich im Messing. Dies bedeutet, daß

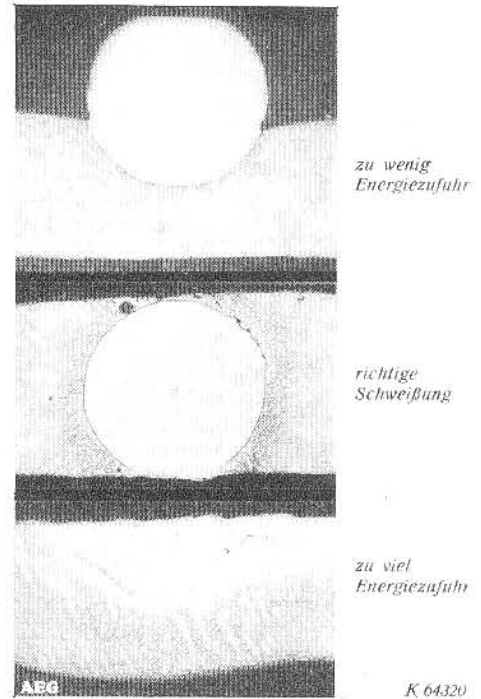


Bild 8. Verschiedene Gütegrade beim Verschweißen von Kupferdraht an Messingblech (Schnitt).

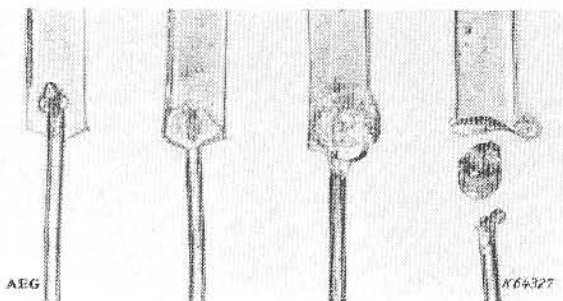


Bild 7. Verschiedene Gütegrade beim Schweißen von Kupferdraht auf Messingblech.

Horizontalen mit einer Stromanstiegskurve wird der Zeitpunkt des Abschaltens gegeben.

Man sieht, daß die Schweißzeit weder durch die Transformatorstufe noch durch die Relaiseinstellung allein, sondern nur durch das Zusammenwirken beider Elemente gegeben ist. Für ein genaues Ansprechen des Relais ist es von Vorteil, wenn der Schnittwinkel nicht allzu klein ist.

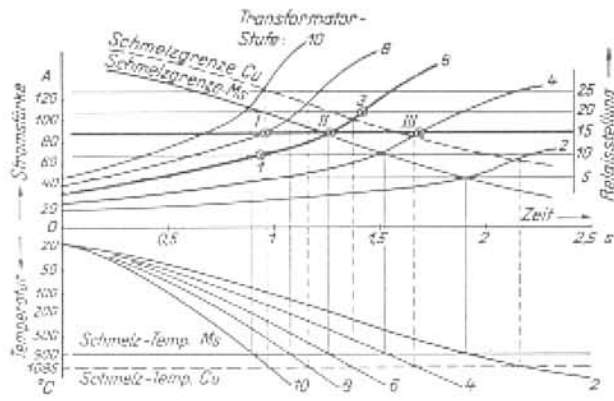
die mechanische Festigkeit des Kupferdrahtes so gut wie unverändert geblieben ist. Daß eine derartig gute Schweißung, die ihrer Art nach als Hartlötung zu werten ist, ohne Flußmittel hergestellt werden kann, beruht darauf, daß die Erwärmungszeit außerordentlich kurz ist und die heißen, zwischen den Kohlen auftretenden Gase eine Schutzatmosphäre darstellen.

Die Schweißung, bei der zu viel Energie zugeführt wurde, zeigt zwar eine sehr gute metallische Bindung zwischen dem Messingblech und dem nun deformierten Kupferdraht; es besteht jedoch bei ihr die Gefahr, daß die geschmolzenen Werkstoffe leicht fortfließen, wenn die Zange nicht sehr still gehalten wird. In diesem Fall ist auch das Kupfer bereits geschmolzen, weist also Gußgefüge auf, und es ist demzufolge diese Schweißung mechanisch nicht so widerstandsfähig wie die „richtige Schweißung“, die auf Bild 8 in der Mitte dargestellt ist. Es sei ausdrücklich betont, daß der Strich, der sich als Markierung um den Kupferdraht zieht, nicht etwa eine schlecht- oder nichtleitende Grenzschicht zwischen beiden Werkstoffen darstellt, sondern daß

dieser durch die Ätzung des Schliffes absichtlich erzeugt wurde, um die Abgrenzung der Werkstoffe deutlicher zu zeigen.

D. Die Wahl der Einflußgrößen (Schweißstrom, Schweißzeit und Schweißdruck) bei der Schmelzschweißung.

Auf dem Bild 9 sind die Ergebnisse der bisherigen Erörterungen über den Schweißvorgang zu-



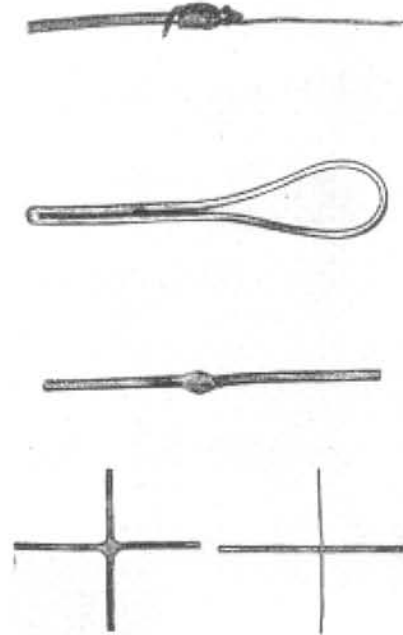
AEG

Bild 9. Temperatur- und Stromverlauf beim Schweißen von Kupferdraht an Messingblech.

sammengefaßt. Es wurden Temperatur- und Stromkurven für verschiedene Transformatorstufen (2, 4, 6, 8, 10) aufgezeichnet, außerdem die Schmelztemperatur für Messing und Kupfer und auf dem oberen Teil des Bildes entsprechend die Schmelzgrenzen für Messing und Kupfer. Die oberen Horizontalen geben wiederum die Anlösestromstärken bei verschiedenen Relaisstellungen an (5, 10, 15, 20, 25). Die vorhin als „richtige Schweißung“ bezeichnete Verbindung entspricht dem Betriebspunkt II, in dem sich die Stromanstiegkurve 6 mit der Relais-Horizontalen 15 kurz nach Schneiden der Schmelzgrenze MS trifft. Man sieht, daß die Relais-einstellung passend zur Transformatorstufe 6 so gewählt wurde, daß noch vor Erreichen der Schmelzgrenze des Kupfers, aber nach Durchtritt durch die Schmelzgrenze des Messings abgeschaltet wird. Würde man unrichtigerweise unter Beibehaltung der Relais-einstellung 15 und des Elektrodendruckes die Transformatorstufe 8 wählen, so fände man I als Betriebspunkt. Es würde also bereits vor Erreichen der Schmelzgrenze des Messings der Erwärmungsvorgang abgeschaltet und demnach nur ein mehr oder weniger oberflächliches Kleben zwischen den zu verbindenden Werkstoffen eintreten. Diese Verbindung entspricht auf

dem Bild 8 der oberen Darstellung bzw. auf Bild 7 der Schweißung ganz links. Wählt man dagegen unter Beibehalten der übrigen Größen Transformatorstufe 4, so ist III der Betriebspunkt. Man sieht, daß erst im Flüssigkeitsgebiet des Kupfers abgeschaltet wird; das Kupfer ist bereits über seine Schmelztemperatur erwärmt, und es besteht demnach die Gefahr, daß der geschmolzene Werkstoff fortfließt (vgl. auch hierzu die Schweißungen mit zu viel Energiezufuhr auf den Bildern 6 und 7). Ähnlich liegen die Verhältnisse, wenn man die Relais-einstellung nicht unverändert läßt, sondern die Transformatorstufe 6 und dazu Relais-einstellung 10 bzw. 20 wählt. Man erhält dadurch die Betriebspunkte I und 3, die ähnlich wie I und III unter- bzw. oberhalb der Schmelzgrenze des Messings liegen. Als Grundsatz gilt also:

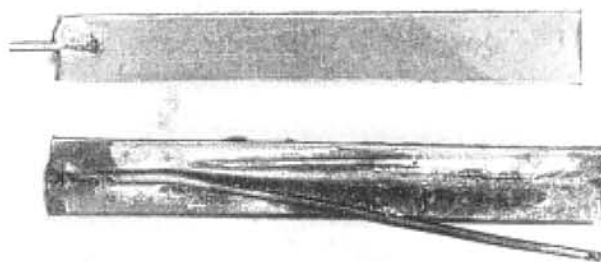
1. Das Abschalten soll kurz nach dem Erreichen der Flüssigkeitsgrenze erfolgen.
2. Der Zeitpunkt, in dem dieses geschieht, muß durch Versuch ermittelt werden und läßt sich durch zweckmäßige Kombination der beiden Einstellgrößen — Transformatorstufe und Relais-einstellung — verändern.



AEG

K6632c

Bild 11. Verschweißung von Kupferdraht mit Kupferdraht.



AEG

K6632b

Bild 10. Verschiedene Ausführungsformen für die Verschweißung von Kupferdraht auf Messingblech.

Maßgeblich für die erforderliche Zeit und die in dieser aufzuwendenden Energie sind die Wärmekapazität der zu verbindenden Teile an der Schweißstelle und die Möglichkeit der Wärmeabwanderung von der Schweißstelle. Auf dem Bild 10 sind zwei Verbindungsarten von Kupferdraht mit Messingblech gezeigt, die jede für sich einer anderen Einstellung des Gerätes bedürfen, wenn ein bestes Ergebnis in beiden Fällen erreicht werden soll. Es ist ohne weiteres ersichtlich, daß die Möglichkeit der Wärmeabwanderung in den beiden dargestellten Fällen verschieden ist. In dem oberen Beispiel des Bildes 9 kann die Wärme nach beiden Seiten (von der Schweißstelle aus gesehen) frei abfließen, wäh-

rend im unteren nur ein einseitiges Abführen der Wärme möglich ist. Ähnliches gilt für das Verschweißen von Kupferdraht mit Kupferdraht. Je nach der räumlichen Anordnung der sonst gleichen Drähte ist die günstigste Einstellung verschieden. Auf Bild 11 sind z. B. Kreuzverbindungen, Längsverbindungen und Parallelverbindungen von 0,8 mm starkem Kupferdraht dargestellt, die alle für sich verschiedener Einstellungen bedürfen; ebenfalls sind die Kreuz- und die Winkelverbindungen von 0,3 mit 0,8 mm starkem Draht bezüglich der Wärmekapazität außerordentlich verschieden.

Daß bei der Wahl der richtigen Einstellung der Elektrodendruck eine wesentliche Rolle spielt, braucht nach dem eingangs Gesagten kaum noch betont zu werden. Erwähnt soll nur werden, daß es auch möglich ist, bei unverändertem Elektrodendruck verschiedene Werkstoffzusammenstellungen zu verschweißen, wenn der Schweißstrom durch die Transformatorstufe und der Auslösegrenzstrom durch die Relaiseinstellung und damit auch die Schweißzeit neu gewählt werden. Das Aussehen der Schweißung kann weitgehend durch die Wahl der drei nun bekannten Einflußgrößen — Strom, Druck und Zeit — verändert werden.

In diesem Zusammenhang soll noch auf einen anfangs vorkommenden Fehler in der Handhabung aufmerksam gemacht werden. Dieser Fehler ist zwar psychologisch sehr wohl verständlich, aber nach den bisherigen Erfahrungen oft die Ursache von Fehlergebnissen gewesen, und zwar besonders, wenn der Druck unmittelbar von Hand gegeben wird:

Jeder Anfänger neigt dazu, in dem Augenblick, in dem der Werkstoff zu fließen anfängt, schnell die Zange zu öffnen und dadurch den Druck zu verringern, in der Sorge, daß die Schweißung verbrennen könnte. Diese Handhabung ist grundsätzlich falsch, gerade das Gegenteil ist richtig. In dem Augenblick des Fließens müssen die Elektroden dem Werkstoff folgen können, gelegentlich sogar bei erhöhtem Druck. Ein Nachlassen des Druckes oder ein Öffnen der Zange würde Veranlassung zur Funkenbildung und damit zu erhöhter örtlicher Erwärmung geben, wodurch die Gefahr des Verbrennens noch erhöht würde. Die Beendigung des Schweißens muß bei langen Schweißzeiten immer durch den Fußschalter, bei kurzen Schweißzeiten durch das Relais erfolgen. Niemals darf der Strom durch das Öffnen der Zange unterbrochen werden. Selbstverständlich darf auch nicht der Fußkontakt geschlossen werden, bevor bei Beginn der Schweißung die Zange auf das Werkstück aufgesetzt ist.

E. Ausführungs-Beispiele für Schmelz-Schweißverbindungen.

1. An Messingösen angeschweißter Kupferdraht.

Die auf Bild 9 dargestellte Verbindung kommt häufig vor. Es muß auf eine gleichmäßige Überlappung geachtet werden, weil nur dadurch die elektrischen Widerstände und das aufzuheizende Volumen bei einer Reihenfabrikation reproduzierbar gleich gehalten werden können. Dies wird besonders wichtig sein, wenn man mit Druckgabe über die einstellbare Feder arbeitet. Durch die verschiedensten Mittel, z. B. durch Querlegen des Drahtes längs der schmalen Blechkante (Kantenschweißung), mechanische Anschläge oder durch Durchstecken des Drahtes durch Schlitze und Löcher kann dieses erreicht

werden. Wesentlich ist es, zu betonen, daß ein mechanisches Abfangen des Drahtes bei der Verbindung Kupferdraht—Messingblech nicht notwendig ist. Nach Möglichkeit ist die Verbindungsart oben auf Bild 10 gegenüber der darunter befindlichen vorzuziehen, da es bei der ersten besser gelingt, den Drahtquerschnitt unversehrt zu erhalten (vgl. hierzu Bild 7, Mitte).

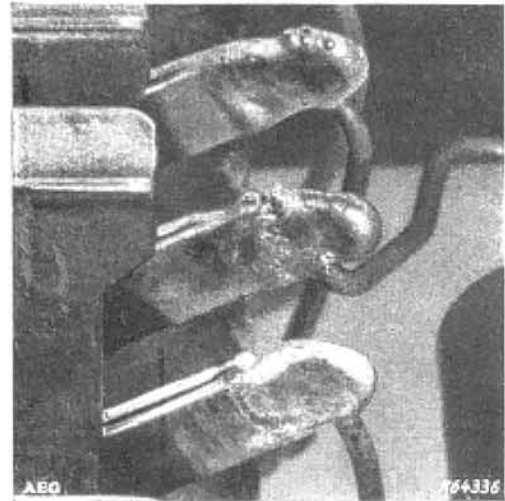


Bild 12. Gut ausgeführte Schweißung von Kupferdraht zwischen 2 Bronzefedern.

2. Zwischen zwei Bronzefedern eingeschweißter Kupferdraht.

Die auf Bild 12 dargestellte Verbindung ist sehr gut schweißbar. Der Draht wird zwischen die beiden Bronzefedern längs deren Schmalkante geschoben, so daß die Schmalseiten der Federn nur wenig, etwa 0,5 mm, über den Draht herausstehen. Es empfiehlt sich, im Augenblick des Fließens der Bronze in Richtung auf die Bronzefedern mit der Zange leicht nachzuschieben. Es ist eigentlich eine Hartlötung, bei der die Bronze die Rolle des Lotes übernimmt. Der Draht bleibt wiederum in seinem Gefüge unverändert. Die Schweißung ist auch sehr gut an einer — entsprechend stärkeren — Bronzefeder als Kantenschweißung ausführbar, wie auf Bild 13 dargestellt ist.

3. An verkupferte Eisenösen angeschweißter Kupferdraht.

Bei allen Verbindungen, die zwischen Eisenösen, ganz gleich welcher Oberflächenbeschaffenheit, und

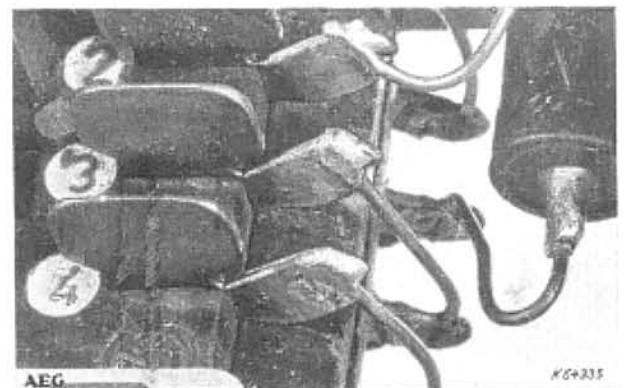


Bild 13. Gut ausgeführte Schweißung von Kupferdraht an Bronze-Messerkontakten.

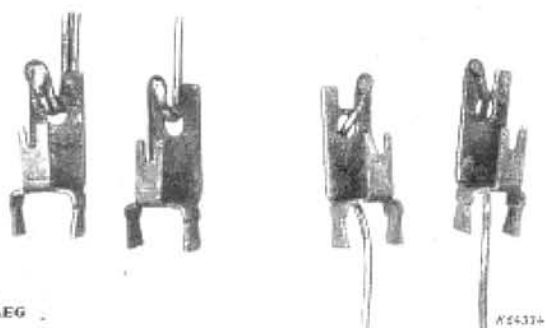


Bild 14. Verschweißung von Kupferdraht an verkupferte Eisenösen.

Kupferdraht hergestellt werden, ist es nach dem gegenwärtigen Stand der Erfahrungen erforderlich, den Draht mechanisch abzufangen, wenn hohe Anforderungen an die mechanische Festigkeit, und zwar besonders an die Biege- und Schwingungsfestigkeit gestellt werden. Die Zerreißfestigkeit der Schweißstelle ist immer größer als die Zerreißfestigkeit des Drahtes. Der Draht wird, wie auf Bild 14 zu sehen, zunächst durch die Bohrung in der Öse hindurchgesteckt, dann an den oberen Lappen gedrückt und über diesen hinweg, also hinter die Bildebene wieder heruntergeklappt. Die Zange wird nun zweckmäßig so angesetzt, daß die Elektroden beiderseitig den Kupferdraht fassen, in dessen Biegung sich nun der eiserne Anschlußlappen der Öse befindet. An dem oberen Knick des Drahtes tritt jetzt während des Schweißens eine Wärmestauung ein, wie auf Bild 14 sehr deutlich zu sehen ist; es wird auch das hinter der Bildebene befindliche Drahtende auf eine höhere Temperatur gebracht, als das vor der Bildebene liegende, so daß die als Kontakt wertvolle Verbindung

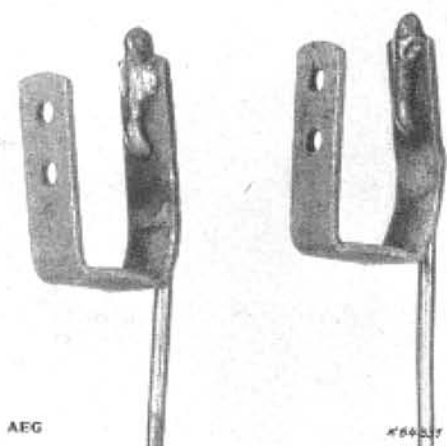


Bild 15. Verschweißung von Kupferdraht an verkupfertes Eisenblech.

an dem oberen Knick des Drahtes und an der hinter der Bildebene liegenden Verbindungsstelle zu sehen ist.

Man sieht aus dem Bild, daß auch an einen schmalen Lappen bei etwas Geschicklichkeit zwei Drähte gemeinsam angeschweißt werden können. Dadurch, daß die Zange mit beiden Kohlen auf dem Draht aufliegt und nicht auf der einen Seite auf dem Eisenblech,

wie es der Fall wäre, wenn der Draht nicht um den Anschlußlappen herum geknickt würde, wird erreicht, daß das schmelzende Kupfer als zusätzlicher kupferner Überzug über den eisernen Anschlußlappen läuft und dadurch sogar eine Erhöhung der Korrosionsfestigkeit eintritt. Würde eine Kohle auf dem Blech aufliegen, so könnte die dünne, elektrolytisch aufgebraute Kupferhaut bei dem Schweißvorgang leicht verletzt werden und damit ein Angriffspunkt für Korrosionsschäden geschaffen werden.

Auf Bild 15 ist ein besonders wirkungsvolles mechanisches Abfangen des Kupferdrahtes gezeigt, was dadurch erreicht wurde, daß die Bohrung im Eisenblech dem Drahtquerschnitt richtig angepaßt wurde.

4. An messingplattiertes oder vermessingtes Eisenblech angeschweißter Kupferdraht.

Die Messingschicht dient an sich als Hartlot zwischen dem Kupferdraht und der eisernen Anschlußöse. Wie aus Bild 16 zu erkennen ist, besonders an der Schweißung ganz links, ist hier der Draht nicht über die obere Blechkante nach hinten herum-

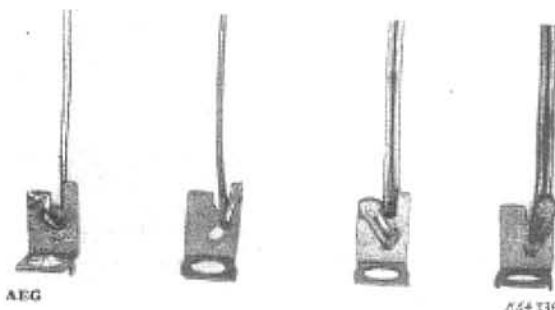


Bild 16. Schweißung von Kupferdrähten an messingplattierte Eisenösen.

gedrückt, sondern lediglich auf die vordere Seite des Bleches gelegt, und zwar zweckmäßig etwa 0,5 mm über die Blechkante hinaus. Hierdurch wird erreicht, daß auch ein Teil des Kupfers, nämlich der über die Blechkante hinausstehende Teil, zum Schmelzen gebracht wird, so daß eine enge Verbindung zwischen Kupfer und Messing, ja sogar zwischen Kupfer und Eisen eintritt. Die hintere Kohle kann in diesem Fall ohne weiteres auf das Blech aufgesetzt werden, da besonders bei Messingplattierung der Oberflächenschutz nicht so leicht zerstört wird wie eine galvanisch aufgebraute Kupferschicht. Die Messingschicht wird, wie viele Versuche gezeigt haben, nicht durch den Schweißvorgang zerstört werden und kann also auch nach der Schweißung ausreichend den Korrosionsschutz übernehmen. Auch bei dieser Anschlußöse lassen sich zwei Drähte sogar an den schmalen Lappen der Anschlußöse anschweißen. Bei dieser Verschweißungsart ist es unter Umständen empfehlenswert, zwei verschiedene Kohlen in die Zange einzusetzen, wodurch man erreichen kann, daß je nach Wunsch auch das Eisen mehr oder weniger erwärmt wird und nicht nur vorwiegend der Kupferdraht.

5. An U-förmige und flache Lappen einer verkupferten, angenickelten und verzinneten eisernen Anschlußöse angeschweißter Kupferdraht.

Der U-förmige Lappen ist schweißtechnisch sehr günstig, da es sich hierbei gewissermaßen um ein

Schmelzen des Kupfers in einer Eisenhülse handelt. Wir haben eine Art Kupferhartlötung vor uns. Dadurch, daß man die Erwärmung nur an dem freien Ende der Öse vornimmt (s. Bild 17), wird erreicht, daß die Kupferschmelzperle nur an dieser Stelle sitzt und der nicht aufgeschmolzene Teil des Drahtes in der U-förmigen Mulde ungeschmolzen bleibt und somit seine ursprüngliche Festigkeit behält. Dieser Teil der U-förmigen Hülse dient dann gleichzeitig als mechanische Abfangung für den Kupferdraht.

6. An Kupferdraht T-förmig angeschweißter Kupferdraht.

Auf Bild 18 sind verschiedene Verbindungen dieser Art zu erkennen. Man läßt den einen Draht zweckmäßig etwa um Drahtdicke über den quer dazu verlaufenden Draht überstehen und sorgt nach Möglichkeit dafür, daß die Verbindungsstelle unter der Mitte der Kohlelektrode liegt. Besonders wenn man im Verhältnis zum Draht nicht allzu kleine Elektroden verwendet, wird im Augenblick des Schmelzens plötzlich die bisher nur punkt- oder linienförmige Berührungsfläche zwischen Draht und

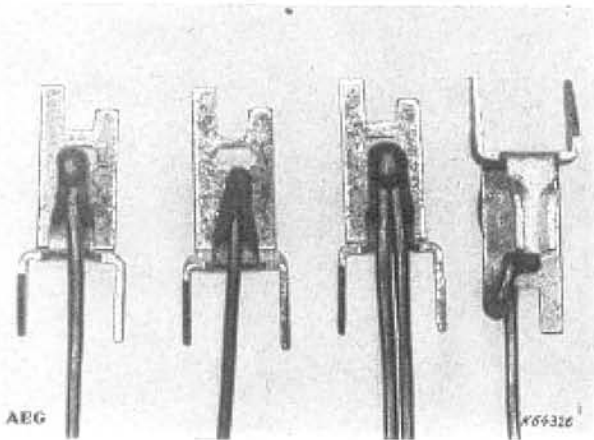


Bild 17. Verschweißung von Kupferdraht an Eisenösen. Ösenwerkstoff verkupfert, angenickelt, verzinkt.

Kohle sehr schnell größer werden und damit der Gesamtstrom schnell ansteigen. Hierdurch ist die Gewähr für ein besonders genaues Ansprechen des Überstromrelais gegeben. Diese Verbindungsart ist schweißtechnisch sehr leicht durchführbar und sollte nach Möglichkeit noch viel häufiger angewandt werden.

7. Kreuzförmige Verbindung von kupferplattierten Stahladrähten.

Auf dem Diagonalschliffbild (Bild 19) ist sehr deutlich zu erkennen, daß die beiden über Kreuz liegenden Drähte in ihrer ursprünglichen rhombischen Form erhalten geblieben sind und die Verbindung ausschließlich in der Kupferplattierung eingetreten ist. Der Draht braucht also nur bis zur Schmelztemperatur des Kupfers erwärmt zu werden, wodurch wiederum die hohe mechanische Festigkeit des Drahtes erhalten bleibt.

F. Reine Widerstandsschweißung mit der Kleinzange.

Setzt man an Stelle der bisher erwähnten Kohle-Elektroden Blombit-Elektroden in die Zangenschenkel ein, so lassen sich auch mit der

Zange reine Widerstands-Punktschweißungen herstellen. Derartige Schweißungen sind dann meist auf der höchsten Relaisstufe und auch auf einer hohen Transformatorstufe durchführbar. Da bei dieser reinen Widerstandsschweißung die Erwärmung nicht durch die Elektroden erfolgen kann,

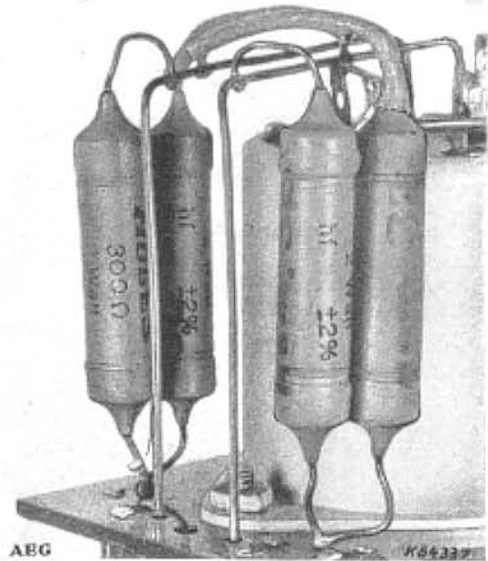


Bild 18. Gut ausgeführte Schweißung von Kupferdrähten untereinander.

sondern ausschließlich im Werkstück selbst stattfinden muß, wie es eingangs auseinandergesetzt wurde, sind verhältnismäßig hohe Stromstärken auch bei ganz dünnem Werkstoff erforderlich. Da das Zangengerät und die Zange nur die Verwertung geringer Energiemengen zulassen, lassen sich nur dünne Folien und dünne Drähte in dieser Schweißart verbinden. Besonders geeignet sind Werkstoffe mit hohem Widerstand, da bei diesen das Produkt $F \cdot R$ schon bei niedrigem Strom wegen des großen Widerstandes genügend groß wird. Z. B. lassen sich Widerstandswerkstoffe oder Eisendrähte in dieser Weise besonders gut verarbeiten.

G. Anwendung der Kleinzange zum Hartlöten.

Unter Zusatz eines beliebigen Hartlotes oder auch nur eines Messingblechstreifens lassen sich mit der Kleinzange sehr gut und schnell Hartlötverbindungen herstellen. Will man ein besonderes Flußmittel verwenden, so hat sich hierfür das Fluoron der Firma Dr. Wieland in Pforzheim als sehr geeignet erwiesen, auch in bezug auf geringe Korrosionsfähigkeit der Verbindungsstelle. Die so hergestellten Verbindungen können z. T.

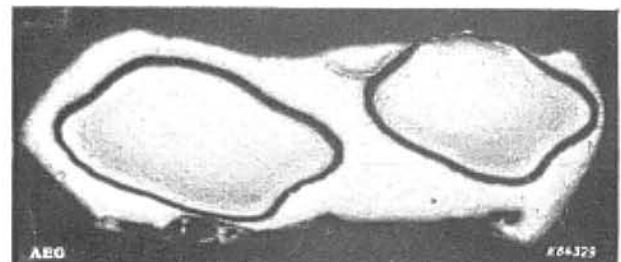


Bild 19. Schnitt durch Kreuz-Schweißung von kupferplattierten Nahtdrähten.

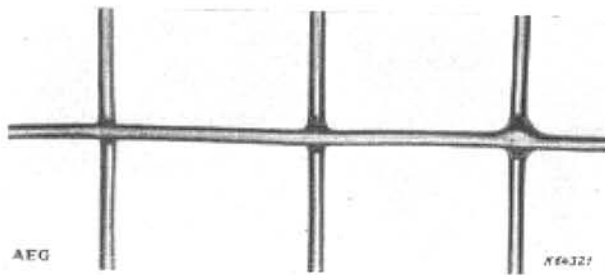


Bild 20. Hartlötung von Kupferdraht auf Kupferdraht mit Messingblechstreifen als Lot.

auch als lösbare Hartlötverbindung bezeichnet werden, d. h. sie können durch leichtes Wiedererwärmen mit der Zange und Ziehen wieder getrennt werden. Diese Lötungen verdienen ein ganz besonderes Interesse, da sie eine kontaktmäßig ausgezeichnete und mechanisch sehr widerstandsfähige Verbindung darstellen, die vor allen Dingen keine Sprödigkeit aufweist. Auf dem Bild 20 sind drei Lötungen von sich kreuzenden Kupferdrähten dargestellt. Es sind absichtlich in den drei Fällen verschiedene Lotmengen benutzt worden. Besonders deutlich wird die Güte der Verbindung aus dem Bild 21 ersichtlich. Soll die Verbindung lösbar sein, so wird es sich empfehlen, nicht zu viel Lot

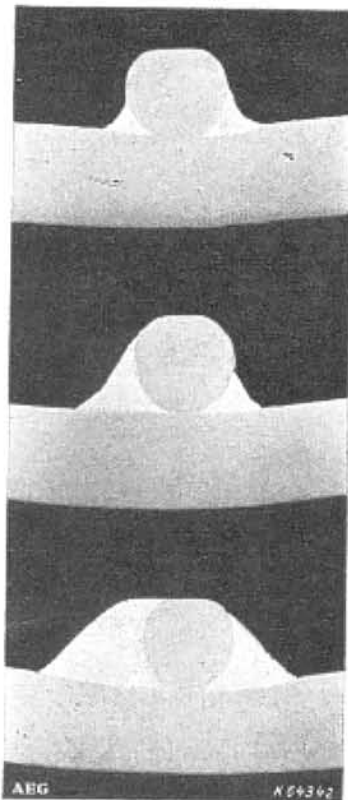


Bild 21. Schnitt durch Zangenhartlötungen von Kupferdraht auf Kupferdraht.

zu benutzen. Als Lot wurde hier ein gewöhnlicher Messingblechstreifen benutzt, als Flußmittel eine Spur Fluoron. Als Vertreter einer lösbaren Hartlötverbindung ist auf Bild 22 ein Automatiereleais dargestellt, an dessen Messing-Anschlußblechstreifen isolierte Litzen und Kupferdrähte hart angelötet sind. Diese Drähte sind bereits 20mal an- und ab-

gelötet und man sieht, daß noch eine ausreichende Länge der Anschlußfahne vorhanden ist.

H. Weichlöten mit der Kleinzange.

Es mag zunächst verwundern, daß in diesem Zusammenhang das Weichlöten genannt wird, da gerade am Eingang erwähnt wurde, daß neben dem Weichlöten andere Verwendungsarten gesucht werden sollen. Die in folgendem genannten fünf Punkte rechtfertigen jedoch die Anwendung des Weichlötens, wenn die Kleinzange als Wärmequelle dient. Denn:

1. Es kann Zinn gespart werden;
2. es wird kostbare Arbeitszeit gespart ($\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{4}$ der Zeit, die beim Kolbenlöten gebraucht wird);
3. es können zinnarme und zinnfreie Lote verarbeitet werden;
4. es wird eine hochwertige Verbindung erzielt und besonders das Entstehen der sog. kalten Lötstelle eingeschränkt;

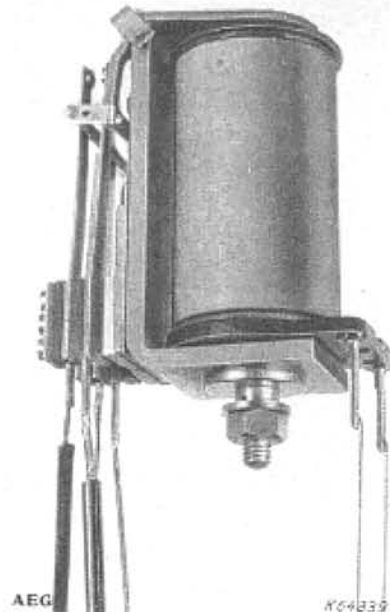


Bild 22. Lösbare Hartlötverbindungen an einem Automatiereleais.

5. es bleiben in den verschiedenen Fernmeldegeräten immer noch Lötstellen übrig, die leicht lösbar sein müssen.

Daß Zinn und Zeit gespart werden können, hat seinen einfachen physikalischen Grund darin, daß beim KupferlötKolben die Wärme nur von außen durch die Berührungsstelle des Kolbens an das Werkstück herangebracht werden kann und der Kolben auch über eine gewisse Eigentemperatur hinaus nicht erwärmt werden darf. Bei der Zange dagegen wird die Wärme infolge des Stromdurchganges durch das ganze Werkstück an der zu verlötenden Stelle auch im Innern des Werkstückes entstehen; außerdem können die Kohleelektroden auf eine wesentlich höhere Eigentemperatur gebracht werden, und die Wärme wird von zwei Seiten, nämlich von beiden Kohleelektroden, dem Werkstück zugeführt. Daraus folgt, daß die Erwärmung der Lötstelle mit der Zange in einer wesentlich kürzeren Zeit erfolgen kann, als mit dem KupferlötKolben. Eine unmittelbare Folge der kür-

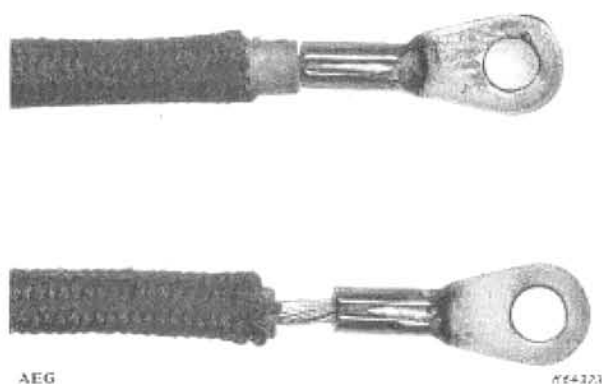


Bild 23. Zinnfreie Weichlötung von Kupferlitze in Kabelschuhe mit der Kleinzange.

zere Aufheizzeit ist, daß nur die kleine gewünschte Verbindungsstelle erwärmt wird und nicht unnötig in die Umgebung der Lötstelle Wärme abfließt, die unter Umständen sogar schädlich sein kann.

Auf dem Bild 23 sind zwei Zangenweichlötungen dargestellt. Die eine zeigt, daß die wärmeempfindliche Isolation unmittelbar bis an den Kabelschuh heranreicht, ohne daß die Isolation auch nur etwas beschädigt ist. Auf der anderen ist sehr deutlich zu erkennen, daß das Zinn nicht unnötig den ganzen Kabelschuh ausfüllt und auch nicht in die Kupferlitze hineingelaufen ist, so daß eine einwandfreie Schmiegsamkeit der Litze bis unmittelbar an den Kabelschuh erhalten geblieben ist. Derjenige, der mit Verbindungen zu tun hat, von denen eine ausgezeichnete Schmiegsamkeit unbedingt gefordert werden muß, wird den großen Wert dieser Methoden erkennen. Man kann natürlich entgegnen, daß ein geübter Lötter auch mit dem Kolben diese Aufgabe einwandfrei lösen kann. Dagegen muß gesagt werden, daß es mit der Kleinzange ungleich einfacher ist, diese Bedingung zu erfüllen, eben weil die Erwärmung schnell vor sich geht, nur örtlich ist und deshalb das Zinn gar nicht die Möglichkeit hat, unerwünscht weit zu fließen.

Die Zinnersparnis bei der Verwendung der Kleinzange hat noch einen weiteren Grund, der an Hand des Bildes 24 besprochen werden soll. Man sieht auf diesem Bild, daß nur eine geringe Lotmenge verwendet worden ist, um eine ziemlich starke Kupferlitze auf eine glatte Messingfahne mit der Zange weich aufzulöten, so wenig, wie es mit dem Kolben meist nicht erreicht wird. Eine Weichlötung mit dem Kolben würde in diesem Falle meist

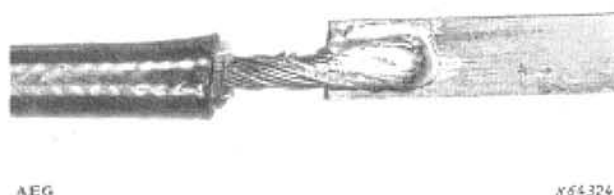


Bild 24. Weichlötung von isolierter Kupferlitze an Messingbleche mit der Kleinzange.

in einem „Zimberg“ den Kopf der Litze verhüllen, der wohl die ganze Blechbreite erfassen würde. Da man mit der Zange nicht nur die Verbindungsstelle erwärmt, sondern auch diese gleichzeitig zusammendrückt, ist das erforderliche Lotvolumen sehr gering, mit dem die Zwischenräume zwischen Litze und Draht ausgefüllt werden müssen. Auch während des Erstarrens wird mit der Zange der Druck noch aufrechterhalten, so daß ein Ablösen der Litze durch mechanische Spannungen nicht eintreten kann. Mit dem LötKolben dagegen kann die Litze nicht auf das Blech gedrückt werden, weil ja dadurch eine weitere Erwärmung, also kein Erstarren, eintreten würde. Die Praxis hat gezeigt, daß vorteilhaft sogar nur das zu verlötende Litzenende vor dem eigentlichen Lötvorgang tauchverzinkt zu werden braucht und dann die Lötung selbst ohne weiteren Zusatz von Lot hergestellt werden kann. Diese Weichlötungen sind für das Auge zunächst ungewöhnlich wegen der außerordentlich geringen Lotmenge; sie haben sich aber als hinreichend mechanisch fest und im Kontakt als einwandfrei erwiesen.

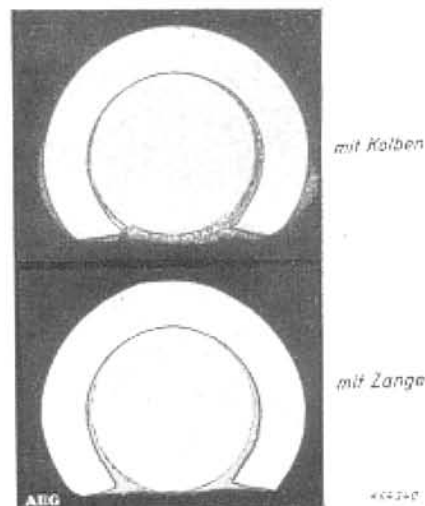


Bild 25. Schnitt durch Weichlötungen von Kupferdraht in Kupferkabelschuhen.

Ein Nachweis der besonderen Güte von Zangenweichlötungen ist auf dem Schließbild (Bild 25) gebracht. Man sieht, daß das Lotgefüge bei Benutzung der Zange viel gleichmäßiger ist, als bei Benutzung des Kolbens. Bei der Kolbenlötung befindet sich noch außerdem Zinn an den Außenseiten des Kabelschuhes. Das Zinngefüge bei der Kolbenlötung macht einen schwammigen porösen Eindruck, außerdem ist bei der Kolbenlötung unnötig viel Zinn verbraucht. Diese Bilder bestätigen also, daß durch die schnellere und auch von innen ausgehende Erwärmung des Werkstückes eine hochwertige Verbindung entstanden ist. Es ist keine örtliche Überhitzung des Zinnes eingetreten, und die Verbindung daher frei von Schlacken und Verbrennungseinschlüssen. Durch die auch von innen her erfolgende Erwärmung ist das Entstehen von kalten Lötstellen erschwert. Ein Anwendungsbeispiel ist auf Bild 26 dargestellt.

Die Verwendung zinnfreier und zinnarmer Lote stößt in Verbraucherkreisen noch vielfach auf Widerstand. Die Hauptschwierigkeit bei der Verarbeitung zinnarmer und zinnfreier Lote liegt

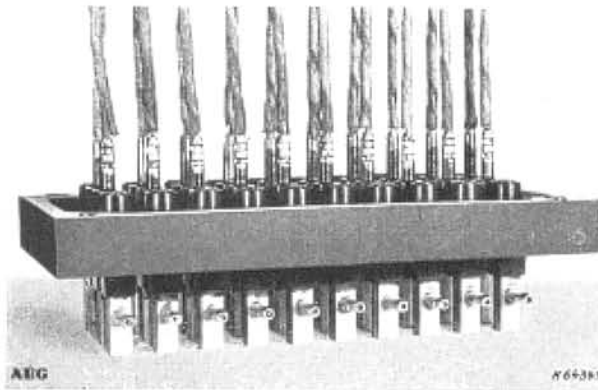


Bild 26. Zangenweichlösungen an eisernen Durchführungen.

darin, daß diese einen höheren Schmelzbereich haben, als die bisher benutzten zinnhaltigen Lote. Der Schmelzbereich zinnfreier Lote liegt zwischen 268 und 253° C, der der zinnarmen Lote (3% Zinn) zwischen 240 und 260° C. Zum Vergleich sei erwähnt, daß der Schmelzbereich von 40prozentigem Zinnlot zwischen 215 und 240° liegt. Die erforderliche höhere Erwärmung läßt sich mit dem KupferlötKolben nur schwer herstellen; insbesondere ist die dafür erforderliche Zeit unerwünscht groß und bringt die bereits geschilderten Nachteile mit sich. Der Kolben verzündert schnell. Daß der Erstarrungsbereich als solcher bei den zinnarmen und zinnfreien Loten etwas kleiner ist als bei den bisherigen stark zinnhaltigen Loten, wird in vielen Fällen als Vorzug zu bezeichnen sein. Nur dort, wo es sich um das Verzinnen und Verschmieren größerer Ritzen und Aussparungen handelt, kann die höhere „Schmierfähigkeit“ der Zinnlote als vorteilhafte Eigenschaft empfunden werden.

J. Kopfschweißung.

Die Einsatzmöglichkeit der AEG-Kleinzange kann durch ein neueres Verfahren, das Kopfschweißen, noch erweitert werden. Das Kopfschweißverfahren wird im Gegensatz zu den bisher beschriebenen Verfahren, bei denen mit zwei Elektroden gearbeitet wurde, nur mit einer Kohlelektrode durchgeführt. Über dieses neue — fünfte — Verfahren soll später noch ausführlich berichtet werden. Zur ersten Unterrichtung sei folgendes gesagt:

Der eine, meist feststehende Schenkel der Zange wird zur unmittelbaren metallischen Anlage an das zu verschweißende Teil gebracht, und zwischen der in dem anderen — meist beweglichen — Schenkel eingesetzten Kohlelektrode und dem Werkstück wird an der zu verschweißenden Stelle ein lichtbogenähnlicher Abbrennvorgang erzeugt, der einen Schmelzkopf bzw. eine Schmelzperle entstehen läßt. Der Schenkelansatz, welcher die Kohlelektrode trägt, kann entweder starr oder über ein elastisches Zwischenglied mit der Zange verbunden werden. Für die Verbindung von besonders starken Drähten werden nicht, wie bisher, konische Pimpel benutzt, sondern es wird mit einer stabförmigen, nachstellbaren, verkupferten Kohle geschweißt. Besonders geeignet für die Anwendung der Kopfschweißung sind annähernd parallel geführte Drähte, Litzen oder Blechstreifen. Zweckdienlich kann es auch sein, die zu verbindenden Teile miteinander zu verdrehen oder ein Teil um das andere herumzuwickeln oder, wenn es sich um eine größere Anzahl von Einzeldrähten oder Litzen handelt, sie gemein-

sam in einem Röhrchen zu fassen und durch eine Schmelzperle zu verbinden.

Es folgt daraus, daß ein Hauptanwendungsgebiet dieses neuen Verfahrens die Herstellung von Verbindungen zwischen Drähten, Litzen und Anschlußösen ist, wie sie in der Nachrichtentechnik üblich sind. Da beim Kopfschweißen die Erwärmung der Schweißstelle nicht durch unmittelbare Wärmeübertragung von der glühenden Kohle auf das Werkstück, sondern durch den lichtbogenähnlichen Abbrennvorgang erfolgt, ist die örtliche Erwärmung sehr hoch, dafür allerdings sehr kurzzeitig. Selbstverständlich müssen immer beide zu verbindenden Teile schmelzflüssig werden, woraus folgt, daß bei hohen mechanischen Ansprüchen an die Verbindungsstelle die Drähte durch geeignete Konstruktion der Öse oder Anordnung der Drähte abgefangen werden müssen.

Zur Durchführung der Kopfschweißungen wird eine höhere Spannung gebraucht, als sie für die bisher üblichen Verfahren von dem „Zangengerät“ geliefert wurde. Die neueren Geräte sind deshalb mit einer dritten Klemme ausgerüstet, an der die erforderliche höhere Spannung entnommen werden kann, oder sie können durch den Vorsatz eines kleinen Zusatzgerätes ZVG I ebenfalls zur Durchführung der Kopfschweißung verwendbar gemacht werden. Die Spannungen beim Kopfschweißen betragen 10 bis max. 40 V.

Bei der Kopfschweißung ist das Relais auf die größte Ansprechstromstärke einzustellen, da es bei der Schweißung unwirksam bleiben soll. Im allgemeinen wird bei der Kopfschweißung der Fußschalter eingeschaltet, bevor die Zange mit der Kohlelektrode dem Werkstück genähert wird. Ebenfalls erfolgt das Abschalten des Schweißstromes nicht wie bei den bisherigen Verfahren durch Fußschalter oder Überstromrelais, sondern durch Abheben der Kohlelektrode vom Werkstück. Der metallische Kontakt zwischen Werkstück und dem einen Schenkel der Zange muß jedoch während der ganzen Schweißung sicher erhalten bleiben. Die Wahl der Transformatorstufe ist bei der Kopfschweißung von geringem Einfluß auf die Güte der Schweißverbindung. Überhaupt ist das Kopfschweißverfahren sehr einfach durchzuführen und kann auch ohne Ermittlung der günstigsten Transformatorstufe an einem Probestück sofort an dem Schweißgut durchgeführt werden. Ist durch den einmaligen Abbrennvorgang die entstehende Schmelzperle nicht groß genug geworden, so kann durch ein nochmaliges Aufsetzen der Zange eine Vergrößerung erreicht werden. Es empfiehlt sich jedoch, nach Möglichkeit den Schmelzvorgang in einem Zuge zu erledigen, besonders wenn die zu verbindenden Metalle Zink als Legierungsfaktor enthalten, da sonst das Zink leicht verdampft, ehe es schmilzt, und somit ein gutes Ineinanderfließen beeinträchtigt. Am besten läßt sich Kupfer verarbeiten oder Verbindungen, bei denen wenigstens Kupfer mit enthalten ist. Als Beispiel für die Abmessungsgrenzen, die mit dem Kopfschweißverfahren verarbeitet werden können, sei die Verbindung von Kupferdraht mit Kupferdraht genannt. Der kleinste Durchmesser ist etwa 0,01 mm, der größte etwa 3,5 mm.

Wenn man zum Schluß die Frage stellt, was alles mit der Kleinzange verbunden werden kann, so darf man ohne Übertreibung sagen, daß sich bei geeigneter Bemessung und Handhabung fast alle erdenklichen Werkstoffzusammenstellungen verarbeiten lassen, sei es nun Messing, Kupfer, Eisen, kupferplattierter Stahl, Silber, Nickel, Bronze usw. in Draht- oder Blechform, ja selbst Aluminium. Es

ist nicht ratsam, eine Tabelle mit allen möglichen Werkstoffzusammenstellungen anzugeben, da sie niemals den Anspruch auf Vollständigkeit erheben dürfte; ja, es kann sogar dadurch, daß zufällig eine Werkstoffzusammenstellung nicht angegeben ist, der Eindruck erweckt werden, als wenn diese mit der Zange nicht hergestellt werden könnte.

Daß über die Güte der Verbindungen noch hier und da verschiedene Ansichten bestehen, liegt einmal darin, daß das Zangenschweißen mit der neuen AEG-Kleinzange noch jung ist und deshalb oft beim Benutzer die erforderliche Erkenntnis und notwendige Übung fehlt, und daß zum anderen die Kleinzange manchmal dort mit Gewalt eingesetzt werden soll, wo sie durchaus nicht am Platz ist, z. B. dort, wo das Arbeitsgebiet für eine fest aufgestellte Widerstandsschweißmaschine beginnt. Auch über die zweckmäßigste Form der Anschlußösen bei den verschiedenen Schweißaufgaben werden je nach

der Erfahrung des Einzelnen noch verschiedene Ansichten auftreten.

Die vorstehenden Ausführungen zeigen, wie umfangreich das Anwendungsgebiet der Kleinzange schon jetzt ist und welche verschiedenen Wünschen die Zange gerecht zu werden vermag, wenn ihr Einsatz richtig erfolgt.

Eine besondere Vorbildung für die Benutzung der Kleinzange ist nicht erforderlich. Das Erlernen der richtigen Handhabung der Zange für ihre fünf Anwendungsmöglichkeiten:

1. Schmelzschweißen,
2. Widerstandsschweißen,
3. Hartlöten,
4. Weichlöten mit zinnhaltigen und zinnfreien Loten,
5. Kopfschweißen mit einer Kohle,

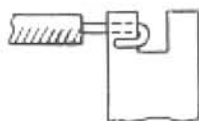
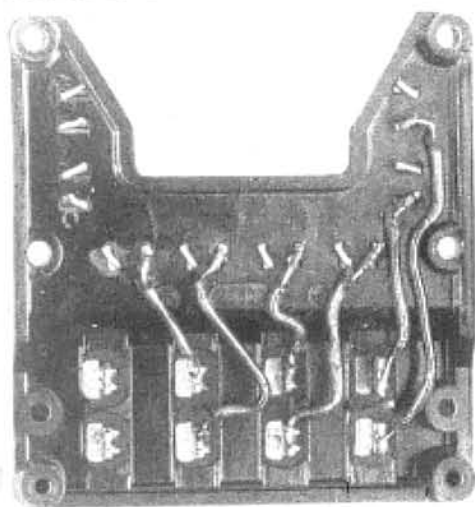
ist tatsächlich nicht schwerer als die des sicheren Lötens mit dem LötKolben.

Schweißen der Verdrähtungen in der Nachrichtentechnik¹⁾

Von M. Zeh, Telefunken.

Die Einführung des elektrischen Schweißens der Verdrähtungen an Stelle des Lötens stellt, wie jedes neue technische Verfahren, zuerst einmal erhöhte Ansprüche an die damit Beauftragten. Vor allem verlangt sie Aufmerksamkeit bei der Anwendung der neuen Tech-

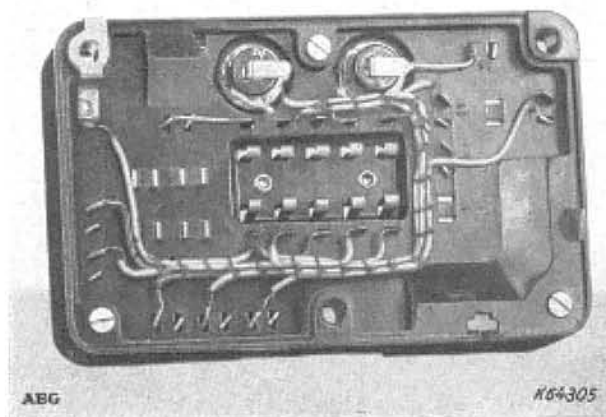
verzinnten Schaltdrahtes dazu bei, die Zahl der kalten Lötstellen herabzudrücken und die Lötarbeit selbst zu erleichtern. Vor allem mußten damals lötgerechte Konstruktionen, die heute eine Selbstverständlichkeit sind, erst geschaffen werden. Welche neuen Aufgaben stellt nun die Einführung des Schweißens der Drahtverbindungen? Der Schritt vom Löten zum Schweißen ist bestimmt kleiner als der, der seinerzeit bei der Einführung des Lötens gemacht werden mußte. Denn eine lötgerechte Konstruktion ähnelt einer schweißgerechten so sehr, daß die Forderung nach einer vorhergehenden einschneidenden Umgestaltung des



AEG

K 64304

Bild 1. Kleines geschweißtes Nachrichtengerät-Zubehör mit 12 Schweißstellen. (Unten: Lötöse mit zum Verschweißen eingehaktem Draht.)



AEG

K 64305

Bild 2. Kleines geschweißtes Nachrichtengerät-Zubehör mit 24 Schweißstellen.

nik, wie es auch bei der Einführung der Löttechnik der Fall war. Auch diese hat viel zusätzliche Arbeit verursacht, doch führte schon damals die aufmerksame Beobachtung der Lötvorgänge zum Erfolg; zugleich trugen die Schaffung des elektrischen LötKolbens wie auch die Verwendung des Kolophonium-Zinns und des durchweg

betreffenden Gerätes als übertrieben bezeichnet werden muß. Die schweißgerechte Gestaltung eines Gerätes erfordert bei Verwendung der AEG-Schweißzange oft nur sehr wenige konstruktive Änderungen, manchmal überhaupt keine. Bei bestimmten Geräten kann man schon jetzt die laufende Fertigung ganz oder teilweise auf Schweißen mit der Zange umstellen. Diese Möglichkeit hat verschiedene Vorteile:

¹⁾ S. a. den vorhergehenden Aufsatz von W. Glaze „Die AEG-Kleinzange“.

den verschiedenen Lötösen wegen der einfacheren Umstellung beim Übergang vom Löten zum Schweißen fortgelassen worden.

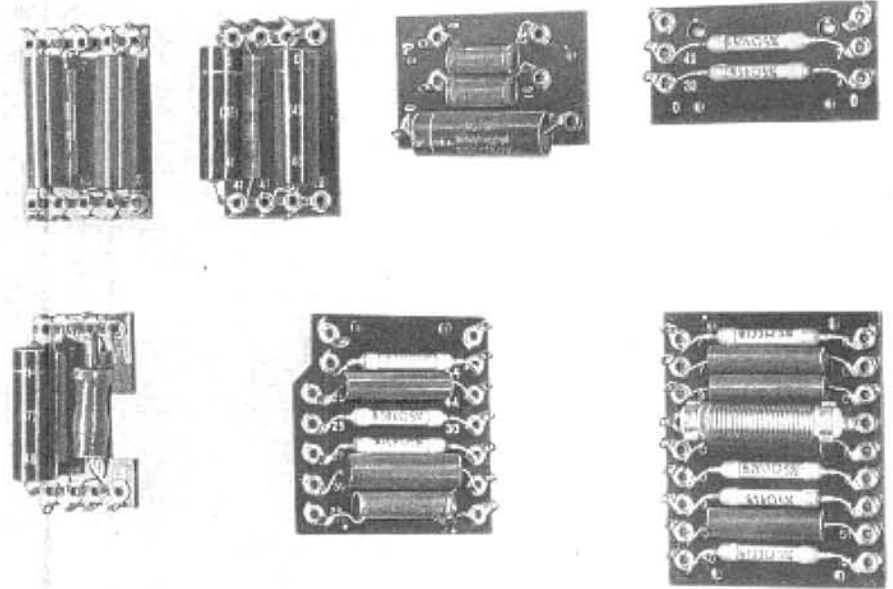
Im dritten Bild ist nur die Hälfte der Verdrahtungen vom Löten auf Schweißen umgestellt, und zwar bei unveränderter Lötösenform; die Drähte sind wie bei Bild 1 eingehängt. Die am Rande liegenden Lötstellen mußten noch beibehalten werden, da die kleinen Zangenschenkel noch fehlten und man mit den großen Schenkeln schlecht an sie herankommen konnte.

Bild 4 zeigt eine Anschlussdose, bei der alle 46 Verbindungsstellen geschweißt sind. Die einzige Änderung an der bisher gelöteten Ausführung ist das Fortlassen der Schlitzlötlöten aus den verschiedenen Lötösen.

Die im Bild 5 dargestellten Platten mit Widerständen und Kondensatoren gehören zu dem Gerät nach Bild 6. Bei diesen Platten sind alle Widerstände und Kondensatoren geschweißt worden; damit ist die erste Etappe in der Umstellung der Fertigung erreicht. Hierbei ist an der bisherigen Lötösenform nichts geändert, sondern nur der Schlitz aus der Lötöse an der Stelle fortgelassen worden, wo geschweißt werden wird (Bild 9d).

Das Schweißen der in Bild 7 dargestellten Schaltung wurde ebenfalls dadurch ermöglicht, daß bei einem Teil der Lötösen die Schlitzlötlöten herausgelassen wurden; andere Teile, wie z. B. die Anschlußbahnen der Messerleisten (M), konnten unverändert bleiben. Ein Teil der Leitungen ist hier mit Rücksicht auf Abgleich und Prüfung gelötet worden.

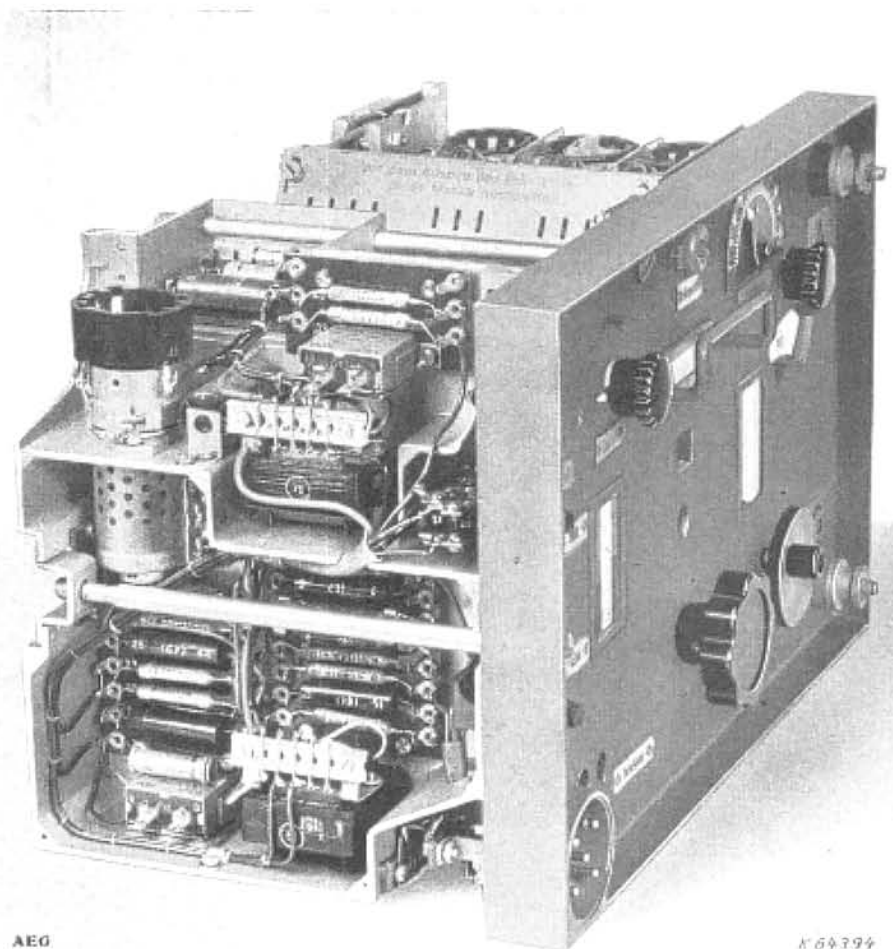
Die soeben beschriebenen verschiedenen Anwendungen der Zange sind Beispiele für die Möglichkeiten der Umstellung von Löten auf Schweißen, bei der mit Ausnahme der



AEG

N 64391

Bild 5. Geschweißte Teile zu einem Nachrichtengerät mit 64 Schweißstellen.



AEG

N 64399

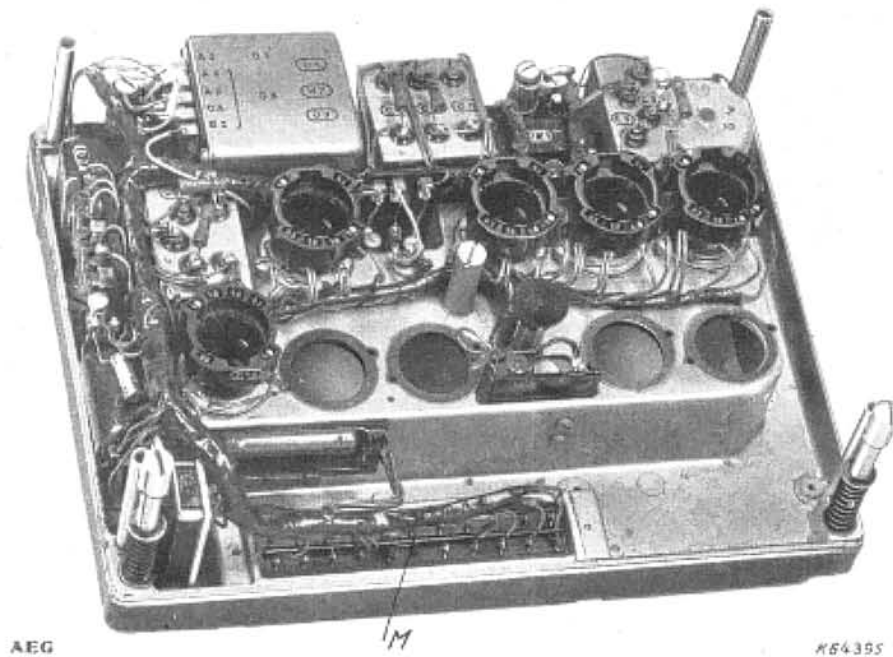
Bild 6. Geschweißtes Nachrichtengerät mit 74 Schweißstellen.

besprochenen Lötösenänderungen keine konstruktiven Änderungen an den jeweiligen Geräten vor-

genommen worden sind. Gelegentlich ist es zweckmäßiger, noch beim Löten zu bleiben; z. B. wird man bei Leitungen, die von einer prüffähigen Baugruppe zur nächsten führen und die auch in Reparaturwerkstätten ausgewechselt werden, oder bei Leitungen, die während der Prüfung getrennt werden müssen, immer noch löten oder klemmen. Handelt es sich um größere Geräte, so ist es vorteilhaft, als ersten Schritt zur Umstellung kleine Bausteine

der weitere Vorteil, daß beim Benutzen solcher Ösen der Entwickler seine Mustergeräte noch auf die bisherige Weise löten kann, wenn Messungen oder Schaltungsumstellungen ein schnelles Ändern der Verdrahtung erfordern.

Diese allgemein verwendbare Öse wird schon in zweckmäßiger Abmessung an einer Reihe von Teilen, z. B. bei den im Bild 8 dargestellten, angewandt. Als Werkstoff für sie ist sowohl Messing



M — Anschlußfahnen für Messerleisten.

Bild 7. Geschweißtes Nachrichtengerät mit 104 Schweißstellen.

umzugestalten, wie in Bild 5 dargestellt, so daß eine sorgfältige und gesonderte Überwachung und Prüfung ohne weiteres durchführbar ist.

Wenn auch viele kleinere Lötösen durch Weglassen der Schlitz mit einfachsten Mitteln schweißgerecht gemacht werden können, so stellen solche Ösen aber nicht die günstigste Ausführung für ein bequemes und einwandfreies Schweißen dar. Dagegen ist eine Öse, wie sie Bild 9c zeigt, in jeder Beziehung als vorteilhaft zu bezeichnen. Bei geringstem Platzbedarf ähnelt sie einer schon bekannten Form; der einzige Unterschied ist die größere Randbreite zwischen Spitze und Schlitz. Diese Ösenform eignet sich gleich gut zum Schweißen mit der Zange wie auch zum Löten. Dieser Vorteil befreit den Konstrukteur von der Verpflichtung, sich gleich in allen Fällen von vornherein darüber klar zu werden, wo geschweißt und wo zweckmäßigerweise aus irgendeinem Grunde besser noch gelötet wird. Auch die Beschaffung und Lagerhaltung von zweierlei Ösenausführungen erübrigt sich durch Anwendung dieser Ösenform. Das Schweißen erfolgt hier auf die gleiche einfache Weise wie das Löten. Man steckt den Draht in den Schlitz (wie weit das freie Ende durchragt, ist hierbei gleichgültig), biegt mit einer Zange das Drahtende flach und schweißt. Der Schweißvorgang wird obendrein durch die Aussparung in der Öse, die eine Wärmerückstauung bewirkt, erleichtert. Hinzu kommt noch

als auch Stahl (dieser verkupfert und verzinkt) gleich gut geeignet.

Bei der Verwendung von Stahlösen, einerlei ob von dieser oder anderer Form, ist jedoch etwas Vorsicht am Platze, da die Korrosionsfestigkeit, zum mindesten aber die Bruchfestigkeit des verschweißten Drahtes in der Nähe der Öse zu wünschen übrig läßt. Das bedeutet, daß man bei Geräten, die nennenswerten Erschütterungen ausgesetzt sind, den Draht in der Nähe der Schweißstelle bei Stahlösen entlasten muß, sofern es sich nicht um sehr kurze Leitungen handelt.

Aus den vorausgegangenen Ausführungen geht hervor, daß sich die Forderung, schweißgerechte Ösenformen zu schaffen, bei Benutzung der AEG-Schweißzange ohne besondere Mühe erfüllen läßt. In Bild 9 sind die verschiedenen Schweißösenformen noch einmal zusammengefaßt dargestellt.

In Bild 10 sind eine Anzahl bisheriger Standardteile gezeigt, deren lötgerechte Ösen ebenfalls ohne weiteres zum Schweißen geeignet sind.

Wichtig ist, die Ösen so anzuordnen, daß man sie auch mit der Zange erreichen kann, sofern man nicht, wie es ja auch beim Löten üblich ist, einzelne Drähte schon vor der Montage der betreffenden Einzelteile anschweißt. Soweit es möglich ist, sollte man stets bemüht bleiben, die Anschlußösen an der Oberfläche des Gerätes oder der jeweiligen Bau-

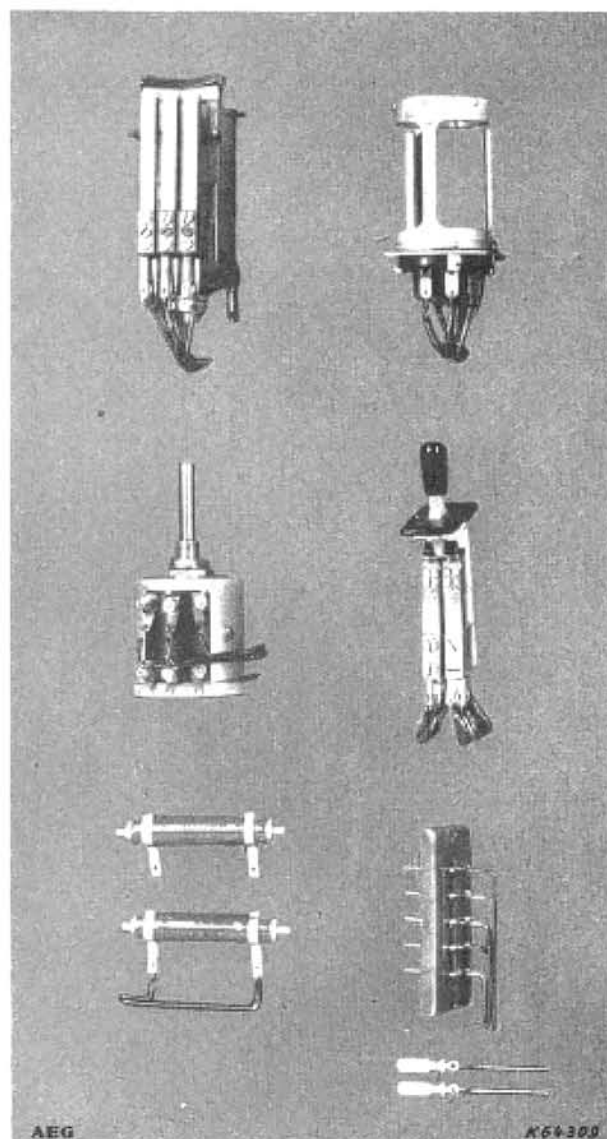


Bild 8. Geschweißte Nachrichtengeräte-Teile.

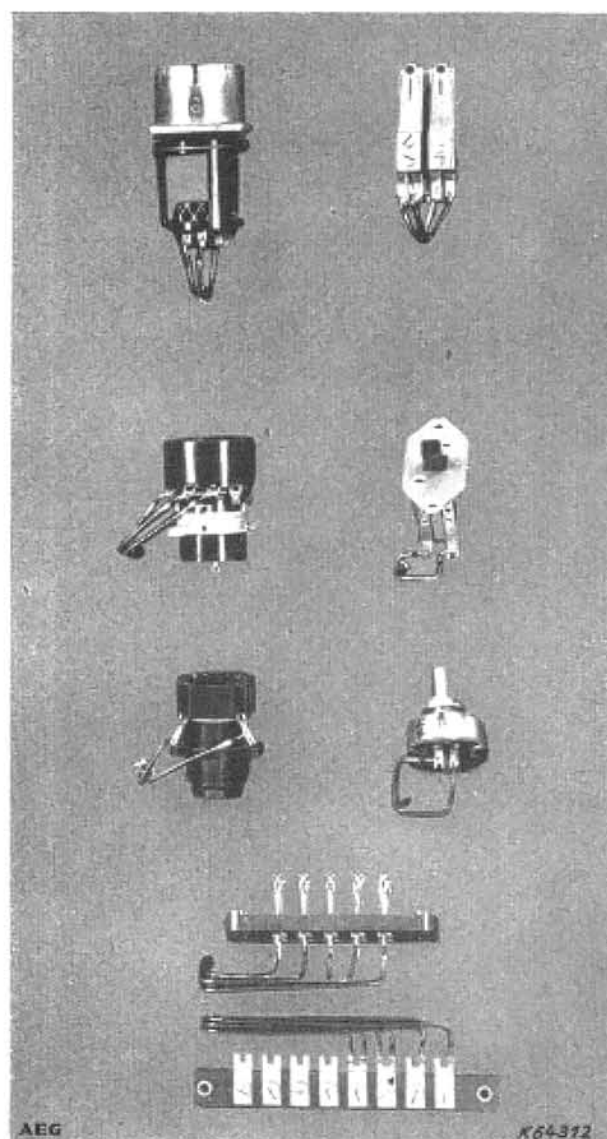


Bild 10. Geschweißte Nachrichtengeräte-Teile.

gruppe anzuordnen, damit Revision und Prüffeld sich leicht von der Brauchbarkeit der Schweißstellen überzeugen können — übrigens eine Forde-

rung, die beim Löten ebenso berechtigt ist, wenn sie sich auch nicht immer erfüllen läßt.

Kopfschweißung.

Für die Kopfschweißung gilt im allgemeinen das bereits oben Gesagte. Man wird sie besonders bei der Stahlöse anwenden und dabei Normenösen benutzen (s. Normenblatt DIN E 41497).

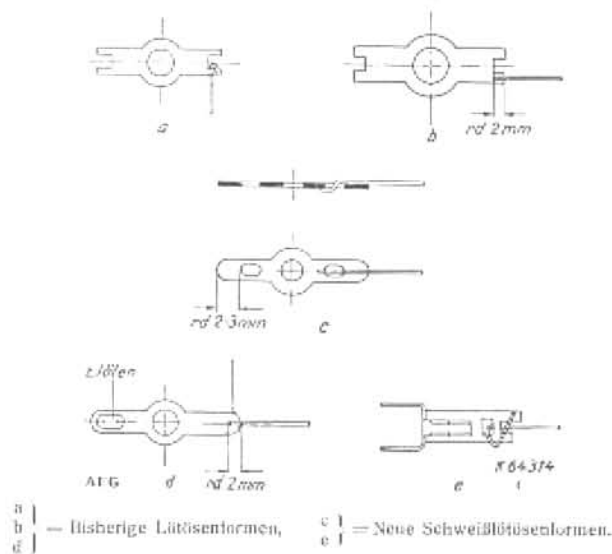


Bild 9. Zusammenstellung von Löt- und Schweißlötösenformen.

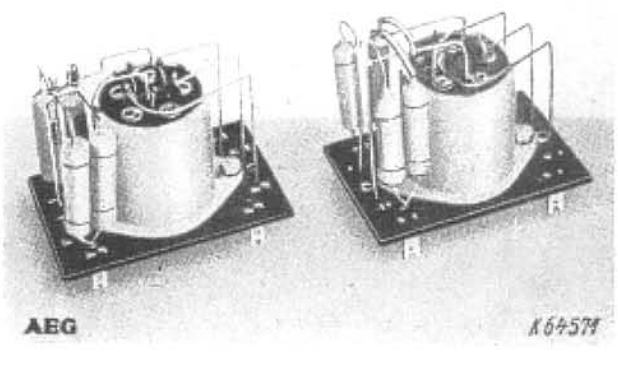


Bild 11. Kopfgeschweißter Rohrbedner.

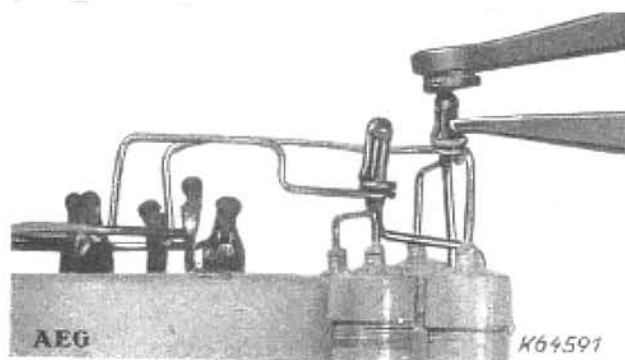


Bild 12. Vergrößerter Ausschnitt von Bild 11.

Ein Anwendungsbeispiel für die Kopischweißung mit der AEG-Kleinzange ist in den Bildern 11 und 12 dargestellt. Es handelt sich um einen Rohrbecher, der in bisher gelöteter Form 16 Verbindungsstellen aufwies. Bei der geschweißten Form kommt man

durch Zusammenlegung zweier Verbindungsstellen mit nur 14 Schweißstellen aus. Für die gelötete Form betrug der Zinnverbrauch rd. 250 g für 100 derartige Becher. Diese Zinnmenge wird nun durch Schweißung vollständig eingespart.

Prüfung der Verbindungsstellen.

Wie kann man sich nun von der Brauchbarkeit einer Schweißstelle überzeugen? Da bei Verwendung der AEG-Zange ohne weiteres eine sichtbare Verschmelzung erzielt werden kann, so genügt eine kurze kritische Betrachtung der Schweißstelle, gegebenenfalls unter Zuhilfenahme einer Lupe. Dieses Verfahren ist nach Einarbeitung des Prüfenden mindestens ebenso kurz, wie die Untersuchung der Lötstellen mit der Pinzette oder ähnlichem, und es schont den Draht.

Vorstehende Ausführungen sollen Hinweise und Anregungen für das Schweißen von Verdrahtungen bei Nachrichtengeräten geben, die aber gleichfalls auch für Verdrahtungen an anderen elektrischen Geräten gelten.

Kabelkorrosion.

Von C. Haase, Kabelwerk Oberspree.

Korrosion nennt man bekanntlich den unbeabsichtigten Angriff auf ein Metall, bei dem dieses in seine chemische Verbindung übergeführt wird. Um die Metalle zu erzeugen, muß man sie unter häufig sehr großem Energieaufwand — man denke an Aluminium, das zu seiner Gewinnung etwa 20 kWh/kg gebraucht — aus ihren Verbindungen frei machen. Die Verbindungen, Oxyde, Karbonate, Sulfide oder andere sind bei den meisten technischen Metallen Zustände geringerer innerer Energie, daher stabiler als das Metall, welches das Bestreben hat, in den stabileren Zustand überzugehen.

Ein solcher Übergang in den Zustand der Verbindung, also eine Korrosion, kann nun einmal rein chemisch aufgefaßt werden und zwar derart, daß die Vereinigung der Metallatome mit der angreifenden Atomart da stattfindet, wo sie zufällig zusammentreffen; der Angriff in gasförmigen Medien, z. B. das Zundern, geht so vor sich. Die meisten Korrosionsvorgänge vollziehen sich jedoch unter Mitwirkung von Wasser. Ein Metall löst sich in Wasser nach der Dissociationstheorie von Arrhenius nur unter Bildung von Ionen; das Metall selbst bleibt negativ geladen zurück, die positiven Ionen entladen sich an einer anderen Stelle des Systems. Damit ist aber ein galvanisches Element gegeben, und es spricht vieles dafür, daß die Korrosionsfälle, die unter Mitwirkung von Elektrolyten, d. h. stromleitenden Flüssigkeiten verlaufen, in der Tat elektrochemisch vor sich gehen. Anode und Kathode in diesem Element sind sehr verschiedenartig bedingt; es können z. B. zwei verschiedene Metalle sein, die in dem betreffenden Elektrolyten verschiedenes Potential haben; es können aber auch Stellen des gleichen Metalles sein, die durch ungleiche physikalische Bedingungen der Oberfläche, z. B. verschiedene Zutrittsmöglichkeit für Luft Potentialunterschiede aufweisen. Jedenfalls handelt es sich immer um Vorgänge, die ohne äußere Stromquelle verlaufen.

Außerdem gibt es eine technisch sogar sehr wichtige Art von Korrosion, die unter Mitwirkung

äußerer elektrischer Ströme vor sich geht: die elektrolytische oder galvanische Korrosion. Diese Bezeichnung ist nach dem vorher Gesagten nicht ganz eindeutig; man sollte besser „Fremdstrom-Korrosion“ sagen.

Wenn man die entsprechenden Verhandlungsberichte der großen internationalen technischen Verbände, die sich mit Stromverteilung und Nachrichtenwesen, also besonders auch mit Kabelfragen, befassen, durchsieht, könnte man zu der Ansicht kommen, es sei das unausweichliche Los jedes Kabels, in kurzer Zeit an Korrosion zugrunde zu gehen. Diese Ansicht ist natürlich falsch. Es gibt Kabel, die seit fast 100 Jahren, also solange es überhaupt Kabel gibt, unarmiert in der Erde gelegen haben und nicht korrodiert sind. Auf ein solches Beispiel, das Hähnel¹⁾ kürzlich beschrieben hat, werden wir noch zurückkommen. Andererseits ist bei dem ungeheuren Wert, den ein Kabelnetz darstellt, und bei den schwerwiegenden wirtschaftlichen und sonstigen Folgen, die eine Störung nach sich zieht, die Kenntnis der Korrosionsverfahren und der Schutz dagegen denkbar wichtig.

Längst nicht alle Kabelfehler sind freilich auf Korrosion zurückzuführen. In den letzten etwa 10 Jahren sind vom Laboratorium des Kabelwerks der AEG etwa 50 Kabelfehler untersucht, die eine metallographische Untersuchung notwendig machten. Diese 50 Fehler teilen sich ihrer Ursache nach wie folgt auf: Korrosion war in 11 Fällen festzustellen, Schwingungsbrüche in 13 Fällen, Nahtfehler in 5 Fällen; die übrigen Fehler waren mechanischer Natur, Beschädigung des Mantels beim Verlegen oder später usw. Korrosionsfehler lagen also nur in etwa 20% aller Fälle vor.

Noch häufiger traten Schwingungsbrüche auf. Da auch in Fachkreisen über diese Art von Fehlern noch oft eine historisch bedingte Begriffsverwirrung herrscht, muß hier zur Klarstellung einiges

¹⁾ Hähnel, Z. Korrosion u. Metallschutz, 18 (1942), S. 297.