

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 11/12 (1888)  
**Heft:** 9

**Artikel:** Das Benardos'sche electrische Löth- und Schweißverfahren  
**Autor:** Rühlmann, R.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-14931>

#### **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:** 14.01.2026

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

INHALT: Das Benardos'sche electrische Löth- und Schweißverfahren. Von Prof. Dr. R. Rühlmann. — Patentliste. — Miscellanea: Eisenbahn-Verstaatlichung in der Schweiz. Künstlerschaft. Die Sprachreinigung. — Concurrenzen: Gesellschaftshaus in Breslau. Villenbauten auf

dem Kirchenfeld bei Bern. — Literatur: Die Katastrophe von Zug vom 5. Juli 1887. Schweizerischer Bau- und Ingenieur-Kalender. Der „Anzeiger für schweizerische Alterthumskunde“. — Vereinsnachrichten. Stellenvermittlung.

## Das Benardos'sche electrische Löth- und Schweißverfahren.

Von Prof. Dr. R. Rühlmann\*).

Als ich in der Werkstatt des Herrn von Benardos in Petersburg zum ersten Male die Thätigkeit der dort beschäftigten Arbeiter beobachtete, wurde ich unwillkürlich an die alte Erzählung vom Ei des Columbus erinnert. — Dass der electrische Lichtbogen eine ungemein hohe Temperatur besitzt, eine höhere als alle anderen irdischen Wärmequellen, ist den meisten von uns schon in der Schule gelehrt worden; ebenso wusste man allgemein, dass selbst die schwer schmelzbarsten Metalle, wie Iridium und Osmium, im Voltabogen zum Schmelzen gebracht werden können. Wie nahe lag da eigentlich der Gedanke: die Hitze des electrischen Lichtes zur Ausführung von Schmelzarbeiten aller Art an Metallen anzuwenden? Längst schon hatten William Siemens, Wallner, Cowles ihre electrischen Schmelz- und Reductionsvorrichtungen bekannt gemacht, theilweise sogar namhafte technische Erfolge auf diesem Wege erzielt.

An verschiedenen Stellen war man auch auf den Gedanken gekommen, den Versuch zu machen, Löthungen unter Anwendung des Lichtbogens auszuführen, und doch war es Niemand gelungen, ein Verfahren von wirklich practischer Bedeutung aus diesem naheliegenden Gedanken zu entwickeln. Fragt man sich nun nach den Ursachen, warum die Vorgänger von Nicolas von Benardos bei ihren Versuchen zu einem nennenswerthen Ergebnisse nicht gelangt sind, so findet man, dass die einen die Hitze des zwischen Kohlenstäben erzeugten Voltabogens verwenden wollten, die anderen von dem an sich richtigen Gedanken irre geführt wurden, dass man den Kohlenstift zum negativen Pole des Lichtbogens machen müsse, um ein zu rasches Abbrennen dieser Kohle zu vermeiden; wieder andere liessen sich zurückschrecken durch die Schwierigkeit die Wirkung zu regeln, sie brannten nur Löcher in die Metallstücke, es gelang ihnen aber nicht, eine regelmässige Lötnath herzustellen.

Heute, nachdem durch mancherlei Veröffentlichungen die Einzelheiten des Benardos'schen Verfahrens bekannt geworden sind, geht es dem Erfinder der neuen Bearbeitungsweise der Metalle ganz ähnlich, wie es auch Edison mit der Erfindung der Glühlampe gegangen ist. Man weist auf eine ganze Reihe von bekannten oder auch längst vergessenen Vorversuchen und Patenten hin, in welchen der allgemeine Gedanke, welcher der Sache zu Grunde liegt, mit grösserer oder geringerer Deutlichkeit ausgesprochen ist. Nach dem allgemeinen Rechtsgefühl kann aber nicht der als der Erfinder von etwas Neuem angesehen werden, der mehr beiläufig auf einen richtigen Gedanken gekommen ist, ohne der Tragweite desselben sich bewusst zu werden. Ebensowenig ist der ein Erfinder, der eine Aufgabe, die zu lösen ist, ausgesprochen und einen Weg angedeutet hat, auf welchem die Lösung zu finden wäre, ohne die Fähigkeit zu besitzen, auch die zahlreichen Schwierigkeiten zu überwinden, welche sich der Durchführung des Gedankens bis zum erwünschten Ziele stets entgegenstellen. Der aber, dessen schöpferische Fantasie nicht nur bekannte Dinge zu neuen Zwecken zu verbinden weiß, sondern der sich auch die Zwischenglieder, welche bis dahin noch fehlten, in zweckmässiger Weise selbst neu zu schaffen versteht,

und dem, was er erreicht hat, eine Gestalt zu geben vermag, in der es fördernd auf den Zustand der Menschen einwirkt, der ist erst als ein wahrer Erfinder anzusehen und der erst hat ein Recht darauf, dass ihm die Frucht seiner Bemühungen auch auf gesetzlichem Wege geschützt werde.

In unserem electrotechnischen Verein, in dem ja alle mit den einzelnen Vorgängen, um welche es sich bei der neuen Bearbeitungsweise der Metalle handelt, vollständig vertraut sind, erscheint zunächst die Frage von Bedeutung, worin unterscheidet sich die Benardos'sche Lösung der Aufgabe von den Versuchen seiner Vorgänger? und warum ist es gerade erst auf dem von ihm betretenen Wege gelungen, Erfolge zu erzielen, welche die Aufmerksamkeit der weitesten Kreise erregt haben.

Wesentlich neu ist der Umstand, dass bei dem Benardos'schen Verfahren das zu bearbeitende Metall selbst die eine Electrode und ein Kohlenstift, der durch einen passenden Griff getragen wird, die andere Electrode bildet, und dass der zwischen Werkstück und Kohle entstehende Lichtbogen unmittelbar zur Ausführung der Arbeit dient. Ein anderer sehr wesentlich ins Gewicht fallender Umstand ist der, dass das Werkstück den negativen, die Kohle hingegen den positiven Pol bildet. Die kräftig reduzierende Wirkung, welche an dem negativen Pole stattfindet, verhindert die Oxydation des bearbeiteten Metalles. Dass dieser letztangeführte Umstand wirklich von wesentlicher Bedeutung ist, erkennt man sofort, sowie man versuchsweise die Pole vertauscht. Es brennen alsdann Löcher in das Werkstück und es bilden sich solche Massen von Oxydationsproducten, welche als dichte Qualme den Lichtbogen umgeben, dass es fast unmöglich ist, den Verlauf der Arbeit mit Sicherheit zu beobachten und nach Belieben zu regeln.

Die grösste Schwierigkeit, welche sich der practischen Anwendung des Verfahrens entgegenstellte, lag in der Regelung der Spannung und Stromstärke, d. h. in der Herstellung der für einen bestimmten Zweck gerade geeigneten Länge, Querschnitt und Temperatur des Lichtbogens. Der Besitz einer kräftigen Electricitätsquelle genügt durchaus nicht, um irgend welchen Erfolg zu sichern. In der Beherrschung der elementaren Kraft, als welche die gewaltige Hitze des Lichtbogens anzusehen ist, erkennt man erst die Meisterschaft des Erfinders. Der Weg, auf welchen unter den zahlreichen möglichen Wegen Benardos die Regelung von Spannung und Stromstärke erreicht hat, ist der folgende: Eine Nebenschlusslinie, die durch Dampf oder Wasserkraft bewegt wird, erzeugt während der Arbeitszeit unausgesetzt Electricität. Die electrische Energie wird angesammelt in einer grossen Accumulatorenbatterie, welche aus mehreren parallel geschalteten Gruppen von gleichviel hinter einander geschalteten, unter sich gleichen Zellen besteht. Durch eine geeignete Schaltvorrichtung kann man verschiedene Zahlen hinter einander geschalteter Accumulatoren verwenden und dadurch die Spannung bei der Arbeit regeln. Durch Verwendung mehrerer Gruppen von gleichviel hinter einander geschalteten Accumulatoren in Parallelschaltung ändert man den inneren Widerstand der Electricitätsquelle und regelt auf diese Weise die Stromstärke und damit die Temperatur. Ein anderweitiges Hilfsmittel, um Veränderungen in der Stromstärke herbeizuführen, hat man durch die Wahl der Länge des Lichtbogens in der Hand. Feinere Unterschiede können auch noch dadurch bewirkt werden, dass man in den Stromkreis veränderliche Widerstände einschaltet.

Ein Zahlenbeispiel mag das Ebengesagte noch näher erläutern. Stellen wir uns vor, wir haben es mit einer Nebenschluss-Dynamomaschine zu thun, welche uns einen Strom von  $120\text{ A}$  bei  $175\text{ V}$  Spannung dauernd zu liefern

\*) Vortrag, gehalten im Electrotechnischen Verein zu Berlin. Der freundlichen Zuvorkommenheit des Herrn Vortragenden verdanken wir die Ermächtigung zur Wiedergabe dieser im Novemberheft der „Electrotechnischen Zeitschrift“ erschienenen Abhandlung. Die Red.

geeignet ist. Von den Polen der electrischen Maschine führen Leitungen zu einer Accumulatorenbatterie, welche aus sieben parallel geschalteten Gruppen von je 70 Zellen besteht. Von dem negativen Pol-Ende der Batterie führt eine biegsame Leitung unmittelbar zu dem zu bearbeitenden Metallstücke.

Um nun z. B. zwei 10 mm dicke Kesselbleche zu verlöthen werden die positiven Enden der 40sten Zellen von je drei der parallel geschalteten Gruppen durch ein biegsames Cabel leitend mit einem von Hand zu führenden Kohlenhalter verbunden, der einen homogenen Kohlenstab von 25 mm Durchmesser und ungefähr 250 mm Länge trägt. Berührt man nunmehr mit dem zugespitzten, vorderen Ende des Kohlenstabes für den Bruchtheil einer Secunde das zu bearbeitende Metallstück und entfernt den Kohlenstab sofort wieder um mehrere Millimeter, so entsteht zwischen Metall und Kohle ein Lichtbogen, der durch ein zum Schutze des Auges vorgehaltene dunkles Glas ähnlich aussieht wie die

Fig. 1.

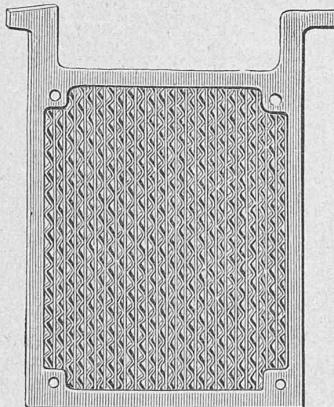


Fig. 2 und Fig. 3.



Stichflamme eines Gaslöthrohres. An der Stelle, an welcher das schmale Ende des Lichtbogens das Metall berührt, schmilzt dasselbe wie Wachs und wird zu einer leichtfliessenden Flüssigkeit. Ist die Wirkung eine zu kräftige, siedet, wallt und verdampft das geschmolzene Metall, so nimmt man anstatt drei parallel geschalteter Gruppen von 40 Accumulatoren nur deren zwei oder gar nur eine. Wünscht man hingegen das Metall noch rascher zum Schmelzen zu bringen, so fügt man noch eine vierte oder fünfte Gruppe von gleichviel electrischen Sammlern hinzu. Erlöscht der Lichtbogen häufig oder ist er zu schmal, so nimmt man in jeder der parallel geschalteten Gruppen eine grössere Anzahl von hinter einander geschalteten Zellen. — Dieses Beispiel, welches ungefähr tatsächlich beobachteten Verhältnissen entspricht, wird genügen, um das Wesen der Benardos'schen Regelung der Wirkung des Lichtbogens anschaulich zu machen.

Werden sehr dicke Stücke schwer schmelzbarer Metalle bearbeitet, so sind hohe Spannungen und grosse Stromstärken erforderlich; selbstverständlich können dann auch nur dicke Kohlenstäbe, bis zu 40 und 50 mm Durchmesser als positive Electrode gebraucht werden. Für dünne Bleche leichtschmelzbarer und leichtflüchtiger Metalle kommt nur eine aus wenigen hinter einander geschalteten Zellen bestehende Accumulatorengruppe zur Verwendung.

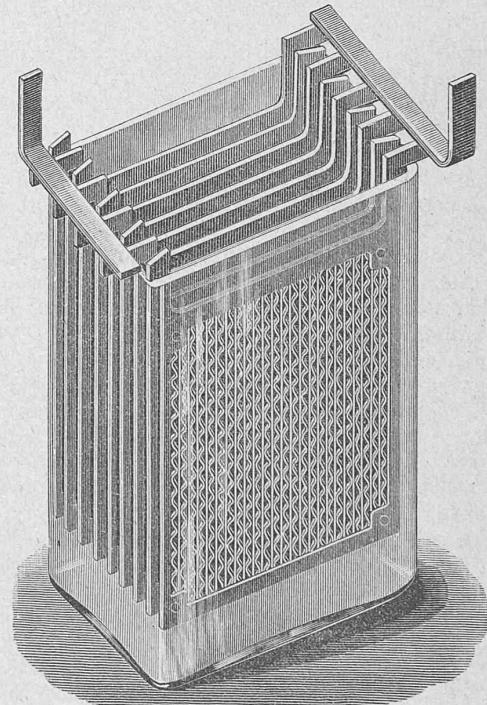
Während der Arbeitszeit, also auch dann, wenn man nicht löthet, wenn der Lichtbogen unterbrochen ist, arbeitet die Dynamomaschine fort und häuft die erzeugten Mengen electrischer Energie in den Accumulatoren auf.

Für den besonderen Zweck, um den es sich hier handelt, sind durchaus nicht beliebige electrische Sammler geeignet; es erfolgt nicht nur die Ladung mit ungewöhnlich hohen Stromstärken, sondern besonders bei der Entladung,

während des Löthens, kommen, wenigstens vorübergehend ungemein hohe Stromstärken bis zu mehreren Hundert Ampère vor. Der electrolytische Vorgang, auf welchem die Wirksamkeit der Sammler beruht, muss sich demnach mit ausserordentlicher Geschwindigkeit vollziehen können, ohne dass dabei der Apparat selbst Schaden leidet.

Selbstredend können mit Rücksicht auf diesen Umstand die nach dem Patente des Franzosen Faure hergestellten Accumulatoren gar nicht in Frage kommen; aber auch nicht alle Sammler, welche nach dem ursprünglichen Vorschlage von Planté angefertigt sind, würden geeignet sein, auf die Dauer einer so kräftigen Inanspruchnahme zu widerstehen, wie dieselbe bei dem Benardos'schen Verfahren unvermeidlich ist. Der Erfinder der neuen Bearbeitungsweise der Metalle musste sich daher für seine Zwecke besonders geeignete Accumulatoren herstellen, welche sich vor allen anderen nicht nur durch eine ungemein grosse Oberfläche, sondern auch dadurch auszeichnen, dass

Fig. 4.



während der Ladung und Entladung ein ungemein rascher Verlauf der electrolytischen Vorgänge an den Platten stattfinden kann. Dieses Ziel ist dadurch erreicht worden, dass in einem widerstandsfähigen Bleirahmen abwechselnd schräg nach oben gewellte und einfache ebene Bleistreifen in grosser Zahl eingelötet sind. (In Fig. 1 ist eine solche Platte und in Fig. 2 und 3 sind die einzelnen Bleistreifen vor und nach der Wellung abgebildet. Fig. 4 zeigt die äussere Erscheinung eines Benardos'schen Accumulators mit fünf negativen und vier positiven Platten, dessen Gesamtgewicht 16 kg beträgt.) Die Flüssigkeit umgibt die in der Zelle aufrecht stehenden Bleiplatten nicht nur von beiden Seiten, sondern sie kann auch durch die Platten selbst hindurchströmen.

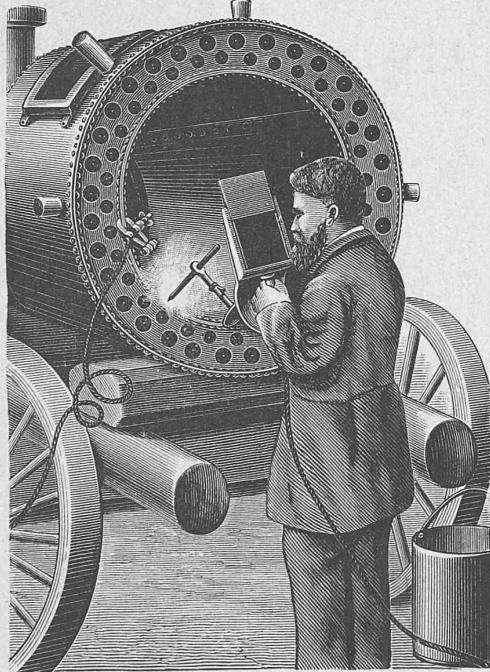
In Folge der bei der Ladung auftretenden Gasentwicklung entsteht in jeder Platte ein kräftiger, aufsteigender Flüssigkeitsstrom, welcher fortwährend neue Theile des Electrolyts mit der Oberfläche der Platten in Berührung bringt. Die Bewegung, in welche auf diese Weise die Flüssigkeit versetzt wird, gleicht entstehende Dichtenunterschiede, welche ja vorzugsweise die Ursache des Verwerfens der Platte sind, rasch aus. Dazu kommt, dass die wirksame Oberfläche durch Anhäufung grösserer Gasblasen bei dieser Einrichtung nicht vermindert werden kann, und dass die Bleistreifen, weil sie dünn und biegsam sind, ohne

Schwierigkeit den Volumenänderungen der an ihrer Oberfläche befindlichen, durch den Ladungsprocess erzeugten wirksamen Masse folgen können, ohne zu zerreißen oder sich nach den Seiten der Platte hin auszubiegen.

Wie wesentlich die hier geschilderten Eigenthümlichkeiten der Benardos'schen electricischen Sammler sind, kann man unter anderem daran erkennen, dass die französische Versuchswerkstätte Rothschild's in Creil desshalb einige Zeit hindurch mit ernstlichen Schwierigkeiten zu kämpfen gehabt hat, weil man dort mit einer anderen Art Zellen zu arbeiten versuchte, welche keinen so raschen Austausch der Erzeugnisse des electrolytischen Vorganges gestattete.

Nachdem ich im Vorhergehenden versucht habe, darzulegen, worin die Eigenthümlichkeit und Neuheit des Benardos'schen Verfahrens in electrotechnischer Beziehung zu suchen ist, wollen Sie mir nunmehr gestatten auseinanderzusetzen, welche besonderen Vortheile die neue Methode im Vergleich zu den bisher verwendeten Bearbeitungsweisen der Metalle darbietet.

Fig. 5.



Die Wirkung des Lichtbogens ist ähnlich wie die der Stichflamme eines Gaslöthrohres, eine nur örtliche; nur diejenigen Metalltheile, welche wirklich schmelzen sollen, werden hoch erhitzt, während die der bearbeiteten Stelle entfernter liegenden Theile nur verhältnissmässig wenig durch Leitung und Strahlung erwärmt werden. Das flüssig gewordene Metall wird daher, unmittelbar nachdem der Lichtbogen zu wirken aufgehört hat, wieder starr.

Unter der Wirkung des Lichtbogens werden selbst die schwer schmelzbarsten Metalle fast augenblicklich flüssig.

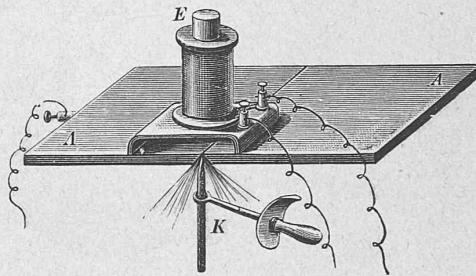
Aus den beiden soeben betonten Gesichtspunkten folgt, dass die Arbeit ungemein rasch vorwärts schreiten kann.

Die Metallstücke, welche behandelt werden sollen, bedürfen bei dem electricischen Löthverfahren so gut wie gar keiner vorhergehenden Bearbeitung, da es bei den hohen Spannungen, welche verwendet werden, gelingt, den Lichtbogen auch dann zu erzeugen, wenn die Oberfläche des Werkstückes mit einer ziemlich dicken Oxydschicht überzogen ist. Unter der Einwirkung des Voltabogens werden die Oxyde rasch reducirt; geringe Mengen Oxyd, welche doch noch vorhanden sind, werden dadurch in Schlacke verwandelt, dass man etwas thonhaltigen Sand als Flussmittel zugiebt; dieser Schlackenüberzug schützt gleichzeitig das Metall während der Abkühlung vor der Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffes.

Ein anderweiter, vielfach sehr hoch anzuschlagender Vortheil ist der, dass man mit der Kohle, welche von einem einfachen Kohlenhalter (wie ihn beispielsweise Fig. 6 und Fig. 7 zeigen) getragen wird, und durch ein biegbares Cabel mit der Accumulatorenbatterie verbunden ist, an jede beliebige Stelle des Werkstückes herangehen kann, nicht also, wie das bisher nothwendig war, das zu bearbeitende Metall an das Schmiedefeuers heranzubringen braucht.

Nebenstehende Abbildung, Fig. 5, zeigt die Ausbesserung eines Dampfkessels im Hofe der Benardos'schen Werkstatt. Man erkennt sowol den einfachen Anschluss der negativen Leitung an den Kessel, als auch die Handhabung

Fig. 6.

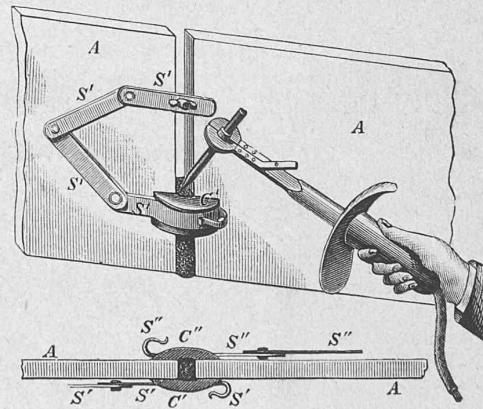


der Löthkohle. Die Figur ist nach einer Photographie hergestellt, welche während der Ausbesserung eines Kessels des Schmirgelfabricanten N. Struck in Petersburg aufgenommen wurde. Dieser Fall, von dem ich an anderer Stelle<sup>1)</sup> ausführlich berichtet habe, hat in der gesammten technischen Welt ungemeines Aufsehen erregt.

Um das Abfliessen des zur Vereinigung dienenden electricisch geschmolzenen Metalles zu verhüten, umbaut man die zu bearbeitende Stelle mit Koksstücken (b, b', Fig. 22).

Sollen Bleche von unten mit der Kohle bearbeitet werden, so wendet man bei paramagnetischen Metallen

Fig. 7.



starke Electromagnete an, welche das Abfliessen des geschmolzenen Metalles verhindern sollen. Obenstehende Fig. 6 zeigt eine einfache derartige Einrichtung. Ob dieser Apparat auch wirklich geeignet ist seinen Zweck zu erfüllen, erscheint nach den Beobachtungen von Edison und Anderen, dass Eisen bei heller Rothglut seine magnetischen Eigenschaften verliert, nicht unzweifelhaft.

Ein Hülfsapparat, der sich als brauchbar für die Herstellung senkrechter Löthnähte an Blechen erwiesen hat, ist in Fig. 7 dargestellt. Eine Art Zange S S'' trägt zwei Graphit- oder Kokstücke C' C'', in welche parallel der Axe Nuthen eingearbeitet sind. Diese Nuthen und der zwischen den zu vereinigenden Blechen AA freistehende Raum werden mit dem electricisch geschmolzenen Metall ausgefüllt. Wenn das flüssige Metall erstarrt ist, wird der

<sup>1)</sup> Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure, Bd. XXXI, S. 863.

Apparat etwas in die Höhe geschoben, und das bereits erstarrte Metall hindert bei Weiterführung der Verlöthung nach oben das Abfliessen des electrisch geschmolzenen Metalles.

Der Umstand, dass man in dem Lichtbogen eine Wärmequelle von bisher nicht erreichter Temperatur zur Verfügung hat, gestattet, Arbeiten an Metallen auszuführen, welche man früher einfach für unmöglich hielt. So hoch erhitzt, wie dies der Lichtbogen gestattet, gehen z. B. selbst die verschiedenartigsten Metalle Legirungen ein. Man kann daher bei Gebrauch des Benardos'schen Verfahrens nicht nur gleichartige Metalle: Schmiedeeisen mit Schmiedeeisen, Gusseisen mit Gusseisen, Stahl mit Stahl u. s. f. verschmelzen, sondern man kann Eisen mit Kupfer, mit Zinn,

Fig. 8.

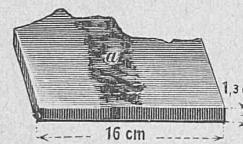
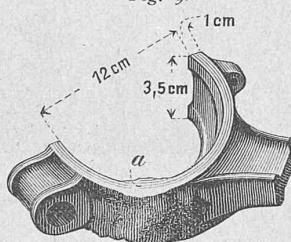


Fig. 9.



Zink, Blei, Eisen mit Stahl, Gusseisen mit Stahl, Schmiedeeisen mit Stahl ganz nach Belieben vereinigen. Da das geschmolzene Metall ausserordentlich leichtflüssig ist, läuft dasselbe wie geschmolzenes Wachs von dem bearbeiteten Stück ab, wenn man dieses Abfliessen nicht durch besondere Einrichtungen verhütet. Lässt man aber das Schmelzproduct sich entfernen, so kann das Benardos'sche Verfahren ebenso gut zur Zertrennung eines Metallstückes in einzelne Theile, als auch zur Vereinigung getrennter Stücke dienen.

Da die Erhitzung des Metalles bis zum Schmelzpunkte sich fast augenblicklich vollzieht und nach Aufhören der Wirksamkeit des Lichtbogens die an der bearbeiteten Stelle örtlich angehäuften Wärmemengen sehr rasch durch Leitung und Strahlung abgeführt werden, erfahren die geschmolzenen

Fig. 10.

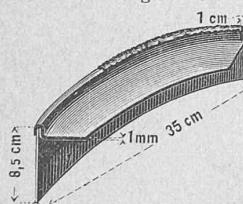
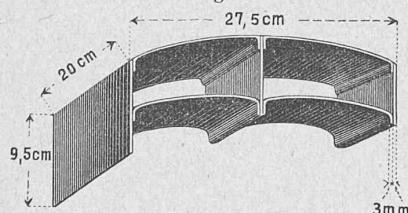


Fig. 11.



Metallmassen keine tiefgreifenden chemischen Veränderungen.

Insbesondere bei den verschiedenen Legirungen von Eisen und Kohlenstoff ist dies von hohem Werthe, da bekanntlich geringe Änderungen des Kohlenstoffgehaltes des Eisens erhebliche Verschiedenheiten der physicalischen Eigenschaften bedingen.

Nachstehende Analysen, welche Durchschnittsergebnisse mehrerer einzelner Untersuchungen sind, zeigen deutlich, dass die Metalle nur wenig verändert werden, wenn man sie im Lichtbogen schmilzt.

	Stahl		Eisen	
	un-bearbeitet	ge-schmolzen	un-bearbeitet	ge-schmolzen
Eisen . . . . .	98,86	99,39	98,90	99,43
Kohlenstoff . . . . .	0,48	0,25	0,34	0,14
Silicium . . . . .	0,04	Spuren	Spuren	Spuren
Mangan . . . . .	0,50	0,25	0,50	0,23
Schwefel . . . . .	0,04	0,04	0,14	0,09
Phosphor . . . . .	0,08	0,07	0,12	0,11
	100,00	100,00	100,00	100,00

Die vordere Zahlenreihe bezieht sich auf das unveränderte Material, die zweite auf Probestücke, welche dadurch hergestellt wurden, dass man das im Lichtbogen geschmolzene Metall herabfliessen liess und das Schmelzprodukt durch weitere Behandlung mit dem Lichtbogen zu einem einheitlichen Stück von passender Form zusammen schmolz.

Ein weiterer Vorfall der Vereinigung der Metalle auf electrischem Wege ist der, dass kein Loth mit anderen physicalischen und chemischen Eigenschaften verwendet wird, und dass die Festigkeit der electrisch erzeugten Verbindungen nur ganz wenig oder gar nicht hinter der Festigkeit des ursprünglichen, unbearbeiteten Materials zurücksteht<sup>2)</sup>.

Fig. 12.

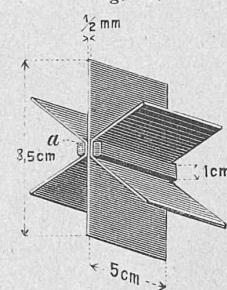
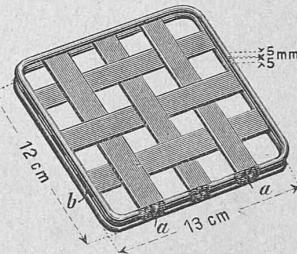


Fig. 13.



Endlich wollen wir nicht unerwähnt lassen, dass man das Verfahren auch unter Wasser zu Löthungen und Zertrennung von Metallstücken verwenden kann, was zumal für Zwecke der Marine von nicht zu unterschätzender Bedeutung sein dürfte.

Ueberblickt man die soeben angeführten Vorteile, welche dem Benardos'schen Verfahren eigenthümlich sind, so kann man sich der Ueberzeugung kaum verschliessen, dass man es hier mit einem neuen Hülfsmittel menschlicher Kunstfertigkeit zu thun hat, welches, wenn auch nicht die bisherigen Bearbeitungsweisen der Metalle gänzlich zu verdrängen, so doch an vielen bedeutungsvollen Stellen die bislang verwendeten Arbeitsweisen mit technischem und

Fig. 14.

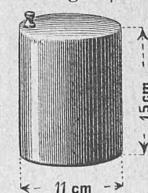
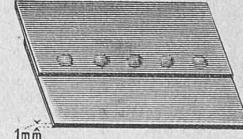


Fig. 15.



wirthschaftlichem Vortheile zu ersetzen berufen ist.

Besser als alle Auseinandersetzungen werden aber die Proben, welche ich ausgelegt habe, bei Ihnen die Ueberzeugung hervorrufen, dass die neue Bearbeitungsweise der Metalle die Beachtung verdient, welche von vielen Seiten dieser Erfindung bereits geschenkt worden ist.

Zunächst habe ich hier zwei Löthproben an Gusseisen. Eine gusseiserne Platte und ein aus demselben Material hergestelltes Excenterstück (Fig. 8 und Fig. 9) wurden zunächst mit dem Hammer zerschlagen und hierauf unter Zugabe kleiner Stücke Walzeisen und Anwendung von etwas thonhaltigem Sand als Flussmittel bei a mit dem Lichtbogen zusammengelöthet. Die Verbindung ist durch und durch eine vollständig gleichförmige und die Löthstelle ist weder hart noch spröde geworden. Gerade die That sache, dass man Gusseisenstücke in einfacher Weise rasch vereinigen kann, ist für die Praxis von ausserordentlichem Werthe.

In manchen Fabriken wird schon die Möglichkeit, mit dem Lichtbogen Gussporen, wie solche sich gewöhnlich

<sup>2)</sup> Die Festigkeit electrisch verschmolzener Metallstücke beträgt nach zahlreichen Festigkeitsversuchen 90 bis 100 % der des unbearbeiteten Metalles.

erst nach längerer Bearbeitung der Werkstücke herausstellen, in durchaus zuverlässiger Weise schliessen zu können, die Einführung des neuen Verfahrens allein lohnend erscheinen lassen.

Der grosse Vorzug, Eisenbleche oder auch Bleche anderer Metalle ohne irgend ein Loth zu einem Ganzen ohne Nieten verbinden zu können, wird schon jetzt in der Grobklemmperei ausserordentlich hoch geschätzt und wird bald für die Herstellung von Dampfkesseln aller Art, Torpedos, eiserner Böte u. s. f. voraussichtlich gute Dienste leisten. Es liegen Ihnen Proben einer Reihe verschiedener Blechverbindungen vor, ausgeführt an Stücken von den verschiedenartigsten Abmessungen. Besonders beachtlich erscheinen auch die Stücke eines Fasses (Fig. 10) und ferner der Theil der Wandung eines eisernen Bootes (Fig. 11).

Fig. 16.

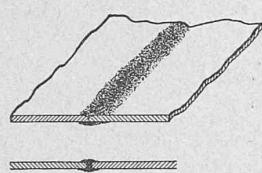
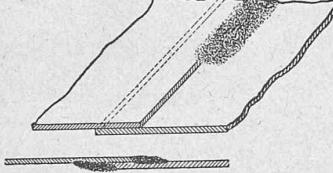


Fig. 17.



Einige andere Stücke (Fig. 12 und Fig. 13) sind nur angefertigt worden, um zu zeigen, dass es auch möglich ist, sehr dünne Bleche zu bearbeiten, und wie man dabei verfährt.

Als ein kleines Kunststück sauberer Arbeit auf diesem Gebiet ist der kleine Dampfkessel (Fig. 14) anzusehen, der mit ausgestellt ist. Derselbe wurde dadurch gebildet, dass man ein rechteckiges Blechstück zu einem Cylindermantel verlöthete und hierauf zwei wenig aufgetriebene Schalen als Deckel und Boden einschmolz.

Wie man Bleche mit einander verbinden kann, zeigen u. a. auch die beistehenden Abbildungen<sup>3)</sup> Fig. 15, 16, 17,

Fig. 18.

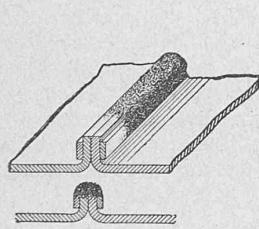
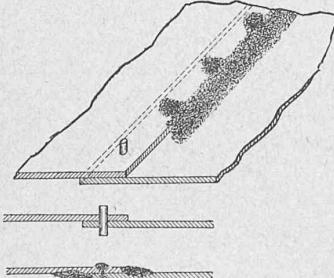


Fig. 19.



18 und 19. Die Ausführung der in Fig. 19 dargestellten ganzen electricischen Niete ist ohne Weiteres verständlich.

Das durch beide Bleche hindurchgehende Loch zur Aufnahme der Niete kann zwar durch den Lichtbogen eingeschmolzen werden, wahrscheinlich ist es aber zweckmässiger, diese Löcher zu bohren oder zu stossen und nur den Nietkörper oder nur die Nietköpfe durch Schmelzung herzustellen. Fig. 20 stellt einen Durchschnitt durch eine solche electriche Niete dar.

Als besonders vortheilhaft hat sich die sogenannte halbe electriche Niete herausgestellt. Für eine solche wird, wie dies Fig. 21 zeigt, nur das eine Blech *A* gelocht und diese Oeffnung hierauf mit im Lichtbogen geschmolzenem Metall ausgefüllt.

Die nächste Abbildung (Fig. 22) lässt erkennen, wie verfahren wird, um zwei dicke Eisenstäbe *A* und *B* mit einander zu einem Ganzen zu verbinden.

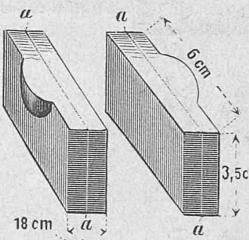
Dass das mit dem Lichtbogen geschmolzene Eisen nicht

<sup>3)</sup> Fig. 16, 17, 18 und 19 sind, mit Genehmigung der Redaction der Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure entnommen.

etwa spröde ist, lässt die Abbildung Fig. 23 erkennen. Der nach Fig. 22 aus zwei Theilen hergestellte Eisenstab ist nach dem Erkalten an der Löthstelle durch Hammerschläge rechtwinklig umgebogen worden, ohne dass die Stäigkeit des Zusammenhangs an irgend welcher Stelle gestört worden wäre.

Durch den Lichtbogen geschmolzenes Eisen ist kalt und warm biegsam, schmiedbar, zeigt ein sehniges Gefüge und ist ungefähr so hart und von derselben Festigkeit wie weicher Stahl. Die Abbildung Fig. 24 zeigt ein im Lichtbogen zusammengeschmolzenes Eisenstück, welches kalt gebogen worden ist und nirgends Neigung erkennen lässt, rissig zu werden.

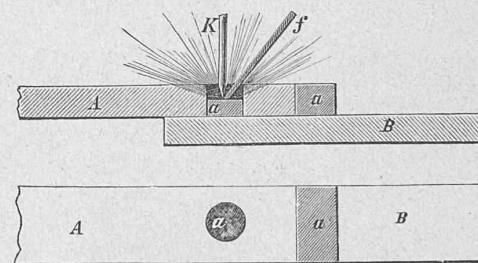
Fig. 20.



Für die Technik sehr wichtig ist es, dass man nunmehr auch Metalle unmittelbar ohne Anwendung eines Lothes verschmelzen kann, mit welchem man dies bisher nicht für möglich hielt, und dass man bei Gebrauch des Lichtbogens das Löthen auch bei Querschnitten anwenden kann, für welche man bisher nur das Schweissverfahren gebrauchen konnte. In Fig. 25 ist eine Axe von 7.5 cm Durchmesser abgebildet, welche aus drei einzelnen Stücken zusammengesetzt ist.

Die nächste Abbildung (Fig. 26) zeigt ein eisernes Rohr, welches durch Löthung mit einem Flantsch versehen worden ist und Fig. 27 ein Kupferrohr, welches durch Zu-

Fig. 21.



sammenlöthen von rund zusammengebogenem Blech hergestellt wurde.

Von manchen Seiten werden grosse Hoffnungen darauf gesetzt, dass es nach dem Benardos'schen Verfahren möglich ist, verschiedene Metalle ohne Dazwischenbringen eines Lothes durch eine Art Legirung beider Metalle zu verbinden (Metalle zu doubliren).

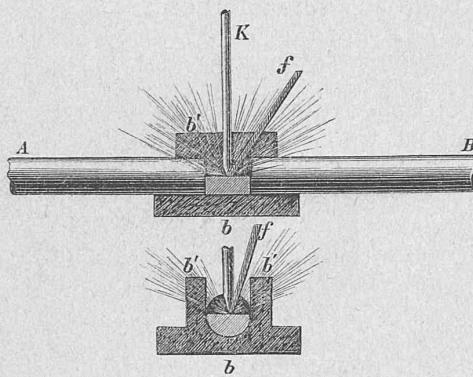
Die Proben, welche zur Vorlage gelangen, zeigen Verbindungen zwischen folgenden Metallen: Eisen mit Eisen (Ende an Ende); Eisen mit Rothkupfer (desgl.); Eisen mit Gusseisen (desgl.); Eisen mit Messing (desgl.); Eisen mit englischem Instrumentenstahl (desgl.); Rothkupfer mit Rothkupfer (desgl.); Rothkupfer mit Messing (desgl.); Rothkupfer mit Gusseisen (desgl.); Messing mit Messing (desgl.). Eisen, auf der ganzen Fläche mit Rothkupfer überzogen; Eisen, auf der ganzen Oberfläche mit Zinn überzogen; Eisen, auf der ganzen Oberfläche mit Blei überzogen. Jedesmal liegt zwischen beiden Metallen eine Schicht, welche als eine Legirung der Substanzen anzusehen ist, so dass ein ganz allmälicher Uebergang des einen Metalles in das andere stattfindet.

Zumal die chemische Industrie würde ausserordent-

lich gefördert werden, wenn es auf diese Weise gelingt, Eisenkessel innen mit Blei oder Kupfer, kupferne Gefässen innen mit einer Platinschicht dauerhaft zu überziehen.

Mit dem Lichtbogen kann man auch Stahl mit minderwertigem Eisen zusammenlöthen, ohne dass der Stahl verbrennt. Fig. 28 stellt z. B. einen Drehstahl dar, bei welchem nur der Dorn aus Stahl besteht, während der

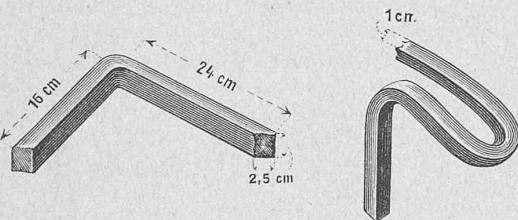
Fig. 22.



Körper des Werkzeuges aus gewöhnlichem Eisen gebildet ist. Der Stahl ist sogar schon in Gebrauch gewesen.

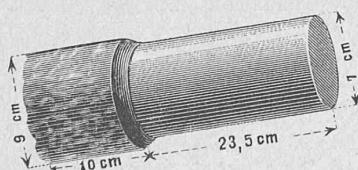
Für die Kreise unseres Vereins dürfte ferner noch die Vereinigung electrischer Leitungsmaterialien von beson-

Fig. 23.



dem Werthe sein. Die Verbindung von Drähten unter Anwendung des Lichtbogens ist deshalb von Werth, weil das Umbiegen der Enden, das Ueberschieben eines Ringes und das Verlöthen der Enden mit dem Ringe zu einer Art

Fig. 25.



Knopf, wie dies Fig. 29 zeigt, alles in allem nur wenige Minuten und eine geringe Anzahl von Accumulatoren beansprucht und man auf diese Weise eine Vereinigung erhält, welche nicht nur sehr gut dem Zuge widersteht, sondern auch hinsichtlich der dauernden Leistungsfähigkeit allen Ansprüchen besser genügt, als die meisten bisher verwendeten Verbindungsweisen.

Ungemein nahe liegt die Versuchung, das Benardos'sche Verfahren mit dem Schweißverfahren von Elihu Thomson zu vergleichen. Mit Rücksicht auf die fortgeschrittene Zeit aber verzichte ich für diesmal auf nähere Erörterungen in dieser Richtung und erwähne nur, dass die Vereinigung der Metalle unter Anwendung des Lichtbogens sich zu der Verschweissung der Metalle durch Stromwärme in wirtschaftlicher Beziehung ungefähr ähnlich verhält, wie das Bogenlicht zu dem Glühlichte. Man sieht sofort ein, dass Verbindungen mit sehr grossen Querschnitten nach dem Thomson'schen Verfahren überhaupt nicht möglich sind, während das Benardos'sche Verfahren hier gerade an seinem

Platz ist. Für die Vereinigung ganz feiner Drähte, vielleicht auch sehr dünner Bleche (unter 1 mm), wird meistentheils der Lichtbogen in seiner Wirkung zu kräftig sein. Da könnte vielleicht die Thomson'sche Methode unter Anwendung der von Benardos gebrauchten Art der Regelung der Spannung und Stromstärke mit Vortheil benutzt werden.

Nachdem seit dem Ende der Steinzeit mehrere Jahrtausende hindurch die Menschen bis heute fast ausschliesslich unter Anwendung der durch Brennmaterial erzeugten Wärme

Fig. 26.

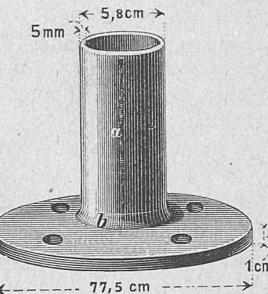
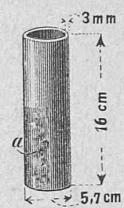


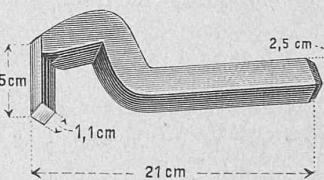
Fig. 27.



die Metalle mit immer fortschreitender Geschicklichkeit bearbeitet haben, war es unserer Zeit vorbehalten, eine vollständig neue Art, Metalle zu behandeln, in Gebrauch zu nehmen.

Während man auf dem Gebiete der Kunst die Leistungen des Hellenenvolkes um die Zeit des Perikles noch

Fig. 28.



immer als unerreichte Muster hinstellt, haben wir in der Erkenntnis der Naturgesetze und den bewussten Anwendungen derselben einen wirklichen Fortschritt der modernen gegenüber der antiken Cultur zu verzeichnen. Kommende Jahrhunderte werden dem, was in diesen Richtungen in unsern Tagen geleistet worden ist, gewiss volle Gerechtigkeit widerfahren lassen. Die Erfindung der Bearbeitung

Fig. 29.



der Metalle unter Zuhilfenahme der Electricität wird dann wahrscheinlich als ein Ereigniss verzeichnet werden, welches unmittelbar neben der Erfindung der Dampfmaschine, des Telegraphen, des Fernsprechers, des electrischen Lichtes und der electrischen Kraftübertragung genannt wird.

#### Patentliste.

Mitgetheilt durch das Patent-Bureau von Bourry-Séquin in Zürich.

Fortsetzung der Liste in Nr. 6 XI. Band der „Schweiz. Bauzeitung“. Folgende Patente wurden an Schweizer oder in der Schweiz wohnende Ausländer ertheilt.

#### 1887

Decbr. 14. Nr. 42259 J. Billon-Haller, Genf: Abstellvorrichtung für Spieldosen.

„ 21. „ 42337 C. Paillard & Co., Ste, Croix: Umschalt- und Abstellvorrichtung für Spieldosen.

#### 1887

Decbr. 7. Nr. 16611 Kuhn & Tièche, Reconvillier: Verbesserungen an Remontoir-Uhren.

#### in England