

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 34 (1943)
Heft: 19

Artikel: Beziehungen zwischen Schweissstrom, Schweisszeit, Energiekonsum, Elektrodenverbrauch und Schweisskosten
Autor: Müller, R.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1061761>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 03.04.2025

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

REDAKTION: Sekretariat des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins Zürich 8, Seefeldstrasse 301	ADMINISTRATION: Zürich, Stauffacherquai 36 ♦ Telephone 5 17 42 Postcheck-Konto VIII 8481
---	---

Nachdruck von Text oder Figuren ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit Quellenangabe gestattet

XXXIV. Jahrgang

N° 19

Mittwoch, 22. September 1943

Bericht über die Tagung des SEV für elektrisches Schweißen vom 5. Mai 1943, in Basel

Bei einer Beteiligung von rund 250 Personen wurden folgende Vorträge gehalten:

A. Schweißen mit Lichtbogen

1. Lichtbogenschweißgeräte und ihre Grundlagen. Die Gleichstromschweißung. Referent: H. Hafner, Zürich-Oerlikon.
2. Beziehungen zwischen Schweißstrom, Schweißzeit, Energiekonsum, Elektrodenverbrauch und Schweisskosten. Referent: R. Müller, Zürich-Genf.
3. Das «Elin-Hafergut»-Verfahren für die Dünnblechschweißung. Referent: Dr. H. Hauser, Zürich-Oerlikon.
4. Erfahrungen und Diskussion:
 - a) Erfahrungen beim Schweißen von Wasserturbinen. Referent: Dr. H. Oertli, Bern.
 - b) Die elektrische Reparaturschweißung von Gusseisen. Referent: H. Zwicky, Kriens.
 - c) Erfahrungen bei der Ausbildung von Elektroschweißern. Referent: A. Kindschi, Basel.

B. Widerstandsschweißen

5. Die Grundlagen der Widerstandsschweißung. Referent: P. Vögeli, Baden.
6. Anwendungsgebiete und Maschinenarten der elektrischen Widerstands-Schweißung und -Erhitzung. Referent: H. A. Schlatter, Zollikon.
7. Ueber das Punktschweißen von Aluminium und Aluminiumlegierungen. Referent Dr. R. Irmann, Neuhausen.

Es ist beabsichtigt, in absehbarer Zeit in einer besonderen Versammlung die Frage der Rückwirkung der Schweissmaschinen und -apparate auf das Netz zu behandeln.

Im folgenden beginnen wir in zwangloser Reihenfolge mit der Veröffentlichung einzelner Vorträge; alle Vorträge und die Diskussion werden als Sonderdruck herausgegeben. Bestellung nimmt die Gemeinsame Geschäftsstelle des SEV und VSE, Seefeldstr. 301, Zürich 8 (Tel. 4 67 46) jetzt schon entgegen. Der genaue Preis wird später bekanntgegeben; er dürfte etwa 5 bis 6 Fr. betragen.

Der Präsident des SEV, Herr Prof. Dr. P. Joye, begrüßte die Mitglieder und Gäste, ferner die Referenten und Herrn

G. L. Meyfarth, Generaldirektor der S. A. des Ateliers de Sécheron, Genf, dem er als einem der bedeutenden Förderer des elektrischen Schweißens den Tagesvorsitz übergab.

Herr G. L. Meyfarth, Tagesvorsitzender, dankt für die Ehrung und leitet die Tagung folgendermassen ein:

Meine Herren, wir dürfen im Zusammenhang mit der heutigen Schweisstagung vielleicht daran erinnern, dass wir an der Generalversammlung des SEV in Genf im Jahre 1930 erstmals in einem Vortrag die revolutionäre Umwälzung aufgezeigt haben, welche sich damals durch die aufstrebende Elektroschweißung in den Fabrikationsmethoden der Elektroindustrie anbahnte¹⁾. Ich habe bei diesem Anlass speziell auf die grossen technischen und wirtschaftlichen Vorteile der Elektroschweißung hingewiesen, nämlich: bedeutende Gewichtsersparnis bei gleichzeitiger Erhöhung der mechanischen Festigkeit der geschweißten Konstruktionen gegenüber den herkömmlichen Konstruktionsarten. Damals und noch längere Zeit standen der neuen Entwicklung hauptsächlich Vorurteile ästhetischer Natur entgegen. Die neue Fabrikationsmethode setzte neue Konstruktionsformen voraus, die zum Teil erst noch gesucht und gefunden werden mussten, und an welche sich die Kundschaft nicht leicht gewöhnen konnte oder wollte. Die seitherige Entwicklung beweist einmal mehr, dass sich das Neue, wenn es wirtschaftliche Vorteile bietet, durchsetzen vermag. Die Aesthetik passt sich in diesem Falle der Formel an: «Schön ist, was gut ist.»

Meine Herren, die heutigen Vorträge vermitteln uns ein voll gerüttelt Mass von anregendem und zum Teil neuem technischem Wissen und Erfahrungen. Ich bitte die Herren Referenten und Diskussionsredner, sich möglichst kurz und bündig zu fassen. Erinnern wir uns des Spruches: «In der Kürze liegt die Würze.» Und dieser alten Weisheit meinen persönlichen Tribut zollend, eröffne ich die Schweisstagung des SEV. (Es folgen die Vorträge.)

¹⁾ Bull. SEV 1930, Nr. 16, S. 533.

Beziehungen zwischen Schweißstrom, Schweißzeit, Energiekonsum, Elektrodenverbrauch und Schweisskosten

Referat, gehalten an der Diskussionsversammlung des SEV vom 5. Mai 1943 in Basel, von R. Müller, Zürich-Genf

Auf Grund von Versuchen und Erfahrungen werden Kurven angegeben, die gestatten, die Elemente für die Kostenberechnung einer Schweissarbeit zu ermitteln, nämlich: Elektrodenzahl, Schweißzeit, Energieverbrauch bei Gleichstrom und bei Wechselstrom. Weitere Kurven geben die Kosten für das Aufschmelzen von 1 kg Schweissgut im Kleinbetrieb und im Grossbetrieb. Diese Angaben werden schliesslich auf das Beispiel der Verbois-Generatoren angewendet.

Présentation de diagrammes, basés sur des essais et des expériences, qui permettent de déterminer les éléments entrant en ligne de compte pour le calcul du prix de revient d'un travail de soudure: nombre d'électrodes utilisées, temps de soudage et consommation d'énergie en courant continu et en courant alternatif. D'autres diagrammes indiquent les frais occasionnés par le dépôt d'un kilogramme de soudure en tenant compte des conditions de travail dans les petites et les grandes entreprises. Application de ces données aux alternateurs de l'Usine du Verbois.

621.791.7.003

Fast täglich werden mir Fragen gestellt, die etwa lauten:

- Was kostet eine Schweissnaht?
- Wie viele Elektroden sind nötig?
- Welches ist der Energieverbrauch?

Wie setzen sich die Schweisskosten zusammen und was für einen Einfluss haben sie auf den Preis der ganzen Arbeit?

Zur Zeit der Einschränkung des Elektrizitätsverbrauches wurde ich auch verschiedentlich gefragt, ob man nicht Energie sparen könnte, wenn man nur mit kleinen Strömen, auf den untern Stufen der Schweissmaschine, arbeiten würde.

Kürzlich wollte jemand wissen, wie lange der Verbois-Generator, welcher vollständig elektrisch

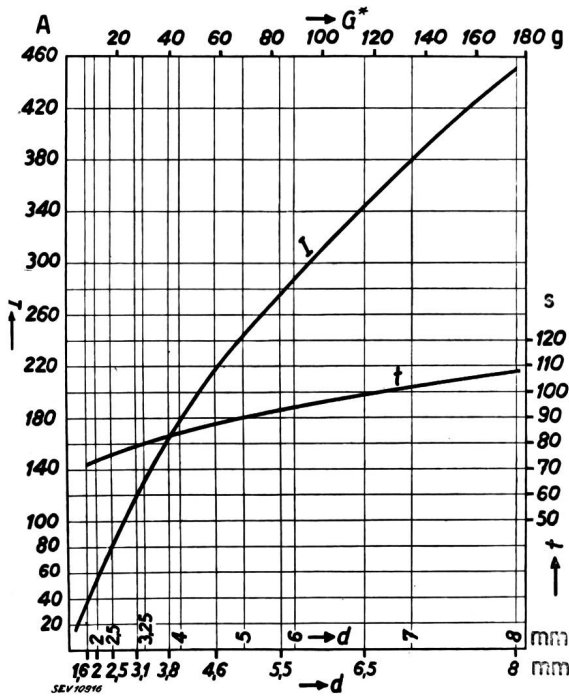


Fig. 1

Schweißstrom I und zugehörige Schweisszeit t zum Verschweissen einer Elektrode

G^* Elektrodengewicht in g.
 d Elektrodendurchmesser in mm.

geschweisst ist, laufen müsse, um die Energie zu erzeugen, die nötig war, um ihn zu schweissen.

Die Beantwortung solcher Fragen ist nicht besonders schwierig; es sind aber so viele Faktoren zu berücksichtigen, die das Resultat massgebend beeinflussen, dass es meistens nicht möglich ist, sofort eine allgemein gültige Antwort zu erteilen.

Ich habe deshalb im Folgenden die Beziehungen zwischen Schweißstrom, Schweisszeit, Energiekonsum, Elektrodenverbrauch und Schweisskosten graphisch zusammengestellt. Aus diesen Kurven können nun die Antworten auf solche und ähnliche Fragen leicht herausgelesen und beantwortet werden.

Fig. 1 zeigt Schweißstrom und Schweisszeit als Funktion des Elektrodengewichtes für Elektroden gleicher Länge. Auf der linken Ordinate sind die Ströme aufgetragen und auf der rechten die Zeit. Auf der Abszisse sind oben die Elektroden-

gewichte und unten die zugehörigen Drahtdurchmesser aufgetragen für 45 cm lange Elektroden. Die obere Reihe gibt die Durchmesser der englischen Drahtlehre, die untere Reihe diejenigen der «Sécheron»-Drahtlehre nach DIN-Normen. Der Uebersichtlichkeit halber sind auf den folgenden Bildern nur noch die «Sécheron»-Durchmesser eingezeichnet; man kann aber jeden beliebigen andern Durchmesser nachträglich noch einzeichnen, indem man auf der Abszisse das entsprechende Drahtgewicht aufträgt.

Aus Kurve I können die Grössen der Schweissströme für die verschiedenen Elektrodendurchmesser entnommen werden. Es handelt sich natürlich um Mittelwerte, denn je nach Arbeit und Elektro-

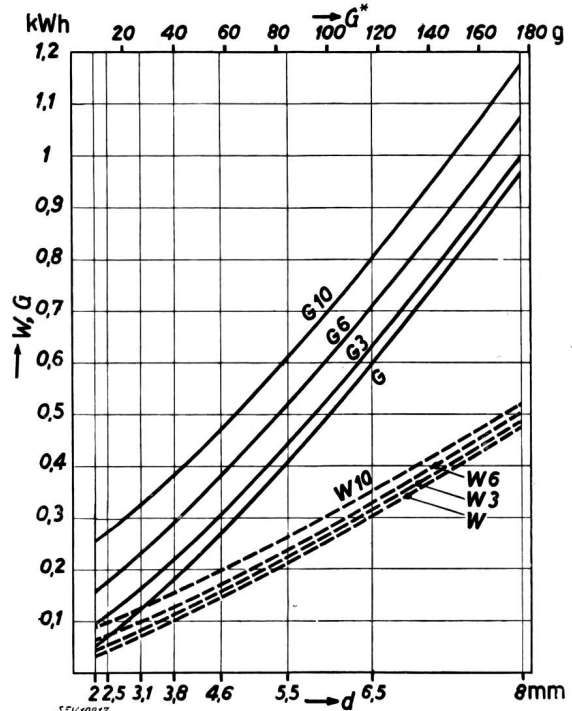


Fig. 2.

Energieverbrauch beim Verschweissen einer Elektrode in Funktion des Elektrodendurchmessers bzw. -gewichtes.

G bei pausenlosem Schweiessen (Dauerschweissbetrieb) mit Gleichstrom; G_3 , G_6 , G_{10} bei Spieldauer 3, 6, 10 min.
 W bei Dauerschweissbetrieb mit Wechselstrom; W_3 , W_6 , W_{10} bei Spieldauer 3, 6, 10 min.

dentyp können die Schweißströme grösser oder kleiner gewählt werden. Wenn aber die Schweißströme gewählt sind, dann sind die Schweisszeiten t gegeben.

Kurve t gibt die Abschmelzzeiten von Elektroden der verschiedenen Durchmesser. Es sei beigefügt, dass für einen bestimmten Elektrodendurchmesser die Schweisszeiten innerhalb praktischer Grenzen umgekehrt proportional den Schweißströmen sind. Wenn man also die Schweißströme z. B. um einen Drittel erhöht, dann verkürzen sich die Schweisszeiten um einen Drittel und umgekehrt. Wir sind somit in der Lage, mit Hilfe der Uhr die Schweißströme zu berechnen. Dieses Kennntnis kann uns in der Praxis oft gute Dienste leisten, wenn wir rasch und ohne Umtriebe einen Schweisser kontrollieren wollen.

Diese Werte sind praktisch unabhängig von der Stromart, mit welcher wir schweissen.

Fig. 2 zeigt den Energiebedarf, um die Elektroden verschiedener Dimension zu verschweissen.

Bekanntlich ist der Schweissbetrieb sehr unruhig, und eine exakte und zuverlässige Ablesung der Messinstrumente bietet oft grosse Schwierigkeiten; besonders ist dies bei Leistungsmessungen der Fall. Ich habe deshalb diese Messungen mit dem Zähler ausgeführt. Diese Methode hat auch den Vorteil, dass sie nicht Momentanwerte liefert, sondern direkt Integralwerte. Alle Messungen wurden primärseitig ausgeführt, um die Wirkungsgrade der ganzen Anlage zu berücksichtigen.

Theoretisch sollten die vorliegenden Kurven gerade Linien sein, da der Energieverbrauch offenbar proportional dem Gewichte des aufgeschweissten

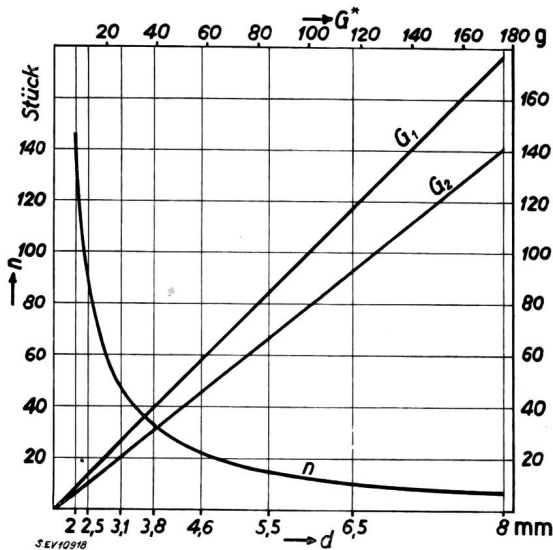


Fig. 3.
 Elektrodenzahl n für 1 kg Schweissgut
 G_1 Drahtgewicht einer Elektrode.
 G_2 Schweissgutgewicht für eine Elektrode.

Eisens sein sollte. Praktisch ergeben sich aber andere Werte, weil der Energieverbrauch auch vom Wirkungsgrade der Schweissmaschine abhängig ist, und dieser ist nicht einmal auf jeder Stromstufe gleich.

Alle Versuche wurden nur mit ganz modernen Schweissanlagen ausgeführt.

Für einen gegebenen Elektrodendurchmesser ist der Energieverbrauch unabhängig von der Grösse des Schweißstromes.

Aus der Kurve W können wir den Energieverbrauch bei Dauerschweissbetrieb entnehmen, wenn mit Wechselstrom geschweisst wird, und aus der Kurve G dasselbe, wenn mit Gleichstrom gearbeitet wird.

Es fällt hier deutlich auf, dass der Energieverbrauch bei Gleichstrom etwa doppelt so gross ist wie bei Wechselstrom. Diese Tatsache ist dadurch begründet, dass der Wirkungsgrad eines Transformators bedeutend höher ist als der einer Umformerguppe.

Der Schweissbetrieb ist ein sehr variabler Betrieb. Vollast wechselt mit Leerlauf in allen möglichen Varianten. Um diesen scheinbar unberechenbaren Betrieb der Rechnung zugänglich zu machen,

hat man den Begriff der Spieldauer geschaffen. Beispielsweise bedeutet ein Zweiminutenspiel, dass man durchschnittlich alle zwei Minuten eine Elektrode abschmilzt, also 30 Stück in der Stunde. Es ist dies ein sehr strenger Betrieb; theoretisch könnte man damit im Jahre mit einer einzigen Schweissanlage über 75 000 Elektroden verschweissen. Für unsere Betrachtungen werden hier 3-, 6- und 10-Minuten-Spiele angenommen.

Aus den Kurven W_3, W_6 und W_{10} kann man den Energieverbrauch ablesen, wenn im 3-, 6- oder 10-Minuten-Spiel mit Wechselstrom geschweisst wird.

Den Kurven G_3, G_6 und G_{10} kann man dasselbe entnehmen, wenn mit Gleichstrom gearbeitet wird.

Mit grösserem Schweißspiel wird die Differenz

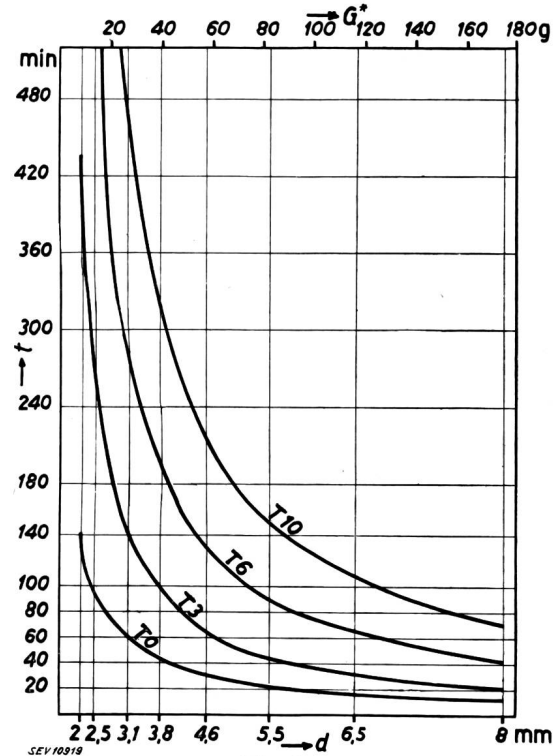


Fig. 4.
 Schweisszeit t für das Aufschmelzen von 1 kg Schweissgut
 T_0 dauerndes Schweissen.
 T_3, T_6, T_{10} Spieldauer 3, 6, 10 min.

des Energieverbrauchs zwischen Gleich- oder Wechselstrom grösser, weil sich die Leerlaufverluste, welche bei den Gleichstromschweissmaschinen ein Mehrfaches derjenigen der Wechselstromschweissmaschinen sind (ca. das Vierfache), stärker auswirken.

In Fig. 3 ist der Elektrodenbedarf aufgezeichnet, welcher nötig ist, um 1 kg Schweissgut aufzuschmelzen. Durch den Verlust des Elektrodenendes, sowie durch Schweißspritzer und Verdampfung von Eisen verliert man ca. 20 % vom Drahtgewicht der Elektroden. Die Stromart hat praktisch keinen Einfluss auf diese Verluste, es sei denn, man arbeite mit einem ganz schlechten Apparat, welcher beim Schweissen besonders starke Spritzer erzeugt. Es kommt aus Kurve n besonders deutlich zum Ausdruck, was für einen grossen Einfluss die Elektrodenstärke hat.

Um mit einer 8 mm dicken Elektrode 1 kg Schweissgut aufzuschmelzen, benötigt man nur ca. 7 Stück, bei einer 2 mm dicken Elektrode benötigt man aber 145 Stück. Es ist dies zwar ein Extremfall, aber schon innerhalb aufeinanderfolgender Elektrodendicken kann die Differenz ganz beträchtlich sein, und wir können bereits erkennen, dass die Wahl der Elektrodenstärke einen ganz besonders grossen Einfluss auf unsere Berechnungen ausüben wird.

Fig. 4 gibt über die Schweisszeiten Aufschluss, die erforderlich sind, um 1 kg Schweissgut aufzuschmelzen. Man erkennt auch hier wieder den grossen Einfluss der Elektrodenstärke, aber auch die Schweißspiele beeinflussen die Werte in grossem Masse. Auf der Kurve T_0 liegen die Werte für die reine Schweisszeit, also ohne Pausen, und auf den Kurven T_3 , T_6 und T_{10} finden wir die Werte beim 3-, 6- oder 10-Minuten-Spiel. Je nach den Umständen können wir somit 1 kg Schweissgut schon in 20 Minuten auftragen, oder wir müssen dazu mehr als einen Arbeitstag aufwenden.

Die Stromart hat praktisch keinen Einfluss auf diese Werte.

Fig. 5 zeigt den Energieverbrauch, der nötig ist, um 1 kg Schweissgut aufzuschmelzen. Der Kurve W können wir den Energieverbrauch entnehmen, wenn mit Wechselstrom im Dauerschweissbetrieb geschweisst wird, und der Kurve G dasselbe, wenn mit Gleichstrom gearbeitet wird.

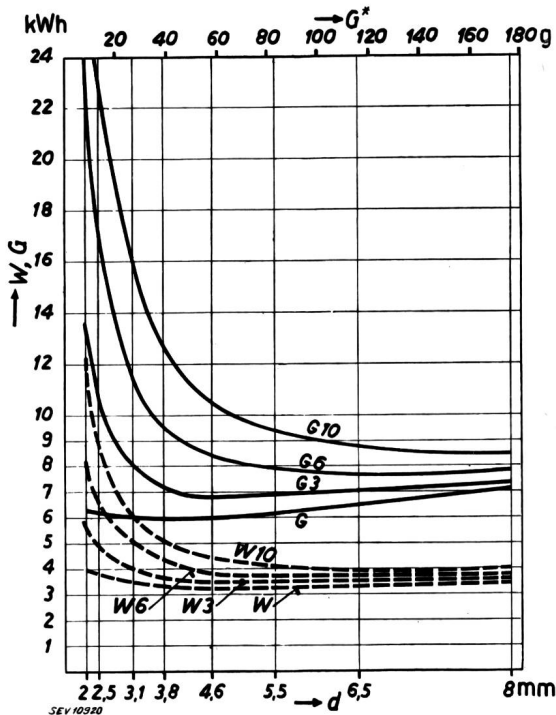


Fig. 5.

Energieverbrauch zum Aufschmelzen von 1 kg Schweissgut G bei Gleichstrom. W bei Wechselstrom.

Wir erkennen hier sofort wieder die bekannte Differenz im Energieverbrauch, wenn mit Wechselstrom oder mit Gleichstrom geschweisst wird. Es fällt hier aber auf, dass diese Kurven vom Elektrodendurchmesser fast unabhängig sind. Nach kurzer

Ueberlegung müssen wir aber erkennen, dass es so sein muss, weil offenbar die gleiche Energie nötig ist, um 1 kg Eisen aufzuschmelzen, ob dasselbe aus vielen kleinen Stücken besteht oder aus wenig dicken Stücken. Theoretisch sollten diese Kurven

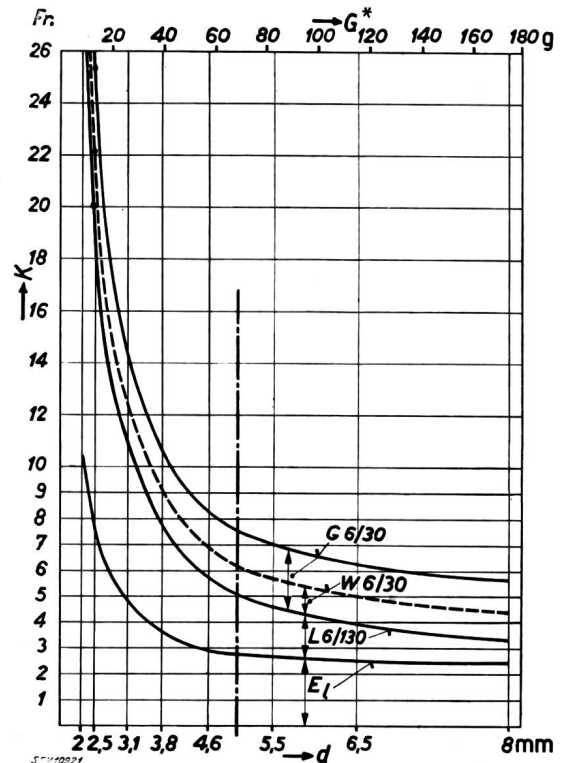


Fig. 6.

Kosten K zum Aufschmelzen von 1 kg Schweissgut im Kleinbetrieb

- E_1 Elektrodenkosten.
- L 6/130 Lohnkosten + E_1 .
- W 6/30 Energiekosten + L 6/130 + E_1 = Total bei Wechselstrom.
- G 6/30 Energiekosten + L 6/130 + E_1 = Total bei Gleichstrom.

gradlinig sein und parallel zur Abszissenachse, dies ist aber nicht der Fall, weil die Wirkungsgrade nicht auf allen Stufen gleich gross sind.

Die Kurven W_3 , W_6 und W_{10} geben den Energieverbrauch im 3-, 6- oder 10-Minuten-Spiel mit Wechselstrom und die Kurven G_3 , G_6 und G_{10} dasselbe, wenn mit Gleichstrom geschweisst wird. Diese Kurven müssen wieder ausgeprägtere Formen annehmen und die Werte werden auch wieder vom Elektrodendurchmesser beeinflusst, weil sich hier wieder die Leerlaufverluste auswirken. Wenn wir 1 kg Schweissgut mit dünnen Elektroden auftragen, dann sind mehr Elektroden nötig, und dementsprechend gibt es mehr Schweisspausen. Die Differenz zwischen Gleich- und Wechselstrom wird hier auch noch ausgeprägter, weil, wie wir schon gesehen haben, die Leerlaufverluste bei Gleichstrom viel grösser sind als bei Wechselstrom.

Um im Sechsminutenbetrieb mit einer 4,6 mm dicken Elektrode 1 kg Schweissgut aufzuschmelzen, benötigt man 3,8 kWh bei Wechselstrom und 8,4 kWh bei Gleichstrom. Wenn man eine nur 2,5 mm dicke Elektrode verwendet, dann benötigt man bei Wechselstrom 6,5 kWh und 16,5 kWh bei Gleichstrom. Mit diesem Beispiel ist die Frage, die ich

bei der Einleitung erwähnt habe, auch klar beantwortet.

Man kann keine Energie sparen, wenn man mit kleinen Schweißströmen arbeitet.

Unter Zuhilfenahme der bisher ermittelten Resultate kann man nun eine Zusammenstellung über die Schweisskosten machen. In Fig. 6 sind die Verhältnisse aufgezeichnet, die etwa in einem Kleinbetrieb, bei einem Landschmied, vorliegen dürften.

Es wurde angenommen, dass der Energiepreis 30 Rp./kWh betrage und dass der Schweisserlohn 1.30 Fr./h betrage. Für die Elektroden habe ich die Vorkriegslistenpreise des Typs SCW eingesetzt, und dabei angenommen, dass im 6-Minuten-Spiel gearbeitet werde.

Alle Werte beziehen sich auf 1 kg Schweissgut. Es ist mir wohl bekannt, dass man sonst für solche Berechnungen meistens vom Elektrodenverbrauch oder der Schweissnahtlänge ausgeht. Ich empfehle aber, einmal auch den Versuch zu machen, vom Schweissgutgewicht auszugehen. Die Berechnung auf dieser Grundlage erscheint mir leichter und ebenso zuverlässig, aber übersichtlicher.

Wenn wir nun von einer Schweisskonstruktion das Gewicht der Schweissnaht kennen und wissen, mit wie dicken Elektroden geschweisst wird, dann können wir aus Fig. 6 nicht nur sofort die Gesamtkosten herauslesen, sondern auch, wie sich diese zusammensetzen.

Wenn wir z. B. eine Arbeit mit 3,8 mm dicken Elektroden ausführen, dann findet man für 1 kg Schweissgut:

Totale Schweisskosten und	Fr. 9.— bei Wechselstrom
Die Elektroden kosten	Fr. 10.60 bei Gleichstrom
Der Lohn	Fr. 3.60
Die Energie	Fr. 4.10
und	Fr. 1.30 bei Wechselstrom
	Fr. 2.90 bei Gleichstrom

Man beachte die Differenzen der Schweisskosten, wenn mit einer um eine Nummer dickern oder dünneren Elektrode gearbeitet wird.

Für den Kleinbetrieb kommen nur die Werte links der strichpunktierten Linie in Frage, da kaum mit grösseren Elektroden als 5 mm geschweisst wird.

Ganz allgemein kann man sagen, dass bei den Verhältnissen des vorliegenden Betriebes die Auslagen für den Schweisserlohn etwa gleich gross sind wie diejenigen für die Elektroden, und die Energie beträgt ca. 1/3 der Elektrodenkosten, wenn mit Wechselstrom geschweisst wird, und ca. 3/4 der Elektrodenkosten, wenn mit Gleichstrom gearbeitet wird.

Fig. 7 zeigt die Verhältnisse, die bei einem Grossbetriebe anzutreffen sein dürften. Es ist angenommen, die Kosten für die Elektroden seien 17,5 % kleiner als beim Kleinbetrieb, weil der Grossbetrieb zufolge grosser Abschlüsse die Elektroden billiger einkauft. Den Lohnkosten sei ein Schweisserlohn von Fr. 1.70 zugrunde gelegt. Wenn mit dem Schweisser gleichzeitig noch ein Handlanger arbeitet, wie es in vielen Fällen üblich ist, dann setzt man die Summe der beiden Löhne ein. Die Energie soll 8 Rp./kWh kosten.

Analog wie vorhin können wir nun die Schweisskosten ablesen; das gleiche Beispiel, wie bei Fig. 6, ergibt für 1 kg Schweissgut folgende Resultate:

Totale Schweisskosten und	Fr. 8.60 bei Wechselstrom
Die Elektroden kosten	Fr. 9.10 bei Gleichstrom
Der Lohn	Fr. 2.90
Die Energie	Fr. 5.30
und	Fr. 0.40 bei Wechselstrom
	Fr. 0.90 bei Gleichstrom

Allgemein betrachtet, sehen wir, aus Fig. 7, dass beim Arbeiten mit dicken Elektroden die Lohn- und die Elektrodenkosten etwa gleich gross sind. Beim Arbeiten mit dünnen Elektroden wird der Anteil der Lohnkosten aber rasch grösser. Die Energiekosten beeinflussen die Schweisskosten verhältnismässig wenig; immerhin gibt aber ein Grossbetrieb, wenn er jährlich etwa 500 000 Elektroden verschweisst und für die kWh nur 6 Rappen bezahlt, für Energie ca. 5500 Fr. aus, wenn mit Wechselstrom geschweisst, und ca. 12 000 Fr., wenn mit Gleichstrom geschweisst wird.

Alle grösseren Schweissnähte setzen sich aus Lagen, die mit verschiedenen dicken Elektroden aufgetragen wurden, zusammen; in diesem Falle muss man für jeden Elektrodendurchmesser die Kosten

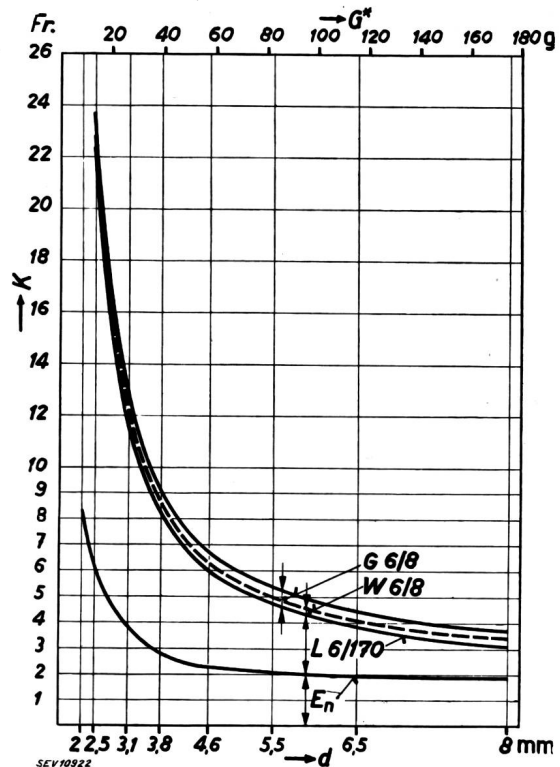


Fig. 7. Kosten K zum Aufschmelzen von 1 kg Schweissgut beim Grossbetrieb

E_n Elektrodenkosten.
 L 6/170 Lohnkosten + E_n .
 W 6/8 Energiekosten + L 6/170 + E_n = Total bei Wechselstrom.
 G 6/8 Energiekosten + L 6/170 + E_n = Total bei Gleichstrom.

pro kg einzeln herauslesen und dann zusammenzählen, um die Gesamtkosten zu erhalten.

Diese beiden Beispiele gelten für ganz bestimmte Betriebe. Unter Verwendung der vorliegenden Graphiken kann sich aber jeder solche Kurven zusammensetzen, die auf seinen eigenen Betrieb zuge-

schnitten sind. Die Energie-, Lohn- und Elektrodenkosten sind bekannt; es sind nur noch die Spieldauern zu wählen.

Es sollten natürlich auch noch die Amortisationskosten berücksichtigt werden. Diese sind aber, bezogen auf die Schweissgut-Kilogramm-Kosten so klein, dass ich sie durch Kurven nicht deutlich genug hätte darstellen können. Man kann sie aber in den allgemeinen Betriebsunkosten berücksichtigen.

Beispiel:

Die Verbois-Generatoren

Zum Schlusse meiner Ausführungen möchte ich kurz einige Daten am Beispiel der Verbois-Generatoren der Sécheron-Werke A.-G. erläutern. Dieses Beispiel ist an und für sich schon interessant, nicht nur für die Schweisspezialisten.

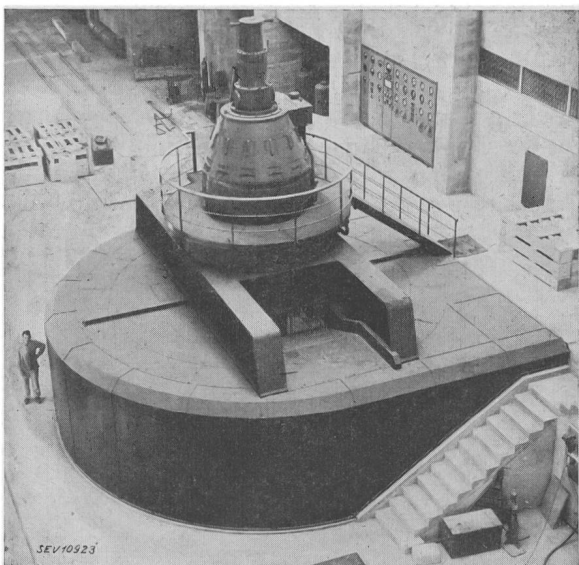


Fig. 8.
Der erste Verbois-Generator
27 500 kVA, 18 kV, 136 U/min.

Fig. 8 zeigt den ersten Verbois-Generator, der seit Mitte Januar 1943 im Betrieb steht¹⁾. Die Leistung beträgt 27 500 kVA, die Spannung 18 000 V, die Drehzahl 136 U/min, das Gewicht 282 t. Die totale Höhe misst 8 m und der grösste Durchmesser 8,8 m. Die ganze Konstruktion ist elektrisch geschweisst. Die geschweissten Teile wiegen zusammen ca. 170 t, das sind 60 % des Gesamtgewichtes.

Die Eisenkonstruktion des Stators (Fig. 11) wiegt 23 t und die Schweissnahtgewichte betragen 415 kg, das sind 1,8 % dieser Konstruktion (Fig. 9).

In Fig. 10 sieht man den Radstern, auf einem Spezialwagen verladen, bereit, nach Verbois transportiert zu werden. Dieser wiegt 15,6 t und die Schweissnahtgewichte betragen 380 kg, das sind 2,45 % dieser Konstruktion.

Fig. 12 zeigt einen Teil des Magnetkranzes. Diese Konstruktion ist ganz besonders interessant. Der ganze Kranz besteht aus 6 Paketen, jedes einzelne Paket aus 5 Blechringen von 40 mm Dicke. Diese Ringe sind aus 9 Segmenten zusammengesetzt, welche aus Blechtafeln herausgeschnitten und dann

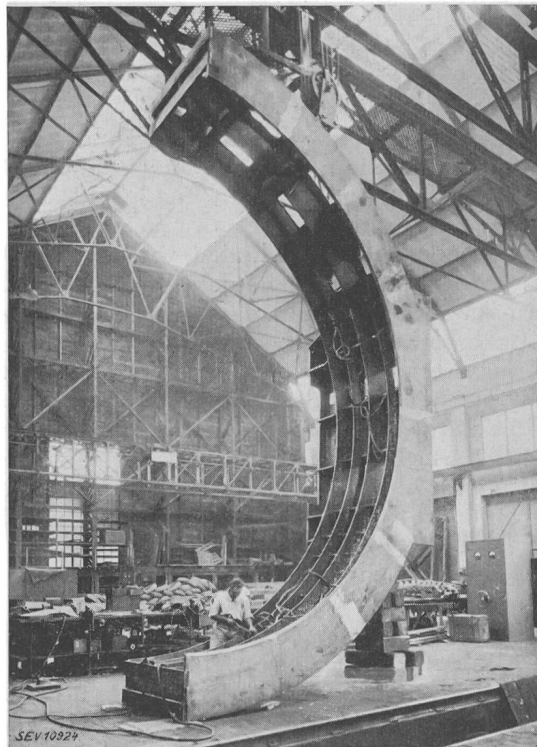


Fig. 9.
Statorhälfte

durch X-Nähte zu einem Ringe zusammengesweisst wurden. Die totale Nahtlänge aller Ringe beträgt 154 m, und sämtliche Schweissnähte wurden mit unserer Röntgenanlage durchleuchtet und sorgfältig auf etwaige Schweissfehler untersucht.

Meines Wissens ist diese Konstruktion neu, und sie hat sich ausgezeichnet bewährt. Früher hat man diese Kränze giessen lassen, es wäre aber wegen dem Bahntransport nicht möglich gewesen, diese in einem Stück zu erhalten, während es hingegen so möglich war, die ganzen Magnetpakete in

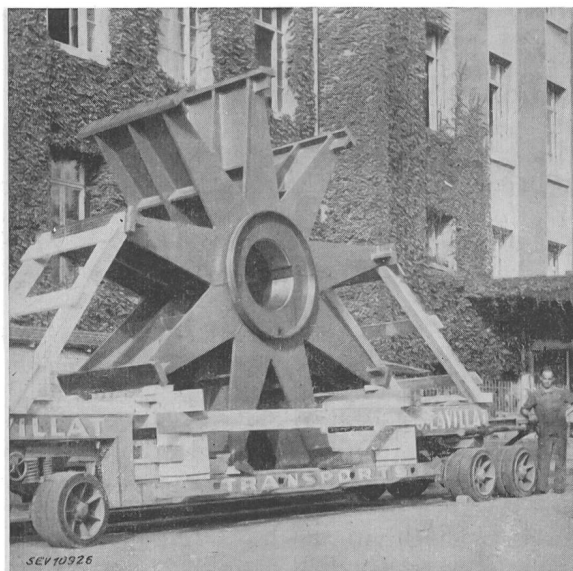


Fig. 10.
Radstern

¹⁾ Bull. SEV 1943, Nr. 2, S. 55.

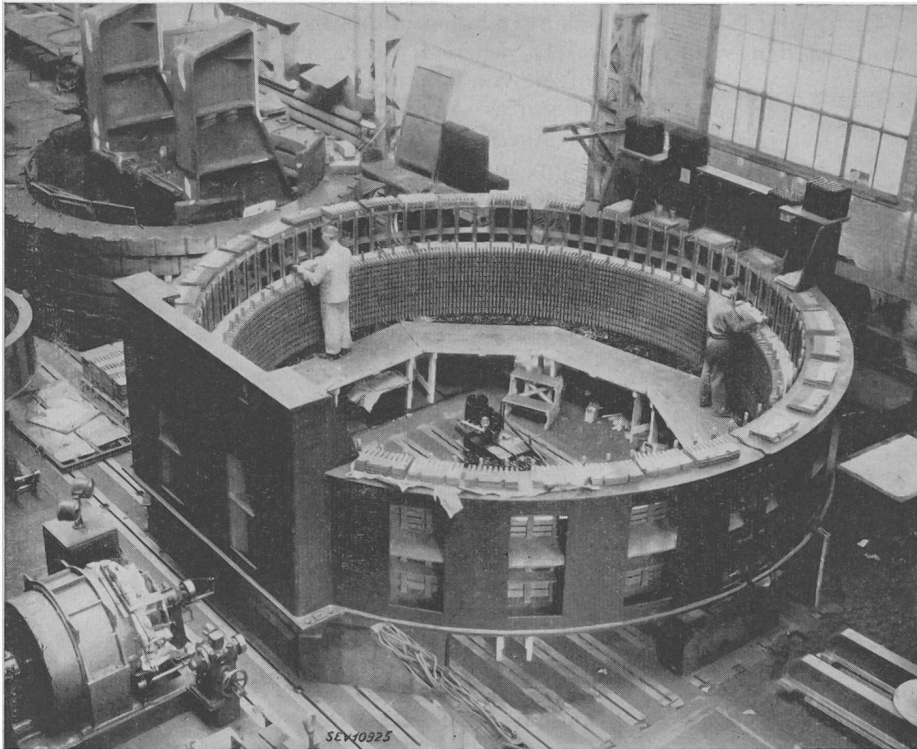


Fig. 11.
Stator beim Blechen

einem Stücke von Sécheron auf der ca. 17 km langen Strassenstrecke nach Verbois zu transportieren.

Der ganze Magnetkranz wiegt 84 t und die Schweissnahtgewichte betragen 825 kg, das sind 0,98 % dieser Konstruktion.

In Fig. 13 sieht man im Vordergrund den fertigen Rotor: Welle, Radstern, Magnetring und Pole. In der Mitte sieht man den Stator und im Hintergrunde die Generatorkonstruktion mit dem untern Führungslager. Dieser Teil wiegt 21 t und die Schweissnahtgewichte betragen 560 kg, das sind 2,66 % dieser Konstruktion.

Fig. 14 zeigt den Tragbalken. Dieser Teil ist mechanisch sehr hoch beansprucht, er trägt den ganzen rotierenden Teil, das Polrad und das Lauf- rad der Turbine mit dem Wasserdruck, also etwa 560 t, bei einer Tragweite von 7 m. Die Rechnung ergab eine Durchbiegung von 3,2 mm und bei der Probelastung ergab sich eine solche von nur 2,98 mm.

Dieser Teil wiegt 20 t und die Schweissnahtgewichte betragen 650 kg, das sind 3,25 % der ganzen Konstruktion.

Die Verschalung des Generators wiegt 5300 kg, und das Schweissnahtgewicht beträgt ca. 60 kg.

Vom Gesamtgewicht der geschweissten Teile von ca. 170 t machen die Schweissnahtgewichte ca. 2900 kg, das sind ca. 1,7 % der ganzen Schweisskonstruktion oder 1,03 % des ganzen Generators aus.

Es wurde nun durchschnittlich im 6-Minuten-Spiel gearbeitet, und die Schweissgutgewichte setzen sich etwa folgendermassen zusammen:

460 kg mit SCW-Elektroden Nr. 38

590 kg mit SCW-Elektroden Nr. 46

1840 kg mit SCW-Elektroden Nr. 55

Es lässt sich nun aus den vorliegenden Kurven alles entnehmen, was man nur wünscht, z. B.:

Es wurden benötigt 14700 SCW 38, 13000 SCW 46 und 27500 SCW 55, also total 55200 Elektroden.

Diese Elektroden kosteten unter Verrechnung der Vorkriegs-Nettopreise 6700 Fr. Das ist nicht einmal 1 % des Generatorpreises, und selbst wenn die Elektroden heute doppelt so viel kosteten, wären offenbar die Elektrodenkosten noch recht erträglich.

Für die Löhne der Schweißer mussten 9500 Fr. aufgewendet werden, und die Schweisszeit betrug 5510 Stunden. In diesen Zahlen sind die Kosten für die Hilfsarbeiter nicht berücksichtigt.

Der ganze Generator wurde ausschliesslich mit Wechselstrom geschweisst, und bei einem Energiepreis von 5 Rp./kWh betragen die Energiekosten 560 Fr.

Wir können nun auch die Frage beantworten, die ich am Anfang meiner Ausführungen erwähnte: «Wie lange muss der Generator laufen, bis er die Energie erzeugt hat, die nötig war, um ihn zu schweissen?»

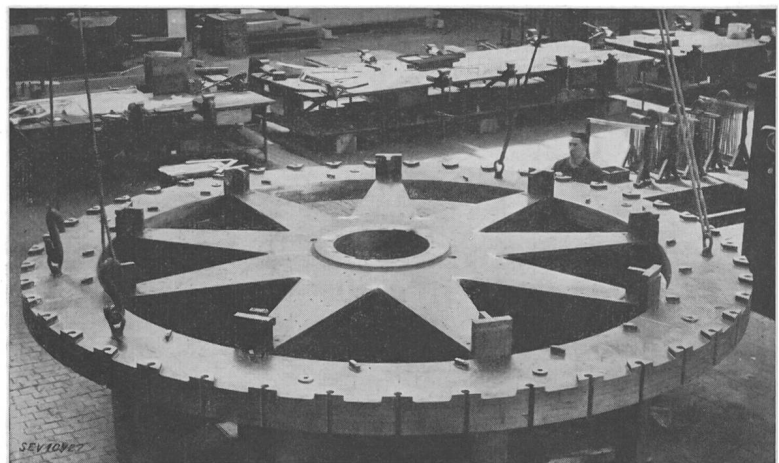


Fig. 12.
Der Magnetkranz in Montage

Wir wissen, dass der Generator in der Stunde 22 000 kWh erzeugt und können aus den vorlie-

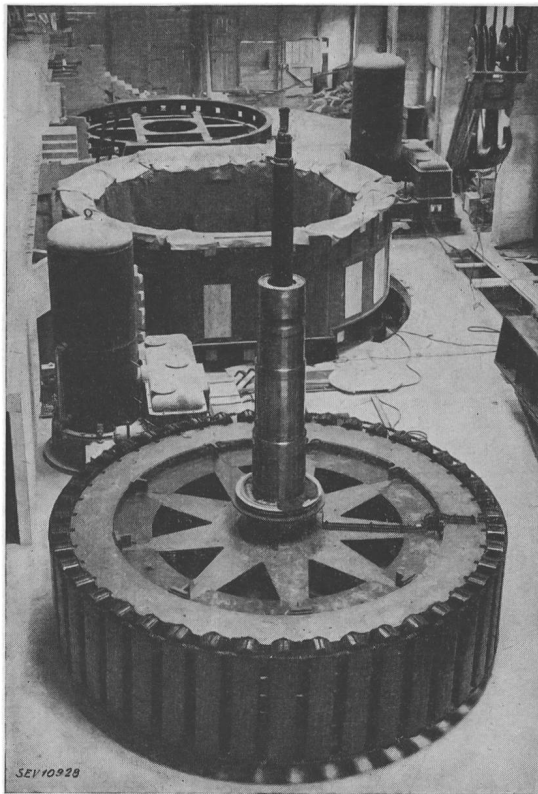


Fig. 13.
Die fertigen Teile des Generators

genden Tabellen entnehmen, dass 11 060 kWh konsumiert wurden, woraus sich somit eine nötige Laufzeit von genau 30 Minuten ergibt.

Wenn es uns interessiert, können wir aber auch ausrechnen, wie lange der Generator laufen müsste, um ihn mit Gleichstrom zu schweißen. Es ergibt sich ein Energiekonsum für das Schweißen von 23 000 kWh und somit eine Laufzeit von 65 Min.

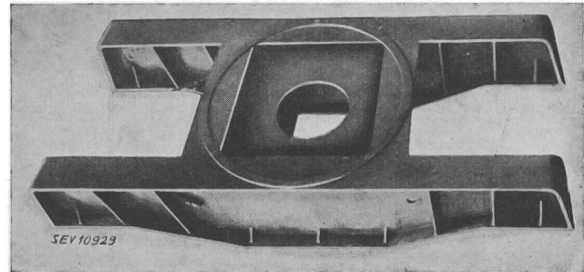


Fig. 14.
Tragbalken des Generators

Wenn wir alle Schweisskosten zusammenzählen, dann kommen wir auf einen Betrag von ca. 17 000 Franken, weniger als 2% des Generatorpreises. Wenn man bedenkt, was für eine grosse Rolle die elektrische Schweissung bei der Herstellung des Generators gespielt hat, dann darf man ruhig sagen, dass dies ein wirklich sehr bescheidener Betrag ist, und wir müssen einmal mehr erkennen, was für ein wertvolles und billiges Verfahren die elektrische Schweissung ist.

Das „Elin-Hafergut“-Verfahren für die Dünnschleissung

Referat, gehalten an der Diskussionsversammlung des SEV vom 5. Mai 1943 in Basel,
von H. Hauser, Zürich-Oerlikon

621.791.75

Das «Elin-Hafergut»-Schweissverfahren, im folgenden kurz «EHV» genannt, ist eine Erfindung der Elin A.-G., Wien. Die Lizenz für die Schweiz ist von der Werkzeugmaschinenfabrik Oerlikon, Bührle & Co., Abt. Elektrodenfabrik, erworben worden. Nach längeren Versuchen, die zur Entwicklung einer Spezialelektrode sowie einer Standardeinspannvorrichtung führten, wurde das Verfahren in der Schweiz eingeführt, wo es in steigendem Masse in der Industrie Anwendung findet.

Le procédé Elin-Hafergut est une découverte de la S. A. Elin, de Vienne. La licence pour la Suisse a été acquise par la Fabrique de Machines-Outils d'Oerlikon, Bührle & Co., département de la Fabrique d'électrodes. Après de longs essais en vue de mettre au point une électrode spéciale et un dispositif de serrage standard, le procédé a été introduit en Suisse, où il est de plus en plus appliqué par l'industrie.

Das Verfahren besteht im Prinzip darin, dass die zu verschweisenden Bleche (Dicke 1...3 mm) stumpf aneinandergestossen, zwischen zwei Kupfer-

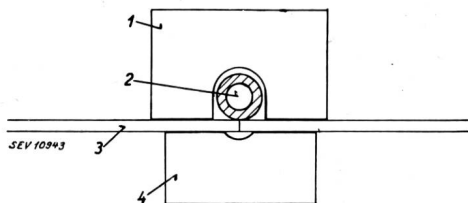


Fig. 1.

Das Prinzip des Elin-Hafergut-Verfahrens

- 1 Obere Kupferschiene.
- 2 Dickumhüllte Pressmantelelektrode.
- 3 Bleche stumpf zusammengestossen und geheftet.
- 4 Untere Kupferschiene.

schiene eingespannt werden, deren obere eine Nute zur Aufnahme einer dickumhüllten Pressmantelelektrode, die untere eine kleinere Rille zur Auf-

nahme des abgeschmolzenen Schweissmaterials zur Bildung der sog. Gegenraupe enthalten (Fig. 1).

In dem durch die Bleche und die obere Cu-Schiene gebildeten Kanal brennt die Elektrode automatisch ab.

Diese Anordnung hat folgende wesentliche Vorteile gegenüber der Handschweissung:

1. Richtung des Lichtbogens und damit Erzielung einer absolut gleichmässigen Naht.
2. Durchschweissung und Bildung einer Gegenraupe.
3. Das Verziehen der Bleche wird infolge der starken Pressung durch die Cu-Schiene auf ein Minimum beschränkt und eine nachträgliche Richtung der geschweissten Werkstücke ist deshalb meistens nicht erforderlich.
4. Die Schweissung erfolgt in dem Kanal unter fast vollkommenem Luftabschluss, somit unter Ausschluss von Stickstoff und Sauerstoff; deshalb sind die statischen und dynamischen Festigkeiten als hervorragend zu bezeichnen.

Das Verfahren wurde von der deutschen Erfinderfirma zuerst mehreren grossen Industrien in