

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 36 (1945)  
**Heft:** 10  
  
**Rubrik:** Diskussion vor dem SEV über elektrisches Schweißen vom 5. Mai in Basel

### **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:** 03.04.2026

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

34. E. Sariban. Butée et frottement des terres contre les massifs de fondations. Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques (CIGRE) 1939, No. 233.
35. K. Kohler. Bestimmung des Grenzfallspitzenzuges prismatischer Einspannfundamente von Freileitungen. ETZ 1940, Nr. 22.
36. C. Avril et M. Jaquet. Contribution à l'étude de l'unification des divers types d'ouvrages utilisés pour la construction des lignes de transport d'énergie à haute tension. Electricité 1942, No. 91
37. K. Machens. Ueber die Eingrabbtiefe von Ankerklötzen. Telegr., Fernsprech- und Funktechnik (TFT) 1942, Nr. 1.
38. A. Bürklin. Bemessung von Einblockgründungen von Freileitungsmasten. Elektrizitätswirtschaft 1943, Nr. 9.
39. H. Carpentier. Les fondations superficielles des pylônes de lignes aériennes de transmission d'énergie électrique\*). Revue générale de l'Electricité 1943, No. 9.
40. Ch. Lavanchy. Etudes et Construction des lignes électriques aériennes, p. 547—616. J.-B. Baillièrre et fils, Paris 1932.
41. H. Fröhlich. Calcul des massifs de fondation pour pylônes. Traduction de H. Croutelle. Librairie Béranger, Paris 1923.
42. R. Norsa. Il calcolo del Conduttore (Nota sulle fondazioni), Elettrotecnica, 15+25 mai 1923, p. 303+327.
43. K. v. Terzaghi. Erdbaumechanik auf bodenphysikalischer Grundlage. Verlag: Fr. Deuticke, Wien 1925.
44. Kögler. Ueber Baugrund-Probekbelastungen. Bautechnik 1931, Nr. 24.
45. W. Loos. Praktische Anwendung der Baugrunduntersuchungen bei Entwurf und Beurteilung von Erdbauten und Gründungen. Verlag: Julius Springer, Berlin 1935.
46. Krey. Erddruck, Erdwiderstand und Tragfähigkeit des Baugrundes. Verlag: Wilh. Ernst und Sohn, Berlin 1936 (5. Auflage).
47. F. Kögler und A. Scheidig. Baugrund und Bauwerk. Verlag: Wilh. Ernst und Sohn, Berlin. 2. Aufl., 1939.

\*) Mit ausführlichem Literaturverzeichnis.

## Diskussion vor dem SEV über elektrisches Schweißen vom 5. Mai 1943 in Basel

Am 5. Mai 1943 hielt der SEV im Rahmen der Schweizer Mustermesse Basel den ersten Teil der Schweisstagung ab. Die Referate erschienen im Jahrgang 1943 des Bulletin SEV. Wir lassen nun noch das Wesentliche aus der Diskussion folgen, bevor der Bericht über den zweiten Teil der Schweisstagung, der am 24. 5. 1945 in Zürich stattfinden wird, erscheint (siehe S. 332).

(Zum Vortrag «Beziehungen zwischen Schweißstrom, Schweisszeit, Energiekonsum, Elektrodenverbrauch und Schweisskosten», von R. Müller, Zürich-Genf, Bulletin SEV 1943, Nr. 19, S. 559...566.)

M. P. Misslin, Ingenieur der Maschinenfabrik Oerlikon, Zürich: Es dürfte vielleicht von Interesse sein, zu vernehmen, wie bei einer andern Firma im Grossmaschinenbau der prozentuale Anteil des Schweissnahtgutes im Verhältnis zum Gesamtgewicht ausfällt.

Bei dem grossen Generator, den die MFO 1931/32 für das Kraftwerk Beauharnois (Kanada) erstellte<sup>1)</sup> — ein Generator von 45 000 kVA, 25 Hz und 585 Tonnen Gewicht —, betrug der Anteil der Schweissnahtkonstruktion 120 Tonnen. Er war weniger gross als beim Verbois-Generator, weil bei diesem der Radkranz geschweisst ist, während er beim Beauharnois-Generator aus Stahlgussringen zusammengesetzt wurde. Das Gewicht des Schweissnahtgutes betrug rund 1400 kg; das macht ungefähr 1,2 % der geschweissten Konstruktion, also eine gute Annäherung an die 1,7 %, die Herr Müller bei Verbois herausgefunden hat.

Es ist dabei zu bemerken, dass diese prozentualen Angaben natürlich nur statistischen Wert haben und keineswegs irgendwie für eine Kalkulation benützt werden dürfen; für statistische Zwecke sind sie sicher wertvoll.

Zu den Bewertungen, die Herr Müller bezüglich Gleichstrom und Wechselstrom macht, ist darauf hinzuweisen, dass doch jede dieser Techniken ein spezielles Anwendungsgebiet hat. Alles kann mit Wechselstrom nicht geschweisst werden; da und dort hat der Gleichstrom entscheidende Vorteile. Es muss dem einzelnen Betrieb überlassen werden, selber zu beurteilen, welche Schweissart für seine Zwecke am besten ist.

M. Revaclier, ingénieur-conseil, Genève: Le conférencier, M. Müller, nous a montré des diagrammes qui supposent une utilisation d'électrodes jusqu'à 8 mm. Or, en réalité, dans la pratique et dans les ateliers, on a beaucoup de peine à faire admettre par les soudeurs des électrodes de ce diamètre. J'aurais voulu demander au conférencier et à ces Messieurs les producteurs d'électrodes, quelles sont les règles qu'il faut prévoir pour l'admission d'électrodes de gros diamètre et quel est, lorsqu'il s'agit de faire une soudure en angle — comme la plupart des cas dans les soudures qui viennent de

<sup>1)</sup> Bull. SEV 1939, Nr. 18, S. 539, Fig. 3.

nous être montrées — le nombre minimum de couches qu'il faut pour obtenir une soudure parfaite, en fonction de la section totale de la soudure, qui dépend à son tour naturellement des épaisseurs des pièces à joindre. Sur cette base il pourrait alors être déterminé dans quel cas les électrodes de gros diamètre pourraient être utilisées.

Je voudrais donc préciser ma question: quelles sont les règles qu'on doit admettre comme minimum de couches dans les soudures électriques?

Vorsitzender: Je remercie M. Revaclier. Il va sans dire qu'à sa question — très indiquée à poser — il est très difficile de répondre. La solution dépend entièrement des conditions, qui varient de cas en cas. Mais quand même, je crois que M. Müller va pouvoir répondre.

R. Müller, Ingenieur der S. A. des Ateliers de Sécheron, Genf, Referent: Um vorerst einmal abzuklären, wie grosse Schweisslagen man mit einer Elektrode in eine Eckfuge einfüllen kann, habe ich in die sieben Eckfugen der Fig. 1 die Schweissnahtdicken  $a$  eingezeichnet, die sich ergeben, wenn man mit verschiedenen aufeinanderfolgenden Elektrodennummern je mit einer ganzen Elektrode eine 20 cm lange Naht schweisst.

Die Dicke einer einlagigen Schweissung hängt aber nicht nur vom Elektrodendurchmesser ab, sondern in erster Linie von der Schweissnahtlänge. Bei einer 40 cm langen Schweissnaht würde der Schweissquerschnitt nur halb so gross, und die Schweissnahtdicke nur das  $1 : \sqrt{2}$ fache.

Je nach der Schweisspraxis und der Elektrodenart kann eine Kehlnaht konkav oder konvex ausfallen. Nach VSM ist aber für die Berechnung immer die kleinste Nahtdicke  $a$  massgebend, weshalb man am zweckmässigsten ebene Nähte erzeugt, weil so das Schweissgut am besten ausgenützt wird.

Da diese Ausführungen im Anhang an mein Referat über Schweisskostenberechnungen erfolgen, möchte ich die Gelegenheit benützen und als Beispiel die Selbstkosten der vorliegenden Schweissnähte berechnen.

Ich nehme an, dass die Schweissnähte 1 m lang seien und in einem Grossbetriebe ausgeführt wurden, wo im 6-Minuten-spiel gearbeitet wird; ferner werde vorausgesetzt, dass der Betrieb die Elektroden mit dem max. Rabatt bekommt, dem Schweisser einen Stundenlohn von Fr. 1.70 bezahlt und für die kWh 8 Rp. ausgibt (Vorkriegspreise).

Nachdem man die Schweissnahtgewichte ausgerechnet hat, ist also Fig. 7<sup>2)</sup> zu verwenden, wo für jeden Elektrodendurchmesser die Selbstkosten pro kg Schweissgut direkt abgelesen werden können. Diese Werte sind mit den Schweissnahtgewichten zu multiplizieren und ergeben dann die Schweisskosten für die Naht.

<sup>2)</sup> Bull. SEV 1943, Nr. 19, S. 563.

Zu jeder Naht sind in Fig. 1 die Kosten eingeschrieben, und zwar für den Fall, dass mit Wechselstrom geschweisst wurde. Beim Schweißen mit Gleichstrom wären sie um einige Prozent höher.

In Fig. 2 ist an drei Beispielen der prinzipielle Aufbau von grossen Ecknähten aufgezeichnet. Es wurde wieder angenommen, dass pro Elektrode eine 20 cm lange Naht geschweisst werde.

man an, mit dem Ablegen von zwei Schweissnähten nebeneinander, natürlich unter der Weiterverwendung der dicksten Elektrode.

Das Bild rechts zeigt den Aufbau einer Schweissnaht, ausgeführt von einem Schweißer, welcher nicht die Gewohnheit hat, mit dicken Elektroden zu arbeiten. Aber auch ein Schweißer, welcher sonst gerne dicke Elektroden verwendet, wird etwa diesen Aufbau anwenden, wenn die Schweissfuge

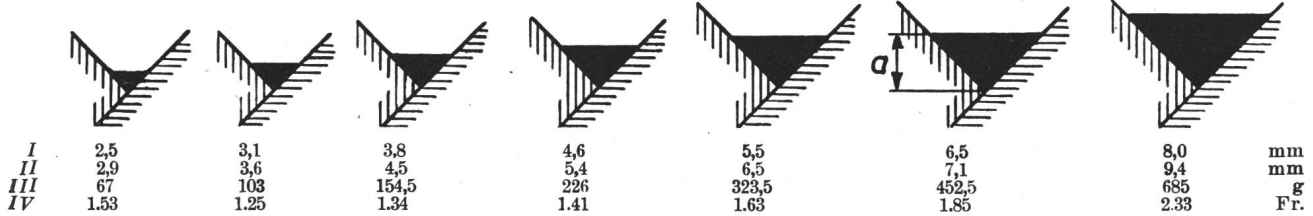


Fig. 1.

Schweisnahtdicke *a*, wenn man mit Elektroden verschiedenen Durchmessers 20 cm lange Nähte in eine Eckfuge schweisst (natürliche Grösse)

- I Elektrodendurchmesser.
- II Schweisnahtdicke der Kehlnaht bei 20 cm langer Schweissnaht pro Elektrode.
- III Schweissgutgewicht für eine 1 m lange Naht.
- IV Selbstkosten für eine 1 m lange Naht.

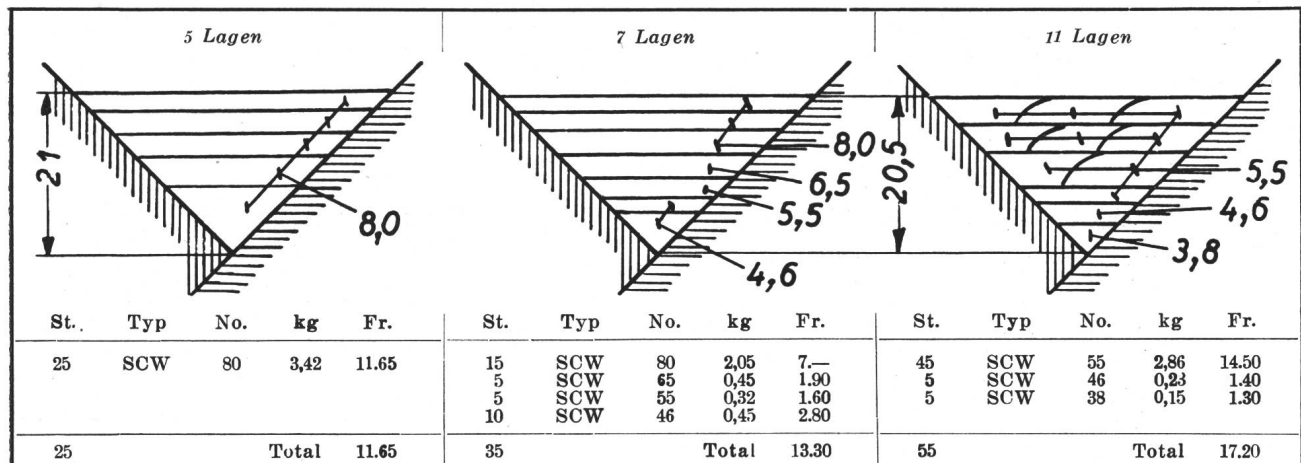


Fig. 2.

Verschiedener Aufbau einer ca. 21 mm dicken Kehlnaht (natürliche Grösse)

Schweisskosten für eine 1 m lange Naht.

Das Bild links zeigt den Aufbau einer Fuge unter ausschliesslicher Verwendung von 8 mm dicken Elektroden. Es sind dies die dicksten Elektroden, die heute im Handschweisbetrieb verwendet werden. Bei dieser Anordnung kann man die ganze Fuge mit 5 Lagen füllen, was ein absolutes Minimum ist. Für die Praxis hat dieser Aufbau noch keine Bedeutung, da auch der Schweißer, welcher Routine in der Handhabung der grossen Elektroden hat, die ersten Lagen mit dünnern Elektroden schweisst, weil er mit diesen auf dem Grunde der Fuge zuverlässiger und sicherer arbeiten kann. Ich habe dieses Beispiel nur als Extremfall aufgezeichnet und zum Vergleiche mit den weitem Beispielen. Vom wirtschaftlichen Standpunkte aus wäre diese Anordnung zwar höchst interessant, da sie die billigste Schweissnaht ergibt, die überhaupt möglich ist.

Das mittlere Bild zeigt den Aufbau einer Fuge, ausgeführt von einem Schweißer, welcher die Gewohnheit hat, mit dicken Elektroden zu arbeiten. Die ersten Lagen sind zwar auch mit dünnern Elektroden geschweisst, aber mit zunehmender Breite der Naht werden dickere Elektroden verwendet. Ein eigentliches Schema für den Aufbau einer Schweissnaht gibt es nicht; jeder Schweißer hat seine eigene Gewohnheit und Praxis. Immerhin kann man etwa folgende Regel angeben:

Soweit es möglich ist, soll eine Schweissraupe so aufgetragen werden, dass die Fuge in der ganzen Breite ausgefüllt wird. Sobald die Schweissraupe aber zu breit wird, soll eine dickere Elektrode genommen werden.

Mit 8 mm dicken Elektroden kann man eine etwa 4 cm breite Naht ablegen; erst wenn die Naht breiter wird, fängt

nicht in die günstigste Lage gedreht werden kann, wenn also ein Schenkel horizontal und der andere vertikal liegt. In der ungünstigen Lage kann man nicht grössere als 5...6 mm dicke Elektroden wählen, weil bei stärkern Elektroden das Schweissbad zu gross wird und abrutscht.

In den meisten Betrieben wird dem Aufbau der Schweissnaht zu wenig Beachtung geschenkt; man lässt die Schweißer machen, wie sie es gewohnt sind und wie sie es für gut finden.

In wirtschaftlicher Beziehung ist dieses Problem aber sehr wichtig; wir haben ja schon früher gesehen, welchen grossen Einfluss die Wahl der Elektrodendicke auf die Kosten der Schweissarbeit hat.

Wenn wir die Preise für die vorliegenden drei Schweissfugen, die je 1 m lang sein sollen, nach den gleichen Voraussetzungen und Regeln berechnen wie die einlagigen Schweissungen, dann bekommen wir folgende Werte:

Die Naht links kostet	Fr. 11,60 = 100 %
Die Naht in der Mitte kostet	Fr. 13,30 = 115 %
Die Naht rechts kostet	Fr. 17,20 = 148 %

Wir sehen, je weniger Lagen eine Fuge aufweist, um so billiger wird die Schweissnaht; es darf aber nicht der Trugschluss gezogen werden, dass dies immer so ist. Wenn ich nämlich irgendeine dieser Fugen mit den gleichen Elektroden schweisse, pro Elektrode aber längere Nähte ziehe, dann bekommen wir dünnere Schweissungen und entsprechend mehr Lagen, aber der Preis ändert sich nicht.

Es ist dies der Grund, weshalb ich für die Schweisskostenberechnungen von Schweisskonstruktionen nicht von den Nahtlängen ausgehe, sondern von den Schweissgutgewichten pro Elektrode.

Die meisten Schweisser, welche sich den grossen Elektroden gegenüber ablehnend verhalten, tun dies in der Regel nur, weil sie noch gar nie richtig probiert haben, mit grossen Elektroden zu arbeiten.

Unter Verwendung von Wechselstrom ist das Schweiessen mit dicken Elektroden leichter als mit dünnen, da der ganze Schweissvorgang viel übersichtlicher ist; es ist gerade so, wie wenn man den Schweissvorgang dünner Elektroden mit der Lupe betrachten würde. Anfänger sollte man immer zuerst mit 8 mm dicken Elektroden schweissen lassen, denn so würden sie den Schweissvorgang viel schneller begreifen.

Unter Verwendung von Gleichstrom können aber oft recht unangenehme Schwierigkeiten entstehen, da bei Schweißströmen von 400 A an die Blaswirkung auf den Lichtbogen schon ganz bedeutend sein kann, so dass ein sauberes Arbeiten nicht immer ohne Schwierigkeiten möglich ist.

Es gibt auch Schweisser, welche nicht mit grossen Elektroden arbeiten wollen, da sie mehr an einer arbeitsintensiven als an einer billigen Schweissung interessiert sind.

Der wichtigste Grund, weshalb nicht mehr mit grossen Elektroden gearbeitet wird, ist aber der, dass es noch in vielen Betrieben an geeigneten und genügend starken Schweissanlagen fehlt, um die dicken Elektroden sauber und leicht verschweissen zu können. Zum Verschweissen einer 8 mm dicken Elektrode sollte eine Schweissanlage für etwa 500 A zur Verfügung stehen. Viele Betriebsinhaber glauben oft, dass es sich nicht rentiert, neue und starke Schweissanlagen anzuschaffen, solange die alten, kleinern Anlagen noch so gut arbeiten. Wenn man aber die wirtschaftlichen Vorteile berücksichtigt, dann wird man in vielen Betrieben vor der Modernisierung der Schweissanlagen nicht mehr zurückschrecken.

Es gibt allerdings auch viele Betriebsinhaber, die gerne eine grössere Schweissanlage angeschafft hätten, die dies aber nicht tun konnten, weil das Elektrizitätswerk keinen genügend starken Anschluss zur Verfügung stellen konnte. Oft wird der Anschlusswert auf einen zu kleinen Wert limitiert, und es werden Bedingungen auferlegt, die die Verwendung einer genügend starken Schweissanlage verunmöglichen.

Es sind zwar Anzeichen vorhanden, die die Hoffnung aufkommen lassen, dass die Elektrizitätswerke in Zukunft eine etwas größere Praxis beim Anschluss von Schweissanlagen üben werden, was im Interesse der Weiterentwicklung der elektrischen Schweissung warm zu begrüssen ist.

Schliesslich gibt es noch einen Grund, weshalb oft nicht mit dicken Elektroden gearbeitet wird: Die Ansichten der Schweissfachmänner über die Qualität einer mit dicken Elektroden gefüllten Fuge gehen noch auseinander. Das Dafür und das Dawider kann hier nicht auseinandergesetzt werden. Ich habe aber heute schon genügend Material und Erfahrungen zur Hand, die beweisen, dass man ohne Bedenken mit grossen Elektroden arbeiten darf.

Was hier an Ecknähten erläutert wurde, stimmt natürlich analog für K-Nähte und Stumpfstossnähte, seien es V- oder X- oder tulpenförmige Fugen.

(Zum Vortrag «Erfahrungen beim Schweiessen von Wasserturbinen», von Dr. H. Oertli, Bern, Bulletin SEV 1943, Nr. 21, S. 632...635.)

M. Revaclier, ingénieur-conseil, Genève: Au sujet des soudures sur roues Pelton, je me suis étonné que l'on ait reculé devant le procédé habituel de soudure directe. Ce dernier a été employé chez nous en Valais fréquemment sur 22 turbines, il est vrai en le complétant par un recuit sur place. En effet, déjà à l'état de livraison à neuf par les constructeurs, ces roues ont tendance à se fissurer parce que les tensions internes dans le métal ne sont pas totalement éliminées.

Nous avons procédé de la façon suivante: La fissure est enlevée en V à la scie et non au burin pour ne pas ébranler la matière. On a trouvé inutile de percer un trou pour l'arrêter à condition que le V soit suffisamment profond pour l'éliminer totalement. Puis, préparées en X, les lèvres sont préchauffées au rouge (700° C) au chalumeau — on doit prendre garde de ne chauffer que les lèvres et non la

masse de l'aube — et soudées avec des électrodes forgeables courantes à une allure suffisamment rapide pour que la région réparée reste rouge. Dès que la soudure est terminée, on procède au recuit en chauffant la réparation au chalumeau de manière à ce qu'une surface dont le rayon est 3 à 4 fois plus grand que celui de la partie soudée proprement dite soit portée à 700...650° C pendant 5 minutes. Puis éloignant progressivement le chalumeau — ou en le remplaçant par une lampe à souder si l'on veut économiser acétylène et oxygène — on laisse lentement refroidir à la température du noir (500° C) pendant 5 minutes, après quoi la pièce est abandonnée jusqu'à ce qu'elle atteigne la température ambiante.

Les résultats obtenus ainsi ont été excellents, aucune aube ne s'étant plus fissurée. Cela n'avait pas été le cas lorsqu'on se contentait de marteler la partie soudée, méthode qui s'est révélée chez nous nettement négative.

Le procédé avec recuit permet d'obtenir, s'il ne s'agit que de soudures localisées, un effet à la fois simple, rapide, sûr et économique. Le cas de traitement général sur toute la surface des aubes est différent. J'ai eu l'occasion d'appliquer cette méthode au moins à 20 reprises, et comme elle à fait ses preuves, je pense qu'elle est susceptible d'intéresser des collègues.

Il est loin de ma pensée d'attaquer la méthode exposée par M. Oertli, élégante et intéressante, fondée sur le principe d'obtenir, avant soudure, une ouverture des lèvres égale mais en sens contraire à celle qui se produira par la contraction de la soudure. Il me paraît toutefois que la méthode que je viens de décrire est plus simple.

G. Moll, Betriebsleiter der Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt A.-G., Ryburg<sup>3)</sup>: «In seinem Vortrag hat uns Herr Dr. Oertli sehr lehrreiche Arbeitsmethoden für das Schweiessen von Wasserturbinen geschildert. Ich möchte hierzu über unsere Schweissverfahren an Kaplan-Turbinen von 30 000 kW und speziell über die Widerstandsfähigkeit des Schweissmaterials einen kurzen Beitrag geben.

Leider sind auch unsere Turbineneinheiten von den unliebsamen Kavitationserscheinungen, welche bekanntlich nach dem Bau der ersten Turbinen-Schnelläufertypen unsere Konstrukteure vor ungeklärte Aufgaben gestellt haben, nicht vollständig verschont geblieben. Fig. 1 und 2 zeigen Ausschnitte aus dem Turbinen-Laufradmantel. Die Materialzerstörungen entstehen durch Strahlablösungen, verursacht durch die Leitschaufel-Austrittskanten.

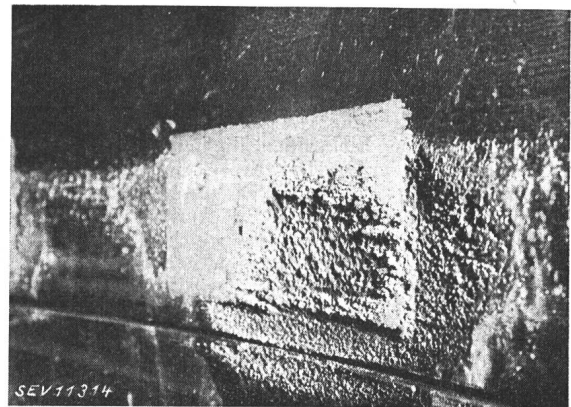


Fig. 1.

Ausschnitt aus einem Laufradmantel

Korrodierte Stelle ca. 50 × 20 cm, im Jahre 1936 mit gewöhnlichen Flußstahlelektroden geschweisst und nach 6 Betriebsjahren wieder vollständig zerstört.

Die elektrische Schweissung ist die einzige rationelle Arbeitsmethode, solche Schäden innert kurzer Frist wieder zu beheben. Ueber die Vorarbeiten am Grundmetall, das Auftragen des Schweissgutes und dessen Nachbehandlung decken sich unsere Erfahrungen genau mit den Ausführungen des Referenten. Wenn immer möglich, sollte die Schweissung nach dem formgetreuen Schleifen noch mit Polierwerkzeugen nachbehandelt werden. Die Qualität der zur Verwendung gelangen-

<sup>3)</sup> Beitrag nachträglich schriftlich eingereicht.

den Elektrode hat jedoch auf die Haltbarkeit der Schweissung den grössten Einfluss.

Fig. 1 zeigt eine korrodierte Stelle am Laufradmantel, welche im Jahre 1936 mit gewöhnlichen Flußstahlelektroden geschweisst und in weiteren 6 Betriebsjahren durch die Kavitationskräfte wieder vollständig zerstört wurde.

Wir haben damals aus folgenden Ueberlegungen Versuche mit dieser Elektrodensorte ausgeführt.

Vergleich der technischen Eigenschaften und Preise zweier ausgewählter Elektroden:

	Festigkeit kg/mm <sup>2</sup>	Dehnung %	Härte (Brinell)	Preis Fr.
Chromnickelelektrode	60...65	30...36	200	0,90
Flußstahlelektrode	45...50	28...34	200	0,10

Die Härtezahlen haben wir auf den Schweißstellen selbst ermittelt. Wenn nun die Festigkeit, die Dehnung sowie die vielgepriesene Härte die Haltbarkeit solcher Schweissungen massgebend beeinflussen könnten, wäre es uns gelungen, mit dieser in ihren Eigenschaften ähnlichen Flußstahlelektrode die kostspielige Chromnickelelektrode zu ersetzen. Der negative Erfolg kann Fig. 1 entnommen werden.

Ganz anders ist das Aussehen der Schweißstelle in Fig. 2, ausgeführt mit Chromnickelektroden. Ebenfalls im Jahre 1936 durch den gleichen Elektroschweisser aufgetragen und

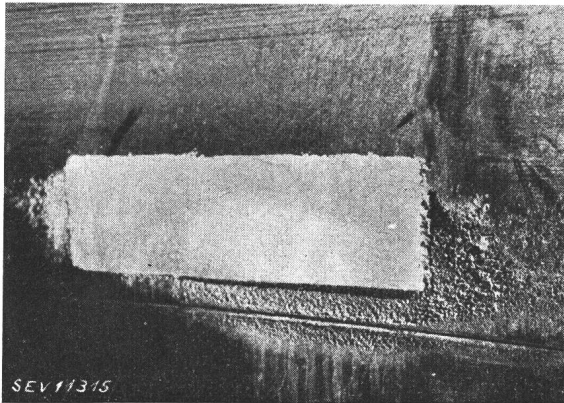


Fig. 2.

Ausschnitt aus einem Laufradmantel

Korrodierte Stelle ca. 60 × 20 cm, im Jahre 1936 mit Chromnickel-Elektroden geschweisst. Nach 6 Betriebsjahren noch sehr gut erhalten.

denselben Betriebsbedingungen ausgesetzt, zeigt diese Stelle nach 6 Jahren ein erfreuliches Resultat. Das Grundmetall neben dem Schweissgut hat eine weitere Zerstörung erfahren, während die Schweißstelle selbst den Zersetzungskräften keine Angriffsmöglichkeiten geboten hat. Die geschilderten Erscheinungen haben wir an verschiedenen Turbinen beobachtet.

Zusammengefasst können unsere Erfahrungen so ausgelegt werden, dass die Chromnickelelektrode nach dem Einschmelzen eine vollständig porenfreie Oberfläche ergibt, welche den Kavitationskräften einen sehr grossen Widerstand zu bieten vermag. Die Festigkeit und die Härte einer Elektrode sind für die Haltbarkeit der Schweissungen an Wasserturbinen nicht so entscheidend wie ein homogenes Oberflächengefüge.»

(Zum Vortrag «Erfahrungen bei der Ausbildung von Elektroschweissern», von A. Kindschi, Basel, Bulletin SEV 1943, Nr. 21, S. 637...641.)

Herr R. Zwicky, Betriebsleiter der A.-G. der Maschinenfabrik vorm. Th. Bell & Cie., Kriens:

1. Ausbildung der Schweisser. Die Durchführung von Schweisskursen ist richtig und gut. Diese sind aber nur eine Vorbereitungsstufe für die eigentliche Lehrzeit, die jeder Schweisser zur Erreichung desjenigen Könnens durchmachen muss, das ihn befähigt, alle in der Praxis vorkommenden

Arbeiten fachgemäss auszuführen. Bis heute besteht diese Schweisserlehrzeit noch nicht gesetzlich, weil die Ausübung des Schweisserhandwerkes, elektrisch und autogen, noch kein anerkannter Beruf ist und somit noch zu den Hilfs- oder angelernten Berufen gehört. Die Notwendigkeit einer mehrjährigen gründlichen Ausbildung besteht aber und es stellt sich die Frage, ob das Schweisserhandwerk (elektrisch und autogen) nicht zu einem Beruf erhoben werden sollte. Wohl nicht zufällig oder nur konjunkturbedingt gehören die Schweisser zur bestbezahlten Belegschaft, sondern darum, weil das Schweissen vor allem eine Vertrauenssache ist. Die Schweissung ist ein Verbindungselement wie eine Niete oder Schraube, deren Zuverlässigkeit nicht besonders hervorgehoben zu werden braucht. Die Verwendung der besten Werkstoffe und Schweissgeräte vorausgesetzt, hängt die Qualität der Schweissung doch in erster Linie von der Fähigkeit und Zuverlässigkeit des Schweissers selbst ab. Ohne auf den Aufbau des Lehrprogrammes für Schweisser einzugehen, ist nur darauf hinzuweisen, dass es für Schweissarbeiten, z. B. an Druckbehältern und Druckrohrleitungen oder im Stahl-Hoch- und -Brückenbau sowie hochbeanspruchten Konstruktionen im Maschinenbau, nicht nur geübte und erfahrene Schweisser mit guter Handfertigkeit braucht, sondern dass ebenso gute Kenntnisse aller im Zusammenhang mit dem Schweissprozess vorkommenden technischen Vorgänge nötig sind. Der Qualitätsschweisser sollte daher die elementaren Begriffe der Werkstoff- und Festigkeitslehre kennen, was sich diese weitgehend durch Selbststudium aneignen können.

## 2. Prüfung, Kontrolle und Ueberwachung der Schweisser.

Es wird vielfach die Meinung vertreten, mit der periodischen Durchführung und Herstellung von Probestücken mit nachheriger Untersuchung derselben sei der Schweisser klassifiziert und die Qualität seiner Arbeit bis zur nächsten Prüfung festgelegt. Diesbezügliche Untersuchungen und auch Erfahrungen im eigenen Betrieb lassen aber diese Ansicht als sehr fraglich erscheinen. Warum? Wir haben es auch hier mit dem Menschen und seinen Unzulänglichkeiten zu tun, z. B. können seelische Einflüsse ihre Reaktion in einer Verminderung der Leistung und Qualität der Arbeit haben, oder auch umgekehrt. So kann der beste Schweisser eine schlechte Probe und der Mittelmässige eine überraschend gute Prüfung machen. Die Klassifizierung der Schweisser nur auf Grund von periodisch stattfindenden Prüfungen bürgt daher nicht für eine dauernd gleichbleibende Arbeitsqualität und ist daher als Sicherheitsfaktor ungenügend. Vielmehr gibt eine gut ausgebaute Kontrolle nicht nur der fertigen Arbeit, sondern besonders auch die dauernde Ueberwachung während der Arbeit ganz bestimmt eher die Gewähr für eine sowohl qualitativ als auch quantitativ max. Leistung. Die Kontrolle und Ueberwachung während der Arbeit hat sich peinlich genau über alle mit der Schweissung zusammenhängenden Details zu erstrecken, und zwar sowohl über die richtige Einstellung und Handhabung der Schweissgeräte, als auch über die Vorbereitung und eventuelle Nachbehandlung der Schweissung und den Schweissprozess selbst. Ihre Ausübung soll dabei stets instruktiv sein, damit der Schweisser aus der Fülle der verschiedenartigsten Schweissarbeiten die Erfahrungen erhält, die ihn zum Qualitätsarbeiter machen. Damit ist aber auch die Qualitätsarbeit gewährleistet.

(Zu verschiedenen Vorträgen.)

Herr A. Steinegger, Ingenieur der A.-G. Brown, Boveri & Cie., Baden: Ich bin mit den Ausführungen des Herrn Hafner über die Gleichstrom-Schweissmaschine vollständig einverstanden. Neben den von ihm angegebenen beiden Ausführungsarten baut Brown Boveri Schweissmaschinen nach dem Streupolprinzip. Das dynamische Gegenfeld wird dabei durch die Wendepolwicklung erzeugt und durch die in Fig. 1 ersichtlichen Streuwege auf das Hauptfeld übertragen. Diese Bauart ergibt eine sehr gute dynamische Charakteristik und eine stufenlose Regulierung des Schweißstromes im Verhältnis 1 : 10 bis 1 : 15. Fig. 2 zeigt eine Anzahl solcher Normaltypen, von denen über 10 000 Stück in alle Weltteile verkauft wurden.

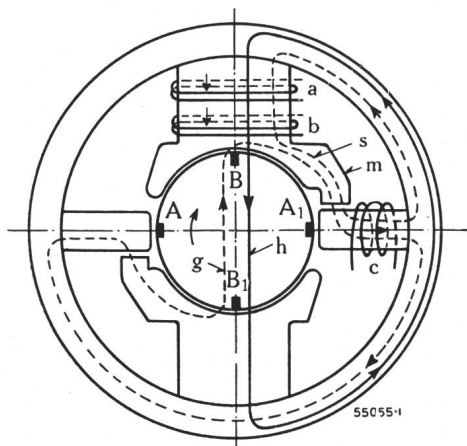


Fig. 1.  
Streupol-Schweissgenerator

Neben den Gleichstrom-Schweissumformern bauen wir auch eine Typenreihe Schweisstransformatoren, von denen ebenfalls viele tausend Stück verkauft wurden (Fig. 3).

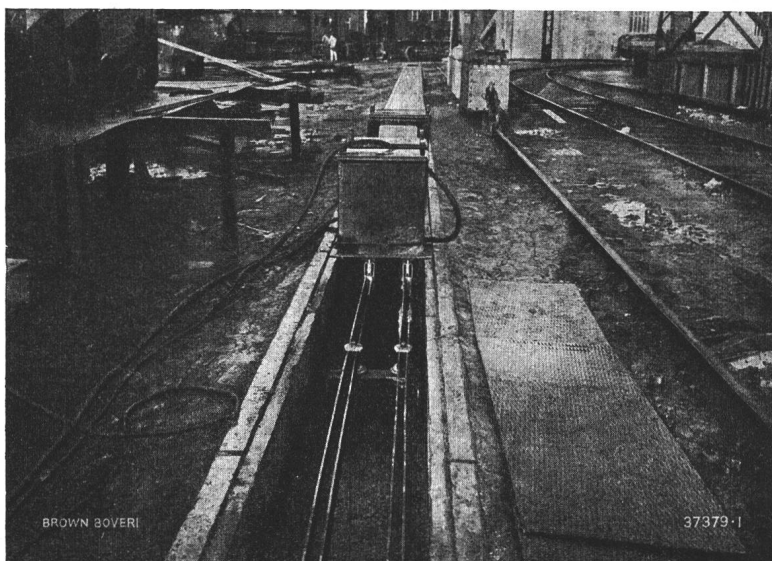


Fig. 4.  
Sammelschienenkanäle einer Vielstellen-Gleichstromanlage für 620 Schweissplätze  
Kanäle 1,5 km lang.

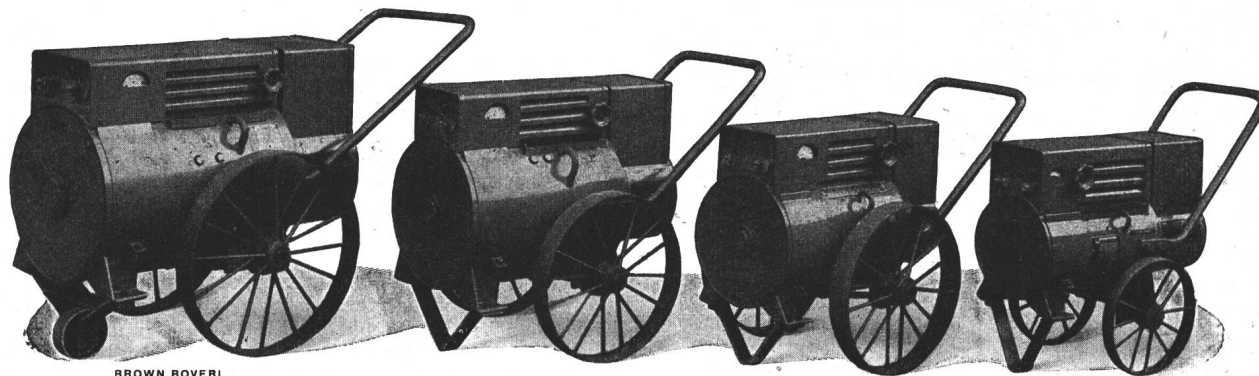


Fig. 2.  
Brown-Boveri-Gleichstrom-Schweissumformer

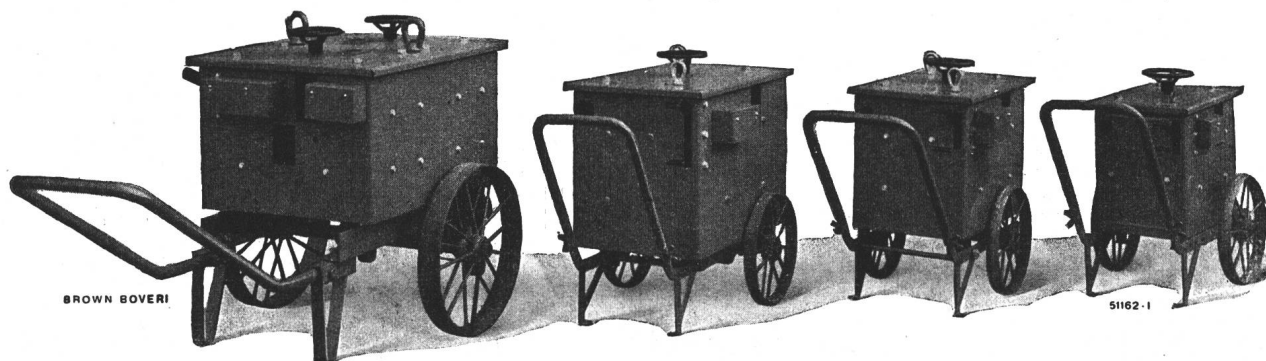


Fig. 3.  
Brown-Boveri-Schweisstransformatoren

Schon im Jahre 1899 lieferten wir den Stahlwerken Fischer in Schaffhausen eine Mehrstellen-Schweissanlage für 5 bis 6 Schweisser. Diese arbeitete mit 100 V Konstanzspannung. Die Fortschritte im Bau von induktiven Schweißstromreglern erlauben uns seit 15 Jahren, solche Anlagen für die ungefährliche, sogenannte Kleinspannung von nur 40 V auszuführen. Nach diesem Prinzip sind viele Werften und Waggonfabriken ausgerüstet worden. Beispiel: Eine Werft mit 620 Schweissplätzen verteilt die Energie in 1,5 km langen Sammelschienenkanälen nach Fig. 4. Auf den Sammelschienen sind Kontaktvorrichtungen montiert. Die Stromabnahme erfolgt durch Kontaktmesser, die an den Schweißstromreglern angebaut

sind. Fig. 5 zeigt unsere Schweißstromregler auf Deck eines Schiffes beim Schweißen der Deckaufbauten. Nach diesem Prinzip wurden ebenfalls viele Tausende von Schweißstellen ausgerüstet.

Zum Vortrag von Herrn Müller möchte ich noch folgendes äussern:

Bei der Kostenberechnung von geschweissten Konstruktionen spielen die Energiekosten eine untergeordnete Rolle. Diese liegen zwischen 5 und 10 % der Kosten für Elektroden und Lohn.

Es hat keinen Zweck, Ersparnisse auf Energiekosten zu machen, wenn anderseits auf den Posten Lohn und Elektro-

den mehr aufgewendet werden muss. Das Endresultat ist wichtig, was wir bei Hunderten von Anlagen beweisen konnten. Hiefür zwei Beispiele.

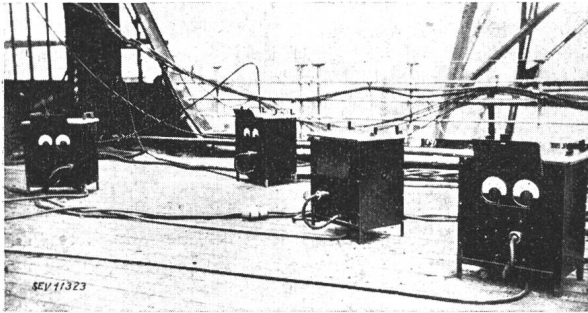


Fig. 5.  
Schweißstromregler auf Deck eines Schiffes

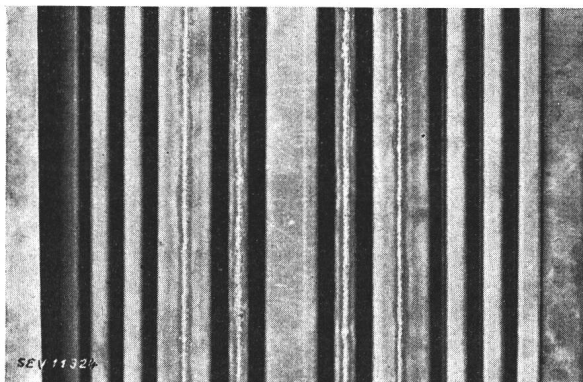


Fig. 6.  
Dünnschleissung

Bei Dünnschleissung nach Fig. 6 ergibt sich mit Gleichstrom gegenüber Wechselstromschweissung eine Mehrleistung von 60...70 %. Ueber das Schweissen von Betonarmierungsseisen nach Fig. 7 liegen folgende Erfahrungen

der A.-G. Hunziker & Cie., Baustoff-Fabriken, vor: Die Firma heftet Betonrundscheidrähne von 5...8 mm Durchmesser kreuzweise mit Schweisselektroden von 40 cm nutzbarer Länge

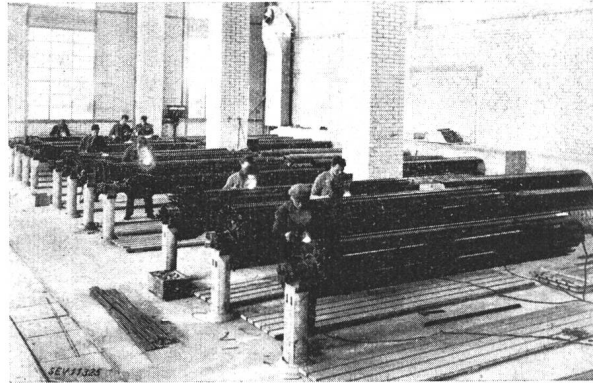


Fig. 7.  
Schweissen von Betonarmierungsseisen

und umhülltem Eisenkern von 2,5 mm Durchmesser. Mit Gleichstromschweissung wurden 56...58 Heftstellen pro Elektrode erreicht, mit Wechselstrom aber nur 36...43 Heftstellen pro Elektrode.

Für die Berechnung geschweisster Konstruktionen haben wir bereits 1930 einen Rechenschieber entwickelt, der alle für grosse und kleine Schweißbetriebe nötigen Angaben enthält (Fig. 8). Es sind von diesem Schieber bis heute ca. 15 000 Stück abgegeben worden.

Zum Vortrag von Herrn Kindschi wäre folgendes zu sagen: Die Bemühungen des EW Basel für die Propagierung der elektrischen Lichtbogenschweissung haben wir von jeher freudig begrüsst. Das Werk hat damit dem elektrischen Schweissen grosse Dienste geleistet. Die Notwendigkeit der Instruktion des Schweißpersonals haben wir frühzeitig erkannt und bereits im Jahre 1925 eine Schweißerschule für unsere Klienten und weitere Interessenten eingerichtet. Unsere Kurse wurden bis heute von etwa 4000 Teilnehmern besucht. Sie werden geleitet nach dem Grundsatz: «Nichts hat Bestand, weder Theorie ohne Praxis, noch Praxis ohne Theorie.» Darum vereinigen unsere Kurse theoretischen Unterricht mit praktischen Uebungen.

Alle Angaben sind Mittelwerte und gelten für Gleichstrom und Wechselstrom.

Abstand beider Bleche: 2 mm

Absträgung in Grad: 60

Blechdicke: 3 mm

## BROWN BOVERI

TECHN. BUREAUX: BADEN, BASEL, BERN, LAUSANNE  
LICHTBOGEN-SCHWEISS-MASCHINEN

I. Lage → 110 A  
II. Lage → 140 A  
III. Lage → 140 A  
IV. Lage u. folgende Decklage → A

Verschiedene Grössen:  
15 - 180 A Schweißstrom  
25 - 300 A "  
20 - 400 A "  
50 - 750 A "

**GLEICHSTROM-SCHWEISSUMFORMER**

**GESAMTKOSTEN pro Meter Schweissnaht**

Elektroden		
I. Lage	Durchmesser in mm	3,25
	Anzahl pro m	3
II. Lage	Durchmesser in mm	4
	Anzahl pro m	6
III. Lage	Durchmesser in mm	4
	Anzahl pro m	6
IV. Lage und folgende	Durchmesser in mm	
	Anzahl pro m	
Decklage	Durchmesser in mm	
	Anzahl pro m	
	Stromverbrauch in kWh pro m	3,8
	Arbeitszeit in Minuten pro m	60
	Total-Kosten pro Meter Schweissnaht	

Fig. 8.  
Rechenschieber zur Kostenberechnung geschweisster Konstruktionen

Der Vorsitzende, G. L. Meyfarth, Generaldirektor der S. A. des Ateliers de Sécheron, Genf: Wir haben heute, wie ich glaube, klare und vielseitige Einsicht in die Entwicklung eines

Spezialgebietes gewonnen, welches in den letzten Jahren einen sehr grossen Aufschwung genommen hat. Die Elektroschweissung, und zwar sowohl die Lichtbogenschweissung als auch die

Widerstandsschweissung, sind heute zu einem unentbehrlichen Rüstzeug jedes modernen metallverarbeitenden Betriebes geworden. Aber auch die Kleinbetriebe des Gewerbes können ohne sie nicht mehr auskommen. Das beweist schlagend die ausserordentliche Verbreitung der verschiedensten Schweissapparate im Gewerbe. Ich bin der Ansicht, dass wir heute noch lange nicht am Sättigungspunkt angelangt sind, und dass sich die Schweissttechnik fortschreitend immer neue und lohnende Fabrikationsgebiete und Anwendungsmöglichkeiten erobern wird.

Meine Herren, wir stehen wohl alle unter dem Eindruck, dass die heutige Schweisstagung dieser fortschrittlichen Entwicklung nützlich sein wird, zum besten von Industrie und Gewerbe. Die Elektroschweissung ist meines Erachtens ein gewichtiges Mittel zur Förderung unserer nationalen Wirtschaft

und speziell unserer Exportindustrie, welche sich nur durch kühnes technisches Vorwärtstreben auf dem Weltmarkt durchzusetzen vermag.

Ich möchte zum Schlusse nochmals den Herren Referenten danken für die Fülle der Mitteilungen, welche einen hohen Stand technischen Könnens und Wissens aufzeigen. Unser Dank gilt auch den Herren Diskussionsrednern, welche zum Austausch von wertvollen Erfahrungen und Anregungen beigetragen haben, und «last not least» sind wir dem SEV und seinem Sekretariat zu grossem Dank verpflichtet für die tadellose Organisation der heutigen Tagung.

Prof. Dr. P. Joye, Präsident des SEV, dankt Herrn Meyfarth herzlich für die vortreffliche Art, in der er die Versammlung geleitet hat und schliesst die Versammlung.

## Un cas intéressant d'application du compteur de dépassement

Par M. Roesgen, Genève

621.317.785.6

*Dans cet article l'auteur expose un cas assez complexe de fourniture d'énergie électrique partiellement effectuée à titre gratuit, et comportant de l'éclairage et de la force motrice. Il montre ensuite comment le problème de la mesure de cette fourniture a été résolu au moyen d'un compteur de dépassement complété par une prise de force sur l'enroulement ampèremétrique.*

*Es wird ein recht komplizierter Fall von Lieferung elektrischer Energie zu Beleuchtungs- und motorischen Zwecken erläutert, wobei ein Teil der elektrischen Energie gratis abzugeben ist. Der Autor zeigt, wie das Problem der Messung der Energie gelöst wurde. Es wurde ein besonderer Zähler verwendet, der nur den Teil der Leistung erfasst, der über einen bestimmten Betrag — den Gratis-Betrag — hinausgeht; die Stromspule hat eine Anzapfung zur Berücksichtigung des Tarifunterschiedes für Licht- und Motorenenergie.*

Vers le milieu du siècle dernier, plusieurs industriels de Genève utilisaient, pour actionner leur usine, la force vive du Rhône, au moyen de roues hydrauliques plongeant dans le courant du fleuve. La construction de l'usine de pompage de la Coulouvrenière, vers 1880, vint modifier le régime du Rhône et paralyser le fonctionnement de ces roues. Pour dédommager leurs propriétaires, la Ville de Genève, par l'intermédiaire de son Service des eaux, s'engagea à remplacer les roues par des turbines hydrauliques à haute pression, et à fournir gratuitement une puissance équivalente. Ces dispositions, résultant de la loi de concession des forces du Rhône du 30 septembre 1882, constituent l'origine de ces fournitures de «restitution», comme on les appelle, dont plusieurs usiniers sont encore bénéficiaires à l'heure actuelle.

Dans la suite, les turbines hydrauliques alimentées par le réseau de distribution à haute pression de l'usine de la Coulouvrenière, furent remplacées par des moteurs électriques; ceux-ci permettaient de supprimer les longues transmissions courant d'un côté ou d'un étage à l'autre des bâtiments, et d'introduire la commande individuelle des machines. En même temps, le Service de l'électricité se substituait au Service des eaux, et la restitution de force motrice se transformait en une fourniture gratuite d'une certaine puissance destinée à l'alimentation de moteurs ou d'autres appareils industriels. Enfin, les fournitures effectives aux abonnés intéressés dépassèrent très sensiblement l'étendue de la restitution.

Le problème de la mesure de ces fournitures fut aisément et exactement résolu au moyen du compteur de dépassement, dont il convient de rappeler brièvement le principe:

Un compteur d'énergie ordinaire mesure la fourniture totale effective à l'abonné; son équipement mobile n'attaque pas directement la minuterie, mais l'engrenage planétaire d'un différentiel; l'autre planétaire est entraîné, en sens inverse, et à vitesse constante, par un mouvement d'horlogerie ou un petit moteur synchrone. Cette vitesse constante correspond à la puissance fournie gratuitement et jusqu'à concurrence de laquelle la fourniture d'énergie ne doit pas être enregistrée par le compteur.

Le satellite du différentiel attaque la minuterie proprement dite.

Lorsque la puissance absorbée est juste égale à celle de la restitution, les deux roues planétaires tournent à la même vitesse, mais en sens inverse, en sorte que le satellite reste immobile; le compteur n'enregistre aucune consommation.

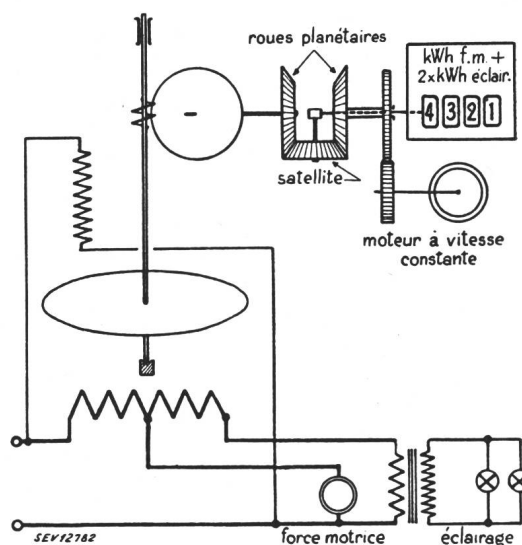


Fig. 1.

Principe du compteur de dépassement à bobine subdivisée