

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 21 (1930)
Heft: 16

Artikel: Die Elektroschweissung im modernen Elektromaschinenbau
Autor: Meyfarth, G.L.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1058271>

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: 21.02.2026

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

SCHWEIZ. ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

BULLETIN

ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

Generalsekretariat des
Schweiz. Elektrotechnischen Vereins und des
Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke

REDAKTION
Zürich 8, Seefeldstr. 301

Secrétariat général de
l'Association Suisse des Electriciens et de
l'Union de Centrales Suisses d'électricité

Verlag und Administration

Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei A.-G.
Zürich 4, Stauffacherquai 36/38

Editeur et Administration

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

Reproduction interdite sans l'assentiment de la rédaction et
sans indication des sources

XXI. Jahrgang
XXI^e Année

Bulletin No. 16

August II 1930
Août II

Die Elektroschweissung im modernen Elektromaschinenbau.

Vortrag, gehalten an der Generalversammlung des SEV am 14. Juni 1930 in Genf
von G. L. Meyfarth, Direktor der S. A. des Ateliers de Sécheron, Genf.

621.791.753: 621.313

Die elektrische Lichtbogen-Schweissung ist der Gasschweissung überlegen, weil die Wärmeübertragung auf grosse Werkstücke geringer ist und sie sich deshalb bei richtiger Konstruktion nicht verziehen. Nötig sind geeignete Elektroden und eine in Bezug auf Zündfähigkeit und Aufrechterhaltung des Lichtbogens geeignete Stromquelle. Wechselstromschweissung gibt ebenso gute Resultate wie Gleichstromschweissung. Wichtig ist die gute Ausbildung der Schweisser. Geschweisste Teile von Elektromaschinen: Gehäuse, Grundplatten, Rotorgestelle können bis 50 % leichter ausfallen als die dem gleichen Zweck dienenden Gußstücke. Das neue Fabrikationsverfahren bedingt diesem angepasste neue Konstruktionsprinzipien und stellt dem Konstrukteur interessante Aufgaben.

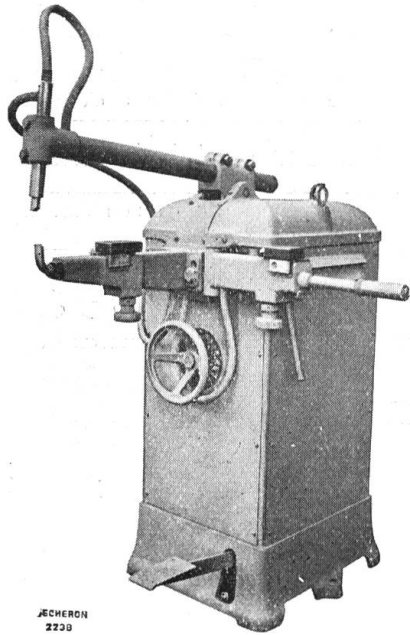
Der Autor zeigt in einer Reihe von Bildern Beispiele von geschweissten Teilen von Elektromaschinen und weist am Schluss auf die volkswirtschaftliche Bedeutung dieses Fabrikationsverfahrens für die schweizerische, in hohem Masse auf den Export angewiesene Elektromaschinenindustrie hin.

Le soudage à l'arc électrique est préférable au soudage au gaz, parce que la chaleur transmise aux grosses pièces d'atelier est moindre et que, par conséquent, celles-ci ne se déforment point si l'exécution est correcte. Il est indispensable d'user d'électrodes appropriées et d'une source de courant susceptible de provoquer l'allumage de l'arc et de le maintenir. Le soudage par courant alternatif donne de tout aussi bons résultats que le soudage par courant continu. Mais il est important de ne confier ce travail qu'à des soudeurs entraînés. Les pièces soudées des machines électriques, carcasses, plaques, socles, cages de rotor, peuvent être jusqu'à 50% plus légères, que les pièces coulées remplissant le même but. Cette technique nouvelle entraîne la revision des principes à la base de la construction des machines et pose d'intéressants problèmes au constructeur.

L'auteur montre à l'aide d'une série de photos des exemples de pièces soudées intervenant dans la construction des machines électriques et attire l'attention sur le côté économique de ce procédé de fabrication, d'une importance capitale pour l'industrie électro-technique suisse, dont le développement dépend en grande partie de l'exportation de ses produits.

Die Entwicklung der letzten Jahre im Elektromaschinenbau ist vor allem gekennzeichnet durch die rapide Steigerung der Leistung pro Einheit. Hand in Hand geht selbstverständlich eine Steigerung der Maschinenspannung und die Verbesserung des Wirkungsgrades der Maschinen. Ich möchte heute aber nicht von diesen Rekordleistungen sprechen, sondern mich darauf beschränken, auf eine andere, ebenso interessante Richtung der Entwicklung hinzuweisen. Es ist dies das mächtige Eindringen eines neuen Fabrikationsverfahrens in den Elektromaschinenbau durch die Elektrolichtbogenschweissung. Diese neuere Entwicklung ist gerade in der schweizerischen Fachwelt ziemlich unbeachtet geblieben, da die von der Industrie bis heute nach dem neuen Verfahren geschaffenen Konstruktionen meistens für den Export bestimmt sind. Das im Einvernehmen mit dem Vorstand des SEV für den Vortrag gewählte Thema dürfte deshalb für manchen unter uns etwas Neues bedeuten. Ent-

sprechend meiner persönlichen Auffassung, dass die Vorträge im Schosse des SEV der Sache und nicht einer Firma dienen sollen, habe ich die Basis möglichst breit gehalten. Neben den drei schweizerischen Elektrofirmen werden auch führende deutsche und österreichische Firmen in den Vortrag einbezogen werden. Leider hat mir die zur Verfügung stehende Zeit nicht erlaubt, auch die amerikanischen Konstrukteure, welche auf dem schweisstechnischen Gebiet sehr leistungsfähig sind, in meinen Ausführungen zu berücksichtigen.



JECHEON
2230

Fig. 1.

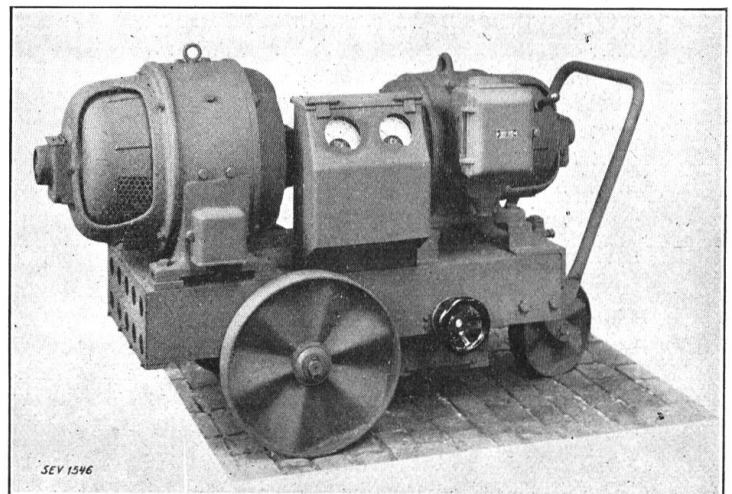
Universalschweissmaschine der
S. A. des Ateliers de Sécheron.

Die Elektrolichtbogenschweissung ist schon seit vielen Jahren bekannt und sogar älter als die autogene Gasschweissung. Diese letztere kommt für die Schweissung von grossen Werkstücken nicht in Betracht, weil durch eine ganz bedeutende Wärmeübertragung, die das ca. acht- bis zehnfache derjenigen der Elektroschweissung beträgt, die Werkstücke sich verziehen bzw. unzulässige Spannungen erhalten. Es stellt sich die Frage, warum es so lange gedauert hat, bis die Lichtbogenschweissung im Elektromaschinenbau Eingang finden konnte. Der Hauptgrund dürfte wohl in der Schwierigkeit der Herstellung einer schweiss-sicheren Elektrode gelegen haben. Lange Zeit beschäftigten sich hauptsächlich nur die Elektriker mit dem Problem der Elektroschweissung. Man glaubte, dass durch eine bestimmte Regulierung des Lichtbogens allein gute Resultate zu erzielen seien. Erst als man

einsah, dass der Schweissvorgang ein elektro-metallurgischer Vorgang ist, und das Problem zugleich dem Chemiker überwies, wurden die Hilfsmittel geschaffen, die gestatteten, die Elektroschweissung mit Erfolg anzuwenden. Man kann heute ohne Ueberhebung behaupten, dass die Lichtbogenschweissung allen Anforderungen der Praxis gerecht zu werden vermag.

Zur Lichtbogenschweissung bedarf es einer Stromquelle, die den Lichtbogen bei jedem beliebigen Schweisstrom leicht und sicher aufrecht zu erhalten vermag. Man kann mit Wechselstrom oder mit Gleichstrom schweissen. Auf das Resultat der Schweissung hat die Stromart keinen Einfluss. Weitere Forderungen als die einer guten Zündfähigkeit, eines stabilen Lichtbogens und einer gewissen Regulierfähigkeit stellt der Schweissprozess an den elektrischen Teil der Apparatur nicht. Die anfänglich bestehende und auch heute noch weit verbreitete Auffassung, dass nur Gleichstrom

gute Resultate ergebe, ist irrtümlich und durch die Praxis und durchgreifende Versuche unabhängiger Stellen einwandfrei widerlegt worden. Während man sich in Europa in der Hauptsache mit der gewöhnlichen Lichtbogenschweissung begnügt, bei welcher das Werkstück den einen Pol und die Metallelektrode mit dem aufzutragenden Material den andern Pol darstellt, hat sich in Amerika und neuer-



SEV 1596

Fig. 2.

Schweissmaschine der A.-G. Brown, Boveri & Co.

dings auch in Deutschland noch ein Verfahren eingeführt, welches darin besteht, dass die Schweissung hinter einem Mantel von Schutzgasen erfolgt. Dazu wird ein Wasserstoffstrom an die Schweisstelle geleitet. In der Hitze zerfallen die Wasserstoffmoleküle in Atome, welche sich bei dem Werkstück wieder unter grosser Hitzewirkung zu Molekülen vereinigen, um nachher an der Luft zu verbrennen. Dieses Verfahren ist jedoch teuer, umständlich und kompliziert in der Handhabung und dürfte deshalb bei uns ausser Betracht fallen, zumal es wegen der grossen Wärmeübertragung und der daraus resultierenden Werkstückspannungen im Maschinenbau zu ähnlichen Schwierigkeiten Anlass gibt, wie die autogene Gas-schweissung.

In metallurgischer Beziehung muss die Lichtbogenschweissung folgende Ansprüche erfüllen:

Erstens soll eine saubere, porenfreie Schweissnaht zu erzielen sein, welche auch möglichst alle Festigkeitseigenschaften des Werkstückmaterials besitzen muss.

Zweitens soll die Schweissung gewissermassen sich selbst kontrollieren und keine allzu hohen Anforderungen an die Fertigkeit des Schweissers stellen.

Diese Bedingungen sind durch die Schaffung von Drahtelektroden mit geeigneten Umhüllungen erfüllt. Alle diese Umhüllungen haben den Zweck, die Luft vom geschmolzenen Eisen fern zu halten und dadurch vor dem Oxydieren zu schützen. Sie enthalten häufig noch Legierungsbestandteile, welche die Festigkeitseigenschaften der Schweisse günstig beeinflussen. Sie wirken gleichzeitig als Kontrolleur, indem fehlerhafte Schweisstellen sofort erkennbar werden. Das blosses Aufkleben von Metall ist mit umhüllten Elektroden praktisch ausgeschlossen. In manchen Ländern, z. B. in Deutschland und in Oesterreich, wird vielfach noch die Schweissung mit nacktem Draht propagiert. Es wird nicht selten behauptet, der nackte Draht liefere bessere Resultate als der umhüllte. Diese sonderbare Auffassung rührt davon her, dass sehr häufig umhüllte Drähte sehr geringer Qualität auf den Markt kommen, welche der oben erwähnten Zweckbestimmung

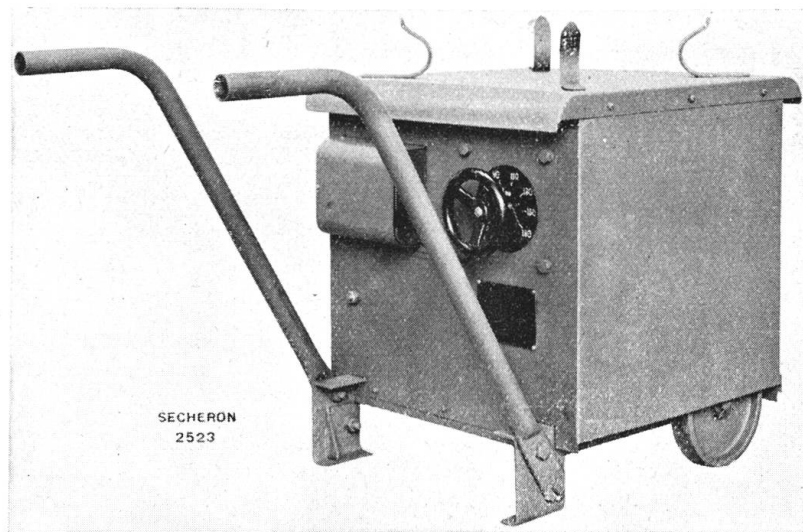


Fig. 3.
Schweisstransformator der S. A. des Ateliers de Sécheron.

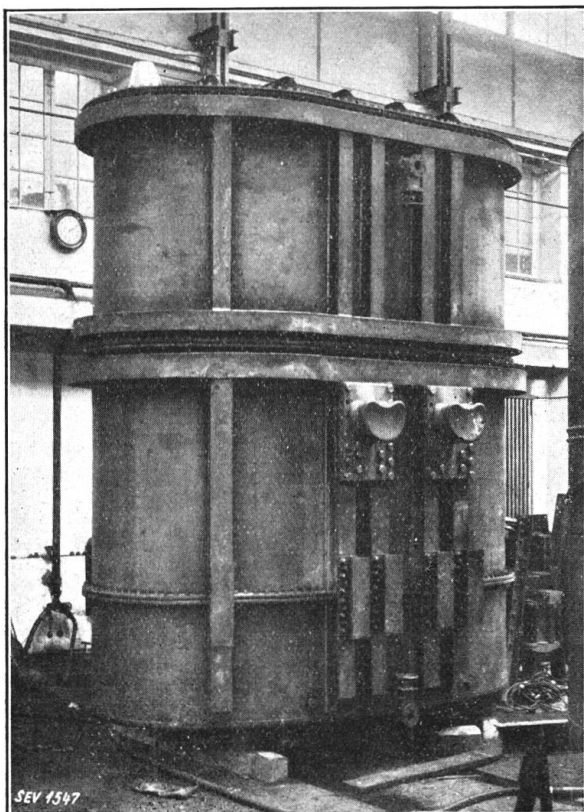


Fig. 4.
Geschweisster Kessel für Grosstransformator
der A.-G. Brown, Boveri & Co.

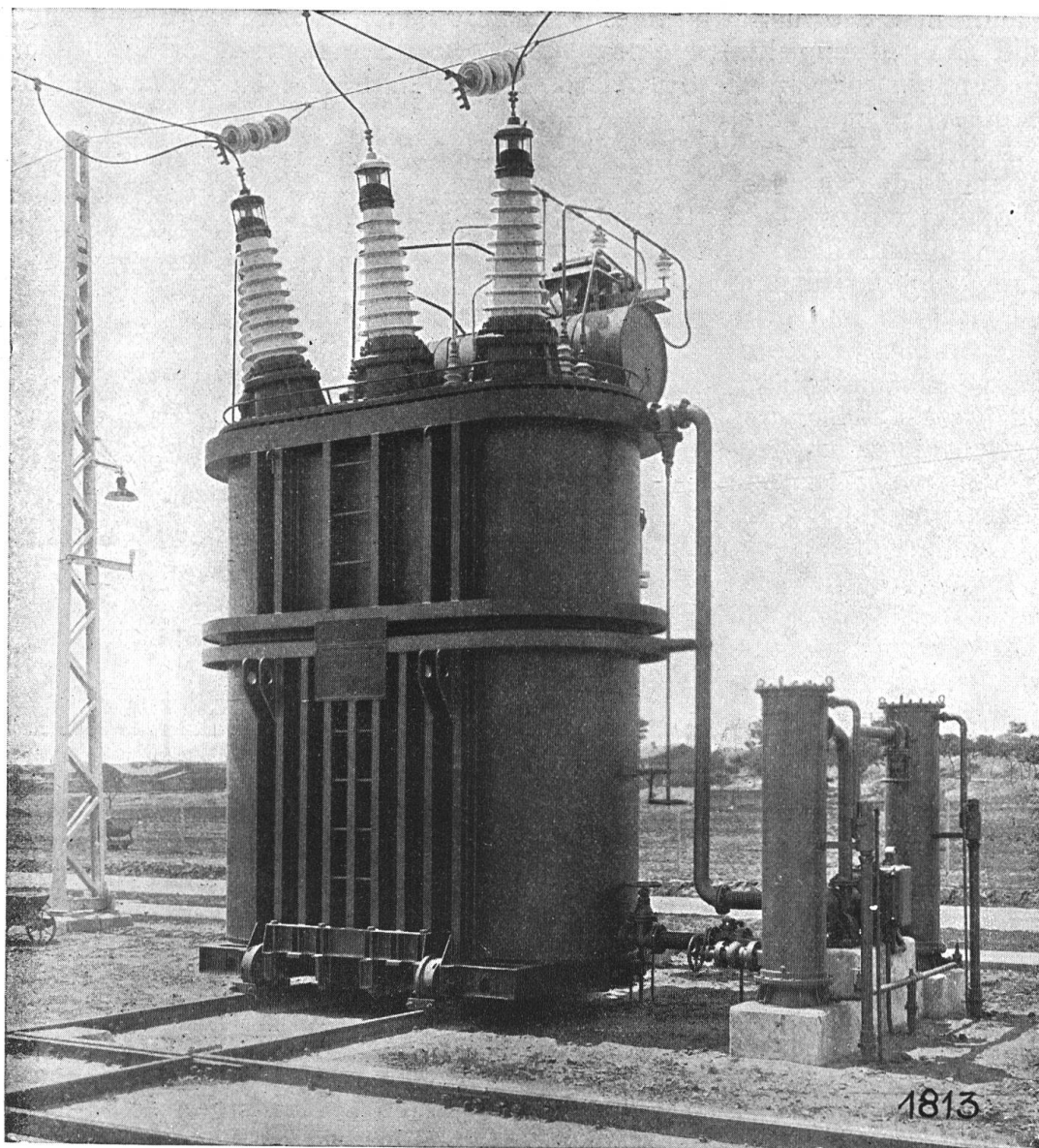


Fig. 5.

Grosstransformator für Freiluftaufstellung der S.A. des Ateliers de Sécheron.

nicht entsprechen. Derartige Elektroden haben einen sehr nachteiligen Einfluss auf die Entwicklung der Schweisstechnik gehabt und in vielen Fällen zur Einführung der teuren und komplizierten Gasschutzschweissung geführt. Zu Schweissungen sehr guter Qualität hat man aber die komplizierten Mittel dieser Methode nicht nötig, sondern erhält sie auf einfachere Weise durch Benützung guter umhüllter Schweissdrähte. In Tabelle I seien einige Festigkeitszahlen angegeben, die man bei der Schweissung mittels des elektrischen Lichtbogens erzielt.

Tabelle I.

Bezeichnung	Festigkeit kg/mm ²	Dehnung %	Gütezahl
Nackter Draht <i>normal</i>	27 – 35	3 – 5	0,08 – 0,16
Nackter Draht <i>spezial</i>	40 – 45	3 – 5	0,12 – 0,23
Umhüllter Draht <i>normal</i>	37 – 42	12 – 15	0,45 – 0,63
Umhüllter Draht (Exotherm-Elektroden SCW)	49 – 51	22 – 25	1,1 – 1,3
Umhüllter Draht, durch Glühen und Hämmern vergütet	49 – 50	27 – 29	1,3 – 1,45
Schutzgasschweissung	33	28	0,93

Die angegebenen Festigkeitswerte gelten für ordnungsgemäss ausgeführte Schweissungen mit Gleichstrom oder Wechselstrom. Einen guten Ueberblick über den Wert von Schweisselektroden geben die aus der Festigkeit und Dehnung berechneten Gütezahlen. Man ersieht daraus, dass z. B. eine mit normalem nacktem Draht ausgeführte Schweissung nur ein Fünftel der Güte der Schweissung einer normalen umhüllten Elektrode hat und nur ein Zehntel der Güte einer umhüllten Spezialelektrode.

Berücksichtigt man dabei die mangelhafte Kontrollierfähigkeit der Schweisstellen bei Benützung nackten Drahtes, so ist es wohl verständlich, dass der umhüllte Qualitätsdraht trotz seines höheren Preises sich in der Schweiz, welche naturgemäss auf Qualitätsarbeit halten muss, durchgesetzt hat und auch in andern Ländern mehr und mehr Fuss fasst.

Man unterscheidet umhüllte Elektroden verschiedener Qualitäten, die je nach der Art der Schweissung und den gewünschten Eigenschaften der Schweisse verschieden sind. Es gibt Elektroden für gewöhnliche Eisenschweissung, für Stahlschweissung, für schmiedbare Schweisstellen, für hohe Verschleissfestigkeit, für Gusschweissung, für Stahlgusschweissung etc.

Eine weitere Art der elektrischen Schweissung, welche aber von der Lichtbogenschweissung prinzipiell verschieden ist, ist die Widerstandsschweissung. Dieselbe kommt im Elektromaschinenbau haupt-

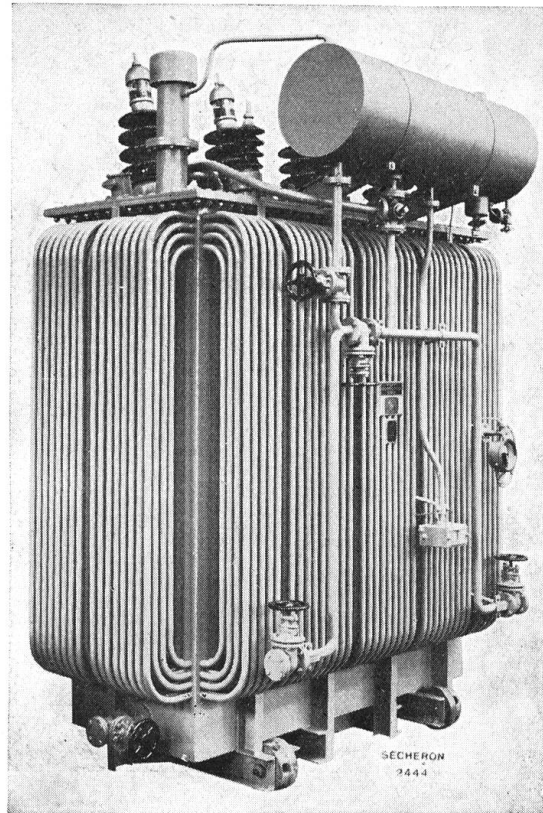


Fig. 6.

Rohrkesseltransformator der S. A. des Ateliers de Sécheron.

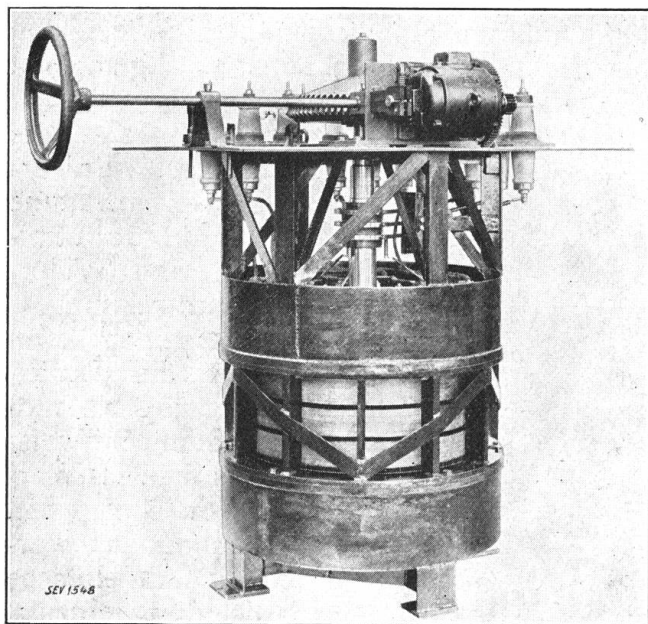


Fig. 7.

Induktionsregler der S. A. des Ateliers de Sécheron.

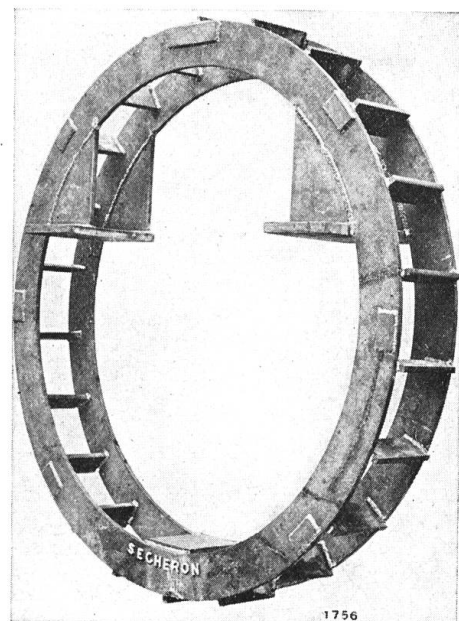


Fig. 8.

Stator einer Aussenpolmaschine der S. A. des Ateliers de Sécheron.

sächlich als Punktschweissung in Frage, z.B. zum Aufschweissen von Distanzstegen auf die Endbleche von Blechpaketen, sowie zum Schweissen von Deckeln, Schutzkästen aus dünnem Blech usw. Die Widerstandsschweissung benötigt einen sehr

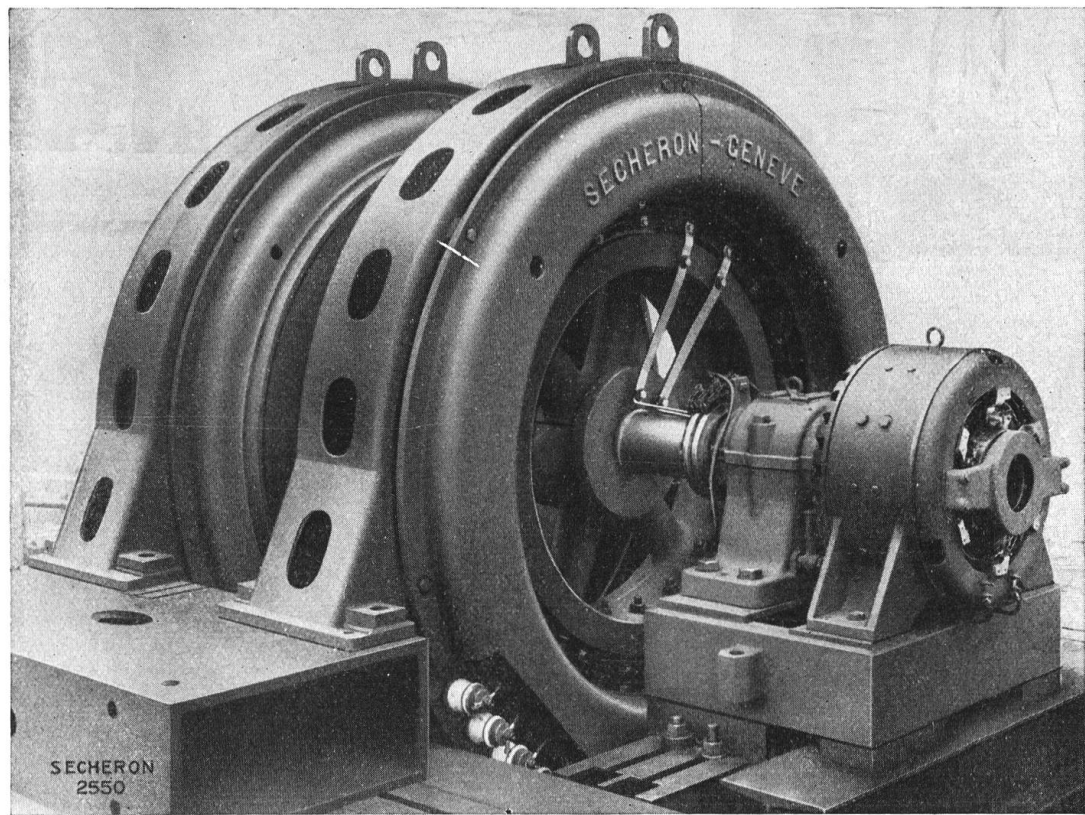


Fig. 9.

Stator einer Innenpolmaschine der S.A. des Ateliers de Sécheron.

hohen Strom von einigen tausend A, bei sehr geringer Spannung. Solche Ströme sind schwierig fortzuleiten, wodurch die Widerstandsschweissung an stationäre Schweissmaschinen gebunden ist. Alle Stücke müssen auf diese Maschine gebracht werden, was bei den schweren Teilen des Elektromaschinenbaues im allgemeinen nicht möglich ist.

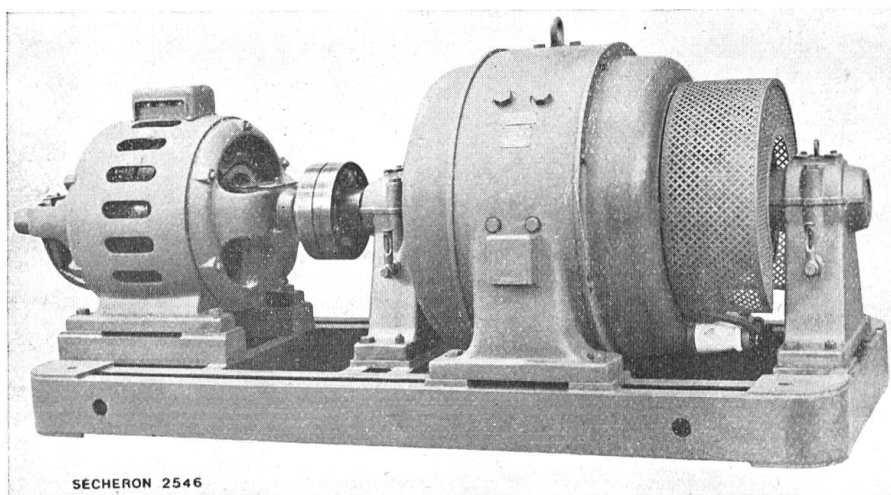


Fig. 10.

Grundplatte für Umformergruppe der S.A. des Ateliers de Sécheron.

Fig. 1 zeigt die kombinierte Universal-Schweissmaschine Sécheron für Lichtbogen- und Widerstandsschweissung. Mit derselben kann sowohl die Punktschweissung als auch die Stumpfschweissung, sowie das Wärmen von Nieten etc. vorgenommen werden; durch einfache Umstellung eines Schalters kann die Maschine als Lichtbogenapparat benutzt

werden. Da die Anwendungsmöglichkeit der Widerstandsschweissung im Elektromaschinenbau sehr begrenzt ist, möchte ich diese Schweissart in der Folge ausser Acht lassen.

Die Verwendung des Flusseisens an Stelle des Gusseisens als Konstruktionsmaterial bedeutet nicht nur einen wirtschaftlichen Fortschritt, sondern auch eine Erhöhung der Qualität. Die Brüchigkeit des Gusseisens bei Stössen und unvorhergesehenen Beanspruchungen ist zur Genüge bekannt. Durch derartige Beschädigungen, die oftmals schlecht oder überhaupt nicht auszubessern sind, kann eine Maschine unter Umständen monatelang für den Betrieb ausfallen. In der Fabrikation selbst haben Ausschusstücke in Gusseisen nebst der unvermeidlichen Verteuerung bedeutende Lieferterminüberschreitungen zur Folge. Diese Vorkommnisse fallen bei Flusseisenkonstruktionen ausser Betracht. Selbst nachträglich aufgezeigte Konstruktionsfehler oder Aenderungen können auf einfache Weise noch während der Fabrikation durch elektrische Schweissung behoben werden.

Konstruktionsteile für elektrische Maschinen müssen starr sein und sollen wenig vibrieren. Gefühlsmässig sieht man Guss-eisengehäuse für steifer an als solche aus Flusseisen. Geht man aber der Sache auf den Grund und untersucht Gusseisen und Flusseisen von gleichen Dimensionen in bezug auf Biegezugfestigkeit, so findet man, dass sich das Gusseisen bei gleicher Last mehr als doppelt so stark durchbiegt als Flusseisen; denn der Elastizitätsmodul des Gusseisens ist nicht halb so gross als der des Flusseisens.

Nun darf man sich natürlich nicht dazu verleiten lassen, die gleiche Konstruktionsform zu wählen, die man bei Gusseisen vorgesehen würde. Dies würde umständliches Zuschneiden und Pressen der Flusseisenteile, sowie eine übermässige Schweissarbeit bedeuten. Man vermeidet nach Möglichkeit unnötige Schweissnähte und unnötige Vorbereitungsarbeiten. Es sollen, wo immer angängig, Profileisen, Bleche, Rohre von normalen

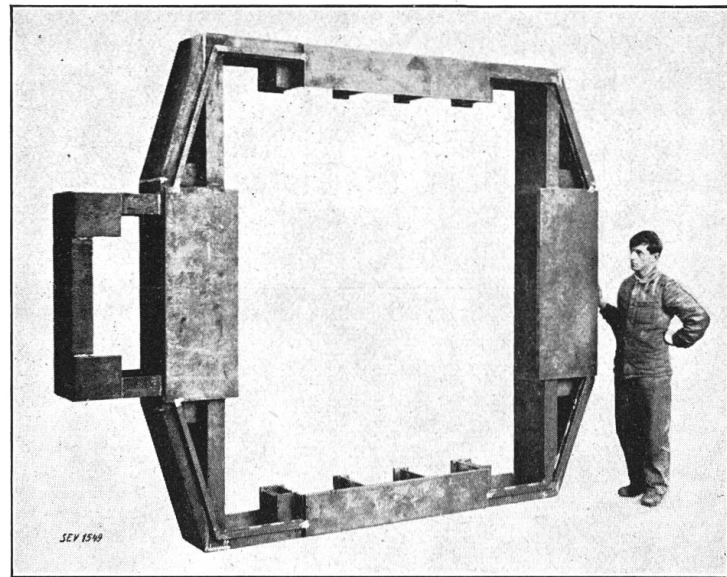


Fig. 11.

Grundplatte für Drehstromgenerator der S.A. des Ateliers de Sécheron.

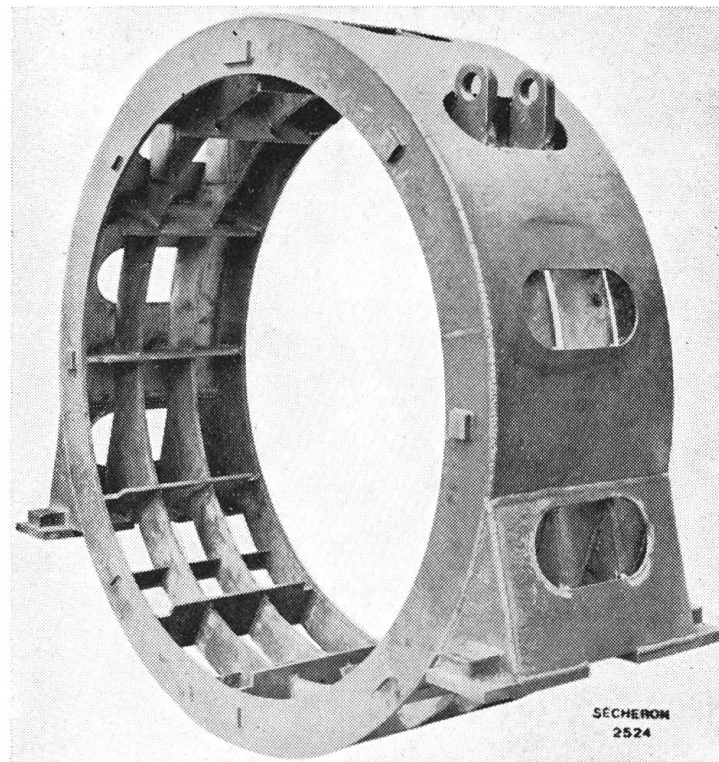


Fig. 12.

Gehäuse eines Drehstromgenerators der S.A. des Ateliers de Sécheron.

Dimensionen als Konstruktionsstoffe verwendet werden. Dabei darf aber nicht vergessen werden, dass die Konstruktion möglichst starr sein soll. Durch Fortlegung des Materials von der neutralen Achse kann mit geringem Eisengewicht ein sehr grosses Widerstandsmoment, d. h. eine sehr grosse Starrheit erzielt werden. Das klassische Beispiel für solche Körper sind Rohre. Nun darf aber natürlich ein Maschinengehäuse z. B. nicht als Rohr ausgebildet werden. Dies ist aber auch nicht nötig und nicht erstrebenswert, weil die auftretenden Beanspruchungen nicht in allen Richtungen die gleichen sind. Durch Ueberlegen, in welcher Richtung beispielsweise die Kurzschlusskräfte und die normal auftretenden Beanspruchungen wirken, kann man zu einer verhältnismässig leichten und doch starren Maschinenkonstruktion kommen, indem man z. B., ähnlich wie beim Brückenbau, als Versteifung Kreuz- und Querverstreibungen anwendet.

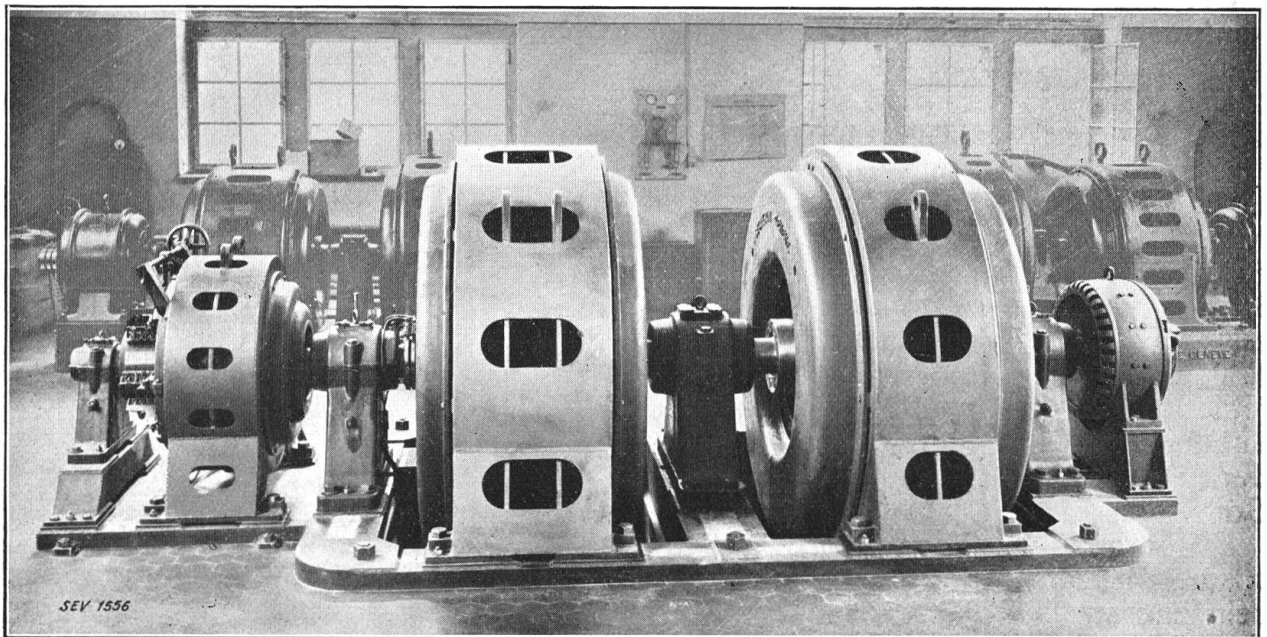


Fig. 13.
Umformergruppe der S.A. des Ateliers de Sécheron.

Die Schweissung der Gehäuse, der Grundplatten, der Tragarme und der Verschaltungen, also derjenigen Maschinenteile, die heute elektrisch geschweisst werden, erfolgt ausschliesslich mittels der Lichtbogenschweissung. Alle diese Maschinenteile wurden früher in Grauguss oder Stahlguss ausgeführt.

Die Ausführung in Guss lässt in der Formgebung in ästhetischer Hinsicht eine sehr grosse Freiheit zu. Die Füsse der Gehäuse sind geschweisst, die Verschaltungen gerundet, wodurch die Maschinen einen den heutigen ästhetischen Ansichten entsprechenden schönen Anblick gewähren. Der Uebergang von der Gusskonstruktion auf die neue Fabrikationsmethode der Elektroschweissung bedingt natürlich neue Konstruktionsformen. Sowohl der Konstrukteur als auch der Klient müssen ihre ästhetischen Ansichten einer gründlichen Revision unterziehen. Nach dem Grundsatz, dass das, was zweckmässig ist, auch schön ist, wird sich diese Umwandlung des ästhetischen Gefühles auch schnell vollziehen. Bei Schweisskonstruktionen muss vor allem auf Verwendung möglichst einfacher Eisenformen, die ohne weiteres im Handel erhältlich sind, gehalten werden. Dies sind Normalprofile verschiedener Formen sowie Blechplatten. Wir müssen ehrlich zugeben, dass anfänglich überall bei Einführung der Elektroschweissung in bezug auf Formgebung grosse Fehler gemacht wurden, indem man die Gusstückform einfach für die Schweissung umkopierte, bzw. die Gussformen nachzuahmen suchte. Man erhielt

so ein Zwitterding, dessen Anblick weder den Aesthetiker noch den reinen Zweckmenschen befriedigen konnte und sich im Herstellungspreis ausserordentlich ungünstig stellte. Wir konstatieren auch heute noch fortwährend, infolge der alten Einstellung der Konstrukteure, derartige misslungene Schweisskonstruktionen. Auch hier muss die Zeit und die Erfahrung die richtigen Lösungen aufzeigen.

Für den Erfolg der neuen Fabrikationsmethode müssen folgende Bedingungen erfüllt werden:

Erstens muss ein Schweisserpersonal vorhanden sein, welches für eine gewissenhafte Arbeit volle Gewähr bietet. Da es sich um einen neuen, im Werden begriffenen Beruf handelt, ist die Wahl und die Ausbildung des Personals von ausschlaggebender Wichtigkeit für den Erfolg. Sécheron hat in Erkenntnis dieser Sachlage in enger Zusammenarbeit mit dem Psychotechnischen Institut Zürich diese Frage wissenschaftlich und systematisch untersuchen und praktische Prüf- und Ausbildungsmethoden ausarbeiten lassen. In erster Linie handelt es sich darum, die Auswahl der Anfänger auf psychotechnischer Grundlage vorzunehmen, um die erheblichen Anlernkosten in der Folge nicht an unbrauchbare Arbeiter verschwenden zu müssen. Sodann ist ein Verfahren geschaffen worden, welches ermöglicht, in kürzester Zeit und in systematischer Art und Weise dem Schweisserkandidaten ein Minimum derjenigen Handfertigkeit beizubringen, welche erlaubt, die Produktion ohne Gefahr für die Qualität der Schweissung aufzunehmen.

Zweitens müssen die Schweissapparate wirtschaftlich arbeiten. Wie eingangs erwähnt, kommt dabei sowohl Gleichstrom als Wechselstrom in Betracht.

Die Gleichstromschweissung bedingt Umformergruppen, welche den Dreiphasenstrom des Netzes in Gleichstrom geringer Spannung und regulierbarer Stromstärke umformen.

Fig. 2 zeigt einen derartigen Umformer der A.-G. Brown, Boveri. Diese Umformergruppen haben bei Normalbelastung einen relativ schlechten Wirkungsgrad von ca. 60 %, welcher während der im günstigsten Fall zwei Drittel der Totalzeit betragenden Leerlaufzeit naturgemäss noch weiter sinkt. Dagegen ist der $\cos \varphi$ bei Normallast ein relativ guter.

Der Wechselstromschweissung dienen transportable Transformatoren, welche durch besondere Schaltung den niedergespannten Wechselstrom für die Aufrechterhaltung des Lichtbogens erzeugen. Die Transformatoren haben selbstverständlich einen guten Wirkungsgrad von ca. 85 % bei Normallast, jedoch einen schlechten Leistungsfaktor, welcher je nach Bauart und bei Vollast von $\cos \varphi = 0,25$ bis 0,4 variieren kann.

Unerwünscht mag unter gewissen Voraussetzungen auch der einphasige Netzanschluss sein. In solchen Fällen kann durch Verwendung von Spannungsteilern und dreiphasigem Anschluss die ungleiche Phasenbelastung im Verhältnis von 2:1:1 vermindert werden.

Der in Fig. 3 gezeigte Sécheron-Schweisstransformator hat gegenüber andern die wichtige Eigenschaft, durch spezielle Schaltung einen relativ höheren Leistungsfaktor aufzuweisen mit dem weiteren Vorteil einer verhältnismässig grossen Zündspannung bei kleinen Stromstärken zwecks Erleichterung des Schweissprozesses

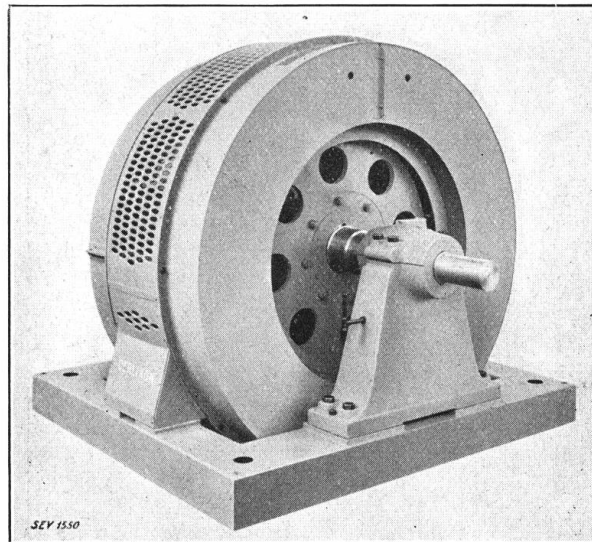


Fig. 14.
Drehstrommotor, 1000 PS, der Maschinenfabrik Oerlikon.

bei dünnen Blehkonstruktionen. Die Zündspannung ist um so höher, je kleiner der eingestellte Schweisstrom ist. In letzter Zeit baut Sécheron Schweisstransformatoren, bei welchen der erwähnte Nachteil des schlechten Leistungsfaktors durch Einbau von statischen Kondensatoren ausgemerzt ist. Diese Kondensatoren bilden mit den Transformatoren eine transportable Einheit und ermöglichen einen $\cos\varphi$ bei Vollast von 0,7. Im Leerlauf, welcher im günstigsten Falle zwei Drittel der

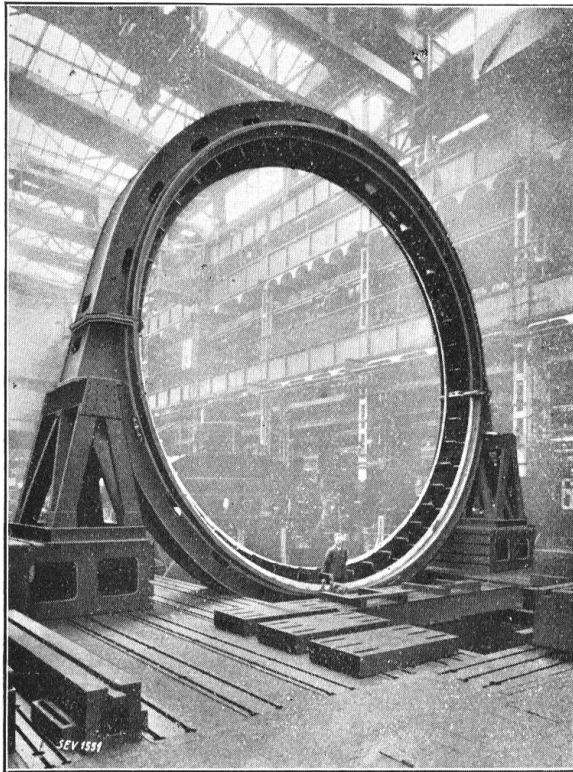


Fig. 15.

Drehstromgenerator, 5000 kVA, der Siemens-Schuckert-Werke.

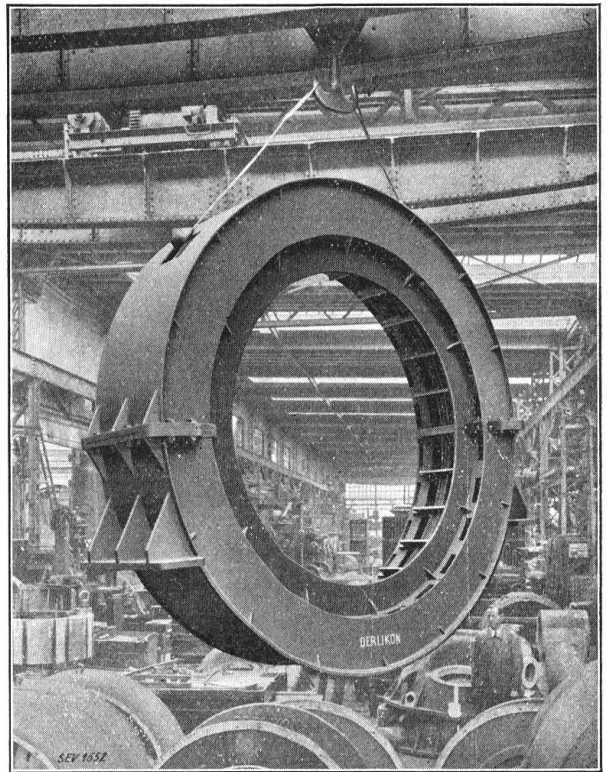


Fig. 16.

Drehstromgenerator, 4200 kVA, der Maschinenfabrik Oerlikon.

Arbeitszeit ausmacht, arbeitet der Apparat mit voreilender Blindleistung von ca. 4 kVA. Im Zeitdurchschnitt kann bei Anschluss dieser Apparate an ein Netz im Mittel mit voreilem Strom gerechnet werden, weshalb sie sich in einem Netz sehr günstig auswirken.

Drittens benötigt man Schweisselektroden, welche die gute Qualität der Schweissung gewährleisten. In der Schweiz werden ganz allgemein umhüllte Elektroden verwendet. Diese Umhüllung besteht in der Regel aus den Luft-Sauerstoff reduzierenden Stoffen und hat den Zweck, die Oxydation des geschmolzenen Eisens bei der Berührung mit der Luft zu verhindern. Die von Sécheron hergestellten Elektroden „Exotherm“ haben noch die zusätzliche Eigenschaft, wie übrigens der Name sagt, in der Umhüllung chemisch gebundene Wärmeenergie in der Hitze frei zu geben. Die Wärme abgebende Reaktion geht nicht plötzlich, sondern allmählich vor sich, um der Schlacke Zeit zu geben, den Zunder und die Unreinigkeiten an der Schweissoberfläche aufzulösen. Vor allem wird auch durch die Wärme, die sich in der Schlacke entwickelt, das zu rasche Abkühlen und Erstarren der Schweisse verzögert, was eine Erhöhung ihrer Dehnbarkeit zur Folge hat.

Viertens müssen autogene Schneideeinrichtungen zum rationellen Ausschneiden der Konstruktionseisen vorhanden sein. Es handelt sich bei der Elektroschweissung immer darum, Profileisen und Eisenbleche verschiedener Formen und Dicke in der gewünschten Form auszuschneiden. Die heutigen autogenen Schneidezeuge ermög-

lichen das Durchbrennen von Blechdicken bis zu 350 mm. Sie ergeben einen glatten Schnitt, auf dem ohne weitere Vorbereitung geschweisst werden kann. Eine moderne Schneideanlage mit Führungspantograph ermöglicht auf einfachste Weise das Ausschneiden des Materials nach jeder beliebigen Linienführung.

Sofern diese vier Bedingungen erfüllt sind, kann getrost an die Fabrikation von geschweissten Elektromaschinen herangetreten werden. Die Bilder, welche uns

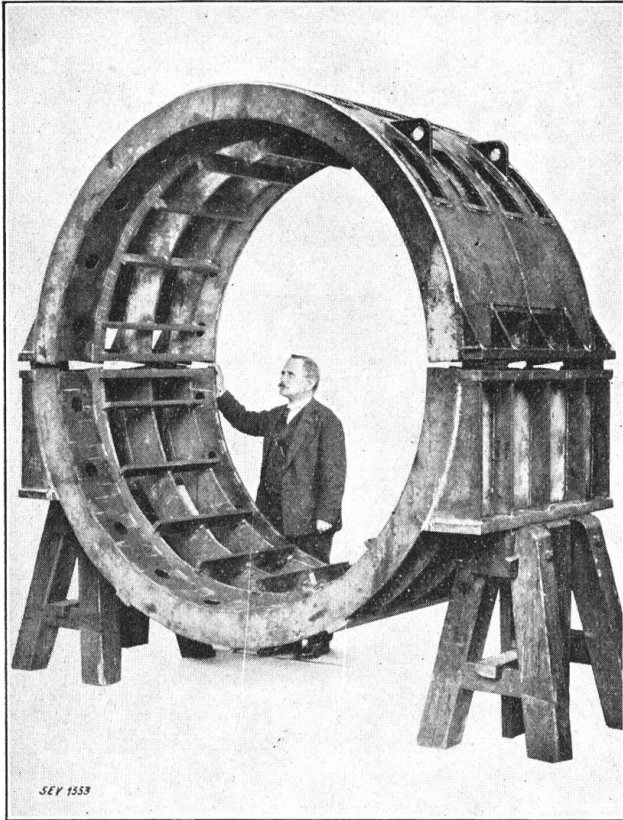


Fig. 17.

Generatorgehäuse, 3800 kVA, der S.A. des Ateliers de Sécheron.

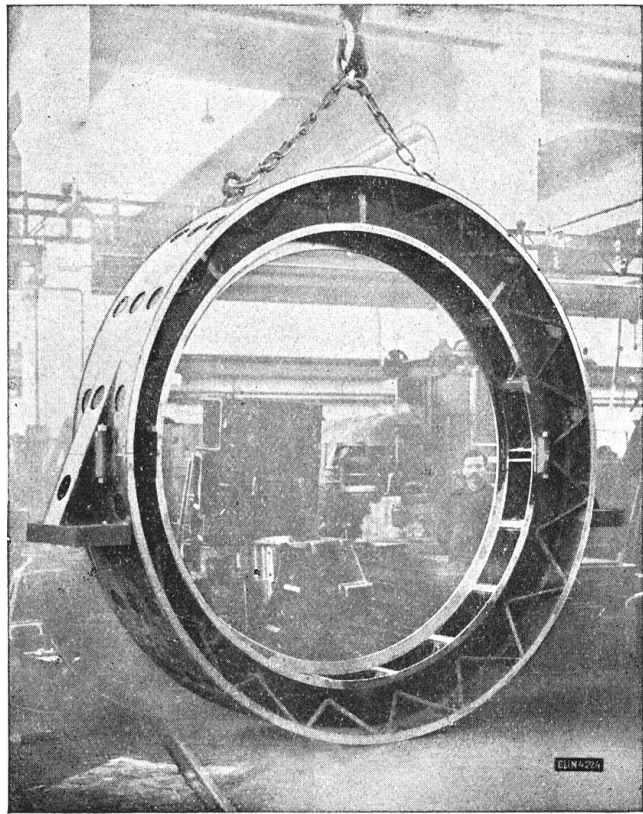


Fig. 18.

Synchronmotor, 1000 PS, der Elin.

von den verschiedenen Firmen in bereitwilliger Weise zur Verfügung gestellt wurden, sollen einen Einblick in das geben, was auf dem neuen Fabrikationsgebiet in der letzten Zeit geleistet worden ist¹⁾. Man konstatiert dabei, dass eine ausgesprochene Tendenz besteht, die Elektroschweissung auf immer grössere Maschineneinheiten auszudehnen. Ferner kann auch verschiedentlich festgestellt werden, mit wieviel Mühe und auf welchen Umwegen die neuen Konstruktionsformen gesucht werden müssen.

Am frühesten fand die Elektroschweissung ausgedehnte Anwendung im Apparat- und Transformatorenbau.

Fig. 4 zeigt einen elektrisch geschweissten Transformatorenkessel in dreiteiliger Ausführung für das Kraftwerk Vernayaz der S.B.B. Die einzelnen Teile sind an Ort und Stelle zusammengeschräubt. Fig. 5 stellt einen für ein Unterwerk in Madrid bestimmten Transformator von 15000 kVA dar. Auch hier musste mit Rücksicht auf das Transportprofil der Kessel zweiteilig ausgeführt werden. Interessant ist die getroffene Lösung, an Ort und Stelle die Stossfugen zu verschweissen, wodurch die Dichtschraubung umgangen wurde. Auch bei der Konstruktion des aktiven Teiles der Transformatoren findet das elektrische Schweißen weitgehende

¹⁾ Die von der A E G zugesagten Bilder sind noch nicht eingetroffen und müssen infolgedessen weggelassen werden.

Verwendung. Oft werden die Endplatten durch Aufschweissung von Flacheisen versteift und die Wicklungspressplatten aus Blech ausgeschnitten und geschweisst. Eine andere Anwendung im Transformatorenbau ist die Rohrbündelschweissung für Transformatoren mit natürlicher Luftkühlung. In neuerer Zeit werden die Transformatoren mittlerer Leistung von 600 bis 5000 kVA und mit natürlicher Kühlung mit Rohrkesseln ausgeführt. Die Rohre von ca. 1 mm Wandstärke werden im Kasten inwendig eingeschweisst. Fig. 6 stellt einen solchen Transformator dar. Diese Kühlanordnung ergibt eine sehr wirksame Kühlung und starre Kessel. Die Dichtschweissung der dünnen Stahlrohre ist eine ausgesprochene Qualitätsarbeit.

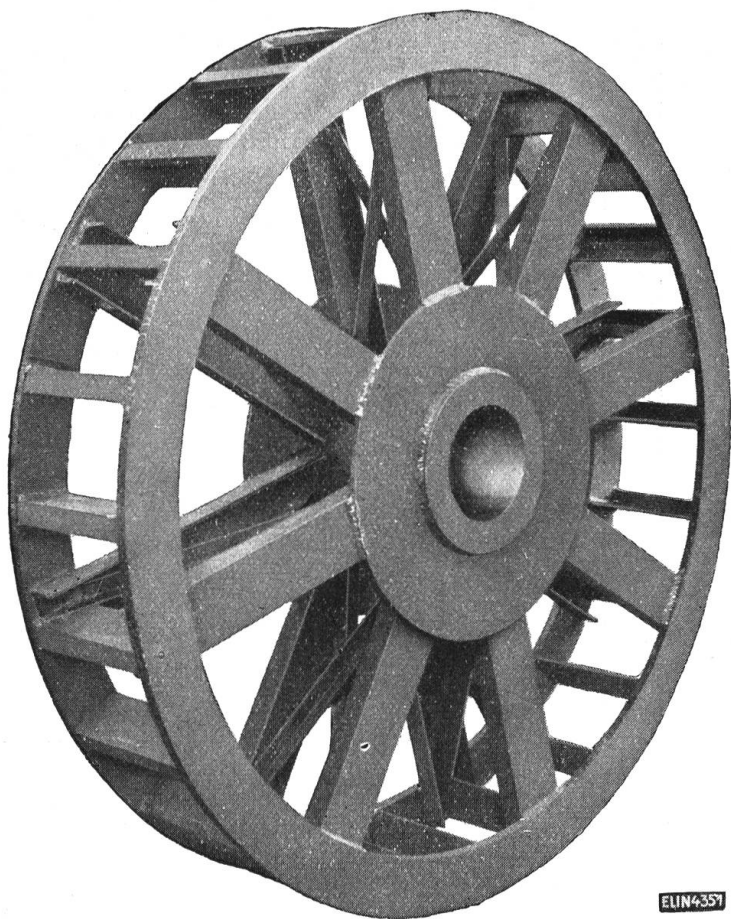


Fig. 19.
Rotor zu einem Motor, 800 PS, der Elin.

Fig. 7 zeigt einen Induktionsregler für 1500 kVA Durchgangsleistung, eine typische, erfolgreiche Schweisskonstruktion. Es sei besonders auf die sehr starren und leichten Diagonalverstreibungen hingewiesen. Das Gewicht der dem gleichen Zwecke dienenden Gusskonstruktion würde 690 kg betragen; die Schweisskonstruktion wiegt 428 kg, woraus eine Gewichtsreduktion von 38 % resultiert.

Der erste in Sécheron geschweisste Bestandteil für rotierende Maschinen war der Stator eines Aussenpol-Diesलगenerators von 400 kVA (Fig. 8). Die gewählte Konstruktion mit zwei Ringträgern, welche mit Quereisen zur Zentrierung des Blechkörpers verschweisst sind, hat sich als durchaus zweckmässig erwiesen. Für die Abstützungen des Stators auf der Grundplatte dienen die auf die Ringträger geschweissten drei Stützplatten. Die entsprechende Gusskonstruktion würde 700 kg wiegen, gegenüber einem Gewicht von nur 400 kg der Schweisskonstruktion;

es wurde somit eine Gewichtsersparnis von 43 % erzielt. Im Gegensatz zur Aussenpoltype handelt es sich bei Fig. 9 um eine Innenpoltype eines Diesलगenerators. Das Polrad, welches zur Erreichung eines genügend grossen Schwungmomentes schwer ist, besteht aus Guss; dagegen ist der Stator geschweisst, wie auch die Fussplatten und die Grundplatte für Aussenlager und Erregermaschine. Die Verschaltungen sind aus Gusseisen, als Konzession an das alte Schönheitsgefühl. Das demselben Zweck dienende Gussgehäuse hätte ein Gewicht von 800 kg gegen 450 kg des geschweissten Gehäuses, woraus eine Gewichtsersparnis von 44 % resultiert.

Relativ früh hat man auch mit der Anwendung der Elektroschweissung für die Grundplatten begonnen. Fig. 10 zeigt eine Umformergruppe mit einem Gleichstrom-Hochspannungsgenerator für 4 A, 10000 V. Hier hat der Konstrukteur noch nach altem Konzept konstruiert, als dessen Folge die Abrundung der Ecken durch Verschaltungsbleche angesehen werden muss. In Fig. 11 ist eine Grundplatte allerneuester Ausführung für einen grossen Drehstromgenerator abgebildet. Die Lösung

ist mustergültig, überall wurde das gleiche Profileisen verwendet. Eine Vereinfachung dürfte noch möglich sein durch Ersatz der Lagerplatten durch Normal-Flacheisen. Fig. 12 stellt ein Gehäuse für einen Drehstromgenerator dar. Die Konstruktion ist durchaus zweckmässig, immerhin sieht man auch hier, schweisstechnisch gesprochen, ein unschönes Detail in den Tragösen. Fig. 13 zeigt die Gesamtansicht der Umformergruppe im Kraftwerk Massaboden der S.B.B. Sämtliche Maschinen, sowie die Grundplatte sind geschweisst. Ich glaube nicht, dass man diese Gruppe als unschön empfinden kann. Fig. 14 ist das Bild eines Drehstrommotors von 1000 PS mit

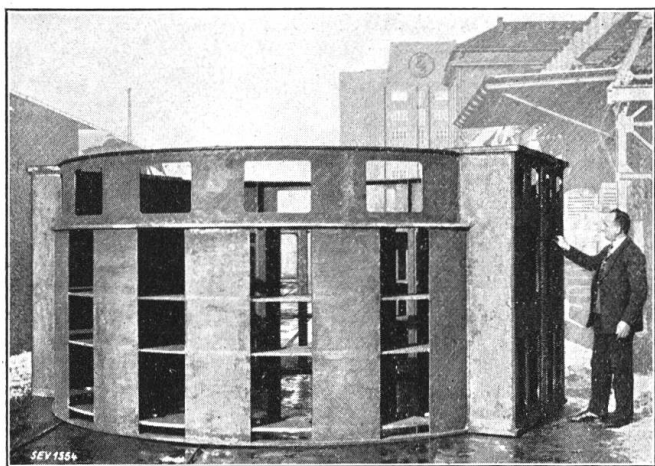


Fig. 20.
Gehäuse für Vertikalgenerator, 27000 kVA,
der Siemens-Schuckert-Werke.

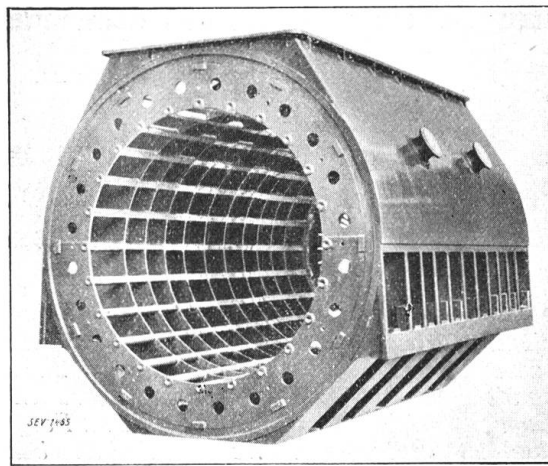


Fig. 21.
Turbogehäuse für Generator, 45000 kVA,
der A.-G. Brown, Boveri & Co.

geschweisstem Gehäuse, Grundplatte und Ankerstern. Bis zu welchen Dimensionen man sich schon mit den Schweisskonstruktionen herangewagt hat, mag Fig. 15 entnommen werden, welche das Gehäuse eines Drehstromgenerators von 5000 kVA, 94 U/m darstellt. In Fig. 16 sieht man das Gehäuse eines Drehstromgenerators von 4200 kVA, 375 U/m.

Fig. 17 betrifft ein Generatorgehäuse für 3800 kVA, 1000 U/m. Mit dieser modernen Schweisskonstruktion wurde bei einem Gewicht des geschweissten Gehäuses von 2060 kg eine Gewichtsersparnis von 46 % gegenüber der äquivalenten Gusskonstruktion erzielt. Sehr interessant, infolge Anwendung von Diagonalverstreibungen und breitem Gehäuse zwecks Vereinfachung der Verschalung, ist Fig. 18, die das Gehäuse eines Synchronmotors von 1000 PS, 250 U/m darstellt. Fig. 19 zeigt den Rotor eines Walzwerkmotors von 800 PS, 245 U/m, Fig. 20 das Gehäuse eines Vertikalgenerators von 27000 kVA, 428 U/m, und endlich ist in Fig. 21 das Gehäuse eines Turbogenerators von 45000 kVA, 3000 U/m dargestellt²⁾.

Es sei mir noch gestattet, auf die national-wirtschaftliche Bedeutung der neuen Fabrikationsmethode hinzuweisen.

Es besteht heute eine ausgesprochene Tendenz nach immer höherem Zollschatz in den Ländern, welche für den Schweizerexport in Betracht fallen. Diese Zölle werden fast ausnahmslos auf der Gewichtsbasis berechnet. Ich habe Zahlen angegeben, welche Gewichtsersparnisse in den nicht aktiven Teilen der Maschinen bis zu 50 % aufzeigen. Man ersieht daraus die Bedeutung der Elektroschweissung im Elektromaschinenbau für die schweizerische Elektroindustrie, welche unbedingt auf das Exportgeschäft angewiesen ist.

²⁾ Vergl. auch Bull. SEV 1930, No. 14, S. 447, Fig. 3.

Das Problem hat jedoch noch eine andere wirtschaftlich interessante Seite. Die Graugussgiesserei benötigt nicht unerhebliche Mengen der aus dem Auslande zu teuren Preisen einzuführenden Kohle. Bei der Elektroschweissung kommt als Wärmequelle die elektrische Energie zur Anwendung. Dies bedeutet für die schweizerischen Elektrizitätswerke einen nicht zu unterschätzenden Stromkonsum und für die nationale Wirtschaft einen positiven Gewinn. Dieser Vorteil, sowie die vorhandene Qualitätserhöhung der nach dem neuen Verfahren fabrizierten Maschinen und Apparate lassen es als erwünscht erscheinen, dass auch der einheimische Markt sich in Zukunft weniger zurückhaltend zeige in der Aufnahme geschweisster Konstruktionen. Die ästhetischen Vorurteile, soweit sie noch vorhanden sind, müssen und werden auch bei uns dem technischen Fortschritt weichen.

Energieverbrauch und Energiekosten für einen elektrisch betriebenen Haushalt.

Von H. F. Zangger, Ing., Küsnacht/Zürich.

64

Der Autor hat während eines Jahres den elektrischen Betrieb eines 8 bis 9 Personen umfassenden Haushaltes ohne Gasanschluss besonders in Bezug auf Energieverbrauch und Energiekosten beobachtet und gibt im Folgenden das Resultat dieser Beobachtungen bekannt, nachdem die Zusammensetzung der Familie, die verwendeten elektrischen Apparate und die Art ihrer Verwendung, und die Messung und Verrechnung der verbrauchten Energie beschrieben worden sind. Gemäss dieser Beobachtungen beträgt der Energieverbrauch total ca. 2,1 kWh pro Person und Tag, für Küche inklusive Warmwasser für dieselbe ziemlich genau 1 kWh, ohne Warmwasser 0,65 kWh pro Person und Tag. Die mittleren Ausgaben pro Person und Tag betrugen bei den zugrundeliegenden Tarifen im ganzen 17,1 Rp., wovon für die elektrische Küche allein inklusive Warmwasser für dieselbe 6,8 Rp. Zum Schluss gibt der Autor einen Vergleich zwischen Gasküche und elektrischer Küche hinsichtlich Kosten und Betriebsverhältnisse.

L'auteur rend compte des observations faites durant une année dans un ménage de 8 à 9 personnes, desservi entièrement à l'électricité, sans raccordement au réseau de gaz, au point de vue de la consommation et de la dépense d'énergie, après avoir précisé les conditions caractérisant le cas envisagé: composition de la famille, appareils installés et leur emploi, mesure et tarification du courant. D'après ces observations, la consommation quotidienne totale d'énergie atteignit environ 2,1 kWh par personne, dont, assez exactement, 1 kWh pour la cuisine seule, y compris la préparation d'eau chaude (0,65 kWh sans eau chaude pour la cuisine). La dépense totale moyenne par personne et par jour s'éleva à 17,1 cts. avec la tarification actuelle, dont 6,8 cts. pour la cuisine et l'eau chaude nécessaire à celle-ci. Pour terminer, l'auteur établit un parallèle entre la cuisine au gaz et la cuisine électrique, quant aux frais et aux conditions de service.

Die nachstehenden Angaben betreffen einen Haushalt ohne Gasanschluss und beziehen sich auf die Zeit vom 1. Mai 1929 bis 30. April 1930.

Die Familie besteht aus 3 bis 4 erwachsenen Personen und 5 Kindern im Alter von 1 bis 9 Jahren. Sie bewohnt ein Einfamilienhaus mit 7 Zimmern, Küche und Badezimmer. Die Bodenfläche dieser Räume misst ca. 160 m²; d. h. im Mittel pro Raum ca. 18 m². Die Räume sind also eher grösser als im Mittel in der Schweiz gebräuchlich.

Mit Ausnahme der Heizung (Zentralheizung) wird der gesamte Energiebedarf für Licht, Kochen, Warmwasser und Wäsche mittels Elektrizität gedeckt.

Zu diesem Zwecke stunden die aus nachstehender Tabelle I ersichtlichen elektrischen Apparate im Gebrauch, zu denen wir im einzelnen bemerken:

Der Kochherd ist ein normaler Dreiplattenherd schweizerischer Herkunft. Er besitzt zwei Platten zu 22 cm Durchmesser, eine Platte zu 18 cm Durchmesser und einen Backofen. Sämtliche Platten weisen 4 Regulierstufen auf, ebenso die Ober- und Unterhitze des Backofens. Der Kochherd wird ergänzt durch eine kleine tragbare Sparkochplatte mit 3 Regulierstufen; diese wird auch in den Wohn- und Schlafzimmern gebraucht. Ferner wird der Herd in Verbindung mit einer elektrisch beheizten Kochkiste benützt, in welcher gewisse Speisen nach dem erstmaligen