

Ueber ein neues Profil für Saugrohre von Turbinen und Pumpen

Autor(en): **Grimm, Karl**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **89/90 (1927)**

Heft 12

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-41762>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

INHALT: Ueber ein neues Profil für Saugrohre von Turbinen und Pumpen. — Aus den Anfängen der elektrotechnischen Industrie in der Schweiz. — Das Haus „Auf dem Hügel“ bei Rüslikon. — Wohnhaus Dr. E. Misslin in Flims. — Ingenieur und Abrechnungswesen. — Mitteilungen: Wiederaufbau des Parthenon. Gewellte

ringverstärkte Druckrohre. Das Mainelli-Steuerruder. Kolkverhütung an Wehren. Italienische Versuche mit dem „Dispatching-System“. Progymnasium in Thun. Tagung des Schweizer. Werkbundes Zürich 1927. — Nekrologe: Otto Roth. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Schweizer. Ingenieur- und Architekten-Verein. S. T. S.

Ueber ein neues Profil für Saugrohre von Turbinen und Pumpen.

Von Dipl.-Ing. KARL GRIMM, Escher Wyss & Cie, Zürich.

Bei der Anwendung der Hydrodynamik der stationären Strömungen für die Ermittlung von theoretischen Strombildern zur Begrenzung der Profile von Saugrohren und Kreisrädern wird im allgemeinen, zwecks Vereinfachung der mathematischen Behandlung der Strömungsaufgabe, Wirbelfreiheit vorausgesetzt, wobei die einzelnen Geschwindigkeitskomponenten c_z, c_r, c_u der absoluten Geschwindigkeit, im Zylinderkoordinatensystem, als partielle Ableitungen

$$c_z = \frac{\partial \Phi}{\partial z} \quad c_r = \frac{\partial \Phi}{\partial r} \quad c_u = \frac{\partial \Phi}{r \partial \varphi} \quad (1)$$

einer Funktion der Koordinaten, die alsdann das Geschwindigkeitspotential heisst, betrachtet werden.

Man kann aber auch, was die Aufgabe der vorliegenden Abhandlung ist, eine strenge, praktisch verwendbare Lösung des allgemeineren Falls, einer wirbelbehafteten, einfachen Flüssigkeitsbewegung angeben.

Das Studium der meridionalen, stationären Strömungen in feststehenden Rotationshohlräumen führt auf die allgemeine Differentialgleichung zweiter Ordnung

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial r^2} - \frac{1}{r} \frac{\partial \Psi}{\partial r} = 2r^2(A\Psi + B) \quad (2)$$

wobei A und B Konstanten und $\Psi = f(r, z)$ die Stromlinienfunktion oder in andern Worten die parametrische Gleichung der Schnittkurven einer Meridianebene mit der

die Flüssigkeitsbahnen enthaltenden Rotationsfläche darstellen ¹⁾.

Bei der Annahme eines Geschwindigkeitspotentials, bei dem die Beziehungen (1) erfüllt sind, werden die Konstanten gleich Null. Die Gleichung (2) vereinfacht sich, und man erhält für Ψ die bekannte Gleichung der Potential-Formen:

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial r^2} - \frac{1}{r} \frac{\partial \Psi}{\partial r} = 0 \quad (3)$$

woraus sich für Saugrohre und Kreisräder die hyperbolischen Profile von Präsil und Lorenz ergeben.

Die Hypothese der Existenz eines Geschwindigkeitspotentials ändert, wie man sieht, die Fundamentalgleichung, daher auch ihr allgemeines Integral, das die Gesamtheit der gesuchten Ψ -Funktionen ergeben würde, und weiterhin die durch diese Funktionen gegebenen Wandungen.

Dagegen lässt sich zeigen ¹⁾, dass in einem, durch die Gleichungen (2) oder (3) gegebenen festen Rohr, in dem eine wirbelfreie oder wirbelbehaftete Strömung bestehen kann, auch eine kreisende Bewegung ohne Veränderung der Stromflächen möglich ist, sofern das Produkt $c_u r$ der Umfangskomponente der absoluten Geschwindigkeit irgend eines Elementes und seinem Abstand zur Drehaxe für den ganzen Raum konstant ist.

Diese Bemerkung gestattet, für die von uns beabsichtigte Anwendung der Gleichung (2), die gewünschte Anknüpfung an die Theorie der Turbinen, denn diese Bedingung, die wir am Eintritt und daher auch im ganzen Bereich eines Saugrohres als praktisch erfüllt annehmen wollen, kommt gerade auch in der Momentengleichung einer Turbine

$$M = \frac{\gamma Q}{g} (r_1 c_{u1} - r_2 c_{u2})$$

zum Ausdruck, in der bekanntlich vorausgesetzt ist, dass sowohl über die ganze Eintrittsöffnung, wie auch über die Austrittsöffnung des Rades die Produkte des Klammer-Ausdruckes, deren Differenz die Grösse des Momentes bestimmt, die obigen konstanten Werte besitzen.

Gleichung (2) kann somit eine Grundlage zur Aufsuchung exakter, theoretischer Profile für geradaxige Saugrohre bilden. Es ist nun möglich, ohne Schwierigkeiten einige ihrer partikulären Integrale anzugeben, wobei die meisten Funktionen periodischer Natur sind.

Wir beschränken unsere Untersuchung auf einen einzigen Fall, nämlich das partikuläre Integral

$$\Psi = C_z \sin \left(\sqrt{-\frac{A}{2}} r^2 \right) - \frac{B}{A} \quad (4)$$

das, wie man sich leicht überzeugen kann, durch Bildung der partiellen Differentialquotienten $\frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2}, \frac{\partial^2 \Psi}{\partial r^2}, \frac{\partial \Psi}{\partial r}$ und deren Einsetzung in Gleichung (2) eine Lösung dieser Gleichung darstellt.

Diese Funktion ergibt in der Meridianebene (Abbildung 1) für jeden beliebig gewählten Wert des Parameters Ψ , eine zur z -Axe symmetrische v -Kurve, die abwechselungsweise über und unter der r -Axe periodisch in gedämpften Perioden in beiden Richtungen bis ins Unendliche verläuft. Sie besitzt ausser der Stromlinienform, folgende interessante Eigenschaften:

¹⁾ Siehe Prof. Präsil, „Ueber Flüssigkeitsbewegungen in Rotations-Hohlräumen“, in „S. B. Z.“, Band 41, S. 282 und 283 (20. Juni 1903).

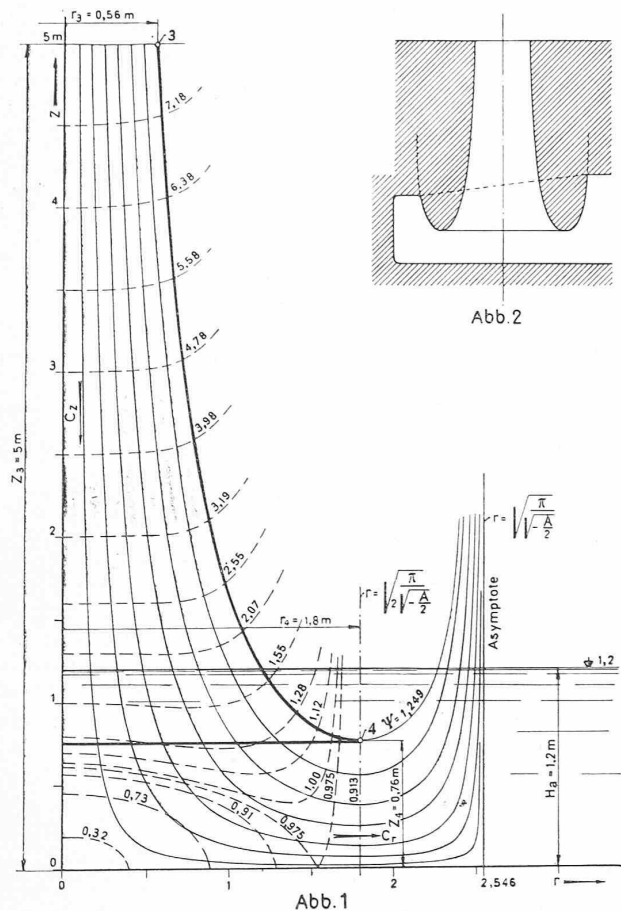


Abb. 1

Abb. 2

Für eine reibungsfreie, inkompressible Flüssigkeit ergibt sich die axiale und radiale Geschwindigkeit als Funktion von Ψ aus den Beziehungen

$$\left. \begin{aligned} c_z &= \frac{1}{\gamma r} \frac{\partial \Psi}{\partial r} = 2 \frac{C \sqrt{-\frac{A}{2}}}{\gamma} z \cos \left(\sqrt{-\frac{A}{2}} r^2 \right) \\ c_r &= -\frac{1}{\gamma r} \frac{\partial \Psi}{\partial z} = -\frac{C}{\gamma r} \sin \left(\sqrt{-\frac{A}{2}} r^2 \right) \end{aligned} \right\} (5)$$

woraus man ersieht, dass wenn z und r gleiches Vorzeichen haben, die Vorzeichen von c_z und c_r entgegengesetzt sind. Sind z und r positiv und wird C negativ gewählt, so ist der Durchfluss nach unten gerichtet mit fortwährender Verminderung der Geschwindigkeit. Man hätte also einen Durchfluss durch ein Turbinen-Saugrohr. Bei positivem C erhält man nur die entgegengerichtete Bewegung mit fortwährender Vergrößerung der Geschwindigkeit, daher den Durchfluss durch ein Pumpensaugrohr.

In der ersten Periode, also von

$$r = 0 \text{ bis } r = \sqrt{\frac{\pi}{2 \sqrt{-\frac{A}{2}}}}$$

ergibt sich

$$c_z = 0 \text{ für } z = 0 \text{ und } r = \sqrt{\frac{\pi}{2 \sqrt{-\frac{A}{2}}}}$$

oder in Worten: Längs eines Kreiszyllinders vom Radius

$$r = \sqrt{\frac{\pi}{2 \sqrt{-\frac{A}{2}}}}$$

(Abbildung 1) ist die Richtung der absoluten Geschwindigkeit horizontal und deren konstanter Wert gleich

$$c = c_r = -C \sqrt{\frac{2 \sqrt{-\frac{A}{2}}}{\pi}}$$

Die Ψ -Kurven haben an diesen Punkten ihr Minimum.

Durch einen Ring vom Radius r und der elementaren Breite dr fließt in der Zeiteinheit in axialer Richtung eine Flüssigkeitsmenge

$$dQ = 2\pi r dr c_z = \frac{2\pi}{\gamma} \frac{\partial \Psi}{\partial r} dr$$

Integrieren wir diese Gleichung über eine ganze Kreisscheibe vom Radius r , bei konstantem z , so erhalten wir offenbar die innerhalb der Rotationsfläche Ψ strömende Wassermenge

$$Q = \frac{2\pi}{\gamma} \Psi \dots (6)$$

Ersetzen wir, im Spezialfall, Ψ durch seinen durch (4) gegebenen Wert, und berücksichtigen, dass für $z = r = 0$, $Q = 0$ und daher B/A zu Null wird, so erhalten wir an Stelle von (6) die Beziehung:

$$\Psi = \frac{\gamma Q}{2\pi} = C z \sin \left(\sqrt{-\frac{A}{2}} r^2 \right) \dots (7)$$

was nichts anderes als die Gleichung der gesuchten Rotationsfläche darstellt. Sie enthält zwei willkürliche Konstanten, die durch die Grenzbedingungen zu bestimmen sind.

Ein Saugrohr, das die Form der durch Gleichung (7) gegebenen Stromlinien zu konstruieren wäre, ist ohne weiteres bestimmt, wenn zwei Punkte seiner Meridiankurve bekannt sind.

Der Durchmesser D_3 und der Abstand z_3 der Eintrittsfläche von der Sohle des Unterwasserkanals sind immer gegeben, was zur Bestimmung der Konstanten die erste Bedingung liefert. Als zweite Bedingung kann, wenigstens theoretisch, die Verlängerung des Rohres zunächst bis zum Minimalpunkt der Stromkurve genommen werden, wobei nach Abbildung 1 die Koordinaten des Austrittsrandes die Werte

$$z_4 \text{ und } r_4 = \sqrt{\frac{\pi}{2 \sqrt{-\frac{A}{2}}}}$$

erhalten. Nach sukzessiver Einsetzung dieser Werte in (7) finden sich zwei Bestimmungsgleichungen

$$\Psi = \frac{\gamma Q}{2\pi} = C z_3 \sin \left(\sqrt{-\frac{A}{2}} r_3^2 \right)$$

$$\Psi = \frac{\gamma Q}{2\pi} = C z_4 \sin \left(\sqrt{-\frac{A}{2}} r_4^2 \right)$$

die nach Gleichsetzung und Einführung des Wertes

$$\sqrt{-\frac{A}{2}} = \frac{\pi}{2 r_4^2} \dots (8)$$

für z_4 die Gleichung ergeben:

$$z_4 = z_3 \sin \frac{\pi}{2} \left(\frac{r_3}{r_4} \right)^2 \dots (9)$$

Da Q stets bekannt ist, geht daraus hervor, wenn der Radius r_4 des Austrittsrandes z. B. gewählt wird, dass z_4 und die beiden Systemkonstanten C und A durch obige Beziehungen eindeutig bestimmt sind, damit aber auch die meridionale Austrittsgeschwindigkeit, die im Punkt 4 nach Gleichung (5) den für den Konstrukteur wichtigen Wert

$$c_{r4} = -\frac{C}{\gamma r_4} \dots (10)$$

annimmt. Passen die für z_4 und c_{r4} so gewonnenen Werte mit den Verhältnissen im Ablaufkanal nicht, so muss auf Grund eines andern Wertes für r_4 die Rechnung von vornherein wieder angefangen werden.

Man wird sehr rasch zum Ziel geführt, wenn man beachtet, wie oben schon erwähnt wurde, dass $c_r = \text{konst.}$ ist für $r = \text{konst.}$, sodass im Punkt 4, c_{r4} auch nach

$$c_{r4} = \frac{Q}{2\pi r_4 z_4} \dots (11)$$

und von da aus rückwärts die beiden Konstanten berechnet werden können.

Diese analytischen Betrachtungen, die durch die Angaben der Figur vervollständigt sind, genügen zum Verständnis des folgenden Beispiels.

Es sei auf Grundlage der angegebenen Funktion Ψ ein Turbinen-Saugrohr zu konstruieren. Gegeben sind: $Q = 7,85 \text{ m}^3/\text{sek}$, $z_3 = 5 \text{ m}$, $D_3 = 1,12 \text{ m}$, also $r_3 = 0,56 \text{ m}$ und die Höhe des Unterwasserspiegels $H_a = 1,2 \text{ m}$.

Wir erhalten für z_4 nach sukzessiver Einschätzung des Austrittsradius r_4 , aus (9) und (11):

für $r_4 = 1,5 \text{ m}$; $z_4 = 1,094 \text{ m}$ und $c_{r4} = 0,762 \text{ m/sek}$

für $r_4 = 1,6 \text{ m}$; $z_4 = 0,962 \text{ m}$ und $c_{r4} = 0,811 \text{ m/sek}$

für $r_4 = 1,7 \text{ m}$; $z_4 = 0,852 \text{ m}$ und $c_{r4} = 0,862 \text{ m/sek}$

für $r_4 = 1,8 \text{ m}$; $z_4 = 0,760 \text{ m}$ und $c_{r4} = 0,913 \text{ m/sek}$

und wählen diese letzten Werte. Dabei ist zu beachten, wie obige Tabelle zeigt, dass z_4 möglichst gross zu nehmen ist.

Für C ergibt sich mit $\gamma = 1$ aus (10):

$$C = -\gamma r_4 c_{r4} = -1 \cdot 1,8 \cdot 0,913 = -1,644$$

Aus (8) erhalten wir ferner

$$\sqrt{-\frac{A}{2}} = \frac{\pi}{2 (1,8)^2} = 0,485$$

Der Parameter Ψ berechnet sich jetzt aus Gleichung (6), in die Q , wegen der Durchflussrichtung, negativ einzusetzen ist

$$\Psi = \frac{\gamma Q}{2\pi} = \frac{1(-7,85)}{2\pi} = -1,249$$

woraus man nach Einsetzung der obigen Werte in (7) die gewünschte Profilleichung des Saugrohres erhält:

$$z = \frac{0,760}{\sin(0,485 r^2)}$$

nach der Abbildung 1 gezeichnet worden ist.

In der selben Abbildung sind, quer zu den Stromlinien, die Isotachen oder Meridiankurven der Flächen gleicher Geschwindigkeitsverteilung im Stromgebiet mit Angabe des zugehörigen Wertes der absoluten Geschwindigkeit eingetragen worden. Sie werden bestimmt, indem man in $c = \sqrt{c_z^2 + c_r^2}$ für c_z und c_r die Werte (5) einsetzt, wonach für $c = \text{einer Konstanten} = K$ sich mit dem Parameter K die Gleichung

$$z = \sqrt{\frac{\frac{\gamma^2 K^2}{C^2} - \frac{1}{z^2} \sin^2 \left(\sqrt{-\frac{A}{2}} r^2 \right)}{2 A \left[\sin^2 \left(\sqrt{-\frac{A}{2}} r^2 \right) - 1 \right]}}$$

dieser Kurven ergibt.

Ist auf Grundlage der hier besprochenen Funktion ein Saugrohr aus Guss auszuführen, so wird man aus Sparsamkeitsgründen dieses im Ablaufkanal nur so tief als erforderlich verlängern. Wird jedoch auf vollkommenen radialen Austritt besonderer Wert gelegt, so kann bei grösseren Saughöhen, um zulässige Austrittsdurchmesser zu erhalten und um Ablösungserscheinungen zu vermeiden, der obere Teil zunächst konisch und daran anschliessend der untere Teil nach obiger Funktion gestaltet werden.

Ist dagegen ein Saugrohr aus Beton vorgesehen, so kann dieses nach Abbildung 2 durch Verlängerung der Grenzkurve nach der Art eines Moody-Rohres profiliert werden.

Es bleiben nun noch die sogenannten Wirbelungen, die in diesem Rohre scheinbar Verluste hervorrufen wer-

den; aber abgesehen von der Wirkung der rauen Wandfläche können durch die hier auftretenden und durch „Wirbel“ bezeichneten Verdrehungen, die von denen des normalen Sprachgebrauches gemeint scharf zu unterscheiden sind, in einer wie in Abbildung 1 geordneten Strömung keine merklichen Verluste auftreten, wenn man berücksichtigt, dass die innere Reibung des Wassers doch sehr klein ist.

Zum Schlusse sei noch besonders auf den Verlauf der Isotachen hingewiesen, die im Bereiche der Rohrmitte, schon bei $z = 1,6$ m und nach unten zunehmend, eine merkliche Verzögerung der Durchflussgeschwindigkeit andeuten und somit in einem merkwürdigen Bilde den Einfluss des Untergrabenbodens auf die ganze Strömung darstellen.

Aus den Anfängen der elektrotechnischen Industrie in der Schweiz.

Aus dem von Prof. Dr. W. Kummer verfassten technischen Teil der Jubiläums-Festschrift der Maschinenfabrik Oerlikon (vergl. die Besprechung auf Seite 159 dieser Nr.) geben wir im folgenden die Abschnitte wieder, die in zusammenfassender Weise über die Kinderjahre der schweizerischen Elektrotechnik berichten. Wir haben gerade diese Abschnitte deshalb gewählt, weil in der Fachpresse jener Zeit über die damaligen Konstruktionen wenig veröffentlicht worden ist, und sie darum besonderes historisches Interesse beanspruchen dürfen. Die weitem, hier weggelassenen Ausführungen des zweiten Abschnitts betreffen in der Hauptsache die Erfindung des Drehstrom-Motors und die Drehstrom-Fernübertragung Lauffen-Frankfurt, worüber die Fachschriften genügend berichtet haben. Red.

DIE AUFNAHME DES DYNAMOBAUS UND SEINE ERSTEN ERFOLGE (1884 bis 1889).

Es ist ein bemerkenswerter Zufall, dass das Jahr 1876, in das die Konstituierung der Aktiengesellschaft der „Werkzeug- und Maschinenfabrik in Oerlikon, mit Sitz in Zürich“ fällt, zugleich auch das Jahr des Hervortretens des ersten Versuchs eines schweizerischen Dynamobaus ist, indem der damals bei Raoul Pictet & Cie. in Genf angestellte Basler Ingenieur Emil Bürgin eine dynamo-elektrische Maschine eigener Durchbildung an die Öffentlichkeit brachte; Bürgins Maschine war indessen erst von 1881 an von einer gewissen industriellen Bedeutung, als sich Bürgin mit seinem Basler Kollegen Rudolf Alioth vereinigte und als die Firma „Bürgin & Alioth“ ausser dem Bau von Dynamomaschinen auch den Bau von Bogenlampen nach System Bürgin aufnahm. Im gleichen Jahre 1881 war jedoch das Ausland der Schauplatz ungleich wichtigerer Vorgänge im Werdegang der industriellen Elektrotechnik. Einerseits fällt in das Jahr 1881 die Abhaltung einer internationalen elektrotechnischen Ausstellung in Paris, an der das eben erst von Thomas Alva Edison geschaffene Beleuchtungssystem mit parallel geschalteten Glühlampen Edisonscher Erfindung in Europa zum ersten Mal vorgeführt wurde, und im Zusammenhang mit welcher Marcel Deprez dem gleichzeitig versammelten Internationalen Kongress für Elektrizität eine vollständige elektrische Arbeitsübertragung, mit elektrischem Generator, Fernleitung und elektrischem Motor, vorführen konnte. Andererseits ist das Jahr 1881 durch die Eröffnung der ersten, einem normalen öffentlichen Verkehr übergebenen elektrischen Strassenbahn, in Gross-Lichterfelde bei Berlin, gekennzeichnet, die durch das Haus „Siemens & Halske“ geschaffen worden war. Dass diese Ereignisse weitesten Kreisen, und nicht zuletzt den industriellen Kreisen des Kantons Zürich, Eindruck machten, liegt auf der Hand; in der Tat findet sich im „Bericht über Handel und Industrie im Kanton Zürich für das Jahr 1882“ folgende bemerkenswerte Stelle: „Die grossartigen Fortschritte der Elektrizitätstechnik geben einem Lande, das wie das unsrige vermöge seiner geographischen Lage und Bodenbeschaffenheit über grosse Wasser-

kräfte verfügt, die mit den bisher bekannten Mitteln in vielen Fällen wenig oder gar nicht ausgebeutet werden konnten, einen neuen Wert. Die Schweiz fände darin einen schwachen Entgelt für die Armut ihrer Bodenproduktion und besonders für den absoluten Mangel an Steinkohle. Die Anwendung der Wasserkraft für die Erzeugung von Elektrizität, sei es zur Kraftübertragung, sei es zur Erzeugung von Licht oder zu andern physikalischen und chemischen Zwecken, geht, wir sind dessen überzeugt, einer baldigen und bedeutenden Entwicklung entgegen.“ Als kurz darauf, an der Schweizerischen Landesausstellung in Zürich vom Jahre 1883, ausser der genannten Basler Firma, weitere Ersteller schweizerischer Dynamomaschinen an die Öffentlichkeit getreten waren, und als zur selben Zeit P. E. Huber-Werdmüller durch den mit ihm seit Hubers Tätigkeit im Hause der Gebrüder Sulzer (1859 bis 1861) befreundeten Charles Brown auf die Bedeutung der elektrischen Branche noch besonders aufmerksam gemacht worden war, fassten Verwaltungsrat und Direktion der Werkzeug- und Maschinenfabrik Oerlikon den äusserst glücklichen Entschluss, die Erstellung von Erzeugnissen der Starkstrom-Elektrotechnik in das Tätigkeitsgebiet der Fabrik aufzunehmen. Zur Durchführung dieses Entschlusses trat Charles Brown, 1884, seine damalige Stellung in der Direktion der „Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik“, Winterthur, aufgebend, in die Direktion der Fabrik in Oerlikon ein, in der er allerdings kaum ein Jahr verblieb, dem Unternehmen hierauf seine zwei Söhne C. E. L. Brown und Sidney W. Brown als Mitarbeiter zuführend. Die erste Tätigkeit der neuen elektrotechnischen Branche der Werkzeug- und Maschinenfabrik Oerlikon bestand in der Installation fremder elektrotechnischer Erzeugnisse. So wurde für das schweizerische Grütlifest vom 12. bis 14. Juli 1884 in Schaffhausen eine von einer Lokomotive der Lokomotivfabrik Winterthur angetriebene Gülchersche Compound-Dynamo mit 9 Bogenlampen und mit etwa 20 Glühlampen installiert, wobei die Parallelschaltung der zwei verschiedenen Arten von Lichtquellen eine in den schweizerischen Anlagen bisher noch nicht angewendete Schaltung bedeutete; durch die Verwendung von Vorschaltwiderständen in den Stromkreisen der Bogenlampen, die R. J. Gülcher im Jahre 1882 erstmals zur Anwendung gebracht hatte, war diese Parallelschaltung betriebstechnisch ermöglicht worden. Da auch die Compound-Dynamo die besonders für die Glühlampen-Beleuchtung wichtige Forderung möglichst konstanter Maschinen-Spannung nur so lange erfüllen kann, als die Drehzahl der die Dynamo antreibenden Kraftmaschine konstant bleibt, sah sich der Elektrotechniker, bei Verwendung der damals noch schlecht regulierten Wasserkraftmaschinen, oft in arger Verlegenheit; indessen wusste die elektrotechnische Abteilung der Oerlikoner Fabrik diesem Uebelstande schon frühzeitig durch den automatischen Spannungsregler nach „Patent Brown“ abzuwehren, der beispielsweise 1886, im Wasserwerke der Stadt Zürich, zur An-