Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 17/18 (1891)

Heft: 11

Artikel: Ueber die Entwicklung und den gegenwärtigen Stand der electrischen Energieübertragung mittelst hochgespannter Ströme

Autor: Denzler, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-86098

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: 27.07.2025

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

INHALT: Ueber die Entwickelung und den gegenwärtigen Stand der electrischen Energieübertragung mittelst hochgespannter Ströme (Schluss). — Wettbewerb für eine reformirte Kirche auf der Bürgliterrasse in Enge bei Zürich. — Schiefe Strassenbrücke nach System Monier in Wildegg. — Miscellanea: Die Seitenkräfte zwischen Schiene und Rad. — Concurrenzen: Schulhaus in Aarberg. — Vereinsnachrichten: Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. Stellenvermittelung.

Hiezu eine Tafel: Wettbewerb für eine reformirte Kirche auf der Bürgliterrasse in Enge bei Zürich. II. Preis. Verfasser: W. Martin, Architekt in Riesbach.

Ueber die Entwickelung und den gegenwärtigen Stand der electrischen Energieübertragung mittelst hochgespannter Ströme.

Von Dr. *A. Denzler*, Ingenieur,
Privatdocent für Electrotechnik am eidg. Polytechnikum.

(Schluss.)

Während es bei der Erzeugung hoher Spannungen galt wirkliche technische Schwierigkeiten zu überwinden, handelte es sich bei der *Fortleitung* hochgespannter Ströme mehr um eingebildete Gefahren. Die wichtigern Einwände, durch welche dargethan werden sollte, dass es unmöglich sei, solche Ströme auf grösse Distanzen zu transmittiren, stützen sich auf folgende Erfahrungen:

Bekanntlich gelingt es unter gewissen Umständen entweder nur schwer oder dann gar nicht, von einer Electrisirmaschine aus eine in einiger Entfernung befindliche, mittelst Drähten verbundene Leidenerbatterie zu laden, weil der grösste Theil des Ladungstromes sich bereits in der Leitung verliert.

Im Weitern betrachtete man die aus Isolationsmessungen an langen Telegraphenlinien sich ergebende Thatsache, wonach der Isolationswiderstand nicht nur allmälig mit der Zeit, sondern auch in so starkem Masse mit der jeweiligen Witterung variiren kann, dass sogar mit gewöhnlichen Hülfsmitteln Stromverluste zu constatiren sind, als eine directe Bestätigung der Richtigkeit obiger Beobachtung auch für Ströme von viel geringerer Spannung. Sodann stellte man namentlich auf die amerikanische Praxis ab, welche nur ausnahmsweise Betriebsspannungen von über 3000 Volts verwendet, trotzdem daselbst der Bau von Hochspannungsmaschinen längst bekannt ist; man glaubte daraus folgern zu dürfen, dass die genügende Isolirung der Leitung das Haupthinderniss bilde. Diese Ansicht wurde bestärkt durch Aussprüche berühmter Fachleute wie J. F. Sprague, denen doch übertriebene Aengstlichkeit nicht vorgeworfen werden kann; so empfahl Sprague unter anderm bei langen Schliessungskreisen mit hochgespannten Strömen die Hin- und Rückleitung auf zwei besondern, parallel laufenden Stangenreihen zu montiren, selbst dann, wenn an Stelle blanker Drähte isolirte Luftcabel benutzt werden; er schlug ferner vor, bei nach gewöhnlicher Art montirten Leitungen alle Stangen bis über Mannshöhe mit einem zur Erde abgeleiteten Stahldraht zu umwinden und damit zu verhindern, dass Personen, welche bei nassem Wetter zufälliger Weise jene Stangen etwa durch Anlehnen berühren, Schläge erhalten können.

Schliesslich wurde noch auf die misslungenen Versuche zwischen Creil und Paris, sowie auf die Thatsache hingewiesen, dass de Ferranti wol im Stande war, Maschinen und Transformatoren, nicht aber eine Cabelleitung herzustellen, welche Spannungen von 10 000 Volts zu widerstehen vermochte.

Eine nähere Prüfung der angeführten Argumente zeigt nun, dass sie nicht hinreichen um die Unzulässigkeit der Verwendung hoher Spannungen zu beweisen. Die Anlage von de Ferranti konnte allerdings lange Zeit nur mit 5000 Volts betrieben werden; doch soll es zu Anfang dieses Jahres gelungen sein, nunmehr auch zum Betrieb mit 10 000 Volts überzugehen; bedenkt man, dass es sich hier um eine aus vielen Stücken zusammenzusetzende und in die Strassen Londons zu verlegende Cabelleitung handelte, so begreift man, dass die vollkommene Isolirung eine viel schwierigere Sache sein muss als diejenige einer Luftleitung; wenn die Aufgabe trotzdem gelöst werden konnte, so darf auch die Ausführbarkeit einer gut isolirten Luftleitung nicht mehr bezweifelt werden.

Nach dem, was nach und nach über die Art und Weise der Fabrication und Montirung der von Deprez als Luftleitung benützten Bleicabel an die Oeffentlichkeit durchgesickert ist, darf man sich durchaus nicht wundern, wenn sie 6000 Volts nicht Stand zu halten vermochten.

Bei den amerikanischen Betrieben, welche Sprague offenbar im Auge hatte, kommen meistens solche Anlagen in Frage, bei welchen der hochgespannte Strom eine grosse Reihe von Apparaten, Bogenlampen, Glühlampen, Electromotoren zu durchfliessen hat. Die in solchen Kreisen allerdings ziemlich häufig auftretenden Erdschlüsse entstehen jedoch selten auf der offenen Linie, sondern in jenen Lampen, Wandarmen und Candelabern von Strassenlaternen, Einführungen etc. Bei den Energieübertragungen im engern Sinn kommen nun solche Complicationen gar nicht vor, weil zwischen Primär- und Secundärstation für gewöhnlich keinerlei Apparate angeschlossen werden.

Was die Stromverluste auf langen Telegraphenlinien anbelangt, so muss zugegeben werden, dass durch Ablagern von Staub und Russ sich auf den Isolatoren mit der Zeit eine Schicht bildet, welche deren Oberflächenleitung vergrössert und den Isolationswiderstand der Linie allmälig verkleinert; dagegen steht es durchaus nicht fest, dass damit sämmtliche Verluste erklärt sind; es dürfte vielmehr sehr wahrscheinlich sein, dass auch bei derartigen Anlagen die während der Messungen noch eingeschalteten Blitzplatten und Apparate variable Isolationswiderstände besitzen können, die besonders berücksichtigt werden müssen. Bei Beleuchtungsanlagen wurde der Fall wiederholt constatirt, dass in den Apparaten des Schaltbrettes und in den Maschinen mehr Strom an die Erde verloren ging als in dem ganzen äussern Leitungsnetz.

Schliesslich ist noch zu bemerken, dass die Laboratoriumsversuche über Fortleitung sogen. Reibungselectricität gleichfalls nicht als entscheidend anzusehen sind; denn verschiedene Nebenerscheinungen lassen vermuthen, dass man es hier mit Spannungen zu thun hat, die noch weit über 30 000 Volts liegen können; zudem bedürfen die angestellten Versuche noch in mehrfacher Hinsicht einer Verification und Ergänzung.

Glücklicherweise bestätigt die Erfahrung, dass den besprochenen Befürchtungen keine allgemeine Gültigkeit zukommt; denn durch die bereits erwähnte Krafttransmission von Oyonnax wurde bereits letztes Jahr bewiesen, dass bei 4000 Volts Uebertragungsspannung noch keine Stromverluste zu berücksichtigen sind, während es durch die Versuche von Oerlikon seither gelungen ist zu zeigen, dass sich eine Luftlinie selbst für Spannungen bis zu 30 000 Volts noch hinreichend isoliren lässt. Die Disposition der Leitung war hiebei insofern noch ungünstig, als jeweilen vier Isolatoren in kleinen Abständen von 30 *cm* auf einer gemeinsamen Holztraverse montirt waren, wie aus der schematischen Darstellung der Versuchsordnung in Fig. 4 ersichtlich ist. Die verwendeten Oelisolatoren entsprachen dem einfachen Modell Fig. 5, während sich mit Hülfe der Formen 6, 7 und 8 die Oberflächenleitung noch wesentlich reduciren lassen wird.

Wenn nun neuerdings doch wieder Stimmen laut werden, welche die Möglichkeit bestreiten, hohe Spannungen auch auf weite Distanzen zu übertragen*), so lässt sich darauf nur erwidern, dass die Ausführbarkeit, wenn auch noch nicht gewiss, so doch mindestens in sehr hohem Grade wahrscheinlich ist.

Zum Schlusse erübrigt noch, die besprochenen Fortschritte auf ihre Tragweite in *wirthschaftlicher* Hinsicht

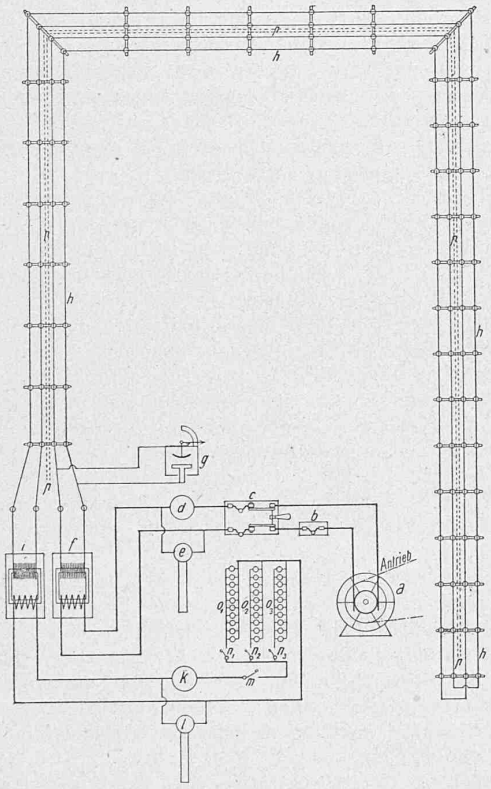
*) Siehe Brief von A. Schneller. Electrtch. Ztschrft. 1891, Nr. 8, pag. 107.

etwas näher zu prüfen; denn hier kommt es nicht blos auf das technische Können und auf den erreichbaren mechanischen Nutzeffect, sondern ebenso sehr auf die financiellen Mittel an, welche erforderlich sind, um eine gegebene Leistung zu erzielen.

Zur Beurtheilung dieser Verhältnisse soll folgende Frage behandelt werden:

Wie weit darf nach den verschiedenen Uebertragungssystemen eine auszunützende Kraft entfernt sein, damit sie am Verbrauchsorte inclusive Verzinsung und Amortisation des Anlagecapitals nicht höher zu stehen kommt, als wenn sie an Ort und Stelle mittelst directem Dampf- oder Gasbetrieb entwickelt würde?

Fig. 4. **Schematische Darstellung der Versuchsanlage in der Maschinenfabrik Oerlikon.**



Isolatoren.

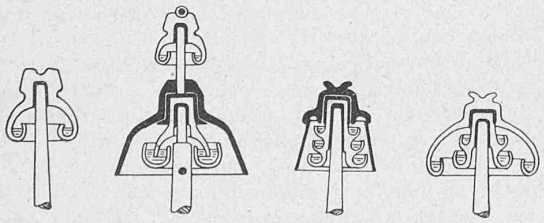


Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7. Fig. 8.

Die Vergleichung beziehe sich auf

A) Wechselstromübertragung mit mehrfacher Transformation unter Anwendung von 30 000 und 10 000 Volts Primärspannung,

B) Wechselstromübertragung mit einmaliger Transformation und 4000 Volts Primärspannung,

C) Gleichstromübertragung mit 4000 Volts Primärspannung.

Wir betrachten zunächst den Fall, in welchem die übertragene Energie als Ganzes an eine Transmission oder Arbeitsmaschine abgegeben werden kann.

Die Apparate und Maschinen, welche zu einer nach System *A* disponirten Anlage gehören, bestehen nach Fig. 4 aus einer Wechselstrommaschine *a* von 100 Volts Polspannung — Bleisicherung *b* — Ausschalter *c* — Strom und Spannungsmesser *d* und *e* — Multiplicationstransformator *f* von 100 Volts Primär- und 30 000 bezw. 10 000 Volts Secundärspannung — Controlvoltmeter *g* — Leitung *h* mit Blitzschutzvorrichtungen — Reductionstransformator *i* von 30 000 bezw. 10 000 Volts Primär- und 100 Volts Secundärspannung — Controlmess- und Schaltapparate *k*, *l*, *m*, *n*, sowie an Stelle der Lampen *o* aus einem Wechselstrommotor. V_a, V_f, V_h, V_i und V_o bezeichnen die in Procenten der eingeführten Energie ausgedrückten Verluste in den betreffenden Theilen *a*, *f*, *h*, *i* und *o* der Anlage; K_a, K_f, K_h, K_i und K_o die Anlagekosten pro 1000 Voltampères = 1 Kilowatt Nutzleistung.

Der Preis einer effectiven Pferdekraft betrage per Jahr im Falle von Dampf- oder Gasbetrieb *P*, derjenige der disponiblen zu übertragenden Kraft *p*; in *P* und *p* seien für Verzinsung und Amortisation der Maschinen- bezw. Turbinenanlage ähnliche Ansätze in Rechnung gebracht, wie sie für die electrischen Einrichtungen zur Anwendung gelangen werden.

Bei der Leitung *h* müssen die Kosten für das Kupfer *Cu* und diejenigen für die Stützpunkte *St*, also Stangen, Träger, Isolatoren und Montage getrennt berücksichtigt werden; man bezeichne sie mit K_{cu} und K_s.

Der Einfachheit halber wird angenommen, dass auch für Wechselströme der mechanische Effect in HP. durch $\frac{E\,J}{736}$ darstellbar sei, wenn man mit *E* die Potentialdifferenz an den Klemmen der Apparate in Volts und mit *J* die maximale Stromstärke in Ampères bezeichnet.

Um die Anlagekosten berechnen zu können, muss zunächst bestimmt werden wie viel Energie pro Zeiteinheit in die verschiedenen Theile der Anlage einzuführen ist, damit an der Riemenscheibe des Wechselstrommotors die Nutzleistung $F = 1$ HP. entwickelt wird; dieselbe beträgt:

für den Motor $F_o = \frac{100}{100 - V_o}$

„ den Reductionstransformator $F_i = \frac{100}{100 - V_i} F_o$

„ die Leitung $F_h = \frac{100}{100 - V_h} F_o F_i$

„ den Transformator *f* $F_f = \frac{100}{100 - V_f} F_o F_i F_h$

„ die Primärmaschine $F_a = \frac{100}{100 - V_a} F_o F_i F_h F_f$ HP

Sind demnach *n* HP. zu übertragen, so ist die Turbine für $n\,F_a$ HP. zu berechnen.

Die electrischen Maschinen und Apparate kosten

$$n\,M = n \times 0{,}736\,[K_o + F_o K_i + F_h K_f + F_f K_a]$$

die Leitung von *L km* Länge

$$n \times 0{,}736\,F_h K_u L + \frac{L}{D} K_s = n\,L\,Cu + St\,L$$

die Turbinenanlage

$$n\,F_a K_t = n\,T.$$

K_t bedeutet die Kosten der ganzen Wasserwerkanlage für eine Nutzleistung von 1 HP., also inclusive Maschinenhaus, Transmission, Canalbauten, Wuhrungen und Schleusen.

Bezeichnet man ferner mit

$$\mu,\ \gamma,\ \sigma,\ \tau,\ \pi$$

die jährlichen Quoten für Verzinsung, Amortisation und Unterhalt der electrischen Maschinen, Kupferleitung, Stangen und Turbinenanlage, sowie die Jahresspesen pro Pferdekraft für Wartung, Oel- und Putzmaterial, Concessionsgebühren etc., so betragen die Gesammtauslagen jährlich

$$B = n\,\mu\,M + [n\,\gamma\,L\,Cu + \sigma\,L\,St] + n\,[\tau\,T + \pi\,F].$$

Wie man sieht, hängen sowol die Erstellungskosten als die Betriebsspesen bei gegebenem Nutzeffect der einzelnen Theile wesentlich von der Grösse der abzugebenden Kräfte ab; die Uebertragungsdistanz *L* geht nur in die Glieder für die Leitung ein, von denen das zweite dafür unabhängig ist von *n*. Es wird sich unten zeigen, dass der Einfluss der einzelnen Glieder bei verschiedenem Uebertragungssystem sehr stark variirt, und zwar so, dass für zunehmende Spannungen und Distanzen ein immer grösseres Gewicht auf die Stangenanlage *L St* und die Triebkraft entfällt; die Anlagen für letztere, welche in der Folge mit

$$n\,[\tau\,F_a K_t + \pi\,F_a] = n\,F_a\,p$$

bezeichnet werden, rühren weitaus zum grössten Theil von der Verzinsung und Abschreibung der Turbinenanlage her, während die Kosten für die Kraft selbst $[n \pi F_a]$ in der Regel von untergeordneter Bedeutung sind, sowie es sich um Ausnützung grosser Wasserkräfte handelt. Bei Rentabilitätsberechnungen über electrische Anlagen findet man sehr häufig ganz unrichtige Vorstellungen über die Grössenordnung dieser beiden Summanden, und zwar wird meistens das Betreffniss τK_t weit unterschätzt.

Der Begriff „billige Wasserkraft" ist daher ein sehr relativer; hat man nur den Werth π oder gar den Preis der Bruttopferdekraft im Auge, so kann man allerdings von der electrischen Verwerthung von Wasserkräften reden, die beinahe gar nichts kosten; zieht man aber p in Betracht, so wird man finden, dass nur in seltenen Fällen der Preis pro effective Pferdekraft und Jahr unter 70 Fr. angesetzt werden darf; während man umgekehrt bei schwierigen Wasserbauten bis auf $p = 140—150$ Fr. kommen kann.

Es sei auch noch auf das Irrthümliche der weit verbreiteten Ansicht aufmerksam gemacht, nach welcher man bei billiger Wasserkraft die electrische Anlage dadurch billiger erstellen und betreiben kann, indem man durch Annahme eines grösseren Verlustes V_h in der Leitung den Werth des Gliedes $\gamma\, Cu$ reducirt. Wie aus den obigen Ausdrücken hervorgeht, bewirkt jedoch eine Vergrösserung von V_h eine Zunahme von F_f und namentlich von F_a; d. h. mit wachsendem Verlust in der Leitung muss die electrische Einrichtung der Primärstation und die Turbinenanlage entsprechend grösser disponirt werden; es ist dann der Fall leicht denkbar, dass die Ersparniss an Kupfer mehr als compensirt wird durch die Mehrausgaben für die Primärstation und Motorenanlage; sodass

$$\mu\,[F'_h K_f + F'_f K_a] + \sigma F'_a K_t + \pi F'_a \geqq \gamma L C'u$$

werden kann; jene Ansicht hat wieder ihren Grund in der Verkennung der Bedeutung von $\sigma F'_a K_t$ gegenüber $\pi F'_a$.

Da die Ausführung einer electrischen Energieübertragung nur so lange einen wirthschaftlichen Sinn hat, als die wachsenden Betriebsspesen

$$B \geqq n P$$

sind, also kleiner ausfallen als die Entwickelung derselben Kraft an Ort und Stelle mittelst Dampfbetrieb, so handelt es sich noch darum, bei gegebenen Werthen von K, V, P und p diejenige Uebertragungsdistanz L zu bestimmen, für welche B jenen zulässigen Grenzwerth annimmt.

Dieselbe ergibt sich aus den Beziehungen

$$n \gamma Cu L + \sigma \frac{L}{D} K_s = n P - n \mu M - n F_a p$$

so handelt sich es noch darum, bei gegebenen Werthen von $V K P$ und p diejenige Uebertragungsdistanz L zu bestimmen, für welche B den obigen Grenzwerth annimmt.

Dieselbe ergibt sich aus den Beziehungen

$$n P - n \mu M - n F_a p = n \gamma Cu L + \sigma L St \quad \text{oder}$$

$$C = \gamma G k (2L) + \sigma \frac{L}{D} K_s$$

$$W = \frac{2 a L}{G} = \frac{V_h E}{J}$$

$$J = \frac{736 \times n \times F_h}{E}$$

worin das G Kupfergewicht pro km einfacher Leitung, k den Kupferpreis per kg, D die Stangendistanz, W den electrischen Leitungswiderstand, a einen Zahlencoefficient und E die Spannungsdifferenz an den Secundärklemmen des Transformators f, bezw. am Anfang der Leitung bedeutet. Man findet:

$$L = \frac{-\frac{\sigma K_s}{D} + \sqrt{\left(\frac{\sigma K_s}{D}\right)^2 + 16 \frac{\gamma a k C}{W}}}{\frac{8 \gamma a k}{W}} \; km$$

Diese Formel wird sich am einfachsten an Hand einiger Zahlenbeispiele discutiren lassen. Zu diesem Zwecke machen wir folgende Annahmen:

I. Beispiel:

$n = 50$ HP; $E = 30\,000$ Volts; $P = 300$ Fr.; $p = 70$ Fr.

Für $V_a = V_o = 12\,\%$; $V_f = V_i = 5\,\%$; $V_h = 10\,\%$;
$K_a = K_o = 250$ Fr.; $K_f = K_t = 135$ Fr;
$K_s = 25$ Fr.; $k = 2{,}50$ Fr.; $D = 50\ m$;
$\mu = \sigma = 0{,}15$, $\gamma = 0{,}1$

ergibt sich

$$F_a = 1{,}59;\ F_a p = 111{,}3 \text{ Fr.}$$

$$C = n P - \mu n M - n F_a p = 15\,000 - 5455 - 5565 = 3980 \text{ Fr.}$$

$$L = 51\ km$$

Kupferdraht von 0,95 mm Durchmesser. Die Anlagekosten des electrischen Theils betragen an:

	Maschinen. Apparate. Fr.	Kupfer. Fr.	Stangen. Fr.	Total. Fr.
Total	36 360	1 580	25 000	62 940
pro 1 HP.	727.2	31.6	500	1258.5
%	57.5	2.5	40	100

II. Beispiel:

$n = 50$ HP; $E = 10\,000$ Volts; $P = 300$ Fr.; $p = 70$ Fr.

Werden die übrigen Werthe wie im I. Beispiel angenommen, so erhält man für

$$L = 39\ km$$

Durchmesser des Leistungsdrahtes 2,8 mm.

	Maschinen. Apparate. Fr	Kupfer. Fr.	Stangen. Fr.	Total. Fr.
Total	36 360	10 680	19 500	66 540
pro 1 HP.	727.2	213.6	390	1330.80
%	54.6	16.1	27.3	100

III. Beispiel:

$n = 200$ HP; $E = 30\,000$ Volts;
$P = 275$ Fr.; $p = 70$ Fr.
$K_a = K_o = 210$ Fr.; $K_f = K_i = 120$ Fr.; $V_a = V_o = 10\,\%$

Uebrige Werthe wie für I. und II.

$F_a = 1.52$; $F_a p = 106.4$ Fr.

$C = 55\,000 - 18\,060 - 21\,280 = 15\,660$ Fr.

$L = 133\ km$

Drahtdurchmesser $= 3{,}5$ mm.

	Maschinen. Apparate. Fr.	Kupfer. Fr.	Stangen. Fr.	Total. Fr.
Total	120 400	56 925	66 500	243 825
pro 1 HP.	602.2	284.6	332.5	1219.12
%	49.4	23.4	27.2	100

IV. Beispiel:

$n = 500$ HP $E = 30\,000$ Volts
$P = 250$ Fr. $p = 70$ Fr.
$K_a = K_o = 170$ Fr.; $K_f = K_i = 100$ Fr.
$V_a = V_o = 8\,\%$; übrige Werthe wie für III.

Es wird dann

$F_a = 1.46$; $F_a p = 102.2$ Fr.

$C = 125\,000 - 36\,100 - 51\,100 = 37\,900$ Fr.

$L = 168\ km$

Erforderlicher Kupferdraht Durchmesser 6,2 mm.

	Maschinen. Apparate. Fr.	Kupfer. Fr.	Stangen. Fr.	Total. Fr.
Total.	240 600	242 000	89 000	571 500
pro 1 HP.	481.2	484	178	1143.2
%	42.0	42.4	15.6	100

Zur Vergleichung wurden auch noch die Distanzen berechnet, welche sich erreichen lassen, wenn zwischen der Primärmaschine und dem Wechselstrommotor keine Transformatoren eingeschaltet sind; das heisst für directen Wechselstrombetrieb. Die Glieder mit K_f und K_i fallen dann aus den obigen Formeln heraus und man erhält

V. Beispiel:

für $n = 50$ HP. $E = 4000$ Volts
$P = 300$ Fr. $p = 70$ Fr.

und unter der Voraussetzung, dass die übrigen Werthe gleich sind denen in I und II

$$F_a = 1{,}43 \qquad F_a p = 100{,}1$$
$$C = 15\,000 - 3115 - 5012 = 6873 \text{ Fr.}$$
$$L = 32{,}3 \; km.$$

Erforderlicher Kupferdraht 6,3 *mm*.

	Maschinen. Apparate. Fr.	Kupfer. Fr.	Stangen. Fr.	Total. Fr.
Total.	20 800	44 550	16 150	81 500
pro 1 HP.	416	891	323	1630
%	24.6	54.6	19.8	100

VI. Beispiel.

$n = 200$ $E = 4000$ Volts
$P = 275$ Fr. $p = 70$ Fr.

Uebrige Werthe wie in III.

$$L = 36{,}8 \; km.$$

	Maschinen. Apparate. Fr.	Kupfer. Fr.	Stangen. Fr.	Total. Fr.
Total.	68 860	226.140	18 400	313 420
pro 1 HP.	344.4	1130.7	92	1567.1
%	22.1	71.6	5.9	100

Eine analoge Rechnung für directe Uebertragung mit Gleichstrommaschinen und 4000 Volts Primärspannung würde ganz ähnliche Resultate ergeben wie für directen Wechselstrombetrieb; diese beiden Systeme können nicht mehr in Frage kommen, sobald es sich um Distanzen von mehr als 30 *km* handelt; dagegen werden sie nach wie vor mit Vortheil concurriren können, so lange nur Distanzen von weniger als 20 *km* zu überwinden sind. Es geht das am deutlichsten aus dem ersten Beispiel hervor. Lassen wir in demselben alle Annahmen unverändert mit Ausnahme derjenigen für den Preis der Triebkraft p, welcher anstatt 70 Fr., 120 Fr. betragen soll. Es wird dann:

$$C = nP - \mu n M - 50 \times 159 \times 120 = 0$$

d. h. es ist unter den vorgeschriebenen Bedingungen auch auf die kleinste Distanz eine Energieübertragung unmöglich, während nach Beispiel V in Folge der kleinern F_a und M der Werth von

$$C = 15\,000 - 3115 - 50 \times 1{,}43 \times 120 = 3305 \text{ Fr.}$$

wird; wenn man wieder 10 % Verlust in der Leitung zulässt, so darf sich die zu transmittirende Kraft immer noch in einer Entfernung von

$$L = 20 \; km$$

befinden.

Wählt man in den Beispielen I bis IV die Stangendistanz $D > 50$ *m*, so wird L namentlich für kleinere Kräfte noch erheblich zunehmen können; doch ist man auch hier aus technischen Gründen an eine obere Grenze gebunden, die unter den günstigsten Verhältnissen, d. h. auf langer gerader Strecke im freien Felde etwa bei 65—70 *m* liegen dürfte. Andererseits geht aus den Formeln hervor, dass die maximale Entfernung rasch kleiner wird für

$$P < 300 \text{ bezw. } 275 \text{ und } 250 \text{ Fr.}$$

Dieser Fall wird fast immer da eintreten, wo es nicht darauf ankommt, bei grösserm Kraftbedarf eine vollständige neue Dampfanlage mit Maschinen und Kesselhaus, Kamin etc. zu erstellen, sondern wo einfach die bestehende Anlage partiell erweitert werden müsste; ganz ähnlich verhält sich die Sache da, wo es sich darum handelt, den vorhandenen Dampfbetrieb durch electrischen zu ersetzen. Hier wird man bei bereits stark amortisirten Dampfanlagen mit Werthen von P zu rechnen haben, welche bis auf 150 Fr. heruntergehen können.

Es würde eigentlich in den Rahmen dieser Arbeit gehören, auch noch diejenigen Systeme mit einander zu vergleichen, welche angewendet werden, wenn die transmittirte Energie von der Secundärstation aus als Licht und Kraft über ein ausgedehntes Gebiet zu vertheilen ist; ich ziehe indessen vor, diese Rechnung bis zu dem Zeilpunkte zu verschieben, wo auch über das Drehstrom-Vertheilungssystem, von Dolivo-Dobrowolsky*) ausreichende Daten zur Verfügung stehen.

Doch mag jetzt schon die Schlussfolgerung gerechtfertigt erscheinen, dass in der von der Maschinenfabrik Oerlikon eingeführten Methode der Erzeugung und Verwendung hochgespannter Wechselströme ein bedeutender Fortschritt verwirklicht ist, durch welchen die bisherigen electrischen Transmissionssysteme ergänzt und der Kraftübertragung wichtige, bisher unzugängliche Arbeitsgebiete erschlossen werden.

Wettbewerb für eine reformirte Kirche auf der Bürgliterrasse in Enge bei Zürich.

I.

(Mit einer Tafel).

Die Ausstellung der zu diesem Wettbewerb eingesandten Arbeiten ist gestern, nach vierzehntägiger Dauer, geschlossen worden. Sie wurde fleissig besucht und nicht nur die zahlreichen Architekten und am Bauwesen Betheiligten, sondern auch ein weiteres Züricher Publikum, das an der Entwickelung der Stadt näheren Antheil nimmt, sah man im hochgelegenen Schulhaus der Gemeinde Enge mit der Betrachtung, Besprechung und Kritik der ausgestellten Entwürfe beschäftigt.

Mit der letzteren, so sehr einzelne Arbeiten auch dazu auffordern mögen, wollen wir, bekannter Uebung gemäss, noch zurückhalten bis das Preisgericht gesprochen hat und uns vorläufig auf die Darstellung der preisgekrönten Entwürfe beschränken, indem wir mit demjenigen von Architekt Martin beginnen, dessen beide Façaden auf beifolgender Tafel abgebildet sind. —

Schiefe Strassenbrücke nach System Monier in Wildegg.

Diese erste in der Schweiz nach Moniers System ausgeführte grössere Brücke wurde Ende letzten Jahres dem Verkehr übergeben, nachdem eine am 14. November vorgenommene Probebelastung ein gutes Ergebniss über deren Widerstandsfähigkeit geliefert hatte.

Die Brücke wurde von der Actiengesellschaft für Monier-Bauten**) für die Cementfabrik der Herren Zurlinden & Cie. in Wildegg erbaut, über deren Fabrikcanal sie führt. Sie kreuzt den Canal in schiefer Richtung, d. h. in einem Winkel von 45°; ihre Spannweite beträgt 37,22 *m*, während sich die Pfeilhöhe nur auf 3,50 *m* beläuft, so dass sich das Verhältniss der letzteren zur ersteren auf 1 : 10,6 stellt. Die Brücke hat eine Breite von 3,90 *m*; das Moniergewölbe ist am Scheitel 20 und am Widerlager 65 *cm* stark. Die Bogenfelder oder Wangen der Brücke, d. h. die Wände zwischen Bogen und Fahrbahn, sind ebenfalls nach Moniers System ausgeführt und beidseitig durch je zwei Zugstangen mit einander verbunden. Der Gewölberücken erhielt eine Ueberbetonirung zur Verstärkung der Widerlager, von welchen das rechtsseitige, der schlechten Bodenbeschaffenheit wegen, bedeutend stärker gemacht werden musste als das linksseitige. Alles Weitere ergiebt sich aus beifolgender Ansicht, den Schnitten und dem Grundriss dieser Brücke.

Nach den Vorschriften der Herren Zurlinden & Cie. sollte die Brücke eine Tragfähigkeit von 500 *kg* pro m^2 bei gleichmässiger Belastung erhalten. In der Wirklichkeit wird eine solche Beanspruchung kaum vorkommen, da die

*) Siehe über diesen Gegenstand: „Schweizerische Patentschriften" No. 1884 und 1885, Cl. 97, Mittheilungen von Dr. O. May im „Electr. Anzeiger" 1891, pag. 217.

**) Von G. A. Wayss & Co., Filialen Neustadt a./Haard und Basel.