Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 32 (1941)
Heft: 18

Artikel: Le cinquantenaire de la ligne de transmission de Lauffen à Francfort
Autor: Huber, P.E.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1057651

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: 08.08.2025

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

ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

BULLETIN

RÉDACTION:
Secrétariat général de l'Association Suisse des Electriciens
et de l'Union des Centrales Suisses d'électricité, Zurich 8

ADMINISTRATION:
Zurich, Stauffacherquai 36 ◆ Téléphone 5 17 42
Chèques postaux VIII 8481

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

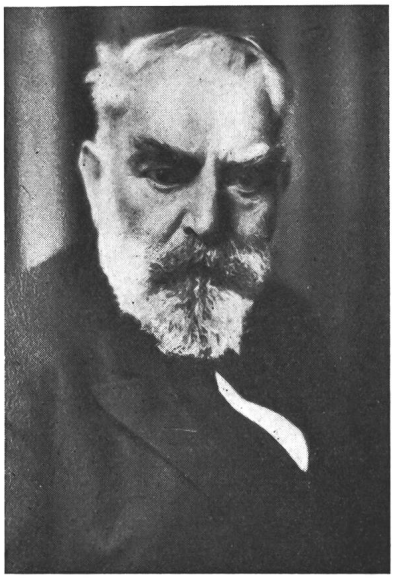
XXXIIe Année | N° 18 | Vendredi, 12 Septembre 1941

Le cinquantenaire de la ligne de transmission de Lauffen à Francfort.

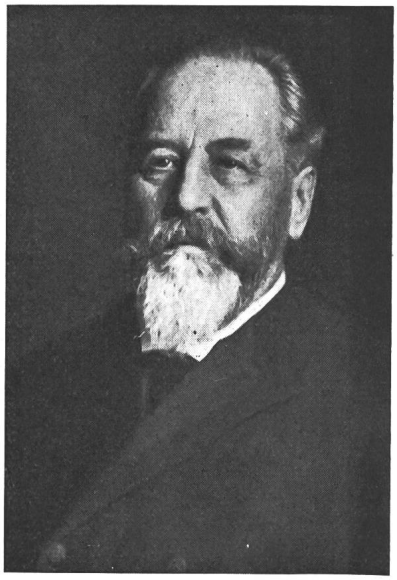
(Traduction.)

Cinquante ans se sont écoulés, le 24 août de cette année, depuis la mise en exploitation de la ligne de transmission d'énergie électrique par courant triphasé de Lauffen-sur-le-Neckar à Francfort-sur-le-Main et depuis que brillèrent pour la première fois les «poires» de l'Exposition Electrotechnique Internationale de Francfort et ronronnèrent les moteurs électriques. Le courant était produit par un alternateur triphasé entraîné par une turbine hydraulique installée dans l'usine de ciment Portland, sise à quelque 175 km, à Lauffen. Vu le rôle considérable que cette ligne de transmission a joué dans le développement de l'électrotechnique et la participation efficace de l'industrie et des ingénieurs suisses au succès de cette première réalisation, nous aimerions retracer brièvement l'histoire de cette mémorable installation.

C. E. L. Brown
1863—1924
le constructeur génial.



O. v. Miller
1855—1934
le grand organisateur plein d'esprit d'initiative et de confiance.



P. E. Huber
1836—1915
aux entreprises audacieuses, réalisées avec ténacité.

Fg. 1.
Les créateurs, avec M. v. Dolivo-Dobrowolsky et Emile Rathenau, de la ligne de transport d'énergie de Lauffen à Francfort.
(Les photos datent d'une époque ultérieure.)

Jusque vers 1885, les ateliers de construction de machines électriques, déjà fort nombreux dans tous les pays industriels, fabriquaient presque exclusivement des machines à courant continu, destinées surtout à alimenter les lampes à arc, à charger les batteries d'accumulateurs, à la galvanoplastie et à la galvanostégie. On savait fort bien qu'il s'agissait en quelque sorte de machines à courant alternatif équipées d'un redresseur mécanique (le collecteur) en vue de redresser les courants alternatifs induits dans le rotor. Mais, du moment que ces machines alimentaient des installations individuelles, tous les besoins paraissaient être satisfaits. Dans le cas de la fourniture d'électricité à des services publics et à des agglomérations, les usines à courant continu étaient également tout à fait indiquées, puisque les pointes de charge de la soirée pouvaient être supportées par des batteries d'accumulateurs chargés durant la journée. Les frais d'installation de ces usines étaient toutefois extrêmement élevés en raison des batteries et des réseaux sous câbles à

forte intensité. Aussi estimait-on à cette époque que l'éclairage électrique des appartements était un luxe que seuls les gens très riches pouvaient se permettre et qu'il était de ce fait limité aux quartiers du centre des villes.

La situation se modifia lorsque Zipernowsky, Déri et Blathy de l'entreprise Ganz & Cie, de Budapest, créèrent le transformateur, qui permit d'élever et d'abaisser la tension des courants alternatifs et de distribuer à volonté l'énergie électrique sous une tension constante, en les couplant en parallèle, contrairement aux «générateurs secondaires» de Gaulard et Gibbs (les transformateurs de courant). Le brevet allemand 33951 de Déri, de 1885, caractérisait déjà très nettement le système de distribution universellement adopté de nos jours. Les jeunes ingénieurs comprirent assez vite les possibilités de développement qu'offrait le courant alternatif monophasé et polyphasé, lorsque Galileo Ferraris et Nicola Testa découvrirent en 1886/87 le champ tournant électromagnétique, produit par plusieurs courants alternatifs déphasés, et créèrent ainsi le moteur à champ tournant, que développa von Dolivo-Dobrowolsky, et lorsque F. A. Haselwander coupla les trois systèmes monophasés déphasés en un système polyphasé en étoile ou en triangle et construisit le premier alternateur monophasé. Par contre, l'ancienne génération d'ingénieurs, parmi lesquels se trouvaient d'éminents ingénieurs tels que Werner von Siemens et Th. A. Edison, s'en tenait fermement au courant continu et remontrait aux adeptes du courant alternatif qu'il n'existait pas de moteur monophasé pouvant pratiquement démarrer de lui-même, que le courant alternatif n'était pas approprié à l'éclairage par lampes à arc et ne pouvait pas servir aux procédés électrochimiques basés sur l'électrolyse, ni à la charge des accumulateurs. Cette vaine controverse, fort préjudiciable au développement des machines électriques, dura jusque vers 1890 et reprenait de plus belle à chaque nouveau projet d'installation.

Ces divergences atteignirent leur ampleur maximum lors du projet de l'usine électrique de Francfort. Les projets et les contre-projets, les expertises et les contre-expertises se succédèrent sans que les autorités municipales puissent prendre une décision, en raison de la déplorable incertitude des spécialistes. En automne 1889, *Léopold Sonnemann,* conseiller municipal et éditeur de la Gazette de Francfort, proposa alors d'organiser à Francfort une exposition électrotechnique internationale combinée à un congrès international des électriciens, afin de tenter de mettre les choses au point, au sein d'une grande assemblée. La proposition de Sonnemann fut approuvée par les collègues de celui-ci et il fut décidé de prévoir cette exposition et ce congrès pour le printemps et l'été de 1891. L'organisation de l'Exposition fut confiée à *Oskar von Miller* (1855—1934), qui avait déjà organisé, en 1882, l'Exposition Electrotechnique de Munich et exécuté la première ligne de transmission d'énergie de Miesbach à Munich (57 km) sous courant continu à 1500—2000 V, d'après l'idée de Marcel Deprez. Depuis cette première tentative, entreprise avec des moyens insuffisants et basée sur des suppositions inexactes (le rendement de cette installation n'atteignit que 22 % en raison de la grande longueur de la ligne et de la tension trop basse), le bavarois von Miller songeait sans cesse au problème de la transmission de l'énergie électrique et entrevoyait déjà à cette époque l'utilisation des forces hydrauliques des montagnes de Bavière pour alimenter en électricité les villes de la plaine. Dépassant le problème que Sonnemann espérait résoudre grâce à l'Exposition de Francfort, von Miller estimait [1]) que la principale tâche de celle-ci était de trouver une solution au problème de la transmission de l'énergie électrique et de sa distribution à de grandes distances, que le courant continu ne pouvait naturellement pas assumer à cette époque. Au printemps 1890, lorsque von Miller présenta son plan d'amener à l'Exposition de Francfort l'énergie produite par une force hydraulique d'environ 220 kW appartenant à l'usine de ciment Portland de Lauffen-sur-le-Neckar, par une ligne de 175 km, à l'aide de courant triphasé à 25 000 V, il se heurta naturellement à l'opposition des adeptes du courant continu. Werner von Siemens refusa absolument la collaboration de son entreprise à la réalisation du projet de von Miller. Certains partisans du courant alternatif estimaient également que ce projet était une utopie. Les uns calculaient que le rendement n'atteindrait que 15 %, d'autres 12 %, voir même 5 % seulement. L'Administration des Postes craignait que la nouvelle ligne ne causa des perturbations dans les lignes télégraphiques et téléphoniques. La presse s'en mêla et mit en garde le public contre les grands dangers que la ligne à haute tension présenterait pour les hommes et les animaux. *Emile Rathenau* (1838—1915) de l'AEG était encore indécis, tandis que le chef du département de l'électricité de l'AEG- *M. von Dolivo-Dobrowolsky* (1860—1919) était l'une des rares personnes qui ne tenaient pas l'idée de von Miller pour

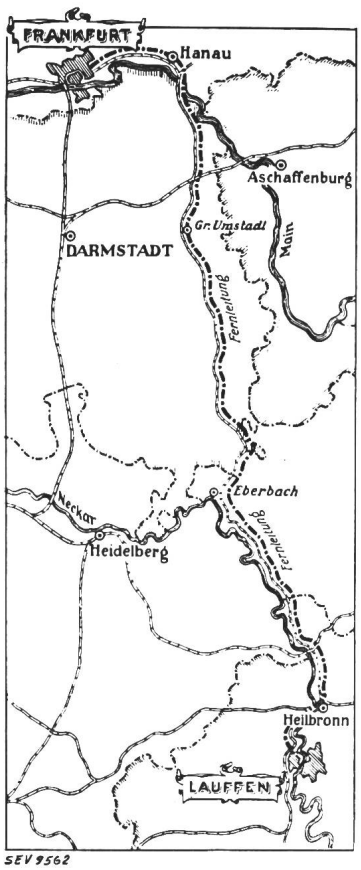


Fig. 2.
Plan de situation de la ligne de transmission Lauffen—Francfort.

[1]) Dans son premier rapport à la Société Electrotechnique de Francfort.

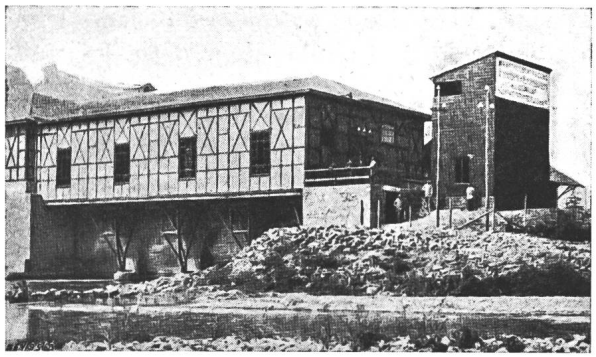


Fig. 3.
L'usine de Lauffen. A droite la station transformatrice et la ligne de transport Lauffen—Francfort.

complètement absurde. Bref, la situation était telle, que von Miller fut sur le point de renoncer à son projet. Dix ans auparavant, Marcel Deprez avait déjà fait la triste expérience que nul n'est prophète en son pays et avait dû s'adresser à l'étranger, en Allemagne, pour trouver quelqu'un qui accepta de réaliser son idée. Oskar von Miller eut alors recours au même moyen et chercha des appuis en Suisse.

L'ingénieur-mécanicien et industriel zurichois *P. E. Huber-Werdmüller* (1836—1915), qui avait fondé en 1876 la S. A. des Ateliers de Construction d'Outils et de Machines d'Oerlikon, avait adjoint à son entreprise, en 1885, un département de l'électricité, dirigé depuis la fin de 1885 par C. E. L. Brown (1863—1924). Par une série de constructions et d'installations remarquables, Brown s'était acquis en peu d'années, ainsi que l'entreprise à laquelle il appartenait, une renommée internationale. En mai 1890, von Miller s'adressa donc aux Ateliers de Construction Oerlikon (ainsi que s'appela cette entreprise dès la fin de 1886) et obtint immédiatement l'appui complet du jeune C. E. L. Brown, âgé alors de 25 ans, qui avait le même esprit d'initiative que von Miller. L'enthousiasme de Brown pour ce nouveau projet était quasiment entraînant, comme von Miller aimait à le rappeler. Les essais entrepris sans tarder convainquirent Huber-Werdmüller, d'autant plus que la réalisation de l'idée de von Miller pouvait être précieuse pour la mise en valeur des forces hydrauliques de notre pays. En juillet 1890, les Ateliers de Construction Oerlikon se déclarèrent prêts à collaborer activement avec von Miller, bien que cette collaboration constitua un lourd sacrifice financier pour cette entreprise suisse relativement jeune. Sur ces entrefaites, Emile Rathenau accorda également la collaboration de l'AEG. Le 6 décembre 1890, à la suite de discussions de détail, intervint entre les Ateliers de Construction Oerlikon et l'AEG un accord qui réglait la collaboration de ces deux entreprises à la ligne de transmission de Lauffen à Francfort. Les Ateliers de Construction Oerlikon se chargeaient de fournir l'alternateur de l'usine de Lauffen, tandis que les deux entreprises se répartissaient les transformateurs destinés à Lauffen et à Francfort. L'AEG se chargeait en outre de construire un moteur triphasé de 75 kW pour l'entraînement d'une pompe centrifuge, qui devait fournir artificiellement l'eau sous pression pour une chute d'eau de 10 m de hauteur à installer dans l'Exposition.

C. E. L. Brown s'occupa immédiatement de construire l'alternateur et les transformateurs, dont son jeune frère S. W. Brown (1865—1941) avait fait les calculs et qui ne lui offrirent pas de difficultés. Le problème essentiel était la ligne de transmission à haute tension, dont dépendait tout le succès de l'entreprise. Il fallait savoir avant tout si oui ou non les pertes d'énergie seraient élevées et s'il se produirait des effets perturbateurs dans les lignes à courant faible. En novembre 1890, C. E. L. Brown fit installer dans la cour des Ateliers de Construction Oerlikon une ligne de transmission provisoire à haute tension comportant un alternateur, un transformateur élévateur, une ligne aérienne montée sur isolateurs à huile, un transformateur abaisseur et une batterie de lampes à incandescence servant de charge. Les essais furent entrepris au cours de l'hiver de 1890/91 sous des tensions allant jusqu'à 30 kV, également sous pluie artificielle. Sous la ligne à haute tension passait une autre ligne, supposée être une ligne téléphonique, dont on mesura les tensions induites et

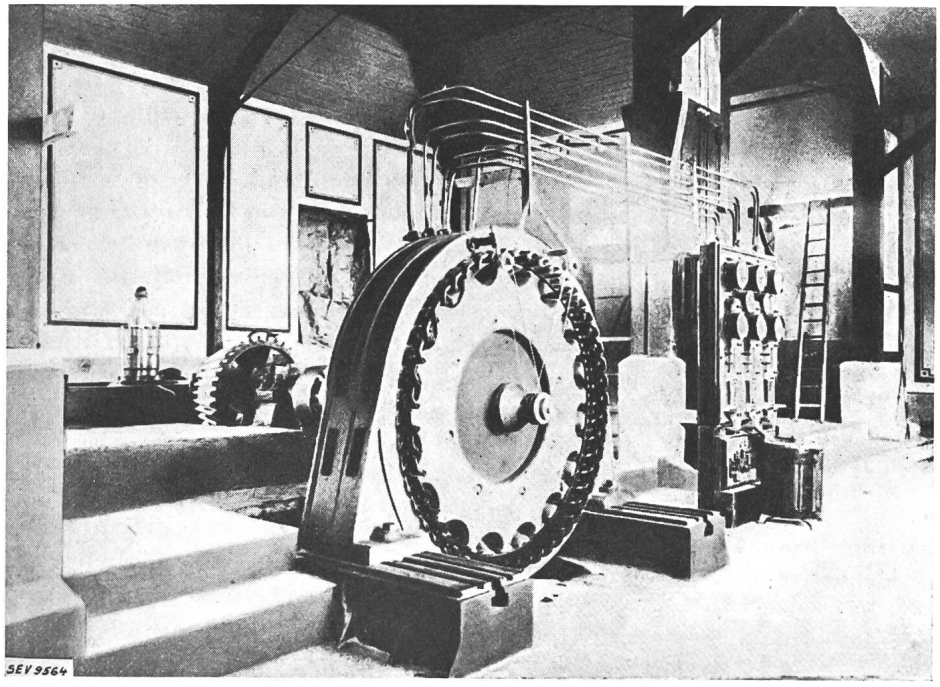


Fig. 4.
Alternateur triphasé de 220 kW, construit par les ACO.

détermina les bruits parasites à l'aide d'un téléphone. Ces essais démontrèrent que les craintes étaient absolument injustifiées ou du moins fortement exagérées. A la demande de von Miller, un certain nombre de représentants de l'Administration des Postes allemandes chargée de construire la ligne de transmission de Lauffen à Francfort, des Chemins de fer prussiens et wurttembergois, ainsi que des membres du comité de l'Exposition de Francfort, se rendirent à Oerlikon, où ils assistèrent le 24 janvier 1891 aux essais [2]). La preuve étant ainsi faite, l'Administration des Postes, le Wurttemberg, le Pays de Bade, la Hesse et la Prusse accordèrent les autorisations nécessaires pour la construction de la ligne de transmission projetée. Ces essais fort coûteux entrepris par les Ateliers de Construction Oerlikon eurent donc une influence prépondérante sur la réalisation de ce projet. Pour C. E. L. Brown, ils furent une grande satisfaction personnelle et l'amenèrent à faire une conférence, le 9 février 1891, à la Société Electrotechnique de Francfort, sur les hautes tensions, leur production, leur transmission et leur emploi [3]).

Cette ligne de transmission comportait trois fils de cuivre de 4 mm de diamètre, disposés en triangle équilatéral de 1 m de base et de 116 cm de côté. Les supports étaient des poteaux en bois de 8 m et les isolateurs étaient remplis d'huile. A Lauffen et à Francfort, les points neutres des transformateurs furent mis directement à la terre.

L'alternateur construit par les Ateliers de Construction Oerlikon était une machine à 32 pôles, entrainée par une turbine Jonval par l'intermédiaire d'un train d'engrenages à roues coniques. La vitesse de rotation atteignait 150 t/min, la fréquence étant donc de 40 pér./s, la puissance était de 230 kVA sous une tension composée de 95 V. La roue polaire était munie d'une seule bobine d'excitation centrale qui remplissait l'espace vide entre les pôles à mâchoires et à laquelle le courant d'excitation était amené d'une façon très particulière par deux paires de galets sur lesquels étaient enroulés des fils d'acier.

Les transformateurs des Ateliers de Construction Oerlikon étaient d'un type à noyau à colonnes décalées de 120° et fermées en haut et en bas par des armatures rondes. Ce furent très probablement les premiers transformateurs à bain d'huile qui aient été construits.

Après avoir surmonté encore quelques difficultés, qui firent craindre au dernier moment que la mise en exploitation serait aléatoire, cette ligne fut enclenchée pour la première fois dans la soirée du 24 août 1891. L'exploitation normale eut lieu le 12 septembre. La ligne de transmission de Lauffen à Francfort, objet de tant de controverses, était ainsi devenue une réalité. Jusqu'à la fin de l'Exposition (19 octobre 1891), cette ligne fut exploitée sous 15 000 V. La tension fut ensuite élevée sans difficulté jusqu'à 30 000 V. A cette tension, *H. F. Weber* (1843—1912), professeur à l'EPF, entreprit de nombreuses mesures et constata un rendement général de 75 % entre l'arbre de la turbine et les bornes secondaires des transformateurs de Francfort, mettant ainsi brillamment fin aux craintes qui avaient été émises à ce sujet. Les pertes dans la ligne, dans laquelle la plus grande partie de l'énergie devait soi-disant être dissipée, n'atteignaient en réalité que 10 %. A ces mesures collaborèrent efficacement *Hans Behn-Eschenburg* (1864—1938), *Karl Sulzberger* (1864—1935) et *Agostino Nizzola* (né en 1869), qui devinrent des spécialistes réputés de notre pays. La participation à ces mesures eut une importance vitale pour Nizzola, qui dirige encore actuellement avec la même activité la S. A. Motor-Columbus, fondée en 1895, sous le nom de S. A. Motor, à l'initiative de W. Boveri.

La manifestation scientifique la plus importante de l'Exposition de Francfort fut le Congrès International des Electrotechniciens, qui se tint du 7 au 12 septembre. On y entendit, entre autres, les rapports suivants: Epstein (Francfort) sur la position et les tâches des établissements d'essais électriques, Hospitalier (Paris) sur les notations, conventions et symboles de l'électrotechnique, Silvanus P. Thompson (Londres) sur le nouveau domaine des courants alternatifs, du Bois (Berlin) sur les circuits magnétiques et leur mesure, Bruger (Francfort) sur l'emploi de quelques appareils de mesure pour courant alternatif, Hochenegg (Vienne) sur l'examen graphique des lignes électriques, Penkert (Brunswick) sur les compteurs d'électricité, H. F. Weber (Zurich) sur la théorie de la lumière électrique à incandescence, von Dolivo-Dobrowolsky (Berlin) sur la transmission du travail électrique par courant alternatif, H. Georges (Berlin) sur de nouveaux essais de moteurs à courant alternatif, W. Lahmeyer (Francfort) sur de nouvelles constructions dans la domaine du courant triphasé et du courant continu, K. Zipernowsky (Budapest) sur les chemins de fer électriques pour le trafic interurbain rapide, etc.

Ni l'Exposition, ni le Congrès ne purent aplanir la divergence au sujet du courant continu et du courant alternatif, probablement du fait que, depuis l'aménagement de la ligne de transmission de Lauffen à Francfort, le courant alternatif triphasé était

[2]) ETZ 1891, pages 61 et 137.
[3]) ETZ 1891, page 146.

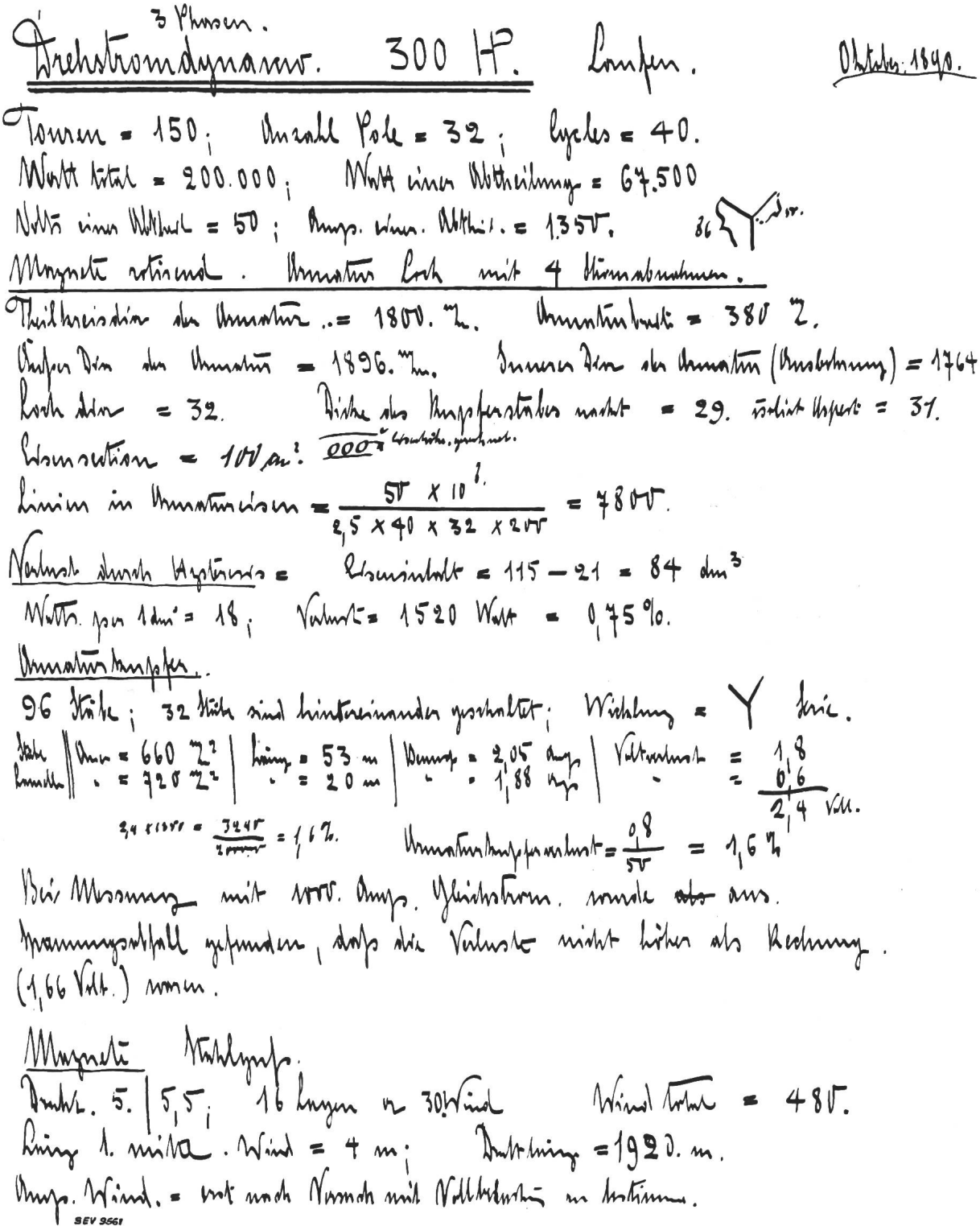


Fig. 5.

Fac-similé de la première page des calculs de l'alternateur de Lauffen, effectués par Sidney W. Brown, décédé récemment, frère de C. E. L. Brown (voir Bulletin ASE 1941, N° 16, page 391).

devenu un concurrent de taille. Les trois fils de cette transmission ne firent tout d'abord qu'augmenter la confusion, mais ce système sortit finalement vainqueur de cette âpre controverse, après le retrait et l'annulation des brevets de Déri.

Peu avant la guerre mondiale, von Miller écrivait à Huber-Werdmüller: «Je n'oublierai jamais combien vous m'avez aidé, par votre dévouement et votre clairvoyance, à réaliser l'importante ligne de transmission de Lauffen à Francfort, alors que

ce projet me paraissait voué à un échec inévitable».

Oskar von Miller a tenu parole. Depuis cette époque héroïque, il n'a jamais cessé d'aimer notre pays et se lia d'amitié avec C. E. L. Brown et

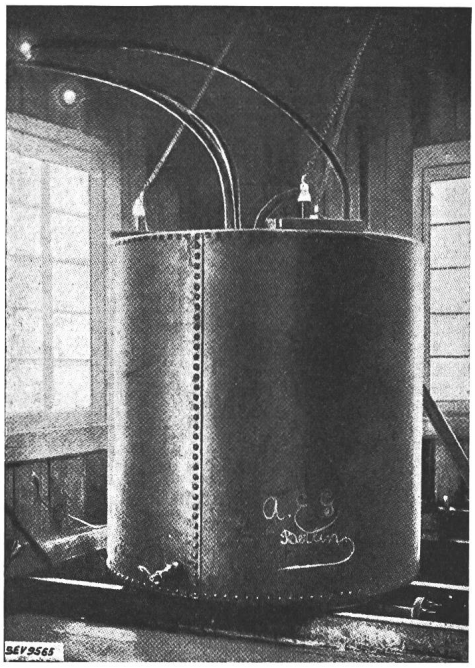


Fig. 6.
Transformateur AEG, de 150 kVA.

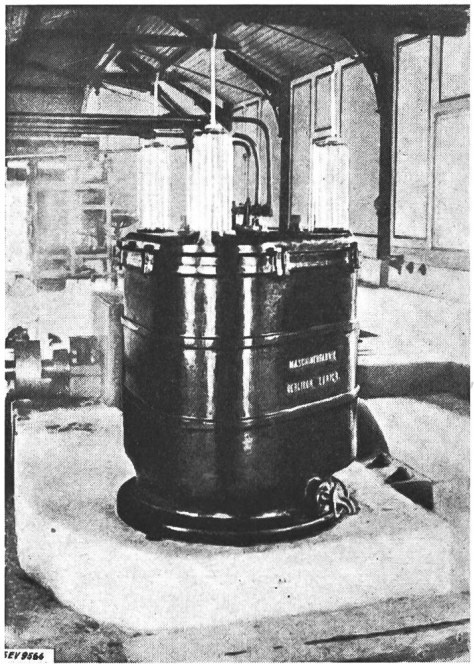


Fig. 7.
Transformateur ACO, de 150 kVA.

P. E. Huber. Pendant la dernière décade du siècle passé il fit passer de nombreuses commandes à l'industrie suisse. Il séjourna très souvent en Suisse, même après qu'il eût acquis une renommée mondiale à la suite de son œuvre maîtresse, le «Deutsches Museum für Denkmäler der Naturwissenschaften» de Munich. Il participa, en 1926, à la session de Bâle de la Conférence Mondiale de l'Energie et applau-

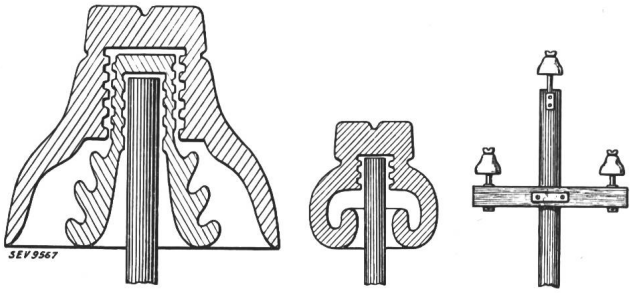


Fig. 8.
Isolateurs à huile et tête de mât, de la ligne de transport Lauffen—Francfort.

dit de tout cœur au discours que tint à Andermatt, centre de l'Europe et source du Rhin, du Rhône et du Tessin, *A. Schrafl*, président de la Direction générale des CFF. Dans son magnifique discours prononcé dans nos trois langues nationales, qui sont aussi celles des trois grandes nations du continent européen, Schrafl exhortait les participants venant

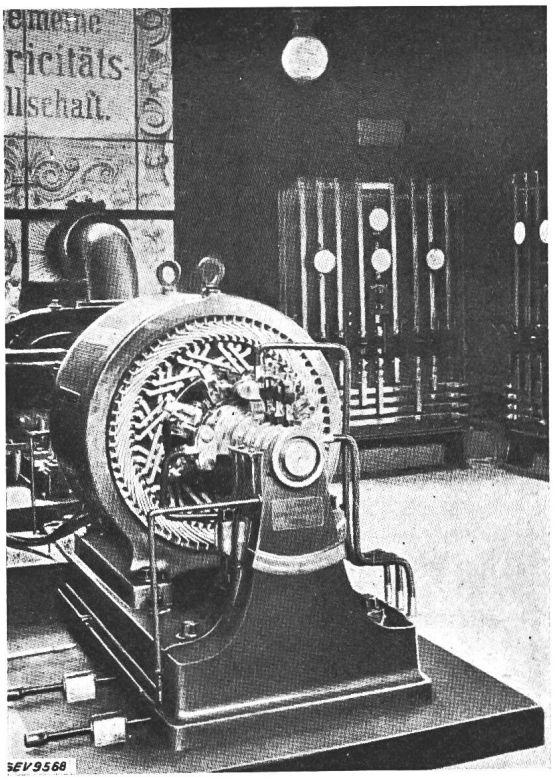


Fig. 9.
Moteur triphasé AEG, de 600 t/min, actionnant la pompe centrifuge.

de presque tous les pays du monde à s'estimer mutuellement et à collaborer activement entre eux, la collaboration étant à la base de tout progrès.

En mai 1933, Oskar von Miller séjourna pour

la dernière fois en Suisse. Il était venu serrer la main à ses quelques rares amis suisses qui vivaient

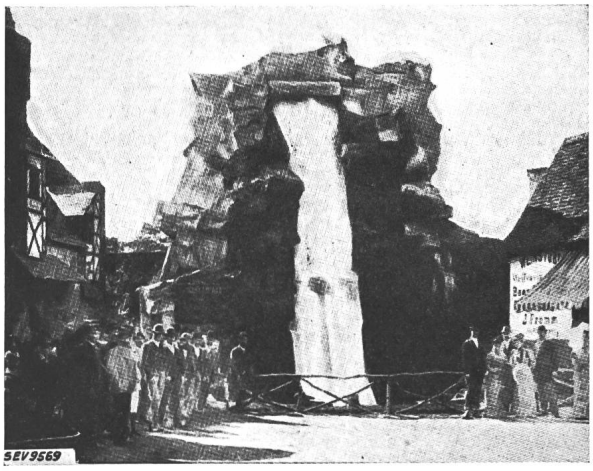


Fig. 10.
La chute d'eau à Francfort, produite par une pompe entraînée par le moteur de 75 kW représenté à la fig. 9.

encore. Un beau matin, il vint à Baden pour causer du temps passé avec *Sidney-W. Brown*. On reparla comme de coutume de la ligne de transmission de Lauffen à Francfort et des grandes difficultés qu'il avait fallu surmonter. Sidney-W. Brown sortit d'un tiroir quelques feuillets jaunis et les montra à von Miller. C'étaient les calculs de l'alternateur de Lauffen et des transformateurs! — L'après-midi fut consacré à la visite de l'usine de Ryburg-Schwörstadt. Von Miller se fit tout expliquer. La liaison récente avec le groupe des usines de Biaschina, Tremorgio et Piottino par la ligne du Gothard aux portées imposantes l'intéressa très vivement. L'année suivante, Oskar von Miller s'éteignit, à l'âge de près de 80 ans.

Dans d'autres circonstances, le jubilé du 24 août 1891, date de naissance de la technique du courant fort, aurait sans aucun doute donné lieu à des festivités. Les représentants éminents de notre branche dans tous les pays du monde se seraient à nouveau groupés pour rappeler la mémoire d'Oskar von Miller, le créateur de la ligne de transmission de Lauffen à Francfort, ainsi que de P. E. Huber-Werdmüller et C. E. L. Brown, Emile

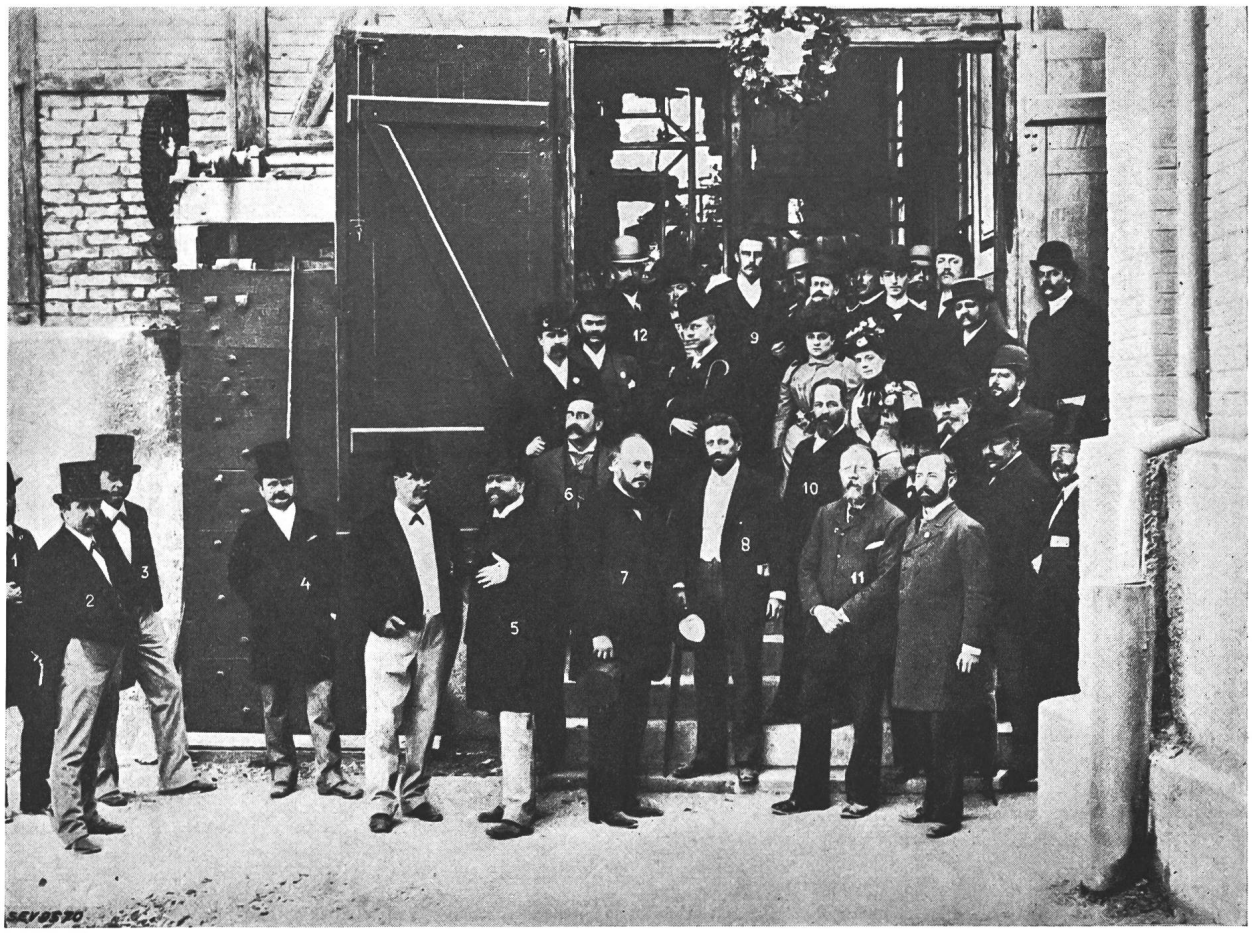


Fig. 11.
Le congrès international des électriciens lors de la visite de la centrale de Lauffen.
1 Dr Dietrich, prof. *2* von Leibbrand, directeur des constructions. *3* Pischeck, ministre. *4* Dr Arendt, directeur, Lauffen *5* Emile Rathenau. *6* Gisbert Kapp. *7* Marcel Deprez. *8* Dr J. Hopkinson. *9* Charles Brown. *10* le colonel Huber. *11* Preece. *12* Ebert, premier conseiller à la direction des postes.

Rathenau et M. von Dolivo-Dobrowolsky. Et l'on aurait derechef débattu la question du courant continu et du courant alternatif, mais dans des conditions totalement différentes et en songeant à bien d'autres buts. Le destin ne l'a malheureusement pas voulu!

Nous autres électriciens suisses, qui sommes comme toujours en excellentes relations avec tous nos collègues du monde entier et connaissons depuis longtemps la valeur et l'attrait de la collaboration scientifique internationale, nous ne pouvons que célébrer discrètement et avec quelque mélancolie le cinquantenaire de la ligne de transmission de Lauffen à Francfort. Nous avons toutefois la satisfaction de savoir que quelques-uns d'entre nous ont pris une part active à la réussite de cette première transmission de grand style en courant triphasé.

Aus alten Akten.

Das Archiv des SEV besitzt einige kostbare Originale aus der Entstehung der Lauffener Kraftübertragung [1]). Sie zeigen die tausenderlei Schwierigkeiten aller Art, die zu überwinden waren. Aus den Korrespondenzen geht ein unbändiger, imponierender Wille zur Tat und zum Sichdurchsetzen hervor. Sie zeigen jenes starke Geschlecht an der Arbeit, dem Schaffen und Wagen Lebensinhalt war. Imponierend ist neben der schöpferischen Arbeit auch die rasche Folge von Briefen und Telegrammen — die Beteiligten haben damals wohl Tag und Nacht gearbeitet.

Ganz besondere Schwierigkeiten machte die Beschaffung der nötigen 9000 bis 10000 Isolatoren mit Oelrinnen. Auch jene Isolatoren waren eben neu — von Brown konzipiert — und die Keramikfirmen weigerten sich, die Herstellung unter den gestellten Terminen zu übernehmen. Vor uns liegt ein Dutzend Absagen von deutschen Firmen aus der ersten Hälfte des Monats März 1891. In der zweiten Hälfte März 1891 reiste dann Brown nach London, um die englische Firma Johnson & Phillips für die Isolatorenlieferung zu gewinnen. Er schrieb an Oberst P. E. Huber in seiner schwungvollen Handschrift:

London, Charing Cross, 24. III. 91.

Geehrter Herr!

Ihre Telegramme und Brief habe richtig erhalten. Ich berichtete, dass Johnson & Philips ohne Bezahlung absolut nichts von Isolatorenlieferung wissen wollten. Ich konnte nicht mehr erreichen. Die Herren waren recht freundlich und gestanden zu, dass Sie unsere Anfrage falsch aufgefasst. Sie behaupten aber, dass sie kein Interesse hätten, die Isolatoren zu liefern, was ich auch offengestanden ganz richtig finde, da sie ja keine Isolatoren selber machen. Im Falle man sich dazu verstehen würde, die Isolatoren zu kaufen, erklärte mir Herr Johnson, dass in 2—3 Monaten voraussichtlich die Lieferung möglich. Meiner Ansicht nach ist es jedoch besser, man versucht von einer deutschen Firma die Isolatoren zu erhalten, und lässt sich auch eventuell herbei, dieselben zu kaufen; denn ich glaube, dass sicher bald eine Verwendung für dieselben gefunden wird. Die Herstellung ist in Erdgut ganz gut möglich und kann auch gewiss die Lieferung von circa 6000 Stück (bei 100 m Stangendistanz sind nicht mehr nöthig) noch zu rechter Zeit erfolgen.

Ihr Telg.: «must absolutely have 10 000 Isolators construe if necessary other modells» ist mir nicht recht verständlich. Ein anderer Type ist gerade so schwierig herzustellen und braucht die gleiche Zeit.

Ich reise Freitag nach Paris und werde Sonntag oder Montag wieder in Zürich sein.

Hochachtungsvoll

C. E. L. Brown.

Ferner ist folgender Brief von besonderem Interesse, weil Brown darin die Isolatoren und das Mastbild spezifiziert.

Oerlikon bei Zürich, 29. III. 91.

Tit. Allgemeine Electricitäts-Gesellschaft,

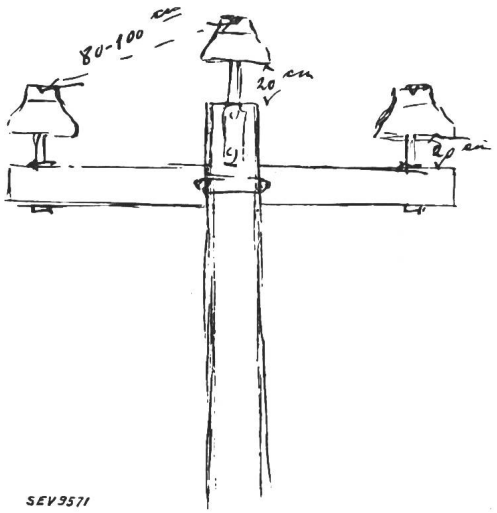
Schiffbauerdamm 22,

Berlin N. W.

Von Herrn Oberst Huber wurde mir der Brief bezüglich Isolatoren von H. Schomburg & Söhne zur direkten Erledigung übergeben.

I. Gegen Ausführung der Isolatoren aus einem einzigen Stück ist nichts einzuwenden, nur fürchte ich, dass die exakte Ausführung der Oelrinnen Schwierigkeiten bieten wird.

II. Das Brennen der Isolatoren auf dem Kopfe ist jedenfalls vortheilhaft, da dadurch die Sicherheit geboten, dass die untern Partien eine gute Glasur erhalten.



Skizze I.

III. Auch der Ausführung der äussern Glocke, deren unterer Rand statt nach innen etwas nach aussen gebogen ist, steht gar nichts im Wege.

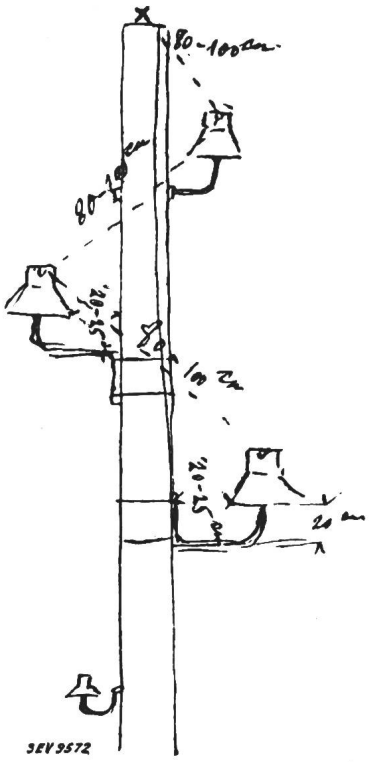
IV. Die zugehörigen Stützen sind vorgesehen, dass sie in der Glocke eine Dicke von 25 mm haben, gegen das untere Ende aber auf 30 mm anwachsen.

[1]) Bei den Wiedergaben haben wir an der Orthographie nichts geändert.

V. Ich halte im Falle Isolatoren auf eine Holztraverse aufgeschraubt werden, eine Distance von 20 cm zwischen Holz und unterem Rand des Isolators für genügend. (Diese Angabe sollte genügen, zur Festsetzung eines verbindlichen Preises.)

VI. Bezüglich Material würde als vollständig dem Zweck entsprechend erachten, wenn die äussere Glocke aus Steingut, die innere aus Porzellan hergestellt würde, wodurch vielleicht eine bessere und billigere Herstellung ermöglicht wird.

VII. Die Stützen statt einzugiessen, einzuschrauben, halte in Anbetracht der nur provisorischen Verwendung der Isolatoren für sehr empfehlenswerth.



Skizze II.

Da mir die Adresse des Herrn Telegraphen-Inspector Ebert nicht bekannt, füge diesem Schreiben noch die Skizze der Anordnung der Isolatoren an den Leitungspfosten bei [1]).

In Skizze I sind die ungefähren Masse angegeben, welche die Isolatoren von ihren untern Trägern, als auch unter sich, haben sollen. Eine Stacheldrahtleitung ist in diesem Falle nicht vorgesehen. Ein Messdraht kann event. unterhalb der Stütze geführt werden.

Aus Skizze II sind wiederum die nöthigen Distanzen zu ersehen. Das Befestigen der Stützen an den Stangen kann leicht auf mehrere Arten ausgeführt werden (wie angedeutet) und überlässt man Wahl jedenfalls am besten Herrn Ebert.

Ich möchte nicht unerwähnt lassen, dass die von Oerlikon für eigene Zwecke bestellte Stückzahl Isolatoren 1000, und nicht 2000 beträgt, wie im Protokoll [1]) irrthümlicher Weise aufgeführt.

Ich gebe schliesslich noch, so weit es mir schon jetzt möglich, die gewünschten Daten der Dynamos etc. etc. Die Schaltung ist offen und beträgt die Spannung einer Abtheilung circa 45 Volts oder also Erdspannung 78 Volts. Total Leistung 200 000 W. Cycles = 42. Erregungsspannung bei Vollbelastung etwa 100 Volts. Stromstärke etwa 40 Ap. Ungefähre Variation derselben zwischen Leerlauf und Vollbelastung kann noch nicht angeben, ebensowenig die Wicklungsdaten der Transformatoren, da dieselben erst im Laufe dieser Woche definitiv festsetze.

Hochachtungsvoll

C. E. L. Brown.

Die Isolatoren wurden schliesslich von H. Schomburg & Söhne (heute Hermsdorf-Schomburg Isolatoren-Gesellschaft) geliefert, wobei allerdings aus Termingründen nur ein Drittel der Leitung mit den Isolatoren, die verlangt waren (Fig. 8 links) ausgerüstet werden konnte.

Ein besonderes Kapitel waren auch die gestellten Termine und die damit verknüpften Konventionalstrafen. Wir veröffentlichen zur Illustration folgendes einschlägige Dokument:

[1]) Siehe nächstes Aktenstück.

Verhandelt den 25. März 1891.
(in Berlin)

Anwesend
Als Vertreter des Vorstandes der Elektrotechn. Ausstellung:
Herr O. v. Miller
» Tel.Inspect. Ebert

Für die Maschinenfabrik Oerlikon:
Herr Oberst Huber.

Für das Cementwerk Lauffen:
Herr Dr. Arendt.

Für die Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft:
die Herren: Rathenau
Kolle
Jordan
v. Dobrowolsky.

Nachdem am Tage zuvor im Reichs-Postamt Abth: II hier eine Rücksprache mit den zuständigen Dezernenten dieser Behörde über die Angelegenheit der geplanten Kraft-Uebertragung Lauffen-Frankfurt stattgefunden hatte, deren Ergebnis war, dass das Kaiserliche Reichs-Postamt nach Eingang der Zustimmungserklärungen der Landespolizei- und Eisenbahn-Behörden bezw. der sonst betheiligten Verwaltungen, welche schon bei dem Ausstellungs-Vorstande vorliegen, aber noch nicht zum Reichspostamt gelangt sind, die Dispositionen für den Bau der Leitungen treffen wird, waren am heutigen Tage die oben benannten Herren zur weiteren Berathung dieser Angelegenheit zusammengetreten.

Es soll noch vorausgeschickt werden, dass die Reichstelegraphen-Verwaltung den Bedarf an Stangen für die Strecke Frankfurt-Jagstfeld auf

1600 Stück à 8,5 m.
600 » à 10,0 m.

veranschlagt hat, und dass technische Schwierigkeiten, die Leitungen so zu führen, wie es die Reichstelegraphen-Verwaltung zum Schutze ihrer eigenen Leitungen, die Eisenbahn-Verwaltungen zum Schutze der Bahnleitungen verlangen, nach Ansicht des Herrn Tel.Inspektor Ebert, welcher die Linie zur Prüfung der Durchführbarkeit des Leitungsbaues bereist hat, nicht bestehen. Die Strecke Jagstfeld-Heilbronn ist nur 24 km lang. Die Württembergischen Behörden haben bereits durch amtliche Erlasse den Bau der Starkstromleitung genehmigt, sodass erwartet werden darf, dass der Leitungsbau in Württemberg mindestens in derselben Zeit fertiggestellt werden kann, als der auf der übrigen Strecke.

Als Gesammtbedarf an Stangen darf die Zahl 2600 angenommen werden, der Bedarf an Oelisolatoren ist 8000 Stück, unter vorsichtiger Calculation einer Reserve 9000 Stück.

Die Vorleihung der Stangen, das Aufstellen derselben, das Anbringen der Isolatoren und Ziehen der Leitungen (excl. Lieferung der Isolatoren, deren etwaige Substructionen, und des Leitungsdrahtes) übernimmt die Reichspost-Verwaltung bezw. die Württembergische Behörde nach besonderer Vereinbarung mit dem Ausstellungs-Vorstande.

Die heutige Berathung hat den Zweck, die wechselseitigen Verpflichtungen der betheiligten Firmen und der Ausstellung, sowie die für jeden Betheiligten einzuhaltenden Termine festzulegen. Die Grundlage bildet das Münchener Protokoll vom 6. December 1890.

Herr Dr. Arendt hat schon schriftlich erklärt, dass er Namens des Cementwerkes Lauffen weitere Zugeständnisse, als solche im Münchener Protokoll niedergelegt sind, nicht machen könne. Die dort erwähnte, für den Frankfurter Kraftübertragungsversuch nöthige Turbine werde in 8 Wochen geliefert sein. Er sei damit einverstanden, dass die bereits fertige, für die Heilbronner Kraftübertragung bestimmte Turbine mit der zur Zeit in Ausführung begriffenen ebenfalls für Heilbronn bestimmten Dynamomaschine gekuppelt und für den Frankfurter Versuch bis zum 15. September 1891 verwendet werden dürfe, von wann ab diese Anlage jedoch für Heilbronn gebraucht würde. Der für Frankfurt bestimmte Transformator muss jedoch gleich neben der für den Frankfurter Versuch bestellten Turbine definitiv aufgestellt werden.

Wenn die interimistisch hergegebene Dynamomaschine bei dem Frankfurter Versuch gelitten haben sollte, muss dieselbe bis zum 15. September gegen die für Frankfurt bestimmte ausgewechselt sein.

Herr Dr. Arendt entfernte sich nach dieser Erklärung und war bei den weiteren Berathungen nicht zugegen.

Die Discussion erstreckte sich sodann auf die für Lauffen erforderliche Maschinenanlage.

Es wurde zunächst festgestellt, dass zwischen Dynamomaschine und Transformator verschiedene Apparate noch nöthig sind, welche Oerlikon bei der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft bestellen wird.

Es können dieses z. B. sein:

1. 3 grosse Ampèremeter
2. 3 Regulirinductoren für diese Stromstärke und 50 Volt
3. Bleisicherungen für dieselbe Stromstärke
4. 3 Voltmeter à 50 Volt für Wechselstrom
5. 3 Schalthebel für obige Stromstärken
6. Regulirwiderstände für die Magnetschenkel
7. Ampèremeter für die Magneterregung.

Ferner wird gebraucht:

eine Erregermaschine.

Es wird allseitig für richtig gehalten, dass noch eine genaue technische Durcharbeitung der Anlagen für Lauffen und Frankfurt Seitens der Herren Brown und von Dobrowolsky geschehen muss und wird Herr Oberst Huber veranlassen, dass Herr Brown vom 4. April ab zu diesem Zwecke in Berlin anwesend sein wird. Zu diesen Ausarbeitungen wird Oerlikon umgehend an die Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft eine Skizze der zu liefernden Dynamomaschine unter Angabe der genauen Volts pro Stromkreis der Maschine und pro Phase senden, die Schaltung der Dynamomaschine, die Stromstärke derselben pro Stromkreis und total (als Notizen auf der Schaltungsskizze) die Erregungs-Stromstärke und Erregungsspannung, die ungefähren Variationen der Erregung zwischen Leerlauf und Vollbelastung, die Wickelungsdaten des Transformators unter besonderer Berücksichtigung der niedrig gespannten Wickelung angeben.

Im Anschluss an diese von den beiden genannten Herren zur endgültigen Festsetzung der Ausführung der Anlage auszuführenden Bearbeitungen soll am 6. April nochmals eine Conferenz zwischen der Ausstellung, Oerlikon und der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft stattfinden, auf welcher Oerlikon durch die Herren Huber & Brown vertreten sein wird.

Herr Rathenau betont die Nothwendigkeit, dass die gesammten Arbeiten binnen drei Monaten, spätestens bis zum 15. Juli beendet seien und dass zur Sicherstellung der Innehaltung dieses Termins Conventionalstrafen festgesetzt werden müssen. Herr Oberst Huber behält sich seine Erklärung zum Termin am 6. April vor und betont unter Anderem die wider Erwarten aufgetretenen Schwierigkeiten hinsichtlich der Beschaffung der Oelisolatoren. Die für diesen Theil im Münchener Protokoll vorgesehenen Beschaffungskosten seien zu 3000 M. calkulirt, während nach der vorliegenden Offerte von Johnson und Philips ein Aufwand von M. 36 000.— zu erwarten seien.

Bei der weiteren Verhandlung wurde noch die Frage der Anordnung der Oelisolatoren an den Stangen erörtert. Herr Oberst Huber spricht sich für eine Befestigung der Isolatoren an einer Traverse aus und Herr Tel.Insp. Ebert tritt diesem Vorschlage bei, zumal Herr Oberst Huber in Aussicht genommen hat, 2000 Stück Isolatoren, welche Oerlikon für andere Zwecke bestimmt hat, einstweilen zum Frankfurter Versuch herzugeben, und weil diese Isolatoren ihrer Form nach keine andere Art der Befestigung gestatten.

Herr Oberst Huber wird umgehend eine Skizze der geplanten Anordnung der Isolatoren an den Leitungspfosten Herrn Telegrapheninsp. Ebert zustellen.

Abgesehen von den Geldaufwendungen liegt die grösste Schwierigkeit in der Ermöglichung einer rechtzeitigen Beschaffung der Oelisolatoren und wird in Aussicht genommen, die Lieferung eventuell auf mehrere Firmen zu vertheilen. Wie in dieser Sache vorzugehen, soll ebenfalls am 6. April endgültig entschieden werden, inzwischen wird Oerlikon thunlichst viel Offerten einziehen und zum Termine möglichst vollkommene Vorlage machen; damit die zur Verfügung stehende kurze Zeit voll ausgenutzt wird, wird die Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft von den Berliner Firmen die Offerte auf Lieferung von Oelisolatoren einziehen.

Die Nothwendigkeit der Anbringung von Stacheldraht zum Schutz gegen atmosphärische Elektricität, die Herrichtung einer Signalleitung wurde allseitig als erwünscht anerkannt und hat Herr Telegrapheninspector Ebert es übernommen, einen Anschlag und Arbeitsplan über den Bau der Leitung unter Berücksichtigung dieser beiden neu hinzutretenden Drahtführungen bis zum 6. April mitzuliefern. Zu demselben Termine werden Oerlikon und die Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft Arbeitspläne und Kostenberechnungen vorlegen. Die Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft wird jeder Partei umgehend ein Exemplar dieser Niederschrift zustellen.

v. g. u. u.

gez.: Huber Ebert Oscar v. Miller
Rathenau Kolle
Jordan

Und am 2. April schrieb Oberst P. E. Huber an Emil Rathenau:

Oerlikon bei Zürich, den 2. April 1891.

Geehrter Herr Rathenau!

Ich bekenne mich zum Empfange Ihrer Depesche wonach die Conferenz wie verabredet den 6ten in Berlin stattfinden wird und zu welcher ich mich und wenn möglich auch Herr Brown einfinden werden. Ich bitte Sie noch mir per Draht melden zu wollen auf welche Zeit diese Conferenz stattfinden wird um mich mit der Abreise richten zu können, da es mir fast nicht möglich sein wird *vor* Sonntag Vormittag von Hier wegzukommen und der bezügliche Zug wenn ich nicht irre erst um 10 Uhr vormittags in Berlin eintrifft.

Die Befürchtungen die ich in der letzten Conferenz in Berlin schon ausgesprochen habe, dass man hierseits nicht noch weitere Lasten und Risquen werde übernehmen wollen, haben sich nur zu sehr bewahrheitet. Herr Wegmann befürchtet dass bei der Ueberstürzung mit welcher die Sache nun noch gemacht werden müsste und bei dem Umstande dass wir eigentlich allein die Lieferanten der ganzen Anlage mit Ausnahme der zu liefernden Leitung und Isolatoren sind. wir das ganze Risiquo zu tragen haben und wir es nicht verantworten könnten wenn aus irgend einem, zur Zeit freilich nicht zu beurtheilenden Grunde, die Sache nicht *sofort* glatt laufen sollte. Man hätte eben gar keine Zeit mehr irgend welche Modificationen auszuführen.

Der äusserste Termin wurde zuerst auf den 1. July und dann auf den 15. July gesetzt. Wenn wir uns noch so anstrengen und die Fabricanten der Isolatoren noch so drängen, so glaube ich entschieden nicht dass wir bis dann die Linie ganz fertig bringen. Sollte selbst bis dann alles fertig sein, so besteht doch die Gefahr dass nicht gleich *alles* klappt! Dann lastet aber die ganze Schuld auf uns, obwohl wir doch sagen könnten dass wir ein *ganz neues,* noch in keiner Weise in einer auch nur einigermassen grösserm Maaßstabe erprobtes System ausführen mussten und uns dafür von der A. E. G., als Licenzgeberin, weder genügende Angaben über den Bau der Dynamos noch der Transformatoren gegeben werden konnten. Wir haben unser Möglichstes gethan und werden es auch weiter thun, aber meine Verwaltung lehnt es entschieden ab sich auf irgendwelche Conventional Strafen einzulassen. Bei der unvorherzusehenden Schwierigkeit mit den Isolatoren können wir uns heute noch mit Ehren zurückziehen und bei uns in Glattfelden-Oerlikon den Beweis für Richtigkeit der Sachen selbst, hoffentlich bald nach Beginn der Ausstellung erbringen und eventuell durch eine Combination der 4 Drähte unserer Leitung bis auf eine Distanz von 40 Kilometer kommen. Wird die Sache aber nicht rechtzeitig und vollkommen zufriedenstellend in Frankfort in Gang gesetzt, so ist die Sache *unberechenbar schlimm.*

Hochachtungsvoll grüssend

sig. P. E. Huber.

In den gleichen Tagen fand ein Telegrammwechsel zwischen AEG und MFO statt, in welchem die MFO aufs entschiedenste gegen erhöhte Konventionalstrafen Stellung nahm, ja, den Rücktritt der MFO anbot.

Und zum Schluss, ohne Kommentar, noch folgenden Epilog:

Oerlikon bei Zürich, den 14. Januar 1892.

Herrn Stadtbaurath Lindley, Frankfort a. M.

Sehr geehrter Herr!

Ich erhalte soeben ein Schreiben von Herrn Prof. Dr. H. F. Weber, mit welchem er mich benachrichtigt, dass es ihm nicht gestattet sei Mittheilungen über die nunmehr durchgeführten Berechnungen der Lauffner Versuche zu machen, dass ihm aber geantwortet worden sei: «Werden officielle Veröffentlichung thunlichst beschleunigen.» Die Situation in welche die Firmen welche das Lauffen-Frankfurter Unternehmen durchgeführt haben, durch das lange absolute Stillschweigen der verehrlichen Prüfungs-Commission gedrängt wurden ist eine höchst peinliche und Sie werden es mir nicht verargen wenn ich darauf dringe dass diesem Zustande beförderlichst ein Ende gemacht werde.

Sowohl die Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft als auch die Maschinen Fabrik Oerlikon haben keine Mühen und Kosten gescheut, den grossen, von vielen Technikern angezweifelten Versuch durchzuführen; ganz enorme Pönale waren uns zugemuthet, für den Fall wir um ein paar Tage verspätet fertig geworden wären, wegen des möglichen finanziellen Schadens, der durch eine solche Verspätung der Ausstellung hätte erwachsen können. Wir dürfen uns wohl schmeicheln, dass die Lauffen-Frankforter Anlage nicht unerheblich zum guten financiellen Resultate der Ausstellung beigetragen habe.

Unter diesen Umständen ist es wohl gerechtfertigt, wenn das Begehren gestellt wird, es möchten nun auch die sehr berechtigten Interessen der beiden Firmen, Seitens der Ausstellungsbehörden gewahrt werden.

Ehe wir den Beweis für die Möglichkeit der Durchführung des Versuches erbracht hatten mussten wir es uns gefallen lassen bespöttelt zu werden. Nun aber können wir nicht ruhig zusehen wie nicht nur politische Zeitungen sondern auch technische Blätter, das lange Schweigen der Commission dazu benützen, den Gerüchten Geltung zu verschaffen als seien die Resultate so klägliche dass man sich nicht getraue sie zu publiciren. Wir predigen tauben Ohren wenn wir sagen die Berechnungen der Commission seien noch nicht zu Ende geführt, denn das glaubt man uns einfach gar nicht. Die Concurrenz sowohl, in Electricität als in Druckluft, nützt diese Situation in sehr ergiebiger Weise aus und wir begegnen einem Misstrauen das täglich grösser wird. Die Ansicht verbreitet sich immer mehr dass nicht einmal 50 % Nutzeffekt herausgekommen sei! Es ist aber viel schwieriger eine günstige Nachricht zu verbreiten, als eine ungünstige und die wenigsten von denjenigen, welche die unwahre ungünstige Notitz gelesen haben, lesen dann auch die erst Monate hinterher kommende Richtigstellung! Es wird sehr schwierig sein, den uns jetzt schon effektiv erwachsenen Schaden auch nur zum Theile wieder gut zu machen, um so mehr muss ich darauf dringen, dass diesem Zustand nun auch wirklich in kürzester Frist, ein Ende gemacht werde.

Speciell im vorliegenden Falle handelte es sich um einen nach Amerika zu gebenden Bericht wo es sich bezüglich der Niagara Angelegenheit um wichtige Interessen handelt und wo auch das von unserer lieben Concurrenz ausgestreute Gift der Verläumdung und Verkleinerung das in uns von jenen Herren in uns gesetzte Zutrauen gänzlich zu zersetzen scheint.

Wenn wir auch nicht eine vorzeitige öffentliche Publication zu begehren berechtigt sind, so glaubte doch dass da, wo es sich um Aufklärung von Unternehmungen wie die Niagara Cataract Co. es ist, handelt, es uns erlaubt worden wäre, officiell den ganz bewusst vorbereiteten Verläumdungen entgegentreten zu können. Weder die Ausstellung noch die Wissenschaft, noch auch die Prüfungscommission würde darunter leiden, wenn endlich einmal den beiden Firmen zu Ihrem Rechte verholfen würde.

Ich gebe mich der Hoffnung hin, dass Sie nicht anstehen werden meine Begehren zu unterstützen. Inzwischen genehmigen Sie die Versicherung meiner vollkommenen Hochachtung sig. P. E. Huber.

Die wirtschaftlichen Möglichkeiten der Wärmepumpe.

Von *P. E. Wirth*, Winterthur.

620.91:621.577

Die Frage des wirtschaftlichen Einsatzes der Elektrizität in der Wärmewirtschaft unseres Landes mittels Wärmepumpen ist höchst aktuell. Wir behandelten die Frage hier wiederholt (siehe z. B. M. Egli, Die Wärmepumpenheizung des zürcherischen Rathauses: 1938, Nr. 11, S. 261; M. Egli, Einiges über die Möglichkeiten von Wärmepumpenheizungen: 1939, Nr. 2, S. 42; P. Seehaus, Winterheizung durch Sommerenergie: 1940, Nr. 15, S. 317; A. Spoerli, Speicherung von Sommerüberschussenergie für den Wärmebedarf im Winter: 1940, Nr. 24, S. 564; A. Gasser, Weiterer Vorschlag für Winterheizung durch Sommerwärme: 1941, Nr. 6, S. 93; O. Hasler, Die wirtschaftlichen Grundlagen der Wärmepumpenanlagen im neuen Hallenschwimmbad Zürich: 1941, Nr. 15, S. 345). P. E. Wirth erörterte nun die Frage der Wärmepumpe generell in der Schweiz. Bauzeitung vom 7. Juni 1941; der Autor gibt seine Gedankengänge in gekürzter Form im folgenden wieder [1]). Wir nehmen an, dass die Fachkreise, die diese Fragen verfolgen, sich dafür interessieren werden. (Red.)

Die wirtschaftliche Seite der durch die Brennstoffknappheit wieder sehr in den Vordergrund gerückten Wärmepumpe ist bisher wenig ausführlich behandelt worden. Es ist nicht leicht, eine zutreffende Uebersicht zu geben, weil verschiedene Preise ständig im Flusse und Prophezeiungen über die Entwicklung derselben auf längere Sicht schwierig sind. Damit der Einsatz unserer nicht in unbegrenzten Mengen zur Verfügung stehenden elektrischen Energie richtig geleitet werden kann, ist es zweckmässig, alle wichtigen Anwendungsgebiete der Wärmepumpe zu überblicken.

Die in der Folge gewählte Darstellungsweise erlaubt, für die Beurteilung von Fall zu Fall eigene Annahmen zu treffen, besonders in der Richtung der Preisentwicklung von Kohle und Energie; ferner können daraus zuverlässige Schätzungen sowohl für eine Kapital- als auch für eine Betriebsrechnung abgeleitet werden.

Der Ausdruck «Wärmepumpe» deutet bereits an, dass Wärme nicht erzeugt, sondern von einem Temperaturniveau aus, das keine nutzbare Verwertung mehr erlaubt, auf ein

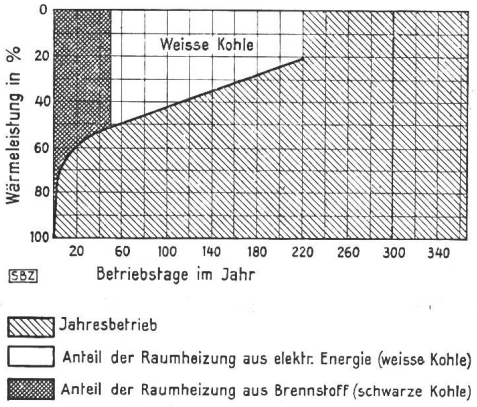


Fig. 1.
Belastungs-Diagramm.

solches hochgepumpt wird, bei dem die Wärme wieder verwertet werden kann. Der Leistungsbedarf zum Antrieb der Wärmepumpe steigt mit zunehmender Temperaturhöhe, über die die Wärme hinaufgepumpt werden muss. In der Betriebsrechnung spielt die sogenannte *Leistungsziffer* eine Rolle; sie gibt an, wievielmal mehr Wärme in der betreffenden Anwendung nutzbar umgesetzt wird, gegenüber direkter Umwandlung der elektrischen Energie in Wärme. In der Lei-

[1]) Die Klischees wurden von der Schweiz. Bauztg. zur Verfügung gestellt.