

Die Leistungen der electricen Arbeitsübertragung zwischen Kriegstetten und Solothurn.

Von

Prof. **H. F. Weber** in Zürich.

Am Ende des vorigen Jahres erstellte die Maschinenfabrik Oerlikon eine Anlage zur electricen Uebertragung der Arbeit einer Wasserkraft von Kriegstetten nach Solothurn. Bevor die electricen Maschinen aus der Werkstatt in Oerlikon an ihre Bestimmungsorter abgingen, liess die Maschinenfabrik Oerlikon im November 1886 unter der Leitung von Herrn Amsler von Schaffhausen und unter der Theilnahme mehrerer anderer Herren einige Versuchsreihen vornehmen, welche die Grösse des zu erwartenden Nutzeffectes der Arbeitsübertragung fixiren und die Beantwortung einiger für den Betrieb der zu erstellenden Anlage wichtiger Fragen geben sollten. In diesen Versuchen wurden die zwei primären, hinter einander geschalteten Maschinen mittelst eines Eisendrahts von circa 10 Ohm Widerstand mit den in nächster Nähe stehenden, ebenfalls hinter einander geschalteten, zwei secundären Maschinen verbunden und es wurde zu ermitteln gesucht: 1. das Verhältniss der von den secundären Maschinen abgegebenen Arbeit zu der von den primären Maschinen aufgenommenen Arbeit, 2. die Abhängigkeit der Betriebsgeschwindigkeit an der secundären Station von der Betriebsgeschwindigkeit an der primären Station und 3. die Aenderung der Betriebsgeschwindigkeit an der Secundärstation mit der Grösse der übertragenen Arbeit. Man beschränkte sich also in diesen Versuchen lediglich auf

die Untersuchung mechanischer Grössen und sah von Messungen der electricen Grössen völlig ab.

Die angestellten Versuche ergaben, dass im Mittel 70 % der in die primären Maschinen eingeführten Arbeit an der secundären Station als Nutzarbeit ausgegeben wurde, dass die Geschwindigkeit in der Secundärmaschine nahezu gleich der Geschwindigkeit in der Primärmaschine war und dass die Geschwindigkeit der secundären Maschine selbst bei stark wechselnder Arbeitsleistung fast constant blieb, falls nur die primäre Maschine mit constanter Geschwindigkeit angetrieben wurde.

Zur Bestimmung der mechanischen Arbeit wurde in diesen Versuchen ein neues Verfahren benutzt, das sich auf die Verwerthung der electromagnetischen Wechselwirkung zwischen Inductor und Electromagneten der Dynamos gründet. Eine nähere Auseinandersetzung dieses Principis brauchen wir an dieser Stelle nicht zu geben, da dieselbe bereits von Herrn Amsler in seinem Bericht über die Oerlikoner Versuche in ausführlicher Weise geliefert worden ist.*)

Diese Messungen und Messungsergebnisse haben nach ihrem Bekanntwerden mancherlei Einwendungen und Bemängelungen von verschiedenen Seiten erfahren.

Von der einen Seite wurde hervorgehoben, dass der in Oerlikon erzielte mittlere Nutzeffect der Arbeitsübertragung nicht ohne weiteres als Nutzeffect der functionirenden Anlage Kriegstetten-Solothurn betrachtet werden dürfe, da in den Oerlikoner Versuchen die beiden Maschinengruppen durch einen verhältnissmässig kurzen, wohl isolirten Eisendraht verbunden waren, in der functioni-

*) Schweizerische Bauzeitung, Bd. VIII, S. 157.

renden Anlage aber die primäre und secundäre Station durch eine oberirdische, 8 Km. lange Leitung aus nacktem Kupferdraht verbunden sein sollten; die letztere dürfte aber bei weitem nicht jene vollkommene Isolation darbieten, welche sich in den Oerlikoner Versuchen fast mühelos erreichen liess.

Andererseits äusserte man starke Zweifel, ob wohl die benutzte Messmethode zur Bestimmung der von der primären Maschine aufgenommenen und der von der secundären Maschine abgegebenen Arbeit derart gehandhabt worden wäre, dass alle störenden Einflüsse zur Kenntniss gekommen und in vollem Umfange berücksichtigt worden wären. Denn, so schloss man, wäre das mittlere Resultat richtig, nach welchem der Nutzeffect der Arbeitsübertragung ungefähr 70 % betrage, so müsste den Maschinen im Durchschnitt ein Nutzeffect von circa 85 % zukommen, also ein Werth, der als unwahrscheinlich hoch bezeichnet werden müsste. Aus der weiteren Thatsache, dass einzelne Versuchsergebnisse einen noch erheblich grösseren Nutzeffect lieferten, glaubte man sogar folgern zu müssen, dass diese Versuche nicht richtig sein könnten.

Der einseitige Character der Oerlikoner Messungen und die erwähnten Bemängelungen ihrer Resultate veranlassten Herrn Amsler, die Maschinenfabrik Oerlikon einzuladen, zur Klarstellung der Thatsachen weitere Versuche über die Leistungsfähigkeit ihrer Maschinen bezüglich der electricischen Arbeitsübertragung vornehmen zu lassen, welche nach zwei Seiten hin vollständiger und zuverlässiger sein sollten, als die Oerlikoner Messungen: erstens sollten sich die neuen Messungen auf alle Grössen erstrecken, welche im Prozesse der electricischen Arbeits-

übertragung auftreten, auf die mechanischen sowohl als auch auf die electrischen, und zweitens sollten die neuen Versuche an der in Thätigkeit befindlichen, seit Monaten functionirenden Anlage ausgeführt werden, damit die gewonnenen Resultate als Ausdruck der wirklichen Leistungsfähigkeit der Maschinen und der Leitung ausgelegt werden müssten. Die Maschinenfabrik Oerlikon ging auf diesen Vorschlag des Herrn Amsler des lebhaftesten ein und ersuchte Herrn Amsler, die nöthigen Vorkehrungen zur Ausführung dieser neuen Messungen zu treffen. Herr Amsler lud die Herren Professor Hagenbach in Basel, Ingenieur Keller in Unterstrass, Professor Veith in Zürich und den Berichterstatter ein, die neuen Messungen verwirklichen zu helfen und den Plan der auszuführenden Versuche gemeinsam mit ihm zu berathen. Diese Berathung fand im Frùhsommer statt; man einigte sich dahin, dass in den neuen Messungen alle electrischen und mechanischen Grössen beobachtet werden sollten, dass Herr Amsler es übernehme, die Instrumente und Messmethoden zur Ermittlung der mechanischen Arbeiten zu beschaffen und dass der Berichterstatter unter Benutzung der reichen Hilfsmittel des electrischen Laboratoriums im eidgenössischen Polytechnikum im Verein mit Herrn Hagenbach dafür sorgen möge, dass sämmtliche in der electrischen Arbeitsübertragung auftretenden electrischen Grössen einer genauen Messung unterworfen würden.

Diese beabsichtigten Messungen sind im Laufe des October ausgeführt worden. Der vorliegende Bericht gibt eine Schilderung der dabei benutzten Messmethoden, eine Einsicht in die erlangten Messungsdaten und einen Ueberblick über die aus diesen Daten abgeleiteten Resultate.

Die Anlage der electricischen Arbeitsübertragung Kriegstetten-Solothurn.

Es kann nicht die Aufgabe dieses Berichtes sein, die auf ihre Leistungen zu untersuchende Anlage in allen ihren Theilen eingehend zu beschreiben. Die Messungscommission fasste ihre Aufgabe dahin auf, die wirklichen Leistungen der bestehenden und functionirenden Anlage als eines gegebenen Objectes zu ermitteln, aber alle Erklärungen über das Zustandekommen dieser Leistungen aus der Form und Construction der Maschinen bei Seite zu lassen. Es ist daher hier nur so viel über die Beschaffenheit der untersuchten Anlage anzudeuten, als zum Verständniss der im Folgenden beschriebenen Messungen nöthig ist.

An der primären Station Kriegstetten befindet sich eine Wasserkraft von im Maximum 50 *PS*, im Minimum 30 *PS*, deren Arbeit auf electricischem Wege über eine Strecke von nahe 8 Km. nach Solothurn in die Werkstätten des Herrn Müller-Haiber übertragen werden soll. Die Arbeit dieser Wasserkraft wird mittelst einer Turbine auf zwei völlig gleiche, hinter einander geschaltete primäre Dynamos übertragen. Jede der beiden Maschinen soll bei der normalen Geschwindigkeit von ca. 700 Touren pro Minute eine electromotorische Kraft von ungefähr 1250 Volt liefern und soll eine Stromstärke von ca. 15 bis 18 Ampère führen können, ohne eine erhebliche Erwärmung ihrer Drahtmassen zu erleiden. An der secundären Station befinden sich ebenfalls zwei ganz gleiche hinter einander geschaltete Maschinen, die in Betreff ihrer Form von den primären Maschinen in nichts abweichen, welche aber hinsichtlich ihrer Grösse und Leistungen ein wenig unter

den primären Maschinen stehen. Die Leitung zwischen den beiden Stationen ist oberirdisch und aus nacktem Kupferdraht von 6 Mm. Dicke erstellt. Um gewissen Betriebsstörungen, die durch Beschädigung der einen oder andern primären oder secundären Maschine eintreten könnten, vorzubeugen, legte die Maschinenfabrik Oerlikon noch einen dritten gleich dicken Draht an, dessen Enden zwischen den zwei primären und den zwei secundären Maschinen an die Hauptleitung angefügt sind. Dieser dritte Draht trägt gar nichts bei zur normalen Functionirung der Anlage; er durfte desswegen bei den Messungen aus der Leitung ausgeschaltet werden. Wäre er ein integrierender Theil der Leitung geblieben, so wären weitere electriche Messinstrumente und Beobachter erforderlich gewesen und der ohne dieses schon complicirte Beobachtungsapparat wäre, unnöthigerweise, noch complicirter geworden.

Die Anlage functionirt seit December 1886 in vollkommen störungsfreiem Gange.

Maassgebende Factoren im Prozesse einer electricen Arbeitsübertragung.

Bevor die ausführliche Schilderung der bei den Messungen angewandten Methoden und Apparate gegeben wird, mag in Kürze hervorgehoben werden, welches die maassgebenden Factoren sind, die in dem Spiele der Prozesse einer electricen Arbeitsübertragung zusammen wirken, um eine bestimmte Arbeitsleistung der secundären Dynamo resultiren zu lassen.

Die Anlage der electricen Arbeitsübertragung soll sich in vollkommen stationärem Zustande befinden; alle Theile ihrer Leitungsbahn, primäre Maschine, Zwischen-

leitung und secundäre Maschine sollen von derselben Stromstärke i durchflossen sein.

Es möge in der Zeiteinheit die mechanische Arbeit A_1 der primären Maschine zuzuführen sein, um den Betrieb zu unterhalten. Diese zugeführte Arbeit wird in der primären Maschine zu drei verschiedenen Leistungen verbraucht:

1. Ist in der primären Maschine eine bestimmt grosse mechanische Arbeit in der Zeiteinheit aufzuwenden, um die stromführenden Leitungsdrähte des Inductors im magnetischen Felde zu bewegen; diese zur Ueberwindung der electromagnetischen Kräfte zwischen Magnetfeld und stromdurchflossenen Leitungsdrähten des Inductors in der Zeit 1 zu leistende Arbeit ist gleich $E_1 \cdot i$, wo E_1 die in der primären Maschine erregte electromotorische Kraft bedeutet.
2. In allen übrigen metallischen Theilen des bewegten Inductors — vor Allem in der Eisenausstattung des Inductors — werden ebenso electriche Ströme von gleicher Richtung erregt wie in den Leitungsdrähten; es ist also eine weitere Arbeit in der Zeiteinheit aufzuwenden, um die electromagnetischen Wirkungen zwischen dem Magnetfeld und diesen stromführenden metallischen Theilen zu überwinden. Diese Arbeit wird vergeudet, da die im Inductor ausserhalb der Leitungsdrähte erregten electriche Ströme nicht nach aussen abgeleitet und nutzbar gemacht werden können: ihr Betrag sei a_1 .
3. Zur Ueberwindung der mechanischen Reibungen zwischen Axe und Lager, zwischen Collectorflächen und Bürsten, zwischen dem bewegten Inductor und der Luft u. s. w., zur Unterhaltung der in der Ma-

schine erregten Vibrationen, sowie zur Unterhaltung aller sonstigen secundären Prozesse, die in den einzelnen Theilen der Maschine auftreten können, ist eine dritte Arbeit in der Zeit 1 aufzuwenden; sie möge mit α_1 bezeichnet werden.

Hiernach besteht die Gleichung:

$$A_1 = E_1 \cdot i + a_1 + \alpha_1.$$

Die Grösse $E_1 \cdot i$ stellt aber die Summe aller Arbeitsleistungen dar, welche der erregte Strom längs seiner ganzen Bahn in der Zeit 1 verrichtet. Es hat also Sinn, den Quotienten $\frac{E_1 \cdot i}{A}$ den «electricischen Nutzeffect» der primären Maschine zu nennen.

Diese Summe aller Arbeitsleistungen des Stromes kann in zwei Theile zerlegt werden: ein Theil dieser Arbeit wird innerhalb des Widerstandes w_1 der primären Maschine in der Form von Wärme entwickelt, sein Ausdruck ist $i^2 \cdot w_1$, der andere Theil stellt die Summe aller Arbeiten vor, welche der Strom in der Zeit 1 in der ganzen Leitung ausserhalb der Klemmen der primären Maschine verrichtet. Ist ΔP_1 der Werth der Potentialdifferenz zwischen den Klemmen der primären Maschine, so ist der Ausdruck dieses letzteren Theils durch die Form darstellbar $\Delta P_1 \cdot i$. Also ist $E_1 \cdot i = i^2 \cdot w_1 + \Delta P_1 \cdot i$, oder $E_1 = \Delta P_1 + i \cdot w_1$.

Es kann demnach auch an die Stelle der obigen Gleichung gesetzt werden:

$$A_1 = \Delta P_1 \cdot i + i^2 \cdot w_1 + a_1 + \alpha_1.$$

Der Quotient $\Delta P_1 \cdot i : A_1$ stellt jenen Bruchtheil der in die primäre Maschine eingeführten Arbeit A_1 dar, welcher in der Leitungsbahn des Stromes ausserhalb der

Klemmen der primären Maschine entwickelt wird; er wird als «industrieller oder commercieller Nutzeffect» der primären Maschine bezeichnet werden können.

Zwischen den Klemmen der secundären Maschine mag die Potentialdifferenz ΔP_2 bestehen. Bedeutet W den Widerstand der ganzen Leitung zwischen primärer und secundärer Maschine, so gilt zunächst

$$i \cdot W = \Delta P_1 - \Delta P_2$$

und weiter gilt die schon oben hervorgehobene Thatsache, dass der Ausdruck für die Summe aller Arbeitsleistungen, welche der electriche Strom innerhalb der secundären Maschine in der Zeit 1 verrichtet, das Product $\Delta P_2 \cdot i$ ist.

Diese in der Zeiteinheit innerhalb der secundären Maschine verrichtete Arbeitsleistung des Stromes besteht aus folgenden Theilen:

1. entwickelt der Strom in der Zeit 1 innerhalb des Widerstandes w_2 der secundären Maschine eine Wärmemenge, deren Arbeitswerth $i^2 \cdot w_2$ ist;
2. unterhält der Strom den Inductor der secundären Maschine in stationärer rotirender Bewegung trotz der Einwirkungen der verschiedenen Kräfte, die sich der Bewegung des Inductors entgegensetzen. Diese widerstehenden Kräfte bestehen aus: *a*) jener äusseren, den Inductor angreifenden Kraft, in deren Ueberwindung die Leistung der Nutzarbeit A_2 besteht, welche der Inductor in der Zeit 1 nach aussen abgibt, *b*) den electromagnetischen Kräften, welche zwischen den in den metallischen Massen des Inductors ausserhalb des Leitungsdrahtes erregten electriche Strömen und dem Magnetfelde der Maschine bestehen, und *c*) aus allen jenen mechanischen Rei-

bungskräften, welche der Rotation des Inductors entgegenwirken. Nennen wir die Arbeitsmengen, die in der Zeit 1 aufzuwenden sind, um die unter b und c genannten Kräfte zu überwinden, a_2 und α_2 , so wird die Bezeichnung Geltung haben

$$\Delta P_2 \cdot i = i^2 \cdot w_2 + A_2 + a_2 + \alpha_2$$

oder auch, da $\Delta P_2 - i \cdot w_2$ die electromotorische Kraft E_2 darstellt, welche durch die rotirende Bewegung des Inductors in seinen Drahtmassen inducirt wird,

$$E_2 \cdot i = A_2 + a_2 + \alpha_2.$$

Der Quotient $A_2 : \Delta P_2 \cdot i$ stellt den Bruchtheil der ganzen zwischen den Klemmen der secundären Dynamo vom Strome entwickelten Arbeitsleistungen dar, welcher als mechanische Nutzarbeit von dem Inductor dieser Dynamo nach aussen geliefert wird; es ist also der «industrielle oder commercielle Nutzeffect» der secundären Maschine.

Wir haben oben den Quotienten $E_1 \cdot i : A_1$ den «electrischen Nutzeffect» der primären Maschine genannt; nach Analogie dieser Bezeichnung mag der Quotient $A_2 : E_2 \cdot i$ der «electrische Nutzeffect» der secundären Maschine genannt werden.

Das Verhältniss zwischen der von der secundären Dynamo in der Zeit 1 ausgegebenen Nutzarbeit A_2 zu der in derselben Zeit der primären Dynamo zugeführten Arbeit A_1 stellt den «Nutzeffect der electrischen Arbeitsübertragung» dar.

Für die folgenden Uebersichten der Messungsergebnisse ist es bequem, diese verschiedenen Nutzeffekte (denen nach Belieben noch weitere angereiht werden könnten) mit kurzen Zeichen zu belegen. Wir setzen:

$$N_1 = \frac{\Delta P_1 \cdot i}{A_1} = \text{industrieller Nutzeffect d. prim. Maschine,}$$

$$N_2 = \frac{A_2}{\Delta P_2 \cdot i} = \text{industrieller Nutzeffect d. sec. Maschine,}$$

$$n_1 = \frac{E_1 \cdot i}{A_1} = \text{electrischer Nutzeffect d. prim. Maschine,}$$

$$n_2 = \frac{A_2}{E_2 \cdot i} = \text{electrischer Nutzeffect d. sec. Maschine,}$$

und

$$N = \frac{A_2}{A_1} = \text{Nutzeffect d. electr. Arbeitsübertragung.}$$

Aus diesen Definitionen geht hervor, dass diese Nutzeffecte in folgenden Beziehungen zu einander stehen:

$$N = N_1 \cdot N_2 \cdot \frac{\Delta P_2}{\Delta P_1} \quad \text{und} \quad N = n_1 \cdot n_2 \cdot \frac{E_2}{E_1}$$

Diese allgemeinen Bemerkungen lassen erkennen, dass zur Darlegung des gegenseitigen Verhältnisses aller einzelnen in dem complicirten Processe der electrischen Arbeitsübertragung auftretenden Arbeitsmengen die Kenntniss der electrischen Grössen i , W , w_1 , w_2 , ΔP_1 , ΔP_2 , E_1 und E_2 , sowie die Kenntniss der mechanischen Arbeiten A_1 und A_2 nöthig ist. Unter den 8 electrischen Grössen bestehen aber die 3 Relationen:

$$\left. \begin{array}{l} E_1 = \Delta P_1 + i w_1 \\ E_2 = \Delta P_2 - i w_2 \\ i \cdot W = \Delta P_1 - \Delta P_2 \end{array} \right\} \text{welche als vierte ableiten lassen:} \quad E_1 - E_2 = i(W + w_1 + w_2),$$

so dass, principiell genommen, nur die Kenntniss von fünf electrischen Grössen nothwendig ist. Der Messung am zugänglichsten sind die fünf Grössen: i , w_1 , w_2 , ΔP_1 und ΔP_2 ; verbinden wir mit der Messung dieser fünf Grössen noch die Messung des Widerstandes W der Leitung, so gewinnen wir eine werthvolle Controle auf die

Richtigkeit der Messungen von i , ΔP_1 und ΔP_2 oder erhalten zu gleicher Zeit ein Prüfungsmittel auf die Isolation der Leitung zwischen primärer und secundärer Maschine, denn die letzte der drei soeben angegebenen Gleichungen setzt voraus, dass längs des Widerstandes W keinerlei Abzweigungen des Stromes bestehen.

Dass eine vollkommene Isolation der Leitung Kriegstetten-Solothurn bestehe, war von vorn herein nicht zu erwarten und es musste als eine der wichtigsten hier in Angriff zu nehmenden Messungsaufgaben betrachtet werden, den Grad des Mangels an Isolation der Leitung festzustellen. Das konnte in einfachster Weise durch doppelte Messung der Stromstärke erreicht werden, nämlich durch gleichzeitige Messung der Stromstärke in Kriegstetten und in Solothurn.

Die benutzten Messapparate und Messmethoden.

Zur Messung der in electricischen Arbeitsübertragungen wirkenden Stromstärken und Potentialdifferenzen sind bisher ausschliesslich industrielle Messinstrumente, käufliche Ampèremeter und käufliche Voltmeter mit graduirten empirischen Theilungen benutzt worden. Ganz im Einverständniss mit seinem Herrn Collegen Hagenbach glaubte der Berichterstatter von der Verwendung solcher Instrumente absehen zu müssen, da dieselben gewöhnlich nur eine kleine Empfindlichkeit zeigen und in den meisten Fällen Angaben liefern, welche beträchtlich von der Wahrheit abweichen. So zeigen z. B. zwei Paare von Ampèremetern und Voltmetern, welche dem electricischen Laboratorium des eidgenössischen Polytechnikums von zwei Werkstätten geliefert wurden, die auf diesem Gebiete verhältnissmässig Gutes leisten, folgende Fehler:

Instrumente der Firma A: Das Ampèremeter (für Messungen von 4 bis 25 Ampère) liefert Angaben, die im untern Drittel der Scala im Mittel um 0,8% zu klein, im mittlern Drittel richtig und im oberen Drittel der Scala im Mittel um 0,6% zu gross sind.

Das Voltmeter (von 25 bis 75 Volt reichend) macht Angaben, welche im ganzen Bereich der Scala um 1,4% zu niedrig sind.

Instrumente der Firma B: Das Ampèremeter (von 4 bis 20 Ampère messend) zeigt durchweg um 4,1% zu niedrig.

Das Voltmeter (für 5 bis 20 Volt bestimmt) liefert innerhalb der ganzen Scala Werthe, welche um 0,9% zu klein sind.

Würden also die zwei Messinstrumente der Firma B zur Bestimmung der electricen Arbeit einer Maschine benutzt, so würde diese Arbeit um volle 5% ihres Werthes zu klein gemessen!

Bei diesem Stande der Leistungsfähigkeit der industriellen electricen Messinstrumente sind vorläufig exacte Werthe für Stromstärken und Spannungen nur durch die Anwendung der wissenschaftlichen Messinstrumente zu erreichen. Daher wurden ausschliesslich Messinstrumente der letzteren Art in den besprochenen Messungen benutzt und es wurde deren Aufstellung, Ablesung und Handhabung genau so durchgeführt, als fände die Messung in einem stationär eingerichteten electricen Laboratorium statt.

Zur gleichzeitigen Messung der **Stromstärke** in Kriegstetten und Solothurn dienten zwei identische grosse Spiegeltangentenboussoleu besonderer Construction, welche im electricischen Laboratorium in Zürich zu genauen Messungen stärkerer Ströme von der Ordnung $\frac{1}{4}$ Ampère bis 60 Ampère dienen. Sie bestehen im Wesentlichen aus vier coaxial aufgestellten genau gleich grossen Kreisringen, je zwei auf jeder Seite des axial stehenden Galvanometermagnets, deren Entfernung vom Magnet innerhalb der Grenzen 5 Cm. und 60 Cm. variirt werden kann und welche von dem zu messenden Strome in gleichem oder entgegengesetztem Sinne durchflossen werden können. Bei den Kriegstetten-Solothurner Messungen war eine Stromstärke von der Ordnung 10 Ampère zu erwarten; zur Messung derselben genügte hier die Anwendung eines Ringes in der Entfernung von circa 50 Cm. vom Magnete. Bedeutet r den Radius der Mittellinie des vom Strome i durchflossenen kreisförmigen Ringes, a den Abstand der Mitte des Galvanometermagnets von der Ebene der Ringmittellinie, H die horizontale erdmagnetische Kraftcomponente am Orte des Magnets, M die Grösse des magnetischen Moments des letzteren, Θ die Torsionsconstante des Fadens, welcher den Magneten trägt und bezeichnet u die stationäre Ablenkung, welche der Magnet unter dem Einflusse des Stromes i erhält, so ist (in Ampère ausgemessen)

$$i = 10 \cdot \frac{\sqrt{r^2 + a^2} \cdot H \cdot \left(1 + \frac{\Theta}{MH}\right)}{2\pi \cdot r^2} \cdot \text{tg } u,$$

falls die Ebene des Ringes im magnetischen Meridian steht und falls die Grösse $l^2 : r^2 + a^2$ (l die halbe Poldistanz des Galvanometermagnets) als verschwindend klein gegen

1 angesehen werden darf. Letztere Grösse war im vorliegenden Falle viel kleiner als 0,0001. In beiden Boussolen ist der Kreisring nicht ganz geschlossen; es ist desswegen an der rechten Seite der letzten Gleichung noch der Factor $\left(1 + \frac{1}{248}\right)$ anzubringen, um den Ausdruck der zu messenden Stromstärke richtig zu bekommen.

Die Ausmessungen der beiden Tangentenboussolen ergaben:

<p>Boussole (1) für Kriegstetten bestimmt:</p> <p style="margin-left: 2em;">$r = 24.^{cm}04$</p> <p style="margin-left: 2em;">$a = 50.^{cm}90$</p> <p style="margin-left: 2em;">$1 + \frac{\Theta}{MH} = 1.0194$</p>		<p>Boussole (2) für Solothurn bestimmt:</p> <p style="margin-left: 2em;">$r = 24.^{cm}03$</p> <p style="margin-left: 2em;">$a = 50.^{cm}87$</p> <p style="margin-left: 2em;">$1 + \frac{\Theta}{MH} = 1.0147$</p>
---	--	--

Zur Ermittlung der Stromstärke war nun noch für jeden Beobachtungsort die Grösse der erdmagnetischen Horizontalcomponente H zu bestimmen. Nach der Gauss'schen Methode konnte das nicht wol geschehen, weil vor auszusehen war, dass die Grösse H an den beiden Beobachtungsorten etwas von der magnetischen Einwirkung der Dynamos beeinflusst werden konnte; bestand ein solcher Einfluss, so musste er je nach der Stärke des die Maschinen durchfliessenden Stromes etwas verschieden sein und es waren ebenso viele Bestimmungen der Grösse H auszuführen, als verschiedene Stromstärken zu messen waren. Dieses nach dem Gauss'schen Verfahren auszuführen, hätte viel mehr Zeit gekostet als zur Verfügung stand.

Es musste desswegen ein rascher arbeitendes Verfahren zur Bestimmung des jedesmaligen Werthes von H angewandt werden. Der Referent schlug folgenden Weg ein.

Gelegentlich hatte derselbe die Bemerkung gemacht, dass die nach dem Verfahren Clémandot hergestellten Stahlmagnete (welche von Piat in Paris bezogen werden können) die werthvolle Eigenschaft haben, ihr magnetisches Moment während langer Zeit fast absolut constant zu erhalten, selbst dann, wenn sie beträchtliche Erschütterungen erfahren. Ein Fallenlassen dieser Magnete aus 1 M. Höhe auf harten Steinboden ändert das Moment dieser Magnete nicht in merkbarer Weise. Nur die Temperatur hat auf das Moment dieser Magnete, wie auf das Moment aller übrigen Magnete, einen kleinen Einfluss: das Moment M_1 bei der Temperatur t_1 geht bei der Temperatur t über in den Werth

$$M = M_1 \frac{1 + at_1}{1 + at}, \quad a = 0.00052$$

Diese Eigenschaft der Magnete aus Clémandot-Stahl kann nun in einfacher Art zur raschen Ermittlung der an einem Orte wirkenden Grösse H benutzt werden, sobald für einen zweiten Ort der genaue Werth von H ermittelt worden ist. Wirkt ein solcher Magnet in der ersten Hauptlage (nach Gauss) auf einen sehr kleinen Magnet eines Magnetometers und ertheilt er demselben die stationäre Ablenkung φ , so ist

$$tg \varphi = 2 \frac{M}{H} \cdot \frac{r}{(r^2 - l^2)^2}$$

wo r die Entfernung der Mitten der beiden Magnete und l die halbe Poldistanz des ablenkenden Magnets bedeutet. Werden also die Ablenkungen φ_0 und φ beobachtet, welche derselbe Magnet in der ersten Hauptlage an den Orten O_0 und O , denen die horizontalen erdmagnetischen Kraftcomponenten H_0 und H zukommen, bei den Temperaturen t_0 und t in derselben Entfernung r einem sehr

kleinen Magneten ertheilt, so liefern diese Beobachtungen die Beziehung:

$$H = H_0 \cdot \frac{1 + 0.00052 t_0}{1 + 0.00052 t} \cdot \frac{tg \varphi_0}{tg \varphi}$$

welche H aus dem als bekannt vorausgesetzten Werthe H_0 ableiten lässt.

Um nach diesem Verfahren die H -Messungen in Kriegstetten und Solothurn mit Genauigkeit ausführen zu können, wurden zwei Clémandot-Magnete von circa 80 Mm. Länge während längerer Zeit hinsichtlich der zeitlichen Aenderungen ihres Momentes untersucht. Der Magnet (1) war für Kriegstetten, der Magnet (2) für Solothurn bestimmt.

Als diese Magnete an einem bestimmten Orte des physikalischen Laboratoriums der polytechnischen Schule in der ersten Hauptlage aus der Entfernung $r = 340$ Mm. auf einen sehr kleinen Magnet (den Magnet der besprochenen Spiegeltangentenboussole) wirkten, ergab sich für die Distanz Spiegel-Scala = 1500 Mm. eine Ablenkung in Scalentheilen gemessen:

	Magnet (1)	Magnet (2)	
3. Aug. 1887 10-12 ^h Vm.	350.7 Sc.	320.9 Sc.	bei $t = 22.2^{\circ}$
21. " " "	351.0	321.2	= 18.0
23. Sept. " "	350.8	320.8	= 20.6
5. Oct. " "	351.1	321.9	} = 323.2 Mm. = 15.3
6. " " "	351.2	321.9	

Nach den Messungen in Kriegstetten und Solothurn fand sich

14. Oct. 1887 10-12 ^h Vm.	351.6	321.3	= 15.5
15. " " "	351.8	321.7	= 15.4

Am 5. October zwischen 9^h und 12^h Vormittags wurde für denselben Ort der absolute Werth von H nach

der Gauss'schen Methode bestimmt. Es fand sich $H_0 = 0.2132$ (c. g. s.).

Nach der Ausführung der Kriegstetten-Solothurner Messungen wurde am 16. October während derselben Vormittagsstunden diese Messung wiederholt. Sie ergab das Resultat $H_0 = 0.2128$.

Die für den 5. und 6., sowie für den 14. und 15. October angegebenen Ablenkungen legen also dar, dass keiner der beiden Magnete während der Messungen in Kriegstetten und Solothurn eine merkliche Aenderung seines Momentes erlitten hatte.

Hiermit ist das Wesentliche des Verfahrens dargelegt, welches zur Bestimmung der Stromstärken benützt wurde. Dasselbe genügt natürlich den strengeren Ansprüchen der modernen Präcisionsmessungen des Laboratoriums nicht völlig; indess dürfte wohl zugestanden werden, dass das Verfahren eine nicht unerhebliche Genauigkeit liefert bei geringem Aufwand von Zeit und Beobachtungsapparaten. Es ist kaum nöthig hervorzuheben, dass alle Vorschriften, welche eingehalten werden müssen, um mit Hülfe der Spiegeltangentenboussole der oben angedeuteten Form exacte Werthe der zu messenden Stromstärke zu gewinnen, bei der Ausführung der Messungen zur Anwendung kamen. In den unten folgenden Protocollen der Beobachtungen ist darüber nichts Einzelnes berichtet; nur die nicht unbeträchtliche Correction, welche wegen der ablenkenden Wirkung der Zuleitung zur Boussole anzubringen war, ist dort speciell angeführt.

Ganz besondere Sorgfalt wurde darauf verwandt, zuverlässige Angaben über die Grösse der zu messenden **Potentialdifferenzen** zu erhalten. Die ungewöhnliche Höhe derselben erforderte, dass alle Theile der hierzu ange-

wandten Messinstrumente die beste Isolation darboten. Es wurden desswegen die zwei erforderlichen Messapparate im electrischen Laboratorium des eidgenössischen Polytechnikums eigens zu diesem Zwecke hergestellt. Die zwei wesentlichen Theile dieser Messinstrumente waren je ein Rollenpaar mit 40 gut isolirten (mit doppelter Seidenbespinnung und doppelter Paraffinbedeckung versehenen) Windungen aus dünnem Neusilberdraht und je ein Widerstandsatz aus Neusilberdraht von circa 65,000 Ohm, aus sechs nahezu gleichen Stücken bestehend, dessen Windungen auf das sorgfältigste mittelst doppelter Seidenbespinnung und doppelter Paraffinbelegung von einander isolirt und dessen einzelne Stücke durch Luft, Paraffin und gut isolirendes Hartgummi von einander getrennt waren, sobald sie zur Messung benutzt wurden. Dieselben drei Substanzen wurden dazu verwendet, die Zuleitungsdrähte von den Klemmen der Maschinen zu den Klemmen der Potentialgalvanometer zu isoliren.

Das Verfahren, die zu messenden Potentialdifferenzen mittelst des geschilderten Apparates zu messen, war das folgende. Es wurde ein Kreis aus den Galvanometerwindungen, den nöthigen Verbindungsdrähten und einer electromotorischen Kraft von genau bekannter Grösse gebildet und der stationäre Ausschlag V des Galvanometers beobachtet. Die benutzte electromotorische Kraft war die eines Daniell'schen Elementes mit der Constitution: chemisch reines Kupfer, amalgamirtes Zink, wässerige Lösung von Kupfersulfat mit der Dichte 1.15 und wässerige Lösung von Zinksulfat von gleicher Dichte. Lang fortgesetzte Untersuchungen über die electromotorische Kraft des Daniell haben mir vor Jahren das Resultat ergeben, dass die electromotorische Kraft des Daniell mit der genannten

Constitution den Werth 1.095 legale Volt besitzt und zu jeder Zeit so gut wie vollkommen identisch hergestellt werden kann. Ist der Widerstand der Galvanometerrollen und der Verbindungsdrähte w , der Widerstand des Elementes w_0 und ist D das Zeichen für die angewandte electromotorische Kraft, so gilt die Beziehung:

$$\operatorname{tg} V = \frac{D}{w + w_0} \cdot \frac{G_1}{H}$$

wo G_1 die Galvanometerfunction für die benutzte Stellung der Rollen und H die horizontale erdmagnetische Kraftcomponente am Galvanometerorte bezeichnet. Bei dieser Beobachtung haben die Galvanometerrollen die bestimmte Stellung: ihre Innenflächen berühren die Basisflächen des kupfernen Galvanometer-Dämpfers. Nach dieser Beobachtung wird der bisher benutzte Schliessungskreis geöffnet, das Element wird entfernt, an seine Stelle wird der oben besprochene Widerstandssatz mit ca. 65,000 Ohm gebracht, die beiden Galvanometerrollen werden in eine zweite bestimmte, vom Galvanometermagneten entferntere Stellung gebracht, welche durch zwei mit dem Galvanometergestelle fest verbundene Anschläge fixirt ist und es werden die Enden der Leitung mit den zwei Orten verbunden, deren Potentialdifferenz zu messen ist. Ist diese Differenz gleich AP , so zeigt der Galvanometermagnet unter ihrem Einfluss einen neuen stationären Ausschlag v , dessen Grösse durch die Gleichung gegeben ist:

$$\operatorname{tg} v = \frac{AP}{w + w_1} \cdot \frac{G_2}{H}$$

wo w_1 den aus dem Rheostaten eingeschalteten grossen Widerstand und G_2 die Galvanometerfunction für die neue Rollenstellung bezeichnet.

Aus diesen beiden Gleichungen folgt:

$$\Delta P = D \cdot \frac{w + w_1}{w + w_0} \cdot \frac{G_1}{G_2} \cdot \frac{\operatorname{tg} v}{\operatorname{tg} V}$$

oder
$$\Delta P = D \cdot A \cdot B \cdot \frac{\operatorname{tg} v}{\operatorname{tg} V}$$

wenn wir der Kürze halber

$$A = \frac{G_1}{G_2} \text{ und } B = \frac{w + w_1}{w + w_0} \text{ setzen.}$$

Durch sorgfältige Versuche war im Laufe des August ermittelt worden, dass für die benutzte Grösse des Daniell'schen Elementes $w_0 = 0.68$ bis 0.72 Ohm war, dass für das nach Kriegstetten bestimmte Galvanometer $w =$

563.7 Ohm und $A = \frac{G_1}{G_2} = 25.06$ betrug und dass dem

in Solothurn aufzustellenden Instrumente die Werthe $w =$

563.7 Ohm und $A = \frac{G_1}{G_2} = 24.62$ zukamen. Die Grösse

G_1 war so gewählt, dass ein Daniell, in dem Kreise mit dem Widerstande $w + w_0$ wirkend, einen Ausschlag V von ca. 500 Mm. bei der Scaladistanz 1500 Mm. gab. Wurde der Widerstand w_1 gleich $65,000$ Ohm genommen, so konnte nach diesem Verfahren noch eine Potentialdifferenz von der Grössenordnung 3000 Volt gemessen werden.

Die Messung des **Widerstandes der Maschinen** und **der Leitung** zwischen denselben wurde mittelst der Wheatstone'schen Brückenmethode unter Anwendung des Kirchhoff'schen Messdrahtes und genauer Widerstandssätze der Firma Siemens & Halske vollzogen. Die beiden benützten Messdrähte waren vorher einer genauen Calibrirung unterzogen worden. Bei der Ausführung der Wider-

standsmessungen wurden alle die Bedingungen strenge eingehalten, welche zur Erfüllung kommen müssen, wenn fehlerfreie Werthe erhalten werden sollen: Eliminirung der unbekanntenen Widerstände in den Klemmen der Messdrähte, kurze Schliessungsdauer des Stromes, Einfügen des Galvanometers in die Brücke nach erfolgtem Schluss des Hauptstromes, Messung des ersten Ausschlages u. s. w. Der Widerstand der Leitung wurde meist doppelt gemessen: zuerst in Solothurn, sodann in Kriegstetten.

Die früher in Oerlikon benutzte Messmethode zur Ermittlung der **mechanischen Arbeiten** A_1 und A_2 konnte in den neuen Messungen nicht zur Anwendung kommen, so wünschenswerth es auch gewesen wäre, diese Methode noch einmal durchzuführen, um sie noch einmal auf ihre Leistungsfähigkeit genauer zu untersuchen und um alle jene kleinen Correctionen genau zu ermitteln, deren Bestimmung die Methode fordert, falls sie völlig exacte Resultate geben soll. Diese Methode verlangt, dass die für gewöhnlich feststehenden Maschinentheile (die Electromagnete) um Schneiden drehbar aufgehängt werden. Die Anwendung dieser Methode hätte also eine Abänderung der Aufstellung der im Betriebe befindlichen Maschinen gefordert, was eine doppelte längere Einstellung des Betriebes zur Folge gehabt hätte. Diese zweimalige Betriebsstörung konnte aber der Besitzer der Anlage begreiflicher Weise nicht wohl eintreten lassen. Es war demnach eine andere dynamometrische Methode zu wählen. Nach dem ursprünglichen Plane der Messungcommission sollte diese Methode in der Anwendung jenes neuen Dynamometers bestehen, welches Herr Amsler im Jahre 1883 in Modellform auf der schweizerischen Landesausstellung zur öffentlichen Kenntniss gebracht hatte. Herr Amsler

liess im Laufe des Sommers zwei Exemplare dieses Dynamometers herstellen und unterzog dieselben in der zweiten Hälfte des September einer näheren Untersuchung hinsichtlich ihrer Functionirung und der Grössenwerthe ihrer Constanten. Diese Untersuchung kam aber bis zu Anfang October nicht ganz zu dem vollkommenen Abschluss, den Herr Amsler zu erreichen wünschte. Da die Ausführung der Messungen nicht über das erste Drittel des October hinausgeschoben werden konnte — in späterer Zeit wäre die Mehrzahl der Commissionsmitglieder an der Theilnahme an diesen Messungen durch amtliche Verpflichtungen verhindert gewesen — wurde diese anfänglich in Aussicht genommene Methode der Arbeitsmessung durch die Arbeitsmessung mittelst Bremsung ersetzt. Die Bremsung wurde unter Anwendung des eisenbeschlagenen Amsler'schen Bremsgurtes ausgeführt.

Zur Bestimmung der von der Riemenscheibe der secundären Dynamo abgegebenen Nutzarbeit A_2 wurden die Enden des um die untere Hälfte der rotirenden Riemenscheibe gelegten Bremsgurtes mit zwei vertical nach oben gehenden und dort über Rollen laufenden Seilen verbunden, deren Enden so lange mit Gewichten ungleich belastet wurden, bis ein dauerndes Schweben der angehängten Gewichte stattfand. Die Abkühlung der Bremscheibe wurde durch eine flüssige Berührung, welche den Oberflächentheilen der Riemenscheiben in den obersten Punkten ihres Weges mit einem Stücke Eis geboten wurde, in bester Weise erreicht.

Ist durch die Anhängung der Gewichte M_1 und M_2 (M_1 sei der grössere Werth) ein dauerndes Schweben der Gewichte erreicht worden, so ist der Ausdruck der von der Riemenscheibe nach aussen übertragenen Arbeit A_2 in PS :

$$A_2 = \frac{(M_1 - M_2) \times 2r\pi \times n}{75 \times 60},$$

wenn n die Tourenzahl pro Minute und $2r$ den Durchmesser der Riemenscheibe bedeutet, vorausgesetzt, dass der Bremsgurt in seinen beiden Hälften von gleicher Beschaffenheit ist. Besteht aber der Bremsgurt aus einer mit Eisen beschlagenen Hälfte und einer unbeschlagenen — und dieses traf bei dem benutzten Bremsgurt zu — so ist der Gurt auf der beschlagenen Seite etwas schwerer als auf der unbeschlagenen Seite und es ist dann eine kleine Correction an der Gewichts-differenz $M_1 - M_2$ anzubringen, um den genannten Arbeitsausdruck richtig zu machen. Da die mit Eisen beschlagene Hälfte auf der Seite des grösseren Gewichts M_1 anzubringen ist, wird diese Correction bei dem oben beschriebenen Verlaufe der die Gewichte tragenden Seile in einer kleinen Verminderung des grösseren Gewichtes bestehen. Der Werth dieser kleinen Correction wurde durch Abwägung und Berechnung ein wenig grösser als 0.5 Kg. gefunden. Da die Bremsungen nicht so genau ausgeführt werden konnten, dass die Wirkung von kleinen Bruchtheilen eines Kilo schon sichtbar waren, wurde als Betrag dieser Correction die runde Grösse 0.5 Kg. angenommen.

Um die Rotationsgeschwindigkeit der gebremsten Riemenscheibe auch bei wechselnder Arbeitsleistung möglichst gleich zu halten, wurde während der Bremsung in Solothurn die Tourenzahl der Turbine an der primären Station stets auf gleicher Höhe erhalten. Ein Beobachter verfolgte unablässig die Stellung des Indicators der Turbinengeschwindigkeit und regulirte permanent die Zahl der Oeffnungen im Leitrade derart, dass diese Stellung so constant blieb, als es sich überhaupt erreichen liess.

Die Zahl der benutzten Oeffnungen wurde von 10" zu 10" notirt.

Die von Seiten der Turbine in die primäre Dynamo eingeführte Arbeit A_1 wurde nicht in jedem einzelnen Falle direct gemessen, sondern mit Hilfe der Ergebnisse einer besonderen Versuchsreihe aus den Daten über das Gefälle des Turbinenwassers und die Zahl der benutzten Oeffnungen im Leitrad der Turbine berechnet. In dieser besonderen Versuchsreihe wurde der Inductor der einen primären Maschine aus seinem Lager entfernt und an seine Stelle eine Hülfsvelle mit Bremsscheibe mit dem Durchmesser 0.500 M. gesetzt. Während die Turbine bei gemessenem Wassergefälle und bestimmter Anzahl der Oeffnungen im Leitrad diese Bremsscheibe antrieb, ermittelte man nach der eben geschilderten Methode die Arbeit A_1 , welche die Turbine auf die Bremsscheibe übertrug. Dieses wurde für eine verschiedene Anzahl von Oeffnungen im Leitrade und für die verschiedenen, zwischen 3.42 M. und 3.46 M. schwankenden Gefälle, die sich bei diesen Versuchen eben einstellten, ausgeführt. Aus diesen so gewonnenen Daten konnte dann der Betrag der Arbeit A_1 , welche die Turbine zur Zeit einer Messung der electricischen Grössen und der Arbeit A_2 bei einer bestimmten Zahl von Oeffnungen im Leitrad und einem gewissen Gefälle auf die Riemenscheibe der primären Dynamo übertrug auf dem Wege der Interpolation gefunden werden.

Die Messungen und die Messungsergebnisse.

In den Tagen vom 7. bis 10. October wurden die Messinstrumente in Kriegstetten und Solothurn aufgestellt und alle die mannigfachen Vorkehrungen getroffen, die

zur erfolgreichen Ausführung der Messungen nöthig waren. Es galt zunächst zwei electricische Observatorien einzurichten, welche den Ansprüchen der zur Verwendung kommenden Spiegelgalvanometer bezüglich der Grösse des nöthigen Beobachtungsraumes, der Festigkeit der Bodenfläche, der Beleuchtung und der magnetischen Ruhe der Umgebung so gut als möglich genügten. In Kriegstetten konnte ein grosses, leerstehendes Zimmer im Erdgeschoss eines ca. 60 M. von der Primär-Station entfernten Gebäudes gefunden werden, das den angedeuteten Ansprüchen recht gut genügte. Strommesser und Voltmeter wurden hier in einer gegenseitigen Entfernung von ca. 7 M. aufgestellt. Die Zuleitung zu beiden Instrumenten wurde durch vier etwa 5 Mm. dicke Kupferdrähte hergestellt, welche innerhalb der Gebäude mittelst Hartgunni, Paraffinplatten und Paraffinröhren so gut als möglich isolirt wurden und ausserhalb der Gebäude auf Isolatoren der weiter unten beschriebenen Art ruhten. Die Zuleitung zum Potentialgalvanometer diente nebenbei dazu, den Widerstand der primären Maschine vom electricischen Beobachtungslocal aus zu messen; der Widerstand dieser Zuleitung betrug 0.091 Ohm. Als Beobachter der electricischen Messinstrumente fungirten in Kriegstetten Herr Hagenbach und Herr Dr. Kopp, Assistent am eidgenöss. physikalischen Laboratorium in Zürich. In Solothurn musste ein zu ebener Erde liegender abschliessbarer Raum mit festem Fussboden als electricisches Beobachtungslocal gewählt werden, welcher nur circa 28 M. von den secundären Dynamos entfernt lag, so dass hier die magnetische Wirkung der erregten Dynamos eben merklich war. Dieser Beobachtungsraum bot eine kleinere Fläche dar als das Observatorium in Kriegstetten, so dass hier Volt-

meter und Strommesser etwas näher beisammen stunden als in Kriegstetten und im Voltmeter eine sehr kleine Wirkung der Stromstärke der benachbarten Leitung zu spüren war. Die Zuleitungen vom Maschinenhause her wurden hier in der gleichen Weise wohl isolirt aufgestellt wie in Kriegstetten. Der Widerstand der Leitungsdrähte von den Klemmen der secundären Dynamo betrug 0.054 Ohm. Die Solothurner electricischen Messungen sollten vom Berichterstatter und Herrn Dr. Stössel, Assistent am eidgenössischen physikalischen Laboratorium in Zürich, ausgeführt werden; da indess Herr Stössel noch vor Beginn der definitiven Messungen in amtlichen Geschäften nach Zürich abreisen musste, übernahm der Berichterstatter die Ausführung der sämtlichen Solothurner electricischen Messungen. Die weiter unten folgenden Ablesungen der Stromstärken und Potentialdifferenzen in Solothurn sind desswegen streng genommen keine genau gleichzeitigen; sie wurden so erhalten, dass der Beobachter die Stromstärke während der Zeiten 0" bis 10", 20" bis 30" u. s. w. und die Potentialdifferenz während der Zeiten 10" bis 20", 30" bis 40" u. s. w. ablas.

Die Messungen der mechanischen Arbeit in Kriegstetten übernahmen die Herren Keller und Veith; sie wurden hierbei von Herrn Director Lang von Derendingen freundlichst unterstützt. Die Solothurner Arbeitsmessungen wurden von Herrn Amsler ausgeführt, welchem die Herren Ingenieur E. Bürgin von Basel und Director Meyer von Schaffhausen thatkräftige Hülfe zukommen liessen.

Die definitiven Messungen wurden am 11. und 12. October angestellt. An jedem dieser Tage wurde eine ziem-

liche Reihe von Beobachtungen ausgeführt, die an allen vier Beobachtungsorten völlig gleichzeitig gemacht werden sollten. Die schliessliche Zusammenstellung dieser Beobachtungsreihen ergab aber, dass nur verhältnissmässig wenige, nur vier, Beobachtungsreihen in ihrem ganzen Verlaufe wirklich genau gleichzeitig an allen vier Beobachtungsorten angestellt worden waren. Nur den letzteren Beobachtungsreihen glaubte der Berichterstatter wirklichen Werth und volles Gewicht beilegen zu können; er gibt desswegen in diesem Berichte nur die Resultate dieser zeitlich völlig concordanten Beobachtungsreihen und lässt die Resultate der anderen Beobachtungsreihen als von minderer Bedeutung zur Seite. Um dem Leser einen vollen Einblick in den Verlauf der Beobachtungen und die Ableitungsweise der Beobachtungsergebnisse zu geben, bietet er die vollständigen Protocolle der einzelnen Beobachtungsgruppen, die je einen Beobachtungssatz bilden.

Die Beobachtungen vom 11. October.

An diesem Tage wurde nur eine primäre Dynamo und eine secundäre Dynamo zu den Versuchen benutzt. Die von der secundären Dynamo abgegebene Arbeit wurde durch directe Bremsung der Riemenscheibe der Dynamo abgeleitet.

Ableitung der Hilfsdaten zur Bestimmung der Stromstärke, der Potentialdifferenz und der Arbeit A_2 .

I. Ermittlung von H .

Kriegstetten:	Solothurn:
Ein Einfluss der Maschinen auf H ist nicht erkennbar.	Als die secundären Maschinen durch einen Strom

Es fand sich die Ablenkung, welche der Magnet (1) aus der Entfernung 340 Mm. auf den kleinen Galvanometermagnet der Tangentenboussole ausübte, in Scalentheilen gemessen (Distanz Spiegel-Scala = 1500 Mm) :

Sk.
355.7
355.8 bei der Temp. 11°.0
355.6

Sk.
355.7 = 357^{mm}.1.

Dies gibt $\text{tg } \varphi = 0.11740$.
In Zürich war für $H_0 = 0.2132$
 $\text{tg } \varphi_0 = 0.11597$ bei der Temp.
15°.2.
Es war also $H = 0.2110$.

von 10 Ampère erregt waren, änderten sie den Werth von H nur um den 720^{ten} Theil seiner Grösse ab. Während des Ganges der Maschine fand sich die Ablenkung, die der Magnet (2) auf den kleinen Tangentenboussolemagnet aus der Entfernung 340 Mm. ausübte, gleich :

Sk.
303.9
304.0 bei der Temp. 7°.5
304.1

304.0 Sk. = 305.2 Mm.
Dstz. Spiegel-Scala = 1500 Mm.
Es war also $\text{tg } \varphi = 0.10070$.
In Zürich war für $H_0 = 0.2132$
 $\text{tg } \varphi_0 = 0.10643$ bei der Temp.
15°.2.
In Solothurn war also
 $H = 0.2260$

Die Formel zur Berechnung der Stromstärke war also für diesen Tag :

$$i_1 = 106.15 \times \text{tg } u_2 \quad | \quad i_2 = 112.99 \times \text{tg } u_2.$$

II. Ermittlung der Constanten der Potentialgalvanometer.

$$A = \frac{G_1}{G_2} = 25.06 \quad | \quad A = \frac{G_1}{G_2} = 24.62$$

$$B = \frac{w + w_1}{w + w_0} = 58.16 \quad | \quad B = \frac{w + w_1}{w + w_0} = 56.96$$

Die Ablenkung, welche der Daniell in dem Kreise mit dem Widerstande $w + w_0$ ergab, war

	Sk.		Sk.	
	448.2		481.3	} während der Mes- sung waren die secundären Dy- namos erregt.
	448.6		481.2	
	448.8		481.2	
	448.8		481.3	
im Mittel	448.6 ^{Sk.} = 450. ^{mm4}		Mittel 481.2 ^{Sk.} = 483.2 Mm.	
Distanz Scala- Spiegel =	1390 Mm.		Distanz Scala- Spiegel =	1400 Mm.
also war tg V =	0.15793		Daher	tg V = 0.16770.

Zur Berechnung der Potentialdifferenzen sind also die Formeln anzuwenden:

$$\Delta P = 10105 \times \text{tg } v \quad | \quad \Delta P = 9157 \times \text{tg } v$$

III. Daten zur Bestimmung der Arbeit A_1 .

Nach der Ausführung der gleichzeitigen Messungen der mechanischen und electricchen Grössen wurde am Abend des 11. October in Kriegstetten eine Reihe von Bremsungen ausgeführt zur Ableitung der Daten, welche die in den einzelnen Fällen auf die primäre Dynamo übertragene Arbeit A_1 aus dem Gefälle des Turbinenwassers und der Anzahl der gewählten Oeffnungen im Leitrade der Turbine berechnen lassen. Der Gang dieser Messungen ist schon oben beschrieben worden; es erübrigt nur noch die Resultate derselben hier zusammen zu stellen. [Die oben besprochene kleine Gurtcorrection ist bereits an M_1 angebracht.]

Gefälle des Wassers	Zahl der Oeffnungen im Leitrade	M_1	M_2	$M_1 - M_2$	n	$2 r$	
3.425 M.	26	217.5 ^{Kg}	127.0 ^{Kg}	90.5 ^{Kg}	748	0.500 M	} Daraus leitet sich ab: $A_1 = 23.63 PS$ = 23.54 " = 25.46 " = 25.07 "
3.425	26	227.5 "	127.0 "	100.5 "	671	0.500 "	
3.420	28	237.5 "	127.0 "	110.5 "	660	0.500 "	
3.420	28	237.5 "	127.0 "	110.5 "	650	0.500 "	

Werden diese Arbeitsgrößen auf das mittlere Gefälle 3.422 M. reducirt und durch die Anzahl der benutzten Oeffnungen im Leitrade dividirt, so ergeben sich die Quotienten: 0.908—0.904—0.910 und 0.896, im Mittel: 0,904.

In fast allen Messungsreihen dieses Tages lag die Zahl der benutzten Oeffnungen des Turbinenleitrades zwischen 25 und 29. Zur Ermittlung der in den einzelnen Fällen von der Turbine auf die primäre Dynamo übertragenen Arbeit war nach diesen Ergebnissen zu setzen:

$$A_1 = 0.904 \times m \times \frac{G}{3.422} PS,$$

wenn m die Zahl der Oeffnungen und G das Gefälle in Meter bedeutet.

Erste Messungsreihe vom 11. October während 3^h 51' und 3^h 53'.

I. Die Stromstärkemessungen.

Kriegstetten.	Solothurn.
Ausschlag der Boussole:	Ausschlag der Boussole:
3 ^h 51' . . . 411.1 Sk.	3 ^h 51' . . . 381.3 Sk.
411.7	381.8
52' . . . 410.2	52' . . . 380.9
414.2	384.8
53' . . . 414.3	53' . . . 384.2
Mittelwerth . . 412.3 Sk. 382.6 Sk.
Wirkung d. Zuleitung <u>—5.2</u>	Wirkung d. Zuleitung <u>—1.9</u>
407.1	380.7
= 408.7 Mm.	= 382.3 Mm.
Distanz-Scala-	
Spiegel = 1500 Mm.	= 1500 Mm.

Es war also

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} u_1 &= 0.13381 \dots \operatorname{tg} u_2 = 0.12547 \\ \text{und } i_1 &= 106.15 \times \operatorname{tg} u_1 & i_2 &= 112.99 \times \operatorname{tg} u_2 \\ &= 14.204 \text{ Ampère} & &= 14.177 \text{ Ampère} \end{aligned}$$

II. Die Messungen der Potentialdifferenzen.

Kriegstetten.	Solothurn.
Ausschlag des Voltmeters:	Ausschlag des Voltmeters:
3 ^h 51' . . . 328.3 Sk.	3 ^h 51' . . . 321.1 Sk.
328.0	322.2
52' . . . 327.0	52' . . . 323.3
328.5	322.2
53' . . . 324.7	53' . . . 318.5
<hr style="width: 50%; margin-left: 0;"/> 327.3 Sk.	<hr style="width: 50%; margin-left: 0;"/> 321.5 Sk.
= 328.6 Mm.	= 322.8 Mm.

Distanz-Scala-

$$\text{Spiegel} = 1390 \text{ Mm.} \dots = 1400 \text{ Mm.}$$

Es war demnach

$$\operatorname{tg} v_1 = 0.11655 \quad \text{und} \quad \operatorname{tg} v_2 = 0.11379.$$

Aus den oben genannten Constanten ergibt sich daraus:

$$\Delta P_1 = 1177.7 \text{ Volt} \quad \text{und} \quad \Delta P_2 = 1042.0 \text{ Volt.}$$

III. Widerstände der Maschinen und der Leitung.

Vor dem Beginn dieser Versuchsreihe war der Widerstand der primären Maschine

$$w_1 = 3.741 \text{ Ohm,}$$

der der secundären

$$w_2 = 3.716 \text{ Ohm;}$$

nach der Ausführung der Versuchsreihe fand sich für die primäre Maschine

$$w_1 = 3.797 \text{ Ohm,}$$

für die secundäre Maschine

$$w_2 = 3.770 \text{ Ohm.}$$

Der Widerstand W der Leitung wurde doppelt gemessen: das eine Mal von Solothurn aus, das andere Mal von Kriegstetten aus; die erstere Messung ergab

$$W = 9.223 \text{ Ohm,}$$

die letztere Messung

$$W = 9.233 \text{ Ohm}$$

$$(\text{Lufttemperatur} = 7^{\circ}.5).$$

IV. Aus diesen electricischen Messungsergebnissen berechnet sich:

$\Delta P_1 \cdot i_1 = 16728 \text{ Volt-ampère}$	$\Delta P_2 \cdot i_2 = 14772 \text{ Volt-ampère}$
$= 22.75 \text{ PS}$	$= 20.09 \text{ PS}$
$E_1 = \Delta P_1 + i_1 \cdot w_1$	$E_2 = \Delta P_2 - i_2 \cdot w_2$
$= 1231.6 \text{ Volt}$	$= 988.6 \text{ Volt}$
$E_1 \cdot i_1 = 17489 \text{ Volt-ampère}$	$E_2 \cdot i_2 = 14015 \text{ Volt-ampère}$
$= 23.76 \text{ PS}$	19.06 PS
$\Delta P_1 - \Delta P_2 = 135.7 \text{ Volt}$ und $W \cdot \bar{i} = 130.9 \text{ Volt.}$	

V. Arbeitsverbrauch in Kriegstetten.

Zur Zeit 3^h 51' war das Wassergefälle 3^m.425, war die mittlere Oeffnungszahl im Leitrad der Turbine 28.96 und betrug die Tourenzahl der Dynamo 693; 3^h 53' waren diese Grössen 3^m.450, 28.70 und 690 geworden. Im Mittel war also der primären Dynamo während dieser Zeit die Arbeit

$$A_1 = 0.904 \times 28.83 \times 1.0044 = 26.17 \text{ PS.}$$

zugeführt worden.

VI. Bremsung der Dynamo in Solothurn.

In die Zeit von 3^h 51' bis 3^h 54' fallen zwei Bremsungen. Die erstere lieferte die Daten:

Tourenzahl der Dynamo 685	}	Durchmesser der Riemenscheibe 0 ^m .500.
$M_1 = 165.5 \text{ K}; M_2 = 90.0 \text{ K}$		
die letztere die Daten:		
Tourenzahl der Dynamo 670		
$M_1 = 165.5 \text{ K}; M_2 = 90.0 \text{ K}$		

Die von der gebremsten Dynamo abgegebene Arbeit betrug also im Mittel

$$A_2 = \frac{677.5 \times 75.5 \times 0.500 \times \pi}{75 \times 60} = 17.85 \text{ PS.}$$

VII. Aus diesen Messungen lassen sich folgende Nutzeffecte ableiten:

$$N_1 = \frac{\Delta P_1 \cdot i_1}{A_1} = 0.869 \qquad n_1 = \frac{E_1 \cdot i_1}{A_1} = 0.908$$

$$N_2 = \frac{A_2}{\Delta P_2 \cdot i_2} = 0.888 \qquad n_2 = \frac{A_2}{E_2 \cdot i_2} = 0.936$$

$$N = \frac{A_2}{A_1} = 0.682$$

Zweite Messungsreihe am 11. October während 4^h 14' und 4^h 16'.

I. Die Messungen der Stromstärke.

Kriegstetten.		Solothurn.	
Ausschlag der Boussole:		Ausschlag der Boussole:	
4 ^h 14' . . .	383.6 Sk.	4 ^h 14' . . .	359,5 Sk.
	385.1		358.8
15' . . .	380.0	15' . . .	354.2
	385.0		358.3
16' . . .	384.8	16' . . .	359.0
Mittel . . .	383.7		358.0
Wirkung d. Zuleitung	—4.9		—1.8
	<u>378.8 Sk.</u>		<u>356.2 Sk.</u>
	= 380.3 Mm.		= 357.7 Mm.

Distanz Scala-

Spiegel = 1500 Mm. = 1500 Mm.

Demnach betrug

tg u_1 = 0.12487 und tg u_2 = 0.11759

und es war $i_1 = 106.15 \times \text{tg } u_1$ $i_2 = 112.99 \times \text{tg } u_2$
 = 13.245 Ampère = 13.286 Ampère.

II. Die Messungen der Potentialdifferenzen.

Kriegstetten.	Solothurn.
Ausschlag des Voltmeters:	Ausschlag des Voltmeters:
4 ^h 14' . . . 330.2 Sk.	4 ^h 14' . . . 332.5 Sk.
321.1	325.3
15' . . . 331.1	15' . . . 329.3
335.0	330.1
4 ^h 16' . . . 332.0	4 ^h 16' . . . 328.3
Mittel . . . 329.9 Sk. 329.1 Sk.
= 331.2 Mm.	= 330.5 Mm.

Distanz Scala-

Spiegel = 1390 Mm. = 1400 Mm.

Es war also $\text{tg } v_1 = 0.11745$ und $\text{tg } v_2 = 0.11651$.

Diese Werthe, in Verbindung mit den oben genannten, für diesen Tag gültigen Constanten der beiden Voltmeter, ergeben

$$\Delta P_1 = 1186.8 \text{ Volt} \quad \text{und} \quad \Delta P_2 = 1066.9 \text{ Volt.}$$

III. Messungen der Widerstände der Maschinen und der Leitung.

Nach der Ausführung der vorstehenden Messungen wurde nur an der secundären Dynamo eine Widerstandsmessung vorgenommen; sie ergab $w_2 = 3.770$, also genau denselben Werth, wie in der vorigen Messungsreihe. Es wurden daher auch für w_1 und W die Werthe der vorigen Reihe: $w_1 = 3.797$ und $W = 9.228$ als auch für diese Reihe gültig angenommen.

IV. Aus den vorstehenden Resultaten ergibt sich:

$\Delta P_1 \cdot i_1 = 15719 \text{ Volt-ampère}$ $= 21.38 \text{ PS}$ $E_1 = \Delta P_1 + i_1 \cdot w_1$ $= 1237.1 \text{ Volt}$ $E_1 \cdot i_1 = 16385 \text{ Volt-ampère}$ $= 22.28 \text{ PS}$ $\Delta P_1 - \Delta P_2 = 119.9 \text{ Volt}$	$\Delta P_2 \cdot i_2 = 14175 \text{ Volt-ampère}$ $= 19.28 \text{ PS}$ $E_2 = \Delta P_2 - i_2 \cdot w_2$ $= 1016.8 \text{ Volt}$ $E_2 \cdot i_2 = 13509 \text{ Volt-ampère}$ $= 18.37 \text{ PS}$ $W \cdot \bar{i} = 122.4 \text{ Volt.}$
--	---

V. Arbeitsaufwand in Kriegstetten.

Während der Zeit 4^h 14' bis 4^h 16' wurden in Kriegstetten folgende Werthe notirt:

4 ^h 14' . . . Gefälle des Wassers = 3. ^m 440	4 ^h 16' . . . Gefälle des Wassers = 3. ^m 435
Mittl. Oeffnungszahl der Turbine = 27.2	Mittl. Oeffnungszahl der Turbine = 26.9
Tourenzahl der Dynamo = 695	Tourenzahl der Dynamo = 700

Die von der primären Dynamo aufgenommene Arbeit betrug also im Mittel

$$A_1 = 0.904 \times 27.05 \times 1.0044 = 24.56 \text{ PS.}$$

VI. Bremsung der secundären Dynamo in Solothurn.

In den Anfang und das Ende dieser Versuchsreihe fiel je eine Bremsung. Dabei wurden beobachtet:

4 ^h 14' . . . Tourenzahl der gebremsten Dynamo = 677	} Durchmesser der Brems- scheibe = 0. ^m 500.
$M_1 = 165.5 \text{ K}; M_2 = 95 \text{ K}$	
4 ^h 16' . . . Tourenzahl der gebremsten Dynamo = 684	
$M_1 = 165.5 \text{ K}; M_2 = 95 \text{ K}$	

Hieraus berechnet sich der mittlere Werth der von der secundären Dynamo abgegebenen Arbeit

$$A_2 = \frac{680.5 \times 70.5 \times 0.500 \times \pi}{75 \times 60} = 16.74 \text{ PS.}$$

VII. Aus den obigen Messungsergebnissen ergeben sich die folgenden Nutzeffecte:

$$N_1 = \frac{\Delta P_1 \cdot i_1}{A_1} = 0.871 \qquad n_1 = \frac{E_1 \cdot i_1}{A_1} = 0.907$$

$$N_2 = \frac{A_2}{\Delta P_2 \cdot i_1} = 0.868 \qquad n_2 = \frac{A_2}{E_2 \cdot i_2} = 0.911$$

$$N = \frac{A_2}{A_1} = 0.682.$$

Beobachtungen am 12. October.

An diesem Tage wurden die beiden primären und die beiden secundären Maschinen in Reihenstellung benutzt. An der secundären Station wurde das im Maschinenhause liegende Stück der Transmission von den übrigen Theilen der Transmission losgelöst und die Bremsrolle auf dieses Transmissionsstück verlegt. Die durch Bremsung gefundene Arbeit stellte also, genau genommen, nicht die von den Riemenscheiben der secundären Dynamos abgegebene Arbeit A_2 dar, sondern die Arbeit $A_2 - a''$, wenn a'' die kleine Reibungsarbeit bedeutet, welche im Betriebe der Transmission verzehrt wurde. Aus den Massen und Dimensionen der Transmissionstheile konnte — bei der willkürlichen Annahme eines mittleren Reibungscoefficienten — überschlagen werden, dass diese kleine Reibungsarbeit vielleicht bis an 0.5 PS heranreichen konnte. Da es keinen Sinn hätte, diese Reibungsarbeit auf Grund der willkürlichen Annahme irgend eines Reibungscoefficienten zu berechnen und als Correction an die gebremste Arbeit anzufügen und da keine Versuche ausgeführt wurden, diese Grösse experimentell zu bestimmen, ist diese Correction nicht angebracht worden. Die aus den Versuchen dieses Tages abgeleitete Arbeit A_2 ist also ein wenig zu klein ausgefallen.

Ableitung der Hilfsdaten zur Bestimmung der Stromstärken, der Potentialdifferenzen und der Arbeit A_1 .

I. Ermittlung der Grösse H .

Kriegstetten.

Solothurn.

Die Ablenkung, welche der Magnet(1) aus der Entfernung	Die Ablenkung des Galvanometermagnets von Seiten
--	--

340 Mm. auf den kleinen Galvanometermagnet der Tangentenboussole ausübte, betrug:

359.0 Sk.

359.8

359.6 bei der Temp. 9.^o5

359.6

359.5 Sk. = 360.9 Mm.

Scalen-Distanz = 1500 Mm.;

also $\text{tg } \varphi = 0.11880$.

In Zürich war für

$H_0 = 0.2132$

$\text{tg } \varphi_0 = 0.11597$ bei

der Temp. 15.^o2.

Es war also $H = 0.2087$.

des Magnets (2) war für die Ablenkungsentfernung 340 Mm. und bei erregten Dynamos gleich:

304.4 Sk.

304.5

304.6 bei der Temp. 5.^o1

304.8

304.6 Sk. = 305.8 Mm.

Da die Distanz Scala-Spiegel 1500 Mm. war, so ergab sich:

$\text{tg } \varphi = 0.10101$.

Da in Zürich für $H_0 = 0.2132$

$\text{tg } \varphi_0 = 0.10643$ bei $t = 15.^o2$

war, so galt an diesem Tage:

$H = 0.2260$.

Die Stromstärke war also am 12. October nach den Gleichungen zu berechnen:

$$i_1 = 104.90 \times \text{tg } u_1$$

$$i_2 = 112.99 \times \text{tg } u_2$$

II. Ermittlung der Constanten der Potentialgalvanometer.

$A = 25.06$

$A = 24.62$

$$B = \frac{w + w_1}{w + w_0} = 111.71$$

$$B = \frac{w + w_1}{w + w_0} = 114.03$$

Das Daniell'sche Element ergab in dem Kreise mit dem Widerstande $w + w_0$ die Ablenkungen:

451.8 Sk.

451.9

451.9

451.8

451.8 Sk. = 453.6 Mm.

Distanz

Scala-Spiegel = 1400.0 Mm.

also $\text{tg } V = 0.15797$

481.1 Sk.

481.2

481.1

481.1

481.1 Sk. = 483.1 Mm.

Distanz Scala-

Spiegel = 1400.0 Mm.

demnach

$\text{tg } V = 0.16768$.

} die benachbarten Dynamos erregt.

Die Berechnung der Potentialdifferenzen hatte also nach der Formel stattzufinden:

$$\Delta P = 19405 \times \operatorname{tg} v \quad | \quad \Delta P = 18334 \times \operatorname{tg} v$$

III. Ableitung der Arbeit A_1 .

Bei den Messungen dieses Tages betragen die Anzahlen der benutzten Oeffnungen im Leitrade der Turbine 26, 30 und 34. Zur Zeit als 26 Oeffnungen verwendet wurden, unterblieb die Bremsung in Solothurn aus Mangel an Verständigung zwischen den beiden Stationen. Die Zahl von 30 Oeffnungen wurde nur vorübergehend zu Anfang der Messungen während einer Zeit von 2 Minuten gebraucht; nur die Zahl von 34 Oeffnungen wurde für eine längere Zeit, die ca. 50 Minuten umfasste, benutzt. In diese Zeit fallen die zwei in allen Stücken zeitlich vollkommen zusammenfallenden Messungsreihen, deren Protocoll in den nächsten Zeilen folgt. Für diese Anzahl von Oeffnungen war am Abend vorher die von der Turbine ausgegebene Arbeit nicht bestimmt worden. Streng genommen wäre also in einer neuen Versuchsreihe dieses nachzuholen gewesen. Zu diesem Zwecke hätte der Inductor der einen primären Maschine noch einmal demontirt und durch die Hülfswelle mit der Bremsscheibe ersetzt werden müssen. Dafür fehlte aber die Zeit, da drei Mitglieder der Messungcommission amtlicher Geschäfte halber noch am Abend dieses Tages verreisen mussten. Bei diesem Mangel an Zeit blieb nichts übrig, als die der Anzahl von 34 Oeffnungen correspondirende Arbeit A_1 aus den für 26 und 28 Oeffnungen abgeleiteten Ergebnissen zu entnehmen. Diese zeigten, dass die abgegebenen Arbeiten bei gleichem Gefälle fast genau proportional den Oeffnungszahlen waren. Das gilt selbst-

verständlich nicht für beliebige Zahlen der Oeffnungen im Leitrade, sondern nur in nicht allzuweitem Intervall für grosse Oeffnungszahlen, da ja die in der Turbine entwickelte, bei gleichem Gefälle der Oeffnungszahl proportionale Arbeit A gleich ist der auf die Dynamo resp. Bremsscheibe übertragenen Arbeit A_1 , plus einer kleinen Reibungsarbeit, welche constant und plus einer kleinen Reibungsarbeit, welche der übertragenen Arbeit A_1 proportional ist. Daraus folgt, dass die den 34 Oeffnungen correspondirende Arbeit A_1 ein wenig grösser sein muss als $\frac{34}{26}$ resp. $\frac{34}{28}$ jener Arbeit, welche für 26 resp. 28 Oeffnungen gemessen wurde. Indess geht aus anderweitigen Versuchen an gebremsten Turbinen ähnlicher Grösse hervor, dass dieser Mangel an Proportionalität zwischen der ausgegebenen Arbeit und der Anzahl m der benutzten Oeffnungen bei grossem m und bei engem Intervall der Variation von m so klein ist, dass er kaum sicher aus den Messungen sichtbar heraustritt. Wenn wir also annehmen, dass die der Anzahl von 34 Oeffnungen entsprechende Arbeit A_1 für das Gefälle 3,422 M. gleich $0,904 \times 34 PS$ ist, so berechnen wir diese Arbeit sicher ein wenig zu klein; dieser Fehler a_1 ist indess so geringfügig, dass seine Eliminirung die abgeleiteten Resultate im Wesentlichen nicht modificiren würde. Im «Nutzefecte der Arbeitsübertragung» wird der begangene kleine Fehler so gut wie vollständig durch jenen kleinen Fehler in der Arbeitsmessung für A_2 , der eingangs dieses Abschnittes besprochen wurde, compensirt werden: denn die Quotienten $A_2 : A_1$ und $A_2 + a'' : A_1 + a'$ werden ausserordentlich wenig verschieden ausfallen, sobald a'' gegenüber A_2 und a' gegenüber A_1 klein ist.

Erste Messungsreihe am 12. October von 1^h 44' bis 4^h 46'.

I. Messungen der Stromstärke.

Kriegstetten.	Solothurn.
Ausschlag des Strommessers:	Ausschlag des Strommessers:
1 ^h 44' . . . 329.8 Sk.	1 ^h 44' . . . 305.1 Sk.
333.7	306.2
45' . . . 337.7	45' . . . 306.3
335.9	308.2
46' . . . 335.7	46' . . . 307.9
Mittel . . 334.6 Sk.	Mittel . . 306.7 Sk.
Wirkung d. Zuleitung <u>—3.7</u>	<u>—1.6</u>
330.9 Sk.	305.1 Sk.
= 332.1 Mm.	= 306.4 Mm.
Distanz Scala-	
Spiegel = 1500 Mm.	= 1500 Mm.
also $\text{tg } u_1 = 0.10937$	$\text{tg } u_2 = 0.10107$
und $i_1 = 104.90 \times \text{tg } u_1$	$i_2 = 112.99 \times \text{tg } u_2$
= 11.474	= 11.420

II. Messungen der Potentialdifferenzen.

Kriegstetten.	Solothurn.
Ausschlag des Voltmeters:	Ausschlag des Voltmeters:
1 ^h 44' . . . 255.0 Sk.	1 ^h 44' . . . 254.0 Sk.
253.8	254.8
45' . . . 255.0	45' . . . 254.0
254.6	253.9
46' . . . 252.0	46' . . . 253.1
254.1 Sk.	254.0 Sk.
= 255.1 Mm.	= 255.0 Mm.
Distanz Scala-	
Spiegel = 1400 Mm.	= 1400 Mm.
Es ist also $\text{tg } v_1 = 0.09036$	$\text{tg } v_2 = 0.09032$
Daraus folgt $\Delta P_1 = 1753.3$ Volt	$\Delta P_2 = 1655.9$ Volt.

III. Widerstände der Maschinen und der Leitung.

Es fand sich der Widerstand der beiden primären Maschinen

$$w_1 = 7.251 \text{ Ohm,}$$

der Widerstand der beiden secundären Maschinen

$$w_2 = 7.060 \text{ Ohm}$$

und der Widerstand der Leitung

$$W = 9.044 \text{ Ohm.}$$

IV. Aus diesen gemessenen electrischen Grössen leiten sich ab :

$$\begin{aligned} \Delta P_1 \cdot i_1 &= 20117 \text{ Volt-ampère} \\ &= 27.36 \text{ PS} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_1 &= \Delta P_1 + i_1 w_1 \\ &= 1836.5 \text{ Volt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_1 \cdot i_1 &= 21077 \text{ Volt-ampère} \\ &= 28.66 \text{ PS} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta P_2 \cdot i_2 &= 18910 \text{ Volt-ampère} \\ &= 25.71 \text{ PS} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_2 &= \Delta P_2 - i_2 \cdot w_2 \\ &= 1575.3 \text{ Volt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_2 \cdot i_2 &= 17990 \text{ Volt-ampère} \\ &= 24.46 \text{ PS} \end{aligned}$$

$$\Delta P_1 - \Delta P_2 = 97.4 \text{ und } \bar{i} \cdot W = 103.6.$$

V. Arbeitsverbrauch in Kriegstetten.

Während der Zeit 1^h 44' bis 1^h 46' war das Wasserfälle 3.435 M. und die Zahl der benutzten Oeffnungen des Leitrades 34. Es wurde mithin in die beiden primären Maschinen die Arbeit eingeschickt:

$$A_1 = 0.904 \times 34 \times 1.0038 = 30.85 \text{ PS.}$$

VI. Bremsung der Dynamos in Solothurn.

Die Bremsversuche während der Zeit 1^h 44' bis 1^h 46' ergaben:

$$\text{Tourenzahl der Bremsscheibe} = 172.$$

$$\text{Durchmesser der Bremsscheibe} = 1.320.$$

$$M_1 = 181.5 \text{ K; } M_2 = 35 \text{ K.}$$

Die von den beiden secundären Maschinen abgegebene Arbeit war also:

$$A_2 = \frac{146.5 \times 172 \times 1.320 \times \pi}{60 \times 75} = 23.21 \text{ PS}$$

falls von der kleinen Reibungsarbeit in dem Transmissionsstücke, dessen Riemenscheibe als Bremsscheibe benutzt wurde, abgesehen wird.

VII. Hieraus berechnen sich die Nutzeffecte :

$$N_1 = \frac{\Delta P_1 \cdot i_1}{A_1} = 0.887 \qquad n_1 = \frac{E_1 \cdot i_1}{A_1} = 0.929$$

$$N_2 = \frac{A_2}{\Delta P_2 \cdot i_2} = 0.903 \qquad n_2 = \frac{A_2}{E_2 \cdot i_2} = 0.949$$

$$\text{und } N = \frac{A_2}{A_1} = 0.752$$

Zweite Messungsreihe am 12. October von 2^h 7' bis 2^h 9'.

I. Messungen der Stromstärke.

Kriegstetten:	Solothurn:
Ausschlag des Strommessers:	Ausschlag des Strommessers:
2 ^h 7' . . . 283.3 Sk.	2 ^h 7' . . . 263.5 Sk.
282.1	262.2
8' . . . 286.0	8' . . . 263.5
285.9	261.0
9' . . . 283.8	9' . . . 260.5
Mittel . 284.2 Sk. 262.1 Sk.
Wirkung der	
Zuleitung . . . —3.0 —1.4
281.2 Sk.	260.7 Sk.
= 282.3 Mm.	= 261.8 Mm.
Distanz Scala-	
Spiegel = 1500 Mm. = 1500 Mm.
Daraus ergibt	
sich $\text{tg } u_1 = 0.09328$	$\text{tg } u_2 = 0.08660$
Dieses liefert $i_1 = 104.90 \times \text{tg } u_1$	$i_2 = 112.99 \times \text{tg } u_2$
= 9.785 Ampère	= 9.785 Ampère.

II. Messungen der Potentialdifferenzen.

Kriegstetten.	Solothurn.
Ausschlag am Voltmeter:	Ausschlag am Voltmeter:
2 ^b 7' . . . 298.3 Sk.	2 ^b 7' . . . 304.3 Sk.
300.7	308.0
8' . . . 295.7	8' . . . 297.8
299.9	296.8
9' . . . 300.8	9' . . . 304.1
Mittel . . . 299.1 Sk. 302.2 Sk.
= 300.3 Mm.	= 303.5 Mm.
Distanz Scala-	
Spiegel = 1400 Mm. = 1400 Mm.
also $\text{tg } v_1 = 0.10606$	und $\text{tg } v_2 = 0.10719$.

Es ist demnach

$$\Delta P_1 = 2057.9 \text{ Volt u. } \Delta P_2 = 1965.2 \text{ Volt.}$$

III. Widerstände der Maschinen und der Leitung.

Unmittelbar nach der Ausführung der Messungen der Stromstärken und der Potentialdifferenzen fand sich der Widerstand der beiden primären Maschinen

$$w_1 = 7.240 \text{ Ohm,}$$

der Widerstand der beiden secundären Maschinen

$$w_2 = 7.042 \text{ Ohm}$$

und der Widerstand der Leitung

$$W = 9.040 \text{ Ohm.}$$

IV. Daraus ergeben sich die übrigen electrischen Grössen:

$\Delta P_1 \cdot i_1 = 20136 \text{ Volt-ampère}$	$\Delta P_2 \cdot i_2 = 19229 \text{ Volt-ampère}$
$= 27.38 \text{ PS}$	$= 26.15 \text{ PS}$
$E_1 = \Delta P_1 + i_1 \cdot w_1$	$E_2 = \Delta P_2 - i_2 \cdot w_2$
$= 2128.7 \text{ Volt}$	$= 1896.3 \text{ Volt}$
$E_1 \cdot i_1 = 20829 \text{ Volt-ampère}$	$E_2 \cdot i_2 = 18556 \text{ Volt-ampère}$
$= 28.32 \text{ PS}$	$= 25.23 \text{ PS}$
$\Delta P_1 - \Delta P_2 = 92.7 \text{ Volt}$ und $W \cdot \bar{i} = 88.4 \text{ Volt.}$	

V. Arbeitsverbrauch in Kriegstetten.

In der Zeit 2^h 7' bis 2^h 9' betrug das Wassergefälle 3.^m435; die Anzahl der benutzten Oeffnungen des Leitrades war stets 34. Die von den beiden primären Maschinen aufgenommene Arbeit war also:

$$A_1 = 0.904 \times 34 \times 1.0038 = 30.85 \text{ PS.}$$

VI. Bremsung der Dynamos in Solothurn.

Zwischen 2^h 7' bis 2^h 9' wurde in Solothurn ein Bremsversuch ausgeführt, welcher folgende Daten lieferte:

Tourenzahl der Bremsscheibe 215

Durchmesser der Bremsscheibe 1.^m320

$$M_1 = 146.5 \text{ K; } M_2 = 30 \text{ K.}$$

Die beiden secundären Maschinen gaben also während dieser Zeit die Arbeit ab:

$$A_2 = \frac{116.5 \times 215 \times 1.320 \times \pi}{60 \times 75} = 23.05 \text{ PS,}$$

vorausgesetzt, dass von der kleinen Reibungsarbeit in dem Transmissionsstücke, das die Bremsscheibe trug, abgesehen wird.

VII. Diese Versuchsreihe liefert die Nutzeffecte:

$$N_1 = \frac{\Delta P_1 \cdot i_1}{A_1} = 0.888 \qquad n_1 = \frac{E_1 \cdot i_1}{A_1} = 0.918$$

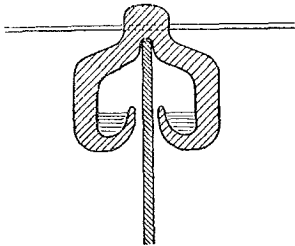
$$N_2 = \frac{A_2}{\Delta P_2 \cdot i_2} = 0.881 \qquad n_2 = \frac{A_3}{E_2 \cdot i_2} = 0.913$$

$$N = \frac{A_2}{A_1} = 0.747.$$

Untersuchung der Isolation der Leitung.

Die Leitung besteht aus nacktem Kupferdraht von 6 Mm. Dicke, welcher auf 180 von hölzernen Stangen getragenen Flüssigkeitsisolatoren von Johnson und Phillips

(fluid insulators, Patent Johnson and Phillips's in London) ruht. An den Enden der Leitung, wo die Kupferstränge durch die Wände der primären und der secundären Station treten, ist der nackte Kupferdraht mittelst Cautschukröhren und Luft von dem benachbarten Mauerwerke getrennt. Die Flüssigkeitsisolatoren von Johnson und Phillips sind gewöhnliche Porcellanisolatoren, deren Isolirungsvermögen durch eine eigenartige Anbringung einer möglichst vollkommen isolirenden Flüssigkeit erhöht wird. Der untere Rand des Porcellanisolators ist nach innen und oben derart gebogen, dass die Innenseite des Isolators eine ziemlich breite ringförmige Grube bildet, die nach der Aufstellung des Isolators mit einer vorzüglich isolirenden Flüssigkeit bis nahe



zum Rande ausgefüllt wird. Der Anblick der nebenstehenden Form dieser Isolatoren lässt sofort erkennen, dass die electricischen Massen nur dann aus der Leitung zur Erde abfließen können, wenn die ganze Masse der Flüssigkeit oder deren Ober-

fläche den Durchgang gestattet. Um das Bedecktwerden der Flüssigkeitsoberfläche mit Regentropfen völlig zu verhindern und die Ablagerung von Nebeltröpfchen bei Nebelwetter möglichst zu erschweren, sind die Querschnittsdimensionen von Isolator und Tragstange so bemessen, dass zwischen der Stangenoberfläche und der innersten Fläche des Isolators nur ein sehr schmaler Luftzwischenraum bleibt.

Da in den oben mitgetheilten Beobachtungsreihen Stromstärke und Potentialdifferenz an beiden Stationen

einer gleichzeitigen Messung unterzogen worden sind, lassen sich aus ihnen ziemlich zuverlässige Schlüsse auf den Grad der Isolation der beschriebenen Leitung ziehen.

Zunächst lassen die oben angeführten Messungsergebnisse durchgehends deutlich erkennen, dass die Stromstärke an der primären und an der secundären Station für dieselben Zeitmomente nahezu die gleichen Werthe hat:

	i_1	i_2	
11. Octbr. 3 ^h 51'—53' . . .	14.20 . . .	14.18	} Witterung sehr regnerisch.
11. Octbr. 4 ^h 14'—16' . . .	13.24 . . .	13.29	
12. Octbr. 1 ^h 44'—46' . . .	11.47 . . .	11.42	} Kein Regen.
12. Octbr. 2 ^h 7'— 9' . . .	9.78 . . .	9.78	

Ferner ist aus allen mitgetheilten Beobachtungsreihen das Resultat herauszulesen, dass der Unterschied der Potentialdifferenzen an den Klemmen der primären und der secundären Maschine nur sehr wenig von dem Werthe abweicht, welchen das für dieselbe Zeit gültige Product aus der Stromstärke und dem zwischen den beiden Stationen liegenden Leitungswiderstande W besitzt:

	ΔP_1	ΔP_2	$\Delta P_1 - \Delta P_2$	$\bar{i} \cdot W$	
11. Octbr. 3 ^h 51'—55' . .	1178 . .	1042 . .	136 . .	131	} Witterung sehr regnerisch.
11. Octbr. 4 ^h 14'—16' . .	1187 . .	1067 . .	120 . .	122	
12. Octbr. 1 ^h 44'—46' . .	1753 . .	1656 . .	97 . .	104	} Kein Regen.
12. Octbr. 2 ^h 7'— 9' . .	2058 . .	1965 . .	93 . .	88	

Diese Messungsergebnisse lassen in doppelter Weise erkennen, dass die Isolation der Leitung zwischen primärer und secundärer Station eine gute ist.

Welcher Grad von Güte in Wahrheit der Isolation zukommt, lässt sich aber aus den oben angeführten Messungsreihen nicht mit Sicherheit angeben. Die während dieser Messungen stattfindenden Bremsungen der secundären Dynamos konnten auch beim besten Gange nicht eine oder zwei Minuten lang mit absolut constanter Arbeits-

leistung ausgeführt werden; kleine Schwankungen der gebremsten Arbeit waren nicht zu vermeiden. Jede eintretende kleine Schwankung der Bremsarbeit entwickelte aber mit Nothwendigkeit ruckweise verlaufende kleine Aenderungen der Stromstärke und der Potentialdifferenzen, die in den oben mitgetheilten vier Beobachtungsprotocollen deutlich erkennbar sind. Diese kleinen plötzlichen Aenderungen in Stromstärke und Potentialdifferenz erschweren aber selbstverständlich eine genaue Untersuchung der Güte der Isolation während der Bremsung in hohem Grade.

Um einen sicheren Aufschluss über den Isolationsgrad der Leitung zu erhalten, wurde daher am Schlusse der Messungen eine specielle Untersuchung auf die Güte der Isolation ausgeführt, in welcher während einer längeren Zeit gleichzeitige, continuirlich fortlaufende Ablesungen der Stromstärken und der Potentialdifferenzen unter möglichst constanten Arbeitsverhältnissen an der primären und der secundären Station gemacht wurden. An der primären Station wurde bei fast absolut constantem Gefälle des Wassers die Oeffnungszahl der Turbine constant auf 24 gehalten; an der secundären Station unterhielten die beiden Dynamos die sämmtlichen Maschinen der Fabrikanlage in völlig gleichmässigem Betriebe.

Seit dem Vormittag des Beobachtungstages war die Witterung trocken.

Diese Beobachtungen von Stromstärke und Potentialdifferenz begannen in Kriegstetten und Solothurn nicht genau zu derselben Zeit; in den unten folgenden Beobachtungsprotocollen sind nur die Ablesungen von demjenigen Zeitpunkt an notirt, von dem ab an beiden Stationen beobachtet wurde. Die Ablesungen am Strommesser und Voltmeter bedeuten die mittleren Stände von halber zu halber Minute.

Electrische Messungen während des normalen Betriebes zur Ermittlung des Isolationsgrades der Leitung.

I. Betriebsverhältnisse in Kriegstetten.

Zeit:	Gefälle des Turbinenwassers:	Zahl der Oeffnungen d. Turbine:	Tourenzahl der Dynamos:
2 ^h 54'	3.430	24	702
56'	3.425	24	702
58'	3.425	24	702
60'	3.425	24	707
62'	3.425	24	710

II. Messungen der Stromstärke.

Kriegstetten.		Solothurn:	
Ausschlag des Strommessers:		Ausschlag des Strommessers:	
2 ^h 54'	229.0 Sk.	2 ^h 54'	208.7 Sk.
	228.5		209.4
55'	229.5	55'	210.4
	228.8		211.6
56'	228.5	56'	210.7
	230.6		210.2
57'	226.9	57'	210.4
	228.9		207.3
58'	230.5	58'	208.1
	229.0		209.4
59'	228.5	59'	207.4
	228.7		208.6
60'	229.4	60'	208.6
Mittlerer Ausschlag }	229.0 Sk.		209.3 Sk.
Wirkung der Zuleitung	—3.6		—0.2
	225.4 Sk.		209.1 Sk.
	= 226.3 Mm.		= 209.9 Mm.

Kriegstetten.

Solothurn.

Ausschlag des Strommessers:

Ausschlag des Strommessers:

Distanz

Spiegel-Scala = 1500 Mm. = 1501.0 Mm.

Daraus folgt:

$\text{tg } u_1 = 0.07501$ $\text{tg } u_2 = 0.06960$

Da $C = 104.90$ $C = 112.99$,

so war die mittlere

Stromstärke $i_1 = 7.868$ Ampère . . . $i_2 = 7.864$ Ampère.

III. Messungen der Potentialdifferenzen.

Kriegstetten.

Solothurn:

Ausschlag des Voltmeters:

Ausschlag des Voltmeters:

2^h 54' 236.9 Sk.

2^h 54' 240.0 Sk.

236.5

239.5

55' 236.5

55' 238.1

236.7

238.1

56' 236.9

56' 238.3

236.5

237.6

57' 236.7

57' 237.2

237.7

238.2

58' 237.1

58' 239.5

237.5

240.3

59' 236.5

59' 240.8

236.7

243.2

60' 237.2

60' 243.7

Mittl. Ausschlag 236.9 Sk.

239.6 Sk.

= 237.8 Mm.

= 240.6 Mm.

Distanz Scala-

Spiegel war 1400 Mm.

1401 Mm.

das gibt $\text{tg } v_1 = 0.08432$

$\text{tg } v_2 = 0.08524$.

Die Formel $\Delta P = D \cdot A \cdot B \cdot \frac{\text{tg } v}{\text{tg } V}$

liefert aus den Werthen der Constanten:

$$D = 1.095 \text{ Volt}$$

$A_1 = 25.06$	und	$A_2 = 24.62$	
$B_1 = 111.71$		$B_2 = 114.03$	
$\text{tg } V_1 = 0.15798$		$\text{tg } V_2 = 0.16767$	

die mittleren Potentialdifferenzen:

$$\Delta P_1 = 1636.1 \text{ Volt} \quad \Delta P_2 = 1562.8 \text{ Volt.}$$

Der Widerstand der Leitung wurde 3^h 10' gleich 9.041 Ohm gefunden. Die durch den Widerstand bedingte Abnahme der Potentialdifferenz von der primären zu der secundären Station war also $7.866 \times 9.041 = 71.1$ Volt. Der gemessene Unterschied dieser Potentialdifferenzen war aber $1636.1 - 1562.8 = 73.3$ Volt.

Die Resultate dieser Beobachtungsreihe legen also in doppelter Weise dar, dass die Isolation der Leitung von der primären zur secundären Station nahezu vollkommen ist.

Zugleich offenbaren diese Beobachtungsreihen in eindringlicher Weise, welche merkwürdig grosse Constanz der Stromstärke und Potentialdifferenz der Maschinen beim normalen Betriebe besteht. Der Referent muss bekennen, dass er eine derartige Constanz dieser beiden electricen Elemente noch an keiner anderen Maschine beobachtet hat. Derselbe einnehmende Eindruck, den der äussere Bau, die Vollendung der Bearbeitung und der fast völlig geräusch- und funkenlose Gang der Oerlikoner Maschinen auf den Beschauer machen, bleibt in verstärktem Grade fortbestehen, sobald der Beschauer der Maschinenformen zum messenden Verfolgen der in den Maschinen ablaufenden electricen Prozesse übergeht.

Uebersichtliche Zusammenstellung der erlangten Messungsergebnisse.

Zur bequemen Uebersicht stellen wir die in den Messungen erlangten Resultate in den folgenden vier kleinen Tabellen zusammen.

Uebersicht der Resultate.

A. Die direct gemessenen electricischen Grössen.

Zeit	ΔP_1	ΔP_2	i_1	i_2	w_1	w_2	W	
11. Oct. 3 ^h 51'-53'	1177.7	1042.0	14.204	14.177	3.797	3.770	9.228	} Lufttemp. = 7 ^o .5
11. Oct. 4 ^h 14'-16'	1186.8	1066.9	13.245	13.286	3.797	3.770	9.228	
12. Oct. 1 ^h 44'-46'	1753.3	1655.9	11.474	11.420	7.251	7.060	9.044	} Lufttemp. = 3 ^o .2
12. Oct. 2 ^h 7'-9'	2057.9	1965.2	9.785	9.785	7.240	7.042	9.040	

B. Die abgeleiteten electricischen Grössen.

Zeit	$\bar{i} \cdot W$	$\Delta P_1 - \Delta P_2$	E_1	E_2	$E_1 - E_2$	$\bar{i} \cdot (W + w_1 + w_2)$
11. Octbr. 3 ^h 51'-53'	130.9	135.7	1231.6	988.6	243.0	238.3
11. Octbr. 4 ^h 14'-16'	122.4	119.9	1237.1	1016.8	220.3	222.8
12. Octbr. 1 ^h 44'-46'	103.6	97.4	1836.5	1575.3	261.3	267.4
12. Octbr. 2 ^h 7'-9'	88.4	92.7	2128.7	1896.3	232.4	228.2

C. Die electricischen und mechanischen Arbeiten,
in Pferdestärken ausgedrückt.

$$1 PS = 735.4 \text{ Volt-Ampère.}$$

Zeit	$\Delta P_1 \cdot i_1$	$\Delta P_2 \cdot i_2$	$E_1 \cdot i_2$	$E_2 \cdot i_2$	A_1	A_2
11. October 3 ^h 51'—53'	22.75	20.09	23.76	19.06	26.17	17.85
11. October 4 ^h 14'—16'	21.38	19.28	22.28	18.37	24.56	16.74
12. October 1 ^h 44'—46'	27.36	25.71	28.66	24.46	30.85	23.21
12. October 2 ^h 7'—9'	27.38	26.15	28.32	25.23	30.85	23.05

D. Die verschiedenen Nutzeffecte.

Zeit	N_1	N_2	n_1	n_2	N	
11. October 3 ^h 51'—53'	0.869	0.888	0.908	0.936	0.682	} 1 pr. Masch. und 1 sec. Masch.
11. October 4 ^h 14'—16'	0.871	0.868	0.907	0.911	0.682	
12. October 1 ^h 44'—46'	0.887	0.903	0.929	0.949	0.752	} 2 pr. Masch. und 2 sec. Masch.
12. October 2 ^h 7'—9'	0.888	0.881	0.918	0.913	0.747	

Schlussfolgerungen aus den erhaltenen Messungsergebnissen.

Aus den besprochenen Messungen sind die folgenden allgemeinen Schlüsse mit Sicherheit abzuleiten:

1. Die in Kriegstetten und Solothurn functionirenden Dynamos liefern einen commerciellen Nutzeffect zwischen 0.87 und 0.89.

Vergleiche des commerciellen Nutzeffectes dieser Maschinen mit dem commerciellen Nutzeffecte anderer

Maschinen lassen sich nicht wohl anstellen, da fast alle für andere Maschinen angegebenen Nutzeffekte aus electricischen Messungen abgeleitet worden sind, welche mit industriellen Messinstrumenten für Stromstärken und Potentialdifferenzen ausgeführt wurden, letztere Instrumente aber, wie bereits oben angeführt wurde, in fast allen Fällen Angaben liefern, die bis auf mehrere Procente ungenau sind.

2. Die zwischen Kriegstetten und Solothurn errichtete Leitung isolirt den electricischen Strom selbst bei Potentialdifferenzen über 2000 Volt so gut wie vollkommen; denn selbst die genauesten Beobachtungsmittel für Stromstärken und Spannungen deuten nur eine eben noch erkennbare Spur von Ableitung des electricischen Stromes nach der Erde hin an.

Hiermit ist nachgewiesen, dass eine mit Hülfe von Johnson-Phillips'schen Flüssigkeitsisolatoren hergestellte Isolirung einer Leitung aus nacktem Kupferdraht als vollkommen isolirend betrachtet werden darf. Unter Anwendung einer solchen Isolirung der Leitung ist es also künftig nicht mehr nöthig, dass eine Anlage zur electricischen Arbeitsübertragung an Ort und Stelle und mitten im Betrieb untersucht werde, um ein sicheres Urtheil über deren Leistungsfähigkeit abzuleiten. Dazu ist vollkommen ausreichend, die primäre und die secundäre Dynamo in derselben Localität durch irgend eine gut isolirte Leitung mit einem Widerstande gleich dem Widerstande der für die Uebertragung herzustellenden Leitung zu verbinden und an dieser Zusammenstellung im Laboratorium der Maschinenfabrik die nöthigen Messungen vorzunehmen. Diese Einheit des Ortes

der Messungen vereinfacht aber das Messungsverfahren in hohem Grade, wie jeder bekennen wird, der einmal an Messungen theil nahm, welche gleichzeitig an mehreren entlegenen Orten ausgeführt werden sollten und dabei die vielen Umständlichkeiten und Mühen kennen gelernt hat, die unvermeidlich mit solchen gleichzeitigen Messungen an verschiedenen Orten verkettet sind.

3. Der Nutzeffect der electricen Arbeitsübertragung zwischen Kriegstetten und Solothurn beträgt in dem Falle, dass beide primären und beide secundären Dynamos functioniren und die ersteren eine Arbeit von ca. 31 *PS* aufnehmen, fast genau 75 %. In dem Falle, dass nur je eine primäre und eine secundäre Dynamo zur Anwendung kommt und der primären Maschine eine Arbeit von 17 bis 18 *PS* zugeführt wird, fällt dieser Nutzeffect auf ungefähr 68 % herab.

Dieses Herabsinken des Nutzeffectes im letztern Falle ist in vollem Einklange mit der Theorie der electricen Arbeitsübertragung. Denn nach der letzteren ist der Nutzeffect der Uebertragung gleich dem Producte der commerciellen Nutzeffecte der primären und der secundären Maschinen multiplicirt in den Quotienten aus der Potentialdifferenz an den Klemmen der secundären Maschine und der Potentialdifferenz zwischen den Klemmen der primären Maschine. Das Product der Nutzeffecte der beiden Maschinen bleibt aber — wie die oben beschriebenen Messungen belegen — bei verschiedener Belastung der Maschinen nahezu gleich, während der Quotient aus den beiden genannten Potentialdifferenzen, oder, was dasselbe besagt, die Grösse $1 - \frac{i \cdot W}{\Delta P_1}$ bei va-

riabler Beanspruchung der Anlage erhebliche Aenderungen erleidet und zwar um so grösser ausfällt, je grössere Potentialdifferenzen ΔP_1 bei nahezu gleichem Product $i \cdot W$ zur Anwendung kommen.

Da die untersuchte Anlage den Zweck erreichen soll, mittelst der Anwendung der zwei primären und der zwei secundären Dynamos im Durchschnitt eine Arbeit von 20 bis 30 *PS* von Kriegstetten nach Solothurn zu übertragen, ist der gefundene Nutzeffect von 75 % als der Nutzeffect der factischen Betriebsverhältnisse der Anlage anzusehen.

Ein Nutzeffect von dieser Höhe ist in den bisher ausgeführten grösseren Anlagen für electriche Arbeitsübertragung noch nirgends erreicht worden. Mehrere physikalische Ursachen wirken zusammen, um dieses so ausserordentlich günstige Resultat zu gestalten: der hohe commercielle Nutzeffect (87 % bis 89 %) der Dynamos der Oerlikoner Maschinenfabrik, die kleine Distanz (nur 8 Km.) und der durch beträchtlichen Kupferaufwand erreichte kleine Leitungswiderstand (ca. 9 Ohm), die verhältnissmässig grossen zur Anwendung kommenden electromotorischen Kräfte (von der Ordnung 2000 Volt), und endlich die fast vollkommene Isolation der Leitung.

Zürich, 26. December 1887.