

Zeitschrift:	Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber:	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band:	11/12 (1888)
Heft:	2
Artikel:	Die Leistungen der electrischen Arbeitsübertragung zwischen Kriegstetten und Solothurn
Autor:	Weber, H.F.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-14917

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: 19.01.2026

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

INHALT: Die Leistungen der electrischen Arbeitsübertragung zwischen Kriegstetten und Solothurn. Von Prof. H. F. Weber in Zürich. (Schluss.) — Alimentation d'eau de la Chaux-de-fonds. — Culmann's graphische Statik wird fortgesetzt. — Miscellanea: Staatsbahnen. Zur

Dampfkessel-Explosion in Friedenshütte. Schweizerische metallurgische Gesellschaft in Neuhausen. — Concurrenten: Villenbauten auf dem Kirchenfeld bei Bern. Evangelische Kirche in Cöln.

Hiezu eine Tafel: Alimentation d'eau de la Chaux-de-fonds.

Die Leistungen der electrischen Arbeitsübertragung zwischen Kriegstetten und Solothurn.

Von Prof. H. F. Weber in Zürich.
(Schluss.)

III. Daten und Bestimmung der Arbeit A_1 .

Nach der Ausführung der gleichzeitigen Messungen der mechanischen und electrischen 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 zusammenzustellen. [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	zr	Daraus leitet sich ab:
3.425 m	26	217.5 kg	127.0 kg	90.5 kg	748	0.500 m	$A_1 = 23.63 P.S$
3.425	26	227.5 ..	127.0 ..	100.5 ..	671	0.500	= 23.54 ..
3.420	28	237.5 ..	127.0 ..	110.5 ..	660	0.500	= 25.46 ..
3.420	28	237.5 ..	127.0 ..	110.5 ..	650	5.500	= 25.07 ..

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 Turbinenleittrades zwischen 25 und 29. Zur Ermittelung der in den einzelnen Fällen von der Turbine auf die primäre Dynamo übertragenen Arbeit war nach diesen Ergebnissen zu setzen:

$$A_1 = 0.904 \times m \times \frac{G}{3.422} P.S,$$

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
sk. $3^h 51'$	sk. $3^h 51'$
411.1	381.3
411.7	381.8
52'	52'
410.2	380.9
414.2	384.8
53'	53'
414.3	384.2

Mittelwerth	sk.	sk.
412.3	..	382.6

Wirkung der Zuleitung	— 5.2	— 1.9
407.1		380.7

$$= 408.7^m$$

Distanz-Scala-	Spiegel	$= 1500^m$	$= 1500^m$
----------------	---------	------------	------------

Es war also

$$tg u_1 = 0.13381 \dots \quad tg u_2 = 0.12547$$

und $i_1 = 106.15 \times tg u_1$ $i_2 = 112.99 \times tg u_2$

$$= 14.204 \text{ Ampère} \quad = 14.177 \text{ Ampère}$$

II. Die Messungen der Potentialdifferenzen.

Kriegstetten.

Solothurn.

Ausschlag des Voltmeters:	Ausschlag des Voltmeters:
sk. $3^h 51'$	sk. $3^h 51'$
328.3	321.1
328.0	322.2
52'	52'
327.0	323.3
328.5	322.2
53'	53'
324.7	318.5

$$= 328.6^m \quad = 322.8^m$$

Distanz Scala-

$$Spiegel = 1390^m \dots \dots \dots = 1400^m$$

Es war demnach

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

Aus den oben genannten Constanten ergibt sich daraus: $\Delta P_1 = 1177.7$ Volt und $\Delta P_2 = 1042.0$ 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

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

(Lufttemperatur = 7.5°).

IV. Aus diesen electrischen Messungsresultaten berechnet sich:

$\Delta P_1 \cdot i_1 = 16728$ Volt-ampère	$\Delta P_2 \cdot i_2 = 14772$ Volt-ampère
$= 22.75 P.S$	$= 20.09 P.S$
$E_1 = \Delta P_1 + i_1 \cdot w_1$	$E_2 = \Delta P_2 - i_2 \cdot w_2$
$= 1231.6$ Volt	$= 988.6$ Volt
$E_1 \cdot i_1 = 17489$ Volt-ampère	$E_2 \cdot i_2 = 14015$ Volt-ampère
$= 23.76 P.S$	$= 19.06 P.S$

$$\Delta P_1 - \Delta P_2 = 135.7 \text{ Volt und } W \cdot \bar{i} = 130.9 \text{ Volt}$$

V. Arbeitsverbrauch in Kriegstetten.

Zur Zeit $3^h 51'$ war das Wassergefälle 3.425 , war die mittlere Oeffnungszahl im Leitrad der Turbine 28.96 und betrug die Tourenzahl der Dynamo 693 ; $3^h 53'$ waren diese Grösse 3.450 , 28.70 und 690 geworden. Im Mittel war also der primären Dynamo während dieser Zeit die Arbeit

$$A_1 = 0.904 \times 28.83 \times 1.0044 = 26.17 P.S.$$

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
$M_1 = 165.5 K$; $M_2 = 90.0 K$	Riemenscheibe 0.500
die letztere die Daten:	
Tourenzahl der Dynamo 670	
$M_1 = 165.5 K$; $M_2 = 90.0 K$	

Die von der gebremsten Dynamo abgegebene Arbeit betrug also im Mittel

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

Scalen-Distanz = 1500^{mm};
also $\lg \varphi = 0.11880$
In Zürich war für
 $H_0 = 0.2132$
 $\lg \varphi_0 = 0.11597$ bei der
Temp. 15.°
Es war also $H = 0.2087$

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

$$i_1 = 104.90 \times \lg u_1 \quad | \quad i_2 = 112.99 \times \lg u_2$$

II. Ermittlung der Constanten der Potentialgalvanometer.

$$\begin{array}{ll} A = 25.06 & A = 24.62 \\ B = \frac{w + w_1}{w + w_0} = 111.71 & B = \frac{w + w_1}{w + w_0} = 114.03 \end{array}$$

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

451.8 ^{sk.}	481.1 ^{sk.}	die benachbarten Dynamos erregt.
451.9	481.2	
451.9	481.1	
451.8	481.1	
451.8 ^{sk.} = 453.6 ^{mm}	481.1 ^{sk.} = 483.1 ^{mm}	
Distanz	Distanz Scala-	
Scala-Spiegel = 1400.0 ^{mm}	Spiegel = 1400.0 ^{mm}	
also $\lg V = 0.15797$	demnach	
	$\lg V = 0.16768$	

Die Berechnung der Potentialdifferenzen hatte also nach der Formel statzufinden:

$$\Delta P = 19405 \times \lg v \quad | \quad \Delta P = 18334 \times \lg v$$

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 Bremssung 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 Hülfsquelle mit der Bremsscheibe ersetzt werden müssen. Dafür fehlte aber die Zeit, da drei Mitglieder der Messungskommission 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 selbstverständlich 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 modifizieren würde. Im „Nutzeffekte 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 16,

A. Messungen der Stromstärke.
Kriegstetten. Solothurn.

Ausschlag des Strommessers: Ausschlag des Strommessers:

	sk.		sk.
1 ^h 44'	329.8	1 ^h 44'	305.1
	333.7		306.2
45'	337.7	45'	306.3
	335.9		308.2
46'	335.7	46'	307.9

Mittel 334.6 Mittel 306.7

Wirkung der der Zuleitung —3.7 —1.6

$$\begin{array}{r} 330.9 \\ = 332.1^{mm} \end{array} \quad \begin{array}{r} 305.1^{sk.} \\ = 306.4^{mm} \end{array}$$

Distanz Scala-Spiegel = 1500^{mm} = 1500^{mm}
also $\lg u_1 = 0.10937$ $\lg u_2 = 0.10107$
und $i_1 = 104.90 \times \lg u_1$ $i_2 = 112.99 \times \lg u_2$
= 11.474 = 11.420

B. Messungen der Potentialdifferenzen.

Kriegstetten. Solothurn.

Ausschlag des Voltmeters: Ausschlag des Voltmeters:

	sk.		sk.
1 ^h 44'	255.0	1 ^h 44'	254.0
	253.8		254.8
45'	255.0	45'	254.0
	254.6		253.9
46'	252.0	46'	253.1

sk. 254.1 254.0
= 255.1^{mm} = 255.0^{mm}

Distanz Scala-Spiel = 1400^{mm} = 1400^{mm}

Es ist also $\lg v_1 = 0.09036$ $\lg v_2 = 0.09032$
Daraus folgt $\Delta P_1 = 1753.3$ Volt $\Delta P_2 = 1655.9$ Volt.

C. 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

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

D. Aus diesen gemessenen electricischen Grössen leiten sich ab:

$$\begin{array}{ll} \Delta P_1 \cdot i_1 = 20117 \text{ Volt-ampère} & \Delta P_2 \cdot i_2 = 18910 \text{ Volt-ampère} \\ = 27.36 PS. & = 25.71 PS. \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} E_1 = +P_1 + i_1 w_1 & E_2 = \Delta P_2 - i_2 \cdot w_2 \\ = 1836.5 \text{ Volt} & = 1575.3 \text{ Volt} \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} E_1 \cdot i_1 = 21077 \text{ Volt-ampère} & E_2 \cdot i_2 = 17990 \text{ Volt-ampère} \\ = 28.66 PS. & = 24.46 PS. \end{array}$$

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

V. Arbeitsverbrauch in Kriegstetten.

Während der Zeit 1^h 44' bis 1^h 46' war das Wasser-gefälle 3.435^m und die Zahl der benutzten Oeffnungen des Leit-

rades 34. Es wurde mithin in die beiden primären Maschinen die Arbeit eingeschickt:

$$\Delta P_1 = 0.904 \times 34 \times 1.0038 = 30.85 \text{ PS.}$$

VI. Bremsung der Dynamos in Solothurn.

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

$$\begin{aligned} \text{Tourenzahl der Bremsscheibe} &= 172 \\ \text{Durchmesser der Bremsscheibe} &= 1.320 \\ M_1 &= 181.5 \text{ K; } M_2 = 35 \text{ K.} \end{aligned}$$

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 **Nutzeffekte**:

$$\begin{aligned} N_1 &= \frac{\Delta P_1 \cdot i_1}{A_1} = 0.887 & n_1 &= \frac{E_1 \cdot i_1}{A_1} = 0.929 \\ N_2 &= \frac{A_2}{\Delta P_2 \cdot i_2} = 0.903 & n_2 &= \frac{A_2}{E_2 \cdot i_2} = 0.949 \\ \text{und } N &= \frac{A_2}{A_1} = 0.752 \end{aligned}$$

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	262.1

Wirkung der

Zuleitung	—3.0	—1.4
	sk.		sk.
	281.2	260.7
	= 282.3 ^{mm}		= 261.8 ^{mm}

Distanz Scala-

$$\text{Spiegel} = 1500^{\text{mm}} \quad \dots \quad = 1500^{\text{mm}}$$

Daraus ergibt

$$\begin{aligned} \text{sich } \lg u_1 &= 0.09328 & \lg u_2 &= 0.08660 \\ \text{Dieses liefert } i_1 &= 104.90 \times \lg u_1 \quad \dots \quad i_2 = 112.99 \times \lg u_2 \\ &= 9.785 \text{ Ampère} & &= 9.785 \text{ Ampère} \end{aligned}$$

II. Messungen der Potentialdifferenzen.

Kriegstetten.

Solothurn.

Ausschlag am Voltmeter:	298.3 Sk.	Ausschlag am Voltmeter:	304.3 Sk.
	300.7		308.0
8'	295.7	8'	297.8
	299.9		296.8
9'	300.8	9'	304.1
	sk.		sk.
Mittel	299.1	302.2
	= 300.3 ^{mm}		= 303.5 ^{mm}

Distanz Scala-

$$\text{Spiegel} = 1400^{\text{mm}} \quad \dots \quad = 1400^{\text{mm}}$$

$$\text{also } \lg v_1 = 0.10606 \quad \text{und } \lg v_2 = 0.10719$$

Es ist demnach

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

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

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

$$\begin{aligned} \text{III. Daraus ergeben sich die übrigen electricischen Grössen} \\ \Delta P_1 \cdot i_1 &= 20136 \text{ Volt-ampère} & \Delta P_2 \cdot i_2 &= 19229 \text{ Volt-ampère} \\ &= 27.38 \text{ PS.} & &= 26.15 \text{ PS} \\ E_1 &= \Delta P_1 + i_1 \cdot w_1 & E_2 &= \Delta P_2 - i_2 \cdot w_2 \\ &= 2128.7 \text{ Volt} & &= 1896.3 \text{ Volt} \\ E_1 \cdot i_1 &= 20829 \text{ Volt-ampère} & E_2 \cdot i_2 &= 18556 \text{ Volt-ampère} \\ &= 28.32 \text{ PS.} & &= 25.23 \text{ PS.} \\ \Delta P_1 - \Delta P_2 &= 92.7 \text{ Volt und } W \cdot i = 88.4 \text{ Volt.} \end{aligned}$$

V. Arbeitsverbrauch in Kriegstetten.

In der Zeit 2^h 7' bis 2^h 9' betrug das Wassergefälle 3.435; 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' und 2^h 9' wurde in Solothurn ein Bremsversuch ausgeführt, welcher folgende Daten lieferte:

$$\begin{aligned} \text{Tourenzahl der Bremsscheibe} &= 215 \\ \text{Durchmesser der Bremsscheibe} &= 1.320 \\ M_1 &= 146.5 \text{ K; } M_2 = 30 \text{ K} \end{aligned}$$

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.

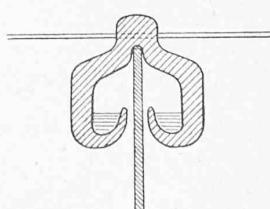
VI. Diese Versuchsreihe liefert die Nutzeffekte:

$$\begin{aligned} N_1 &= \frac{\Delta P_1 \cdot i_1}{A_1} = 0.888 & n_1 &= \frac{E_1 \cdot i_1}{A_1} = 0.918 \\ N_2 &= \frac{A_2}{\Delta P_2 \cdot i_2} = 0.881 & n_2 &= \frac{A_2}{E_2 \cdot i_2} = 0.913 \\ N &= \frac{A_2}{A_1} = 0.747 \end{aligned}$$

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 isolierenden 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 isolierenden 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 Oberfläche 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 Messungsresultate 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
11. Octbr. 4 ^h 14'—16'	13.24	13.29	regnerisch.
12. Octbr. 1 ^h 44'—46'	11.47	11.42	
12. Octbr. 2 ^h 7'—9'	9.78	9.78	Kein Regen.

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:

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

11. Octbr. 3 ^h 51'—53'	1178	1042	136	131	Witterung sehr
11. Octbr. 4 ^h 14'—16'	1187	1067	120	122	regnerisch.
12. Octbr. 1 ^h 44'—46'	1753	1656	97	104	
12. Octbr. 2 ^h 7'—9'	2058	1965	93	88	Kein Regen.

Diese Messungsresultate 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 zu kommt, 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 Arbeitsleistung 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.

A. 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

B. Messungen der Stromstärke:

Kriegstetten. Solothurn.

Ausschlag des Strommessers:	Ausschlag des Strommessers:
sk.	sk.
2 ^h 54'	2 ^h 54'
229.0	208.7
228.5	209.4
229.5	210.4
228.8	211.6
228.5	210.7
230.6	210.2
226.9	210.4
228.9	207.3
230.5	208.1
229.0	209.4
228.5	207.4
228.7	208.6
229.4	208.6

Mittlerer } 229.0 209.3

Ausschlag } = 229.0 = 209.3

Wirkung d.

Zuleitung	—3.6	—0.2
	225.4	209.1
	= 226.3	= 209.9

Distanz Splegel-

$$\text{Scala} = 1500 \text{ mm} = 1501.0 \text{ mm}$$

Daraus folgt: $\lg u_1 = 0.07501$ $\lg u_2 = 0.06960$

$$\text{Da } C = 104.90 \quad C = 112.99$$

so war die mittlere Stromstärke $i_1 = 7.868$ Ampère. $i_2 = 7.864$ Ampère.

C. Messungen der Potentialdifferenzen.

Kriegstetten. Solothurn.

Ausschlag des Voltmeters:	Ausschlag des Voltmeters:
sk.	sk.
2 ^h 54'	240.0
236.9	239.5
236.5	238.1
236.5	238.1
236.7	237.6
236.9	237.2
236.5	237.2
236.7	237.2
237.7	238.2
237.1	239.5
237.5	240.3
236.5	240.8
236.7	243.2
237.2	243.7

Mittlerer Ausschlag 236.9 239.6
= 237.8 = 240.6

Distanz Scala-Spiegel
war 1400 1401

das gibt $\lg v_1 = 0.08432$ $\lg v_2 = 0.08524$

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

liefert aus den Werthen der Constanten:

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

$$A_1 = 25.06 \quad \text{u. } A_2 = 24.62$$

$$B_1 = 111.71 \quad \text{B}_2 = 114.03$$

$$\lg V_1 = 0.15798 \quad \lg V_2 = 0.16767$$

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 electrischen 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 Besucher machen, bleibt in verstärktem Grade fortbestehen, sobald der Besucher der Maschinenformen zum messenden Verfolgen der in den Maschinen ablaufenden electrischen Prozesse übergeht.

Uebersichtliche Zusammenstellung der erlangten Messungsresultate.

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 electrischen Grössen.

Zeit	ΔP_1	ΔP_2	i_1	i_2	w_1	w_2	W	
II. Oct. 3 ^h 51'-53'	1177.7	1042.0	14.204	14.177	3.797	3.770	9.228	
II. Oct. 4 ^h 14'-16'	1186.8	1066.9	13.245	13.286	3.797	3.770	9.228	$\left. \begin{array}{l} \text{Lufttemp.} \\ = 7^{\circ}.5 \end{array} \right.$
II. Oct. 1 ^h 44'-46'	1753.3	1655.9	11.474	11.420	7.251	7.060	9.044	
II. Oct. 2 ^h 7'-9'	2057.9	1965.2	9.785	9.785	7.240	7.042	9.040	$\left. \begin{array}{l} \text{Lufttemp.} \\ = 3^{\circ}.2 \end{array} \right.$

B. Die abgeleiteten electrischen Grössen.

Zeit	$\bar{i} \cdot W$	$\Delta P_1 - \Delta P_2$	E_1	E_2	$E_1 - E_2$	$\bar{i} \cdot (W + w_1 + w_2)$
II. Octbr. 3 ^h 51'-53'	130.9	135.7	1231.6	988.6	243.0	238.3
II. Octbr. 4 ^h 14'-16'	122.4	119.9	1237.1	1016.8	220.3	222.8
II. Octbr. 1 ^h 44'-46'	103.6	97.4	1836.5	1575.3	261.2	267.4
II. Octbr. 2 ^h 7'-9'	88.4	92.7	2128.7	1896.3	232.4	228.2

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

1 PS = 735.4 Volt-Ampère.

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

D. Die verschiedenen Nutzeffekte.

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

Schlussfolgerungen aus den erhaltenen Messungsresultaten.

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

1. Die in Kriegstetten und Solothurn funktionirenden Dynamos liefern einen commerziellen Nutzeffect zwischen 0.87 und 0.89.

Vergleiche des commerziellen Nutzeffektes dieser Maschinen mit dem commerziellen Nutzeffecte anderer Maschinen lassen sich nicht wol anstellen, da fast alle für andere Maschinen angegebenen Nutzeffekte aus electrischen 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 electrischen 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 erkennbar Spur von Ableitung des electrischen 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 electrischen 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 der 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 verbunden sind.

3. Der Nutzeffect der electrischen Arbeitsübertragung zwischen Kriegstetten und Solothurn beträgt in dem Falle, dass beide primären und beide secundären Dynamos funktioniren und die ersteren eine Arbeit von circa 31 PS aufnehmen, fast genau 75 %. In dem Falle, dass nur je eine primäre und eine secundäre Dynamos 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 Nutzeffektes im letztern Falle ist in vollem Einklange mit der Theorie der electrischen Arbeitsübertragung. Denn nach der letzteren ist der Nutzeffect der Uebertragung gleich dem

Producte der kommerciellen 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 *nabezu* gleich, während der Quotient aus den beiden genannten Potentialdifferenzen, oder, was dasselbe besagt, die Grösse $1 - \frac{i \cdot W}{\mathcal{A} P_1}$ bei variabler Beanspruchung der

Anlage erhebliche Aenderungen erleidet und zwar um so grösser ausfällt, je grössere Potentialdifferenzen $\mathcal{A} P_1$ bei *nabezu* 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 electrische Arbeitsübertragung noch nirgends erreicht worden. Mehrere physikalische Ursachen wirken zusammen, um dieses so ausserordentlich günstige Resultat zu gestalten: der hohe commercielle Nutzeffect (87 %—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.

Alimentation d'eau de la Chaux-de-fonds.

(Avec une planche.)

Dimanche 27 Novembre la population de la Chaux-de-fonds a célébré avec enthousiasme l'inauguration de l'entreprise des eaux. La fête a eu une réussite complète, chose facile à comprendre, si l'on pense à toutes les difficultés que présentait le problème de fournir à cette localité, située dans une haute vallée jurassique, une eau abondante et pure. Jusqu'à présent la Chaux-de-fonds avec une population de 25000 habitants ne disposait que de quelques puits et d'un nombre assez considérable de citerne recevant l'eau des toits; le 27 novembre un magnifique jet d'eau, établi pour la circonstance, ornait une des places du village et une série d'hydrants, lançant leurs eaux vers le ciel, démontraient à la population l'heureuse solution du problème et la réussite du projet hardi et grandiose, qui vient d'être exécuté. L'eau qui alimente aujourd'hui la grande cité montagnarde, jaillit au bord de l'Areuse entre Noirague et Champs du Moulin; elle est élevée au moyen de la force motrice de la rivière à une hauteur de près de 500 mètres; depuis le point culminant elle descend avec une pente de 2% jusqu'au réservoir; la distance entre les sources est la localité et de 20 kilomètres.

Pour bien comprendre les motifs qui ont engagé les autorités à choisir un projet, présentant autant de difficultés et pour apprécier le résultat obtenu il est utile et d'ailleurs intéressant de faire un résumé historique des nombreuses études faites dans le but de procurer à la Chaux-de-fonds de l'eau potable et d'énumérer les divers projets qui ont surgi successivement. Cet exposé sera suivi de l'analyse du projet définitif.

Esquisse historique.

La Chaux-de-fonds est située, à une altitude moyenne de 1000 mètres au dessus de la mer, dans un haut vallon du Jura,

qui ferme un bassin hydrographique relativement petit: sa longueur ne dépasse pas 6 kilomètres et sa largeur moyenne est de 700 mètres environ. Les eaux pluviales disparaissent sans laisser de traces tant soit peu importantes. Ce fait est dû à la disposition verticale des couches et à la nature fissurée des roches formant les collines qui s'élèvent au nord et au sud de la vallée. La principale source est la Ronde; elle jaillit au point le plus bas de la localité, mais son débit est fort irrégulier et ne dépasse pas 150 litres par minute à l'étiage. En cas de mauvais temps l'eau est malproprie et les analyses ont démontré qu'elle contient beaucoup de matières organiques. A côté de la source de la Ronde il n'y a dans la vallée de la Chaux-de-fonds que 3 ou 4 filets d'eau de peu d'importance.

En franchissant les collines qui s'élèvent au midi de la vallée on se trouve dans la Combe des Crosettes. Ici encore on rencontre quelques sources d'un débit fort variable. Vu l'imperméabilité du sol, formé par des roches marno-calcaires les eaux pluviales s'écoulent rapidement et en temps de sécheresse les sources deviennent insignifiantes.

Derrière la chaîne de montagnes qui limitent la vallée des Crosettes au sud, se trouve d'un côté le vallon de la Sagne, de l'autre côté la partie supérieure du vallon de St. Imier, les Convers et la Combe aux Anges. Dans les deux vallons apparaissent quelques sources d'un débit fort variable: assez abondantes pendant un été pluvieux, elles ne donnent que des quantités insignifiantes d'eau en hiver ou après quelques semaines de sécheresse.

C'est en 1844 que Mr. le Dr. Droz souleva pour la première fois la question de l'alimentation d'eau de la Chaux-de-fonds. Tout en signalant l'insuffisance et la malpropreté des puits et citerne, il proposa de remédier à cet état des choses soit en amenant l'eau des sources environnantes, soit en creusant plusieurs puits artésiens, soit en allant chercher les eaux de la vallée des Crosettes et des Roulets ou celles des Convers et de la Sagne.

A partir de cette époque le problème préoccupait incessamment les autorités et les habitants de la localité mais pendant un quart de siècle la question ne fit pour ainsi dire pas un pas en avant. Plusieurs ingénieurs présentaient des projets, basés tantôt sur l'une tantôt sur l'autre des propositions de Mr. le Dr. Droz: nous mentionnerons ceux de MM. Clerc & Couché (1853), Mérien, père (1854), Graeser (1855), Chanoix (1857) etc., mais aucun de ces projets ne rencontra l'approbation des autorités municipales. D'une manière générale leurs auteurs exagéraient le débit des sources et lorsque les commissions municipales procédaient aux jaugeages d'une manière sérieuse et régulière, on constatait l'insuffisance absolue en temps de basses eaux. Malgré bien des travaux et bien des recherches sur le terrain il fut reconnu que même en réunissant toutes les sources jaillissantes au-dessus du niveau et dans le cercle restreint de la Chaux-de-fonds, il serait impossible de donner à cette localité suffisamment d'eau pour permettre l'organisation d'un service régulier et que d'ailleurs le volume d'eau fourni par ces sources ne serait pas en rapport avec les dépenses qu'occasionnerait l'exécution d'un projet semblable.

A partir de 1870 la question fut posée à un point de vue absolument nouveau pour le pays; dans sa brochure „De l'alimentation d'eau à la Chaux-de-fonds“ Mr. Léo Jeanjaquet, Ingénieur à Neuchâtel, considérant la position topographique et géologique de cette localité, convaincu qu'il était inutile de songer à alimenter d'eau la Chaux-de-fonds au moyen des sources voisines connues, inutile aussi d'en chercher de nouvelles à proximité, proposait l'emploi de l'eau du Doubs, de l'Areuse ou du Lac des Taillères. Il développe à grands traits chacune de ces idées: Employer le Doubs comme force motrice en faisant la prise d'eau au pied du saut à la sortie du lac des Brenets pour refouler une partie de la magnifique source de la Roche à une hauteur de 420 m, dériver l'Areuse en aval du Champ-du-Moulin pour éléver une source voisine donnant 1500 l d'eau par minute au point culminant du tunnel des Loges, soit