Brems-Ergebnisse an der 9700 PS Hochdruck-Francis-Turbine der Anlage Centerville der "California Gas and Electric Corporation of San Francisco"

Autor(en): **[s.n.]**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **53/54 (1909)**

Heft 17

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-28136

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

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

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

z. B. Adolf Hildebrand mit tiefem Verständnis tut. Bei Dingen von solcher Wichtigkeit für den Nationalbesitz, wie es das Gewandhaus z. B. ist, wird man sicher auf die besten Kräfte rechnen können.

Nun sind zwar die Gewandhäuser in Deutschland selten, aber die Frage bleibt wichtig auch an geringeren Plätzen. Wir haben nichts so überflüssig oft anhören müssen, wie die angebliche Weisheit der Tradition, dahinter sich die Stilarchitekten hochmütig versteckten, wenn wir die Kunst in ihrer kläglichen Nachahmung bezweifeln mussten. Das wäre nun freilich Tradition, wenn allerorts Baukünstler sässen mit dem Takt und dem Geschmack, zum Alten das Eigene so anzufügen, dass es trotz seinem neuen Stil im innerlichen Zusammenhang des Materials, der Farbe und der Baumasse bliebe. Dass sie sich mehren, ist unsere fröhliche Gewissheit, und dass gerade sie von dem angewöhnten Stilgefühl am heftigsten als fremd und störend empfunden werden, ist der Humor davon, von dem z. B. die Zürcher Architekten Bischoff und Weideli mit ihrer neuen Börse in Basel das Ihrige erlebten (Bd. LII, S. 1 mit Bildern u. Tafel). Man möge nur den Mut aufwenden, den Fischmarktbrunnen der notwendig veränderten Situation zuliebe mehr vor die Mitte ihrer einfachen Giebelwand zu schieben, um zu erkennen, wie gut sich Altes und Neues hier verträgt.[1])

Schwieriger freilich wird die Frage, wenn — wie bei Brücken, Bahnhöfen usw. — der Neubau sich technisch solcher Angliederung widersetzt! Wir haben ja der Beispiele genug, dass sich dem Stil der Stadt zuliebe schlanken Eisenbogen Brückenköpfe vorsetzen, die nun nach beiden Seiten entsetzlich sind. Auch hier scheint mir das Hirngespinst des Stils gefährlicher, als das Problem sonst ist. Die alte Kölner Eisenbahnbrücke lief trotz der dünnen Türmchen gar nicht so übel an den Dom, und jedenfalls viel besser, als die neue mit dem romanischen Gebäude von Schwechten es verspricht. Ein graues Eisengitterwerk steht, wenn die Bögen nicht gar so hässlich sind, sehr gut zu den alten Dächermassen. Nun gibt es freilich Stellen, wo alte Zeiten so festverbunden zusammenstehen, dass man sich ihnen fügen muss; da bleibt dann besser das Eisen ganz beiseite, wie es bei der Augustusbrücke in Dresden durch den Entwurf von Kreis sehr schön geschah, der mit seinen schweren Bögen nur als das Fundament der Bauten ringsum wirkt.

Das führt uns wieder zum Schlusse unsrer Betrachtung darauf zurück, dass nichts in dieser Frage verderblicher sei, als Stilgelehrsamkeit, der nicht vom eigenen Geschmack die strengste Selbstzucht künstlerischer Haltung angelegt ist."

[1]) Dies war von Anfang an in Aussicht genommen. Die Red.

Brems-Ergebnisse an der 9700 *PS* Hochdruck-Francis-Turbine der Anlage Centerville der „California Gas and Electric Corporation of San Francisco".

Ueber die in Band LII, Seite 111 u. ff. beschriebene Turbine liegen nun ausführliche Bremsresultate vor, die uns der Konstrukteur der Turbine, Ingenieur *Arnold Pfau* in Milwaukee Wis., freundlich mitgeteilt hat und die hier noch wiedergegeben werden sollen:

«Von einer mechanischen Bremsung konnte bei der Grösse der Einheit z. Zt. noch nicht die Rede sein.[1]) Ebenso war es aus Betriebsgründen nicht möglich, eine künstliche Belastung durch Anwendung eines Wasserwiderstandes zu erzeugen. Da aber das Kraftnetz der «Corporation», wie in dem eingangs erwähnten Aufsatz geschildert, ein sehr grosses ist, konnte ohne Bedenken alle Energie an das Netz abgegeben werden. Der Generator blieb daher während der ganzen Zeitdauer der Belastungsproben mit dem Netze parallel geschaltet. Aus diesem Grunde musste die Verschiedenheit der Umlaufzahl der Einheit nach Massgabe der Betriebsverhältnisse mit in Kauf genommen werden. Die elektrische Energie wurde von geaichten Instrumenten (U. S. Standard) abgelesen, sowohl Stromstärke und Spannung, als auch die effektiven Kilowatt, woraus die Phasenverschiebung (Power factor) für jede Ablesung festgestellt werden konnte. Die Umlaufzahl wurde durch Frequenzmesser und direkt durch Tachometer abgelesen. Um über die Reibungsverluste in der Rohrleitung und dem Turbinen-Spiral-Gehäuse Daten zu erhalten, wurden die Wasserstände im Ober- und Unterwassergraben, sowie die Pressungen unmittelbar oberhalb des rund 5,5 *m* von dem Wellenmittel der Turbine entfernt liegenden

[1]) Die «Westinghouse Machine Company» in Pittsburg Pa. verwendet, laut Beschreibung in der amerikanischen Zeitschrift «Power and the Engineer», Juni 30. 08, zur Bremsung ihrer Dampfturbinen eine sogenannte Wasserbremse, mit der Leistungen bis zu 10000 *PS* bei 750 *Uml./Min.* ohne Schwierigkeit abgebremst werden können.

Bremsergebnisse der 9700 *PS* Hochdruck-Francis-Turbine der Allis-Chalmers Co. (siehe Bd. LII, S. 111).

Versuch	n	P	E	$P_1 = \frac{P}{E}$	Q	H_0	H_1	H_2	H	$P_2 = \frac{Q \cdot \gamma \cdot H \cdot 0{,}746}{76}$	$E_1 = \frac{P_1}{P_2}$	$E_2 = \frac{P}{P_2}$	φ
1	397	4500	97,22	4628,5	3155	173,8	4,24	0,948	178,25	5517,0	83,9	81,56	0,606
2	402	4000	96,98	4124,5	2830	175,8	4,26	0,762	180,09	4998,6	82,51	80,02	0,562
3	400	3500	96,66	3621,0	2517	177,2	4,30	0,603	181,37	4477,2	80,87	78,17	0,495
4	402	3000	96,21	3118,0	2076	177,2	4,33	0,469	181,26	3942,3	79,09	76,09	0,416
5	404	2600	95,74	2715,5	2017	179,3	4,36	0,387	183.31	3627,3	74,86	71,67	0,382
6	397	2100	94,87	2213,4	1733	178,7	4,39	0,286	182,64	3104,0	71,30	67,65	0,314
7	378	1650	93,67	1762,0	1518	179,3	4,45	0,219	183,23	2728,3	64,58	60,47	0,247
8	400	1950	94,52	2063,0	1669	179,3	4,42	0,265	183,25	3000,6	68,75	64,98	0,292
9	378	2675	95,84	2791,0	2058	177,2	4,36	0,402	181,23	3658,3	76,29	73,12	0,393
10	378	3175	96,38	3294,0	2343	175,8	4,33	0,524	179,92	4135,3	79,65	76,77	0,450
11	384	4000	96,98	4124,5	2830	173,8	4,26	0,762	178,09	4943,1	83,44	80,92	0,540
12	390	4600	97,26	4729,3	2312	172,9	4,24	0,985	177,39	5589,5	84,61	82,29	0,620
13	390	5000	97,41	5132,8	3463	172,9	4,21	1,143	177,52	6032,2	85,28	82,79	0,685
14	379	5600	97,57	5738,2	3865	172,3	4,18	1,421	177,17	6715,9	**85,44**	**83,38**	**0,744**
15	397	6125	99,78	6268,3	4242	171,7	4,15	1,717	176,83	7355,2	85,22	83,35	0,855
(16)	(400)	(7000)	(97,86)	(7153,0)	—	—	—	—	—	—	(83,30)	(81,50)	1,00

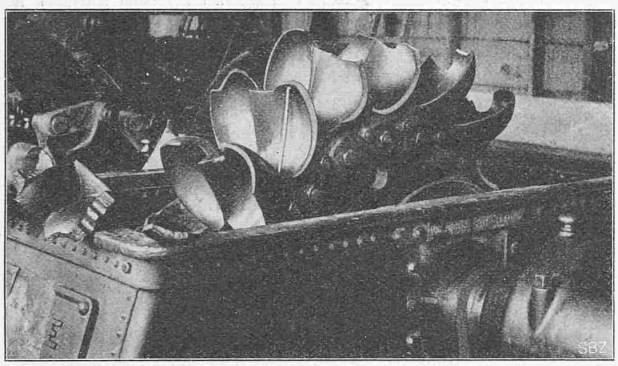
Erläuterung zur Bremstabelle: P = Belastung an der Schalttafel in *kw*; E = % Wirkungsgrad des Generators (mit Ausnahme der Ventilations- und Reibungsverluste, an Ort und Stelle bestimmt); P_1 = Effektive Leistung der Turbine in *kw*; Q = Wassermenge in *l/Sek.*; H_0 = Effektives Druckgefälle in *m*; H_1 = Statisches Sauggefälle in *m* (als Differenz zwischen jeweiligem Unterwasserspiegel und Wellenmittel); H_2 = Gefällshöhe der Einlaufsgeschwindigkeit in *m*; H = Totales Gefälle in *m* (Arithmetische Summe aus Effektivgefälle, Sauggefälle, Gefällshöhe minus 0,732 *m* Höhenunterschied zwischen Messstelle des Druckmanometers und dem Wellenmittel: $H = H_0 - 0{,}732 + H_1 + H_2$); P_2 = Absolute Leistung der Turbine in *kw* (aus Gefälle und Wassermenge, $P_2 = \frac{Q \cdot \gamma \cdot H \cdot 0{,}746}{76}$; E_1 = Wirkungsgrad der Turbine in %; E_2 = Wirkungsgrad der Gesamteinheit in %; n = Minutliche Umlaufzahl; φ = Beaufschlagungsverhältnis bezogen auf 7000 *kw* = 1 : 1; γ = 1000 *kg* Gewicht von 1 m^3 Wasser. 1 kg/cm^2 = 10,33 *m* Wassersäule. 1 *PS.* (amerikanische Pferdekraft) = 76 *mkg* oder 0,746 *kw*.

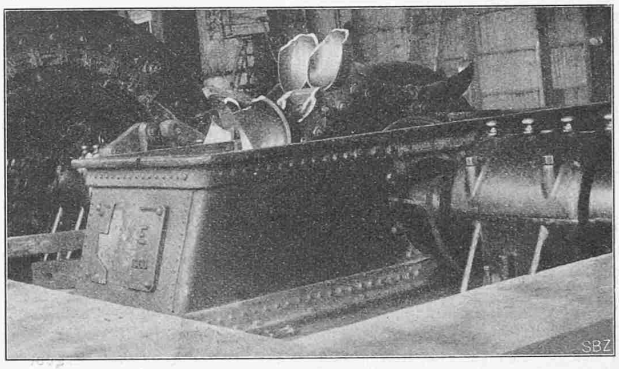
Absperrschiebers, sowie an einzelnen Stellen des Spiralgehäuses beobachtet. Das dynamische Sauggefälle wurde mittelst Vakuummeter am Ablaufkrümmer der Turbine gemessen, jedoch auch der Wasserspiegel am Ende des Unterwassergrabens notiert, um aus demselben das statische Sauggefälle bestimmen zu können. Die Wassermenge bestimmte man mit Hilfe eines in den Unterwassergraben gebauten Ueberfalls, ohne Seitenkontraktion (nach Francis); der Ueberfall war 4,73 *m* breit. Die Messung der Ueberfallshöhe geschah in doppelter Weise, einmal mittelst Hacken, zugleich auch mit einer Purette. Diese letztern Messungen wurden unter Beobachtung aller Vorsichtsmassregeln in einer besondern, mit dem Unterwassergraben kommunizierenden Betonkammer vorgenommen, in welcher der Wasserspiegel ruhig gehalten werden konnte.

Die in der vorstehenden Tabelle gegebenen Werte sind das Mittel aus je drei fünfminutlichen Dauermessungen. Sämtliche Ablesungen wurden von Ingenieuren der Bestellerin gemacht, um jede Beeinflussung von Seite der Lieferantin auszuschliessen.

Eine kürzlich vorgenommene Inspektion der Turbine hat erfreulicherweise gezeigt, dass eine Abnützung noch nirgends erkennbar ist, trotzdem sie nunmehr seit November 1907 in ununterbrochenem Betriebe steht und den kalifornischen Witterungsverhältnissen gemäss die schlimmste Hälfte des Jahres, nämlich die Sturzregenperiode mit sehr trübem Betriebswasser mitgemacht hat.

Es dürfte somit durch diese Ausführung wohl erwiesen sein, dass eine richtig konstruierte, einstufige Reaktionsturbine für hohes Gefälle und Leistung einem Löffelrade nicht nur deshalb vorzuziehen ist, weil zufolge der bedeutend höheren Umlaufzahl die ganze hydroelektrische Einheit billiger wird, sondern weil auch der Wirkungsgrad demjenigen eines ebenso richtig durchkonstruierten Löffelrades unbedingt voransteht, selbst unter Nichtberücksichtigung des stets noch ausgenützten Sauggefälles. Zudem ist eine Reaktionsturbine viel eher geeignet, bei allfälligem Durchbrennen der Einheit die Leerlaufs-Umlaufzahl schadlos mitzumachen, als ein Löffelrad mit einzeln am Kranz befestigten Löffeln, wo durch allmählige Kristallisation des Bolzenmateriales schon wiederholt grosse Betriebsgefahr und Demolierung ganzer Einheiten entstanden sind. Diese Erfahrung wurde in letzter Zeit bei von wohlbekannten und im Bau von Löffelrädern nicht unerfahrenen Firmen gebauten Anlagen in Kalifornien wiederholt gemacht. Herr Pfau hatte selbst Gelegenheit, anlässlich seiner Studien an der Turbine, dicht neben einem 900 *kw* Löffelrade zu stehen, als von demselben ein 56 *kg* schwerer Stahlguss-Löffel abflog, der nicht einen der andern 18 Löffel unversehrt liess (siehe vorstehende Abbildungen) und gerade daran war, das ganze Gehäuse aus den Fundamenten zu reissen und zu demolieren, ähnlich dem Vorfalle an einer 5500 *kw* Einheit der Kraftwerke Electra, Cal.





Durch Wegfliegen eines 56 *kg* schweren Löffels zerstörtes Peltonrad in der Zentrale Centerville.

Im Nachfolgenden soll noch ein Vergleich gemacht werden zwischen den Garantieziffern und den durch die Bremsung festgestellten:

	Garantie	erreicht	plus
Voll Last 9700 *PS.* = 7000 *kw*	80 %	83,3 %	3,3 %
3/4 Last 7300 *PS.* = 5250 *kw*	82 %	85,4 %	3,4 %
1/2 Last 4850 *PS.* = 3500 *kw*	77 %	80,87 %	3,87 %

Der höchste Wirkungsgrad (85,44 %) liegt laut Bremsung in der Nähe der 3/4 Belastung, es decken sich also Berechnung und Konstruktion nach dem Bremsergebnis genau. Die in der Tabelle mit φ bezeichneten Werte sind Verhältnisse der am Gleitringe abgemessenen Hübe und des gleich 1 gesetzten Hubes für 7000 *kw*. Diese Hübe sind auch annähernd proportional den Leitradöffnungen. Bei Erwägung der folgenden Umstände dürften sich aber die Wirkungsgrade in Wirklichkeit durchwegs noch etwas höher ergeben:

1. Wie Kolonne 3 der Tabelle zeigt, scheint der Wirkungsgrad des Generators ein sehr hoher zu sein.[1]) Da direkte Versuche über Ventilations- und Reibungsverluste am Platze nicht vorgenommen werden konnten, wurde hiefür die von der Erstellerin angegebene (offenbar etwas zu günstige) Ziffer von 60 *kw* adoptiert. Die totalen Verluste, nämlich Ventilation-, Reibung-, Eisen- und Kupferverluste der Armatur usw. betragen 110 bis 148 *kw* zwischen 0 und 6500 *kw*.

2. Das Kühlwasser der Doppel-Ringspur der Turbine ergoss sich in den Unterwassergraben *oberhalb* des zur Messung eingebauten Ueberfalles, ebenso die Abwässer der Steuerung der Druckregulierung und die, wenn auch ganz geringen Verluste, im Hauptventil derselben.

3. Der Unterwasserkanal vom Ende des Saugrohres bis zum Ueberfall hat eine abgewickelte Länge von 31,5 *m*. Er besteht aus einem etwa 20 *m* langen Stollen von 1,815 *m* Breite und 2,740 *m* Höhe und einem offenen Betongerinne mit sanftem Bogen von 91 Grad. Der Stollen lief zur Zeit des Versuches voll, da zufolge Einbaues des Ueberfalls der Unterwasserspiegel rund 1 *m* über dem normalen zu liegen kam. Es war also dadurch zu dem normalen Saugrohr noch ein rd. 27 *m* langes zylindrisches Stück hinzugefügt worden, was zweifelsohne das effektive Sauggefälle infolge Rückstaues vermindert hatte, ohne dass diese Verminderung mit berücksichtigt worden wäre.

[1]) Dieser wurde von der «Stanley Electric Manufacturing Company, Pittsfield, Mass.» geliefert und aus Transportgründen so leicht als möglich gebaut. Die Rotorscheiben sind aus Stahlblech hergestellt und durchlöchert, um reichliche Ventilation zu erzeugen. Die zwei Hauptlager sind wassergekühlt und haben 406 *mm* Durchmesser und 1220 *mm* Schalenlänge.

Die an dieser Hochdruck-Francis-Turbine im Betriebe gemachten zahlreichen Versuche haben erschöpfendes Material geliefert, um die Frage des Spaltverlustes und des axialen Schubes bei einfachen (einseitig ausgiessenden) Francisturbinen selbst für die höchsten Gefälle gründlich abzuklären; ihr Erbauer glaubt sich zu dem Ausspruche berechtigt, dass dem Baue von einstufigen, einfachen Hochdruck-Francis-Turbinen für sehr grosse Einheiten und Gefälle bis zu 300 *m* weder konstruktive noch betriebstechnische Schwierigkeiten im Wege stehen, sobald das Beaufschlagungswasser frei ist von Quarzsand, Mineralsäuren u. dgl.»

Miscellanea.

Rheinschiffahrt Basel-Bodensee.[1]) Am 18. April fand in Schaffhausen eine Konferenz statt, welche die Subventionierung des «Nordostschweizerischen Schiffahrtsverbandes» für Aufstellung der Projekte und Kostenvoranschläge und die wirtschaftliche Begutachtung der Rhein-Bodensee-Schiffahrt bezweckte. Anwesend waren Vertreter der Regierungen der Kantone Aargau, Zürich, Schaffhausen, Thurgau, St. Gallen, Appenzell a. Rh. und Graubünden, sowie der Stadtpräsident von Schaffhausen und der Präsident des Nordostschweizerischen Schiffahrtsverbandes. Der Konferenz lagen sowohl für ein generelles wie auch für ein detailliertes Projekt verbindliche Offerten vor. Es wurde grundsätzlich beschlossen, nur die einlässliche Projektierung finanziell zu unterstützen und die definitive Verteilung der Kosten auf die Verbandskantone vorzunehmen, nachdem der Verband auch die Regierungen von Baselstadt, Baselland und Appenzell I.-Rh., sowie die sämtlichen direkt interessierten Gemeinden und die zwischen Basel und Konstanz liegenden Kraftwerke um Unterstützung angegangen haben wird.

[1]) Band LII, Seite 297. Band LIII, Seite 196.