

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 13/14 (1889)
Heft: 18

Artikel: Reibungsarbeit in Dampfmaschinen
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-15681>

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: 21.02.2026

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

INHALT: Reibungsarbeit in Dampfmaschinen. — Wettbewerb zur Erlangung von Entwürfen für zwei Realschulgebäude in St. Gallen. — Zur Preisvertheilung an der Pariser Weltausstellung. — Literatur: Die eidgenössische polytechnische Schule in Zürich. — Miscellanea: Die neue Schiene der Paris-Lyon-Méditerranée-Bahn. Eisenbahnen in Griechenland. Einführung einer einheitlichen Zeitrechnung in Deutschland. Architektur der Verkehrsbauten. Bundesgesetz betreffend die Erstellung

von Telegraphen und Telephonlinien. Ausbau der bayerischen Staats-eisenbahnen. — Concurrenten: Gerichtshausbau in Bremen. Diplom für die schweizerischen Lehrlingsprüfungen. Synagoge in Gross-Glogau. Erweiterungsbau der Stadtbibliothek in Frankfurt a. M. Electricitätswerk für die Stadt Bremen. Schulhaus in Langensalza. — Necrologie: † Gottlieb Hirsbrunner. — Vereinsnachrichten: Stellenvermittlung. — Hiezu ein Tafel: Tour de 300 mètres. Ensemble et détails du panneau 17 (Partie supérieure).

Reibungsarbeit in Dampfmaschinen*).

Die Bestimmung des Leistungsgrades einer Dampfmaschine mittels Bremsversuchen ist eine mühsame Sache; die Lieferungsverträge lauten daher meist auf indicirte Arbeit, da diese leicht zu ermitteln ist. Wäre die Reibungsarbeit der Maschine constant, so könnte man dieselbe leicht durch Indicatorversuche beim Leergang derselben feststellen. Es wurde bis jetzt aber durchwegs angenommen, dass die Reibungsarbeit bei wachsender Belastung des Motors ebenfalls wachse, dass es daher nicht angängig sei, von der Gesamtarbeit der Maschine einfach die indirecte Leerlaufarbeit abzuziehen, um den Nutzeffekt derselben zu erhalten.

Neuere hierauf bezügliche Versuche, die mit grosser Sorgfalt ausgeführt wurden, kommen zudem mit den bisherigen Annahmen in Widerspruch stehenden Resultat, dass die Leergangarbeit nahezu constant bei allen Belastungsgraden der Maschine sei, welches Resultat natürlich äusserst erfreulich für die Praxis des Dampfmaschinenbaues wäre, da damit die umständlichen, zeitraubenden und kostspieligen Bremsversuche überflüssig würden. Es wäre sehr zu begrüssen, wenn die zu schildernden Versuche auch anderwärts die Anregung zur Vornahme solcher geben würden.

Die Untersuchung der Reibungsarbeit beschränkte sich nicht nur auf die Bestimmung der Grösse derselben, sondern es wurde auch ihre Vertheilung auf die einzelnen Maschinenelemente ermittelt. Es geschah dies in der Weise, dass die Maschine von einer Welle aus mit Einschaltung eines Dynamometers angetrieben und hierauf Stück um Stück demontirt wurde, so dass der Einfluss der einzelnen Theile zum Ausdruck gelangen musste. Daneben wurden natürlich vergleichende Indicator- und Bremsversuche in grosser Zahl ausgeführt, die sich auf den normalen Zustand der Maschinen bei verschiedener Belastung bezogen.

Es wurden vier Maschinen untersucht; bezeichnet D den Cylinderdurchmesser und s den Kolbenhub, so ergab sich:

Erste Maschine: liegende Dampfmaschine mit $D = 0,15153 \text{ m}$, $s = 0,3048 \text{ m}$, Regulirung durch ein Drosselventil, Füllung von $0 - \frac{5}{8}$ verstellbar, Dampfvertheilung durch einen entlasteten Schieber, der aber auch ohne Entlastung arbeiten konnte.

Zweite Maschine: $D = 0,30285 \text{ m}$, $s = 0,4572 \text{ m}$, mit selbstthätiger Expansionsregulirung.

Dritte Maschine: eine Strassenlocomotive, $D = 0,17667 \text{ m}$, $s = 0,254 \text{ m}$, Coulissensteuerung mittelst zweier Excenter.

Vierte Maschine: Condensationsmaschine, $D = 0,53000 \text{ m}$, $s = 0,508 \text{ m}$, zum Zweck der Versuche angetrieben durch eine mit ihr im Verbund befindliche Hochdruckmaschine mit $D = 0,30289 \text{ m}$ und $s = 0,254 \text{ m}$.

Von den tabellarisch zusammengestellten Versuchen können wir natürlich nur eine sehr beschränkte Anzahl wiedergeben. Im Allgemeinen können wir nur die Mittelwerthe aus denselben aufführen, wollen aber für die erste Maschine eine Uebersicht über einzelne Versuche selbst mittheilen, um das System derselben anschaulich zu machen. Wie schon erwähnt, wurde die Maschine allmälig demontirt, Cylinderböden und Schieberkastendeckel abgeschraubt, her-nach aber wieder in der nämlichen Weise zusammengesetzt und dabei die Versuche wiederholt, sodass man jeweils für den nämlichen Zustand Controlversuche bekam. Auch wurde

die Kesselfassung, die Umlaufszahl, die Füllung, die Schmierung geändert und die Einflüsse dieser Factoren bestimmt.

Vertheilung der Reibungsarbeit in Maschine 1, mit dem Dynamometer gemessen:

Nr. des Versuches.	Reibungsarbeit HP.	Min. Umdr.	HP auf 230 Min. Umdr.	Dampf-überdruck in der Maschine Atm.	Zustand der Maschine.
I	1,556	208	1,710	0	In vollständigem Zusammenhang, Cylinder, Schieberkästen und alle Hähne offen.
2	1,622	205	1,822	0	
3	1,622	205	1,822	0	
4	1,122	230	1,122	0	
5	1,169	232	1,159	0	{ Kolben und Kolbenstange abgehängt.
6	1,259	244	1,189	0	Schieberkästen geschlossen und Schieber entlastet.
7	1,275	245	1,200	2,812	
23	1,573	186	1,925	3,164	
24	1,492	186	1,844	3,164	
25	1,525	201	1,728	2,953	
26	1,624	214	1,752	2,743	
27	1,634	201	1,868	2,602	{ Entlastung des Schiebers beseitigt, Dampfdruck auf den Rücken desselben.
28	1,599	217	1,690	5,203	
30	1,117	229	1,112	0	
31	1,642	218	1,732	5,203	
32	0,867	205	0,967	0	{ Kurbelaxe und Excenter.
33	0,830	207	0,922	0	
34	0,865	228	0,872	0	{ Excenterringe möglichst lose.
35	0,805	225	0,825	0	
36	0,960	227	0,972	0	Lenkstange an den Kreuzzapfen ange-schlossen.
39	1,072	215	1,147	0	
40	1,502	198	1,758	5,273	{ Bis auf Kolben und Kolbenstange die Maschine vollständig; Schieber nicht entlastet.
41	1,155	222	1,195	0	
42	1,715	211	1,867	4,711	
45	1,112	223	1,147	0	Schieber von der Schieberstange abgehängt.
47	1,251	222	1,299	0	{ Schieber wieder angeschlossen.
48	1,121	220	1,171	0	
43	1,165	224	1,195	0	Schieber entlastet und Schieberkästen geschlossen.
44	1,112	228	1,222	4,078	

Bildet man Gruppen, indem man die auf gleichen Zustand der Maschine bezüglichen Fälle zusammenfasst, so erhält man folgende Tabelle:

Gruppe	Mittlere Reibungsarbeit HP.	Reibung verursachende Maschinenteile.
A	0,849	Axialager
B	0,944	Axialager und Excentertringe.
C	0,972	Axialager und Kurbelzapfen.
D	1,165	Kreuzkopf und Zapfen, Excenter und Axialager.
E	1,796	Wie oben + Kurbelzapfen, Schieber nicht entlastet.
F	1,192	Wie D, Schieber entlastet.
G	1,211	Wie F, mit Dampfdruck.
H	1,785	Maschine vollständig, Schieber entlastet.

Hieraus ergibt sich durch Subtraction in folgender Weise die Reibungsarbeit der einzelnen Theile:

*) Nach einem Referat von Prof. Werner in Nr. 28 der „Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure“ über den im Novemberheft 1888 des „Journal of the Franklin Institute“ erschienenen bezüglichen Original-Artikel.

Gruppe	Reibungsarbeit HP.	Maschinenteile.
A	0,849	Axlager
B-A	0,095	Excenter
C-A	0,123	Kurbelzapfen.
D-C-(B-A)	0,098	Kreuzkopf und Zapfen.
E-D	0,631	Schieber nicht entlastet, unter Dampfdruck.
G-D	0,046	Schieber entlastet, unter Dampfdruck.
H-F	0,593	Dampfskolben und Stange.

oder in Procenten der Gesammtreibung und der Gesamtarbeit der Maschine ausgedrückt:

Maschinenteile	Schieber nicht entlastet			Schieber entlastet.		
	Reibungsarbeit HP.	% der Gesammtreibung	% der Kraftleistung	Reibungsarbeit HP.	% der Gesammtreibung	% der Kraftleistung
Axlager	0,849	35,4	4,2	0,849	47,1	4,2
Excenter	0,095	4,0	0,5	0,095	5,3	0,5
Kurbelzapfen	0,123	5,1	0,6	0,123	6,8	0,6
Kreuzkopf und Zapfen	0,098	4,1	0,5	0,098	5,4	0,5
Schieber unter Dampfdruck	0,631	26,4	3,2	0,046	2,5	0,2
Dampfskolben und Stange	0,593	25,0	3,0	0,593	32,9	3,0
Summe	2,389	100,0	12,0	1,804	100,0	9,0

Maschine 2 ergab ähnliche Resultate. In erster Linie blieb die Reibung constant = 8,91 HP. bei 190 Umdrehungen ob die Maschine belastet war oder nicht. Wir geben nun die prozentualische Zusammenstellung der Reibungsarbeit:

% der Gesammtreibung	% der Kraftleistung	Maschinenteile		
		Achslager	Schiebersteuerung	Dampfskolben, Kreuzkopf, Kreuz- und Kurbelzapfen.
41,6	3,7			
9,3	0,83			
49,1	4,35			
100,0	8,88			

Die dritte Maschine ergab die folgenden Resultate:

Maschinenteile	Reibungsarbeit	% der Gesammtreibung	% der Kraftleistung
Axlager	0,680	35,2	3,4
Kreuzkopf mit Zapfen und Kurbelzapfen	0,255	13,1	1,3
Excenter und Coulisse	0,165	8,2	0,78
Schieber nicht entlastet, ohne Voröffnung	0,030	1,5	0,15
Schieber unter 2,812 Atm. Dampfüberdruck	0,380	19,5	1,85
Kolben und Kolbenstange.	0,270	16,0	1,52
Kolbenringe	0,130	6,5	0,62
	1,916	100,0	9,62

Die vierte Maschine wurde durch den mit ihr verbundenen Hochdruckzylinder angetrieben, an welcher Indicatordiagramme abgenommen wurden, während die andere Hälfte allmälig demontirt wurde. Folgendes sind die Ergebnisse:

Maschinenteile	Reibungsarbeit	% der Gesammtreibung
Axlager	3,3	46
Kolben und Kolbenstange, Kreuzkopf und Kurbelzapfen	1,48	21
Schieber und Excenter	1,47	21
Luftpumpe und Condensator	0,88	12
Summe	7,13	100

Bleibt, wie nach obigen Versuchen sich ergibt, die Reibungsarbeit constant (und dies ergab sich durch besondere Versuche bei allen untersuchten Maschinen, selbst bei der Verbundmaschine; bei der Condensationsmaschine (4) waren die Schwankungen in der Reibungsarbeit lediglich eine Folge der mehr oder weniger reichlichen Schmierung), so folgt nothwendig, dass der Reibungscoefficient im Verhältniss der zunehmenden Belastung abnehmen musste. Und zwar zeigt sich diese Abnahme speciell für die Axlagen aus folgender Zusammenstellung:

Maschinen	Reibungsarbeit in den Axlagern	Belastung der Lager in kg.	Durchmesser cm	Reibungscoefficient beim		Min. Umdrehungen
				Leergang	Vollgang	
I	0,85	680	7,6	0,10	0,06	230
2*)	3,70	1179	12,7	0,19	0,05	190
3	0,68	227	7,0	0,31	0,08	200
4	3,30	1814	14,0	0,09	0,09	206

*) Neue Maschine mit grösserer Reibung.

Aber auch bei der vierten (Condensations-) Maschine blieb die gesammte Reibungsarbeit constant bei reichlicher Schmierung.

Die Schlussergebnisse sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

Maschinenteile	Procente der Gesammt-Reibungsarbeit				
	I. Schieber		II.	III.	IV.
	entlastet	nicht entlastet			
Axlager	47,1	35,4	35	41,6	46
Kolben und Kolbenstange	32,9	25,0	21		
Kurbelzapfen	6,8	5,1		49,1	21
Kreuzkopf	5,4	4,1	13		
Schieber	2,5	26,4	22	9,3	21
Excenter	5,3	4,0			
Coulisse und Excenter	—	—	9	—	—
Luftpumpe	—	—	—	—	12
Summe	100	100	100	100	100

Diese Tabellen sind für den Dampfmaschinenbauer von hohem Interesse und können ihm sehr nützlich werden, indem sie ihm zeigen, in welchen Theilen die grössten Reibungsverluste vorkommen. Diese sind es natürlich, bei welchen Verbesserungen am meisten in's Gewicht fallen. Den grössten Verlust bedingen die Axlager, welche bis 47 % der ganzen Reibungsarbeit verursachen. Reichliche Schmierung, deren Kosten durch Wiederbenutzung des abgelaufenen Fettes verringert werden können, ist also wie bei allen übrigen Theilen, so namentlich hier von Nutzen; Thurston hält es sogar für lohnend, das Oel mit kleinen Pumpen unter die Lagerhälse zu pressen.

In zweiter Linie kommt die Kolben- und Kolbenstangenreibung, die von 21—33 % der Gesammtreibung ausmacht. Hier ist es wohl die Vorzüglichkeit der Arbeit, die zur Herabminderung der Verluste am meisten beitragen mag: Stopfbüchsen mit Packung von Metallringen und Kolben von solch genauem Schluss, dass keine Dichtungsringe nothwendig sind.

Die zweite practische Folgerung, die aus diesen Versuchen zu ziehen ist, haben wir Eingangs schon erwähnt: die Berechtigung, von der Vollgangsarbeit die Leergangssarbeit, beide aus Indicatorversuchen bestimmt, abzuziehen, um die Nutzleistung zu erhalten, welche Berechtigung nach den vorstehenden Ausführungen durchaus begründet erscheint.

Es scheint also Thatsache zu sein, dass die Reibungsarbeit von der Belastung der Maschine unabhängig ist, so weit wenigstens die untersuchten Maschinen als allgemein massgebend betrachtet werden können. Um hierüber volle Gewissheit zu erlangen, müssten weitere möglichst genaue Untersuchungen angestellt werden und zu diesen hofft

