Zeitschrift: Die Eisenbahn = Le chemin de fer

Herausgeber: A. Waldner

Band: 16/17 (1882)

Heft: 17

Artikel: Ueber Compound-Maschinen

Autor: Orelli, H. v.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-10310

menhängendere war, ist heute nicht mehr deutlich zu erkennen; er ist zum tiefen Graben geworden, durch den links und rechts das lose Gestein entweder in einzelnen Blöcken oder lawinenartig herunterfährt.

Was sich nun heute zur Evidenz erwiesen, ist die anfängliche Annahme, dass die ganze Geschichte sehr unheimlich und im höchsten Grade gefahrdrohend gewesen ist. Alle Fachleute waren darin einig, dass ein solcher Zustand nicht anhalten konnte und früher oder später, auf diesem oder jenem Wege noch grosse Massen den bereits gestürzten nachfolgen müssten. Diese Nachstürze haben nun den Sommer über und namentlich im Monat September in bedeutendem Maasse begonnen, wenn auch bis jetzt noch kaum ein Fünftel des zum Sturze Bereiten seine Thalfahrt vollzogen hat. Es können immer noch grosse Massenabstürze erfolgen; immerhin aber scheint nun der Fall einer allmäligen Auflösung eintreten zu wollen und ist die Gefahr für das Dorf Elm bereits eine erheblich verminderte. Einstweilen bleiben auch die grössten Blöcke auf der Schutthalde liegen; erfolgt aber ein Gesammtabbruch, so werden wir wieder eine Lauine vor uns sehen, die ihren Weg mit furchtbarer Gewalt durchmessen wird.

Gegenwärtig stürzt immer mehr gegen die Westseite, also in der Richtung gegen das Dorf zu, ab und wird dadurch namentlich in die Rinne der Mooserruns mehr Schutt geführt, als gerade für die untenliegenden Wiesen und Aecker gut ist. Bereits sind grössere Complexe unter diesem Runsschutt begraben.

Mehr noch als früher wird bei der gegenwärtigen Sachlage ein strenger Winter mit Thauwetter die Auflösung befördern und hoffen wir nun, dass der günstigere Fall, wie er eingetreten zu sein scheint, auch wirklich anhalte und der Tschingelberg nun allmälig und mit allem Anstande seine unsaubere Bürde abschüttle.

Ueber Compound-Maschinen.

Von Maschineningenieur *H. v. Orelli.*

(Fortsetzung und Ergänzung des in Bd. XVI, Nr. 12 erschienenen Artikels.)

Unter Einführung des Verhältnisses nach Gleichung 18 erhält man für gegebene Schieberexpansion die *günstigste Arbeitsleistung eines Dampfvolumens v von der Spannung p:*

$$A_{max} = pv\left(2 + \log n - 2\sqrt{\frac{ng}{p}}\right). \tag{19}$$

Sehr oft findet man Ausführungen von Compound-Maschinen, wo die beiden Cylinder mit sehr verschiedenen Leistungen arbeiten. Es entspricht aber dieses den Anforderungen an einen regelmässigen Gang und gleichmässige Beanspruchung der Kurbelaxe nicht und ist als ein Uebelstand zu bezeichnen.

Es sollen daher im Folgenden die Umstände besprochen werden, unter welchen *gleichmässige Kraftabgabe beider Cylinder bei verschiedenen Expansionsgraden stattfindet.*

Aus Figur IX folgt das Areal der die Einzelleistung des kleinen Cylinders darstellenden Fläche:

$$A_1 = pv + \int_v^{fv} pv\frac{dx}{x} - rfv$$

$$= pv\left(1 + \log f - \frac{1}{\varphi}\right) \tag{20}$$

Die Maximalarbeit des kleinen Cylinders beträgt, da

$$\varphi = \sqrt{\frac{p}{ng}}:$$

$$A_{1max} = pv\left(1 + \log f - \sqrt{\frac{ng}{p}}\right) \tag{21}$$

Soll dieser die halbe Gesammtarbeit abgeben, so muss stattfinden:

$$A_{1max} = \frac{1}{2}A_{max}$$

$$pv\left(1 + \log f - \sqrt{\frac{ng}{p}}\right) = \frac{1}{2}pv\left(2 + \log n - 2\sqrt{\frac{ng}{p}}\right)$$

woraus:

$$f = \sqrt{n}. \tag{22}$$

Aus den Beziehungen:

$$e = \frac{1}{f} \qquad E = \frac{f}{n} \qquad \beta = \frac{N}{f} = \frac{\varphi n}{f}$$

folgt nun:

$$e = \frac{1}{\sqrt{n}} \quad E = \frac{1}{\sqrt{n}} + e \quad \beta = \sqrt{\frac{p}{g}}. \tag{23}$$

Für die üblichen Dampfspannungen von 6—7 *kg* absolut und Gegendruckspannungen $g = 0{,}2—0{,}3\ kg$ ergaben sich folgende Werthe von β:

$p =$	7	7	7	6	6	6
$g =$	0,2	0,25	0,3	0,2	0,25	0,3
$\beta =$	5,92	5,29	4,80	5,48	4,90	4,47

Anerkanntermassen sind solche Cylinderverhältnisse wegen der grossen abkühlenden Oberfläche des grossen Cylinders nicht empfehlenswerth.

Wir gelangen zu practisch günstigeren Resultaten, indem wir anstatt des Verhältnisses nach Gleichung 18 nun setzen:

$$\varphi\ 0{,}7\sqrt{\frac{p}{ng}} \tag{24}$$

Dann folgen Gesammtarbeit und Einzelarbeit:

$$A = pv\left(2 + \log n - 2{,}13\sqrt{\frac{ng}{p}}\right)$$

$$A_1 = pv\left(1 + \log f - 1{,}43\sqrt{\frac{ng}{p}}\right)$$

und es ergibt sich die Bedingung für gleiches Arbeiten der beiden Cylinder:

$$\log f = \frac{\log n + 0{,}729\sqrt{\frac{ng}{p}}}{2} \tag{25}$$

Für die obigen Annahmen von Admissions- und Gegendruckspannungen bilden sich nun folgende Verhältnisse:

p	7	7	7	6	6	6
g	0,2	0,25	0,30	0,20	0,25	0,30
φ	$\frac{4{,}14}{\sqrt{n}}$	$\frac{3{,}70}{\sqrt{n}}$	$\frac{3{,}38}{\sqrt{n}}$	$\frac{3{,}83}{\sqrt{n}}$	$\frac{3{,}43}{\sqrt{n}}$	$\frac{3{,}13}{\sqrt{n}}$
$\log f$	$\frac{\log n + 0{,}123\sqrt{n}}{2}$	$\frac{\log n + 0{,}138\sqrt{n}}{2}$	$\frac{\log n + 0{,}151\sqrt{n}}{2}$	$\frac{\log n + 0{,}133\sqrt{n}}{2}$	$\frac{\log n + 0{,}149\sqrt{n}}{2}$	$\frac{\log n + 0{,}163\sqrt{n}}{2}$
$F = f\varphi$	$\frac{4{,}14 f}{\sqrt{n}}$	$\frac{3{,}70 f}{\sqrt{n}}$	$\frac{3{,}38 f}{\sqrt{n}}$	$\frac{3{,}83 f}{\sqrt{n}}$	$\frac{3{,}43 f}{\sqrt{n}}$	$\frac{3{,}13 f}{\sqrt{n}}$
$N = n\varphi$	$4{,}14\sqrt{n}$	$3{,}70\sqrt{n}$	$3{,}38\sqrt{n}$	$3{,}83\sqrt{n}$	$3{,}43\sqrt{n}$	$3{,}13\sqrt{n}$
$\beta = \frac{N}{f}$	$\frac{4{,}14\sqrt{n}}{f}$	$\frac{3{,}70\sqrt{n}}{f}$	$\frac{3{,}38\sqrt{n}}{f}$	$\frac{3{,}83\sqrt{n}}{f}$	$\frac{3{,}43\sqrt{n}}{f}$	$\frac{3{,}13\sqrt{n}}{f}$
$e =$	$\frac{1}{f}$					
$E =$	$\frac{\varphi}{\beta}$					
$\eta =$	$2 + \log n - 0{,}360\sqrt{n}$	$2 + \log n - 0{,}402\sqrt{n}$	$2 + \log n - 0{,}441\sqrt{n}$	$2 + \log n - 0{,}389\sqrt{n}$	$2 + \log n - 0{,}435\sqrt{n}$	$2 + \log n - 0{,}413\sqrt{n}$

(26)

Es wurde oben auf die Bedeutung des Coefficienten η_1 als massgebenden Factor des *theoretischen* Effectes der Maschinen hingewiesen. Um den *effectiven Wirkungsgrad* abzuleiten, hat man den Coefficienten η_1, entsprechend den Abweichungen des indicirten Diagramms vom hyperbolischen Diagramm, zu corrigiren.

Wenn man sich erinnert, dass während der Admissionszeit stets Drosselung des Dampfes stattfindet, dass also die Dampfspannung bei Beginn der Expansion im kleinen Cylinder stets erheblich niedriger ist, als die höchste Admissionsspannung, dass ferner ein Druckverlust zwischen Abdampf des kleinen und Admissionsdampf des grossen Cylinders nicht ganz vermieden werden kann, so wird man leicht einsehen, dass stets die indicirten Diagramme der beiden Cylinder zusammengefasst, erheblich geringeres Areal aufweisen als das hyperbolische Diagramm.

Bezeichne η den effectiven Wirkungsgrad, so setzt man:

$$\eta = \eta_1 - s, \tag{27}$$

wobei nach Oertling:

$$s = (0{,}06 \sqrt{n} - 0{,}1) \frac{(10\,e)^3 - 3}{(10\,e)^3 + 3} \tag{28}$$

eine durch empirisches Verfahren gewonnene Grösse ist, abhängig von der Umdrehungszahl n und dem Füllungsgrade e des kleinen Cylinders.

Bezeichne:

d den kleinen Cylinderdurchmesser in Centimetern;
D den grossen " " "
l den Kolbenhub beider Cylinder in Metern ausgedrückt;
u die Umdrehungszahl der Curbelwelle per Minute;
$v = 2\,l\,u$ die Kolbengeschwindigkeit per Minute in Metern;
J die indicirte Gesammtarbeit der Maschine in Pferdekräften;
J_{kl} und J_{gr} die indicirten Einzelarbeiten der beiden Cylinder;
p_m und P_m die mittleren indicirten Dampfspannungen in beiden Cylindern;

so ist das früher mit v bezeichnete ideelle Volldruckdampfquantum auf die Secunde bezogen offenbar:

$$\frac{d^2\pi}{4}\; e\; \frac{2\,l\,u}{60} = \frac{d^2\pi}{4}\;\frac{ev}{60}$$

folglich mit Hülfe von Gleichung 17a die indicirte Arbeit der ganzen Maschine:

$$J = \frac{\frac{d^2\pi}{4}\; pev\eta}{4500} \tag{29}$$

Ebenso ist:

$$J = J_{kl} + J_{gr} = \frac{\frac{d^2\pi}{4}\; v}{4500}\; (p_m + \beta\, P_m),$$

woraus:

$$p_m + \beta\, P_m = pe\eta = pe\left(2 + log\, n - \frac{1}{\varphi} - \varphi\,\frac{ng}{p} - s\right)$$

oder da:

$$n = \frac{1}{eE} \text{ und } e = \frac{1}{f}$$

so folgt:

$$p_m + \beta\, P_m = pe\left(1 - log\, e - \frac{1}{\varphi} - \frac{s}{2} + 1 - log\, E - \frac{\varphi n g}{p} - \frac{s}{2}\right)$$

Nach Gleichung 20 kommt offenbar die erste Hälfte des Klammerausdruckes dem kleinen Cylinder zu, somit folgt unter Annahme von gleicher Leistung beider Cylinder:

$$p_m = pe\left(1 - log\, e - \frac{1}{\varphi} - \frac{s}{2}\right)$$

$$\beta\, P_m = pe\left(1 - log E - \varphi\,\frac{ng}{p} - \frac{s}{2}\right)$$

$$\left.\begin{aligned} J_{kl} &= \frac{J}{\eta}\left(1 - log\, e - \frac{1}{\varphi} - \frac{s}{2}\right) \\ J_{gr} &= \frac{J}{\eta}\left(1 - log E - \varphi\,\frac{ng}{p} - \frac{s}{2}\right) \end{aligned}\right\} \tag{30}$$

Diese zwei letzteren Formeln eignen sich zur Bestimmung der Einzelleistung nur in dem Falle, wenn jede angenähert die Hälfte der Gesammtleistung ausmacht. Zur Anwendung auf ausgeführte Maschinen, bei welchen dieser Umstand nicht zutrifft, sind sie ungeeignet, da sich die Correctionsgrösse s offenbar nicht zu gleichen Theilen auf die beiden Einzeldiagramme vertheilt.

Für diesen Fall bestimmen sich die Einzelleistungen richtiger nach folgenden Formeln:

$$\left.\begin{aligned} J_{kl} &= \frac{J}{\eta_1}\left(1 - log\, e - \frac{1}{\varphi}\right) \\ J_{gr} &= \frac{J}{\eta_1}\left(1 - log E - \varphi\,\frac{ng}{p}\right) \end{aligned}\right\} \tag{31}$$

Für die weiteren Entwickelungen sollen die Compound-Maschinen mit festen Cylindern und umfangreicher Variabilität der Expansion in beiden Cylindern von den oscyllirenden Maschinen mit beschränkter Variabilität der Expansion im kleinen Cylinder getrennt behandelt werden.

(Fortsetzung folgt.)

Zahnradbahnen.

Als ich vor Jahren bei den Verhandlungen über die Umgestaltung des Gotthardunternehmens mich in einer kleinen Schrift für die Verwendbarkeit des Riggenbach'schen Zahnradsystems zur Bewältigung auch eines grossen Verkehrs aussprach, so wurde mir in einer officiellen Entgegnung u. A. eingewendet, ich hätte nur eine mühselige Reclame für jenes Bahnsystem zu machen versucht.

Nun liegt der kürzlich im Druck erschienene Bericht einer von der technischen Commission des deutsch-österreichischen Eisenbahnvereins speciell zur Erhebung von Erfahrungsresultaten über Bau und Betrieb von Strassen- und Zahnradbahnen bestellten Subcommission vor (als achter Supplementband zum Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens).

Dieser Bericht enthält eine solche Anerkennung des Zahnradsystems, die nach der bisher vorherrschenden Beurtheilung desselben gewiss vielfach überraschen wird.

Es sind in demselben u. A. auch vergleichende Berechnungen über die Tractionskosten auf Zahnrad- und Adhäsionsbahnen, nach welchen diese Kosten erst bei Steigungen von mehr als 50 ‰ zu Gunsten des Zahnradsystems stellen würden. Jedoch wird zugegeben, dass diese Berechnungen noch nicht ganz verlässlich seien, weil die ihnen zu Grunde gelegten Erfahrungsresultate noch nicht vollständig genügend und nicht nach übereinstimmenden Grundsätzen erhoben wurden. — Abgesehen davon, dass das Ergebniss dieser Berechnungen auch in seiner zugegebenen Unvollständigkeit schon ein sehr befriedigendes ist, bin ich der Meinung, dass dasselbe schon wesentlich verlässlicher ausgefallen wäre, wenn die Berechnung nicht auf der Grundlage von ***Durchschnittsresultaten*** aus den Betriebskosten von sechs sehr verschiedenartigen Linien (Vitznau-Rigi, Rorschach-Heiden, Ofen, Kahlenberg, Wasseralfingen und Friedrichssegen) wäre aufgestellt worden, sondern wenn man wenigstens vor Allem die in ganz extremen Verhältnissen angelegte und mit ganz abweichenden Locomotiven ausgestattete Vitznauer Linie dabei ausser Acht gelassen und besonders sich mehr an die Ergebnisse der Wasserafingerbahn gehalten hätte. Indessen genügt schon das von der Commission erzielte Resultat, um das Riggenbach'sche System und, wie ich wohl beifügen darf, auch meine vor Jahren ausgesprochene Ansicht über dessen Bedeutung für Hauptlinien zu rechtfertigen. Die aus den vorsichtigsten Technikern (wie Wöhler, Funk, Rüppell u. s. w.) zusammengesetzte Commission spricht aber sich schliesslich folgendermassen aus:

„Wenn nun auch der geniale Constructeur der Zahnradbahnen, Herr Riggenbach, noch nicht in der glücklichen Lage gewesen ist, alle seine Ideen ausführen zu können, so haben doch seine bisherigen Ausführungen so gut dem jedesmaligen Bedürfnisse entsprochen, dass er, wenn die Gelegenheit sich ihm bietet, ***zweifellos auch die Aufgabe, eine Zahnradbahn für den grossen Verkehr zu construiren, in befriedigender Weise lösen wird*** und jeder Techniker, der seine Werke mit