

Zeitschrift: Die Eisenbahn = Le chemin de fer
Herausgeber: A. Waldner
Band: 6/7 (1877)
Heft: 21

Artikel: Le moteur à air comprimé, système Mékarski
Autor: A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-5767>

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: 22.02.2026

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

wärmer) von je 13,50 \square my Heizfläche und für drei Atmosphären Arbeitsdruck.	
Arbeitszeit excl. Anheizen	17,5 Stunden
Durchschnittlicher Arbeitsdruck	3 Atmosphären
Kohlenverbrauch excl. Anheizen	1565 kilogr.
Schlacken und Asche	137 "
Temperatur des Speisewassers	Netto 1428 kilogr.
Speisewasserverbrauch	400° C.
oder per 1 kilogr. Kohle Netto	8208,00 kilogr.
Die Temperatur hinter dem Essenschieber sollte mit dem, auf 400° eingetheilten Quecksilber-Thermometer gemessen werden, was jedoch nicht möglich war, da das Quecksilber sofort auf den höchsten Punkt stieg und jedenfalls mehr als 450° vorhanden waren.	5,74 "
Am 26. und 27. October wurde jeder Kessel für sich allein geprüft und ergaben beide durchschnittlich noch schlechtere Resultate.	
8. 22. December.	
2 Kessel mit je zwei Feuerröhren und zusammen 100 \square my Heizfläche.	
Arbeitszeit	10,5 Stunden
Durchschnittlicher Arbeitsdruck	5 Atmosphären
Durchschnittliche Temperatur zwischen Kessel und Vorwärmer	200° C.
Durchschnittliche Temperatur hinter dem Essenschieber	160° "
Kohlenverbrauch	2238 kilogr.
Schlacken und Asche	186 "
Speisewasserverbrauch von gewöhnlicher Temperatur	Netto 2052 kilogr.
Speisewasserverbrauch per 1 kilogr. Kohle	18 200,00 "
Netto	8,86 "

Bei allen obgenannten Proben wurde das Speisewasser direct gewogen oder gemessen. Dagegen ist nur ein Wassermesser im Besitze des Vereins, der den verehrlichen Mitgliedern jederzeit, sofern disponibel, zur Verfügung steht.

Schliesslich sei noch bemerkt, dass wir in letzter Zeit auch angefangen, mit Schiffskesseln Verdampfungsproben zu machen; dieselben ergaben circa siebenfache Wassermenge auf 0° C. reduziert per eine Einheit Kohle Netto und Anheizen eingerechnet. Die Temperaturen der abgehenden Gase im Rauchfang stellen sich ziemlich hoch, nämlich auf 250–300° C.

Der nächste Jahresbericht wird Gelegenheit geben, hierüber einige genauere Resultate mitzutheilen.

Wichtig und zeitgemäß ist die Thatsache, welche wir ebenfalls dem Bericht entnehmen, dass der Canton Glarus die Kesselrevision durch den Verein für alle Kesselbesitzer obligatorisch gemacht hat, welches Vorgehen andern industriellen Cantonen zur Nachahmung warm empfohlen werden kann.

* * *

Le moteur à air comprimé, Système Mékarski.

La locomotive à air comprimé inventée par Mr. Mékarski a attiré l'attention à juste titre, en raison de l'intérêt qu'elle présente soit au point de vue de la traction sur tramways, soit au point de vue plus général de l'emploi de l'air comprimé. C'est ce qui nous engage à donner quelques explications sur son mode de fonctionnement.

Dans les locomotives de ce genre la force motrice ne peut évidemment pas être engendrée au fur et à mesure qu'elle se dépense comme dans les locomotives à feu. Elles doivent, au début de chaque course, faire provision de la force motrice requise pour cette course; cette provision est constituée par un réservoir rempli d'air comprimé, qui remplace le foyer et la chaudière. Afin qu'un réservoir de capacité admissible puisse suffire à une course un peu longue il faudra que l'air y soit comprimé à une pression assez élevée. Cette sujexion est portée à l'extrême dans le cas dont il s'agit, car la locomotive Mékarski n'est pas une locomotive distincte du véhicule qu'elle traîne, mais elle constitue une partie de celui-ci, en sorte que l'espace disponible pour le réservoir d'air est extrêmement réduit.

La pression de l'air contenu dans le réservoir va en diminuant à mesure qu'il se dépense; mais en même temps la régularité de la marche exige une pression d'admission qui

ne varie pas. De là la nécessité de n'introduire l'air qu'à une pression notablement inférieure à la pression initiale du réservoir. A cet effet Mr. Mekarski intercale entre celui-ci et les cylindres moteurs un détendeur ayant pour fonction d'admettre l'air à une pression déterminée et invariable qui est indépendante de celle du réservoir. D'après la description qu'il en donne le défendeur doit être à peu près identique à celui que Mr. Ribourt a imaginé pour le même objet et qu'il a adapté aux locomotives du St. Gotthard (v. „Eisenbahn“ tome IV, page 298). La provision de force motrice est éprouvée quand la pression de l'air du réservoir est descendue au chiffre de la pression d'admission.

Enfin, pour ne pas être dans l'alternative ou de perdre du travail ou de recourir à une trop grande amplitude de détente, la pression d'admission sera nécessairement assez limitée, en sorte qu'entre elle et la pression initiale du réservoir il pourra y avoir un assez grand écart.

La détente préalable qui s'opère entre le réservoir et le cylindre moteur n'est accompagnée d'aucun abaissement permanent de température parce que l'air en se détendant n'accomplit aucun travail. Malgré cela elle n'en constitue pas moins une perte absolue de travail, perte dont on verra plus loin l'évaluation.

Dans les essais faits sur les tramways de Paris, on a adopté pour pression initiale 25 atmosphères et pour pression d'admission 5 atmosphères. Le réservoir est composé de cylindres en tôle d'acier ayant de 30 à 40 % de diamètre et communiquant les uns avec les autres; ils forment deux groupes: l'un de 1200 litres de capacité est le réservoir principal, l'autre de 500 litres est une réserve.

Après chaque voyage la locomotive dont le réservoir contient encore de l'air à 5 atmosphères rentre dans l'usine productrice d'air comprimé. On fait communiquer son réservoir avec un grand réservoir fixe, ou magasin d'air, que les compresseurs maintiennent rempli d'air à 25 atmosphères; il acquiert ainsi cette même pression et la locomotive est en mesure d'accomplir un nouveau voyage.

Le travail qui constitue la dépense de chaque voyage est celui qui est nécessaire pour porter de 5 à 25 atmosphères la pression du réservoir de la locomotive en y introduisant de l'air pris à la pression de l'atmosphère extérieure. Si on nomme V la capacité de ce réservoir, p la pression initiale, p' celle d'admission, et p_0 la pression atmosphérique, on a pour valeur de ce travail:

$$T = V \left[p \left(\ln \frac{p}{p_0} - 1 \right) - p' \left(\ln \frac{p'}{p_0} - 1 \right) \right]$$

\ln désignant un logarithme népérien. Comme on suppose $p = 25 p_0$ et $p' = 5 p_0$, on aura:

$$T = V p_0 \left[25 (\ln 25 - 1) - 5 (\ln 5 - 1) \right] = V p_0 \times 52,4248.$$

Le travail réellement utilisable est celui que peut produire, en s'échappant du réservoir, une masse d'air égale à celle qu'il a fallu y introduire, sa pression étant réduite de 25 à 5 atmosphères par la détente préalable. Or ce travail peut beaucoup varier suivant les circonstances.

Le cas le plus favorable est celui où l'air peut travailler en se détendant complètement et à température constante. On a alors pour travail disponible:

$$T' = V (p - p') \ln \frac{p'}{p_0} = V p_0 \times 20 \times \ln 5 = \\ V p_0 \times 32,1888.$$

et pour rendement

$$\frac{T'}{T} = \frac{32,1888}{52,4248} = 0,614$$

La quantité dont ce rendement est inférieur à l'unité, savoir 0,386, constitue une perte inévitable sous la réserve que nous verrons ci-après.

Le cas le plus défavorable est celui où l'air ne travaille qu'à pleine pression et où on perd toute la détente. Le travail est réduit à

$$T'' = V (p - p') \left(1 - \frac{p_0}{p'} \right) = V \times 20 \times \frac{4}{5} = V \times 16,0000$$

et le rendement à

$$\frac{T''}{T} = \frac{16,0000}{52,4248} = 0,305$$

Pour que l'air comprimé puisse travailler à température constante il est nécessaire de lui fournir artificiellement une certaine quantité de chaleur. Si cette condition n'est pas remplie, l'air éprouve, en se détendant avec production de travail, un refroidissement permanent d'autant plus grand que la détente a plus d'amplitude. Même en supposant la détente complète le travail serait sensiblement moindre que T' . De plus quand le refroidissement dépasse la température 0° , la vapeur d'eau mêlée à l'air se congèle, ce qui nuit à la marche de la machine. Aussi on ne pourrait utiliser la détente que dans la mesure où le refroidissement qu'elle amène n'irait pas jusqu'à 0° . Il est vrai que les parois du cylindre moteur, étant faits d'une matière conductrice, transmettent à l'air la chaleur extérieure et combattant ainsi le refroidissement qu'il tend à éprouver. Aussi plus l'atmosphère où le cylindre est placé sera chaude plus la détente pourra être poussée loin. Mais une machine de locomotive ne peut pas comme une machine fixe être maintenue dans un espace chauffé; elle est nécessairement exposée à la température du dehors. Par conséquent, plus celle-ci sera basse, moins la détente pourra être poussée loin, et l'on peut admettre comme cas extrême que par des temps très-froids toute détente serait impossible et qu'on serait réduit au travail de pleine pression T' .

Le travail dépensé peut donc être réparti de la manière suivante :

1,000	0,386 perte
	0,305 minimum T' du travail utilisable
	0,309 écart entre le minimum T' et le maximum T'

Cet écart de 0,309 pourrait être entièrement gagné en sus du minimum de 0,305 si on fournissait à l'air la chaleur requise pour la détente à température constante. On y parviendrait en injectant dans le cylindre de l'eau pulvérisée, exactement comme dans le cylindre d'un compresseur, seulement en quantité relativement plus grande. Mais Mr. Mekarski y parvient par une invention qui a encore plus de portée, et qui constitue la partie essentielle de son système.

Dans son trajet entre le réservoir et le détendeur l'air comprimé passe par une petite chaudière nommée bouillotte-réchauffeuse qui n'a pas de foyer, mais qui, au départ, est remplie d'eau à 120° . En traversant cette eau sous forme de bulles, il se réchauffe et se sature de vapeur d'eau avant son entrée dans les cylindres.

La présence d'une quantité suffisante de vapeur d'eau permet à l'air de se détendre, non à température rigoureusement constante ce qui est impossible, mais à température très-peu variable. En effet un refroidissement modéré condensera assez de vapeur pour que la chaleur latente devenue libre s'oppose à ce que le refroidissement se poursuive. Rien que cela rendrait utilisable la presque totalité du travail T' et permettra de regagner presque en entier la marge de 0,309 existant entre le minimum et le maximum.

Mais il y a plus. Par le fait de l'interposition de la bouillotte-réchauffeuse le fluide élastique à 5 atmosphères admis dans les cylindres n'est pas simplement de l'air ayant la même température et le même état hygrométrique que celui du réservoir; c'est un mélange d'air réchauffé et de vapeur d'eau. Supposons, pour ne rien exagérer, que l'air après avoir barboté dans l'eau à 120° , entre dans les cylindres à 100° seulement. La vapeur d'eau qui lui est mélangée, ayant la température de 100° et étant saturée, aura pour pression p_0 , et puisque le mélange a pour tension $p' = 5 p_0$, l'air aura pour tension propre $p' - p_0 = 4 p_0$ seulement.

Un mètre cube de ce mélange contiendra donc seulement:

$$1 \text{ k., } 293 \times 4 \times \frac{273}{273 + 100} = 3 \text{ k., } 785 \text{ d'air}$$

tandis que un mètre cube d'air sec et à 10° (en admettant que l'air du réservoir soit sec et à 10°) pèsera à la pression de 5 atmosphères:

$$1 \text{ k., } 293 \times 5 \times \frac{273}{273 + 10} = 6 \text{ k., } 235.$$

Par conséquent si l'on admet que T' représente le maximum de travail disponible contenu dans un volume déterminé de fluide moteur à une pression déterminée, aussi bien quand ce fluide est un mélange d'air et de vapeur que quand c'est de l'air sec, on voit que la même quantité de travail qui exige 6k.,235 d'air sec à 10° n'exige plus que 3k.,785 d'air quand cet air est à 100° et mêlé à de la vapeur d'eau à 100° . Ainsi l'emploi de la bouillotte augmente dans le rapport $\frac{6,235}{3,785} = 1,647$ le maximum de travail disponible qui

peut être obtenu de l'air fourni par le réservoir, et par conséquent permet, non seulement d'utiliser la marge qui existe entre le minimum et le maximum de travail, mais encore de compenser dans une certaine mesure la perte de 0,386 qui sans cela serait inévitable.

A parler strictement, ce gain ne résulte pas d'une meilleure utilisation du travail disponible de l'air comprimé, car celle-ci ne pourrait jamais aller au delà de l'obtention du travail T' , mais d'un véritable supplément de travail moteur apporté du dehors sous forme de la chaleur emmagasinée dans l'eau de la bouillotte.

Quoi qu'il en soit l'emploi de celle-ci, applicable à des moteurs fixes aussi bien qu'à des locomotives, est de nature à faciliter l'emploi de l'air comprimé comme mode de transmission de la force motrice.

Il va sans dire que le rendement envisagé jusqu'ici n'est qu'un rendement partiel. Le vrai rendement c'est le rapport entre le travail net disponible sur l'arbre du moteur et le travail dépensé effectivement pour la compression de l'air. Par conséquent celui que nous avons considéré devrait encore être multiplié par le rendement propre du compresseur et par le rendement propre du moteur, ce qui le diminuerait considérablement.

A.

* * *

Gottthardbahn.

Bemerkungen zur Reform dieses Unternehmens von A. Thommen, gewesener Bauleiter der Brennerbahn und gewesener königl. ungar. Staatseisenbahn-Baudirektor.

(Frühere Artikel Bd. IV, Nr. 7, S. 92; Nr. 8 S. 106; Bd. VI, 7, S. 51.)

(Schluss.)

Herr Thommen würde zum Normalbetrieb auf 40 % nur eine Maschinengattung annehmen:

Achtkuppler	50—52 T.
Adhäsionsgewicht	96 T.
Traingewicht bei 1/7,5 Adhäsion theoretisch	85
Practisch	Ein
Personenzüge	Zwei
Güterzüge	

Es geht hieraus hervor, dass die Leistungen auf Adhäsionsrampen beschränkt viel kostspieliger sind, und sinken dieselben bei der geringsten Zufälligkeit unter das erlaubte Maass herab. Wenn aber auch die von Maey und Wettli vorgeschlagene Ersparnis sich wirklich erreichen liesse und die künftige Gestaltung des Verkehrs etwas von der abschreckenden Gestalt verlieren würde, so müssen doch ihre Steilrampen beibehalten werden, und Herr Thommen ist der Ansicht, dass man den Mut haben müsse, einen Schritt weiter zu gehen und diese Steilrampen durch das bis jetzt sicherste bekannte System, das Rigisystem, mit Zahnrad und Zahnstange zu betreiben, wo Sicherheit mit Oeconomie vereinigt ist. Dieses System hat eine ausnehmliche Probezeit hinter sich und darf Anspruch auf Erfahrung machen. Schnee und Eis haben auf diese Zahnstange nicht mehr Einfluss als auf eine gewöhnliche Adhäsionsbahn. Da dasselbe bisher nur an Zweiglinien verwendet wurde, ist die Hauptfrage die, ob die Zahnstange einen grössern doppelseitigen Verkehr bedienen könnte. Der gesammte Betriebs- und Zugsförderungsdienst bleibt derselbe und die Zugsbelastung bleibt die gleiche und kann so gross sein als die Zugsgeschwindigkeit und Wagenkuppelung es gestattet, und auch den zulässigen Zahndruck nicht übersteigt.

Die geringere Geschwindigkeit wird durch die kürzere Strecke aufgewogen; der bedeutendste Vortheil liegt aber in der Präzision der Zugsbewegung auf der Zahnstange, wo sich die Züge in kürzester Zeit folgen können, da sie keinen Zufälligkeiten der Adhäsionsbahn unterworfen sind, und bei Wind und Wetter weder vom Zustande der Schienen noch von der Wirksamkeit der Bremsen abhängen.

Nach der Ansicht des Verfassers muss die Zahnradlocomotive als selbstständiger Motor den gesamten Zugsförderungsdienst auf der ganzen Bergstrecke übernehmen und in allen Theilen stark genug gebaut sein, dass sie auf den weniger steilen Strecken als Adhäsionsmaschine arbeitet.

Die constructive Lösung des diese Forderung berücksichtigenden Programmes ist nach Herrn Thommen dem Herrn Rigggenbach gelungen, und es ist das Ergebniss längerer Studien in Nachfolgendem dargelegt:

Die Locomotive erhält zwei gekuppelte Achsen mit Adhäsionsräder, eine Zahnradachse, eine Triebachse mit ausrückbarem