

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 23/24 (1894)  
**Heft:** 8

**Artikel:** Der mechanische Wirkungsgrad der Diesel'schen Motors bei Durchführung des vollkommenen Carnot'schen Kreisprozesses  
**Autor:** H.V.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-18712>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 15.03.2025

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

mit zwei unbekanntem Grössen<sup>1)</sup>. Man wird finden, dass das um das Eigengewicht der Maschine vermehrte Gewicht des Zuges, multipliziert mit der Zahl der auf eine Tonne fallenden Pferdekräfte, gleich ist der Gesamtzahl der Pferdekräfte. Und andererseits, dass die Gesamtzahl der Pferdekräfte, multipliziert mit dem Gewicht der Maschine per Pferdekräft in Kilogrammen, gleich ist dem Kilogramm-Gewicht der Maschine.

Man erhält sodann folgende Resultate:

zurück. Aber wohlgemerkt: Das Gewicht eines jeden dieser Züge betrug nur 88 bzw. 100 *t*.

Die Frage, ob wir Chancen haben, eine derartige ausnahmsweise erreichte Geschwindigkeit zur fahrplanmässigen Regel zu machen, wird — aus den vorerwähnten Gründen — verneint werden müssen.

Der französische alte Wagen 1. Klasse wog 7,5 *t* und enthielt 24 Plätze, das tote Gewicht betrug demnach auf den Platz 312 *kg*. Der heutige Wagen 1. Klasse,

Tabelle III.

Geschwindigkeiten <i>km</i>	Zugsgewicht: 100 <i>t</i> . Steigung: 5 ‰											
	Type A			Type B			Type C			Type D		
	Maschinen-Gewicht 100 <i>kg</i> per P. S.			Maschinen-Gewicht 75 <i>kg</i> per P. S.			Maschinen-Gewicht 50 <i>kg</i> per P. S.			Maschinen-Gewicht 35 <i>kg</i> per P. S.		
	Lokomotiv- gewicht <i>t</i>	Total- gewicht <i>t</i>	Zahl der P. S.	Lokomotiv- gewicht <i>t</i>	Total- gewicht <i>t</i>	Zahl der P. S.	Lokomotiv- gewicht <i>t</i>	Total- gewicht <i>t</i>	Zahl der P. S.	Lokomotiv- gewicht <i>t</i>	Total- gewicht <i>t</i>	Zahl der P. S.
100	110	210	1110	65,5	165,5	867	35,5	135,5	710	22	122	640
110	185	285	1852	92,6	192,6	1252	48	148	1042	30	130	845
120	400	500	4000	150	250	2000	66,6	166,6	1333	39	139	1112
130	2400	2500	24000	259	357	3446	92	192	1843	50	150	1440
140	∞	∞	∞	670	770	8932	135	235	2726	70	170	1927
150	»	»	»	∞	∞	∞	233	333	4662	96	196	2744
160	»	»	»	»	»	»	444	544	8920	132	232	3705
170	»	»	»	»	»	»	1900	2000	38000	200	300	5700
180	»	»	»	»	»	»	∞	∞	∞	346	446	9939
190	»	»	»	»	»	»	»	»	»	∞	∞	∞
200	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

Die Zusammenstellung in Tabelle III. zeigt bis zur Evidenz, dass je mehr man das Gewicht der Maschine per P. S. reduziert, desto grössere Geschwindigkeiten man erzielen kann, vorausgesetzt, dass das Zugsgewicht konstant bleibt.

Welche Resultate sind nun nach dieser Richtung bis heute erreicht worden? Ist eine Gewichts-Reduktion oder eine Gewichts-Vermehrung (per P. S.) zu konstatieren?

Während die ursprüngliche Crampton-Lokomotive 50 *t* bei einer Arbeitsleistung von etwa 400 P. S. d. h. 125 *kg* per P. S. wog, wiegen die neuen Lokomotiven etwa 80 *t* bei einer Leistung bis 1100 P. S. d. h. also 72 *kg* per P. S. Würde man alle modernen Verbesserungen vereinigen und ausserdem das Tendergewicht durch Wasseraufnahme während der Fahrt verringern, so könnte man eventuell das Lokomotivgewicht auf 65 *kg* pro P. S. reduzieren.

Leider scheinen dahingehende Bestrebungen unter den gegebenen Verhältnissen keine Aussicht auf Erfolg zu haben, da die Belastung der Züge fortwährend zunimmt. Wie weit man es etwa schon heute bringen könnte in der Erhöhung der Fahrtgeschwindigkeit, lehrt der interessante Wettkampf, der im August 1888 zwischen zwei englischen Eisenbahn-Gesellschaften auf der Linie London—Edinburg ausgefochten wurde. Beide Züge, gleichzeitig auf verschiedenen Strecken von London abdampfend, legten die Entfernung von 635 *km* in 7 1/2 Stunden, also mit einer mittleren Geschwindigkeit von etwa 83 *km* in der Stunde

komplettiert durch Toilettenkabinet, mit 27 Plätzen, erreicht ein Gewicht von 16 *t* d. h. auf den Platz kommen 600 *kg* totes Gewicht. Gleichzeitig mit dem Gewicht wurde der Querschnitt der Fahrbetriebsmittel umfangreicher, der Luftwiderstand infolgedessen stärker, sodass man sagen kann, die totalen Zugswiderstände haben sich verdoppelt.

Hier liegt der Stein des Anstosses, und man kann es nicht eindringlich genug betonen, dass um die Fahrgeschwindigkeit der Eisenbahnzüge zu erhöhen, es vor allem darauf ankommt, sämtliches überflüssige tote Gewicht zu beseitigen und das Problem der Widerstands-Verminderungen eingehend zu erforschen.

### Der mechanische Wirkungsgrad des Diesel'schen Motors bei Durchführung des vollkommenen Carnot'schen Kreisprozesses.

Herr Ing. Diesel in Berlin hat die Theorie und Konstruktion eines neuen Wärmemotors angegeben, dessen Brennstoffverbrauch für die indizierte Leistung nur noch 1/7 bis 1/10 der heutigen besten Dampfmaschinen betragen wird, dessen Cylinderwandungen nicht zu kühlen sind, und dessen Cylinderdimensionen ganz erheblich kleiner werden als diejenigen der jetzigen Wärmemotoren (s. sein Buch: „Theorie und Konstruktion eines rationellen Wärmemotors“).

Es wird in einem Cylinder mit einer gewissen Luftmenge der vollkommene Carnot'sche Kreisprozess durchgeführt, wobei die Wärmemitteilung der oberen Isotherme durch allmähliche Verbrennung fein verteilten Brennstoffes geschieht. Der Brennstoff wird in die durch die adiabatische Kompression des Prozesses hoch erhitze Luft eingeführt und die Zufuhr desselben durch ein steuerndes Organ so geregelt, dass Verbrennung nach einer Isotherme stattfindet.

In dem oben erwähnten Buche liegen dem gezeichneten Diagramme (Fig. 1) folgende Werte zu Grunde:

<sup>1)</sup> *x*. Total-Gewicht der Lokomotive in *t*.

*n*. Zahl der zur Beförderung einer *t* erforderlichen P. S.

*M*. Gesamtzahl der zur Beförderung des Zuges und der Maschine notwendigen P. S.

*p*. Gewicht der Maschine per P. S. in *kg*.

$$(100 \text{ t} + x) n = M$$

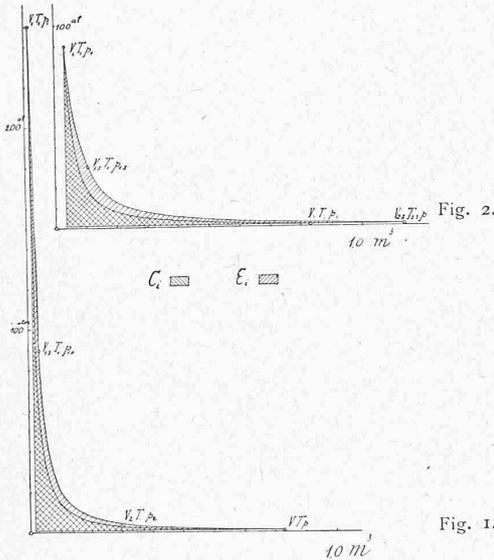
$$Np = 1000 x$$

Daraus zieht man:

$$x = \frac{100 n}{\frac{1000}{p} - n}$$

$$x \text{ wird unendlich gross für } n = \frac{1000}{p}$$

Temperatur der unteren Isotherme . . .  $T = 20^0$  C.  
 " " oberen " . . .  $T_1 = 800^0$  C.  
 Pressung im unteren Endpunkte der unteren Isotherme . . .  $p = 1$  Atm.  
 Pressung im oberen Endpunkte der oberen Isotherme . . .  $p_1 = 250$  Atm.  
 Daraus ergibt sich:  
 Pressung im oberen Ende der unteren Isotherme . . .  $p_2 = 2,88$  Atm.  
 Pressung im unteren Ende der oberen Isotherme . . .  $p_{1s} = 90$  Atm.  
 Verhältnis von Luftgewicht zu Kohlegewicht ( $H = 7800$ ) . . .  $\frac{L}{B} = 100$ .



Der Prozess werde in einem viertaktigen einfachwirkenden Motor durchgeführt. Für die vom Kolben zu leistende indizierte Arbeit  $C_i$  der Kompression der Verbrennungsluft muss bei einem mechanischen Wirkungsgrade  $\eta'$  einer einmaligen Uebertragung von Arbeit vom Schwungrad auf den Kolben, im Schwungrad eine Arbeit  $S'$  zur Verfügung stehen von:  $S' = \frac{C_i}{\eta'}$ . In gleicher Weise wird von der an den Kolben abgegebenen, gesamten Expansionsarbeit  $E_i$  nur  $E_i \cdot \eta'$  auf die Welle übertragen. Die zur Abgabe an die Transmission zur Verfügung stehende effektive Nutzarbeit ist also:

$$S - S' = E_i \eta' - \frac{C_i}{\eta'}$$

Die indizierte Nutzarbeit ist:  $E_i - C_i$ . Das Verhältnis der indizierten zur effektiven Nutzarbeit oder der mechanische Wirkungsgrad:

$$\eta = \frac{S - S'}{E_i - C_i} = \frac{E_i \eta' - \frac{C_i}{\eta'}}{E_i - C_i}$$

Setzt man  $\frac{C_i}{E_i} = n$ , so wird

$$\eta = \frac{\eta'^2 - n}{(1 - n) \eta'}$$

Es hat also das Verhältnis  $n$  einen Einfluss auf den mechanischen Wirkungsgrad; je mehr sich  $n$  dem Werte  $\eta'^2$  nähert, desto kleiner wird  $\eta$  und wird  $\eta = 0$  für  $n = \eta'^2$ .

Es soll nun das Verhältnis  $n$  für obigen Kreisprozess berechnet werden.

$$C_i = \frac{c_v}{A} (T_1 - T) + BT \ln \frac{p_2}{p} - p(v - v_1),$$

wobei bedeutet:

$c_v$  spezifische Wärme bei konstantem Volumen,

$B$  Konstante der Zustandsgleichung:  $p \cdot v = BT$

und sich  $v$  und  $v_1$  auf die gleichen Punkte des Kreisprozesses beziehen wie die oben mit gleichem Index angeführten Pressungen. Die Einsetzung der obigen Zahlenwerte ergibt:

$C_i = 57000 \text{ mkg}$  für 1 kg arbeitender Luft.

$$E_i = 1,01 [B T_1 \ln \frac{p_1}{p_{1s}} + \frac{c_v}{A} (T_1 - T) - p(v - v_1)]$$

$E_i = 81000 \text{ mkg}$  und

$n = 0,702$ , woraus sich für den obigen Prozess folgender Zusammenhang zwischen  $\eta$  und  $\eta'$  ergibt:

$\eta'$	0,838	0,85	0,9	0,95
$\eta$	0	0,09	0,41	0,72

Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, dass bei Durchführung des obigen Prozesses in einem einfach wirkenden Motor ein mittelmässiger, sogar schlechter mechanischer Wirkungsgrad zu erwarten ist, und dass bei  $\eta' = 0,85$  die ganze Kohlenersparnis in Frage gestellt ist. Auch unter Voraussetzung eines doppelwirkenden Motors und mit Berücksichtigung der Massenpressungen werden die Verhältnisse nicht sehr wesentlich besser.

Es scheint auf den ersten Blick merkwürdig, dass in Maschinen, deren Cylinder für die gleiche indizierte Leistung erheblich kleiner sind als diejenigen der heutigen Wärmemotoren, so grosse mechanische Verluste zu erwarten sind; wenn man aber bedenkt, dass, um eine gewisse indizierte Nutzarbeit zu erhalten, eine 5 bis 6 Mal grössere Arbeit zwischen Kolben und Welle ausgetauscht werden muss, ist das schon eher begreiflich.

Für den in dem erwähnten Buche angegebenen unvollständigen Prozess, nach einem Diagramme, bestehend aus 2 Adiabaten und einer Isotherme, (Fig. 2) nimmt  $n$  den etwas günstigeren Wert 0,64 an und wird also für  $\eta' = 0,8, \eta = 0$ .

Für den Fall, dass man die Maschine geschlossen hält und mit ihr den vollkommenen Carnot'schen oder den unvollständigen Prozess für eine höhere Anfangspressung als eine Atm. durchführt, werden die Verhältnisse keineswegs besser. Man könnte allerdings beim vollkommenen Prozess die Kompressions-Isotherme länger halten und damit die Kompressions-Adiabate näher an die Ordinatenachse rücken; dabei wachsen aber die ohnehin schon hohen Pressungen rascher als die indizierte Nutzarbeit im Verhältnis zur Kompressionsarbeit. Noch weniger wirksam ist es, die obere Isotherme höher zu legen.

Man wird also, um eine Maschine zu erhalten, bei welcher der Kohlenverbrauch pro effektive Nutzarbeit möglichst gering ist, genötigt sein, von der isothermischen Verbrennung und dem hohen Verhältnis von Luftgewicht zu Kohlegewicht = 100 Umgang zu nehmen und bei steigender Temperatur aber immerhin noch bei fallender Pressung zu verbrennen, damit die indizierte Nutzarbeit im Verhältnis zur Kompressionsarbeit grösser wird. H. V.

### Miscellanea.

**Statistisches über das Telephon in Europa und Amerika.** Während unter allen europäischen Ländern Deutschland mit etwa 80000 privaten Fernsprechstellen die höchste Durchschnittsziffer der pro Tag und Abonnent geführten Gespräche aufweist, nämlich 9,1, ist Schweden dasjenige Land, welches die bisher relativ höchste Zahl der Abonnenten erreicht hat; 1 Abonnenten auf 185 Einwohner. In zweiter Reihe folgt die Schweiz<sup>1)</sup>, wo auf 190, in dritter Luxemburg, wo auf 211 Einwohner ein Telephonabonnent vorhanden ist. Wie vorzüglich der Telephondienst besonders in Schweden organisiert ist, kann man daraus entnehmen, dass der durchschnittliche Zeitraum zwischen dem Aufrufe der Abonnenten und der Herstellung der Verbindung, nach Ermittlungen im November v. J., nicht länger als 6 $\frac{1}{10}$  Sekunden dauerte.

Innerhalb des schweizerischen Fernsprechnetzes besass Ende des Jahres 1893 Zürich die grösste Linienlänge: 705,720 km, Bern: 514,900 km, Genf: 512,911 km, Basel: 448,300 km. Die grösste Zahl von Abonnenten

<sup>1)</sup> Die Wohnbevölkerung ist auf Grundlage der Berechnungen in Otto Hübners geographisch-statistischen Tabellen für 1894 auf 3008890, die Zahl der Abonnenten nach dem Status vom 31. Dezember 1893 unter Annahme der gleichen Progression wie im Jahre 1893 auf 15700 geschätzt worden.