

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Die calorische Maschine

Redtenbacher, Ferdinand

Mannheim, 1853

Beurtheilung der Anordnung

[urn:nbn:de:bsz:31-266513](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-266513)

	Englisch.	Französisch.
Druck der Luft im Treib- cylinder	von 22·7 \bar{r} pr 1 \square '' bis 26·7 " " 1 \square ''	15960 Kilg. p. 1 \square Met. " " 1 \square "
Temperatur d. Luft im Treibcylinder	384 Fahrenheit	200 Celsius.

Der Regenerator.

Dicke der Kupferdrähte	$\frac{1}{25}$ ''	0·001 Meter.
Länge der Drähte eines Netzes	5760'	1755 "
Anzahl der Netze eines Regenerators, d. h. der Netze, die in einem Behälter s enthalten sind	100	100
Totale Drahtlänge aller 100 Netze	576000'	175500 Meter.
Oberfläche der Drähte aller 100 Netze	6192 \square '	575 \square Meter.
Gewicht aller 100 Netze	2737 \bar{r}	1241 Kilogramm.

Leistungen.

Angebliche Kraft der Maschine	600	600 Pferde.
Kohlenverbrauch in 24 Stunden	6 Tonnen.	6094 Kilogramm.
Geschwindigkeit des Schiffes	7 Meil. per 1 St.	3·13 Met. per 1''

Beurtheilung der Anordnung.

Wir wollen nun sehen, was man aus diesen Angaben, im Falle sie von der Wahrheit nicht wesentlich abweichen, zu folgern berechtigt ist.

Das Verhältniss zwischen Länge und Breite des Schiffes ist übereinstimmend mit jenem, das man bei Meerdampfschiffen gewöhnlich beobachtet. Es ist nämlich der Breite nahe $\frac{1}{6}$ von der Länge.

Die Tauchung des Schiffes ist aber verhältnissmässig grösser, als man es bei Meerdampfschiffen gewöhnlich findet. In der Regel ist nämlich bei Holzschiffen die Tauchung 0·4 von der Breite, darnach müsste sie 16' betragen, sie beträgt aber 18', also um 2' zu viel. Es ist also das Schiff entweder vorn und hinten zu scharf gebaut, oder es ist überhaupt zu stark gebaut, oder es ist durch die Maschinen zu stark belastet.

Bei 18' Tauchung und 40' Breite beträgt der Querschnitt des Rechteckes, das dem eingetauchten Theil des Hauptspantus umschrieben werden kann, $18 \times 40 = 720 \square'$. Nun sind alle neueren englischen Meerdampfschiffe, die gegen stillstehendes Wasser mit

einer Geschwindigkeit von 11·2 Meilen (5 Meter per 1^u) fahren, so gebaut, dass für jeden □' jenes Rechteckes 1 *Nominal*-Pferdekraft gerechnet wird. Für dieses Schiff würde also jeder englische Konstrukteur, wenn es 18' taucht, eine Dampfmaschine von 720 *Nominal*-Pferdekraft nehmen. Die calorische Maschine wäre also, wenn sie wirklich die angebliche Kraft von 600 Pferden entwickelte, zu schwach, um mit 5 Meter Geschwindigkeit fahren zu können. Um aber mit diesem Schiff statt mit 5 Meter mit nur 3·13 Meter Geschwindigkeit zu fahren, brauchte man, da der Effekt mit dem Kubus der Geschwindigkeit wächst, nur eine Dampfmaschine von $720 \left(\frac{3\cdot13}{5}\right)^3 = 170$ *Nominal*-Pferdekraft. So gross ist also die thatsächliche Leistung der Maschine von *Ericson*, und diese Leistung ist, wenn man die kolossalen Dimensionen der Maschine in Anschlag bringt, eine wenig erfreuliche.

Wollen wir die Leistungen hinsichtlich des Kohlenverbrauches beurtheilen, so müssen wir den Kohlenaufwand von 6094 Kilogramm mit dem Kohlenverbrauch eines Dampfschiffes von 170 Pferdekraft vergleichen. Grössere Schiffsmaschinen brauchen stündlich per 1 Pferdekraft 2 Kilogramm. Eine Dampfmaschine von 170 Pferdekraft würde also in 24 Stunden $2 \times 24 \times 170 = 8160$ Kilogramm consumiren. Der Kohlenverbrauch des *Ericson* ist also etwas, aber nicht viel kleiner, als der eines Dampfschiffes von gleicher Kraft.

Wir wollen die Maschine nach der Seite (88) für den Effekt einer calorischen Maschine aufgestellten Formel berechnen. Diese Formel ist:

$$E_n A V p \left\{ \begin{array}{l} \frac{L_1}{L} + \frac{L_1 + M}{\mu - 1} \left[1 - \left(\frac{L_1 + M L}{L + M L} \right)^{\mu - 1} \right] \\ - \frac{r}{p} - \left(\frac{L_1}{L} + M \right) \frac{1 + \alpha \mathfrak{z}}{1 + \alpha t_1} \frac{\mu}{\mu - 1} \left[\left(\frac{p}{\mathfrak{A}} \right)^{\frac{\mu - 1}{\mu}} - 1 \right] \end{array} \right\}$$

Nach den angegebenen Thatsachen ist zu setzen:

$$\begin{array}{llll} \frac{L_1}{L} = \frac{2}{3} & A = 13\cdot84 & \frac{p}{\mathfrak{A}} = 1\cdot819 & E_n = 85 \times 75 \\ M = 0\cdot05 & V = 0\cdot82 & \mathfrak{z} = 10^\circ & \\ \mu = 1\cdot421 & p = 18760 & t_1 = 200^\circ & \end{array}$$

Den Werth von r wollen wir nicht annehmen, sondern wollen

ihm im Gegentheil zu berechnen suchen, indem wir die Frage stellen, wie viel der Widerstand r (welcher den atmosphärischen Druck, den Widerstand, den der Regenerator veranlasst, und die Reibungen der Maschine in sich enthält), betragen darf, wenn die 4 Maschinen zusammen eine Kraft von 170 Pferden, also 2 Maschinen, die einer einzigen doppelt wirkenden gleich wären, eine Kraft von 85 Pferden entwickeln sollen.

Man findet:

$$\frac{L_i}{L} + \frac{L_i + M}{\mu - 1} \left[1 - \left(\frac{L_i + ML}{L + ML} \right)^{\mu - 1} \right] \dots \dots \dots = 0.9186$$

$$\left(\frac{L_i}{L} + M \right) \frac{1 + \alpha \mathfrak{E}}{1 + \alpha t_1} \frac{\mu}{\mu - 1} \left[\left(\frac{p}{\mathfrak{Q}} \right)^{\frac{\mu - 1}{\mu}} - 1 \right] \dots \dots \dots = 0.2768$$

$$\frac{E_n}{A p V} \dots \dots \dots = 0.0299$$

Aus der Formel für E_n findet man nun:

$$\frac{r}{p} = 0.9186 - 0.2768 - 0.0299 \dots \dots \dots = 0.6119$$

$$r = 0.6119 \times 18760 \dots \dots \dots = 11479$$

Der Werth von r dürfte also nach dieser Rechnung nur $1 + \frac{1}{10}$ einer Atmosphäre betragen, wenn die 4 Maschinen zusammen 170 Pferdekraft geben sollen.

Macht man die ähnliche Rechnung nach dem etwas günstigeren *Mariott'schen* Gesetz, so hat man es mit der Formel zu thun:

$$E_n = A V L \left\{ \begin{array}{l} \frac{L_i}{L} + \left(M + \frac{L_i}{L} \right) \log_{\text{nat.}} \frac{L + ML}{L_i + ML} \\ - \frac{r}{p} - \left(M + \frac{L_i}{L} \right) \frac{1 + \alpha t_0}{1 + \alpha t_1} \log_{\text{nat.}} \frac{p}{\mathfrak{Q}} \end{array} \right\}$$

und in dieselbe nebst den oben angegebenen Werthen $t_0 = 10$ zu setzen.

Man findet:

$$\frac{L_i}{L} + \left(M + \frac{L_i}{L} \right) \log_{\text{nat.}} \frac{L + ML}{L_i + ML} \dots \dots \dots = 0.9399$$

$$\left(M + \frac{L_1}{L}\right) \frac{1 + \alpha t_0}{1 + \alpha t_1} \log_{\text{nat.}} \frac{p}{\mathfrak{M}} \dots \dots \dots = 0.2538$$

$$\frac{E_n}{\Delta V p} \dots \dots \dots = 0.0299$$

$$\frac{r}{P} = 0.9399 - 0.2538 - 0.0299 \dots \dots \dots = 0.6562$$

$$r = \dots \dots \dots = 12310 \text{ Kilg.}$$

Nach diesem günstigeren Gesetz dürfte doch der Widerstand nicht mehr als $1 + \frac{1}{4}$ Atmosphäre betragen, müsste also ein Druck von $\frac{1}{4}$ Atmosphäre genügen, um die Reibungen der Maschine und den durch den Regenerator veranlassten Widerstand zu bewältigen, was, nach dem Gefühl zu urtheilen, kaum möglich zu sein scheint.

Die aus den Dimensionen des Schiffes und aus seiner Geschwindigkeit bestimmte Kraftleistung der 4 Maschinen erscheint also nach diesen Rechnungen beinahe nicht möglich zu sein. Indessen versteht es sich wohl von selbst, dass man diese Berechnungen einer Maschine, in welcher eine so zusammengesetzte Wirkungsweise eines Motors statt findet, dessen Natur nicht einmal genau bekannt ist, unmöglich haarscharf durchführen kann. Ich hoffe, Sachkenner werden die Uebereinstimmung der Rechnung mit den Thatsachen befriedigend finden. Wer damit nicht zufrieden ist und überhaupt von einer Rechnung nichts wissen, sondern warten will, bis die Erfahrung entscheidet, der mag sich, wenn er sich nicht täuschen lassen will, mit einer tüchtigen Dosis Geduld versehen. Dampfmaschinen gibt es schon seit so langer Zeit in so grosser Anzahl, und was wir gegenwärtig über ihre Kraftleistungen aus der „Erfahrung“ wissen, ist beinahe = Null, und ich bin überzeugt, dass die durch eine verständige Rechnung bestimmten Kraftleistungen der Dampfmaschinen der Wahrheit näher kommen, als alle Horse-Power-Schätzungen und als die Indikator-Messungen, wie sie seit einiger Zeit in England getrieben werden. Nach diesen Messungen wäre die effektive oder wirkliche Kraftleistung der Dampfmaschine in der Regel zwei Mal so gross, als die Nominalkraft. In dem *Engineer's and Contractors Pocket-Book for the Years 1852 and 1853* findet man ein Verzeichniss von 80 Maschinen, worin die Nominalkraft und die mit dem Indikator gemessene Effektivkraft angegeben ist, und da wird man sich überzeugen können, dass in der Regel das oben angegebene Verhältniss gefunden wurde. Diese Kraftbestimmungen nach dem

Indikator sind aber höchst wahrscheinlich zu gross, weil dabei die eigene Reibung der Maschine nicht in Anschlag gebracht ist.

Ich gestehe, dass ich für meinen Theil die Erfahrung gemacht habe, dass man im Technischen sehr wenig wirklich verlässliche und begründete Erfahrung gemacht hat, und dass die Mehrzahl der angeblichen Thatsachen gar nicht auf wahren sorgfältigen Messungen oder Beobachtungen beruhen. Man braucht nur ein „Thatsachenmaterial“ über technische Dinge zu vergleichen, und wird sich dann überzeugen, wie da Alles gesetzlos confus durcheinander läuft. Die Techniker und Ingenieure stehen auch meistens gar nicht auf der wissenschaftlichen Bildungsstufe, auf der man stehen muss, um eine wahre Beobachtung und Messung vornehmen zu können. Es wäre den Technikern sehr zu empfehlen, dass sie die Worte „Thatsache“, „Erfahrung“, mit mehr Vorsicht gebrauchen möchten, als es jetzt geschieht.

Ich muss noch hinsichtlich der Ruderräder des Schiffes von *Ericson* eine Bemerkung machen. Nach den Angaben ist die Umfangsgeschwindigkeit der Räder 7.14 Meter, während die Geschwindigkeit des Schiffes nur 3.12 Meter beträgt. Dieses Verhältniss ist ein sehr ungünstiges. Bei gut laufenden Schiffen ist die Umfangsgeschwindigkeit der Räder nur 1.4 Mal so gross, als die des Schiffes, hier ist sie aber $\frac{7.14}{3.12} = 2.29$ Mal so gross. Wenn die Angaben richtig sind, so würde daraus folgen, dass die Ruderräder entweder zu klein sind oder zu wenig Schaufeln haben.

Mag man nun das Verdienst, das sich *Ericson* durch die muthvolle Ausführung einer calorischen Maschine in grossem Maasstabe, durch die sinnreiche Erfindung seines Regenerators und überhaupt durch seine anregende Thätigkeit erworben hat, noch so hoch anschlagen, so kann man denn doch nicht umhin, das Urtheil auszusprechen, dass die Leistungen dieses calorischen Schiffes noch weit von denjenigen entfernt sind, die bei einer richtigen Beobachtung der Prinzipien und glücklichen Durchführung derselben erwartet werden dürfen.

Die Spannung der Luft ist nun einmal zu klein und die Temperatur zu niedrig, um ein ganz gutes Resultat erhalten zu können. Bei dieser geringen Spannung kann das Expansionsprinzip nur in einem sehr schwachen Maase in Anwendung gebracht werden; ist ferner das Verhältniss zwischen dem nützlichen Druck hinter dem Kolben und dem schädlichen Druck vor dem Kolben zu ungünstig; bei dieser schwachen Spannung könnte selbst der Regenerator, wenn er auch hinsichtlich der Wärmewirkungen Ausserordentliches

leistete, was wohl nicht der Fall zu sein scheint, keinen wesentlichen Vortheil gewähren, indem er dazu beiträgt, den schädlichen Vorderdruck zu vermehren. Wegen dieser schwachen Spannung in Verbindung mit der zu niedrigen Temperatur der Luft müssen endlich die Maschinen diese riesenhaften Dimensionen haben, die wohl bei einem Schiff von dieser Grösse möglicher Weise, bei kleineren Schiffen oder gar bei Lokomotiven aber ganz unzulässig wären.

Die von mir in meiner ersten Ausgabe der Luftexpansions-Maschine ausgesprochene Ansicht, dass diese calorischen Maschinen erst dann im Stande sein werden, die Dampfmaschinen zu ersetzen, wenn es gelingen wird, eine Kolbenconstruktion zu Stande zu bringen, die eine Spannung von 4 bis 5 Atmosphären und eine Temperatur von 300 bis 400° widersteht, diese Ansicht steht für mich auch jetzt noch fest. Aber ich glaube, dass es wohl der Mühe werth ist, die Sache mit Eifer zu verfolgen, denn wenn man es dahin bringen kann, dass die calorischen Maschinen bei gleicher Kraftleistung nur den dritten Theil des Brennstoffes erfordern, den gegenwärtig die Dampfmaschinen verbrauchen, so wird daraus nicht nur für den Fabrikbetrieb ein ansehnlicher ökonomischer Vortheil erwachsen, sondern es wird dann der Verkehr zur See verhältnissmässig ebenso lebhaft werden, wie er es auf dem Festlande durch die Eisenbahnen ist.

Die Dampfschiffe verbrauchen gegenwärtig noch so viel Steinkohlen, dass mit kleineren Dampfschiffen grössere Seereisen gar nicht unternommen werden können. Der Kohlenverbrauch wächst im quadratischen Verhältniss der linearen Dimension des Schiffes, der Tonnengehalt aber im kubischen Verhältniss, die Länge, die ein Schiff haben muss, damit es so viel Kohlen mitnehmen kann, als es braucht, um eine gewisse Strecke zu durchfahren, ist daher der Länge dieser Strecke proportional. Daher kommt es, dass man gegenwärtig mit kleineren Dampfschiffen von circa 200 Pferdekraft, wenn eine Fahrgeschwindigkeit von 5 Meter per 1" gefordert wird, die Küste von Amerika nicht erreichen kann, und desshalb Schiffe von wenigstens 450 Pferdekraft anwendet. Eine grössere Anzahl von so mächtigen Schiffen anzuschaffen und zu unterhalten, geht aber über die Kraft und die Verkehrsverhältnisse, selbst der grössern Staaten des Continentes.

Anders würden sich die Verhältnisse gestalten, wenn diese calorischen Maschinen zu der Leistung gesteigert werden könnten, welche nach den Prinzipien als erreichbar erscheint, dann würde es allerdings möglich werden, mit 200pferdigen Schiffen

das atlantische Meer zu durchfahren, und die für einen lebhaften Verkehr nothwendige Anzahl von Schiffen würden dann selbst kleinere Staaten anzuschaffen und zu unterhalten im Stande sein.

Es ist also wohl der Mühe werth, nach einer vollkommeneren Verwirklichung der Prinzipien, auf welchen die calorische Maschine beruht, zu streben, allein das geht nun nicht mehr in der Studirstube an, man muss bauen und Verschiedenes versuchen, um insbesondere die Kolbenconstruktion ausfindig zu machen, die gegen Hitze und Spannung unempfindlich ist. Aber es ist leider voraussehen, dass unser liebes Deutschland auch auf die praktische Lösung dieser Frage verzichten wird.

Theorie der Treibapparate.

Widerstand der Schiffe.

Im Allgemeinen ist die Meinung herrschend, dass der Widerstand der Schiffe vorzugsweise von der Grösse des eingetauchten Theiles des Hauptspantes, so wie von der mehr oder weniger zweckmässigen Form des Schiffes abhängt, und dass der Reibungswiderstand nur ein verhältnissmässig kleiner Theil des Gesamtwiderstandes ausmache. Vermöge dieser insbesondere in England und auf dem Continent herrschend gewordenen Ansicht, hat man die Schiffe durch bedeutende Verlängerung derselben, und durch feine Zuspitzungen des Vorder- und Hintersterns zu verbessern geglaubt. Diese lang gestreckten scharf gespitzten Schiffe verursachen, wie der Augenschein schon zeigt, weniger Wellenbewegungen, als minder lange und weniger scharf gebaute Schiffe, und darin hat man nun einen Beweis finden wollen, dass man sich auf dem rechten Weg einer fortschreitenden Verbesserung befinde. Allein dies Alles ist nach meinem Dafürhalten eine ganz willkürliche auf keinen sichern Erfahrungen beruhende und sogar ganz irrige Meinung. Ich behaupte, dass die Erfahrung das Gegentheil beweist, dass die Form der Schiffe, wenn sie sich nur nicht beträchtlich von der allgemein üblichen entfernt, nur einen sehr geringen, die Reibung des Schiffes im Wasser dagegen einen sehr grossen Einfluss habe auf den Widerstand, und dass diese scharfen Zuspitzungen den Widerstand dadurch vermehren, weil sie, ohne den Tonnengehalt des Schiffes merklich zu vergrössern; das Gewicht der Construktion und dadurch die Tauchung vermehren.

Dass die Form der Schiffe einen nur geringen Einfluss auf den Widerstand ausübe, scheint mir zunächst der Umstand zu beweisen,