

# **Badische Landesbibliothek Karlsruhe**

**Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe**

## **Der Maschinenbau**

**Redtenbacher, Ferdinand**

**Mannheim, 1863**

Die geschlossene calorische Maschine

[urn:nbn:de:bsz:31-270981](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-270981)

Fig. 5. Der Treibkolben auf dem toten Punkt rechts, das Ventil desselben geöffnet. Der Speisekolben  $m$  links gehend, sein Ventil geschlossen. Das Auslassventil geöffnet.

Die Vorgänge sind nun:

- Uebergang von I. in II. Compression der eingeschlossenen Luft.  
Kraft konsumirend.
- „ „ II. „ III. Erwärmung und Expansion der Luft.  
 $m$  bewegt sich kraftlos,  $e$  wird getrieben.
- „ „ III. „ IV. Lufteinsaugen durch  $e$ , Entweichen durch  $a$ .
- „ „ IV. „ I. Lufteinsaugen durch  $e$ , Luftaustreiben durch  $a$ .

Sorgfältige Versuche, welche am Conservatoire des arts et métiers mit einer neueren calorischen Maschine von Ericson angestellt wurden, haben folgende Resultate geliefert:

Pferdekraft der Maschine . . . . .	1.77				
Stündlicher Brennstoffaufwand	<table> <tbody> <tr> <td>{ Koks . . . . .</td> <td>4.13</td> </tr> <tr> <td>{ Steinkohlen . . . . .</td> <td>5.88</td> </tr> </tbody> </table>	{ Koks . . . . .	4.13	{ Steinkohlen . . . . .	5.88
{ Koks . . . . .		4.13			
{ Steinkohlen . . . . .	5.88				
per Pferdekraft Nutzeffekt					
Spannkraft der Luft im Maximum . . . . .	1.75 Atmosph.				
Temperatur der erhitzten Luft . . . . .	272°				
Den Nutzeffekt der Maschine gleich Eins gesetzt, ist der Kraftaufwand für die Luftpumpe . . . . .	0.60				
Reibungswiderstand der Maschine . . . . .	1.41				
Nutzwirkung des Treibkolbens . . . . .	3.01				

### Die geschlossene calorische Maschine.

Bei den im Vorhergehenden beschriebenen calorischen Maschinen geht die Wärme gänzlich verloren, welche in der entweichenden noch immer bedeutend erwärmten Luft enthalten ist. Bei einer ideal vollkommenen calorischen Maschine dürfte während des Ganges der Maschine keine Luft eintreten und auch keine austreten, sondern die in ihr befindliche Luft würde nur erwärmt und die aufgenommene Wärme müsste durch einen Expansionsakt in motorische Kraft umgewandelt werden. Die Möglichkeit einer solchen Umwandlung von Wärme in Arbeit durch einen Expansionsakt kann auf folgende Art eingesehen werden: Nehmen wir an, in der Maschine sei eine gewisse Luftmenge eingeschlossen, ihre Temperatur sei  $t_1$ , ihr Volumen  $v_1$ , ihre Spannkraft  $N_1$ . Die Luft wird hierauf durch Wärme, welche durch die Wände des Gefäßes eindringt,

auf  $t_2$  erwärmt, jedoch ohne Volumänderung, so tritt in derselben eine Spannkraft  $N_2$  ein. Nun dehne sich die Luft aus, ohne dabei Wärme aufzunehmen oder abzugeben, bis ihr Volumen  $v_2$ , ihre Temperatur  $t_3$  und die Spannkraft  $N_3$  wird. Hierauf werde sie ohne Volumänderung abgekühlt, indem ihr durch einen Regenerator Wärme entzogen wird, bis eine Spannkraft  $N_4$  und Temperatur  $t_4$  entsteht. Endlich werde die Luft zusammengedrückt bis auf ihr ursprüngliches Volumen  $v_1$  und dabei soll ihre Temperatur wieder  $t_1$  und ihre Spannkraft  $N_1$  werden, so dass also ihr Zustand zuletzt ganz identisch wird mit ihrem anfänglichen Zustand, was allerdings nur unter gewissen Bedingungen möglich ist. Der hier eben beschriebene cyklische Vorgang kann am besten durch eine graphische Darstellung anschaulich gemacht werden. Tragen wir die Volumina als Abscissen, die Spannkräfte als Ordinaten auf, so erhalten wir für den ganzen Vorgang die Fig. 6, Tafel XXX.

Es sei  $0a = v_1$  das anfängliche Luftvolumen,  $ab = N_1$  die anfängliche Spannung,  $t_1$  die anfängliche Temperatur. Wenn nun die Luft von  $t_1$  auf  $t_2$  erwärmt wird ohne Volumsänderung, geht die Spannkraft in  $\overline{ac} = N_2$  über. Erfolgt hierauf die Expansion, so wird das Volumen  $0f = v_2$ , ihre Spannkraft  $\overline{df} = N_3$  und ihre Temperatur  $t_3$ . Erfolgt dann die Abkühlung ohne Volumsänderung, so wird ihre Spannkraft  $\overline{ef} = N_4$  und ihre Temperatur  $t_4$ . Erfolgt endlich die Zusammendrückung, so kann die Luft wiederum in ihren ursprünglichen Zustand  $0a = v_1$ ,  $\overline{ab} = N_1$  zurückkehren. Nun ist offenbar der Flächeninhalt von  $acdf$  die Arbeit, welche während des Expansionsaktes produziert wird, der Flächeninhalt von  $abef$  dagegen die Arbeit, welche während des Compressionsaktes konsumirt wird, demnach der Flächeninhalt von  $bced$  die reine Nutzarbeit, welche durch den ganzen cyklischen Akt gewonnen wird. Vorausgesetzt, dass die Wärme, welche wir der Luft durch den Regenerator entzogen haben, zum Vorwärmen der Luft benutzt wird, beträgt der ganze Wärmeaufwand für den cyklischen Akt  $Q \text{ G } [(t_2 - t_1) - (t_3 - t_4)]$  und diesem entspricht eine motorische Arbeit

$$A = f Q \text{ G } [(t_2 - t_1) - (t_3 - t_4)] \dots \dots \dots (1)$$

wobei  $f = 424 \text{ Klgm}$  die motorische Wirkung einer Wärmeeinheit bezeichnet. Dieser Werth von  $A$  ist so gross, als der Flächeninhalt von  $bced$ .

Ist  $v_0$  das Volumen der Luft bei  $0^\circ$  Temperatur und unter einem Druck  $N_0$ , so ist nach dem gewöhnlichen Mariott-Gay-Lussac'schen Gesetz :

$$\left. \begin{aligned} N_1 V_1 &= N_0 V_0 (1 + \alpha t_1) \\ N_2 V_2 &= N_0 V_0 (1 + \alpha t_2) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (2)$$

demnach:

$$N_2 - N_1 = N_0 V_0 \alpha \frac{t_2 - t_1}{V_1} \dots \dots \dots (3)$$

Da der Voraussetzung gemäss die Expansion und die Compression der Luft ohne Wärmeaufnahme und ohne Wärmeabgabe erfolgt, so findet für diese Akte das potenzierte Mariott'sche Gesetz seine Anwendung. Es ist demnach:

$$\left. \begin{aligned} \frac{N_2}{N_1} &= \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^\mu, & \left. \begin{aligned} \frac{1 + \alpha t_2}{1 + \alpha t_1} &= \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{\mu-1} \\ \frac{1 + \alpha t_2}{1 + \alpha t_1} &= \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{\mu-1} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (5) \\ \frac{N_2}{N_1} &= \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^\mu, & \left. \begin{aligned} \frac{1 + \alpha t_2}{1 + \alpha t_1} &= \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{\mu-1} \\ \frac{1 + \alpha t_2}{1 + \alpha t_1} &= \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{\mu-1} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (5) \end{aligned} \right\} \dots (4)$$

wobei  $\mu = \frac{6_1}{6}$  das Verhältniss der Wärmekapazitäten der Luft bei constantem Druck und bei constantem Volumen bedeutet.

Aus den Gleichungen (5) folgt:

$$t_2 - t_1 = (t_2 - t_1) \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{\mu-1} \dots \dots \dots (6)$$

Diese Gleichung bestimmt die Abkühlung, die durch den Regenerator bewirkt werden muss, damit der Endzustand der Luft mit dem Anfangszustand übereinstimmt.

Führt man den Werth von  $t_2 - t_1$  aus (6) in (1) ein, so findet man:

$$A = f Q 6 (t_2 - t_1) \left[ 1 - \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{\mu-1} \right]$$

Es ist aber auch:

$$f = \frac{N_0 V_0 \alpha}{Q (6_1 - 6)} = \frac{N_0 V_0 \alpha}{Q 6 (\mu - 1)}$$

Demnach findet man:

$$A = N_0 V_0 \alpha (t_2 - t_1) \frac{1 - \left( \frac{V_2}{V_1} \right)^{\mu-1}}{\mu - 1} \dots \dots \dots (7)$$

Für  $V_0 = 1$ ,  $N_0 = 10333$ ,  $\alpha = 0.00367$ ,  $\mu = 1.41$ ,  $t_1 = 100^\circ$ ,  $t_2 = 300^\circ$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{5}$$

findet man:

$$A = 8593 \text{ KJm}$$

$$t_3 - t_4 = 103$$

Abgesehen vom Wärmeverlust, vom Reibungswiderstande und überhaupt von allen Unvollkommenheiten, die mit der Realisirung einer jeden Maschine verbunden sind, würde diese berechnete Maschine, wenn der cyklische Akt in jeder Sekunde einmal wiederholt würde, einen Effekt von ungefähr 100 Pferdekräften geben, und der Maschinencylinder würde wegen der fünffachen Ausdehnung eine Grösse von circa 6 Kubikmetern erhalten, also ungefähr fünfmal so gross werden als der Cylinder einer gewöhnlichen Dampfmaschine von 100 Pferdekraft. Darin liegt das Grundübel dieser calorischen Maschinen, und so lange es nicht gelingt, einen Akt zu entdecken, durch welchen die Umwandlung des Schwingungszustandes des Aethers in mechanische Wirkungen in viel ergiebigerer Weise geschehen kann als durch Volumsänderungen oder Expansionen, werden die calorischen Maschinen die gewöhnlichen Dampfmaschinen nicht zu verdrängen im Stande sein.

### Die Lenoir'sche Gasmaschine.

**Beschreibung der Maschine.** Diese Maschine ist im Wesentlichen so eingerichtet, wie eine nicht condensirende, aber expandirende Dampfmaschine mit einem Cylinder. Der motorische Stoff ist ein Gemenge von Leuchtgas und atmosphärischer Luft. Während der Kolben einen gewissen Weg 1, seines ganzen Schubes 1 zurücklegt, wird das Gasgemenge in den Cylinder eingesaugt. Nachdem die Absperrung erfolgt ist, wird das Gasgemenge durch einen elektrischen Funken entzündet, wodurch es eine hohe Spannkraft gewinnt und den Kolben durch den Rest 1-1, des Schubes fortreibt. Während die Einsaugung durch den Weg 1, erfolgt, läuft die Maschine kraftlos durch die Trägheit des Schwungrades fort, und die nützliche Wirkung wird erst durch den Weg 1-1, durch Expansion des eingeschlossenen und entzündeten Gases entwickelt. Der Raum vor dem Kolben kommunizirt während des ganzen Schubes mit der freien Atmosphäre, nach welcher am Ende des Kolbenschubes das Gasgemenge entweicht.

Die wirkliche Gasmaschine von *Lenoir* unterscheidet sich von der so eben im Allgemeinen beschriebenen dadurch, dass bei derselben der Cylinder von einem Mantel umgeben ist und dass die