

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Die calorische Maschine

Redtenbacher, Ferdinand

Mannheim, 1853

Die Krafterleistungen der Maschine

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

Maschine bewegt. Die mittlere Geschwindigkeit, d. h. die Anzahl der Kolbenschübe, welche in einer bestimmten Zeit, z. B. in einer Minute eintreten, richtet sich aber nicht nur nach der im Beharrungszustand eintretenden Luftspannung, sondern auch nach der Grösse und Güte des Heizapparates und nach der Brennstoffmenge, die auf dem Rost in einer gewissen Zeit verbrannt wird.

Die Kraftleistungen der Maschine.

Dass vermittelt einer solchen calorischen Maschine, wenn ihre Construction gelingt, die motorische Kraft der Wärme sehr vortheilhaft benützt werden könnte, kann man am leichtesten an einem numerischen Beispiel erkennen.

Nehmen wir an, das Volumen des Verdichtungs-cylinders sei 1 Kubikmeter, das des Treibcylinders 2 Kubikmeter. Der Widerstand sei so beschaffen, dass im Beharrungszustand der Bewegung die Spannung der Luft in den Röhren 2 Atmosphären betragen müsse. Die Temperatur, bis zu welcher die Luft erhitzt wird, 300° . Endlich sei die Expansionsvorrichtung so eingerichtet, dass die Absperrung erfolgt, wenn der Kolben die Hälfte eines Schubes zurückgelegt hat.

Dann wird bei jedem Kolbenshub durch die Luftpumpe 1 Kubikmeter Luft auf 2 Atmosphären verdichtet, es wird daher bei jedem Schub ein halber Kubikmeter kalte Luft von 2 Atmosphären Spannung in die Röhren getrieben, und daselbst ohne Aenderung der Spannung auf 300° erhitzt. Aus dieser Luft entsteht also wiederum 1 Kubikmeter Luft, aber von 2 Atmosphären Spannung, die den Treibcylinder zur Hälfte erfüllt, worauf die Absperrung erfolgt. Die Wirkung, welche die Luft bis zur Absperrung entwickelt, indem sie auf jeden Quadratcentimeter des Kolbens einen Druck von 2 Kilogramm ausübt, und denselben durch die Hälfte des Kolbenshubes weiter bewegt, wird durch den während des ganzen Schubes auf die Vorderfläche des Kolbens wirkenden atmosphärischen Druck erschöpft. Wenn wir also auf die Reibungswiderstände der Maschine nicht Rücksicht nehmen, so ist die Wirkung, welche die Luft im Treibcylinder während eines Schubes entwickelt, gleich derjenigen, welche sie durch ihre Ausdehnung während der zweiten Hälfte des Schubes hervorbringt. Allein die Wirkung, welche ein Kubikmeter Luft von 2 Atmosphären Spannung entwickelt, wenn er sich auf das Zweifache ausdehnt, ist zwei Mal so gross, als jene, welche erforderlich ist, um 1 Kubikmeter Luft von 1 Atmosphäre Spannung auf 2 Atmosphären zu verdichten. Es entwickelt daher

die Luft durch ihre Expansion eine zwei Mal so grosse Wirkung, als die Verdichtungspumpe zu ihrem Betriebe bedarf, und folglich wird bei jedem Schub für den Betrieb der Arbeitsmaschinen eine reine Wirkung gewonnen, die so gross ist, als jene, welche ein halber Kubikmeter Luft von 2 Atmosphären Spannung oder ein halber Kubikmeter Dampf von 2 Atmosphären Spannung bei zweifacher Ausdehnung hervorbringt.

Um einen halben Kubikmeter atmosphärische Luft von 2 Atmosphären Spannung auf 300° zu erhitzen, braucht man $2 \times 1.29 \times \frac{1}{2} \times 0.2669 \times 300 = 103$ Wärmeeinheiten. Um aber einen halben Kubikmeter Dampf von 2 Atmosphären Spannung aus Wasser von 0° Temperatur zu erzeugen, sind $\frac{1}{2} \times 1.117 \times 650 = 363$ Wärmeeinheiten erforderlich. Es zeigt sich also, dass die calorische Maschine bei gleicher Wirkung nur den dritten Theil des Brennstoffes bedarf, als eine Dampfmaschine. Dieses Ergebniss ist jedoch nur als eine unvollkommene Annäherung an die Wahrheit zu betrachten, indem bei dieser Rechnung die verschiedenen Unvollkommenheiten einer solchen Maschine nicht berücksichtigt worden sind.

Nach diesen elementären Erläuterungen über die Einrichtung, Wirkungsweise und die Leistungen einer calorischen Maschine wenden wir uns nun zu einer genauen Entwicklung ihrer Theorie.

Die Spannung der Luft in den Röhren und im Cylinder.

Die Spannung der Luft in den Röhren ist, wenn man die Sache genau nimmt, nicht nur während des Anlaufes, sondern auch im Beharrungszustand eine veränderliche. Sie ist veränderlich, weil die Luftförderung der Verdichtungspumpe nicht gleichmässig und continuirlich, sondern mit Unterbrechungen und nur gegen das Ende des Kolbenschubes, nämlich erst dann eintritt, wenn einmal die Spannkraft der Luft in der Pumpe vor dem Kolben etwas grösser geworden ist, als die in den Röhren herrschende. Sie ist ferner veränderlich, weil auch der Treibcylinder nicht continuirlich, sondern nur bis zur Absperrung mit den Röhren in Verbindung steht. Vermöge dieser beiden Ursachen muss die Spannung vom Beginn des Kolbenschubes an bis zur Absperrung abnehmen, hierauf, bis die Luftförderung beginnt, wegen der durch die Röhrenwände eindringenden Wärme wachsen, endlich während der Luftförderung wegen der eintretenden Luftverdichtung abermals zunehmen. Wegen dieser beiden Ursachen ist also die Spannung periodisch mit der Zeit veränderlich. Allein vom Anfang des Kolbenschubes an bis zur Ab-

sperrung und während der Luftförderung ist die Luft in der ganzen Ausdehnung der Röhre, von der Pumpe an bis zum Treibcylinder hin in Bewegung, wobei eine Reibung der Luft an den Röhrenwänden statt findet, es muss daher die Spannung der Luft während ihrer Bewegung von der Pumpe an bis zum Expansionscylinder hin abnehmen. Diese Spannungsveränderungen können gar leicht Unregelmässigkeiten in der Bewegung der Maschine veranlassen, es ist daher gut, wenn sie möglichst geschwächt werden, und zwar durch einen hinreichend geräumigen Windkessel, den man entweder zwischen die Verdichtungspumpe und den Röhrenofen oder zwischen diesen Letzteren und den Treibcylinder aufstellt. Die erstere Aufstellung, bei welcher der Windkessel kalte Luft enthält, ist für die Ausführung, die letztere, bei welcher der Windkessel heisse Luft enthält, ist für die gleichförmige Wirkung der Luft auf die Maschine vorzuziehen.

Wir werden in der folgenden Untersuchung annehmen, dass die Maschine mit einem Windkessel versehen sei, in welchem Falle es erlaubt ist, die Spannung der Luft in den Röhren als eine unveränderliche zu betrachten.

Im Beharrungszustand der Bewegung herrscht im Expansionscylinder bis zur Absperrung eine gewisse Spannung, welche von dem Querschnitt des Cylinders, von dem Expansionsgrad und von dem auf den Kolben reduzierten Widerstand, welchen die Maschine zu überwinden hat, abhängt, Diese Spannung wird auch in der ganzen Ausdehnung des Röhrenapparates fortwährend vorhanden sein, wenn derselbe mit einem hinreichend geräumigen Windkessel versehen ist, wenn ferner die Einströmungsöffnungen in dem Expansionscylinder hinreichend gross sind, und wenn endlich die Einlassklappe so gestellt ist, dass ihre Ebene in die Axe der Röhre fällt. Wären aber die Einströmungsöffnungen eng, und würde die Einlassklappe so gestellt, dass für den Durchgang der Luft nur ein kleiner Querschnitt übrig bliebe, so würde dies zur Folge haben, dass in der ganzen Ausdehnung des Röhrenapparates eine ansehnlich höhere Spannung eintreten müsste, als im Treibcylinder, dass demnach die Luft in der Verdichtungspumpe sehr stark verdichtet werden müsste, also zu ihrem Betrieb eine bedeutende Wirkung nothwendig wäre.

Eine calorische Maschine soll daher grosse Einströmungen erhalten, und stets mit ganz geöffneter Einlassklappe arbeiten. Diese letztere soll nur zur Abstellung und Ingangsetzung der Maschine gebraucht werden.

Wir wollen in der Folge stets eine Maschine voraussetzen, die

mit einem Windkessel versehen ist, weite Einströmungen besitzt, und mit ganz geöffneter Einlassklappe arbeitet; dann ist es erlaubt, eine und dieselbe constante Spannung sowohl in den Röhren, als auch im Treibcylinder bis zur Absperrung anzunehmen.

Ergebniss der Untersuchung über die calorische Maschine.

Man wird es angenehm finden, die wesentlichsten Ergebnisse der Untersuchung über die calorische Maschine gleich von vorne herein kennen zu lernen. Diese Ergebnisse sind folgende:

1. Das Verhältniss zwischen dem Nutzeffekt der Maschine und dem Brennstoffverbrauch, oder, was dasselbe ist: die Wirkung, welche durch jede im Brennstoff enthaltene Wärmeeinheit gewonnen werden kann, ist unabhängig a) von der Geschwindigkeit der Kolbenbewegungen; b) von der Grösse der Maschine, ist also für grosse und kleine Maschinen gleich günstig; c) von der Länge des Kolbenschubes; d) von der Luftart, mit welcher die Maschine betrieben würde; e) *von der Temperatur, bis zu welcher die Luft erhitzt wird.*

2. Jenes Verhältniss hängt dagegen ab a) von der Güte des Heizapparates; b) von dem Grad der Luftverdichtung; c) von dem Grad der Expansion.

3. Die vortheilhafteste Expansion ist diejenige, bei welcher die Luft am Ende der Expansion nur noch so stark drückt, dass sie mit den Reibungswiderständen und mit dem vor dem Kolben wirkenden atmosphärischen Druck im Gleichgewicht ist.

4. Wenn diese vortheilhafteste Expansion statt findet, ist eine möglichst starke Verdichtung der Luft, welche eine starke Expansion erlaubt, vortheilhaft.

5. Wird die Luft zuerst auf 4 Atmosphären verdichtet, dann auf 300° erhitzt, und lässt man sie hierauf auf das Dreifache ihres Volumens sich ausdehnen, so beträgt der Brennstoffaufwand nur die Hälfte von demjenigen, welchen die besten Dampfmaschinen bei gleicher Kraft zu ihrem Betriebe erfordern.

6. Wird die Luft auf 5 Atmosphären verdichtet, dann auf 400° Temperatur erhitzt, und lässt man sie hierauf um etwas mehr als das Dreifache ihres Volumens sich ausdehnen, so beträgt der Brennstoffverbrauch nur den dritten Theil von jenem, den die besten Dampfmaschinen bei gleicher Kraft erfordern.

7. Die vortheilhafteste Anordnung des Heizapparates ist diejenige, bei welcher die zu erwärmende Luft in Röhren nach einer Richtung