

# **Badische Landesbibliothek Karlsruhe**

**Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe**

## **Der Maschinenbau**

**Redtenbacher, Ferdinand**

**Mannheim, 1863**

Nicht expandierende Maschinen

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

der allgemeine Formalismus, nach welchem die Dampfmaschinen zu berechnen sind, sei es, dass man sich zu einer oder der andern oder zu gar keiner Wärmetheorie bekennt. Diese Gleichungen (3), (5), (6) würden absolut richtige Resultate liefern, wenn man im Stande wäre, die darin erscheinenden Grössen  $y_m$ ,  $\rho_m$ ,  $p$ , und  $s$  mit mathematischer Schärfe zu bestimmen. Dies ist aber aus zwei Gründen nicht möglich, erstens, weil die physikalischen Gesetze des Dampfes nicht genau bekannt sind, zweitens, weil es eine zu schwierige mathematische Aufgabe ist, die Bewegungen und Zustandsänderungen des Dampfes bei seinem Uebergang aus dem Kessel in den Cylinder und sein Entweichen aus denselben zu verfolgen. Wir müssen uns also bei der Benutzung der aufgestellten Gleichungen mit Annäherungen begnügen.

**Nicht expandirende Maschinen.** Bei nicht expandirenden Maschinen ist  $l$ , sehr nahe gleich 1. Was da in der Maschine vorgeht, während der Kolben den Rest  $1 - l$ , seines Schubes zurücklegt, werden wir in der Folge bei der Theorie der Steuerungen kennen lernen. Hier wollen wir uns erlauben  $l = 1$  zu setzen, wodurch allerdings ein kleiner Fehler begangen wird. Die Spannung  $y$  des Dampfes hinter dem Kolben richtet sich theils nach der Spannung des Dampfes im Kessel, theils nach den Widerständen, welche dem Uebergang des Dampfes aus dem Kessel nach dem Cylinder entgegen treten, theils nach den Querschnitten der Dampfkanäle, endlich nach der Geschwindigkeit des Kolbens. Sind diese Widerstände klein, sind ferner die Dampfkanäle weit, und ist die Kolbengeschwindigkeit eine gemässigte, so muss man auch ohne alle Rechnung erkennen, dass bei einer nicht expandirenden Dampfmaschine die Spannung des Dampfes hinter dem Kolben während der ganzen Dauer des Schubes nur äusserst wenig veränderlich sein kann, ist es also unter solchen Umständen erlaubt,  $y$  als eine Constante anzusehen. Nennen wir diesen constanten Werth von  $y$ ,  $p$ , so dürfen wir setzen  $y = y_m = p_1 = p$ . Dadurch begehen wir einen Fehler, der zur Folge hat, dass wir die Wirkung der Maschine zu günstig berechnen, denn die wirkliche Dampfspannung muss, wenn der Kolben am schnellsten geht, also in der Mitte seines Schubes sich befindet, kleiner ausfallen als am Anfange und am Ende des Schubes. Trägt man den vom Kolben zurückgelegten Weg  $x$  als Abscisse, die Pressung des Dampfes gegen den Kolben als Ordinate auf, Taf. XXVI., Fig. 9, so ist  $A B E C D$  der Vorgang, wenn der Druck während des ganzen Schubes  $A D$  constant bleibt, dagegen  $A B F C D$  der wirkliche Vorgang und namentlich bei rascher Bewegung des Kolbens. In beiden

Fällen ist der Dampfverbrauch der gleiche, aber die Wirkung des Dampfes ist bei constant bleibendem Druck grösser, als bei veränderlichem. Hieraus erkennt man aber auch, dass eine mässige Geschwindigkeit des Kolbens hinsichtlich der Wirkung des Dampfes auf den Kolben vortheilhaft ist.

Der schädliche Widerstand  $\rho$  ist eine sehr zusammengesetzte Funktion von verschiedenen Einflüssen. Der Werth von  $\rho$  richtet sich 1) nach der Spannung, die in dem Raume herrscht, nach welchem der Dampf aus dem Cylinder entweicht. Dieser Raum ist, bei Condensationsmaschinen der Condensator, bei nicht condensirenden Maschinen die atmosphärische Luft; 2) nach dem Querschnitte des Ausströmungskanals und überhaupt nach den Hindernissen, die der Ausströmung des Dampfes entgegenwirken. Weite Kanäle sind günstig, enge ungünstig; 3) nach der Geschwindigkeit des Kolbens. Eine mässige Geschwindigkeit ist günstig, eine rasche ungünstig; 4) nach der Totalität der Reibungswiderstände der Maschine und der Widerstände, welche die Bewegung der Hilfsapparate, Pumpen etc. verursacht. Eine sehr vollkommene Ausführung der Maschine und einfache Konstruktionsweise sind in dieser Hinsicht vortheilhaft. Dieser Theil des Gesamtbetrages von  $\rho_m$  ist bei nicht expandirenden und nicht condensirenden Maschinen am kleinsten, bei expandirenden und condensirenden Maschinen am grössten. Erfolgt die Bewegung des Kolbens sehr rasch und sind die Querschnitte der Kanäle enge, so ist  $\rho$  merklich veränderlich, und zwar am Anfang des Kolbenschubes beträchtlich gross und erst gegen das Ende des Kolbenschubes hin mässig. Ist dagegen die Geschwindigkeit des Kolbens eine mässige und sind die Querschnitte der Entweichungskanäle sehr weit, so ist  $\rho$  beinahe constant, so dass man dann  $\rho = \rho_m = r$  setzen darf, wobei  $r$  den in diesem Falle beinahe constanten Werth von  $\rho$  bedeutet. Man sieht hieraus, dass hinsichtlich des schädlichen Vorderdruckes eine geringe Geschwindigkeit des Kolbens und weite Entweichungskanäle vortheilhaft sind.

Noch muss bemerkt werden, dass der Werth von  $r$  für grosse Maschinen kleiner ausfällt als für kleine Maschinen, wegen der nicht unbeträchtlichen Kolbenreibung. Diese ist nämlich dem Umfang des Kolbens proportional, während die Kraft der Maschine dem Querschnitt des Kolbens proportional ist; das Verhältniss zwischen dem Reibungswiderstand und der Gesamtkraft der Maschine fällt demnach bei grossen Maschinen günstiger aus als bei kleinen.

Durch weitläufige Rechnungen, die ich hier nicht produziren will, habe ich für  $r$  folgende Annäherungswerthe gefunden:

1) für Watt'sche Niederdruckmaschinen:

$$r = 1758 + 30 \frac{O}{\Omega} v + 45 h + 269 D + \frac{367}{D}$$

2) für Hochdruckmaschinen  
ohne Condensation ohne  
Expansion bei einer Span-  
nung des Dampfes von:

$$2 \text{ At.} \dots r = 10652 + 12 \frac{O}{\Omega} v + 531 D + \frac{414}{D}$$

$$3 \text{ " } \dots r = 11044 + 38 \frac{O}{\Omega} v + 635 D + \frac{631}{D}$$

$$4 \text{ " } \dots r = 11469 + 71 \frac{O}{\Omega} v + 1090 D + \frac{828}{D}$$

$$5 \text{ " } \dots r = 12450 + 114 \frac{O}{\Omega} v + 1610 D + \frac{1005}{D}$$

Die constanten Zahlen in diesen Ausdrücken rühren vorzugsweise her von der Spannung, die in dem Raum herrscht, nach welchem der Dampf entweicht. Die Glieder, welche  $\frac{O}{\Omega} v$  als Faktor enthalten, drücken den Einfluss aus, welchen das nicht plötzliche, sondern allmähliche Entweichen des Dampfes verursacht.  $\Omega$  ist der Querschnitt des Ausströmungskanals. Ein enger Kanal und grosse Geschwindigkeit sind nachtheilig, was schon früher ausgesprochen wurde. Die dem Durchmesser  $D$  des Dampfeylinders direkt proportionalen Glieder beziehen sich vorzugsweise auf die Reibung der Schwungradswelle. Diese ist bei grossen Maschinen grösser als bei kleinen, was seinen Grund darin hat, dass die Schwungräder bei grossen Maschinen wegen ihres langsamen Ganges verhältnissmässig schwerer ausfallen, als bei kleineren Maschinen.

Die dem Durchmesser  $D$  verkehrt proportionalen Glieder rühren vorzugsweise von der Kolbenreibung her. Diese ist also bei kleinen Maschinen grösser als bei grossen. Der Grund hiervon liegt in dem Umstande, dass die Kolbenreibung dem Umfang, die Kraft, welche den Kolben treibt, dagegen dem Querschnitt des Kolbens proportional ist.

Der in jeder Sekunde entstehende Dampfverlust  $s$  entsteht vorzugsweise am Umfang des Kolbens, weil dieser doch niemals absolut genau an den Cylinder anschliesst. Dieser Verlust richtet sich daher 1) nach der Genauigkeit, mit welcher die Kolbendichtung an

der Cylinderwand anschliesst, 2) nach der Differenz der Spannungen hinter und vor dem Kolben, 3) nach dem Durchmesser des Cylinders. Nach Rechnungen, die ich hier nicht wiedergeben will, ist annähernd:

$$s = (0.022 + 0.027 n) D \text{ Kilogramm}$$

wobei  $D$  den Durchmesser des Dampfeylinders in Metern und  $n$  die Spannung des Dampfes im Cylinder hinter dem Kolben bedeutet.

Für eine gut gearbeitete, mit hinreichend weiten Zu- und Abströmungskanälen versehene und mit mässiger Geschwindigkeit laufende Maschine, die noch ohnedies gegen Wärmeverluste wohl verwahrt ist, dürfen wir nach den vorausgegangenen Erläuterungen annähernd setzen:

$$y = y_m = p_1 = p, \quad e = e_m = r, \quad s = 0, \quad l_1 = 1$$

und dann geben die Gleichungen (3) bis (7):

$$\left. \begin{aligned} p &= \frac{1}{2} \frac{R \pi}{O} + r \\ 75 N &= O v (p - r) \\ S &= O v (1 + m) (\alpha + \beta p) \\ S &= q \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (8)$$

Wir wollen diese Gleichungen zur Beantwortung verschiedener die Dampfmaschinen betreffenden Fragen benutzen, werden uns aber dabei so benehmen, wie wenn dieselben nicht bloss Annäherungen, sondern absolute Wahrheiten ausdrückten. Die Zahl dieser Gleichungen ist 4, die Anzahl der darin enthaltenen variablen Grössen  $p, R, r, O, v, E, N, S, q$  ist dagegen 9. Wenn also 5 von diesen 9 Grössen gegeben werden, können die andern 4 berechnet werden. Es können demnach  $\frac{9 \times 8 \times 7 \times 6}{1 \times 2 \times 3 \times 4} = 105$  verschiedene Fragen gestellt und beantwortet werden.

Von diesen 105 möglichen Aufgaben wollen wir nur einige, die ein besonderes praktisches Interesse haben, behandeln.

**Leistungen einer bestehenden Maschine, erster Fall.** Eine Maschine sei aufgestellt und im Gang. Der Querschnitt  $O$  des Cylinders wird gemessen. Die Dampfspannung  $p$ , der Widerstand  $r$  und die Geschwindigkeit  $v$  wird beobachtet. Man soll bestimmen: 1) den nützlichen Widerstand  $R$ , 2) den Nutzeffekt  $N$  der Maschine, 3) die Dampfproduktion  $s$  pro 1 Sekunde, 4) die Wassermenge  $q$ .

Aus den Gleichungen (8) folgt: