Die calorische Maschine

Redtenbacher, Ferdinand

Mannheim, 1853

Die Ruderräder

Küste von Amerika erreichen kann, weil es vor einigen Jahren 18 Tagen brauchte.

Angenommen, dass diese Kritik eine Wahrheit sei, so ist damit nicht blos eine Negation ausgesprochen, sondern es ist damit zugleich gesagt, dass weil der Widerstand der Schiffe grösstentheils nur von der nicht zu beseitigenden Reibung herrührt, es auch gar nicht möglich ist, ihn durch Veränderungen der Form merklich zu schwächen; dann aber folgt auch daraus, dass der rechte Weg der Verbesserung in einer allmähligen Annäherung an die schlichtere amerikanische Schiffsform liege, indem diese Form keinen merklich grössern Widerstand verursacht, dafür aber bei gleicher Tauchung einen grössern Tonnengehalt, wegen der gleichen Breite und den überall beinahe vertikalen Wänden eine mehr benutzbare Räumlichkeit und dann auch noch eine grössere Stabilität darbietet, indem bei gleicher Länge und Breite der Schwimmfläche des amerikanischen Schiffes ein grösseres Trägheitsmoment entspricht, als dem englischen Schiff.

Bezeichnen wir den Werth von $1000\ \beta$ mit k, so erhalten wir für den Widerstand, in der Voraussetzung, dass derselbe beinahe nur von der Reibung herrührt, folgenden Ausdruck:

$$W = k\left[\frac{2}{3}\frac{L}{T} + 2\frac{L}{B}\right] B\,T\,u^2 \quad \ldots\ldots \quad (7)$$

Der Tonnengehalt eines Schiffes ist dem Volumen $B\,L\,T$ proportional. Das Verhältniss des Widerstandes W zum Tonnengehalt wird daher:

$$\frac{W}{B\,L\,T} = k\left[\frac{2}{3}\frac{1}{T} + \frac{2}{B}\right] u^2$$

d. h. dieses Verhältniss ist bei breiten tief gehenden Seeschiffen günstig, bei schmalen wenig tauchenden Flussschiffen ungünstig. Der Werth von k ist, wie wir gesehen haben

$$k = 0{\cdot}309 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

Die Ruderräder.

Wenn ich in Kürze die bekannte Theorie der Ruderräder hierher setze, so geschieht dies nur wegen der später folgenden Vergleichung der verschiedenen Treibapparate. Einer exakten Berechnung kann natürlich das tolle Dreinschlagen der Ruderschaufeln nicht unterworfen werden; man muss sich mit rohen Annäherungen begnügen.

Nennen wir wiederum wie früher

L B T Länge, Breite und Tiefgang des Schiffes;

$\Omega = B\,T$ das Rechteck, das dem eingetauchten Theil des Hauptspantes entspricht;

Ω_1 die Summe der Flächen zweier Schaufeln der Ruderräder;

u die relative Geschwindigkeit des Schiffes gegen das Wasser;

v die Umfangsgeschwindigkeit der Schaufelräder gegen das Schiff;

$k = 0{\cdot}309 \left[\frac{2}{3}\frac{L}{T} + 2\frac{L}{B}\right]$ den Widerstand, welchen ein Schiff verursacht, wenn das Rechteck $\Omega = 1$ und die Geschwindigkeit $u = 1$ ist;

$k_1 = 125$ ein Coeffizient zur Berechnung des Druckes der Schaufeln gegen das Wasser;

N_r N_n den Real- und den Nominaleffekt der Maschinen, welche das Schiff treiben.

Der Widerstand des Schiffes ist, wie wir gesehen haben

$$k\,\Omega\,u^2$$

Der Drück der Schaufeln gegen das Wasser darf dem Quadrat der relativen Geschwindigkeit der Schaufeln gegen das Wasser und der Summe der Flächen zweier Schaufeln proportional gesetzt werden, kann also ausgedrückt werden durch

$$k_1\,\Omega_1\,(v-u)^2$$

Da im Beharrungszustand der Bewegung des Schiffes der Druck der Schaufeln gegen das Wasser gleich sein muss dem Widerstand des Schiffes, so hat man:

$$k\,\Omega\,u^2 = k_1\,\Omega_1\,(v-u)^2 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Hieraus folgt:

$$\frac{v}{u} = 1 + \sqrt{\frac{k\,\Omega}{k_1\,\Omega_1}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Die Kraft, mit welcher die Radumfänge durch die Maschinen getrieben werden, ist: $k\,\Omega\,u^2$ und die Geschwindigkeit, mit welcher dieser Druck fortschreitet, ist v, man hat daher:

$$75\,N_r = k\,\Omega\,u^3\,v$$

oder

$$75\,N_n \left(\frac{N_r}{N_n}\right) = k\,\Omega\,u^3 \left(\frac{v}{u}\right) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Hieraus folgt auch:

$$\left.\begin{aligned} N_n &= \frac{k\,\Omega}{75}\,u^3\,\frac{\left(\frac{v}{u}\right)}{\left(\frac{N_r}{N_n}\right)} \\ u &= \sqrt[3]{\left\{\frac{75\,N_n}{k\,\Omega}\,\frac{\left(\frac{N_r}{N_n}\right)}{\left(\frac{v}{u}\right)}\right\}} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

Aus der ersten der Gleichungen (4) ersieht man, dass es vortheilhaft ist, wenn die Geschwindigkeit der Schaufeln (die vermöge 2 immer grösser ist, als jene des Schiffes), so wenig als möglich von der des Schiffes verschieden ist. Die Schaufelflächen sollen daher im Verhältniss zum Schiffsquerschnitt gross sein. Bei allen bessern Construktionen ist sehr nah

$$\frac{v}{u} = 1{\cdot}4 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

Dann zeigt auch die erste der Gleichungen (4), dass die Pferdekraft der Maschinen dem Kubus der Schiffsgeschwindigkeit proportional ist, und so lange die für schnelles Fahren schwärmenden Gemüther diesen Kubus nicht wegphantasiren, werden sie sich in der Wirklichkeit mit mässigerer Geschwindigkeit begnügen müssen.

Aus der Gleichung (2) kann die Constante k_1 berechnet werden, wenn für ein Schiff bekannt ist: der Querschnitt Ω_1, der Widerstandscoeffizient k, die Geschwindigkeit u des Schiffes und die Umfangsgeschwindigkeit v der Schaufeln, und wenn man diese Berechnung nicht nur einmal, sondern wiederholt mit den Daten von einer grössern Anzahl von Schiffen durchführt, so findet man nahe übereinstimmende Werthe, nämlich:

$$k_1 = 125$$

Für das calorische Schiff von *Ericson* ist:

$L = 75^m \quad B = 12^m \quad T = 5{\cdot}49$, demnach wird $k = 6{\cdot}67$, $\Omega = 65{\cdot}9$

Soll dieses Schiff mit einer Geschwindigkeit von 5^m fahren, so sind (wenn die gewöhnlichen Verhältnisse $\frac{v}{u} = 1{\cdot}4$, $\frac{N_r}{N_n} = 1{\cdot}5$, vorausgesetzt wird), Treibmaschinen nothwendig, die eine Normalkraft von

$$N_n = \frac{6{\cdot}67 \times 65{\cdot}9}{75}\, 125\, \frac{1{\cdot}4}{1{\cdot}5} = 686 \text{ Pferden}$$

entwickeln. Um aber dieses Schiff mit der halben Geschwindigkeit zu bewegen, braucht man nur eine Normalkraft von

$\frac{68{\cdot}6}{8} = 86$ Pferden.

Die Schraube als Treibapparat.

Die sogenannten Schrauben, welche gegenwärtig sehr häufig zum Treiben der Dampfschiffe benutzt werden, haben zwar dem äusseren Ansehen nach keine Aehnlichkeit mit dem, was man in der Geometrie eine Schraubenfläche nennt; nach ihrer Wirkungsweise stimmen sie aber doch mit der einen Schraubenfläche überein. Wir wollen daher der Berechnung dieses Treibapparates eine wirkliche Schraubenfläche, d. h. eine Fläche zu Grunde legen, die durch jede durch die Axe gelegte Ebene, in einer auf die Axe senkrechten Geraden, und durch einen mit der Axe concentrischen Cylinder von kreisförmigem Querschnitt in einer Schraubenlinie von gleichförmiger Steigung geschnitten wird. Die ganze Fläche kann man sich aus concentrisch um einander laufenden Schraubenlinien, deren Steilheit von der Axe aus nach dem Umfang abnimmt, bestehend denken. Wir nehmen an, die Schraube habe nur einen Umgang, und bezeichnen durch

R den äusseren Halbmesser der Schraube;

α den Winkel, den jede an die äusserste Schraubenlinie gezogene Berührungslinie mit einer auf die Axe der Schraube senkrecht gelegte Ebene bildet;

φ den gleichartigen Winkel für die in der Entfernung x von der Axe befindliche Schraubenlinie;

u die relative Geschwindigkeit des Schiffes gegen das Wasser;

Θ die Winkelgeschwindigkeit, mit welcher sich die Schraube im Beharrungszustand bewegt;

$\varrho = 1000$ Kilogramm, das Gewicht von einem Kubikmeter Wasser;

$g = 9{\cdot}81$ die Beschleunigung durch die Schwere.

Aus der Bildungsweise der Schraube folgt zunächst:

$$R \text{ tang. } \alpha = x \text{ tang. } \varphi \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$