Dampfverbrauch und wieder sind Tourenzahl und Rostfläche die innersten Argumente.

Ist so die verfügbare Dampfmenge aus der Zahl der Kalorien in der Zeiteinheit berechnet, so muss damit die zur Abgabe einer gewissen Leistung erforderliche Dampfmenge gedeckt werden. Im Hinblick auf die verhältnismässig geringe Sparsamkeit in der Verwendung des Dampfes im Lokomotivorganismus und auf die mit der Wirklichkeit nie übereinstimmenden, immer viel zu tief gegriffenen Werte, welche eine theoretisch richtige Berechnung des Dampfverbrauchs liefern würde, ist die Genauigkeit gross genug, wenn man von der Zahl der nutzbaren Cylinderfüllungen in der Zeiteinheit ausgeht.

Bei einer gewöhnlichen Zwillingsmaschine erfordert eine Radumdrehung zwei Füllungen für jede Seite, somit ein Dampfvolumen von $2 \cdot \frac{d^2\pi}{4} s \,.\, \varepsilon \,.\, 2 = \pi d^2 s \varepsilon$, wenn

d der Cylinderdurchmesser,
s der Kolbenhub,
ε der Füllungsgrad

ist.

Bei n Umdrehungen in der Minute, welche in der Stunde 60mal wiederholt werden, und einer Dampfdichte γ ($^{\mathrm{kg}}/_{\mathrm{dm}^3}$, *Fliegner*'sche Tabelle), ist somit nach kurzer Vereinfachung der Gesamtverbrauch:

$$\mathfrak{D} = 189\,(\gamma\, d^2 s)\, \varepsilon\, n \qquad \text{kg stündl.}$$

Wird bei einer gegebenen Lokomotive der Dampfdruck konstant gehalten, so ist der Klammerausdruck eine Konstante. Der Dampfverbrauch ist dann nur von Füllung und Tourenzahl abhängig, jedoch ist von Proportionalität zwischen $\mathfrak{D}$ und $\varepsilon\, n$ keine Rede, da die letzteren unter sich selbst Beziehungen haben; für eine gegebene Lokomotive muss ja mit wachsender Tourenzahl die Füllung sinken, gerade um den Dampfverbrauch unter der Leistungsgrenze des Kessels zu halten. Bei Verbundmaschinen ist nur ein grosser oder zwei kleine Cylinder zu füllen, wofür aber ε um so höher ausfällt.

Die Vergleichung der beiden für $\mathfrak{D}$ gefundenen Werte ergibt:

$$\mathfrak{D} = \frac{\eta_k \mathfrak{w}}{\lambda_0}\left(\frac{\mathfrak{B}}{R}\right) R = 189\,(\gamma\, d^2 s)\, \varepsilon\, n.$$

Daraus folgt ein weiterer Wert für die „Forcierungsziffer" $\left(\frac{\mathfrak{B}}{R}\right)$, ferner ein Wert für die zu einer gewissen Tourenzahl für bestimmte Kesselanstrengung gehörige Füllung:

$$\varepsilon = \frac{\eta_k \mathfrak{w} \mathfrak{B}}{189\, \gamma\, d^2 s\, n\, \lambda_0}, \text{ im Mittel } \varepsilon = 0{,}0583\, \frac{\eta_k R}{(\gamma\, d^2 s)\, n}\left(\frac{\mathfrak{B}}{R}\right).$$

In schönster Weise zeigt dieser Ausdruck, wie eine Vergrösserung der Füllung, d. h. der Zugkraft bei gegebener Geschwindigkeit, möglich ist bei besserer Kesselwirkung (η_k), besserer Kohle ($\mathfrak{w}$), grösserer Rostfläche (R) und Forcierung $\left(\frac{\mathfrak{B}}{R}\right)$; wie dagegen eine Verkleinerung des Füllungsgrades mit steigender Tourenzahl (n) nötig wird. Für eine bestimmte Lokomotive ist auch R konstant und der Ausdruck so zu schreiben:

a) Mittlere mögliche Füllung

$$\varepsilon = 0{,}0583\left(\frac{R}{\gamma\, d^2 s}\right)\frac{\eta_k}{n} \cdot \frac{\mathfrak{B}}{R}.$$

Die Grössen $\eta_k\; n\; \frac{\mathfrak{B}}{R}$ sind feindliche Gegensätze unter sich; nimmt man an, dass das Produkt aus η_k und $\frac{\mathfrak{B}}{R}$ annähernd konstant ist, so ist die Füllung der Tourenzahl umgekehrt proportional, was von der Wahrheit nicht weit entfernt sein kann, wenigstens bei normalen Verhältnissen.

Noch auf anderem Weg ist die mögliche Füllung, von deren Kenntnis die Ermittelung des zu erwartenden Dampfverbrauchs durchaus abhängt, zu finden. Eine Funktion des Füllungsgrades ist die mittlere nutzbare Spannung im Cylinder, welche in der Zugkraftsformel mitwirkt.

Ist diese indizierte Spannung p_i, der Triebraddurchmesser D, so ist die Zugkraft bekanntlich

$$Z = \frac{d^2 s\, p_i}{D},$$

somit einerseits die indizierte Leistung

$$N = \frac{Z \,.\, V}{270} \text{ (erforderliche Maschinenleistung),}$$

während andererseits

$$N = a\, H \sqrt{n} \text{ (verfügbare Kesselleistung).}$$

Daher

$$N = \frac{d^2 s\, p_i}{D} \cdot \frac{V}{270} = a\, H \sqrt{n}.$$

Bedenkt man nun, dass die Umfangsgeschwindigkeit des Triebrades in Kilometer pro Stunde den Wert hat

$$V = \frac{\pi\, D\, n}{60} \cdot 3{,}6,$$

so ist

$$N = \frac{d^2 s\, p_i}{D}\, \frac{\pi\, D\, n \,.\, 3{,}6}{60 \,.\, 270} = a\, H \sqrt{n},$$

woraus nach Vereinfachung das Verhältnis e des mittleren Kolbendrucks zum Kesseldruck sich ergibt (d, s in Decimeter einzusetzen!).

b) Druckverhältnis

$$e = \frac{p_i}{p} = 143\left(\frac{a\, H}{p\, d^2 s}\right)\frac{1}{\sqrt{n}}.$$

Entgegen dem Ausdruck a) zeigt diese Gleichung eine geringere Abhängigkeit der Grösse e von der Tourenzahl, als die Grösse ε dieser gegenüber aufweist.

Durch Division der beiden Formeln a) und b) erhält man:

$$\text{c)} \quad \frac{\varepsilon}{e} = 0{,}000407\left(\frac{p}{a\gamma} \cdot \frac{R}{H}\right) \cdot \frac{\eta_k}{\sqrt{n}} \cdot \frac{\mathfrak{B}}{R}.$$

Die Bauart und Anstrengung der Lokomotive sind darin weitgehend berücksichtigt.

Die so erhaltenen Werte stimmen gut zu den Ergebnissen der Handformeln in der *Hütte*:

für Zwillingsmaschinen

$$p_i = \frac{3\,\varepsilon\,(p' - 1)}{1 + 2\,\varepsilon},$$

wobei $p' = 0{,}9p$ ist;

für Verbundmaschinen (bei normalen Füllungen)

$$p_i = \begin{cases} 0{,}45\,(p - 1) \text{ mit Schlepptender} \\ 0{,}42\,(p - 1) \text{ Tenderlokomotiven.} \end{cases}$$

Folgende Beispiele sprechen für die Anwendung der Gleichungen a) und b):

1. Für die $^2/_4$ *gekuppelte Schnellzuglokomotive der badischen Staatsbahn* (Zwillingsmaschine) ist:

$d = 46$ cm	$H = 137$ qm (Serverohre)
$s = 60$ cm	$R = 1{,}99$ qm
$n = 227$ (90 $^{\mathrm{km}}/_{\mathrm{Std.}}$)	$\eta_k = 0{,}6$ geschätzt
$a = 0{,}4$	$\frac{\mathfrak{B}}{R} = \frac{12 \,.\, 227}{3 + 1{,}99} = 545\ ^{\mathrm{kg}}/_{\mathrm{qm\text{-}Std.}}$,
$p = 13$ at (Ueberdruck)	
$\gamma = 0{,}007\ ^{\mathrm{kg}}/_{\mathrm{cdm}}$	

$$\text{somit a)} \quad \varepsilon = 0{,}0583\left(\frac{1{,}99}{0{,}007 \,.\, 4{,}6^2 \,.\, 6}\right)\frac{0{,}6}{227} \cdot 545 = \mathbf{0{,}19}$$

$$\text{b)} \quad p_i = 143\left(\frac{0{,}4 \,.\, 137}{4{,}6^2 \,.\, 6}\right)\frac{1}{\sqrt{227}} = \mathbf{4{,}2\ at.}$$

Setzt man andererseits $p' = 0{,}9 \,.\, 13 = 11{,}7$ at, so wird:

$$p_i = \frac{3 \,.\, 0{,}19\,(11{,}7 - 1)}{1 + 2 \,.\, 0{,}19} = \frac{0{,}57 \,.\, 10{,}7}{1{,}38} = \mathbf{4{,}4\ at.}$$

Der Unterschied von 0,2 at ist jedenfalls ein geringer zu nennen. Es folgt noch:

$$\mathfrak{D} = 11 \,.\, 0{,}6 \,.\, 545 \,.\, 1{,}99 = 7200 \text{ kg stündlich}$$
$$\mathfrak{B} = 545 \,.\, 1{,}99 = 1090 \text{ „ „}$$

2. Für die $^2/_5$ *gekuppelte Schnellzuglokomotive des „Atlantic Flyer"* (*Vauclain*'sche Verbundmaschine, Kl. IIIa2 der Tabelle S. 350 Bd. 316) ist:

$d = 33$ cm (Hochdruck)	$H = 156$ qm
$s = 66$ cm	$R = 7{,}1$ qm (System *Wootten*)
$n = 280$ (113 $^{\mathrm{km}}/_{\mathrm{Std.}}$)	$\eta_k = 0{,}6$ geschätzt
$a = 0{,}5$	$\frac{\mathfrak{B}}{R} = \frac{12 \,.\, 280}{3 + 7{,}1} = 330\ ^{\mathrm{kg}}/_{\mathrm{qm\text{-}Std.}}$,
$p = 14{,}1$ at (Ueberdruck)	
$\gamma = 0{,}0075\ ^{\mathrm{kg}}/_{\mathrm{cdm}}$	