

### Beziehungen für das statische Moment.

Mittels der tabellarischen Angaben von  $\frac{N_n}{c}$  läßt sich mit Leichtigkeit der mittlere resultierende Kolbendruck  $\mathfrak{P}_m$  (Netto), welcher bei nahezu ganzer Cylinderfüllung und bei endlos gedachter Schubstange zugleich der Maximaldruck im Kurbelkreise ist, ferner (bei beliebiger Füllung) der mittlere Druck  $\mathfrak{P}$  im Kurbelkreise, und sonach auch das statische Moment an der Maschinenwelle (das größte  $M_{\max}$  bei ganzer Füllung, und das mittlere  $M$  bei beliebiger Füllung) feststellen, was für die Berechnung der Förderungs- und Locomotiv-Maschinen von Wesenheit ist.

Man hat einfach für einen Dampfcylinder:

$$\mathfrak{P}_m = 75 \frac{N_n}{c}$$

$$\mathfrak{P} = \frac{2}{\pi} \mathfrak{P}_m = 47,75 \frac{N_n}{c}$$

und sodann

$$M_{\max} = \mathfrak{P}_m \cdot \frac{l}{2} \text{ bei nahe ganzer Füllung;}$$

$$M = \mathfrak{P} \cdot \frac{l}{2} \text{ bei beliebiger Füllung.}$$

Bezeichnet nun

$W$  die von einer (Zwillings-) Locomotiv-Maschine geäußerte Zugkraft (in Kgr.),

$W'$  diejenige Zugkraft, welche — behufs Ingangsetzung des Zuges bei der toten Lage einer Kurbel — von der andern Kurbel mit Volldruck, bezw. mit der größten Füllung zu bewältigen wäre (wenn es eben darauf ankäme),

$R$  den Halbmesser der Triebräder (in Meter) und

$\mathfrak{C}$  die auf die Secunde bezogene Fahrgeschwindigkeit (in Met.),

so hat man außerdem

$$W'R = M_{\max} = \mathfrak{P}_m \cdot \frac{l}{2} \text{ (bei der größten Füllung)}$$

$$\frac{1}{2} WR = M = \mathfrak{P} \cdot \frac{l}{2} \text{ (bei der betreffenden Füllung)}$$

$$\text{und } \frac{c}{\mathfrak{C}} = \frac{l}{R\pi}$$

mit welchen Beziehungen alle Erhebungen bei Locomotiv-Maschinen leicht vorgenommen werden können.

Note: Der mittlere resultierende „indicierte“ Kolbendruck ist stets

$$\mathfrak{P}_i = 75 \frac{N}{c} \text{ (Kgr.)}$$

### Besondere Bemerkungen zu den einzelnen Tabellengruppen.

**I. Serie.** S. 1—97. Maschinen gewöhnlicher Größen (bis zu einer wirksamen Kolbenfläche  $O = 1$  qm, d. i. bis zu einem Kolbendurchmesser  $D = 1,15$  m).

A. Auspuff-Maschinen mit Couliissensteuerung (S. 1 bis 26). Die tabellarischen Angaben wurden für eine Coulisie mit constantem

linearen Voreilen (nach Gooch oder dgl.) berechnet, gelten jedoch mit vollständig hinreichender Annäherung auch für die anderen Coulissenarten, insbesondere für die Stephenson'sche Coulisse im Mittel zwischen ihrer Einrichtung mit offenen und jener mit gekreuzten Excenterstangen etc.\*). Die Einrichtung der einzelnen Tabellen ist an und für sich und aus dem Vorhergehenden verständlich.

Der schädliche Raum wurde mit 5 % in Rechnung gebracht; es ist füglich nicht anzuraten, denselben bei den Auspuff-Maschinen mit Coulissensteuerung kleiner zu machen, da dies leicht eine zu große Compressions-Endspannung und hiermit eine nachteilige Schlingenbildung im Indicatordiagramm (bei kleineren Füllungen) zur Folge haben könnte.

#### B. Auspuff-Maschinen mit Expansionssteuerung (S. 27 bis 52).

Die tabellarischen Angaben gelten für eine beliebige gut eingerichtete Steuerung nach Meyer oder Corliß oder dgl.

Durch eine schleichende Schieberbewegung, oder eine ähnliche Uncorrectheit, ausserdem aber auch durch mehr als mäßige Droßlung (gleichgültig, ob dieselbe unter den obwaltenden Umständen als ein notwendiges oder als ein überflüssiges Übel zu bezeichnen ist) werden die Angaben der Leistung mehr oder weniger herabgedrückt, während die Beträge des Dampfconsums bei etwaiger größerer Droßlung und bei der betreffenden (größeren) Füllung nahezu unberührt bleiben, jedoch sowohl nach den Tabellen als auch in Wirklichkeit kleiner ausfallen würden, wenn eine geringere Droßlung und entsprechend kleinere Füllung zur Anwendung kommen würde.

#### C. Eincylinder-Condens.-Maschinen (S. 53 bis 77).

Hier gilt das von den Auspuff-Maschinen unter B eben Gesagte in etwas erhöhtem Maße.

#### D. Zweicylinder-Condens.-Maschinen (S. 79 bis 97).

Um in betreff der indicierten und Netto-Leistung nicht zwei Gruppen von Tabellen — die eine für Maschinen ohne Heizung, die andere für Maschinen mit durchgreifender Heizung des Receivers — entwerfen zu müssen — wurden für die Berechnung von  $N_i$  und  $N_n$  (resp.  $\frac{N_i}{c}$  und  $\frac{N_n}{c}$ ) mittlere (zwischen diesen beiden Maschinenkategorien beiläufig in der Mitte gelegene Daten) zu grunde gelegt, so daß die tabellarischen Angaben zunächst unmittelbar den Maschinen mit bloß äußerlich (dampfhemdartig) geheiztem Receiver (ohne ein inneres Röhrensystem) zugemutet werden können.

Mittels des Leistungs-Coëfficienten für „ $N_i$  oder  $N_n$  (min.)“ und für „ $N_i$  oder  $N_n$  (max.)“ des betreffenden, jeder Tabelle vorangehenden Hilfstabellchens können sodann diejenigen Leistungen ermittelt werden, welche einerseits eine Maschine ohne (geheizten) Receiver billiger Weise (selbst unter ungünstigeren Verhältnissen) wenigstens nachweisen soll, und welche andererseits eine Maschine mit durchgreifend geheiztem Receiver selbst unter den günstigsten Verhältnissen kaum merklich

\*) Vermöge des erwähnten Umstandes erscheint in den Tabellen der Name Gooch jenem des eigentlichen Erfinders der Coulissensteuerung, Stephenson, vorangesetzt.

überschreiten dürfte. Bei all dem Gesagten wird aber vorausgesetzt, daß erstens mittels der stets vorhanden gedachten Doppelsteuerung für einen tunlichst kleinen Spannungsabfall vorgesorgt ist, daß zweitens nur unbedeutend gedrosselt wird und daß drittens mit einer gewissen Präcision (zum mindesten nicht schleichend) gesteuert wird.

Wenn diese Bedingungen nicht eingehalten werden, so können allerdings merklichere Abweichungen der geäußerten Leistungen von den tabellarischen Angaben eintreten; dergleichen Abweichungen oder vielmehr ihre Ursachen sind als Abnormitäten zu bezeichnen, und konnten hier als solche nicht berücksichtigt werden.

In den Hilfstabellchen der Zweicylinder-Condens.-Maschinen sind außer den Angaben über die Leistung und den Dampfconsum auch noch diejenigen Volumenverhältnisse  $\frac{v}{V}$  angegeben, welche unter verschiedenen Verhältnissen (bezüglich der Maschinenkategorie und der Größe  $R$  des Receiverraumes) bei der betreffenden als „normal“ angenommenen oder dieserhalb überhaupt in Betracht gezogenen Füllung die nahe gleiche Arbeitsverteilung auf beide Cylinder herbeiführen und bei den Compound-Maschinen eventuell auch einer anderweitigen Bedingung in bereits früher angegebener Weise entsprechen.

Als Ergänzung zu den sämtlichen Hilfstabellchen der Zweicylinder-Condens.-Maschinen folgen hier die vorläufigen Werte der Füllung  $X$  des Expansions-Cylinders zur Vermeidung des Spannungsabfalls beim Dampfübertritt:

1. Bei den Zweicylinder-Condens.-Maschinen mit gleichsinniger oder entgegengesetzter Kolbenbewegung (Corr. Woolf- und Receiver-Woolf-Maschinen):

Receiver-Volumen $R =$	0,06 $V$	0,1 $V$	0,15 $V$	0,2 $V$	0,3 $V$	0,4 $V$	0,6 $V$	0,8 $V$	$V$
wenn $\frac{v}{V} = 0,4$ ; $X =$	0,81	0,74	0,69	0,65	0,59	0,55	0,50	0,48	0,46
„ „ = 0,333; „ =	0,73	0,66	0,59	0,55	0,49	0,46	0,42	0,39	0,38
„ „ = 0,3 ; „ =	0,69	0,60	0,54	0,49	0,44	0,41	0,37	0,35	0,33
„ „ = 0,25 ; „ =	0,60	0,51	0,45	0,41	0,36	0,33	0,30	0,28	0,27

2. Bei den Compound-Maschinen (mit Kurbeln unter  $90^\circ$  oder dgl.) ist vorläufig  $X = \frac{v}{V}$  zu machen.

Die Füllung  $X$  ist an der in Gang gesetzten Maschine nach Maßgabe der abgenommenen Indicator diagramme definitiv zu adjustieren, um den Spannungsabfall wirklich zu vermeiden.

## II. Serie. S. 99—146. Sehr große Dampfmaschinen.

(Wirksame Kolbenfläche  $O = 1$  bis  $7$  qm; Kolbendurchmesser  $D = 1,15$  bis  $3,03$  m.)

In dieser Serie sind die angeführten Maschinengattungen auf der halben Seitenzahl (da die in Betracht gezogenen 60 Abstufungen von  $O$  und  $D$  bloß je eine einzelne Seite in Anspruch nehmen) in derselben Reihenfolge und in der gleichen Weise behandelt, wie in der ersten Serie; nur die jeder Tabelle angehängten Hilfstabellchen sind dem vorhandenen kleineren Raume entsprechend reduciert und übrigens nach Bedarf mit Berufungen auf die correspondierenden Angaben der I. Serie versehen.

Es finden sich

Sehr große Auspuff-Maschinen:

A' mit Coulissen-Steuerung }  
 B' mit Expansions-Steuerung } auf S. 99 bis 124.

Sehr große Condensations-Maschinen:

C' als Eincylinder-Maschinen }  
 D' als Zweicylinder-Maschinen } auf S. 125 bis 146.

III. Serie. S. 147—177. Maschinen mit hohem Dampfdruck (7—14 Atm.)

A. Zweicylinder-Auspuff-Maschinen, S. 147 bis 155.

B. Dreicylinder-Condens.-Maschinen, S. 157 bis 165.

Zu A und B gehörige Werte von  $\mu$  und  $\frac{1}{1+\mu}$ , S. 166.

C. Zweicylinder-Condens.-Maschinen mit Hochdruck von 9 bis 12 Atm.  
 S. 167 bis 177.

Über die zwei ersten Tabellengruppen A und B dieser III. Serie ist das Notwendige vorhergehends mitgeteilt worden; es erübrigt nur, als Ergänzung zu den sämtlichen betreffenden Hilfstabellchen, über die vorläufigen Werte der Füllung  $X$  des Expansions- (Niederdruck-) Cylinders der Zweicylinder-Auspuff-Maschinen, sowie über die Füllung  $X_1$  des Mittel-druck-Cylinders und jene  $X_2$  des Niederdruck-Cylinders der Dreicylinder-Condens.-Maschinen (zum Zwecke der Vermeidung des Spannungsabfalles bei dem Dampfübertritte) einiges zu bemerken.

Da die genannten Füllungen im wesentlichen nur von den Cylinder-Volumenverhältnissen und von der (relativen) Größe der Receiver-Volumen abhängen, so wird:

Erstlich die Füllung  $X$  bei den Zweicylinder-Auspuff-Maschinen nach den vorangehenden Angaben für Zweicylinder-Condens.-Maschinen bei-läufig zu beurteilen sein (die definitive Feststellung von  $X$  kann ohnehin erst an der in Gang gesetzten Maschine mit Hilfe des Indicators geschehen).

Zweitens bei den Dreicylinder-Condens.-Maschinen sind auch dies-falls (sowie in betreff der Bemessung der Cylinder-Volumenverhältnisse) zwei Fälle bezüglich der Anordnung der Kurbeln zu unterscheiden, wie folgt:

a) Bei der Dreicylinder- als Dreikurbel-Maschine (Kurbeln unter  $120^\circ$ )

mache man vorläufig  $X_1 \approx \frac{v_1}{v_2}$  und  $X_2 \approx \frac{v_2}{V}$ ; das Zeichen  $>$  kommt beider-seits vornehmlich dann zur Geltung, wenn die Mitteldruckkurbel der Hoch-druckkurbel naheilt, welche (rechtsinnische) Kurbelfolge aus anderweitigen Gründen sich weniger empfiehlt, als die umgekehrte (widersinnische) Kurbel-folge, wobei die Mitteldruckkurbel der Hochdruckkurbel voreilt.

b) Bei der Dreicylinder- als Zweikurbel-Maschine (Kurbeln unter  $90^\circ$ ) und zwar Hochdruck- und Mitteldruck an einer Kurbel, also der Niederdruck-Cylinder isoliert gedacht\*) ist zunächst für den Niederdruck-Cylinder  $X_2 = \frac{v_2}{V}$

\*) Das hiermit in Betracht gezogene „Tandem-Compound“-System dürfte dem vereinzelt be-stehenden sog. „Doppel-Compound“-System (wobei der Mitteldruckcylinder isoliert ist) wohl ent-schieden vorzuziehen sein; bei diesem letzteren (hier weiter nicht beachteten) System wäre übrigens

einfach  $X_1 = \frac{v_1}{v_2}$  und  $X_2 = \frac{v_2}{V}$  zu machen.

(dem Compound-System entsprechend) zu machen. Die (vorläufige) Füllung  $X_1$  des Mitteldruck-Cylinders ist für zwei plausible Volumengrößen des ersten Receivers ( $R_1 = v_1$  und  $R_1 = v_2$ ) in Abhängigkeit von dem diesfalls maßgebenden Volumenverhältnisse  $\frac{v_1}{v_2}$  aus der folgenden Zusammenstellung zu entnehmen.

$\frac{v_1}{v_2} =$	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
wenn $R_1 = v_1; X_1 =$	0,67	0,62	0,57	0,52	0,46	0,40	0,33
„ $R_1 = v_2; X_1 =$	0,60	0,54	0,48	0,42	0,36	0,29	0,23

Genauereres über die (vorläufige) Bemessungen der Füllungen  $X_1$  und  $X_2$  (nebst  $X$  bei den Zweicylinder-Masch.) findet man in dem „Theoretischen Teile“ des Hilfsbuches.

Über die dritte Tabellengruppe C der III. Serie (Zweicylinder-Condens.-Maschinen mit Hochdruck) sind die notwendigen Erklärungen in der zugehörigen Einleitung S. 167 bis 169 enthalten.

#### Anhang.

Die erste Tabellengruppe (S. 178 bis 187) des Anhanges enthält die Angaben über den Leergangswiderstand und die zusätzliche Reibung für die Maschinen der I. und II. Tabellen-Serie, worüber das Notwendige bereits in dem Vorhergegangenen angeführt wurde.

Der Anhang enthält außerdem auf S. 188 und 189 die bereits erwähnte dreiteilige Tabelle (A, B und C) zur Bestimmung des Dampfliquiditätsverlustes  $C_i'''$  für Eincylinder- und Mehrcylinder-Maschinen bei beliebiger Füllung und Kolbengeschwindigkeit, als Ergänzung der betreffenden Angaben in den Haupttabellen, welche Angaben in der I. Tabellen-Serie bloß die (beiläufig) beste normale Füllung bei der (beiläufig) gewöhnlichen Kolbengeschwindigkeit betreffen, in der II. und III. Serie aber überhaupt nicht vertreten sind.

Ferner ist auf S. 190 bis 193 „Fliegner's ursprüngliche Tabelle für gesättigte Wasserdämpfe“ teilweise complettiert. Die Daten dieser Tabelle entsprechen (wie in ihrem Titel angegeben) der Annahme des mechanischen Wärmeäquivalentes

$$k = \frac{1}{A} = 436 \text{ Mkgr. pro 1 metrische Calorie;}$$

diese Annahme wurde in der letzteren Zeit (seit dem Erscheinen der 1. Auflage dieses Buches) wieder auf die ehemalige, bereits durch Joule festgesetzte Größe

$$k = \frac{1}{A} = 424 \text{ Mkgr. pro 1 metr. Cal.}$$

zurückgeführt; weshalb denn die durch diese Änderung betroffenen Spalten der Fliegner'schen Dampftabelle von Ingenieur Connert umgerechnet und aus Zeuner's „Technischer Thermodynamik“ in unsern Anhang (S. 194 und 195) unter dem Titel „Fliegner-Connert's Tabelle für gesättigte Wasserdämpfe mit  $\frac{1}{A} = 424$ “ aufgenommen wurde. Für den gegenwärtig meist gebrauchten

Wert  $\frac{1}{4} = 430$  sind aus beiden Tabellen die Mittel zu nehmen, welche indes von den tabellarischen Angaben sehr wenig abweichen.

Die beiden angeführten Dampftabellen des Anhangs sind für den practischen Gebrauch (wobei vornehmlich nur die Spalten der Temperatur, Gesamtwärme, nebst dem specifischen Volumen und Gewichte benötigt werden) vermöge ihrer Einrichtung an und für sich verständlich; inbetreff ihrer Entstehungsweise und etwaiger Anwendung für wissenschaftliche Zwecke wird auf den „Theoretischen Teil“ des Hilfsbuches, I. Abschnitt, 1. Kapitel (insbesondere § 5) verwiesen.

Sodann sind in dem Anhang S. 196 bis 199 zwei Tabellen über die beiläufigen Preise und Gewichte der Dampfmaschinen enthalten, wovon die erstere die Auspuff-Maschinen, die zweite die Condens.-Maschinen (beiderseits zunächst als Eincylinder-Maschinen) betrifft\*).

Es ist ungemein schwer und in gewisser Beziehung ganz unmöglich, über diesen Gegenstand direct und endgültig brauchbare Anhaltspunkte zu geben. Es kommt vor, daß bei einer Offert-Ausschreibung eine Maschine von bestimmter Größe und beabsichtigter Durchführung von einer Maschinenfabrik um 30 bis 40 % (ja auch noch um mehr) billiger angeboten wird, als von einer zweiten Fabrik. Wie soll man da eine Regel herausfinden! Und doch gehört bei einem Maschinen-Entwurfe eine beiläufige, wenn auch noch so rohe Beurteilung des Maschinenpreises zum Ganzen! Mit Rücksicht auf diesen heiklen Standpunkt sind die tabellarischen Angaben über die Preise und Gewichte, welche sämtlich inclusive Schwungrad für gewöhnliche liegende Maschinen (die Preise auch samt Montage) gemeint sind, zu beurteilen. Es handelt sich hierbei nicht so sehr um absolute, als vielmehr um relative Angaben, welche je nach den obwaltenden Preisverhältnissen eventuell zu corrigieren sind. Diese Preis- und Gewichtsangaben sind selbstverständlich nach zunächst aufgestellten Formeln entwickelt, welchen vielseitig erworbene Daten aus der Anwendung zu Grunde liegen. Es ist unzweifelhaft, daß dergleichen aus vielen Daten gesetzmäßig entwickelte Angaben denn doch — insbesondere für die Vergleichung — eher zu brauchen sind, als aus einzelnen Fällen direct entlehnte Angaben, welche einander häufig ganz widersprechen.

Zweicylinder-Maschinen werden um 25 bis 50 % (bezw. als Woolf und Compound), Dreicylinder-Maschinen vielleicht um 50 bis 80 % (wohl auch noch darüber) mehr kosten und wiegen, als die (in bezug auf den Kolbendurchmesser  $D$ ) äquivalenten Eincylinder-Maschinen, Zwillings-Maschinen je nach den Umständen um 75 bis 85 % mehr als einfache Maschinen.\*\*)

Den Schluß des Anhangs bildet erstlich auf S. 200 und 201 eine „Übersicht des (summarischen) Dampfconsums  $C_i$  nebst der Leistung der gewöhnlichen (nicht ganz exacten) Dampfmaschinen stets in 4 nacheinander folgenden Zeilen, und zwar:

\*) Die Preise sind einerseits in Gulden (ehemaligen Goldgulden) à 2 Mark =  $\frac{1}{10}$  Livres (circa), andererseits in Francs à  $\frac{1}{4}$  Rubel (circa) angegeben. Die österr. Krone kann bei diesen beiläufigen Angaben = 1 Francs angenommen werden (genauer ist 1 Francs = 0,95 Kronen).

\*\*) Sollten diese schon aus der ersten Auflage (1883) herrührenden (stereotypierten) Tabellen heute auch nur einen problematischen Wert haben, so fand es der Verfasser doch nicht gerechtfertigt, dieselben hier wegzulassen, zumal derart umfassende Angaben auch heute kaum mit einer größeren Genauigkeit herzustellen sein dürften. Auch sind diese Tabellen doch besser als gar keine!

1. der Eincylinder-Auspuff-Maschinen mit Coulissen-Steuerung,
2. „ „ „ „ „ Expansions- „
3. „ Eincylinder-Condensations-Maschinen (mit Dampfhemd),
4. „ Zweicylinder- „ „ (mit äußerlich geheiztem Receiver).

Die Daten dieser Tabelle sind der I. Tabellen-Serie des Hilfsbuches (bis höchstens 9 Atm. Spannung) unmittelbar entnommen.

Hierauf folgt auf S. 202 bis 205 eine „Vergleichende Übersicht“ des Dampfconsums sämtlicher Maschinengattungen, und zwar sowohl der „gewöhnlichen“ als auch der „exacten“ Maschinen von gegebenen Stärken ( $N_i = 10, 50, 250$  und  $1000$  Pfdk. indic.), wobei die Admissionsspannungen  $p = 6, 8, 10, 12$  Atm. in Betracht gezogen wurden und alle drei Anteile  $C_i'$ ,  $C_i''$  und  $C_i'''$  des Dampfconsums  $C_i$  (pro indic. Pfdk. u. Stde.) nach den Regeln dieses „Practischen Teiles“ des Hilfsbuches ausgewiesen sind.

Den Schluß bildet (auf S. 206 u. 207) eine vergleichende Tabelle über die Grenzen des Dampfconsums  $C_i$  für alle Maschinengattungen im Mittel der Angaben des Practischen und des Theoretischen Teiles des Hilfsbuches mit der zugehörigen Bemerkung.

#### Beispiele der Anwendung.

1. Beispiel. Für eine Äuspuff-Maschine mit Meyer'scher oder dgl. Expansionssteuerung bei der absol. Admiss.-Spannung  $p = 6$  findet man auf S. 40 und 41, wenn dieselbe eine wirksame Kolbenfläche  $O = 0,600$  qm (bei einem Kolbendurchmesser  $D = 0,687$  m) besitzt, bei der (nahe günstigsten) Füllung  $\frac{l_1}{l} = 0,25$ :

$$\frac{N_i}{c} = 196 \text{ Pfdk.}; \frac{N_n}{c} = 169 \text{ Pfdk.}$$

(letzteres bei reichlicher Bemessung der zusätzlichen Reibung).

Der Leergangswiderstand dieser Maschine ist auf S. 179 mit

$$\frac{N_o}{c} = 10,6 \text{ Pfdk.}$$

und die (knapper bemessene) zusätzliche Reibung eben daselbst mit

$$\mu = 0,067, \frac{1}{1 + \mu} = 0,937$$

angesetzt; es beträgt somit die mit dem Indicator nachweisbare Leistungsdifferenz

$$\frac{N_i}{c} - \frac{N_o}{c} = 196 - 10,6 = 185,4 \text{ Pfdk.}$$

und die hiermit zu gegenwärtigende Netto-Leistung

$$\frac{N_n}{c} = \frac{1}{1 + \mu} \left( \frac{N_i}{c} - \frac{N_o}{c} \right) = 174 \text{ Pfdk.}$$

(anstatt der behutsamen tabellarischen Angabe von 169 Pfdk.).

Im Falle diese Maschine mit einer mittleren Kolbengeschwindigkeit  $c = 2,25$  m (siehe S. 41 letzte Spalte) arbeitet und einen Hub nahe  $= 2 D$  besitzt, so verbraucht sie als gewöhnliche Dampfhemd-Maschine (nach tabellar. Angabe)

$$C_i = 13,7 \text{ Kgr. Dampf pro indic. Pfdk. u. Stde.};$$