

Steuerungs-
Tabellen



KARL REINHARDT.

Steuerungstabellen

für Dampfmaschinen

mit Erläuterungen nach dem Müller'schen Schieberdiagramme

und mit Berücksichtigung
einer Pleuelstangenlänge gleich dem fünffachen Kurbelradius,
sowie beliebiger Exzenterstangenlänge

für einfache und Doppel-Schiebersteuerungen.

Mit zahlreichen Beispielen.

Von

Karl Reinhardt,
Ingenieur in Brackwede.



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH 1897

Additional material to this book can be downloaded from <http://extras.springer.com>

ISBN 978-3-662-31857-7 ISBN 978-3-662-32684-8 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-662-32684-8

Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1897

Alle Rechte vorbehalten.

VORWORT



Die vorliegenden Tabellen sind im Laufe einer Reihe von Jahren bei der praktischen Anwendung des Müller'schen Schieberdiagrammes entstanden.

Sie bezweckten in ihren Anfängen, die graphische Methode nur insofern zu unterstützen, als sie für gegebene Verhältnisse ohne weiteres Probieren leicht und rasch zur Aufzeichnung des richtigen und genauen Diagrammes verhelfen sollten.

Nach und nach erhielten sie jedoch eine derartige Ergänzung, dass für die meisten Fälle das graphische Verfahren gänzlich überflüssig wurde.

Es wird daher der mit dem Müller'schen Diagramme Vertraute ohne Zuhilfenahme des letzteren vollständig mit den Werten der Tabelle auskommen, und dürfte es sich nur für den weniger Geübten empfehlen, die berechneten Werte stets zeichnerisch zu prüfen.

In Verbindung hiermit wird die Durchsicht des den Tabellen vorgedruckten Textes, welcher in Kürze den Gedankengang des Müller'schen Diagrammes verfolgt, zum richtigen Verständnis genügen.

Für die Konstruktion der Expansionsschieberdiagramme ist ausserdem ein genaues Verfahren angegeben, welches auch in jedem Falle, der sich nicht im Anschlusse an die Tabellen behandeln lassen sollte, zu ganz exakten Resultaten führt.

Die Tabellen sind unter Annahme zweier Werte der linearen Voreilung auf der Deckelseite (v_h), bezogen auf die Kanalweite (a), mit $v_h = 0,2 a$ und $v_h = 0,3 a$ aufgestellt.

Diese Werte für die Voreinströmung sind einerseits genügend und lassen andererseits im Dampfdiagramm eine schädliche Wirkung in Bezug auf den Dampfverbrauch nicht erkennen.

In allen Tabellen ist das Verhältnis der Pleuelstangenlänge zum Kurbelradius mit $\frac{L}{R} = 5$ berücksichtigt.

Zu den Annahmen über die Expansions- und die Relativ-Exzentrizität beachte man § 19.

Auf den Gebrauch, die Expansions-Exzentrizität gleich der Grund-Exzentrizität zu nehmen, um für beide Exzenter gleiche Modelle verwenden zu können, ist keine Rücksicht genommen.

Trotz der geringen Verschiedenheit der Exzentrizität können ja Exzenter und Exzenterbügel so dimensioniert werden, dass für Grund- und Expansions-Exzenter dieselben Modelle zu benutzen sind.

Es sei hier noch darauf hingewiesen, dass aus dem Diagramme oder den Tabellen für die Einstellung des Expansionsschiebers einige Daten entnommen werden können, welche jedes Probieren bei der Montage überflüssig machen.

Dadurch wird für die Einstellung Zeit und Mühe erspart, und man hat ausserdem von vorneherein die Gewissheit, dass die kleinsten und die grössten Füllungen, sowie der Grad der Gleichheit der Füllungen auf beiden Kolbenseiten genau nach den Annahmen des Konstrukteurs eintreten.

Um dies auch bei kurzhubigen Maschinen mit verhältnismässig grossen Exzentrizitäten und kurzen Exzenterstangen erreichen zu können, sind einige Tabellen angefügt, durch welche mit mehr als genügender Genauigkeit der Einfluss der endlichen Exzenterstangenlängen einfach berücksichtigt werden kann.

Dies sollte stets geschehen, wenn die Exzenterstangenlänge weniger als das 35 fache der Exzentrizität beträgt.

Die Anwendung der Tabellen dürfte an Hand der denselben vorgedruckten Beispiele auch ohne weiteres Studium keine Schwierigkeiten bieten.

BRACKWEDE, Juni 1897.

Karl Reinhardt.

Inhaltsverzeichnis.

I. Einfache Schiebersteuerung.

Kurze Betrachtung der Schieber- resp. Exzenterbewegung nach dem Müller'schen Diagramm.

	Seite
§ 1. Einfacher Muschelschieber	1
§ 2. Abhängigkeit der einzelnen Dampfverteilungsphasen von dem Voreilungswinkel, der Exzentrizität und den Deckungen	1
§ 3. Beziehungen zwischen Kolbenwegen und Kurbelwinkeln mit Berücksichtigung eines Verhältnisses der Pleuelstangenlänge zum Kurbelradius $\frac{L}{R} = 5$	3
§ 4. Geschwindigkeit des Kolbens bei verschiedenen Kolbenstellungen resp. Kurbelwinkeln	4
§ 5. Berechnung der Exzentrizität r aus der Kanalweite a und dem Füllungsgrade $\frac{S_e}{s}$ a) ohne Voreinströmung	6
b) für eine lineare Voreilung v	6
§ 6. Vergrößerung der Voreinströmung an ausgeführten Maschinen	8
§ 7. Berechnung der Exzentrizität r und der äusseren Deckungen e_h und e_v , sowie des Voreilungswinkels δ bei einer Kanalweite a und einer linearen Voreilung auf der Deckelseite $= v_h$	9
§ 8. Verschiedenheit der linearen Voreilung v_h und v_v resp. der äusseren Deckungen e_h und e_v auf der Deckel- und Kurbelseite	10
§ 9. Beziehungen zwischen Voreilungswinkel, Kompression und Vorausströmung, Exzentrizität und inneren Deckungen	11
§ 10. Befestigung des Exzenters auf der Welle	12
§ 11. Einstellung des Schiebers und Befestigung desselben auf der Stange	13
§ 12. Anhaltspunkte für den Entwurf einfacher Schiebersteuerungen: Grösse der Füllung, Kompression, Vorausströmung, sowie der Kanalquerschnitte	14

II. Doppelschiebersteuerungen. Expansionschiebersteuerungen.

§ 13. Grundgedanke der Doppelschiebersteuerungen	17
§ 14. Expansions- und Relativ-Exzentrizität und zugehörige Voreilungswinkel -- relative Kantenentfernung	18
§ 15. Relative Kantenentfernung für eine bestimmte Füllung und zugehörige relative Kanalöffnung für einen beliebigen Kurbelwinkel	19
§ 16. Schieberdiagramm für Meyer-, Rider- oder ähnliche Steuerungen (hierzu Tafel I)	20
§ 17. Günstigste Voreilung des Relativ-Exzenters	26
§ 18. Einfluss einer Veränderung des Voreilungswinkels des Relativ-Exzenters	27
§ 19. Grösse der Expansions- und der Relativ-Exzentrizität	28
§ 20. Wiedereröffnung durch den Expansionsschieber	33
§ 21. Befestigung der Exzenter auf der Welle und Einstellen der Expansionsschiebersteuerungen	33

III. Ergänzungen.

	Seite
§ 22. Berücksichtigung der endlichen Längen der Exzenterstangen (hierzu Tafel II)	35
§ 23. Berechnung der Korrektur-Koeffizienten für die Berücksichtigung der endlichen Längen der Exzenterstangen	38
§ 24. Einige Bemerkungen über die Dimensionen verschiedener Steuerungen	41
§ 25. Bestimmung der Exzentrizität für Trickschieber	43

IV. Beispiele.

A) Eincylindermaschinen mit einfacher Schiebersteuerung.

Aufgabe 1. Es ist die Grösse der Exzentrizität eines einfachen Schiebers für eine Füllung von 65% zu einer Kanalweite $a = 25$ mm zu bestimmen	45
Aufgabe 2. Wie viel beträgt bei einer linearen Voreilung von $v_h = 0,3a$ und bei einer Füllung von 52% die Voreinströmung in Prozenten des Kolbenweges	45
Aufgabe 3. Für eine lineare Voreilung von $v_h = 0,25a$ ist zu einer Füllung von 48% der Voreilungswinkel zu bestimmen	45
Aufgabe 4. Welcher Voreilungswinkel entspricht einer Kompression von 12% bei einer Vorausströmung von 5%	46
Aufgabe 5. Eine Kondensations-Maschine mit eigener Aus'asssteuerung verlange für diese eine Kompression von 40% und eine Vorausströmung von 15%. Wie gross ist der Voreilungswinkel des Exzenters für den Auslasschieber zu nehmen	46
Aufgabe 6. Eine stehende Dampfmaschine von 175 mm Cylinderdurchmesser, 120 mm Hub, 350 Touren per Minute, mit Regulierung durch Drosselventil soll einen für 33% Füllung geeigneten Schieber erhalten	46
Aufgabe 7. Für eine Eincylindermaschine von 200 mm Cylinderdurchmesser, 300 mm Hub, 150 Touren per Minute, ist ein einfacher Schieber zu berechnen	47
Aufgabe 8. Eine Eincylindermaschine von 180 mm Cylinderdurchmesser, 190 mm Hub, 240 Touren per Minute, soll einen Trickschieber für ca. 40% Füllung erhalten	48
Aufgabe 9. Wie gross ist die Geschwindigkeit des eintretenden Dampfes bei der in Aufgabe 8 behandelten Steuerung nach einem Kolbenwege von 0,20?	49
Aufgabe 10. Es sei die Grösse der Exzentrizität für eine Füllung von 0,40 bei einer linearen Voreilung $v_h = 0,4a$ zu einer Kanalweite $a = 26$ mm zu bestimmen	49

B) Eincylindermaschinen mit Expansions-Schiebersteuerung (Doppelschiebersteuerung).

Aufgabe 11. Es soll für die in Aufgabe 7 behandelte Eincylindermaschine von 200 mm Cylinderdurchmesser, 300 mm Hub, 150 Touren per Minute, eine Steuerung mit fixer Expansion und zwar für eine Füllung von 25% entworfen werden	49
Aufgabe 12. Eine liegende Eincylindermaschine ohne Kondensation von 300 mm Cylinderdurchmesser, 600 mm Hub, 100 Touren per Minute, soll eine Meyersteuerung mit grosser Schraube (nach Art der Guhrsteuerung) erhalten	51
Aufgabe 13. Für eine liegende Eincylindermaschine mit Kondensation von 420 mm Cylinderdurchmesser, 850 mm Hub, 80 Touren per Minute, sind die Hauptdimensionen der Steuerung anzugeben	52

C) Compoundmaschinen.		Seite
Aufgabe 14.	Eine liegende Compoundmaschine von 300/450 mm Cylinderdurchmesser, 600 mm Hub, 100 Touren per Minute, soll am Hochdruckcylinder Ridersteuerung, am Niederdruckcylinder Trick'schen Schieber erhalten	54
Aufgabe 15.	Für eine liegende Tandem-Verbundmaschine mit Kondensation von 320/450 mm Cylinderdurchmesser, 300 mm Hub, 200 Touren per Minute, seien am Hochdruckcylinder eine Ridersteuerung mit flachem Grund- und cylindrischem Expansionsschieber, am Niederdruckcylinder ein Trick'scher Schieber so anzuordnen, dass der Grundschieber des Hochdruckcylinders und der Trickschieber durch dasselbe Exzenter angetrieben werden. Der Niederdruckcylinder liege dabei hinter dem Hochdruckcylinder	57
Aufgabe 16.	Bei der in Aufgabe 15 behandelten liegenden Tandem-Verbundmaschine mit Kondensation von 320/450 mm Cylinderdurchmesser, 300 mm Hub, 200 Touren per Minute, soll jeder Schieber durch ein eigenes Exzenter gesteuert werden .	62
Aufgabe 17.	Zu der in Aufgabe 16 berechneten Hochdrucksteuerung sollen für eine Füllung von 0,20 die jeweiligen resultierenden Kanaleröffnungen resp. die Dampfgeschwindigkeiten bei 0,05, 0,10 und 0,15 Kolbenweg gesucht werden	64
Aufgabe 18.	Für die in Aufgabe 16 berechneten Steuerungen sollen die Längen der Exzenterstangen berücksichtigt werden	65

D) Dreifach-Expansionsmaschinen.		
Aufgabe 19.	Für eine stehende Dreifach-Expansionsmaschine mit Kondensation von 570/920/1360 mm Cylinderdurchmesser, 900 mm Hub, 100 Touren per Minute, sind die Dimensionen der Steuerungen anzugeben	69
Aufgabe 20.	Der Hochdruckcylinder mit 570 mm Durchmesser der in Aufgabe 19 behandelten Dreifach-Expansionsmaschinen soll durch eine vom Regulator direkt beeinflusste Meyer'sche Kolbenschiebersteuerung mit grosser Schraube gesteuert werden .	73
Aufgabe 21.	In welcher Weise sind an den berechneten Werten der Relativ- und der Expansions-Exzentrizität die Aufrundungen für die Ausführung vorzunehmen, damit die Genauigkeit der Tabelle über die relativen Kantenentfernungen vollständig erhalten bleibt?	74

V. Tabellen.

Tabelle I über Füllungsgrade (Kolbenwege) und zugehörige Kurbelwinkel	76
Tabelle II über das Verhältnis der jeweiligen Kolbengeschwindigkeiten bei verschiedenen Kolbenwegen zur mittleren Kolbengeschwindigkeit	77
Tabelle III über das Verhältnis der Exzentrizität zur Kanalweite bei einer linearen Voreilung = 0 für alle Füllungsgrade	77
Tabelle IV über Exzentrizitäten, Voreilungswinkel und äussere Deckungen für alle Füllungen bei einer linearen Voreilung auf der Deckelseite von $v_h = 0,2a = 0,2$ der Kanalweite	78
Tabelle V über Exzentrizitäten, Voreilungswinkel und äussere Deckungen für alle Füllungen bei einer linearen Voreilung auf der Deckelseite von $v_h = 0,3a = 0,3$ der Kanalweite	80
Tabelle VI über die Beziehungen zwischen Kompression und Vorausströmung, sowie den inneren Deckungen i und der Exzentrizität r für die Voreilungswinkel ϑ . .	82

	Seite
Tabelle VII über die Grösse der Kanalweite a' in mm bei einem Cylinderdurchmesser $D = 1000$ mm und einer Kolbengeschwindigkeit $c = 1$ Meter für verschiedene Verhältnisse $\frac{b}{D}$ der Kanalbreite zum Cylinderdurchmesser und verschiedene Dampfgeschwindigkeit in den Kanälen	90
Tabelle VIII und IX über Voreinströmungswinkel und Voreinströmung in Prozenten des Kolbenhubes bei einer linearen Voreilung $v_h = 0,2a$ resp. $v_h = 0,3a$	91
Tabelle X über das Verhältnis der Kanaleröffnungen zur Exzentrizität beim einfachen Schieber und bei $v_h = 0,2a$	92
Tabelle XI über Voreilungswinkel und Exzentrizitäten bei Doppelschiebersteuerungen für eine lineare Voreilung des Grundschiebers $v_h = 0,2a$	94
Tabelle XII über Voreilungswinkel und Exzentrizitäten bei Doppelschiebersteuerungen für eine lineare Voreilung des Grundschiebers $v_h = 0,3a$	95
Tabelle XIII über das Verhältnis der relativen Kantenentfernungen zur relativen Exzentrizität	96
Tabelle XIV über die grössten zulässigen Füllungen des Expansionsschiebers auf der Kurbelseite	100
Tabelle XV über C_r , $\lambda \cdot \frac{f_{eh}}{r}$ und $\lambda \cdot \frac{f_{ev'}}{r}$ zur Berücksichtigung der endlichen Länge der Exzenterstange für die Exzentrizität und die äusseren Deckungen bei $v_h = 0,2a$	101
Tabelle XVI über C_r , $\lambda \cdot \frac{f_{eh}}{r}$ und $\lambda \cdot \frac{f_{ev'}}{r}$ zur Berücksichtigung der endlichen Länge der Exzenterstange für die Exzentrizität und die äusseren Deckungen bei $v_h = 0,3a$	102
Tabelle XVII über $\lambda \cdot \frac{f_{ih}}{r}$ und $\lambda \cdot \frac{f_{iv'}}{r}$ zur Berücksichtigung der endlichen Länge der Exzenterstange für die inneren Deckungen	104
Tabelle XVIII über $\lambda_r \cdot \frac{f_k}{r_r}$ zur Berücksichtigung der endlichen Länge der Exzenterstangen für die relativen Kantenentfernungen bei $v_h = 0,2a$	108
Tabelle XIX über $\frac{a}{D}$ zur Bestimmung des Durchmessers d_s und der Kanalweite a einfacher Kolbenschieber für den Cylinderdurchmesser D bei 1 Meter Kolbengeschwindigkeit	110
Tabelle XX über das Produkt $\frac{d_\epsilon}{D} \cdot \frac{a}{D}$ zur Bestimmung des Durchmessers d_ϵ und der Kanalweite a der Expansionsschieber von Rider-Kolbenschiebersteuerungen für den Cylinderdurchmesser D bei 1 Meter Kolbengeschwindigkeit	111
Tabelle XXI über $\frac{d_\epsilon}{D}$ zur Bestimmung des Expansionsschieber-Durchmessers d_ϵ von Meyer-Kolbenschiebersteuerungen mit grosser Schraube	112



I. Einfache Schiebersteuerung.

Kurze Betrachtung der Schieber- resp. Exzenterbewegung nach dem Müller'schen Diagramm.

§ 1.

Einfacher Muschelschieber.

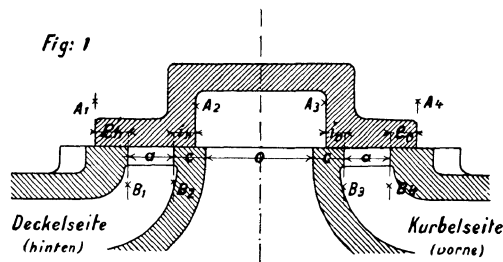
In Fig. 1 ist ein einfacher Verteilungs- (Muschel-) Schieber mit Deckungen in seiner Mittellage über dem Schieberspiegel des Cylinders dargestellt.

Es bezeichnen e_h und i_h die äussere und die innere Deckung hinten (auf der Deckelseite der Maschine), e_v und i_v jene vorne (auf der Kurbelseite).

Die einfache Dampfverteilung bewirkt dieser Muschelschieber, allerdings in beschränkten Grenzen, indem er in seiner Bewegung die Kanäle a , welche zu den verschiedenen Cylinderseiten führen, zur Einlassung von Frischdampf hinter den Kolben und zur Entlassung des gebrauchten Dampfes abwechselnd mit dem Schieberkastenraum und mit dem zur Abdampfleitung führenden Raume o in Verbindung setzt.

Dazu hat der Schieber eine hin- und hergehende Bewegung zu vollführen, welche auf verschiedene Art erreicht, hier aber in Verbindung mit einer Kurbel resp. einem Exzenter gedacht wird.

Die zur Übertragung der Bewegung dienenden Exzenterstangen sind fast stets von solcher Länge gegenüber der Grösse des Schieberhubes, dass die Vernachlässigung ihrer endlichen Länge in nachfolgenden Betrachtungen nur einen ganz geringen, in den meisten Fällen praktisch gar nicht merklichen Fehler im Gefolge hat.



§ 2.

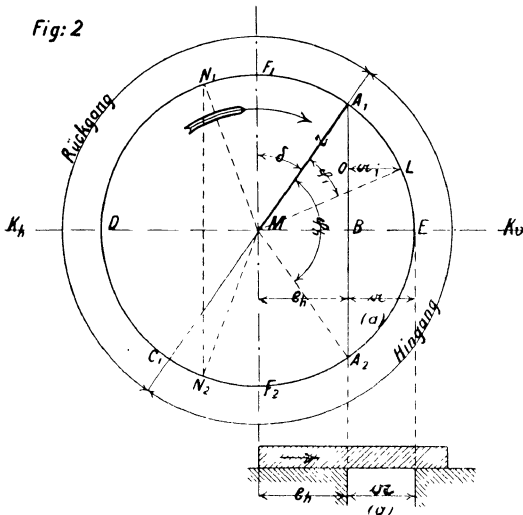
Abhängigkeit der einzelnen Dampfverteilungsphasen von dem Voreilungswinkel, der Exzentrizität und den Deckungen.

Nach Fig. 2 sei MK_h die Kurbelstellung im toten Punkte hinten, die Maschine drehe sich in der Pfeilrichtung vorwärts und der Schieber habe Einströmung an den äusseren, Ausströmung an den inneren Kanten.

Es ist nun eine Hauptforderung an den einfachen Verteilungsschieber, dass er z. B. bei Kolbenstellung im toten Punkte hinten auf dieser Seite des Cylinders die Einströmung beginnen lässt (vorerst von Voreinströmung abgesehen) und die Füllung (auf jeden Fall) früher beendet, als der Kolben den entgegengesetzten toten Punkt erreicht.

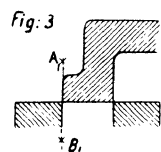
Um zu sehen, in welchem Winkel gegen die Kurbel zu dem Zwecke das Exzenter gesetzt werden muss, mache man sich zuerst klar, dass genau die Lage des Schiebers gegen den Schieberspiegel für eine bestimmte Exzenterstellung N_1 (Fig. 2) in der entgegengesetzten Bewegungsrichtung dann wieder eintritt, wenn das Exzenter in N_2 , also senkrecht zur Schieberwegrichtung DE unter N_1 sich befindet.

Würde man z. B. das Exzenter gegen die Kurbelrichtung um einen \sphericalangle DMN_1 in der Drehrichtung vorkleilen, so müsste bei der Exzenterstellung MN_1 - bei welcher ja der Kolben gleichzeitig im toten Punkte hinten wäre - die äussere Deckungskante A_1 (Fig. 1) den Kanal nach der Deckel-seite des Cylinders soeben zu öffnen beginnen.



Mittellage über dem Schieberspiegel liegend, die Abschlusskante B_1 des letzteren nicht überdecken (siehe Fig. 3). Ähnlich verhält es sich mit der Innenkante.

Die Maschine hat dabei volle Füllung, keine Vorausströmung und keine Kompression, und ist daher ein \sphericalangle $DMF_1 = 90^\circ$ als Voreilungswinkel des Exzenters gegen die Kurbel und ein Schieber ohne Deckungen praktisch ebenfalls unbrauchbar.



Diese Betrachtungen weisen schon darauf hin, dass das Exzenter im allgemeinen der Kurbel um einen \sphericalangle $90^\circ + \delta$ z. B. \sphericalangle DMA_1 vorzulegen ist, und heisst man den \sphericalangle $F_1MA_1 = \delta$ den Voreilungswinkel.

Wenn nun der Schieber, wie richtig, so dimensioniert wird, dass die Kanaleröffnung bei der Exzenterstellung MA_1 erfolgt, so muss der Abschluss des Kanals resp. die Expansion im Cylinder auf der Deckelseite nach Zurücklegung eines Kurbelwinkels $\varphi_h = \sphericalangle$ A_1MA_2 eintreten.

Von seiner Mittellage bis zum Beginne des Eröffnens hat der Schieber hierbei den Weg MB zurückzulegen.

MB ist also die Entfernung, mit welcher in der Mittellage des Schiebers die Kante A_1 des Schiebers jene B_1 des Schieberspiegels (siehe Fig. 1) überdeckt, und daher $MB = e_h =$ der äusseren Deckung hinten.

Ohne weiteres ersieht man (Fig. 2), dass bei Annahme eines Voreilungswinkels δ , einer Exzentrizität r und eines gewissen Füllungsgrades (Kolbenweges) resp. des zugehörigen Kurbelwinkels φ_h die äussere Deckung

$$e_h = r \cos \frac{\varphi_h}{2}$$

bestimmt ist, ebenso wie die Grösse

$$BE = a = r - e_h,$$

um welche der Kanal a im Maximum geöffnet wird, vorausgesetzt, dass nicht $a > a$.

Die Eröffnung $a_1 = LO$ des Kanals, welche nach Zurücklegung eines bestimmten Kolbenweges vom toten Punkte hinten resp. des entsprechenden Kurbelwinkels φ_1 eintritt, ergibt sich zeichnerisch, indem man (Fig. 2) \sphericalangle φ_1 in der Bewegungsrichtung von der Voreilungsrichtung MA_1 in \sphericalangle A_1ML aufträgt und durch L eine Wagerechte LO bis zur äusseren Deckungskante A_1A_2 zieht.

$$\text{Hierbei } a_1 = r \cdot \sin(\delta + \varphi_1) - e_h.$$

Durch ähnliche Betrachtung wie oben erhält man von dem anderen Endpunkte C_1 des Voreilungsdurchmessers A_1C_1 ausgehend die analoge Beziehung

$$e_v = r \cdot \cos \frac{\varphi_v}{2}.$$

Sollen die Deckungen e_h und e_v für gleiche Füllungen auf beiden Kolbenseiten gelten, so hat man für φ_h und φ_r die den bezügl. gleichen Kolbenwegen entsprechenden, verschiedenen Kurbelwinkel für Hingang und Rückgang des Kolbens zu setzen.

Für den Dampfaustritt sei Bedingung, dass der Schieber den Dampf beim Hingange, also während der Bewegung des Exzentermittels auf dem Halbkreise A_1EC_1 (Fig. 4) vor Erreichung der Totpunktlage MK_v auf der Kurbelseite, also vor Erreichung des Punktes C_1 des Exzenterkreises, z. B. nach Zurücklegung eines Kurbelwinkels $\varphi_{v_h} = \sphericalangle A_1MH_1$, aus dem Cylinder entlässt.

Dann muss bei der Exzenterstellung MH_1 die Vorausströmung beginnen, d. h. die Abschlusskante A_2 des Schiebers über die Kanalkante B_2 (Fig. 1) eben (nach links) hinweggehen.

Der Weg MJ , welcher vom Schieber aus seiner Mittellage bis zum Beginne der Vorausströmung zurückzulegen ist, die innere Deckung hinten, wird nach Fig. 4

$$i_h = r \sin \gamma = r \sin (\varphi_{v_h} + \delta - 180^\circ).$$

Für einen Voreilungswinkel δ und eine Exzentrizität r ist daher mit Annahme eines Kolbenweges, resp. des zugehörigen Kurbelwinkels φ_{v_h} , nach welchem die Vorausströmung beginnen soll, die innere Deckung bestimmt und mit derselben zugleich auch die Grösse der Kompression resp. des Kurbelwinkels φ_{c_1} , nach dessen Zurücklegung auf dem Rückgange des Kolbens der Austritt des Dampfes auf der Deckelseite unterbrochen wird. Es ist nämlich

$$\varphi_{c_1} = 180^\circ - \delta - \gamma.$$

Analoge Werte finden sich auch bei der inneren Deckung vorne i_v .

Diese kurzen Betrachtungen lassen erkennen, dass die sämtlichen Deckungen, sowie auch die Exzentrizität, welche für die Berechnung hier stets

$$r = e_h + a$$

angenommen wird, ausser von dem Voreilungswinkel, vor allem von den Kurbelwinkeln abhängig sind, bei welchen die verschiedenen Dampfverteilungsphasen eintreten sollen.

Zur tabellarischen Berechnung der Schieberdimensionen wird daher in folgendem vorerst die genaue Berechnung der zu bestimmten Kolbenwegen gehörigen Kurbelwinkel durchgeführt.

§ 3.

Beziehungen zwischen Kolbenwegen und Kurbelwinkeln mit Berücksichtigung eines Verhältnisses der Pleuelstangenlänge zum Kurbelradius $\frac{L}{R} = 5$.

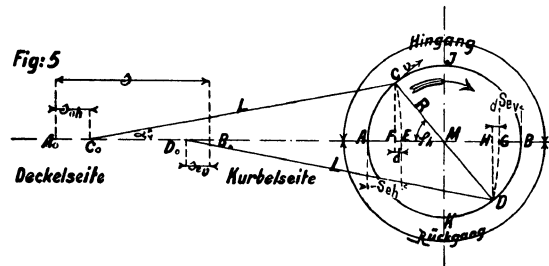
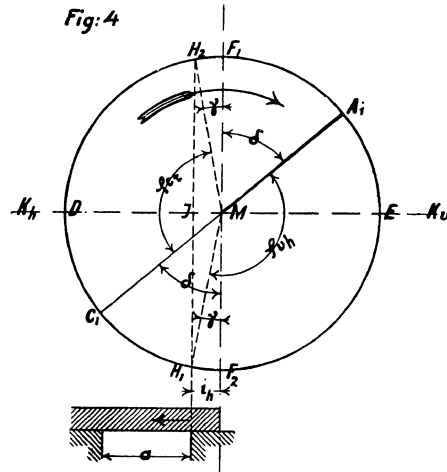
Nach Fig. 5 sei die Kurbel in A im toten Punkte hinten; der Kolben (eigentlich Kreuzkopf) befindet sich dabei in einer Entfernung $AA_0 = L$ von A in seinem toten Punkte auf der Deckelseite.

Die Maschine drehe sich in der Pfeilrichtung vorwärts, und entspricht dabei der Kurbelhalbkreis AJB dem Kolbenhingange, jener BKA dem Kolbenrückgange.

Nachdem die Kurbel einen $\sphericalangle AMC = \varphi_h$ vom toten Punkte in der Drehrichtung zurückgelegt hat, findet sich die zugehörige Kolbenstellung als Schnittpunkt C_0 eines aus C mit Radius L beschriebenen Kreises mit der Kolbenwegrichtung A_0B .

Der dem Kurbelwinkel φ_h entsprechende Kolbenweg ist dann

$$A_0C_0 = s_{e_h}.$$



Beschreibt man umgekehrt aus C_0 mit L durch C einen Kreis bis zum Schnittpunkt E mit dem Durchmesser AB , so ist

$$A_0 C_0 = s_{e_h} = A_0 E - C_0 E = A_0 A + AE - L$$

$$s_{e_h} = L + AE - L = AE.$$

Nun ist

$$AE = AM - FM + FE$$

oder

$$s_{e_h} = R - R \cos \varphi_h + d$$

und da

$$d = L - L \cos \alpha \text{ und } R = \frac{s}{2}$$

$$R \cos \varphi_h - R - L + s_{e_h} = -L \cos \alpha$$

$$\cos \varphi_h - 6 + \frac{2 s_{e_h}}{s} = -5 \cos \alpha \dots \dots \dots (1)$$

Ferner ist nach Fig. 5

$$L \sin \alpha = R \sin \varphi_h$$

$$\sin \alpha = \frac{1}{5} \sin \varphi_h$$

$$\cos^2 \alpha = \frac{1}{25} \cdot (24 + \cos^2 \varphi_h)$$

$$25 \cos^2 \alpha = 24 + \cos^2 \varphi_h \dots \dots \dots (2)$$

Aus Gleichung (1)

$$\cos^2 \varphi_h - 4 \left(3 - \frac{s_{e_h}}{s} \right) \cos \varphi_h + 4 \left(3 - \frac{s_{e_h}}{s} \right)^2 = 25 \cos^2 \alpha$$

und in Verbindung mit Gleichung (2) wird nunmehr für den **Hingang**

$$\cos \varphi_h = 3 - \frac{s_{e_h}}{s} - \frac{6}{3 - \frac{s_{e_h}}{s}} \dots \dots \dots (3)$$

oder

$$\cos \varphi_h = \frac{3 - 6 \frac{s_{e_h}}{s} + \left(\frac{s_{e_h}}{s} \right)^2}{3 - \frac{s_{e_h}}{s}} \dots \dots \dots (4)$$

Für den **Rückgang** des Kolbens ergibt sich auf ähnliche Weise

$$\cos \varphi_r = \frac{6}{2 + \frac{s_{e_r}}{s}} - \left(2 + \frac{s_{e_r}}{s} \right) \dots \dots \dots (5)$$

oder

$$\cos \varphi_r = \frac{2 - 4 \frac{s_{e_r}}{s} - \left(\frac{s_{e_r}}{s} \right)^2}{2 + \frac{s_{e_r}}{s}} \dots \dots \dots (6)$$

Aus den Gleichungen (3) und (5) resp. (4) und (6) berechnet sich **Tabelle I**, welche als Grundlage aller weiteren Tabellen zu betrachten ist.)*

§ 4.

Geschwindigkeit des Kolbens bei verschiedenen Kolbenstellungen resp. Kurbelwinkeln.

Die Gleichungen (3) und (5) können benutzt werden, um die einem bestimmten Kurbelwinkel φ (Fig. 5) resp. einer bestimmten Kolbenstellung C_0 (nach Zurücklegung des Weges s_e) entsprechende Kolbengeschwindigkeit c auf einfache Weise in Verhältnis zur mittleren Kolbengeschwindigkeit c_m zu setzen.

*) Tabellen siehe Seite 76 und folgende.

Es ist nämlich für die in der unendlich kleinen Zeit dt erfolgende Wegzunahme ds_e

$$c = \frac{ds_e}{dt} = \frac{ds_e}{d\varphi} \cdot \frac{d\varphi}{dt}$$

Bezeichnet man mit v die Kurbelwanzengeschwindigkeit, so

$$v = \frac{R \cdot d\varphi}{dt}$$

und $\frac{d\varphi}{dt} = \frac{v}{R}$

daher $c = \frac{v}{R} \cdot \frac{ds_e}{d\varphi}$

Nun ist $v = \frac{2R\pi \cdot n}{60}$

und $c_m = \frac{4Rn}{60}$

daher $v = \frac{\pi}{2} \cdot c_m$

und $c = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{c_m}{R} \cdot \frac{ds_e}{d\varphi} \dots \dots \dots (7)$

Aus Gleichung (3)*) folgt für den **Hingang**

$$\begin{aligned} \cos \varphi - 3 + \frac{s_e}{s} + 6 \left(3 - \frac{s_e}{s}\right)^{-1} &= 0 \\ -\sin \varphi \cdot d\varphi + \frac{1}{s} \cdot ds_e + \frac{6}{s} \cdot \left(3 - \frac{s_e}{s}\right)^{-2} ds_e &= 0 \\ ds_e \left[1 + \frac{6}{\left(3 - \frac{s_e}{s}\right)^2}\right] &= s \cdot \sin \varphi \cdot d\varphi \\ \frac{ds_e}{d\varphi} &= \frac{s \cdot \sin \varphi}{1 + \frac{6}{\left(3 - \frac{s_e}{s}\right)^2}} \end{aligned}$$

Diese Gleichung in Verbindung mit Gleichung (7) giebt, da $s = 2R$

für den **Hingang**

$$\frac{c}{c_m} = \frac{\pi \sin \varphi}{1 + \frac{6}{\left(3 - \frac{s_e}{s}\right)^2}} \dots \dots \dots (8)$$

Mit Hilfe der Gleichung (5) findet man ähnlich

für den **Rückgang**

$$\frac{c}{c_m} = \frac{\pi \sin \varphi}{1 + \frac{6}{\left(2 + \frac{s_e}{s}\right)^2}} \dots \dots \dots (9)$$

Die Gleichungen (8) und (9) sind zur Berechnung der **Tabelle II** benutzt.

*) In folgendem ist der Index h resp. v der Einfachheit halber weggelassen.

Berechnung der Exzentrizität r aus der Kanalweite a und dem Füllungsgrade $\frac{se}{s}$.

a) Ohne Voreinströmung.

In Fig. 6 sei für einen gewissen Füllungsgrad

$$\frac{se}{s} = \frac{A_1 D}{A_1 C_1}$$

resp. für den aus Tabelle I für spezielle Fälle zu entnehmenden Kurbelwinkel φ_h

e_h die äussere Deckung des Schiebers auf der Deckelseite und

r die Grösse der Exzentrizität = $e_h + a$ resp. = $e_h + a$.

Für die Berechnung ist stets angenommen

$$r = e_h + a.$$

Wird r von diesem Wert verschieden gewählt, so ist

$$r - e_h = a \geq a.$$

Es ist nun nach Fig. 6

$$\frac{e_h}{r} = \cos \frac{\varphi_h}{2} \text{ und daraus}$$

$$\frac{r}{r - e_h} = \frac{r}{a} = \frac{1}{1 - \cos \frac{\varphi_h}{2}} \dots \dots \dots (10)$$

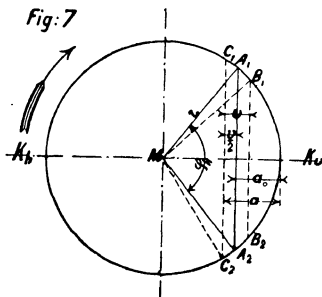
Für $\cos \frac{\varphi_h}{2} = \sqrt{\frac{1 + \cos \varphi_h}{2}}$ gesetzt, wird

in Verbindung mit Gleichung (4)

$$\frac{r}{a} = \frac{1}{1 - \sqrt{\frac{6 - 7\frac{se}{s} + (\frac{se}{s})^2}{2(3 - \frac{se}{s})}}} \dots \dots \dots (11)$$

Aus dieser Gleichung berechnet sich **Tabelle III.**

ANMERKUNG. Die Füllungsgrade können als Verhältniszahlen ohne weiteres auch als entsprechende Teile des Voreilungsdurchmessers $A_1 C_1$ angenommen werden. Man nennt daher letzteren auch die Kolbenweglinie. Der zu einem Kurbelwinkel φ_h gehörige Füllungsgrad $\frac{se_h}{s} = \frac{A_1 D}{A_1 C_1}$ wird als Verhältnis dieser Strecken graphisch bestimmt, indem man durch A_2 von einem Mittelpunkte auf der Voreilungsrichtung mit einem Radius $5r$ = der fünffachen Exzentrizität einen Kreisbogen $A_2 D$ bis zum Schnittpunkt mit dem Voreilungsdurchmesser zieht. $\frac{A_1 D}{A_1 C_1}$ giebt dann hiernach den einem Kurbelwinkel φ entsprechenden Füllungsgrad. In ähnlicher Weise werden auch die den Eröffnungen und Abschlüssen durch die inneren Deckungen (siehe § 2) entsprechenden Kolbenwege bestimmt.



b) Für eine lineare*) Voreilung des Schiebers = v.

MA_1 (Fig. 7) sei die Voreilungsrichtung des Exzenters für eine lineare Voreilung $v = 0$ bei einer Kanalweite a_0 und für eine Füllung dem Kurbelwinkel φ_h entsprechend.

Nach obigem ist (siehe Gleichung (10))

$$r = \frac{a_0}{1 - \cos \frac{\varphi_h}{2}}$$

*) Lineare Voreilung = Grösse, um welche der Kanal nach dem Cylinder im toten Punkte bereits geöffnet ist.

Denkt man sich nun zu beiden Seiten der Deckungskante $A_1 A_2$ im Abstände $\frac{v}{2}$ Parallele $C_1 C_2$ und $B_1 B_2$ zu derselben gezogen, so kann – da $\sphericalangle C_1 M B_1$, welcher der linearen Voreilung v als Kurbelwinkel entspricht, im allgemeinen sehr klein – angenommen werden, dass die Halbierungslinie $A_1 A_2$ von v auch den Bogen $C_1 B_1$ resp. $C_2 B_2$ halbiert. Darnach ist

$$\begin{aligned} \sphericalangle A_1 M B_1 &= \sphericalangle A_2 M C_2 \text{ und damit} \\ \sphericalangle B_1 M C_2 &= \sphericalangle A_1 M A_2 = \sphericalangle \varphi_h. \end{aligned}$$

Es bleibt also der absolute Wert der Exzentrizität r derselbe für eine Voreilungsrichtung $M B_1$, eine Deckungskante $C_1 C_2$ und eine Kanalweite a .

Sofern noch die anfängliche Kanalweite a_0 in der nunmehr giltigen a mit

$$a_0 = a - \frac{v}{2}$$

ausgedrückt wird, geht die Gleichung für r über in

$$r = \frac{a - \frac{v}{2}}{1 - \cos \frac{\varphi_h}{2}} \quad \dots \dots \dots (12)$$

Aus den Gleichungen (11) und (12) entsteht zur direkten Ableitung der Exzentrizität:

$$r = \frac{a - \frac{v}{2}}{1 - \sqrt{\frac{6 - 7 \frac{se}{s} + \left(\frac{se}{s}\right)^2}{2 \left(3 - \frac{se}{s}\right)}}} \quad \dots \dots \dots (13)^*$$

Für ein und dieselbe Kanalweite a giebt Gleichung (12)

$$\text{bei } v = 0 \quad r_0 = \frac{a}{1 - \cos \frac{\varphi_h}{2}}$$

$$\text{bei } v = v \quad r = \frac{a - \frac{v}{2}}{1 - \cos \frac{\varphi_h}{2}}$$

$$\text{hieraus} \quad \frac{r}{r_0} = \frac{a - \frac{v}{2}}{a} = 1 - \frac{v}{2a} \quad \dots \dots \dots (14)$$

Man nimmt v in der Regel als einen Bruchteil der Kanalweite a erfahrungsmässig an und wird demfolgend aus Gleichung (14)

für $\frac{v}{a} =$	0,1	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40
$\frac{r}{r_0} =$	0,95	0,925	0,9	0,875	0,85	0,8

(Diese Werte sind der **Tabelle III** angefügt.)

In Verbindung mit den Werten für r_0^{**} in Tabelle III ist darnach für einen beliebigen Füllungsgrad und für beliebige Voreinströmung die Exzentrizität leicht zu bestimmen.

Für gewöhnlich genügt bei den Steuerungen für Hochdruckcylinder von Mehrfach-Expansionsmaschinen und für Eincylindermaschinen ohne Kondensation, bei welchen die Annahme ausreichend hoher Kompression die Dimensionen der Steuerung nicht zu ungünstig beeinflusst, ebenso wie bei Mittel- und Niederdruckschiebern, welche schon durch die dem Cylinderverhältnisse entsprechende Füllung grössere Kompression besitzen, eine lineare Voreilung

$$v_h = 0,2a.$$

*) Gleichung (13) soll nur dann zur Berechnung von r benutzt werden, wenn die lineare Voreilung einen abnormen Wert erhält.

**) Mit r_0 ist fernerhin stets die Grösse der Exzentrizität für eine lineare Voreilung $= 0$ bezeichnet.

Bei Eincylindermaschinen mit Kondensation, eventuell auch bei Niederdruckschiebern von Mehrfach-Expansionsmaschinen mit Kondensation empfiehlt es sich, zur wirksamen Unterstützung der zuweilen für den ruhigen Gang der Maschine nicht ausreichenden, durch Rücksicht auf andere Steuerungsverhältnisse aber in gewissen Grenzen bestimmten Kompression

$$v_h = 0,3a$$

zu nehmen, um so mehr, wenn die Exzentrizität möglichst gering ausfallen soll.

Für diese beiden Annahmen sind in folgendem die Hauptdimensionen der Schieber tabellarisch angegeben.

§ 6.

Vergrosserung der Voreinströmung an ausgeführten Maschinen.

Zuweilen kommt man in die Lage, den Stoss im Gestänge einer Dampfmaschine, der bei nicht genügender Kompression infolge der Massenwirkung eintritt, beseitigen zu müssen.

Der nächstliegende Gedanke ist natürlich, **die Kompression zu vergrössern**.

Da aber die inneren Deckungen nicht mehr grösser gemacht werden können, so bleibt zu dem Ende nur übrig, das Exzenter unter einem grösseren Voreilungswinkel aufzukeilen.*)

Dadurch ändert sich jedoch die gesamte Dampfverteilung, und zudem ist meist der Gewinn an Kompression verhältnismässig nicht bedeutend.

Allerdings wird zugleich die Voreinströmung vergrössert; geschieht letzteres aber, wie es leicht möglich ist, in übertriebenem Masse, so kann die Verdrehung des Exzenters auch dem beabsichtigten Zwecke entgegenwirken resp. nutzlos sein, weil nunmehr die zu energische Voreinströmung den Kompressionsdruck nicht mehr sanft in den Anfangsdruck überleitet.

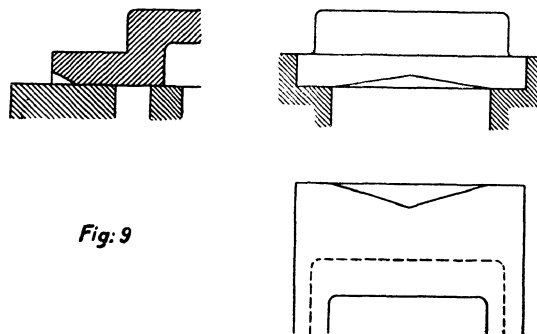
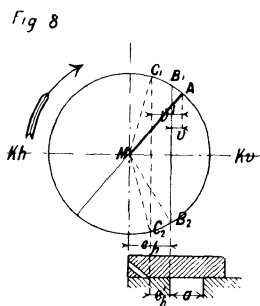
Andererseits hat die Vergrösserung des Voreilungswinkels auch eine Vergrösserung der Vorausströmung zur Folge, und ist diese dann von günstiger Wirkung auf den ruhigen Gang, wenn die Maschinen mit hohem Enddrucke resp. mit grossem Spannungsfall (in Hoch- oder Mitteldruck-cylindern) arbeiten.

Hieraus ersieht man schon, dass man beim Vorkeilen des Exzenters nicht nur die Vergrösserung der Kompression, sondern auch den Einfluss der anderen Veränderungen sorgfältig erwägen muss, ehe man an eine erfolgreiche Anwendung dieses Mittels denken kann.

Man hilft sich häufiger in der Weise, dass man bei unveränderter Exzenterstellung und unveränderten Deckungen die **Voreinströmung** einmal sehr **früh** und dann sehr **sanft** beginnen lässt und zwar:

1. Man bohrt durch die äussere Deckungskante unter geneigtem Winkel nach dem Schiebergesicht (Fig. 8) auf die ganze Breite des Kanals eine Reihe von Löchern von 3–5 mm Durchmesser.

Durch die Schräge und die Anzahl dieser Löcher hat man es ganz in der Hand, die Voreinströmung so ausreichend früh und sanft als erforderlich eintreten zu lassen.



Aus Fig. 8 ist zu ersehen, dass nach dem Bohren der schrägen Löcher die Voreinströmung beginnt entsprechend einer äusseren Deckung e'_h (statt e_h) resp. einer linearen Voreilung v' (statt v) oder eines Kurbelwinkels C_1MA (statt B_1MA).

*) Siehe § 9 resp. Tabelle VI.

Dadurch, dass die Löcher zusammen nur einen kleinen Bruchteil des Kanalquerschnittes geben, ferner vom Schiebergesicht schräg geschnitten werden und dieses allmähliche Auslaufen eventuell noch durch kleine Nuten verbessert werden kann, ist die Möglichkeit geboten, in der frühzeitigen und sanften Voreinströmung einen vollständigen Ersatz für die mangelnde Kompressionsarbeit zu erhalten.

2. Man gibt dem Schiebergesicht an den äusseren Deckungskanten eine Form, wie Fig. 9 zeigt.

Diese beiden Methoden sind natürlich ebenfalls nur Notbehelfe.

Die erstere derselben ist mehr zu empfehlen, weil bei zu reichlicher Voreinströmung einzelne Löcher wieder geschlossen werden können.

Selbstverständlich ist die zu grosse Voreinströmung als solche, sowie wegen des nicht mehr präzisen Abschlusses bei Beginn der Expansion (wenigstens bei einfachen Schiebern) in Rücksicht auf den Dampfverbrauch schädlich.

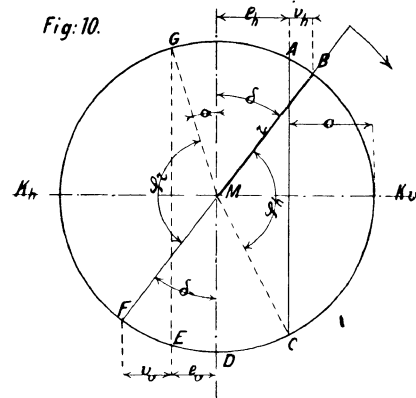
Ausserdem muss noch darauf geachtet werden, dass z. B. die Voreilungslöcher den Frischdampf während der Füllungsdauer durch Überschreiten der inneren Stegkante nicht in den Auspuffkanal lassen.

§ 7.

Berechnung der Exzentrizität r und der äusseren Deckungen e_h und e_v , sowie des Voreilungswinkels δ bei einer Kanalweite a und einer linearen Voreilung auf der Deckelseite = v_h .

In Fig. 10 bezeichne

- MB die Voreilungsrichtung, wobei
 - MB = r die Exzentrizität,
 - a die Kanalweite,
 - v_h die lineare Voreilung
 - e_h die äussere Deckung
 - φ_h den Kurbelwinkel im Hingange, welcher dem durch diese Verhältnisse gegebenen Füllungsgrade resp. Kolbenwege entspricht
- und ebenso v_v , e_v und φ_r die entsprechenden Grössen für die Kurbelseite resp. den Kolbenrückgang.



Durch Betrachtung der Fig. 10 folgt:

$$e_h = r - a \text{ und hieraus}$$

$$\frac{e_h}{r} = 1 - \frac{a}{r} \quad \dots \quad (15)$$

$$\text{ferner} \quad \sin \delta = \frac{e_h + v}{r} \quad \dots \quad (16)$$

$$\text{und} \quad \frac{e_v}{r} = \sin \alpha, \text{ wobei } \alpha = 180^\circ - \delta - \varphi_r$$

$$\text{oder} \quad \frac{e_v}{r} = \sin (180^\circ - \delta - \varphi_r) = \sin (\delta + \varphi_r) \quad \dots \quad (17)$$

Es sei nun

$$\text{a.)} \quad v_h = 0,2 a.$$

Für diesen Fall wird nach Gleichung (14) $r = 0,9 r_0$.

Mit Benutzung der Tabelle III über die Grösse der Exzentrizitäten für eine lineare Voreilung = 0 berechnet sich hieraus für einen beliebigen Füllungsgrad $\frac{r}{a}$ und dann mit Gleichung (15) $\frac{e_h}{r}$.

Die Gleichung (16) geht über in

$$\begin{aligned} \sin \delta &= \frac{e_h + 0,2 a}{r} = \frac{e_h}{r} + \frac{0,2 a}{r} \\ \sin \delta &= 1 - \frac{a}{r} + \frac{0,2 a}{r} \\ \sin \delta &= 1 - \frac{0,8 a}{r} \quad \dots \quad (18) \end{aligned}$$

Darnach wäre die Voreinströmung auf der Kurbelseite sehr reichlich im Verhältnis zu jener auf der Deckelseite, und würde sich dieselbe auch im Indikatorgramm bemerkbar machen.

Dies ist dadurch zu vermeiden, dass man die äussere Deckung auf der Kurbelseite (e_v) etwas grösser als in Spalte 6 nimmt. Dann werden naturgemäss die Füllungen hinten und vorne ungleich. Man nehme die äussere Deckung vorne

$$e'_v = \frac{e_v + e_h}{2}$$

Für unseren Fall ist dann

$$\begin{aligned} \frac{e'_v}{r} &= \frac{1}{2} \left[\frac{e_v}{r} + \frac{e_h}{r} \right] = 0,635 \\ \text{resp. } \sin \beta'_2 &= 0,635 \\ \beta'_2 &= 39,4^\circ \\ \psi'_2 &= \delta - \beta'_2 = 50,4^\circ - 39,4^\circ = 11^\circ \\ 180^\circ - \psi'_2 &= 169^\circ \end{aligned}$$

Nach Tabelle I tritt nunmehr der Beginn der Voreinströmung für die Kurbelseite ein, nachdem der Kolben 0,9925 seines Weges im Hingange zurückgelegt hat, also ca. 0,75 % vor dem toten Punkte.

Dies ist im Verhältnis zu 0,3 % auf der anderen Seite ein annehmbarer Wert, und sind, um ähnliche Rechnungen zu vermeiden, in Spalte 7 der Tabellen IV und V die Werte für

$$\frac{e'_v}{r} = \frac{1}{2} \left[\frac{e_v}{r} + \frac{e_h}{r} \right]$$

und in Spalte 8 die dieser Deckung e'_v entsprechenden Füllungsgrade angegeben.

Zieht man gleiche Füllungen bei verschiedener Voreinströmung vor, so sind für $\frac{e_v}{r}$ die zuerst gefundenen Werte der Spalte 6 zu nehmen.

Bei einem Mittelwerte zwischen e_v und e'_v wird natürlich die Differenz der Füllungsgrade (in Spalte 1 resp. 8) entsprechend verringert.

Es sei hier noch bemerkt, dass bei Expansionsschiebersteuerungen diese Verschiedenheit der Füllungen (des Grundschiebers) gleichgiltig ist, weil die thatsächlichen Füllungen nicht von den Deckungen des Grundschiebers abhängen.

Für einfache Schieber kann man die unbedeutende Verschiedenheit der Füllungen gerne in Kauf nehmen mit Rücksicht darauf, dass die geringe Differenz der Arbeiten auf beiden Seiten des Kolbens bei den üblichen Schwungradmassen keinen Einfluss auf den gleichförmigen Gang der Maschine hat und andererseits grössere Voreinströmung nachteilig auf den Dampfverbrauch wirkt.

§ 9.

Beziehungen zwischen Voreilungswinkel, Kompression und Vorausströmung, Exzentrizität und inneren Deckungen.

In § 2 ist bereits der Einfluss der inneren Deckung auf die Dampfverteilung angedeutet.

Es sei nun im Verfolge desselben Gedankenganges

a) für den Hingang

δ der Voreilungswinkel,

i_h die innere Deckung hinten,

φ_{cr} der Kurbelwinkel, welcher auf dem Kolbenrückgange dem Beginne der Kompression auf der Deckelseite,

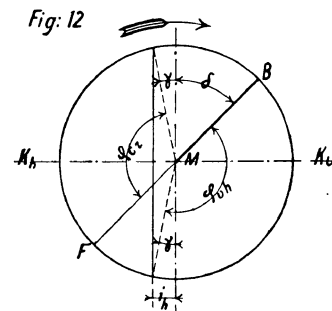
φ_{vh} der Kurbelwinkel, welcher auf dem Kolbenhingange dem Beginne der Vorausströmung auf der Deckelseite entspricht.

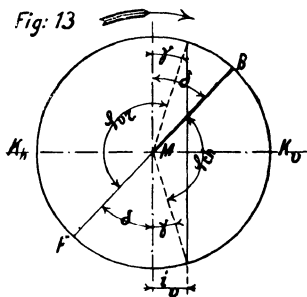
Nach Fig. 12 ist

$$\frac{i_h}{r} = \sin \gamma \quad \dots \quad (20)$$

$$\text{wobei } \sphericalangle \gamma = 180^\circ - \delta - \varphi_{cr} \quad \dots \quad (21)$$

$$\text{ferner } \sphericalangle \varphi_{vh} = 180^\circ - \delta + \gamma \quad \dots \quad (22)$$





b) für den Rückgang

- i_v die innere Deckung vorne,
- φ_{ch} der Kurbelwinkel, welcher auf dem Kolbenhingange dem Beginne der Kompression auf der Kurbelseite,
- φ_{vr} der Kurbelwinkel, welcher auf dem Kolbenrückgange dem Beginne der Vorausströmung auf der Kurbelseite entspricht.

Nach Fig. 13 ist

$$\frac{i_v}{r} = \sin \gamma \quad \dots \quad (23)$$

wobei $\sphericalangle \gamma = 180^\circ - \delta - \varphi_{ch} \quad \dots \quad (24)$

ferner $\sphericalangle \varphi_{vr} = 180^\circ - \delta + \gamma \quad \dots \quad (25)$

Nach diesen Gleichungen (20) bis (25) ist **Tabelle VI** in der Weise gerechnet, dass für eine Reihe von Voreilungswinkeln δ und für gewisse Kompressionsgrade, zu welchen die entsprechenden Kurbelwinkel φ_c aus Tabelle I entnommen sind, die Winkel γ und durch diese sowohl das Verhältnis $\frac{i}{r}$ als auch die Kurbelwinkel φ_v und mit diesen wieder aus Tabelle I die Vorausströmungsgrade v bestimmt wurden.

Dabei sind unter Berücksichtigung, dass eine lineare Voreilung von

$$v_h = 0,2 a$$

am gebräuchlichsten ist, die Werte der Voreilungswinkel aus Tabelle IV zu Grunde gelegt, und wird dadurch für die meisten Fälle jegliche Interpolation überflüssig.

Soll Tabelle V mit Tabelle VI kombiniert werden, so kann dies bei den kleinen Differenzen der aufeinanderfolgenden Voreilungswinkel mit Leichtigkeit geschehen.

ANMERKUNG. Der Voreilungswinkel δ berechnet sich bei Annahme einer bestimmten Kompression sowie einer bestimmten Vorausströmung auf der Deckelseite resp. der entsprechenden Kurbelwinkel φ_{cr} und φ_{vh} (siehe Fig. 12) aus den Gleichungen (21) und (22)

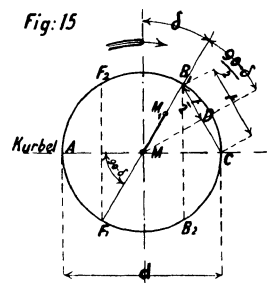
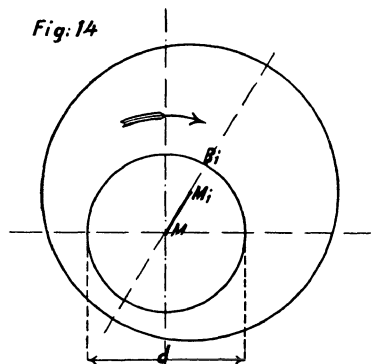
$$\text{zu } \delta = \frac{360^\circ - \varphi_{cr} - \varphi_{vh}}{2} \quad \dots \quad (26)$$

§ 10.

Befestigung des Exzenters auf der Welle.

Für Vorwärts- oder Rückwärtsgang der Maschine und für Einströmung an den äusseren, Ausströmung an den inneren Kanten muss das Exzenter der Kurbel um einen $\sphericalangle 90^\circ + \delta$ in der Drehrichtung vorgekeilt werden.

Diese Stellung des Exzenters kann bei Benutzung der Tabellen von vornherein ganz genau angegeben werden, ohne dass bei der Montage ein Probieren durch Verdrehen desselben nötig wird.



Am zweckmässigsten geht man in folgender Weise vor:

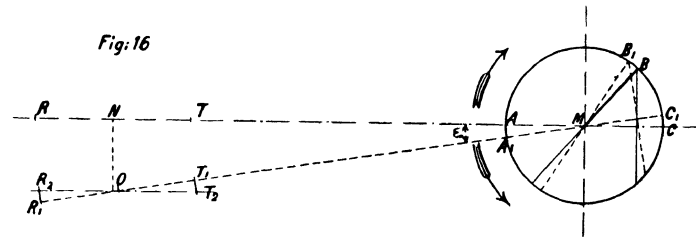
Man markiert sich

1. auf dem Exzenterkörper (Fig. 14) durch einen Riss B_1 den Schnittpunkt der Verbindungslinie MM_1 der Mittelpunkte M der Bohrung des Exzenters und M_1 des Exzenters, also der Exzenterichtung mit dem Bohrkreise;

2. auf der Kurbelwelle vom Durchmesser d (Fig. 15) vorerst durch einen Riss C die Mantellinie, welche der Kurbelrichtung MA diametral gegenüber liegt, und trägt von C aus der Drehrichtung entgegen die noch näher zu bestimmende Sehne CB_1 resp. $CB_2 = t$ ab, die Mantellinie B_1 resp. B_2 ebenfalls durch einen Riss bezeichnend.

Das Exzenter ist dann so aufzukeilen, dass die Risse B auf der Welle und auf dem Exzenterkörper genau zusammenfallen.

Für Einströmung an den inneren und Ausströmung an den äusseren Kanten eilt das Exzenter der Kurbel um einen $\sphericalangle 90^\circ - \delta$ nach. Man hat also in diesem Falle die Sehne t einfach von der Kurbelrichtung der Bewegungsrichtung entgegengesetzt abzutragen.



Ist ferner die Bewegungsrichtung des Schiebers gegen die Cylinderachse um $\sphericalangle RMR_1 = \sphericalangle \epsilon$ (Fig. 16) geneigt, so sind die Kolbenwege auf AC , die Schieberwege auf A_1C_1 zu projizieren.

Demgemäss wird, je nachdem $\sphericalangle \epsilon$ gegen die Totpunktlage der Kurbel MA in der Drehrichtung nachfolgt oder voreilt, der Voreilungswinkel des Exzenters um $\sphericalangle \epsilon$ kleiner resp. grösser als der aus der Tabelle entnommene.

Würde sich endlich der Schieber nicht in der Ebene R_1T_1 zur Cylinderachse geneigt, sondern in der mittleren Entfernung NO von derselben in Ebene R_2T_2 bewegen, so kann mit genügender Genauigkeit der Voreilungswinkel δ ebenso wie vorhin durch $\sphericalangle \epsilon$ korrigiert werden.

Es erübrigt hier nur noch, die Sehne t in Beziehung zum Voreilungswinkel δ und zur Exzenterbohrung d zu setzen.

Nach Fig. 15 ist

$$\frac{t}{2} = \frac{d}{2} \sin \frac{90^\circ - \delta}{2}$$

oder

$$\frac{t}{d} = \sin \frac{90^\circ - \delta}{2} \dots \dots \dots (27)$$

Die hieraus für die entsprechenden Voreilungswinkel resultierenden Werte sind der **Tabelle VI** unter Spalte 34 angefügt.

§ 11.

Einstellung des Schiebers und Befestigung desselben auf der Stange.

Wenn die Schieberdimensionen für bestimmte Dampfverteilung nach den hier berechneten Tabellen, also mit Berücksichtigung der endlichen Länge der Pleuelstange, genommen werden, so stimmen bei nicht ganz abnorm kurzen Exzenterstangen die zu Grunde gelegten Verhältnisse über Voreinströmung, Füllung, Vorausströmung und Kompression auf beiden Seiten des Kolbens genau überein mit den bei der Montage sich ergebenden.

Es ist deshalb gleichgültig, auf welche Weise man mit der Einstellung des Schiebers beginnt.

Man geht zweckmässig so vor, dass man die Kurbel, nachdem das Exzenter bereits richtig sitzt, genau in den toten Punkt auf der Deckelseite stellt und den Schieber dann so auf der Stange befestigt, dass der Kanal nach dem Cylinder auf der Deckelseite genau um die lineare Voreilung v_h geöffnet ist.

Oder aber man giebt der Kurbel die der angenommenen Füllung auf der Deckelseite entsprechende Stellung und bringt den Schieber in eine solche Lage, dass er auf dieser Seite den Dampfeintritt soeben beendet.

Die Verbindung des (Flach-) Schiebers mit der Stange muss so geschehen, dass derselbe bei eventueller Abnutzung dem Dampfdrucke ungehindert folgen, resp. umgekehrt auch bei An- und Auslaufen mit geringem Drucke im Schieberkasten durch die Kompression abgehoben werden kann, ohne die Stange zu verbiegen.

Man erreicht dies dadurch, dass man den Schieber zwischen zwei Muttern mit Unterlagscheiben, welche fest gegen ein schmiedeeisernes Rohr in der Nabenbohrung pressen, so fasst, dass sich der Schieber eben noch senkrecht zu seiner Längsachse zwischen den Muttern bewegen lässt.

Wenn die Nabenbohrung zu klein für die Aufnahme eines Rohres über der Schieberstange wird, versieht man die Muttern mit Gegenmuttern.

Die Muttern, gewöhnlich aus Rotmetall, resp. die nicht zu schwachen Unterlagscheiben aus gehärtetem Stahl, müssen möglichst grosse Auflageflächen an den Schiebernaben haben.

Für Maschinen, bei welchen voraussichtlich der Betrieb nicht auf längere Dauer unterbrochen wird, wendet man vorteilhafter Muttern von Schmiedeeisen oder Stahl an, da sich die Metallmuttern im Gewinde leichter verschlagen.

Das Einpassen des Rohres muss sehr sorgfältig geschehen, da – sofern es nur eine Kleinigkeit zu lang ist – besonders bei raschlaufenden Maschinen und schweren Schiebern ganz bedeutende Stösse eintreten können.

§ 12.

Anhaltspunkte für den Entwurf einfacher Schiebersteuerungen: Grösse der Füllung, Kompression, Vorausströmung, sowie der Kanalquerschnitte.

Die Verwendung des einfachen Schiebers, vor allem in seinen verbesserten Formen, wie Trick'scher und Penn'scher Schieber, ist sehr häufig und zwar hauptsächlich für kleinere Eincylindermaschinen und für die Mittel- und Niederdruckschieber von Mehrfach-Expansionsmaschinen.

In jedem Falle ist durch die verlangte Leistung der Maschine resp. durch die Cylinderverhältnisse der Füllungsgrad vorgeschrieben, und wären mit diesem aus Tabelle IV oder V für eine bestimmte Kanalweite a die Grösse der Exzentrizität r , der Voreilungswinkel δ und die äusseren Deckungen gegeben.

Zu diesem Voreilungswinkel δ können dann aus Tabelle VI passende Werte für Kompression und Vorausströmung, sowie für die inneren Deckungen entnommen werden.

Sollten die auf solche Weise möglichen Werte für Kompression und Vorausströmung der Anforderung an ruhigen Gang der Maschine und an ein tadelloses Diagramm nicht entsprechen, so ist der Voreilungswinkel zu korrigieren und eine wenn auch z. B. dem Cylinderverhältnisse nicht ganz entsprechende Füllung in Kauf zu nehmen.

In dieser Hinsicht sei hier nur auf die den Tabellen vorhergehenden Beispiele verwiesen.

Die Verteilungs- (Grund-) Schieber von Expansionssteuerungen sind ebenfalls als einfache Schieber zu betrachten.

Da der Beginn der Expansion bei diesen nicht direkt vom Grundschieber abhängt, spielt auch die Grösse und die Gleichheit der Füllungen nicht die Rolle, wie beim gewöhnlichen einfachen Schieber.

Man wird daher hier stets nach Annahme der Kompression und Vorausströmung den Voreilungswinkel δ sowie die inneren Deckungen aus Tabelle VI und mit diesem Voreilungswinkel δ aus Tabelle IV oder V alle anderen Verhältnisse bestimmen.

Die Geschwindigkeit für den eintretenden Dampf nimmt man in den Kanälen, auf die mittlere Kolbengeschwindigkeit bezogen, 25–40 Meter, selbst darüber, für den austretenden Dampf 18 bis 30 Meter per Sekunde.

Diese Angaben können nur sehr allgemein gehalten werden, da zuviele Faktoren Einfluss auf die zweckmässigsten Annahmen haben.

Unter anderem spielt insbesondere die durch Kompression und Vorausströmung bestimmte Grösse des Voreilungswinkels, welcher zusammen mit der Kanalweite die Grösse der Exzentrizität und damit in der Hauptsache die ganzen Schieberdimensionen festlegt, eine Rolle.

Schwere Schieber mit grossem Hube halten sich bei Maschinen mit höheren Tourenzahlen schlecht.

Man wird also hier aus Konstruktionsrücksichten resp. um die Schieberreibungsarbeit zu verringern, an die höchste Grenze der Dampfgeschwindigkeit gehen und lieber eine Drosselung des Dampfes in Kauf nehmen.

Kompression und Vorausströmung sollen – sofern von diesen ausgegangen wird – ausreichend, aber nicht grösser sein, als es der ruhige Gang der Maschine erfordert; denn mit denselben wächst die Grösse der Exzentrizität.

Für kleine Füllungen wird die Exzentrizität ebenfalls unverhältnismässig gross.
Man wendet daher den gewöhnlichen einfachen Muschelschieber nur für Füllungen an, welche grösser sind als ca. 65 %.

Geringere Füllungen bis ca. 35 % erreicht man günstiger durch den Trick'schen Schieber (mit doppelter Einströmung) oder den Penn'schen Schieber (mit doppelter Einströmung und doppelter Ausströmung).

Die Grösse der Kompression hat man je nach dem System der Steuerung resp. der Maschine erfahrungsgemäss anzunehmen.

Als Anhaltspunkte mögen für **Flachschiebersteuerungen** folgende Angaben gelten:

I. Eincylindermaschinen.

Man giebt

a) den Maschinen mit grossem Hube und geteilten Schiebern an jedem Cylinderende bei ca. 3–4 % schädlichem Raume

für Auspuff 8–10 % Kompression,
für Kondensation 18–22 % Kompression;

b) den Maschinen mit langen Kanälen, mässiger Kolbengeschwindigkeit und mässigen Tourenzahlen mit ca. 6–8 % schädlichem Raume

für Auspuff 12–16 % Kompression,
für Kondensation mindestens 22 % Kompression;

c) den kurzhubigen, raschlaufenden Maschinen mit gekröpfter Kurbelwelle und ca. 7–10 % schädlichem Raume

für Auspuff 15–20 % Kompression,
für Kondensation 30 % und mehr Kompression.

Die Vorausströmung soll dabei

für Auspuff 5–7 %,
für Kondensation 8–14 % betragen.

ANMERKUNG. Die unter c) angegebene Kompression von 30 % mit entsprechender Vorausströmung lässt sich zweckmässig nur durch eigene Auslasssteuerung erreichen.

II. Hochdruckcylinder von Compoundmaschinen.

Man nehme die **Kompression**

ad a) 6–9 %

ad b) 8–12 %

ad c) 10–14 %

und wähle die grösseren Werte für Kondensationsmaschinen.

Die **Vorausströmung** kann hierbei

für Maschinen mit Kurbeln unter 90° 2–4 %

„ „ „ „ „ 0° oder 180° 3–5 %

betragen und ist eventuell noch etwas grösser zu nehmen, wenn die durch den Niederdruckschieber mögliche Füllung einen beträchtlichen Spannungsfall im Hochdruckcylinder giebt.

III. Niederdruckcylinder von Compoundmaschinen.

Man nehme unter ähnlichen Gesichtspunkten

für Auspuff 12–18 % Kompression, 6–10 % Vorausströmung,

„ Kondensation 20–30 % „ 10–16 % „

ANMERKUNG. Sofern der Niederdruckcylinder nur durch ein Exzenter gesteuert wird, ist auch bei Auspuffmaschinen eine grössere Vorausströmung (bis zu 16–18 %) anzunehmen; man kann dann bei geringerer Kompression einen grösseren Voreilungswinkel und damit einen gegen das Cylinderverhältnis nicht übermässig grossen Füllungsgrad wählen und vermeidet dadurch zu grossen Spannungsfall im Hochdruckcylinder.

Kolbenschiebersteuerungen erfordern gegen obige Angaben höhere Werte für die Kompression, weil sie grössere schädliche Räume bedingen; jedoch hat man bei diesen gewöhnlich eine kleinere Kanalweite und damit eine kleinere Exzentrizität als bei Flachschiebern. Dies gilt wenigstens von der Meyer'schen Kolbenschiebersteuerung.

Die **Kanalbreite** b nehme man bei flachen Schiebern = $0,6 D - 0,85 D$ (D = Cylinderdurchmesser).

Für die mittlere Kolbengeschwindigkeit c und die Dampfgeschwindigkeit v in den Kanälen wird dann

$$v \cdot a \cdot b = c D^2 \frac{\pi}{4}.$$

Daher die Kanalweite
$$a = \frac{c}{v} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \frac{D}{\left(\frac{b}{D}\right)}$$

für $c = 1$ Meter und $D = 1000$ mm = 1 Meter

$$a' = \frac{785,4}{v \cdot \left(\frac{b}{D}\right)} \text{ mm} \quad \dots \dots \dots (28)$$

Zu einer anderen Kolbengeschwindigkeit c und einem Durchmesser D ergibt sich dann die entsprechende Kanalweite mit

$$a = a' \cdot c \cdot D \quad (c \text{ und } D \text{ in Meter}).$$

Aus Gleichung (28) ist für verschiedene Dampfgeschwindigkeit v und verschiedene Werte $\frac{b}{D}$ **Tabelle VII** für a' gerechnet, und ist diese Tabelle weniger im einzelnen Falle als bei Vergleichsrechnungen von Vorteil.

Schliesslich sei hier noch bemerkt, dass in der **Tabelle VIII und IX** die den Tabellen IV und V entsprechenden Voreinströmungswinkel und die Voreinströmung in Prozenten des Kolbenhubes für lineare Voreilungen $v_h = 0,2 a$ und $v_h = 0,3 a$ zusammengestellt sind.

Die Werte für die Kurbelseite sind dabei den Deckungen e' zugehörig.

Tabelle X endlich giebt das Verhältnis der Kanaleröffnung a_1 zur Exzentrizität r für verschiedene Kolbenwege

$$\text{aus } \frac{a_1}{r} = \sin(\delta + \varphi) - e^*$$

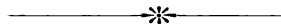
für bestimmte Voreilungswinkel und für eine lineare Voreilung $v_h = 0,2 a$ berechnet, an.

Dabei sind für die Kurbelseite wieder die Deckungen e' zu Grunde gelegt.

In dieser Tabelle ist sowohl für die Deckel-, wie für die Kurbelseite eine senkrechte Spalte angefügt, welche die Werte enthält, um welche dieses Verhältnis $\frac{a_1}{r}$ für eine lineare Voreilung $v_h = 0,3 a$ jeweilig bei dem betr. Voreilungswinkel zu vermehren sind.

Da die Voreilungswinkel für dieselben Füllungen bei $v_h = 0,2 a$ und $v_h = 0,3 a$ verschieden sind, ist bei Benutzung dieser letzten Spalte eine Interpolation notwendig.

*) Siehe Seite 2 und Fig. 2.



II. Doppelschiebersteuerungen. Expansions- schiebersteuerungen.

§ 13.

Grundgedanke der Doppelschiebersteuerungen.

Der einfache Schieber kann in seinen verbesserten Formen, z. B. als Trickscher Schieber, vorteilhaft nur angewandt werden für Füllungen, welche grösser sind als ca. 35–40 %.

Kleinere Füllungen, sowie durch einen Regulator veränderliche Füllungen findet man meist durch Doppelschiebersteuerungen nach Art der Meyer- und Rider-Steuerung erreicht, und sollen diese hier allein betrachtet werden.

In Fig. 17 sei Platte I ein einfacher Schieber mit den auf bekannte Weise zu bestimmenden Deckungen e und i in seiner Mittelstellung über dem Schieberspiegel.

Der Schieber I ist nach jeder Seite um ein Stück $a + f$ verlängert, wobei a einen vom Rücken desselben nach dem Schiebergesicht gehenden Kanal und f eine Dichtungsfläche bedeutet.

Wenn dieser Schieber I allein auf den Schieberspiegel gleitet, treten alle Dampfverteilungsphasen genau wie beim einfachen Schieber ein, jedoch mit dem Unterschiede, dass der Dampf nur durch den Kanal a im Schieber I zuströmen kann.

Dabei ist noch vorausgesetzt, dass z. B. für die Deckelseite

$$g < e_h$$

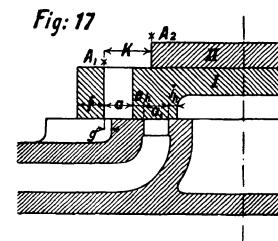
$$\text{und } r < e_h + a + f.$$

Lässt man nun über einen solchen Schieber I einen zweiten plattenförmigen Schieber II gleiten, welcher ebenfalls durch ein Exzenter (Expansions-Exzenter), zeitweilig gleich-, zeitweilig entgegengerichtet dem Schieber I bewegt wird, so bietet es keine Schwierigkeiten, den Kanal a im Rücken des Schiebers I (Grundschieber) zu beliebiger Zeit, jedenfalls früher als beim Abschluss des letzteren nach dem Cylinder hin, durch den Schieber II (Expansionsschieber) zu schliessen, denselben durch den letzteren solange geschlossen zu halten, bis auch der Grundschieber den Kanal a_1 nach dem Cylinder hin völlig zugeschoben hat, und ihn wieder frei zu machen, bevor die Voreinströmung durch den Grundschieber beginnen kann.

Von Einfluss auf den Zeitpunkt des Abschlusses durch den Expansionsschieber sind:

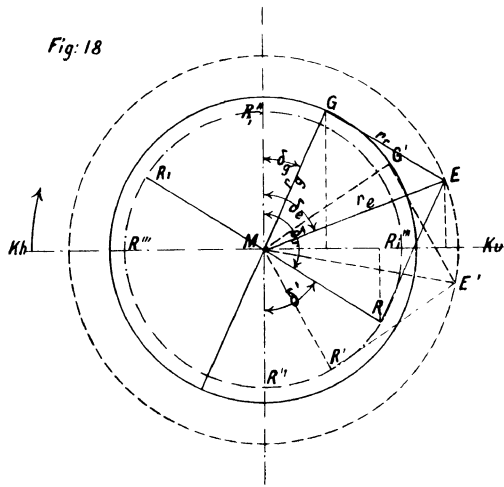
- die Entfernung k resp. k^*) der Abschlusskanten der Schieber I und II oder die Lappenlängen des Schiebers II,
- die Grösse der Exzentrizitäten und
- die Grösse der Voreilungswinkel beider Exzenter.

Der Einfluss dieser Grössen soll nun untersucht werden.



) k auf der Deckel-, k^ auf der Kurbelseite.

**Expansions- und Relativ-Exzentrizität und zugehörige Voreilungswinkel-
relative Kantenentfernung.**



Es sei in Fig. 18
 MG die Grösse r_g und die Richtung des Grund-
 Exzenters für die Stellung der Kurbel im
 toten Punkte hinten (MK_h), also
 $\sphericalangle \delta_g$ der Voreilungswinkel desselben,
 ME die Grösse r_e und die Richtung des Expansions-
 Exzenters und
 $\sphericalangle \delta_e$ der Voreilungswinkel des letzteren.

Die Verbindungsstrecke GE giebt dann die
 Entfernung der beiden Exzentermittel.

Denkt man sich nun das sog. Exzenterdreieck
 MGE weiter gedreht, z. B. in die Lage $MG'E'$, so
 wird die Seite GE ihre Neigung gegen die Schieber-
 wegrichtung K_hK_v ändern und mit dieser Neigung
 ändert sich auch zugleich die Grösse der Projektion
 der Exzentermittelentfernung auf die Schieberweg-
 richtung. Die wechselnde Grösse dieser Projektion

giebt aber ohne weiteres ein Bild der gegenseitigen Bewegung der beiden Schieber I und II (Fig. 17),
 und handelt es sich also darum, diese bei der Drehung veränderliche Projektion auf möglichst ein-
 fache Weise darzustellen.

Zu dem Ende ergänzt man das Dreieck MGE zu einem Parallelogramm MGER, in welchem
 $MR \parallel GE$, und denkt sich statt des Dreieckes MGE das Parallelogramm MGER in Rotation, z. B.
 in die Lage $MG'E'R'$ versetzt.

$$\begin{aligned} \text{Da} \quad & GE \parallel MR \\ & G'E' \parallel MR', \end{aligned}$$

ist leicht einzusehen, dass die Projektionen von GE, GE' . . . u. s. w., auf die wagerechte Schieber-
 wegrichtung gleich jenen von MR, MR' . . . u. s. w. auf dieselbe Richtung sind.

Es können also die variablen Projektionen der Exzentermittelentfernung auf einfachste Weise
 dadurch erhalten werden, dass man allein die Seite MR des Parallelogrammes MGER in Drehung
 versetzt und dieselbe in verschiedenen Lagen auf die Schieberwegrichtung K_hK_v projiziert.

Die gegenseitige Bewegung der beiden Schieber geht demnach gerade so vor sich, als ob der
 Grundschieber (I) in Ruhe wäre und der Expansionsschieber (II) durch ein Exzenter von der Grösse
 $GE = MR$ und der Richtung $MR \parallel GE$ resp. dem Voreilungswinkel δ_r bewegt würde.

Man nennt daher auch die Strecke $GE = MR$ die relative Exzentrizität (r_r) und δ_r den Vor-
 eilungswinkel der relativen Exzentrizität.

Unter Festhalten dieses Gedankenganges ist es nun leicht, die gegenseitige Bewegung der
 Schieber zu verfolgen.

Wenn bei der Drehung in der Pfeilrichtung das Relativ-Exzenter MR (während des Kolben-
 hinganges) in die Lage MR'' gelangt, so ist dessen Projektion = 0. Die Schieber stehen dann in
 ihrer relativen Mittelstellung, und sei hier bemerkt, dass die Grösse, mit welcher in dieser relativen
 Mittelstellung die Kante A_2 des Expansionsschiebers jene A_1 des Grundschiebers (Fig. 17) überdeckt,
 die relative Deckung heisst.

Diese relative Deckung kann auch (wie in Fig. 17) negativ sein: relative Kantenentfernung (k),
 wie es für die meist gebräuchlichen Füllungen immer der Fall ist.

Daher ist in folgendem stets die Bezeichnung Kantenentfernung (+ k) angewandt; die Deckun-
 gen treten dann als negative Kantenentfernungen auf (- k).

Beim Weiterdrehen gelangt die Relativ-Exzentrizität in MR''' in ihren toten Punkt auf der
 Deckelseite der Maschine, und ist die relative Ausweichung der beiden Schieber hier am grössten.

Mit der Relativ-Exzenterstellung MR_1 ist die Maschinenkurbel im vorderen toten Punkte
 (MK_v) angelangt, und der Vorgang wiederholt sich ähnlich auf der Kurbelseite.

Bei Betrachtung der Fig. 18 leuchtet ein, dass bei der Drehung des Systemes, schon nachdem der \sphericalangle EMK_v zurückgelegt ist, der Expansionsschieber entgegengesetzt dem Grundschieber sich bewegt, solange, bis ein Kurbelwinkel GMK_v vom toten Punkte auf der Deckelseite ab beschrieben ist.

Man wird daher \sphericalangle EMK_v möglichst klein nehmen, insbesondere für kleine normale Füllungen.

Mit der Relativ-Exzenterstellung MR'' haben die Schieber ihre grösste relative Geschwindigkeit erreicht, und ist es zur Erzielung eines raschen Abschlusses an den Einlasskanten der beiden Schieber erwünscht, wenn \sphericalangle $RMR'' = \sphericalangle$ δ' eine solche Grösse bekommt, dass ungefähr, nachdem das Relativ-Exzenter sowie auch die Kurbel einen solchen von gleicher Grösse zurückgelegt hat, der Abschluss für die meist gebräuchliche Füllung eintreten soll.

Da die Geschwindigkeit in der Gegend von R'' nicht sehr rasch abnimmt, hat man sich hier nach nicht gerade streng zu richten, und kann die Regel gelten,*) den \sphericalangle δ' zwischen 45° und 35° zu nehmen.

Wenn man nun zusammenfasst, dass Grösse und Richtung der Grund-Exzentrizität durch Kanalweite, Kompression und Vorausströmung gegeben ist, dass also MG (Fig. 18) festliegt, dass ferner die Richtung von GE sowohl wie von ME in engen Grenzen anzunehmen ist, dass ferner im allgemeinen schon aus konstruktiven Gründen r_c nicht bedeutend grösser als r_g sein soll, so ist das Exzenterdreieck MGE und damit die Grösse und Richtung MR der Relativ-Exzentrizität in ziemlich engen Grenzen bestimmt.

§ 15.

Relative Kantenentfernung für eine bestimmte Füllung und zugehörige relative Kanaleröffnung für einen beliebigen Kurbelwinkel φ_1 .

Die relative Kantenentfernung (Deckung) hat einen ähnlichen Einfluss auf die durch den Expansionsschieber gegebene Füllung, wie die Deckung des einfachen Schiebers auf die Füllung durch den letzteren.

In Fig. 19 sei MR die Grösse und Richtung der Relativ-Exzentrizität unter \sphericalangle δ' gegen die Senkrechte geneigt für die Kurbelstellung im toten Punkte hinten.

Während r_r bei der Drehung in der Pfeilrichtung von MR nach MR_1 gelangt, befindet sich der Kolben im Hingange, während der Halbkreis $R_1 R_1'' R$ von der Relativ-Exzentrizität durchlaufen wird, im Rückgange.

Es soll nun die Expansion nach Zurücklegung eines Kolbenweges s_e resp. des zugehörigen Kurbelwinkels im Hingange φ_h , im Rückgange φ_r beginnen, und hat man sich zu dem Ende die aus Tabelle I zu entnehmenden Winkel von MR nach MR'' und von MR_1 nach MR_1'' zu tragen.

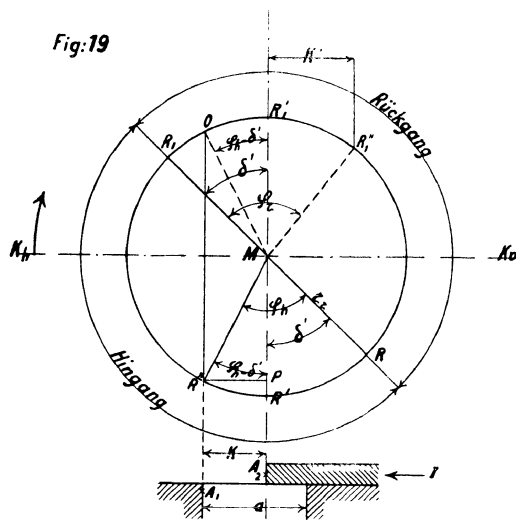
Die Kante A_2 des Expansionsschiebers muss dann beim Kolbenhingange über die Kante A_1 des Grundschiebers in der Pfeilrichtung I gerade hinweggleiten, wenn sich das Relativ-Exzenter in MR'' befindet.

Zeichnet man nun senkrecht unter R'' die Kante A_1 des Kanals a im Grundschieber und denkt sich das Relativ-Exzenter vorerst in seiner Mittelstellung MR' und senkrecht unter R' die Kante A_2 des Expansionsschiebers, so ist bei der relativen Mittelstellung der Schieber die Kante A_2 von jener A_1 noch um $k = R''P$ entfernt.

k giebt also die auf der Deckelseite einem dem Kurbelwinkel φ_h entsprechenden Füllungsgrade zugehörige relative Kantenentfernung und berechnet sich nach Fig. 19 aus

$$\frac{k}{r_r} = + \sin (\varphi_h - \delta') \quad \dots \quad (29)$$

*) Siehe auch § 17 Seite 26.



Oder aus Tabelle VII (wagerechte Spalte 6, senkrechte Spalte 9)

$$a = 40 \cdot 0,3 \cdot 2 = 24 \text{ mm.}$$

Erfahrungsgemäss verlange nun die Hochdruckseite

ca. 10% Kompression und 2–3% Vorausströmung.

Man findet aus Tabelle VI in den senkrechten Spalten 7 und 21–22 bei einem Voreilungswinkel des Grundschiebers

$$\delta_g = 27,5^\circ \text{ und } \frac{e+v}{r} = 0,462$$

	hinten	vorne
Kompression	10 %	9 %
Vorausströmung	2,8 %	2,5 %
innere Deckung $i =$	$0,107 r_g$	$0,193 r_g$

($r_g =$ Grund-Exzentrizität).

Mit dem Voreilungswinkel $\delta_g = 27,5^\circ$ wird für

$$v_h = 0,2 a = 4,8 \text{ mm}$$

aus Tabelle IV

$$\frac{r}{a} = 1,49$$

$$\frac{e_h}{r} = 0,326 \quad (\text{Füllung } 87\%)$$

$$\frac{e_v'}{r} = 0,262 \quad (\text{„ } 84\%)$$

Die Voreinstromung beträgt dann nach Tabelle VIII in Prozenten des Kolbenhubes:

hinten 0,7 %, vorne 0,9 %.

Nach obigen Verhältniszahlen bestimmt sich nun

$$\begin{aligned} a &= 24 \text{ mm} \\ v_h &= 4,8 \text{ „} \\ r_g &= 35,8 \sim 36 \text{ mm} \\ e_h &= 11,7 \text{ mm} \\ e_v' &= 9,4 \text{ „} \\ i_h &= 3,9 \text{ „} \\ i_v &\sim 7 \text{ „} \end{aligned}$$

Da die grössere innere Deckung = 7 mm, also für den Auslass eine Kanalweite von $a_1 = 36 - 7 (= r_g - i_v) = 29$ mm geöffnet wird, so könnte der Kanal vom Schieberspiegel nach den Enden des Cylinders in dieser Weite = 29 mm ausgeführt werden.

Setzt man zur Benutzung der Tabelle VII

$$a' \cdot 0,3 \cdot 2 = 29, \text{ so wird } a' = 48,3$$

und findet sich für diesen Wert die zugehörige Geschwindigkeit für den austretenden Dampf für $\frac{b}{D} = 0,7$ zwischen den senkrechten Spalten 8 und 9 zu ~ 23 Meter per Sekunde.

Hiermit ist der Grundschieber rechnerisch vollständig bestimmt, und sollen nun die erhaltenen Werte zuerst zeichnerisch gefunden resp. geprüft werden.

Zu dem Zwecke hat man vor allem den Wert

$$\frac{e+v}{r} = 0,462 = \frac{46,2}{100}$$

so zu benutzen, dass man von einem Punkte M_0 (Fig. 1, Tafel I) aus mit einem Radius $M_0N = 100$ mm einen Kreis beschreibt, dessen Schnittpunkt P mit einer Senkrechten OP zu M_0N , im Abstände $M_0O = 46,2$ mm von M_0 gezogen, sucht und durch M_0 und P die Voreilungsrichtung zieht.

Wird nun mit Radius $r_g = M_0G_0 = 36$ mm aus M_0 der Grund-Exzenterkreis beschrieben, so giebt M_0G_0 die Grösse und Richtung der Exzentrizität des Grundschiebers für die Kurbelstellung K_h im toten Punkte hinten und für Drehrichtung im Sinne des Pfeiles. Der Winkel YM_0G_0 ergibt sich dabei gleich dem der Tabelle VI entnommenen Voreilungswinkel $\delta_g = 27,5^\circ$.

Um die Deckungen zu finden, hat man auf dem Voreilungsdurchmesser G_0L_0 in Prozenten desselben die Voreinströmung hinten mit G_0A' , die Kompression hinten mit G_0D' abzutragen.

Durch die Punkte A' und D' sind mit Radien $= \frac{L}{R} r_g$ (hier $= 5 r_g$) aus Mittelpunkten auf der Voreilungsrichtung Kreisbogen bis zu den Schnittpunkten A und D mit dem Exzenterkreis zu ziehen, und geben diese Schnittpunkte die jeweiligen Stellungen des Exzentermittels an.

Dabei ist zu beachten, dass sowohl Kompression wie Voreinströmung eintreten, bevor das Exzentermittel in der Bewegungsrichtung nach G_0 gelangt.

Die Senkrechte AB durch A stellt dann die äussere Deckungskante hinten, jene DC durch D die innere Deckungskante hinten dar und die Entfernungen derselben von dem senkrechten Durchmesser geben die betreffenden Deckungen e_h und i_h .

Ein durch B mit $BQ = 5 r_g$ beschriebener Kreis schneidet in G_0B' einen der Füllung $\frac{G_0B'}{G_0L_0}$, ein durch C mit gleichem Radius entsprechend beschriebener Kreis in L_0C' einen der Vorausströmung $\frac{L_0C'}{L_0G_0}$ entsprechenden Weg ab.

Auf ähnliche Weise sind die Deckungen auf der Kurbelseite (in Fig. 1 punktiert) zu untersuchen.

ANMERKUNG. Da für bestimmte Kompression und Vorausströmung der Voreilungswinkel stets aus Tabelle VI entnommen werden kann, so ergibt sich bei Annahme einer beliebigen Exzentrizität auf diese Weise zuerst ein dem richtigen Diagramm ähnliches, welches dann so zu vergrössern oder zu verkleinern ist, dass die richtige Kanalweite erscheint. Es dürfte jedoch ein Fall, in welchem nicht sämtliche Grössen mit Hilfe der Tabellen rechnerisch bestimmt werden können, sehr selten eintreten.

b) Expansionsschieber.

In Fig. 1 seien nun G_0E_0 und M_0E_0 , die Relativ- und die Expansions-Exzentrizität einsteilen hier erfahrungsgemäss so angenommen, dass G_0E_0 mit der Senkrechten einen Winkel von ca. 45° einschliesst und M_0E_0 nicht bedeutend grösser als M_0G_0 wird.

Im weiteren Verlaufe sind nun aufzusuchen:

- α) die relativen Kantenentfernungen beider Schieber für verschiedene Füllungen als Grundlage für die Konstruktion des Expansionsschiebers;
- β) eine Darstellung der Eröffnungskurven für den Grundschieber und der Abschlusskurven für den Expansionsschieber zum Vergleiche mit jenen anderer Steuerungen oder anderen Annahmen für dieselbe Steuerung.

α) Zur Bestimmung der relativen Kantenentfernungen ist (in Fig. 3) $M_1R = G_0E_0 = r_r$ (aus Fig. 1) unter demselben Winkel gegen die Senkrechte YY angetragen, wie G_0E_0 in Fig. 1 (also $M_1R \parallel G_0E_0$). M_1R ist dann bei der angenommenen Drehrichtung die zur Kurbelstellung im toten Punkt hinten gehörige Relativ-Exzenterstellung, der aus M_1 mit r_r beschriebene Kreis der Relativ-Exzenterkreis und RM_1Q der relative Voreilungsdurchmesser.

Dieser relative Voreilungsdurchmesser RQ (auch relative Kolbenweglinie genannt) ist in 10 gleiche Teile geteilt, der Weg von 0–0,1 dabei jeweilig noch halbiert, und durch die Teilpunkte sind mit Radien $\frac{L}{R} \cdot r_r = 5 r_r$ von Mittelpunkten auf der Verlängerung von QR aus Kreisbogen bis zu den Schnittpunkten

05 1 2 . . . 9 für den Hingang
resp. 05' 1' 2' . . . 9' für den Rückgang

beschrieben.

Ausserdem sind durch Abtragen der $\sphericalangle AM_0G_0$ und $\sphericalangle EM_0L_0$ aus Fig. 1 nach RM_100 und QM_100' in 00 und $00'$ die Stellungen des Relativ-Exzenter für den Beginn der Voreinströmung hinten und vorne konstruiert.

Die Entfernungen der Punkte $00, 0, 05, 1, 2, . . .$ und $00', 0', 05', 1', 2', . . .$ auf dem Umfange des Relativ-Exzenterkreises (Fig. 3) von dessen senkrechtem Durchmesser resp. von der Senkrechten YY geben dann die den jeweiligen Füllungen $0,00; 0,0; 0,05; 0,1; 0,2 . . .$ entsprechenden relativen Kantenentfernungen.

Es ist z. B. für eine Füllung auf der Deckelseite von 0,4 die relative Kantenentfernung aus Fig. 3 $= +k_4$, für eine solche von $0,00 = -k_{00}$, demnach die gesamte Kantenverschiebung des Expansionsschiebers für eine Füllungs-differenz von 0,00 bis 0,4 auf der Deckelseite $= k_{00} + k_4 = k_{00}^4$.

Die für eine Füllung 0,4 hinten nach einem Kolbenweg 0,2 vorhandene relative Kanaleröffnung ist dabei

$$w_4^2 = k_4 - k_2.$$

In analoger Weise bestimmen sich die relativen Kantenentfernungen k' und die relativen Eröffnungen w' für die Kurbelseite (vorne) auf dem Halbkreise Q, 05', 1', 2' . . . 9', R.

Aus Fig. 3 könnten also für bestimmte kleinste und grösste Füllungen die Kantenentfernungen und die Kantenverschiebungen für beide Kolbenseiten entnommen werden.

Man wäre jedoch nicht imstande aus Fig. 3 ohne weiteres zu ersehen, welche Verschiedenheit der Füllungen hinten und vorne, durch die endliche Länge der Pleuelstange hervorgerufen, für bestimmte Annahmen eintreten würde.

Um dies beurteilen und zugleich eine zweckmässige Korrektur anwenden zu können, sind in Fig. 5*) in einem (beliebigen) Abstände H' zwei wagerechte Parallele gezogen und auf dieselben aus Fig. 3 in 00 und 7 vorerst diese gleichbezeichneten Punkte der Fig. 3 (für den Hingang) projiziert.

Diese Punkte entsprechen der einstweilen in Aussicht genommenen kleinsten und grössten Füllung.

Sodann ist durch Verbindung der Punkte 00 und 7 in Fig. 5 eine Gerade erhalten, auf welcher die übrigen Punkte 0, 05, . . . 6 in gleicher Weise mit Hilfe der Fig. 3 bestimmt sind.

Durch die Punkte 00, 0, 1, . . . 7 (Fig. 5) sind ferner Wagerechte gezogen und auf diese die entsprechend bezeichneten Punkte aus dem Halbkreise für den Rückgang aus Fig. 3 projiziert, also z. B. 4' aus Fig. 3 auf die Wagerechte durch 4 nach 4' in Fig. 5 u. s. w.

Verbindet man diese zuletzt erhaltenen Punkte 00', 0', 05', 1' . . . 7' in Fig. 5, so entsteht eine Linie, welche fast stets mehr oder weniger von einer Geraden abweicht.

Es sei nun — nur zur weiteren Erläuterung — vorausgesetzt, dass H' z. B. der Umfangsverdrehung eines cylindrischen Ridderschiebers durch den Regulator gleichkommt, so stellt Gerade 00—7 in Fig. 5 zugleich die Schräge der Abschlusskanten auf der Deckelseite dar.

Die Entfernungen der senkrechten Parallelen resp. der Punkte 00, 0, 1, 2, . . . 7 von der Senkrechten YY geben wieder die bezüglichen Kantenentfernungen für die Deckelseite und die Entfernungen der wagerechten Parallelen untereinander gleichzeitig ein sehr angenähertes Bild über die Ausnutzung des Regulatorhubes zwischen verschiedenen Füllungen.

Es liegt nun auf der Hand, dass die gekrümmte Linie 00', 0', 1', 2' . . . 7' für den Rückgang (Kurbelseite) nicht ohne weiteres ähnliche Vergleiche gestatten wird, weil ja die Einwirkung des Expansionsschiebers bei den hier betrachteten Steuerungen stets in Verbindung mit einer Schraube resp. einer Schraubenlinie gedacht werden und die Abwicklung derselben eine gerade Linie sein muss.

Man hat sich daher statt der bisher konstruierten gekrümmten Linie 00' — 7' eine Gerade zu suchen, welche

1. in ihrer Richtung möglichst mit der gekrümmten Linie zusammenfällt und dieselbe in der Gegend der meist gebräuchlichen Füllungen (1' — 4') so schneidet, dass vor allem hier die Abweichung von der gekrümmten Linie so gering als möglich wird;
2. die oberste Wagerechte durch 00 so schneidet, dass die dadurch festgelegte (negative) relative Kantenentfernung auf der Kurbelseite für höchste Regulatorstellung noch eine solch kleine Füllung giebt, dass ein Durchgehen der Maschine im Leerlauf nicht zu befürchten ist.

Lässt sich dies nicht gut erreichen, so sind beide schräge Gerade nach oben zu verlängern, bis zu einer Wagerechten, deren Schnitt mit der schrägen Geraden für die Kurbelseite dieser Bedingung entsprechen dürfte.

In letzterem Falle nehmen aber die negativen relativen Kantenentfernungen (für die höchste Regulatorlage) verhältnismässig bedeutend zu;

3. endlich die der unbedingt verlangten grössten Füllung der Deckelseite entsprechende Wagerechte nicht in einer solchen Entfernung rechts von YY schneidet, dass auf der Kurbelseite der Expansionsschieber bei tiefster Regulatorstellung gar nicht mehr schliesst (wenn die relative Kantenentfernung grösser würde als die relative Exzentrizität), oder der Grundschieber noch nicht geschlossen hätte, wenn der Expansionsschieber wieder öffnet.

In Fig. 5 ist diese vermittelnde Gerade so gelegt, dass sie die Wagerechte durch 00 in der Entfernung des Punktes 0' von der Senkrechten YY schneidet und durch die Punkte 1' und 4' geht.

Sie trifft dann die Wagerechte durch 7 in einer Entfernung von YY, welche grösser ist als r_1 .

*) Die zwischenliegende Fig. 4 sei vorläufig noch nicht berücksichtigt.

Die Wagerechte durch 7 kann also der Maximalfüllung nicht zu Grunde gelegt werden.

Man wird sich daher jene Senkrechte bemerken, deren zugehörige relative Kantenentfernung (auf der Kurbelseite) in Rücksicht auf Wiedereröffnung gerade noch unschädlich ist (wie dies weiter unten noch näher erläutert werden wird), also hier z. B. die Senkrechte durch 7', sucht deren Schnitt mit der Steigungsgeraden für die Kurbelseite in Fig. 5 und zieht durch diesen Schnitt eine Wagerechte oder nimmt, wie in Fig. 5, die nächsthöherliegende Wagerechte durch 6 als den grössten Füllungen entsprechend.

Die kleinste Füllung wird nach diesem Vorgehen in Fig. 5

hinten 00, vorne 0,

die grösste Füllung hinten 0,6, vorne 0,7

und bei 0,1 und 0,4 sind die Füllungen auf beiden Kolbenseiten ganz gleich, bei 0,2 und 0,3 fast gleich.

Wenn ferner die Deckelseite z. B. 0,5 Füllung erhält, so findet sich die der gleichen Regulatorstellung entsprechende Füllung der Kurbelseite, indem man den Schnitt S der Steigungsgeraden für die Kurbelseite mit der Wagerechten durch 5 auf den der Kurbelseite entsprechenden Halbkreis in Fig. 3 nach S' projiziert und den Kolbenweg konstruiert, welcher dem Kurbelwinkel QM_1S' zugehört.

Gewöhnlich kann diese Füllung schon aus Fig. 5 nach der Entfernung des Schnittpunktes S zwischen den nächsten Senkrechten, hier zwischen den Senkrechten durch 5' und 6' zu 0,54 genügend genau geschätzt werden.

Es erübrigt noch, zu untersuchen, ob die relativen Kantenentfernungen für die grössten Füllungen nicht ein zu frühes Wiedereröffnen des Expansionsschiebers bewirken.

In der Regel tritt das Wiedereröffnen auf der Kurbelseite früher ein, als auf der Deckelseite, und soll die Untersuchung daher nur für erstere durchgeführt werden.

Zu dem Zwecke hat man den Schnittpunkt der Steigungsgeraden für die Kurbelseite mit der Wagerechten für die grösste Füllung (durch 6) auf den der Kurbelseite entsprechenden Halbkreis $Q5'R$ in Fig. 3 nach 7' zu projizieren. Durch den $\sphericalangle QM_17'$ resp. den zugehörigen Kolbenweg ist die Maximalfüllung auf der Kurbelseite gefunden.*)

Wird nun die Senkrechte durch 7' in Fig. 3 verlängert bis zum zweiten Schnittpunkte VII mit dem Relativ-Exzenterkreis, so stellt $\sphericalangle QM_1VII$ den Kurbelwinkel auf der Kurbelseite dar, bei welchem das Wiedereröffnen des Expansionsschiebers beginnt.

Dieser Winkel muss dann grösser sein, als $\sphericalangle LMF$ in Fig. 1, nach welchem der Grundschieber auf der Kurbelseite schliesst.

Die Untersuchung auf der Deckelseite ist ähnlich.

Die Figuren 1, 2, 3 und 5 genügen nun vollständig zur genauen Konstruktion einer brauchbaren Steuerung unter der Voraussetzung, dass die Annahme der Relativ- und der Expansions-Exzentrizität nach bewährten Beispielen geschieht.

Für die Konstruktion der Steuerung sind dann aus Fig. 5 zu entnehmen:

1. die relativen Kantenentfernungen für die grössten Füllungen, bei dem hier durchgeführten Beispiele auf der Wagerechten durch 6 mit k_6 und $k'_{7'}$;
2. jene für die kleinsten Füllungen auf der Wagerechten durch 00 mit k_{00} und $k'_{0'}$ (beide negativ);
3. die jeweilig zusammengehörigen Summen derselben (absolut gerechnet) k_{00}^6 und $k'_{0'}{7'}$, als die für die Steigung der Schraubenlinien massgebenden relativen Kantenverschiebungen zwischen höchster und tiefster Regulatorstellung;
4. die relative Kantenentfernung k_0^6 (hinten), welche bei tiefster Regulatorlage (grösster Füllung) vorhanden sein muss, wenn die Kurbel im toten Punkte hinten steht.

Die Kenntnis dieser Kantenentfernung ist, wie später erläutert werden wird, für die leichte Einstellung der Steuerung erwünscht. k_0^6 setzt sich zusammen aus der relativen Kantenentfernung k_6 und dem relativen Schieberweg k_0 , welcher während der Zeit zurückgelegt wird, welche vergeht von der Kurbellage im toten Punkte auf der Deckelseite bis zur relativen Mittellage der Schieber.

Die Entfernungen der Wagerechten durch 00, 0, 05, 1, . . . 6, 7 untereinander (Fig. 5) geben, wie schon bemerkt, ein anschauliches Bild über das Verhältnis der Verdrehungswinkel und angenähert auch der Teile des Regulatorhubes zwischen den verschiedenen Füllungen.

*) Eine Nebenuntersuchung wäre noch, ob diese Maximalfüllung resp. die auf der Deckelseite (insbesondere bei grosser Voreilung) nicht grösser wird, als die jeweilige Füllung des Grundschiebers.

Man sieht ohne weiteres, dass in dem betrachteten Falle, z. B. zwischen 0 resp. 00 und 1, der Regulatorhub schon ungefähr zu einem Drittel ausgenutzt ist, dass jedoch für ähnliche Füllungs-differenzen in tieferen Regulatorlagen die Verdrehungen weit geringer sind.

Ein unverhältnismässig grosser Teil des Regulatorhubes wird demnach schon ausgenutzt zwischen solch' geringen Füllungen, wie dieselben im allgemeinen bei der normalen Leistung von Dampfmaschinen gar nicht auftreten.

Zuweilen findet man daher auch bei grösseren Maschinen die Einwirkung der Expansionssteuerung erst von ca. 0,1 Füllung an. Für geringere Belastung, als sie dieser Füllung entsprechen, geschieht dabei die Regulierung durch ein Drosselventil, welches meist von dem einen vorhandenen Regulator gleichzeitig beeinflusst wird.

Dadurch tritt dann eine viel geringere relative Kantenverschiebung auf, und es können kleinere Verdrehungswinkel oder (beim Riderschieber) weniger schräge Kanten gewählt werden.

β) Eine Darstellung der Eröffnungs- und Schlusskurven einer Expansionsschiebersteuerung kann bei Anordnung der Figuren nach Tafel I nunmehr ganz nebenbei erhalten werden.

Es ist in Fig. 2 nur der leichteren Übersicht wegen das Diagramm des Grundschiebers mit Weglassung der inneren Deckungen nochmals gezeichnet.

Der Voreilungsdurchmesser G_0L_0 ist dem relativen Voreilungsdurchmesser RQ der Fig. 3 entsprechend geteilt und durch die Teilpunkte sind mit $\frac{L}{R} \cdot r_g = 5 r_g$ Kreise aus Mittelpunkten auf der Voreilungsrichtung bis zu den Schnittpunkten 0, 05, 1 . . . 9, für die Deckelseite und 0', 05', 1' . . . 9' für die Kurbelseite gezogen.

Die Punkte A und E resp. 00 und 00' bezeichnen ferner in Übereinstimmung mit Fig. 1 die Grund-Exzenterstellungen für den Beginn der Voreinströmung auf der Deckel- und auf der Kurbelseite.

Für die Kolbenwege 0,00; 0,0; 0,05; 0,1; 0,2; . . . können die jeweiligen Kanaleröffnungen durch den Grundschieber auf der Deckelseite aus dem Kreisabschnitte A 5 B, auf der Kurbelseite aus jenem E 5' F als die Entfernungen der Peripheriepunkte 00, 0, 05, 1, 2, . . . resp. 00', 0', 05', 1', 2', . . . von den Deckungskanten AB und EF entnommen werden.

Diese Kreisabschnitte A5B und E5'F sind leicht an beliebigen Ort zu übertragen und können am einfachsten mit der Abschlusskurve der Expansionssteuerung kombiniert werden, wenn diese als die Verbindungslinie der Punkte konstruiert wird, welche durch den Schnitt der Wagerechten durch 00, 0, 05, 1, 2, . . . resp. 00', 0', 05', 1', 2', . . . in Fig. 2 mit den Senkrechten durch die gleichbezeichneten Punkte der Fig. 3 entstehen.

Als diese Verbindungslinie erscheint in Fig. 4 eine ellipsenähnliche Kurve 00, 0, 1, . . . 9, 00', 0', 1', . . . 9', welche hier kurz als Ellipse bezeichnet werde.

Der ausgezogene Teil derselben entspricht der Deckelseite (dem Kolbenhingange), der punktierte Teil der Kurbelseite (dem Kolbenrückgange).

In dieser Ellipse stellen nun die Entfernungen der Punkte 5, 4, 3, 2, 1, . . . resp. 5', 4', 3', 2', 1', . . . von der Senkrechten YY, wie aus Vergleich mit Fig. 3 ohne weiteres einzusehen ist, die relativen Kantenentfernungen für eine Füllung von 0,5; 0,4; 0,3; 0,2; 0,1 . . . dar.

Die wagerechte Entfernung z. B. des Punktes 4 von der Senkrechten durch Punkt 2 als die Differenz der betr. relativen Kantenentfernungen giebt somit auch in Fig. 4 in w_4^2 die relative Kanaleröffnung nach einem Kolbenweg von 0,2 bei einer Füllung des Expansionsschiebers von 0,4.

Denkt man sich daher den Kreisabschnitt A5B aus Fig. 3 für eine bestimmte Füllung des Expansionsschiebers, z. B. 0,3, so nach Fig. 4 verlegt, dass AB in die Senkrechte durch 3 fällt, so erhält man in der schraffierten Fläche*) ein Bild der resultierenden Schieberöffnungen, und treten dabei letztere als jene Teile der Wagerechten durch 0, 05, 1, 2, 3, . . . auf, welche durch den Umfang der schraffierten Fläche (Öffnungsfläche) begrenzt werden.

Für die Kurbelseite ist die Konstruktion der Öffnungsfläche ganz analog, und ist nur zu beachten, dass in der Regel bei grösseren Füllungen die der Deckungskante EF im Abstände der Kanalweite gezogene Parallele (1' 4' in Fig. 2) auch in Fig. 4 berücksichtigt wird, sofern die Kanalweite auf dieser Seite nicht grösser angenommen ist.

Die Übertragung der Kreisabschnitte A5B resp. E5'F aus Fig. 2 nach Fig. 4 geschieht am zweckmässigsten, indem man durch die Schnittpunkte der Wagerechten durch A und E mit den Senkrechten für die betr. Füllung, z. B. jenen durch 3 resp. 3', je einen Kreis mit einem Radius r_g beschreibt, dessen Mittelpunkt auf der Wagerechten durch M_0 (XX) liegt.

*) Die Voreinströmung ist dabei dichter schraffiert angedeutet.

Auf diese Weise können die Öffnungsflächen für verschiedene Füllungen leicht und rasch erhalten werden, wie dies in Fig. 4 angedeutet ist.

Es sei hier noch bemerkt, dass die Ellipse der Fig. 4 die wagerechten Tangenten mit dem Grund-Exzenterkreis der Fig. 2, die senkrechten Tangenten mit dem Relativ-Exzenterkreis der Fig. 3 gemeinsam hat.

Die Energie des Abschlusses kann nach Fig. 4 vergleichsweise beurteilt werden nach der Grösse des Kolbenweges vom Beginne bis Ende des Abschlusses und des Winkels, den die Ellipse mit der Senkrechten für die betr. Füllung einschliesst.

ANMERKUNG. Die Steuerung ist in Bezug auf raschen Abschluss um so besser, je grösser die Differenzen (w) der relativen Kantenentfernungen werden.

Man sieht sofort aus Fig. 3, dass sich z. B. die Grösse von w_1^2 sehr wenig ändern wird, wenn δ' in engeren Grenzen verschieden angenommen wird, dass vielmehr dieselbe hauptsächlich von der Grösse der Relativ-Exzentrizität abhängt.

Schneidet der Espansionsschieber mit 2 (oder mehr) Kanten ab, so ist dies in der Schieberöffnungsfläche leicht zu berücksichtigen, indem man, Fig. 6, eine Parallele im Abstände der Kanalweite a_1 (des Grundschiebers nach dem Espansionsschieber) zu der betr. Senkrechten für die Füllung zieht. Der Schnittpunkt dieser Parallelen mit der Ellipse giebt die Lage der Wagerechten, bei welcher mit dem Zuschieben der Einlasskanäle begonnen wird.

Bis zu diesem Punkte ist also eine Öffnung $s = 2a_1$ (resp. na_1) für den Espansionsschieber vorhanden.

Der letztere schliesst dann in der Weise, dass für einen beliebigen Punkt der Ellipse eine Öffnung $= 2$ mal (resp. n mal) so gross als in Fig. 4 nach dem Grundschieber hin frei ist.

Aus Fig. 4 lässt sich weiter sofort erkennen, ob bei der in Aussicht genommenen grössten Füllung des Espansionsschiebers der Grundschieber bereits geschlossen hat, wenn ersterer wieder öffnet.

Zu dem Zwecke hat man nur die Punkte B und F auf dem Grund-Exzenterkreis der Fig. 2, welche dem Abschlusse durch den Grundschieber auf der Deckel- und Kurbelseite entsprechen, auf die Ellipse nach B' und F' zu projizieren, sodass sie zwischen dieselben gleichbezeichneten Punkte 8 und 9 resp. 8' und 9' wie in Fig. 2 fallen.

Sind nun z. B. 6 resp. 7' die Ellipsenpunkte für die grössten Füllungen, so hat man sich die zweiten Schnittpunkte der Senkrechten durch 6 und 7' mit der Ellipse zu bemerken. Bei diesen zweiten Schnittpunkten tritt nämlich im Verfolge der Ellipse das Wiederöffnen durch den Espansionsschieber ein und müssen dieselben daher in der Bewegungsrichtung später fallen als B' resp. F', wenn die angenommenen grössten Füllungen sollen beibehalten werden können.

Andernfalls wären die Maximalfüllungen zu verringern.

Die Figuren 2, 3 und 4 liessen sich natürlich auch in eine einzige vereinigen; doch setzt dies einige Übung in dem Verfahren voraus.

§ 17.

Günstigste Voreilung des Relativ-Exzenters.

Bevor zur tabellarischen Behandlung der Espansionsschiebersteuerungen übergegangen wird, soll versucht werden, durch einige Rechnungen noch weitere Anhaltspunkte über die zweckmässigsten Annahmen und den Einfluss von Abweichungen hiervon zu gewinnen.

Es sei nun angenommen, dass der Espansionsschieber bei einer dem Kurbelwinkel φ entsprechenden Füllung abschliesse.

Die relative Kanaleröffnung, welche dann nach einem dem Kurbelwinkel φ_1 zugehörigen Kolbenwege vorhanden ist, beträgt nach Gleichung (31)

$$w = r_r \left[\sin(\varphi - \delta') - \sin(\varphi_1 - \delta') \right] \dots \dots \dots (31)$$

Dieselbe wächst also nach dieser Gleichung mit der Relativ-Exzentrizität.

Es lässt sich nun erwarten, dass es für konstantes r_r einen von φ und φ_1 abhängigen Wert von δ' giebt, für welchen w ein Maximum wird. Um diesen δ' zu finden, differenziert man Gleichung (31) und erhält

$$\frac{d w}{d \delta'} = r_r \cdot \left[-\cos(\varphi - \delta') + \cos(\varphi_1 - \delta') \right] \dots \dots \dots (35)$$

Setzt man $\frac{d w}{d \delta'} = 0$, so wird

$$\cos(\varphi - \delta') = \cos(\varphi_1 - \delta')$$

und $\varphi - \delta' = \pm(\varphi_1 - \delta')$

Zur Bestimmung von δ' kann nur das negative Vorzeichen der rechten Seite dieser Gleichung in Betracht kommen; daher

$$\delta' = \frac{\varphi + \varphi_1}{2} \dots \dots \dots (36)$$

Aus Gleichung (35) wird ferner

$$\frac{d^2 w}{d \delta'^2} = r_r [\sin(\varphi_1 - \delta') - \sin(\varphi - \delta')]$$

Mit dem Werte für δ' aus Gleichung (36) verbunden:

$$\frac{d^2 w}{d \delta'^2} = -2 \cdot r_r \cdot \sin\left(\frac{\varphi - \varphi_1}{2}\right)$$

Da φ naturgemäss stets grösser als φ_1 und kleiner als 180° , so wird $\frac{d^2 w}{d \delta'^2}$ stets negativ, also w für den Wert $\delta' = \frac{\varphi + \varphi_1}{2}$ ein Maximum.

Für bestimmte (normale) Füllungen $\frac{S_e}{s}$, den Kurbelwinkeln φ_h entsprechend, sind nun für verschiedene Kolbenwege resp. für die zugehörigen Kurbelwinkel φ_{1h} die günstigsten Winkel δ' aus Gleichung (36) in nachfolgender Tabelle zusammengestellt.

Tabelle über günstigste Winkel δ' . (Deckelseite.)

Füllung $\frac{S_e}{s}$	φ_h	Kolbenweg	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	δ' im Mittel
		φ_{1h}	23,7°	33,9°	41,8°	48,9°	55,4°	61,5°	67,3°	
0,15	41,8°	—	32,8°	37,9°	—	—	—	—	—	35,3°
0,20	48,9°	—	36,3°	41,4°	45,4°	—	—	—	—	41,0°
0,25	55,4°	—	—	44,7°	48,6°	52,2°	—	—	—	48,5°
0,30	61,5°	—	—	—	51,7°	55,2°	58,5°	—	—	55,1°
0,35	67,3°	—	—	—	—	58,1°	61,4°	64,4°	—	61,3°
0,40	73,0°	—	—	—	—	—	64,2°	67,3°	70,2°	67,2°

Für die Kurbelseite werden die günstigsten Werte für φ etwas grösser.

Da jedoch bei den meist gebräuchlichen Füllungen die relative Kanaleröffnung vorne stets grösser als hinten ist und wie in folgendem gezeigt wird, eine geringe Abweichung von dem günstigsten Werte für δ' fast keinen Einfluss hat, so sollen die für die Deckelseite erhaltenen Werte als genügende Anhaltspunkte dienen.

§ 18.

Einfluss einer Veränderung des Voreilungswinkels des Relativ-Exzenters resp. des φ .

Nach Gleichung (31) ändert sich die Grösse w der relativen Kanaleröffnung bei konstanter Relativ-Exzentrizität r_r mit dem φ .

Darnach mögen die Beziehungen bestehen:

$$w_2 = r_r [\sin(\varphi - \delta'') - \sin(\varphi_1 - \delta'')]$$

$$w_1 = r_r [\sin(\varphi - \delta') - \sin(\varphi_1 - \delta')]$$

Daraus

$$\frac{w_2}{w_1} = \frac{\sin(\varphi - \delta'') - \sin(\varphi_1 - \delta'')}{\sin(\varphi - \delta') - \sin(\varphi_1 - \delta')} \\ = \frac{\cos\left(\frac{\varphi + \varphi_1}{2} - \delta''\right)}{\cos\left(\frac{\varphi + \varphi_1}{2} - \delta'\right)} \dots \dots \dots (37)$$

Diese Gleichung mit Gleichung (36) kombiniert, giebt

$$\frac{w_2}{w_{\max.}} = \cos(\delta' - \delta'') \dots \dots \dots (38)$$

Setzt man z. B. $\delta' - \delta'' = \pm 10^\circ$, so

$$\frac{w_2}{w_{\max.}} = 0,985$$

oder $\delta' - \delta'' = \pm 20^\circ$, so

$$\frac{w_2}{w_{\max.}} = 0,94.$$

Bei Veränderung des δ' um $10-20^\circ$ gegen seinen günstigsten Wert werden demnach die relativen Kanaleröffnungen nur in sehr geringem Masse beeinflusst.

In Rücksicht darauf, dass die grösseren Werte von δ' aus der Tabelle auf Seite 27 eine gegenüber der Grund-Exzentrizität verhältnismässig grosse Expansions-Exzentrizität bedingen würden und für normale Maschinen die Steuerungen nicht für eine einzige normale Füllung auszuführen sind, werden bei der nachfolgenden Berechnung der Tabellen für Expansions-Schiebersteuerungen Winkel δ' von 46° bis 35° zu Grunde gelegt. Die grösseren Winkel δ' entsprechen dabei den kleineren Voreilungswinkeln δ_g des Grund-Exzenters (bei Auspuffmaschinen und Hochdruckcylinder von Mehrfach-Expansionsmaschinen), da bei diesen gewöhnlich eine grössere normale Füllung nötig ist, als bei grösserer Voreilung des Grund-Exzenters (Eincylinder-Kondensationsmaschinen).

§ 19.

Grösse der Expansions- und der Relativ-Exzentrizität.

Die Gleichung (31)

$$w = r_r [\sin(\varphi - \delta') - \sin(\varphi_1 - \delta')],$$

welche die Anhaltspunkte über den Wert verschiedener Annahmen für δ' und r_r giebt, würde darauf hinweisen, ausser den δ' nach obigen Ausführungen die Relativ-Exzentrizität r_r möglichst gross zu wählen, weil sie viel mehr ausschlaggebend ist, als δ' .

Da nun aber (siehe Fig. 18) der Voreilungswinkel δ_g und die Grösse r_g der Grund-Exzentrizität, sowie der δ' resp. die Richtung des Relativ-Exzenters, letztere wenigstens annähernd fest liegt, so hat eine Vergrösserung von r_r auch eine solche von r_e zur Folge.

Die Grösse von r_r beeinflusst die Kantenentfernungen resp. die Kantenverschiebungen in bestimmten Füllungsgrenzen und damit die Länge des Expansionsschiebers und in Verbindung mit der Grösse von r_e die notwendige Länge des Schieberkastens.

Man wird deshalb r_r schon in Rücksicht auf die Dimensionen der Steuerung und zuweilen auf die Länge des Cylinders nicht übermässig gross nehmen.

r_e macht man ausserdem nicht gerne zu sehr verschieden von r_g , in der Regel

$$r_e = r_g \text{ bis } 1,3 r_g.$$

Die Grösse der Relativ-Exzentrizität findet man zu $r_r = r_g$ empfohlen.

Für kleine Werte von δ_g ist dieser Wert von r_r gut brauchbar. Da aber für grössere Voreilung des Grund-Exzenters dessen Exzentrizität r_g , wie aus den Tabellen IV und V zu ersehen, im Verhältnis zur Kanalweite a sehr rasch wächst, so weist dies schon darauf hin, dass die Relativ-Exzentrizität r_r nicht im Verhältnis zur Grund-Exzentrizität r_g , sondern zur Kanalweite a angenommen werden sollte.

In der That muss ja auch die Wirkung einer Steuerung in Bezug auf Drosselung während der Admissionsperiode aus dem Verhältnisse der jeweiligen relativen Kanaleröffnung w zur Kanalweite a beurteilt werden und soll daher in folgendem r_r stets durch das Verhältnis $\frac{r_r}{a}$ gewählt werden.

Um nun über die zweckmässigsten Annahmen von $\frac{r_r}{a}$ resp. über die Grenzen derselben entscheiden zu können, denke man sich als bestimmende Grundlage in Anlehnung an praktisch erprobte Verhältnisse für einen Voreilungswinkel des Grund-Exzentrers von $\delta_g = 27^\circ$ und einen nach Tabelle Seite 27 für 20–25% Füllung günstigsten Wert von $\delta' \approx 45^\circ$ wie üblich $r_r = r_g$ gewählt.

Dann ist in dem gleichschenkligen Exzenterdreieck Fig. 21

$$\sphericalangle MGE = 27^\circ + 45^\circ = 72^\circ$$

$$\text{und } \sphericalangle GME = \sphericalangle MEG = 54^\circ$$

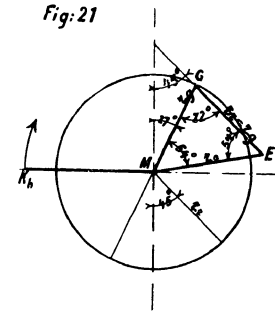
Daher:
$$\frac{r_e}{r_g} = \frac{\sin 72^\circ}{\sin 54^\circ} = 1,175.$$

Nach Tabelle IV ist nun für $v_h = 0,2 a$

$$r_g = 1,47 a$$

also wird
$$\frac{r_r}{a} = \frac{r_g}{a} = 1,47$$

und sei hierfür
$$\frac{r_r}{a} = 1,5 \text{ abgerundet.}$$



Es soll nun für eine andere Steuerung, welche einen von $\delta_g = 27^\circ$ sehr verschiedenen Voreilungswinkel des Grund-Exzentrers hat, die Relativ-Exzentrizität so bestimmt werden, dass bei bestimmten Kolbenstellungen für bestimmte Füllungen der Quotient $\frac{w}{a}$ jeweilig von gleicher Grösse ist, wie bei der zuerst betrachteten Steuerung.

Für diese zweite Steuerung nehmen wir den Voreilungswinkel des Grund-Exzentrers mit $\delta_g = 45^\circ$ an, und dürfte dies ungefähr dem Maximum des Voreilungswinkels bei derartigen Steuerungen entsprechen, wie er z. B. bei Eincylinder-Kondensationsmaschinen vorkommt.

Bei diesen Maschinen kann dann nach Tabelle Seite 27 für die geringen normalen Füllungen der Supplementswinkel δ'' des relativen Voreilungswinkels zu $\approx 35^\circ$ gewählt werden.

Nach Gleichung (31) ist nun

$$\frac{w'}{a'} = \frac{r_r'}{a'} \cdot [\sin(\varphi - \delta') - \sin(\varphi_1 - \delta')] \dots \dots \dots (39)$$

$$\frac{w''}{a''} = \frac{r_r''}{a''} \cdot [\sin(\varphi - \delta'') - \sin(\varphi_1 - \delta'')] \dots \dots \dots (40)$$

Da wir $\frac{w'}{a'} = \frac{w''}{a''}$ vorausgesetzt, muss

$$\frac{r_r''}{a''} = \frac{r_r'}{a'} \cdot \frac{\sin(\varphi - \delta') - \sin(\varphi_1 - \delta')}{\sin(\varphi - \delta'') - \sin(\varphi_1 - \delta'')}$$

$$\frac{r_r''}{a''} = \frac{r_r'}{a'} \cdot \frac{\cos\left(\frac{\varphi + \varphi_1 - \delta'}{2}\right)}{\cos\left(\frac{\varphi + \varphi_1 - \delta''}{2}\right)} \dots \dots \dots (41)$$

Nun war
$$\frac{r_r'}{a'} = 1,5 \text{ und}$$

$$\delta' = 45^\circ$$

$$\delta'' = 35^\circ,$$

sodass aus Gleichung (41)

$$\frac{r_r''}{a''} = 1,5 \cdot \frac{\cos\left(\frac{\varphi + \varphi_1}{2} - 45^\circ\right)}{\cos\left(\frac{\varphi + \varphi_1}{2} - 35^\circ\right)} \dots \dots \dots (42)$$

Aus dieser Gleichung ist in nachfolgender Tabelle das Verhältnis $\frac{r_r''}{a''}$ für verschiedene Werte von $\varphi + \varphi_1$ auf der Deckseite berechnet.

Füllung $\frac{se}{s}$	$\sphericalangle \varphi_h$	Kolbenweg	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	$\frac{r_r''}{a''}$ im Mittel
		$\sphericalangle \varphi_{1h}$	23,7°	33,9°	41,8°	48,9°	55,4°	61,5°	67,3°	
0,15	41,8°	—	1,47	1,49	—	—	—	—	—	1,48
0,20	48,9°	—	1,48	1,51	1,52	—	—	—	—	1,51
0,25	55,4°	—	—	1,52	1,54	1,56	—	—	—	1,54
0,30	61,5°	—	—	—	1,55	1,57	1,59	—	—	1,57
0,35	67,3°	—	—	—	—	1,59	1,61	1,63	—	1,61
0,40	73,0°	—	—	—	—	—	1,62	1,64	1,66	1,64

Die Tabelle zeigt, dass bei einer Veränderung des Voreilungswinkels des Grund-Exzentrers von 27° auf 45° und bei kleineren normalen Füllungen das Verhältnis $\frac{r_r}{a} = 1,5$ beibehalten werden kann.

Für grössere Füllungen empfiehlt es sich, bei grösserem Voreilungswinkel des Grund-Exzentrers $\frac{r_r}{a} = 1,6$ zu nehmen.

Dieser Vergleichsrechnung entsprechend kann nunmehr

$$\frac{r_r}{a} = 1,5 \text{ bis } 1,6$$

als **konstant** für alle Steuerungen angenommen werden.

Schon die Betrachtung der Gleichung (41) führt zu diesem Resultate; denn wird dort $\sphericalangle \delta'' = \sphericalangle \delta'$ gesetzt, so bleibt

$$\frac{r_r''}{a''} = \frac{r_r'}{a'}$$

und nach Gleichung (38) hat dann eine Änderung des $\sphericalangle \delta'$ um ca. 10° (von 45° in 35°) fast gar keinen Einfluss.

Es soll hier noch die Expansions-Exzentrizität r_e für eine Relativ-Exzentrizität $r_r = 1,6$ a bei einer Voreilung des Grund-Exzentrers von $\delta_g = 45^\circ$ berechnet werden.

Nach Tabelle IV ist für $v_h = 0,2$ a

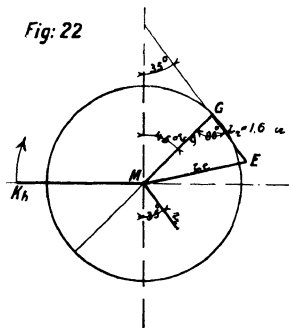
$$r_g = 2,72 \text{ a,}$$

und da oben für $\sphericalangle \delta_g = 45^\circ$ der $\sphericalangle \delta' = 35^\circ$ angenommen wurde, so ergibt sich nach Fig. 22

$$r_e = \sqrt{r_g^2 + r_r^2 - 2r_g r_r \cos 80^\circ}; \text{ hieraus}$$

$$r_e = 2,9 \text{ a} = 1,07 r_g.$$

Die Expansions-Exzentrizität r_e ist also (gegenüber jener $r_e = 1,175 r_g$ bei einem Voreilungswinkel des Grund-Exzentrers $\delta_g = 27^\circ$) kleiner geworden, und ist dies bei der ohnedies verhältnismässig grösseren Grund-Exzentrizität (2,72 a gegen 1,47 a) aus Konstruktionsrücksichten ganz erwünscht.



Im Sinne dieser Vergleichsrechnungen sind nun für lineare Voreilungen des Grundschiebers von $v_h = 0,2$ a resp. $v_h = 0,3$ a die **Tabellen XI und XII** gewonnen.

Es sind dabei aus den Tabellen IV und V die Voreilungswinkel des Grund-Exzentrers von $\delta_g = 25^\circ$ resp. $25,7^\circ$ bis $\delta_g = 45,2^\circ$ resp. $46,3^\circ$ und die zugehörigen Werte für $\frac{r_g}{a}$ entnommen, die Winkel δ' im Verhältnis der Voreilungswinkel des Grund-Exzentrers zwischen $46,0^\circ$ und $34,8^\circ$ und $\frac{r_r}{a}$ zwischen 1,49 und 1,6 gewählt.

Nach diesen Annahmen können die Grössen δ_e , $\frac{r_e}{a}$, $\frac{r_r}{r_g}$ und $\frac{r_e}{r_g}$ berechnet werden.

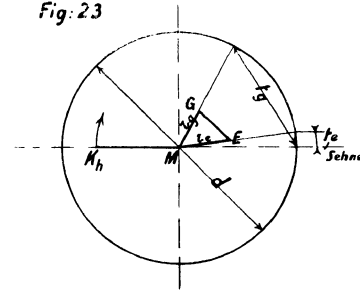
Bei der Benutzung dieser Tabellen sind zu einem bestimmten δ_g zu entnehmen: δ_e , δ' und $\frac{r_r}{r_g}$ sowie $\frac{r_e}{r_g}$. Letztere Verhältniszahlen sind zweckmässiger als $\frac{r_r}{a}$ und $\frac{r_e}{a}$, weil zuweilen r_g etwas abgerundet werden dürfte und darnach zur genauen Rechnung alles auf r_r zu beziehen ist. r_r kann stets auf 0,5 mm abgerundet werden. Wenn die Exzenter für Grund- und Expansionschieber nicht zusammengegossen, ist auch dies nicht nötig.

Da die Differenzen zwischen den Werten für δ' resp. r_r bei den aufeinanderfolgenden Werten für δ_g sehr gering werden, so sind dieselben nicht durchweg gleich resp. entsprechend den Differenzen der Winkel δ_g , sondern mehr in Rücksicht auf abgerundete Werte gehalten.

Die ganz gesetzmässige Aufeinanderfolge der einzelnen Werte leidet darunter nur unbedeutend.

Den Tabellen ist noch eine senkrechte Spalte für die Werte $\frac{t_e}{d}$ angefügt, aus welcher zu der Exzenterbohrung d die Sehne t_e (Fig. 23) für das Aufkeilen des Expansions-Exzenters gefunden werden kann.

Fig. 23



Endlich sind in **Tabelle XIII** für die verschiedenen Winkel δ' der Tabellen XI und XII die Verhältniszahlen der relativen Kantenentfernungen zur Relativ-Exzentrizität $\frac{k}{r_r} = \sin(\varphi - \delta')$ nach den Gleichungen (29) und (30) für Kolbenwege von 0 bis 0,80 für Deckel- und Kurbelseite berechnet.

In den senkrechten Spalten 2 und 3 sind jene $\frac{k}{r_r}$ angefügt, welche vorhanden sein müssen, damit bei höchster Regulatorstellung der Expansionschieber hinten schon bei Beginn der jeweiligen Voreinströmung (linear $v_h = 0,3 a$ resp. $v_h = 0,2 a$) abschliesst.

Die Spalten 15 und 16 geben dabei die relativen Kantenentfernungen, welche dem Abschlusse des Expansionschiebers bei Beginn jener Voreinströmung zukommen, die den Deckungen e_v' aus den Tabellen IV und V für die Kurbelseite entsprechen.

Für die Kurbelseite sind in jeder wagerechten Spalte 2 Zahlenreihen aufgeführt.

Die obere gibt die berechneten Resultate, die untere jene, welche (zeichnerisch) in ähnlicher Weise, wie in § 16 erläutert, so ermittelt sind, dass auf beiden Kolbenseiten möglichst gleiche Füllungen wenigstens in der Gegend der gebräuchlichsten Füllungen eintreten.

Die Füllung auf der Deckelseite ist jener auf der Kurbelseite dann gleich, wenn in der betr. senkrechten Spalte die beiden Zahlen der wagerechten Spalte gleich sind, also z. B. für $\delta' = 43,2^\circ$ in wagerechter Spalte 7 sind gleiche Füllungen bei 0,15 und 0,30, fast gleiche Füllungen bei 0,10, 0,20 und 0,40.

Weichen für eine senkrechte Spalte, z. B. Spalte 24, die beiden Zahlen einer wagerechten Spalte, z. B. der Spalte 6, voneinander ab (0,790 und 0,840), so tritt, wenn der Expansionschieber auf der Deckelseite 0,50 Füllung giebt, der Abschluss auf der Kurbelseite bei Benutzung der unteren Zahlenreihe dann ein, wenn $\frac{k}{r_r} = 0,84$ ist.

Aus der oberen Zahlenreihe ist

$$\text{für } 0,5 \text{ Füllung } \frac{k}{r_r} = 0,79$$

$$\text{für } 0,6 \text{ Füllung } \frac{k}{r_r} = 0,894.$$

Folglich wird auf der Kurbelseite entsprechend $\frac{k}{r_r} = 0,84$ eine Füllung von ca. 0,55 vorhanden sein.

Die unteren Zahlenreihen sind sämtlich so bestimmt, dass (bei höchster Regulatorstellung) für den Abschluss des Expansionschiebers auf der Deckelseite bei Beginn einer Voreinströmung, welche einer linearen Voreilung von $v_h = 0,2 a$ entspricht, derselbe auf der Kurbelseite grade im toten Punkte schliesst.

Daher sind in der senkrechten Spalte 16 die unteren Werte der wagerechten Spalten gleich den oberen Werten derselben wagerechten Spalten in der senkrechten Spalte 17.

Nach den Gleichungen (33) und (34) kann aus der Differenz der relativen Kantenentfernungen die jeweilige relative Kanaleröffnung gefunden werden, und zwar ist

$$\frac{w}{r_r} = \frac{k}{r_r} - \frac{k_1}{r_r}.$$

Bei einem $\sphericalangle \delta' = 40,4^\circ$ und einer Füllung durch den Expansionsschieber = 0,30 ist z. B. die relative Kanaleröffnung nach einem Kolbenwege = 0,15 auf der Deckelseite aus der wagerechten Spalte 14 und den senkrechten Spalten 7 und 9

$$w = (0,359 - 0,024) r_r = 0,335 r_r.$$

Ähnlich ist die Bestimmung von w' für die Kurbelseite aus den oberen Werten der wagerechten Spalten. (Die unteren Werte geben eine nicht in Betracht kommende Abweichung hiervon.)

Damit aus $\frac{w}{r_r}$ sofort auf $\frac{w}{a}$ geschlossen werden kann, also ein direkter Vergleich der relativen Kanaleröffnungen mit der Kanalweite des Grundschiebers ermöglicht ist, sind in der senkrechten Spalte 28 die den Winkeln δ' entsprechenden Werte von $\frac{r_r}{a}$ aus den Tabellen XI und XII beigeetzt.

Um zu sehen, ob das Verhältnis der relativen Kanaleröffnung w zur Kanalweite a für gleiche Füllungen durchschnittlich dasselbe ist, seien für verschiedene Winkel δ' aus Tabelle XIII die Werte von w berechnet.

Z. B.:	$\delta' = 45,0^\circ;$	$\delta' = 35,2^\circ;$
	$\frac{k_{30}}{r_r} = 0,284;$	$\frac{k_{30}}{r_r} = 0,444;$
	$\frac{k_{15}}{r_r} = 0,055;$	$\frac{k_{15}}{r_r} = 0,115;$
	$w_{30}^{15} = 0,339 r_r;$	$w_{30}^{15} = 0,329 r_r;$
	$\frac{r_r}{a} = 1,5;$	$\frac{r_r}{a} = 1,6;$
folglich	$w_{30}^{15} = 0,509 a;$	$w_{30}^{15} = 0,526 a;$
ferner	$\delta' = 44,0^\circ;$	$\delta' = 34,8^\circ;$
	$\frac{k_{40}}{r_r} = 0,485;$	$\frac{k_{40}}{r_r} = 0,618;$
	$\frac{k_{30}}{r_r} = 0,301;$	$\frac{k_{30}}{r_r} = 0,449;$
	$w_{40}^{30} = 0,184 r_r;$	$w_{40}^{30} = 0,169 r_r;$
	$\frac{r_r}{a} = 1,51;$	$\frac{r_r}{a} = 1,6;$
folglich	$w_{40}^{30} = 0,279 a;$	$w_{40}^{30} = 0,270 a.$

Weitere ähnliche Rechnungen beweisen, dass die Benutzung der Tabelle XIII der Voraussetzung gemäss für die verschiedenen $\sphericalangle \delta'$ fast gleichwertige Steuerungen in Bezug auf Dampfeintritt ergibt.

Zur Bestimmung einer Expansionssteuerung hat man nun folgendermassen vorzugehen.

Die Daten für den Grundschieber seien aus den Tabellen auf bekannte Weise gewonnen.

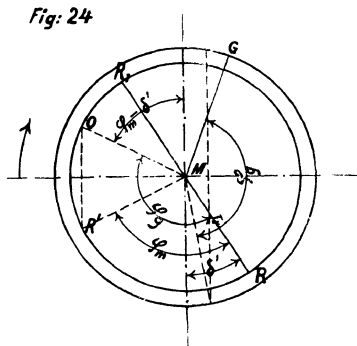
Zu dem Voreilungswinkel δ_g des Grund-Exzenters hat man sich, je nachdem $v_h = 0,2 a$ oder $v_h = 0,3 a$ angenommen wurde, aus Tabelle XI oder XII

$$\delta_e, \delta', \frac{r_r}{r_g}, \frac{r_e}{r_g} \text{ und } \frac{t_e}{d} \text{ zu notieren.}$$

Mit $\sphericalangle \delta'$ sind dann aus Tabelle XIII die relativen Kantenentfernungen für die kleinste und die grösste Füllung ($k_{\min.}$ und $k_{\max.}$) resp. deren Summe für die Deckel- und für die Kurbelseite, ferner jene Kantenentfernung für die Deckelseite zu entnehmen, welche vorhanden ist, wenn bei grösster Füllung die Kurbel im toten Punkte hinten steht ($k_0^{\max.} = k_0 + k_{\max.}$).

Hiernach ist die Steuerung bestimmt.

Wiedereröffnung durch den Expansionsschieber.



In Fig. 24 sei MR die Richtung und Grösse der Relativ-Exzentrizität, RR_1 der relative Voreilungsdurchmesser,
 $\sphericalangle RMR' = \sphericalangle \varphi_m$ der Kurbelwinkel, für dessen zugehörige relative Kantenentfernung das Wiedereröffnen durch den Expansionsschieber gerade beginnt, wenn der Grundschieber schliesst, also

$\sphericalangle RMO$ der Füllungswinkel φ_g des Grund-Exzenters.

Unter diesen Voraussetzungen ist nun

$$\begin{aligned} \sphericalangle \varphi_g &= 180^\circ + \delta' - (\varphi_m - \delta') \\ &= 180^\circ + 2\delta' - \varphi_m \end{aligned}$$

hieraus $\sphericalangle \varphi_m = 180^\circ + 2\delta' - \varphi_g \dots (43)$

ausserdem muss selbstverständlich

$$\sphericalangle \varphi_m < \varphi_g \dots (44)$$

Die **Tabelle XIV** über die grössten zulässigen Füllungen des Expansionsschiebers auf der Kurbelseite (weil diese für Wiedereröffnen gefährlicher ist als die Deckelseite) ist nun so berechnet, dass für verschiedene $\sphericalangle \delta'$ aus den Tabellen XI und XII zuerst die zugehörigen $\sphericalangle \delta_g$ und aus den Tabellen IV und V die entsprechenden Füllungen des Grundschiebers $\frac{S_e'}{S}$, ferner aus Tabelle I die diesen Füllungen zukommenden Kurbelwinkel φ_g entnommen, hierauf die Werte φ_m aus Gleichung (43) berechnet und wieder aus Tabelle I die den Werten φ_m entsprechenden Füllungsgrade für die Kurbelseite gefunden sind.

Dabei ist beachtet, dass stets $\sphericalangle \varphi_m < \varphi_g$, höchstens $= \varphi_g$ sein muss.

Die Werte der Tabelle XIV geben daher die bei Benutzung der vorhergehenden Tabellen grade noch zulässigen grössten Füllungen auf der Kurbelseite, und ist es zweckmässig, die Maximalfüllungen einige Prozente geringer anzunehmen.

Sofern nicht unbedingt die grösste zulässige Füllung als Maximalfüllung verlangt wird, ist die Benutzung der Tabelle XIV nicht absolut nötig, da in Tabelle XIII auf der rechten Seite (für die Kurbelseite) jene berechneten Werte von $\frac{k}{r_r}$ (in den oberen Reihen der wagerechten Spalten) unterstrichen sind, welche ohne Gefahr für Wiedereröffnen noch zulässig sind.

Befestigung der Exzenter auf der Welle und Einstellen der Expansionsschiebersteuerungen.

(Siehe auch Tafel I Fig. 5 und Fig. 7.)

Die **Grundschieber** der Expansionsschiebersteuerungen sind als einfache Schieber zu betrachten, und gilt somit für die Einstellung derselben das unter § 10 und § 11 Ausgeführte.

Die **Befestigung des Expansions-Exzenters** auf der Welle geschieht in ganz gleicher Weise, wie jene des Grund-Exzenters. Die Verhältniszahlen der betr. Sehnen zum Wellendurchmesser $\frac{t_e}{d}$ (siehe Fig. 23) sind in den Tabellen XI und XII für verschiedene Voreilung des Expansions-Exzenters angefügt.

Nach richtiger Befestigung des Expansions-Exzenters hat man zur **Einstellung des Expansionsschiebers** am zweckmässigsten folgendermassen vorzugehen.

Man bemerkt sich, wie schon erwähnt, aus dem Diagramme oder aus Tabelle XIII:

1. die relativen Kantenentfernungen in der relativen Mittellage beider Schieber $k_{max.}$ und $k'_{max.}$ (in Tafel I, Fig. 5 k_6 und k'_7) für die grössten Füllungen resp. die tiefste Regulatorstellung;
2. die relative Kantenentfernung hinten für die tiefste Regulatorstellung $= k_0 + k_{max.}$ (in Tafel I, Fig. 5 $= k_0^6$), welche vorhanden ist, wenn die Kurbel im toten Punkte hinten steht;
3. die relative Kantenentfernung k_n' , welche gleichzeitig vorne vorhanden ist.

Für die tiefste Regulatorstellung beträgt die Summe der relativen Kantenentfernungen stets $s = k_{\max.} + k'_{\max.}$. Wenn daher die Kantenentfernung hinten z. B. $= k_0^6$ wird, so muss

$$k_n' = k_{\max.} + k'_{\max.} - k_0^6 \text{ sein.}$$

Diese Kantenentfernungen k_0^6 und k_n' lassen sich ohne weiteres auch aus Tafel I, Fig. 5 ablesen, indem man die Entfernung der Senkrechten für die grössten Füllungen 0,6 resp. 0,7 durch jene Senkrechte teilt, welche der Füllung 0 auf der Deckelseite entspricht.

Nach Kenntnis dieser Kantenentfernungen hat man nunmehr die Abschlusskanten a des Grundschiebers (gegen den Expansionsschieber) bis an die Kante L zu verlängern resp. dort durch Risse zu markieren (siehe Fig. 7, Tafel I).

Dies geschieht am besten vor dem Einbauen der Steuerung durch Einlegung und passende Verdrehung des Expansionsschiebers. *)

Von diesen Rissen aus sind dann die Entfernungen k_0^6 resp. k_n' auf der Deckel- resp. Kurbelseite gegeneinander abzutragen.

Zur Einstellung des Expansionsschiebers bringt man nach dem Einlegen desselben zunächst den Regulator in die tiefste Stellung und die Kurbel in den toten Punkt hinten. Darnach ist der Expansionsschieber so auf seiner Stange zu befestigen, dass die Entfernung der abschliessenden Kanten bei dieser Kurbel- und Regulatorstellung hinten k_0^6 , vorne k_n' beträgt, dass also die Kanten b des Expansionsschiebers mit den besprochenen Rissen am Grundschieber sich decken.

Nunmehr ist das Glied, welches die Verdrehung des Regulierhebels auf die Schieberstange überträgt, vorerst provisorisch durch Stellschraube oder Keil unter Anbringung eines Kontrollrisses so zu fixieren, dass der Regulierhebel sich in jenem Ausschlage von seiner Mittellage befindet, welche der tiefsten Regulatorstellung entspricht.

Darauf ist die Verbindung des Regulierhebels mit dem Regulatorhebel herzustellen, resp. die Länge der zweiteiligen Verbindungsstange festzulegen.

Erst nachdem die Steuerung in den äussersten Regulatorlagen und für alle Füllungen dem Diagramme resp. den aus den Tabellen entnommenen Daten entsprechend sich als richtig und der Riss an dem Vermittlungsstücke der Drehbewegung auf die Schieberstange sich als unverändert erwiesen hat, soll die Befestigung dieses Stückes auf der Schieberstange definitiv geschehen.

ANMERKUNG. Die genaue Lage des Expansionsschiebers ist leicht zu erreichen, wenn derselbe mit seiner Stange zugleich in seiner Längsrichtung verschoben werden kann.

Solange der Regulierhebel noch lose sitzt, ist dabei eine beliebige Verdrehung und Verschiebung leicht möglich.

Etwas umständlicher kann das exakte Einstellen zuweilen werden, wenn der Schieber nicht mit seiner Stange vor- oder zurückgeschoben, sondern derselbe nur auf der Stange verschoben und mit der Stange verdreht werden kann.

Ist dabei zur Verbindung der Schieberstange mit der Schiebernabe die sog. Oldham'sche Kupplung benutzt, so empfiehlt es sich, zur Ermöglichung einer genauen Einstellung ein Klauenstück nach 2 Durchmessern unter 90° und wenn die Schiebernabe kräftig genug ist, diese ebenso zu nutzen.

*) Es ist hier eine Ridersteuerung gedacht. Für andere Steuerungen gestaltet sich der Vorgang ganz ähnlich.



III. Ergänzungen.

§ 22.

Berücksichtigung der endlichen Längen der Exzenterstangen.

(Hierzu Tafel II.)

Für gewöhnliche langhubige Betriebsmaschinen mit einem Verhältnis der Länge der Exzenterstange zur Grösse der Exzentrizität $\lambda = \frac{l}{r} = 40$ bis 60 ist die Berücksichtigung der endlichen Länge der Exzenterstangen überflüssig, da hierfür die einzelnen Schieberdimensionen nur unmerklich beeinflusst werden.

Dagegen zeigen die Steuerungen der kurzhubigen Maschinen mit hoher Tourenzahl, für welche $\lambda = 10$ bis 30, selbst bei genauester Einstellung nach dem bisher angegebenen Verfahren, meist nicht unbedeutende Abweichungen.

An einfachen Schiebern lassen sich diese bei der Montage leicht durch Verlängerung der Schieberstange korrigieren; bei Expansionsschiebersteuerungen aber ist eine annähernde Übereinstimmung mit den Daten, welche ohne Berücksichtigung der endlichen Längen der Exzenterstangen gefunden sind, zuweilen erst nach längerem Probieren zu erreichen.

Dies ist darin begründet, dass durch die endlichen Längen der Exzenterstangen nicht nur die gesamten relativen Kantenverschiebungen, also die Steigungen, sondern vor allem auch die relativen Kantenentfernungen für die tiefste Regulatorlage bei Kurbelstellung im toten Punkte auf der Deckelseite d. i. die Masse für die Einstellung des Expansionsschiebers beeinflusst werden.

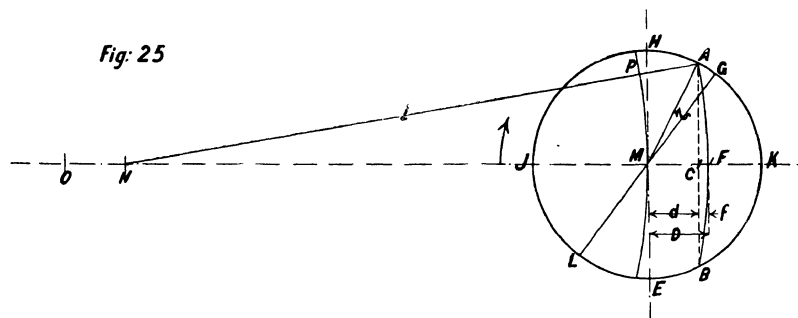
Da nun die Berücksichtigung der endlichen Längen der Exzenterstangen bei der Konstruktion viel weniger Zeit und Aufmerksamkeit erfordert, als die späteren Veränderungen, welche sonst bei der Montage vorzunehmen sind, so sollte sie bei kurzhubigen Maschinen nicht unterlassen werden.

Es seien daher hier noch dieses genaue Verfahren und im Anschluss daran einige Korrektur-Rechnungen und Tabellen angegeben.

Mit Hilfe der letzteren und der bisher berechneten Tabellen können dann die der Berücksichtigung der endlichen Längen der Exzenterstangen entsprechenden Werte auch mit Umgehung des zeichnerischen Weges, der bei grossen Dimensionen sehr unbequem, gefunden werden.

a) Einfache Schiebersteuerungen.

In Fig. 25 stellt GML den Voreilungsdurchmesser, AB die äussere Deckungskante, \sphericalangle AMG den Winkel der Voreinstromung und d die äussere Deckung*) auf der Deckelseite mit Berücksichtigung der endlichen Länge der Pleuelstange resp. des Verhältnisses $\frac{L}{R} = 5$, ferner OK die Schieberwegrichtung dar.



Die Länge der Exzenterstange sei $l = AN$.

Wenn $MO = l$, befindet sich der Schieber, eigentlich der Exzenterstangenzapfen, in O in seiner Mittellage.

*) Diese ist hier wegen der späterhin folgenden allgemeinen Rechnung mit d bezeichnet.

Das Exzenter steht bei seiner Bewegung in der Pfeilrichtung dabei in P.

Nachdem das Exzenter von P nach A gelangt ist, beginnt die Voreinströmung und bei der Weiterbewegung in dem senkrecht unter A gelegenen Punkte B die Expansion.

Der Schieber hat bei Exzenterstellung A einen Weg ON aus seiner Mittellage zurückgelegt.

Dieser Weg ON, welcher der äusseren Deckung hinten mit Berücksichtigung der Länge der Exzenterstange entspricht, wird gefunden durch Konstruktion des Punktes N, indem von A aus mit Radius l die Schieberwegrichtung zu schneiden ist.

Beschreibt man umgekehrt von N aus mit Radius l durch A und B einen Bogen, welcher die Schieberwegrichtung in F schneidet, so tritt die Strecke ON in MF ebenfalls auf, und ist daher auch MF die absolute Deckung.

Diese Deckung $MF = D$ ist um die Pfeilhöhe $CF = f$ des Bogens AFB grösser als die früher erhaltene Deckung d . Die Kurbelwinkel und damit auch die Kolbenwege für Voreinströmung und Füllung sind dabei unverändert geblieben; dagegen ist die Kanalweite statt höchstens $r - d$ nunmehr nur $r - D = r - d - f$ geworden.

Sollte diese nicht mehr ausreichend erscheinen, so wäre r von vornherein grösser zu nehmen als die Tabellen angeben. Die genaue Grösse von r wird später rechnerisch noch bestimmt.

Nach diesen Ausführungen wird Fig. 1, Tafel II für den Grundschieber der in Aufgabe 14, Seite 54 behandelten Steuerung verständlich sein. (Diagramm von Schorch.) Dieselbe ist für gleiche Exzentrizität und gleiche Dampfverteilung wie dort gezeichnet, wobei allerdings die Kanalweite auf der Deckelseite etwas geringer wird.

Es ist leicht einzusehen, dass bei Berücksichtigung der endlichen Länge der Exzenterstange alle Deckungen, welche im Halbkreise HKE (Fig. 25) auftreten, um die betr. Pfeilhöhe f grösser, alle jene, welche im Halbkreise EJK erscheinen, um die betr. Pfeilhöhe f kleiner werden.

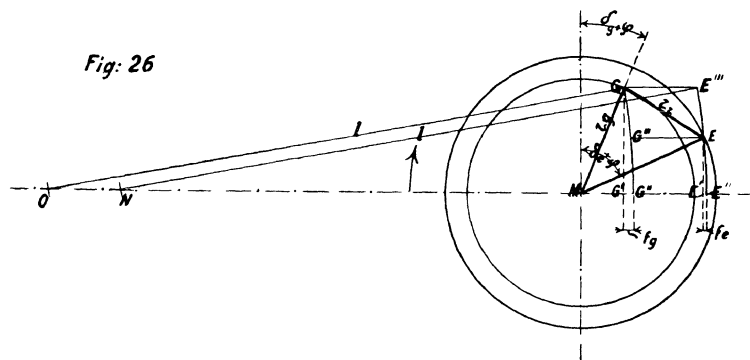
Betrachtet man die in der Richtung MK zu messenden Deckungen, also für Einströmung an den äusseren Kanten in der Regel e_h und i_v (nur für diese Bemerkungen), als positiv, jene in der Richtung MJ erscheinenden, also e_v und i_h , als negativ, so ist der absolute Wert von f stets zu addieren.

ANMERKUNG. Zur Bestimmung der genauen Deckungen (Fig. 1, Tafel II) genügt es auch, nur einen Kreisbogen mit l durch M zu beschreiben. Die Deckungen erhält man dann als die wagerechten Strecken zwischen den Punkten B, C, F und H und diesem Kreise.

b) Expansionsschiebersteuerungen.

Etwas umständlicher gestaltet sich die Berücksichtigung der endlichen Längen der Exzenterstangen bei Expansionsschiebersteuerungen.

In Fig. 26 sei MGE das Exzenterdreieck in beliebiger Lage, also MG die Grund-, ME die Expansions- und GE die Relativ-Exzentrizität.



Um eine einfache Lösung zu ermöglichen, müssen die Grund- und die Expansions-Exzenterstange als gleichlang angenommen werden, und ist dem bei der Konstruktion leicht Rechnung zu tragen.

Die der Relativ-Exzentrizität GE in der angenommenen Lage entsprechende Entfernung der Schiebermittel wird nun mit Berücksichtigung der endlichen Länge der Exzenterstangen gefunden, indem man mit dem Radius l aus G und E als Mittelpunkten die Schieberwegrichtung in O und N schneidet.

ON stellt dann diese Entfernung der Schiebermittel dar.

Dieselbe erscheint auch in $G''E''$ resp. in $G'''E$ und in GE''' , wenn aus O und N Kreisbogen mit ℓ beschrieben und durch E und G Parallele zur Schieberwegrichtung bis zu den letzteren gezogen werden.

Als einfachste Regel für die Konstruktion der Schiebermittel-Entfernungen und damit der relativen Kantenentfernungen kann daher gelten:

Man beschreibt aus einem Mittelpunkt M_0 (Tafel II, Fig. 2) mit M_0G_0 und M_0E_0 den Grund- und den Expansions-Exzenterkreis, sucht analog der Fig. 2, Tafel I die Stellungen des Grund-Exzentermittels 00, 0, 1, 2, 3 . . . für die verschiedenen Kolbenwege, schneidet von diesen Punkten aus mit der Relativ-Exzentrizität $r_r = G_0E_0$ in der Bewegungsrichtung den Expansions-Exzenterkreis und findet dadurch in 00, 0, I, II, III . . . die gleichzeitigen Stellungen des Expansions-Exzentermittels.

Durch die Teilpunkte 00, 0, 1, 2, 3 . . . des Grund-Exzenterkreises zieht man nun Wagerechte und schneidet diese durch Kreisbogen, welche mit ℓ aus Mittelpunkten auf der Wagerechten durch M_0 durch die entsprechenden Punkte 00, 0, I, II, III . . . des Expansions-Exzenterkreises beschrieben sind.

In den wagerechten Entfernungen dieser Schnittpunkte von der Peripherie des Grund-Exzenterkreises erhält man die jeweiligen Schiebermittel-Entfernungen und damit auch die jeweiligen relativen Kantenentfernungen.

Letztere sind positiv, wenn sie von der Peripherie des Grund-Exzenterkreises nach innen, negativ, wenn sie nach aussen zu messen sind. *)

Dies leuchtet sofort ein bei einem Vergleiche der hier gefundenen relativen Kantenentfernungen mit jenen, welche durch Drehung des Relativ-Exzenter in Fig. 3, Tafel I sich ergaben.

Um nun eine der Fig. 4 in Tafel I entsprechende Darstellung zu erhalten, hat man zu beachten, dass die Kanaleröffnungen des Grundschiebers nicht mehr als die Entfernungen der Punkte 00, 0, 1, 2, 3 . . . von einer geraden Linie, der äusseren Deckungskante, sondern von einem Kreisbogen, mit Radius ℓ durch A und B beschrieben, auftreten.

Es ist daher in Tafel II, Fig. 3 derart vorzugehen, dass zuerst ein Kreisbogen von einem Mittelpunkte auf XX mit Radius ℓ gezogen ist.

Von diesem Kreisbogen aus sind die relativen Kantenentfernungen auf den entsprechenden Wagerechten durch die Punkte 00, 0, 1, 2, 3 . . . der Fig. 2 in derselben Richtung aufzutragen, wie sie von der Peripherie des Grund-Exzenterkreises abgenommen werden.

Die Endpunkte der aufgetragenen Strecken sind dann zu der nicht mehr sehr ellipsenähnlichen Kurve zu verbinden.

Für einzelne Füllungen, z. B. 0,2; 0,3; . . ., werden die Öffnungsflächen nun so konstruiert, dass man durch die Ellipsenpunkte 2, 3 . . . (2', 3' . . .) Kreisbogen von Mittelpunkten auf XX aus mit Radien $= \ell$ bis zu den Wagerechten durch die Voreinströmungspunkte 00 (00') des Grund-Exzenterkreises und durch diese Schnittpunkte Kreise mit Radien $= r_g$ von Mittelpunkten ebenfalls auf XX zieht.

Die Betrachtungen über das Wiedereröffnen bleiben gleich wie für Fig. 4 in Tafel I; an die Stelle der Senkrechten treten dabei nur die Kreisbogen mit den Radien ℓ .

Die Konstruktion der Steigungsgeraden in Fig. 4, Tafel III kann nun nicht mehr im Zusammenhang mit Fig. 3 erfolgen, weil in letzterer die relativen Kantenentfernungen nicht von einer geraden senkrechten Linie, sondern von einem Kreisbogen aus abgetragen wurden.

Es sind daher in Fig. 4 Tafel II nochmals die relativen Kantenentfernungen aus Fig. 2 von einer Senkrechten YY ab gleichermassen aufzutragen und die Steigungsgeraden zu konstruieren, wie für Fig. 5 in Tafel I beschrieben.

ANMERKUNG 1. Fig. 1 und Fig. 2 in Tafel II können vereint werden; ferner kann die Fig. 3 in Tafel II ebenso konstruiert werden, wie Fig. 4 in Tafel I, sodass also die relativen Kantenentfernungen nicht von einem Kreisbogen, sondern von einer Senkrechten abgetragen werden, da es nicht nötig erscheint, die relativen Kanaleröffnungen derartig genau zu erhalten, wie in Fig. 3.

Natürlich lässt sich dann Fig. 4 in Tafel II wieder durch einfache Projektion aus Fig. 3 herleiten.

Bei Benutzung der Tabellen, in welchen das Verhältnis der relativen Kanaleröffnung für bestimmte Füllung zur Kanalweite des Grundschiebers fast durchaus konstant und ein Probieren durch Veränderung von d_e , r_r und r_e nicht nötig ist, kann die Konstruktion der Öffnungsflächen ganz entbehrt werden. Es genügen deshalb 2 Figuren.

*) Siehe auch Aufsatz des Verfassers in „Z. d. V. D. I.“. Jahrgang 1894, Seite 297.

ANMERKUNG 2. Die genauen relativen Kantenentfernungen können auch mit Hilfe des Relativ-Exzentrers MR (siehe Fig. 5 und Fig. 6 in Tafel II) erhalten werden.

Die Konstruktion sei hier nur angedeutet:

Der Deutlichkeit halber ist in Fig. 6 der Relativ-Exzenterkreis nach dem Voreilungsdurchmesser RQ resp. R₁Q₁ in 2 Halbkreise auseinandergeschoben.

Aus M und M₁ sind die Kreisbogen mm und m₁m₁ mit Radien = ℓ beschrieben.

Auf mm sind die Teilpunkte 00, 0, 1, 2, . . . auf m₁m₁ jene 00', 0', 1', 2', . . . wagerecht aus dem Grund-Exzenterdiagramm (Fig. 5) übertragen. Dabei ist zu beachten, dass für den Hingang hier der links von L₀G₀ liegende Halbkreis in Betracht kommt. Durch die Punkte 00, 0, 1, 2, . . . und 00', 0', 1', 2', . . . des Relativ-Exzenterkreises sind Wagerechte gezogen und jeweilig durch Kreisbogen mit Radien ℓ von gleichbezeichneten Mittelpunkten auf mm und m₁m₁ geschnitten.

Zwischen diesen Schnittpunkten und der Peripherie des Relativ-Exzenterkreises ergeben sich auf den Wagerechten die genauen relativen Kantenentfernungen.

Die Kreisbogen mit Radien = ℓ gehen dann naturgemäss sämtlich durch M resp. M₁.

§ 23.

Berechnung der Korrektur-Koeffizienten für die Berücksichtigung der endlichen Längen der Exzenterstangen.

a) Einfache Schiebersteuerungen.

Nach dem Vorgesagten und unter Berücksichtigung der Fig. 25 Seite 35 ist die genaue äussere Deckung hinten

$$D = d + f \dots \dots \dots (45)$$

$$\text{Nun ist } f = NF - NC = \ell - \sqrt{\ell^2 - h^2}$$

$$\text{und } h^2 = AC^2 = r^2 \cdot \cos^2 \varrho;$$

【← HMA ist hierbei mit ϱ bezeichnet】.

Aus diesen Gleichungen wird

$$\begin{aligned} \frac{f}{r} &= \frac{\ell}{r} - \sqrt{\left(\frac{\ell}{r}\right)^2 - \cos^2 \varrho} \\ &= \lambda - \sqrt{\lambda^2 - \cos^2 \varrho} \dots \dots \dots (46) \end{aligned}$$

für $\sqrt{\lambda^2 - \cos^2 \varrho} = \lambda - \frac{1}{2\lambda} \cos^2 \varrho - \frac{1}{8\lambda^3} \cos^4 \varrho \dots$ gesetzt und berücksichtigt, dass der Wert des 3. Gliedes dieser Reihe z. B. für $\lambda = 10$ im Maximum = - 0,000125, für grössere Werte von λ noch kleiner und daher stets vernachlässigt werden kann, geht Gleichung (46) über in

$$\frac{f}{r} = \frac{\cos^2 \varrho}{2\lambda} \dots \dots \dots (47)$$

Zur Berechnung eignet sich die Form

$$\lambda \cdot \frac{f}{r} = \frac{\cos^2 \varrho}{2} \dots \dots \dots (48)$$

oder, da $\cos^2 \varrho = 1 - \sin^2 \varrho = 1 - \left(\frac{d}{r}\right)^2$

$$\lambda \cdot \frac{f}{r} = \frac{1 - \left(\frac{d}{r}\right)^2}{2} \dots \dots \dots (49)$$

Aus dieser Gleichung kann für bestimmte Werte von λ und für $\frac{d}{r}$ die Grösse von $\frac{f}{r}$ resp. von f berechnet werden, um welche die Deckungen zu vermehren oder zu verringern sind.

Dabei ist in dieser Formel, je nachdem die äusseren oder inneren Deckungen korrigiert werden sollen, e_h und e'_v resp. i_h und i_v statt d zu setzen.

Auf diese Weise sind die den Werten $\frac{e_h}{r}$ und $\frac{e'_v}{r}$ der Tabellen IV und V entsprechenden Werte von $\lambda \cdot \frac{f_{eh}}{r}$ und $\lambda \cdot \frac{f_{e'v}}{r}$ in den **Tabellen XV und XVI** und ebenso die der Tabelle VI zugehörigen

Werte von $\lambda \cdot \frac{f_{ih}}{r}$ und $\lambda \cdot \frac{f_{iv}}{r}$ in **Tabelle XVII** zusammengestellt.

Behält man bei Anwendung dieser Korrekturen die Grösse der aus Tabelle IV oder Tabelle V gefundenen Exzentrizitäten bei, so wird die grösste Kanaleröffnung für die Einströmung (auf der Deckelseite) nur

$$a' = r - D = r - e_h - f_{eh} = a - f_{eh}.$$

Soll daher die berechnete Kanalweite a wirklich eintreten, so hat man die Exzentrizität grösser als r zu nehmen.

Bezeichnet man die richtige Exzentrizität mit r_c , so muss sich verhalten:

$$\frac{r_c}{r} = \frac{a}{a - f_{eh}} \quad \dots \quad (50)$$

Nach Gleichung (49) wird

$$\begin{aligned} f_{eh} &= r \cdot \frac{1 - \left(\frac{e_h}{r}\right)^2}{2\lambda} \\ &= \frac{(r - e_h)(r + e_h)}{2\lambda \cdot r} \\ &= \frac{a}{2\lambda} \left(1 + \frac{e_h}{r}\right) \quad \dots \quad (51) \end{aligned}$$

Aus Gleichungen (50) und (51) folgt

$$\begin{aligned} \frac{r_c}{r} &= \frac{a}{a - \frac{a}{2\lambda} \cdot \left(1 + \frac{e_h}{r}\right)} \\ \frac{r_c}{r} &= \frac{1}{1 - \frac{e_h}{2\lambda r}} \quad \dots \quad (52) \end{aligned}$$

Für $\frac{1 + \frac{e_h}{r}}{2} = C_r$ gesetzt, geht Gleichung (52) über in

$$\frac{r_c}{r} = \frac{1}{1 - \frac{C_r}{\lambda}} = \sim 1 + \frac{C_r}{\lambda} \quad \dots \quad (53)$$

Die den Tabellen IV und V entsprechenden Werte von C_r sind den vorhin erwähnten Tabellen noch beigelegt, und kann aus denselben in Verbindung mit Gleichung (53) die genau richtige Exzentrizität r_c für bestimmtes λ gefunden werden.

Bei Anwendung der Korrekturen ist zuerst die genaue Exzentrizität r_c zu suchen und auf diese alles weitere zu beziehen.

ANMERKUNG. Für Einströmung an den inneren, Ausströmung an den äusseren Kanten sind die Einlassdeckung hinten, sowie die Auslassdeckung vorne um die betr. Korrekturen f zu verringern, die anderen Deckungen zu vergrössern. Hierfür geht Gleichung (53) über in

$$\frac{r_c}{r} = 1 - \frac{C_r}{\lambda} \quad \dots \quad (53a)$$

b) Expansions-Schiebersteuerungen.

Nach Fig. 26 kann die einem Kurbelwinkel φ entsprechende genaue Entfernung der Schiebermittel (resp. die genaue relative Kantenentfernung für eine dem Kurbelwinkel φ entsprechende Füllung) berechnet werden, als die Differenz $ME'' - MG''$ d. i. zweier Deckungen im Expansions- resp. im Grund-Exzenterkreise, welche den Peripheriepunkten E und G mit Berücksichtigung der endlichen Länge der Exzenterstange zugehören, wenn das Exzenterdreieck um $\sphericalangle \varphi$ aus der Voreilungsrichtung weiter gedreht gedacht ist.

Bei der Berechnung dieser Deckungen ist in Gleichung (47)

$$\begin{aligned} e &= \delta_e + \varphi \\ \text{resp. } e &= \delta_g + \varphi \text{ zu nehmen.} \end{aligned}$$

Ohne Berücksichtigung der endlichen Länge der Exzenterstange sind die Deckungen

$$\text{für E und G} \quad ME' \text{ resp. } M\hat{G}';$$

die Korrekturen für dieselben sind

$$E'E'' = f_e \text{ und } G'G'' = f_g.$$

Wenn die relative Kantenentfernung ohne Berücksichtigung der endlichen Länge der Exzenterstange, wie bisher, mit k , jene mit Berücksichtigung derselben mit k_c bezeichnet wird, so ist für die angenommenen Exzenterstellungen k resp. k_c negativ, und zwar ist

$$\begin{aligned} k &= -G'E' \\ k_c &= -G'E' + (G'G'' - E'E'') \\ k_c &= k + (f_g - f_e) \end{aligned}$$

Durch Aufstellung ähnlicher Gleichungen für verschiedene Winkel φ für Hin- und Rückgang gelangt man zu der Regel:

Um die genaue relative Kantenentfernung k_c aus k zu erhalten, hat man den jeweiligen Wert von $f_g - f_e = f_k$

für den Hingang (Deckelseite) zu addieren,

für den Rückgang (Kurbelseite) zu subtrahieren.

Daher

$$\text{für die Deckelseite} \quad k_c = k + f_k \quad (54)$$

$$\text{für die Kurbelseite} \quad k_c' = k' - f_k' \quad (55)$$

Nach Gleichung (47) ist nun

$$f_g = \frac{r_g \cdot \cos^2(\delta_g + \varphi)}{2 \lambda_g}$$

und

$$f_e = \frac{r_e \cdot \cos^2(\delta_e + \varphi)}{2 \lambda_e}$$

wobei $\lambda_g = \frac{l}{r_g}$ und $\lambda_e = \frac{l}{r_e}$, und dabei die Exzenterstangen also wieder gleichlang vorausgesetzt sind.

Nun wird

$$f_g - f_e = \frac{r_g^2}{2l} \cos^2(\delta_g + \varphi) - \frac{r_e^2}{2l} \cos^2(\delta_e + \varphi)$$

Aus dieser Gleichung lässt sich ohne weiteres ableiten:

$$\lambda_r \cdot \frac{f_k}{r_r} = \frac{1}{2} \cdot \left[\left(\frac{r_g}{r_r} \cos(\delta_g + \varphi) \right)^2 - \left(\frac{r_e}{r_r} \cdot \frac{r_g}{r_r} \cos(\delta_e + \varphi) \right)^2 \right] \quad . (56)$$

$$\text{Dabei } \lambda_r = \frac{l}{r_r}.$$

Die Gleichung (56) eignet sich zur tabellarischen Berechnung von $\frac{f_k}{r_r}$, und ist diese letztere mit Hilfe der einschlägigen Tabellen hier in **Tabelle XVIII** nur für $v_h = 0,2a$ ausgeführt, da für solch' genau behandelte Steuerungen eine lineare Voreilung von $v_h = 0,3a$ reichlich gross erscheinen und deshalb seltener angewendet werden dürfte.

Bei Berücksichtigung der endlichen Länge der Exzenterstange ändert sich die lineare Voreilung um ein geringes; dagegen bleibt die Voreinströmung in Prozenten des Kolbenweges nach wie vor.

Wie oben bemerkt, ist bei Anwendung der Korrektur-Tabelle XVIII $\frac{k}{r_r}$ für die Deckelseite um $\frac{f_k}{r_r}$ zu vergrössern, für die Kurbelseite um $\frac{f_k}{r_r}$ zu verringern und dabei das Vorzeichen von $\frac{f_k}{r_r}$ zu berücksichtigen.

Für die genauen relativen Kantenentfernungen sind dann nach bekanntem Verfahren in jedem einzelnen Falle noch die Steigungsgeraden für möglichst gleiche Füllungen zu konstruieren.

Damit erhält man die Masse für die Konstruktion und für die Einstellung des Expansionschiebers.

Im übrigen sei auf die Beispiele verwiesen.

Einige Bemerkungen über die Dimensionen verschiedener Steuerungen.

a) Rider-Steuerung mit Flach-Grund- und cylindrischem Expansionschieber.

Für den Durchgang vom Expansions- nach dem Grundschieber sei ein Teil des Umfanges frei, welcher einem Winkel von $180^\circ - 2 \cdot 15^\circ = 150^\circ$ entspricht.

Wenn der Durchmesser des Riderschiebers = d_ϵ , die Kanalbreite des Grundschiebers = b , so soll

$$\frac{150}{360} \cdot d_\epsilon \cdot \pi = b$$

oder $d_\epsilon \approx 0,75 b$.

Um zu grosse Expansionschieberdurchmesser zu vermeiden, nimmt man häufig bei grösserer Drosselung des Dampfes während der Admission d_ϵ kleiner und zwar

$$d_\epsilon = 0,6 b \text{ bis } 0,75 b \dots \dots \dots (57)$$

b) Einfache Kolbenschiebersteuerung.

Die Öffnungen der in den cylindrischen Schieberkasten einzusetzenden Laufbüchse können so genommen werden, dass sie $\frac{3}{4}$ des Umfanges entsprechen.

Bezeichnet wie früher:

- a die Kanalweite für den Dampfeintritt,
- c die Kolbengeschwindigkeit in Metern,
- v die Dampfgeschwindigkeit in Metern für den Dampfeintritt
- D den Cylinderdurchmesser und
- d_s den Schieberdurchmesser,

so muss unter obiger Voraussetzung

$$0,75 \cdot d_s \cdot \pi \cdot a \cdot v = D^2 \frac{\pi}{4} \cdot c$$

$$\frac{d_s}{D} \cdot \frac{a}{D} = \frac{1}{3} \cdot \frac{c}{v} \dots \dots \dots (58)$$

Für eine Kolbengeschwindigkeit $c = 1$ Meter berechnet sich hieraus nach

$$\frac{a}{D} = \frac{1}{3 \cdot v} \cdot \frac{1}{\frac{d_s}{D}}$$

die **Tabelle XIX.**

c) Rider-Kolbenschiebersteuerung.

Der Expansionschieberdurchmesser ist bei dieser Steuerung ausser von der Dampfgeschwindigkeit abhängig:

1. von der Anzahl n der Zacken des Riderschiebers;
2. von dem Winkel ϱ , um welchen die Expansionschieberstange dem Regulatorhube entsprechend verdreht wird;
3. von einer Zugabe für jede Zacke, welche bei genauer Konstruktion der Steuerung mit einem Winkel von 10° genügend erscheint.

Es bleibt darnach als freie Durchgangsöffnung ein Bogen, welcher einem

$$\sphericalangle 360^\circ - n (\varrho + 10^\circ)$$

zugehört.

Bezeichnet man nun den Durchmesser des Expansionschiebers mit d_ϵ , so muss die Beziehung stattfinden:

$$d_\epsilon \cdot \pi \cdot \frac{360 - n (\varrho + 10)}{360} \cdot a \cdot v = D^2 \frac{\pi}{4} \cdot c$$

$$\frac{d_\epsilon}{D} \cdot \frac{a}{D} = \frac{1}{4} \cdot \frac{c}{v} \cdot \frac{360}{360 - n (\varrho + 10)} \dots \dots \dots (59)$$

Aus dieser Gleichung rechnet sich für $c = 1$ Meter und für verschiedene n und q **Tabelle XX** über das Produkt

$$\frac{d_{\epsilon}}{D} \cdot \frac{a}{D}$$

d) Meyer-Kolbenschiebersteuerung mit grosser Schraube.

Der Durchmesser d_{ϵ} des Expansionsschiebers bestimmt sich hier nicht allein aus Rücksicht auf genügenden Querschnitt für den Dampfeintritt, sondern hauptsächlich aus der Bedingung, dass die Steigung der Schraube geringer als 1:8 sein soll.

Um einige Anhaltspunkte zu einfacher Berechnung dieser Steuerung zu erhalten, sind für normale Verhältnisse mehrere Annahmen zu machen.

Es genüge für den durch die Steuerung bedingten schädlichen Raum (und da dieselbe doch hauptsächlich nur für Hochdruckcylinder verwendet wird) im allgemeinen eine Kompression von **höchstens** 16–20% bei 4–1% Vorausströmung.

Hierzu ergibt sich aus Tabelle VI der Voreilungswinkel des Grund-Exzenters zu $\delta_g = 34,3^{\circ}$.

Mit diesem Voreilungswinkel wird aus Tabelle IV $\delta' = 40,8^{\circ}$ und $r_r = 1,55 a$.

Die grösste Füllung hinten sei durchschnittlich 0,55.

Aus Tabelle XI wird für $v_h = 0,2 a$, bei $\delta' = 40,8^{\circ}$

für die Deckelseite	für die Kurbelseite (korrigiert)
$k_{00} = -0,744 r_r$	$k'_0 = -0,654 r_r$
$k_{55} = 0,752 r_r$	$k'_{65} = 0,951 r_r$

Durch Addition der absoluten Werte erhält man die gesamte relative Kantenverschiebung zu

$k_{00}^{55} = 1,496 r_r$	$k'_0{}^{65} = 1,605 r_r$
oder da $k_{00}^{55} = 2,32 a$	$k'_0{}^{65} = 2,49 a$.
$r_r = 1,55 a$	

Die grössere Verschiebung und damit auch die grössere Steigung tritt somit auf der Kurbelseite ein.

Bei Zurücklegung seines Hubes verdrehe nun der Regulator die Expansionsschieberstange um

$$0,8 \cdot 360^{\circ} = 288^{\circ}.$$

Die Steigung der Schraube ist daher auf der Kurbelseite

$$= \frac{2,49 a}{0,8} = 3,11 a,$$

sodass bei einem Teilkreisdurchmesser s der Schraube sein muss

$$\frac{s \cdot \pi}{3,11 a} > 8.$$

In Übereinstimmung mit ausgeführten Steuerungen

$$s = \frac{3}{4} d_{\epsilon} \text{ gesetzt,}$$

wird

$$\frac{3}{4} \frac{d_{\epsilon} \cdot \pi}{3,11 a} > 8$$

oder

$$\frac{d_{\epsilon}}{a} > 10,6.$$

Wir nehmen hier

$$\frac{d_{\epsilon}}{a} = 11 \quad \dots \dots \dots (60)$$

$$\frac{a}{d_{\epsilon}} = \frac{1}{11} = 0,09 \quad \dots \dots \dots (61)$$

Es sei ferner ein Teil = 0,9 des Umfanges des Expansionsschiebers für den Eintritt des Dampfes nach dem Grundschieber frei. Dies lässt sich bei dieser Steuerung leicht erreichen, weil die Rippen in der Durchbrechung des Grundschiebers etwas zurücktreten können.

Für den Durchgangsquerschnitt besteht nun weiter die Beziehung

$$0,9 \cdot d_{\epsilon} \cdot \pi \cdot a \cdot v = D^2 \frac{\pi}{4} \cdot c.$$

Mit Gleichung (60) kombiniert

$$\left(\frac{d_{\epsilon}}{D}\right)^2 = \frac{1}{4} \cdot \frac{11}{0,9} \cdot \frac{c}{v}$$

$$\frac{d_{\epsilon}}{D} = 1,75 \sqrt{\frac{c}{v}} \dots \dots \dots (62)$$

Aus dieser Gleichung berechnetsich **Tabelle XXI** zur Bestimmung von d_{ϵ} . Nebenbedingungen sind

$$\frac{a}{d_{\epsilon}} = 0,09$$

$$\frac{s}{d_{\epsilon}} = \frac{3}{4}$$

$$\text{Verdrehung} = 0,8 \cdot 360^{\circ}.$$

§ 25.

Bestimmung der Exzentrizität für Trickschieber.

Es sei die Kanalweite für den Dampfeintritt = a_e , jene für den Dampfaustritt = $a_a = m \cdot a_e$.

Für eine gewisse Füllung kann nun aus den Tabellen IV und V der Koeffizient für die Exzentrizität entnommen werden, sodass für doppelte Einstromung gelten möge

$$r = \alpha \cdot \frac{a_e}{2} \dots \dots \dots (63)$$

Damit eine grösste Eröffnung für den Austritt von

$$a_a = m \cdot a_e \text{ gerade vorhanden, müsste}$$

$$r' = i + a_a \dots \dots \dots (64)$$

Der Koeffizient für die innere Deckung i findet sich zu dem der Füllung entsprechenden Voreilungswinkel nach Annahme der Kompression und Vorausströmung aus Tabelle VI, sodass

$$i = \beta r'$$

$$\text{und } r' = \beta r' + a_a = \beta r' + m \cdot a_e$$

$$\text{hieraus } r' = \frac{m \cdot a_e}{1 - \beta} \dots \dots \dots (65)$$

Es wäre nun zu untersuchen, welche der Gleichungen (63) und (65) in speziellen Fällen grössere Werte ergäbe.

Wenn $r > r'$ oder

$$\alpha \frac{a_e}{2} > \frac{m \cdot a_e}{1 - \beta}$$

$$\text{und } \alpha > \frac{2m}{1 - \beta} \dots \dots \dots (66)$$

so kann r wie gewöhnlich ohne vorherige Kenntnis der inneren Deckung bestimmt werden.

Um diese Gleichung (66) weiter betrachten zu können, sei hier angenommen, dass

$$a_a = 1,2 a_e,$$

also z. B. einer Dampfgeschwindigkeit von 30 Meter für den Eintritt und 25 Meter für den Austritt entsprechend.

Gleichung (66) geht dann über in

$$\alpha > \frac{2,4}{1 - \beta} \dots \dots \dots (67)$$

Für $v_h = 0,2$ a ist aus Tabelle IV zusammengehörig:

$\frac{Se}{s} = 0,50$	0,45
$\alpha = 3,49$	4,00
$\delta = 50,4^\circ$	53,2°

β ist stets auf der Kurbelseite grösser als auf der Deckelseite und wächst mit der Grösse der Kompression.

Wird diese im allgemeinen als Maximum zu 30% angenommen, so ergibt sich aus Tabelle IV zu obigen Voreilungswinkeln für die Kurbelseite

$\beta = 0,368$	0,323
$1 - \beta = 0,632$	0,676
$\frac{2,4}{1 - \beta} = 3,8$	3,54
Demnach $\alpha < \frac{2,4}{1 - \beta}$	$\alpha > \frac{2,4}{1 - \beta}$

Daraus geht hervor, dass für Füllungen, welche kleiner als 48% (zwischen 50% und 45%) sind, diese Untersuchung auf alle Fälle überflüssig wird und ohne weiteres die Werte für α aus den Tabellen IV und V verwendet werden können.

Bei geringerer Kompression (Auspuffmaschinen) tritt diese Grenze bei noch grösserer Füllung ein.

Für grössere Füllungen als 48% und für grössere Werte von m ist zweckmässig r nach Gleichung (65) zu bestimmen.



Aufgabe 4.

Welcher Voreilungswinkel entspricht einer Kompression von 12 % bei einer Vorausströmung von 5 %?

Lösung:

Aus Tabelle VI findet sich bei diesen Verhältnissen für die Deckelseite $\sphericalangle \delta = 33^\circ$.
Auf der Kurbelseite ergibt sich bei einem $\sphericalangle \delta = 33^\circ$ aus den senkrechten Spalten 22 und 23
bei 12 % Kompression eine Vorausströmung von 4,1 %,
und bei 11 % „ „ „ „ 5 %.

Aufgabe 5.

Eine Kondensations-Maschine mit eigener Auslasssteuerung verlange für diese eine Kompression von 40 % und eine Vorausströmung von 15 %.

Wie gross ist der Voreilungswinkel des Exzenters für den Auslasschieber zu nehmen?

Lösung:

Für solche aussergewöhnlich hohe Kompression kann der Voreilungswinkel aus Tabelle VI nicht mehr entnommen werden.

Derselbe lässt sich jedoch aus Gleichung (26), Seite 12, berechnen zu

$$\delta = \frac{360^\circ - \varphi_{cr} - \varphi_{vh}}{2}$$

φ_{cr} ist hierbei der Kurbelwinkel im Rückgange (entsprechend einem Kolbenwege von $100 - 40 = 60$ %), bei welchem der Beginn der Kompression.

φ_{vh} jener im Hingange (entsprechend einem Kolbenwege von $100 - 15 = 85$ %), bei welchem der Beginn der Vorausströmung eintritt.

Nach Tabelle I ist $\varphi_{cr} = 107,0^\circ$,
 $\varphi_{vh} = 130,0^\circ$;

daher $\delta = \frac{360^\circ - 107^\circ - 130^\circ}{2} = 61,5^\circ$

Aufgabe 6.

Eine stehende Dampfmaschine von 175 mm Cylinderdurchmesser, 120 mm Hub, 350 Touren per Minute, mit Regulierung durch Drosselventil, soll einen für 33 % Füllung geeigneten Schieber erhalten.

Lösung:

Die Kolbengeschwindigkeit dieser Maschine beträgt

$$c = 0,12 \cdot \frac{35}{3} = 1,4 \text{ Meter.}$$

Für $\frac{b}{D} = 0,65$, also $b = 0,65 \cdot 175 \approx 115$ mm wird bei einer Dampfgeschwindigkeit von 26 Metern für den Eintritt aus Tabelle VII

die Kanalweite $a = 46,5 \cdot 1,4 \cdot 0,175 = 11,5$ mm,
 $a \approx 12$ mm.

Die lineare Voreilung $v_h = 0,3 a$ angenommen, findet sich aus Tabelle V bei $\frac{se}{s} = 0,35$.

$$\frac{r}{a} = 5,06$$

$$\frac{e + v}{r} = 0,861$$

$$\delta = 59,4^\circ$$

$$\frac{e_h}{r} = 0,802 \text{ (35 \% Füllung)}$$

$$\frac{e'_v}{r} = 0,738 \text{ (31 \% Füllung)}$$

Diese äusseren Deckungen lassen also im Mittel eine Füllung von 33 % zu.

Aus Tabelle VI ist zu dem Voreilungswinkel $\delta = 59,4^\circ$

hinten für 24 % Kompression die Vorausströmung = 24,5 % und $\frac{i_h}{r} = -0,093$

vorne für 24 % „ „ „ = 24,5 % und $\frac{i_v}{r} = 0,079$

und $\frac{t}{d} = 0,264$.

Würde man nun den Schieber als Trickschieber ausführen, so ergäbe sich die Exzentrizität nach obigen Daten zu

$$r = \frac{a}{2} \cdot 5,06 = 6 \cdot 5,06 \sim 30 \text{ mm}$$

und die grössere innere Deckung

$$i_v = 0,079 \cdot 30 \sim 2,4 \text{ mm.}$$

Für den Dampfaustritt könnten daher die Kanäle noch um $30 - 2,4 = 27,6 \text{ mm}$, also weit mehr als nötig, geöffnet werden.

Ein Trickschieber würde sich demnach ganz gut für die Steuerung eignen, wenn nicht die Grösse der Exzentrizität zu 30 mm und die der letzteren proportionalen Deckungen resp. die Dimensionen und der Hub des Schiebers für eine Tourenzahl von 350 per Minute einige Bedenken erregen müsste.

Man untersucht daher vorerst, ob für einen Schieber mit dreifacher Einströmung (ein Mal an den Aussenkanten und zwei Mal von dem Rücken des Schiebers aus durch eine dampfdicht vorgestellte Platte) die Exzentrizität noch in passendem Verhältnis zu den inneren Deckungen steht, damit für einfache Ausströmung der Kanal entsprechend weit geöffnet wird.

Für einen solchen Schieber ist

$$r = \frac{a}{3} \cdot 5,06 \sim 20 \text{ mm}$$

$$i_v = 0,079 \cdot 20 \sim 1,6 \text{ mm.}$$

Der Kanal kann daher für den Dampfaustritt im Maximum $r - i_v \sim 18 \text{ mm}$ geöffnet werden, mit welcher Weite die Kanäle vom Schieberspiegel nach den Cylinderenden geführt werden müssten. Die Dampfgeschwindigkeit für den Austritt beträgt dann

$$\frac{26 \cdot 12}{18} = 17,5 \text{ Meter.}$$

Nach den oben notierten Verhältniszahlen wird für

$$r = 20 \text{ mm und } \delta = 59,4^\circ$$

$$e_h = 16 \text{ mm}$$

$$e'_v = 14,8 \text{ mm}$$

$$i_h = -1,9 \text{ mm}$$

$$i_v = 1,6 \text{ mm.}$$

Das Mass t für die Befestigung des Exzenters auf der Welle wird für einen Durchmesser derselben von 55 mm

$$t = 55 \cdot 0,264 = 14,5 \text{ mm.}$$

Bei genauem Einbauen der dem Schieber vorgestellten Platte ist der zuletzt berechnete Schieber dem Trickschieber vorzuziehen.

Aufgabe 7.

Für eine Eincylindermaschine von 200 mm Cylinderdurchmesser, 300 mm Hub, 150 Touren per Minute, ist ein einfacher Schieber zu berechnen.

Lösung:

Diese Maschine besitzt 1,5 Meter Kolbengeschwindigkeit.

Die Geschwindigkeit für den eintretenden Dampf werde mit 26 Meter, die Kanalbreite $b = 0,7 D$ angenommen.

Nach Tabelle VII wird die Kanalweite

$$a = 43 \cdot 1,5 \cdot 0,2 \sim 13 \text{ mm.}$$

Die Füllung, welche der Schieber bei einer linearen Voreilung $v_h = 0,2 a$ zulassen soll, sei 0,65.

Dazu ist aus Tabelle IV

$$\begin{aligned} \delta &= 42,2^\circ, \frac{e+v}{r} = 0,672 \\ r &= 2,44 a = 31,8 \sim 32 \text{ mm} \\ e_h &= 0,59 \cdot 32 = 18,9 \text{ mm} \left(\frac{se}{s} = 0,65 \right) \\ e'_v &= 0,507 \cdot 32 = 16,2 \text{ mm} \left(\frac{se'}{s} = 0,60 \right) \end{aligned}$$

Aus Tabelle VIII findet sich zu diesen Deckungen die Voreinströmung (bei $\delta = 42,2^\circ$) hinten zu 0,4 %, vorne zu 0,9 %.

Zu dem Voreilungswinkel $\delta = 42,2^\circ$ können als geeignete Werte aus Tabelle VI entnommen werden:

	Kompression	Vorausströmung	innere Deckung
hinten	16 %	10,2 %	$i_h = 0,017 r = 0,5 \text{ mm}$,
vorne	16 %	9,4 %	$i_v = 0,166 r = 5,3 \text{ mm}$.

Zum Aufkeilen des Exzenters wird aus derselben Tabelle der Wert

$$\frac{t}{d} = 0,405 \text{ benutzt.}$$

Für eine Exzenterbohrung $= 95 \text{ mm}$ wird dann

$$t = 95 \cdot 0,405 = 38,4 \text{ mm.}$$

Für die Auslassöffnung der Kanäle sind zur Verfügung $r - i_v = 32 - 5,3 \sim 26 \text{ mm}$; da dies sehr reichlich wäre, sei die Kanalweite nach den Cylinderenden 18 mm gewählt, und wird dabei die Geschwindigkeit für den austretenden Dampf

$$= \frac{26 \cdot 13}{18} \sim 19 \text{ Meter.}$$

Aufgabe 8.

Eine Eincylindermaschine von 180 mm Cylinderdurchmesser, 190 mm Hub, 240 Touren per Minute, soll einen Trickschieber für ca. 40 % Füllung erhalten.

Lösung:

Kolbengeschwindigkeit $c = 0,19 \cdot \frac{24}{3} = 1,52 \text{ Meter}$. Die Kanalbreite werde mit $b = 130 \text{ mm}$, also $\frac{b}{D} = 0,725$ angenommen.

Zu einer Dampfgeschwindigkeit von 24 Meter wird aus Tabelle VII

$$\begin{aligned} a &= \frac{1}{2} (46,5 + 43,5) \cdot 0,18 \cdot 1,52 \\ a &= 12,3 \text{ mm} \sim 13 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Für den Trickschieber nehmen wir $\frac{a}{2} = 7$, und wird dann bei $v_h = 0,2 a$ aus Tabelle IV

	hinten	vorne
Füllung	0,42	0,37
Exzentrizität	$r = 4,31 \cdot \frac{a}{2} = 30 \text{ mm}$	
δ	54,6°	
$\frac{e+v}{r}$	0,815	
äußere Deckung	$= 0,768 \cdot 30 = 23 \text{ mm}$	$0,698 \cdot 30 = 21 \text{ mm}$

ferner aus Tabelle VI bei $\delta = 54,6^\circ$

Kompression	23 %	23 %
Vorausströmung	18,9 %	18,4 %
innere Deckung	$= 0,031 \cdot 30 = 1 \text{ mm}$	$0,138 \cdot 30 = 4,1 \text{ mm}$
$\frac{t}{d}$	$= 0,303$.	

Aufgabe 9.

Wie gross ist die Geschwindigkeit des eintretenden Dampfes bei der in Aufgabe 8 behandelten Steuerung nach einem Kolbenwege von 0,20?

Lösung:

Nach Tabelle X ist bei $\delta = 54,6^\circ$ die Kanaleröffnung nach einem Kolbenwege von 0,20

$$\text{hinten } a_1 = 0,204 \cdot r = 6,1 \text{ mm,}$$

$$\text{vorne } a_1' = 0,224 \cdot r = 6,7 \text{ mm.}$$

Für den Trickschieber verdoppeln sich diese Werte, sodass

$$a_1 = 12,2 \text{ mm,}$$

$$a_1' = 13,4 \text{ mm.}$$

Aus Tabelle II findet sich bei einem Kolbenwege von 0,20 die Kolbengeschwindigkeit

$$\text{hinten } 1,35 \cdot c_m = 2,05 \text{ Meter,}$$

$$\text{vorne } 1,19 \cdot c_m = 1,81 \text{ Meter,}$$

wobei hier $c_m = 1,52$ = der mittleren Kolbengeschwindigkeit.

Da bei $a = 12,3$ und $c_m = 1,52$ die Dampfgeschwindigkeit 24 Meter beträgt, so wird dieselbe bei 0,20 Kolbenweg

$$\text{hinten } \frac{24 \cdot 12,3 \cdot 2,05}{12,2 \cdot 1,52} = 32,5 \text{ Meter,}$$

$$\text{vorne } \frac{24 \cdot 12,3 \cdot 1,81}{13,4 \cdot 1,52} = 26,2 \text{ Meter.}$$

Aufgabe 10.

Es sei die Grösse der Exzentrizität für eine Füllung von 0,40 bei einer linearen Voreilung $v_h = 0,4 a$ zu einer Kanalweite $a = 26$ mm zu bestimmen.

Lösung:

Die Grösse dieser Exzentrizität kann aus den Tabellen nicht entnommen werden. Zur Berechnung eignet sich jedoch Gleichung (13) Seite 7

$$r = \frac{a - \frac{v}{2}}{1 - \sqrt{\frac{6 - 7 \frac{se}{s} + \left(\frac{se}{s}\right)^2}{2 \left(3 - \frac{se}{s}\right)}}} \sim 106 \text{ mm.}$$

Oder es kann aus Tabelle III für $\frac{se}{s} = 0,40$, $\frac{r_0}{a} = 5,09$ und für $v_h = 0,4 a$ aus der Ergänzungstabelle $\frac{r}{r_0} = 0,8$ gefunden werden.

Damit ist dann

$$r = 0,8 \cdot r_0 = 0,8 \cdot 5,09 \cdot 26 \sim 106 \text{ mm.}$$

B) Eincylindermaschinen mit Expansions-Schiebersteuerung (Doppelschiebersteuerung).

Aufgabe 11.

Es soll für die in Aufgabe 7 behandelte Eincylindermaschine von 200 mm Cylinderdurchmesser, 300 mm Hub, 150 Touren per Minute, eine Steuerung mit fixer Expansion und zwar für eine Füllung von 25% entworfen werden.

Lösung:

Für diese Steuerung wird ein Verteilungsschieber zur Bethätigung der Voreinströmung, der Kompression und der Vorausströmung und ein Expansionschieber mit unveränderlicher Kantenentfernung, welcher nur die Füllung rechtzeitig zu beenden hat, verwendet.

Zur Bestimmung des Verteilungsschiebers nehmen wir vorerst eine Kompression von ca. 14% und eine Vorausströmung von ca. 5–6% als geeignet an. Hierzu findet sich aus Tabelle VI bei $\delta_g = 35,7^\circ$.

	Kompression	Vorausströmung	$\frac{i}{r}$
hinten	14%	5,8%	0,082
vorne	14%	4,8%	0,219

$$\frac{t_g}{d} = 0,457.$$

Zu $\delta_g = 35,7^\circ$ entnimmt man ferner aus Tabelle IV bei $v_h = 0,2a$

$$\frac{r_g}{a} = 1,92$$

$$\frac{e + v}{r_g} = 0,583$$

$$\frac{e_h}{r_g} = 0,477 \quad \left(\frac{se}{s} = 0,76 \right)$$

$$\frac{e'_v}{r_g} = 0,397 \quad \left(\frac{se'}{s} = 0,72 \right)$$

Nehmen wir die Kanalweite wie in Aufgabe 7

$$a = 13 \text{ mm},$$

so wird

$$r_g = 1,92 \cdot 13 = 25 \text{ mm}$$

$$e + v = 0,583 \cdot 25 = 14,6 \text{ ,,}$$

$$e_h = 0,477 \cdot 25 = 11,9 \text{ ,,}$$

$$e'_v = 0,397 \cdot 25 = 9,9 \text{ ,,}$$

$$i_h = 0,082 \cdot 25 = 2,1 \text{ ,,}$$

$$i_v = 0,219 \cdot 25 = 5,5 \text{ ,,}$$

$$v_h = e + v - e_h = 2,7 \text{ ,,}$$

$$v_v = e + v - e'_v = 4,7 \text{ ,,}$$

Bei einem Wellendurchmesser von 95 mm wird ferner

$$t_g = 0,457 \cdot 95 = 43,5 \text{ mm.}$$

Die Voreinströmung, bezogen auf den Kolbenhub, beträgt nach Tabelle VIII bei $\delta_g = 35,7^\circ$

$$\text{hinten } 0,5\%,$$

$$\text{vorne } 0,9\%.$$

Für den Auslass wird der Kanal geöffnet um

$$r_g - i_v = 25 - 5,5 = 19,5 \text{ mm.}$$

Die Kanäle im Cylinder können daher mit 18 mm Weite (für 19 Meter Dampfgeschwindigkeit) wie in Aufgabe 7 gewählt werden.

Zur Berechnung des Expansionschiebers entnehmen wir aus Tabelle XI (für $v_h = 0,2a$) bei $\delta_g = 35,7^\circ$

$$\delta_e = 80,0^\circ$$

$$\delta' = 40,1^\circ$$

$$r_r = 0,808 \cdot r_g = 20,2 \text{ mm}$$

$$r_e = 1,12 \cdot r_g = 28 \text{ ,,}$$

$$t_e = 0,087 \cdot d = 8,3 \text{ ,,}$$

Diese Werte werden beibehalten.

Die Tabelle XIII gibt bei $\delta' = 40,1^\circ$ und bei 0,25 Füllung die relativen Kantenentfernungen

$$k_{25} = \frac{0,154 + 0,365}{2} \cdot r_r = 0,26 \cdot 20,2 = 5,3 \text{ mm}$$

$$k'_{25'} = \frac{0,311 + 0,528}{2} \cdot r_r = 0,42 \cdot 20,2 = 8,5 \text{ mm}$$

ferner ist $k_0 = -0,644 \cdot 20,2 = -13 \text{ mm}$

daher $k_0^{25} = 18,3 \text{ mm}$ und

$$k'_n = k_{25} + k'_{25'} - k_0^{25} = 13,8 - 18,3 = -4,5 \text{ mm.}$$

Nach Annahme der Kanäle im Rücken des Grundschiebers sind mit

$$k_{25} = 5,3 \text{ mm und } k'_{25} = 8,5 \text{ mm}$$

die Lappenlängen des Expansionsschiebers bestimmt.

Derselbe ist dann so einzustellen, dass bei Kurbelstellung im toten Punkte hinten die relative Kantenentfernung hinten $k_0^{25} = 18,3 \text{ mm}$ und die gleichzeitige relative Kantenentfernung vorne $k'_n = -4,5 \text{ mm}$ (Deckung) beträgt.

ANMERKUNG. Die oben ermittelten relativen Kantenentfernungen entsprechen nicht genau den Füllungen von 0,25, wie sich bei Betrachtung einer Figur für die Steigungsgeraden ersehen lässt. Die Differenz ist jedoch unwesentlich.

Aufgabe 12.

Eine liegende Eincylindermaschine ohne Kondensation von 300 mm Cylinderdurchmesser, 600 mm Hub, 100 Touren per Minute, soll eine Meyersteuerung mit grosser Schraube (nach Art der Guhrsteuerung) erhalten.

Lösung:

Es sei $\frac{b}{D} = 0,7$, also $b = 0,7 \cdot 300 = 210 \text{ mm}$ und die Dampfgeschwindigkeit für den Eintritt 30 Meter angenommen.

Da die Kolbengeschwindigkeit

$$c = 0,6 \cdot \frac{100}{30} = 2 \text{ Meter, so}$$

wird aus Tabelle VII die Kanalweite

$$a = 37 \cdot 2 \cdot 0,3 = 22,2 \sim 22 \text{ mm.}$$

Zur Bestimmung des Grundschiebers hat man nun vor allem Kompression und Vorausströmung festzusetzen, und seien 16% Kompression bei 6–7% Vorausströmung angemessen.

Aus Tabelle VI findet sich bei $\delta_g = 38,2^\circ$ und

$$\frac{e+v}{r} = 0,618$$

	Kompression	Vorausströmung	$\frac{i}{r_g}$
hinten	16%	6,7%	0,087
vorne	16%	5,5%	0,234

$$\text{und } \frac{t_g}{d} = 0,437$$

Mit Tabelle IV ergibt sich ferner für $v_h = 0,2a$ und bei $\delta_g = 38,2^\circ$

$$r_g = 2,1 \cdot a = 2,1 \cdot 22 \sim 46 \text{ mm}$$

und damit

$$e_h = 0,522 \cdot 46 = 24 \text{ mm} \quad \left(\frac{se}{s} = 0,72 \right)$$

$$e'_v = 0,440 \cdot 46 = 20,2 \text{ mm} \quad \left(\frac{se'}{s} = 0,68 \right)$$

Nach Tabelle VIII wird dabei die Voreinströmung hinten 0,5%, vorne 0,9%.

Zur Exzentrizität $r_g = 46 \text{ mm}$ erhält man nach obigen Koeffizienten die inneren Deckungen

$$i_h = 4 \text{ mm}$$

$$i_v = 10,8 \text{ mm}$$

Die lineare Voreilung beträgt, da $e+v = 0,618 \cdot 46 = 28,4 \text{ mm}$,

$$v_h = e+v - e_h = 4,4 \text{ mm} = 0,2a$$

$$v_v = e+v - e'_v = 8,2 \text{ mm.}$$

Für einen Wellendurchmesser $d = 150 \text{ mm}$ wird $t_g = 0,437 \cdot 150 = 65,5 \text{ mm}$.

Hiernach ist der Grundschieber vollständig bestimmt.

Für den Expansionsschieber benutzt man zuerst Tabelle XI (für $v_h = 0,2a$), indem man bei $\delta_g = 38,2^\circ$ die zugehörigen Werte entnimmt:

$$\begin{aligned}\delta_e &= 79,5^\circ; \delta' = 38,7^\circ \\ r_r &= 0,747 \cdot r_g = 34,4 \text{ mm} \\ r_e &= 1,104 \cdot r_g = 50,8 \approx 51 \text{ mm} \\ t_e &= 0,091 \cdot d = 13,6 \text{ mm}.\end{aligned}$$

Die Grösse der Relativ-Exzentrizität mit $r_r = 34,4$ mm behalten wir bei, da dieselbe getrennte Exzenter bei der Bearbeitung gar nicht auftritt.

Die Abrundung der Expansions-Exzentrizität von 50,8 auf 51 mm hat auf die weite Resultate einen nur unmerklichen Einfluss.

Zu $\delta' = 38,7^\circ$ entnimmt man aus Tabelle XIII für $v_h = 0,2a$ und für eine Veränderung der Füllungen auf der Deckelseite von 00–50% die relativen Kantenentfernungen:

hinten	vorne (korrigiert)
$k_{00} = -0,709 \cdot r_r = -24,4 \text{ mm}$	$k'_{00'} = -0,625 \cdot r_r = -21,5 \text{ mm}$
$k_0 = -0,625 \cdot r_r = -21,5 \text{ mm}$	
$k_5 = 0,713 \cdot r_r = 24,5 \text{ mm}$	$k'_{5'} = 0,889 \cdot r_r = 30,6 \text{ mm}$

Daher

$$\begin{aligned}k_{00}^5 &= 24,4 + 24,5 = 48,9 \text{ mm} & k'_{00'}^{5'} &= 21,5 + 30,6 = 52,1 \text{ mm} \\ k_0^5 &= 21,5 + 24,5 = 46 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{und } k'_n = k_5 + k'_{5'} - k_0^5 = 24,5 + 30,6 - 46 = 9,1 \text{ mm}.$$

Tabelle XIII lässt erkennen, dass, während die Füllungen hinten von 00–50% verändert werden, dieselben auf der Kurbelseite von 0 bis zu einer der relativen Kantenentfernung 0,889 entsprechenden Füllung, d. i. $\approx 55\%$, variieren.

Da 0,889 kleiner als die unterstrichene Zahl 0,929, ist ein zu frühes Wiedereröffnen nicht zu befürchten.

Die Füllungen hinten und vorne sind bei 0,15 und 0,20 fast gleich, bei 0,30 ganz gleich $k_5 = 24,5$ mm und $k'_{5'} = 30,6$ mm sind zur Aufzeichnung der Schieber in der relativ Mittellage bei tiefster Regulatorstellung zu benutzen.

Aus den gesamten Kantenverschiebungen $k_{00}^5 = 48,9$ mm und $k'_{00'}^{5'} = 52,1$ mm sind Steigungen der Schraube zu berechnen. Da diese Steigungen nicht grösser als 1:8 sein soll ergibt sich für eine Verdrehung der Expansionschieberstange von $0,9 \cdot 360^\circ = 324^\circ$ der Kreisdurchmesser der Schraube aus

$$\frac{0,9 \cdot s \cdot \pi}{k'_{00'}^{5'}} \approx 8.$$

Wir nehmen daher

$$s = \frac{8 \cdot 52,1}{0,9 \cdot 3,14} \approx 148 \text{ mm}.$$

Für die angegebene Verdrehung wird nun die Steigung der Schraube auf den ganzen Umfang

$$\text{vorne } \frac{52,1}{0,9} = 57,9 \text{ mm},$$

$$\text{hinten } \frac{48,9}{0,9} = 54,3 \text{ mm}.$$

Der Expansionsschieber ist so einzustellen, dass bei tiefster Regulatorlage und bei Kurstellung im toten Punkte hinten die relative Kantenentfernung hinten $k_0^5 = 46$ mm und gleichzeitig relative Kantenentfernung vorne $k'_n = 9,1$ mm beträgt.

Aufgabe 13.

Für eine liegende Eincylindermaschine mit Kondensation von 420 mm Cylinderdurchmesser 850 mm Hub, 80 Touren per Minute, sind die Hauptdimensionen der Steuerung anzugeben.

Lösung:

Es werde $b = 0,75 \cdot D = 315$ mm und die Dampfgeschwindigkeit für den Eintritt $v = 33$ Meter angenommen.

Aus Tabelle VII wird hierzu die Kanalweite

$$a = 32 \cdot 0,42 \cdot 2,27 = 30,5 \sim 30 \text{ mm},$$

wobei die Kolbengeschwindigkeit $c = 2,27$ Meter.

Die Kompression sei mit ca. 24%, die Vorausströmung mit ca. 7–8% anzunehmen.

Aus Tabelle VI ergibt sich hierzu ein

$$\sphericalangle \delta_g = 46,2^\circ.$$

Da jedoch die Voreinströmung in diesem Falle nach $v_h = 0,3a$ gewählt werden soll, hat man aus Tabelle V den nächstliegenden $\sphericalangle \delta_g$ mit

$$\underline{\delta_g = 46,3^\circ}$$

zu nehmen.

Hierzu wird durch Interpolation aus Tabelle VI

	Kompression	Vorausströmung	$\frac{i}{r_g}$
hinten	24 %	8,9 %	0,135
vorne	24 %	7,3 %	0,304

$$\frac{t_g}{d} = 0,372.$$

Aus Tabelle V

$$\frac{r_g}{a} = 2,53$$

$$\frac{e + v}{r_g} = 0,723$$

$$\frac{e_h}{r_g} = 0,604 \quad \left(\frac{se}{s} = 0,61 \right)$$

$$\frac{e'_v}{r_g} = 0,518 \quad \left(\frac{se'}{s} = 0,56 \right)$$

Nach Tabelle IX wird die Voreinströmung dabei

hinten	0,8 %
vorne	1,4 %

Für die Kanalweite $a = 30$ würde nun

$$r_g = 2,53 \cdot 31 = 75,9 \sim 76 \text{ mm}.$$

Diese Exzentrizität hätte jedoch sehr grosse Schieber- und Exzenterdimensionen und sehr grosse Schieberreibungsarbeit zur Folge.

Wir wählen daher für diesen Fall statt des gewöhnlichen Grundschiebers einen solchen mit doppelter Einströmung und doppelter Ausströmung (nach Art des Gitterschiebers von Borsig), auf dessen Rücken der Expansionsschieber ebenfalls doppelte Einströmung giebt.

Die Kanalweite für den Dampfeintritt wird dann

$$a = \frac{30}{2} = 15 \text{ mm},$$

ferner

$$\begin{aligned} r_g &= 2,53 \cdot 15 = 38 \text{ mm} \\ e + v &= 0,723 \cdot 38 = 27,5 \text{ ,,} \\ e_h &= 0,604 \cdot 38 = 23 \text{ ,,} \\ e'_v &= 0,518 \cdot 38 = 19,7 \text{ ,,} \\ i_h &= 0,135 \cdot 38 = 5,1 \text{ ,,} \\ i_v &= 0,304 \cdot 38 = 11,6 \text{ ,,} \\ v_h &= e + v - e_h = 4,5 \text{ ,,} = 0,3a \\ v_v &= e + v - e'_v = 7,8 \text{ ,,} \end{aligned}$$

Mit $\sphericalangle \delta_g = 46,3^\circ$ findet sich für $v_h = 0,3a$ aus Tabelle XII

$$\delta_e = 81,0^\circ$$

$$\delta' = 34,8^\circ$$

$$r_r = 0,633 \cdot r_g = 24 \text{ mm}$$

$$r_e = 1,098 \cdot r_g = 41,7 \sim 42 \text{ mm},$$

ferner

$$\frac{t_e}{d} = 0,078.$$

Die Füllungen sollen während der Zurücklegung des Regulatorhubes auf der Deckelseite vom Beginne der Voreinströmung bis 0,40, also von 000 – 0,40 verändert werden.

Dazu entnimmt man aus Tabelle XIII bei $\delta' = 34,8^\circ$

hinten	vorne (korrigiert)
$k_{000} = -0,693 \cdot r_r = -16,6 \text{ mm}$	$k'_{000'} = -0,627 \cdot r_r = -15,0 \text{ mm}$
$k_0 = -0,571 \cdot r_r = -13,7 \text{ mm}$	
$k_4 = 0,618 \cdot r_r = 14,8 \text{ mm}$	$k'_{4'} = 0,793 \cdot r_r = 19,0 \text{ mm}$

Daher zur Berechnung der Steigungen

$k_{000}^4 = 16,6 + 14,8 = 31,4 \text{ mm}$	$k'_{000}{}^{4'} = 15,0 + 19,0 = 34,0 \text{ mm}$
---	---

und zur Einstellung des Expansionsschiebers

$$k_0^4 = k_0 + k_4 = 28,5 \text{ mm und}$$

$$k'_n = k_4 + k'_{4'} - k_0^4 = 14,8 + 19 - 28,5 = 5,3 \text{ mm.}$$

Nach Tabelle XIII sind gleiche Füllungen hinten und vorne bei 0,10; 0,15; 0,20 und 0,30.

C) Compoundmaschinen.

Aufgabe 14.

Eine liegende Compoundmaschine von 300/450 mm Cylinderdurchmesser, 600 mm Hub, 100 Touren per Minute soll am Hochdruckcylinder Ridersteuerung, am Niederdruckcylinder Trick'schen Schieber erhalten.

Lösung:

a) Hochdrucksteuerung.

Dem flachen Grundschieber werde eine Kanalbreite $b = 0,7 D = 210 \text{ mm}$ gegeben; ferner sei eine Geschwindigkeit von 33 Meter für den eintretenden Dampf zulässig.

Bei der Kolbengeschwindigkeit von 2 Meter wird aus Tabelle VII die Kanalweite

$$a = 34 \cdot 0,3 \cdot 2 = 20,4 \sim 21 \text{ mm.}$$

Die Kompression soll ca. 10%, die Vorausströmung ca. 3–4% betragen.

Nach Tabelle VI ist ein Voreilungswinkel

$$\delta_g = 30^\circ$$

zu wählen.

Für denselben wird

	Kompression	Vorausströmung	innere Deckung
hinten	10%	4,2%	$i_h = 0,064 r_g$
vorne	10%	3,4%	$i_v = 0,188 r_g$

und $t_g = 0,5 d$.

Mit $v_h = 0,2 a$ wird bei $\delta_g = 30^\circ$ aus Tabelle IV

$$r_g = 1,6 \cdot a = 1,6 \cdot 21 \sim 34 \text{ mm}$$

und damit

	äußere Deckung	Füllung
hinten	$e_h = 0,375 \cdot 34 = 12,7 \text{ mm}$	0,84
vorne	$e_v' = 0,302 \cdot 34 = 10,3 \text{ mm}$	0,81

Nach Tabelle VIII wird dabei die Voreinströmung

hinten 0,6%, vorne 0,9%.

Zur Exzentrizität $r_g = 34 \text{ mm}$ berechnen sich nun auch die inneren Deckungen

$$i_h = 0,064 \cdot 34 = 2,2 \text{ mm,}$$

$$i_v = 0,188 \cdot 34 = 6,3 \text{ mm.}$$

Wenn $d = 150$ wird, $t_g = 75 \text{ mm}$.

Der Grundschieber ist hiermit bestimmt.

Für den Expansionsschieber findet man aus Tabelle XI (zu $v_h = 0,2 a$) bei $\delta_g = 30^\circ$

$$\delta_e = 81,4^\circ; \delta' = 43,2^\circ$$

$$r_r = 0,95 \cdot r_g = 0,95 \cdot 34 = 32,3 \text{ mm}$$

$$r_e = 1,163 \cdot r_g = 1,163 \cdot 34 = 39,5 \text{ mm}$$

$$t_e = 0,075 \cdot d = 0,075 \cdot 150 = 11,3 \text{ mm.}$$

r_r behalten wir aus öfter erwähntem Grunde = 32,3 bei, ebenso auch $r_e = 39,5$, da dies bei der Bearbeitung und auch bei der Konstruktion keine Umstände verursacht.

Zu $\delta' = 43,2^\circ$ entnimmt man aus Tabelle XIII für $v_n = 0,2a$ und für eine Veränderung der Füllungen von 00–60% auf der Deckelseite die relativen Kantenentfernungen

hinten	vorne (korrigiert)
$k_{00} = -0,779 \cdot r_r = -25,2 \text{ mm}$	$k'_{00'} = -0,684 \cdot r_r = -22,1 \text{ mm}$
$k_0 = -0,684 \cdot r_r = -22,1 \text{ mm}$	
$k_6 = 0,793 \cdot r_r = 25,6 \text{ mm}$	$k'_{6'} = 0,994 \cdot r_r = 32,1 \text{ mm}$

Daher

$k_{00}^6 = 25,2 + 25,6 = 50,8 \text{ mm}$	$k'_{00'}{}^6 = 22,1 + 32,1 = 54,2 \text{ mm}$
$k_0^6 = 22,1 + 25,6 = 47,7 \text{ mm}$	
$k'_n = k_6 + k'_{6'} - k_0^6 = 25,6 + 32,1 - 47,7 = 10 \text{ mm.}$	

Aus Tabelle XIII lässt sich noch ersehen, dass, während die Füllungen hinten von 00–60% verändert werden, dieselben auf der Kurbelseite von 0 bis zu einer der relativen Kantenentfernung $0,994 r_r$ entsprechenden Füllung, d. i. bis 80%, variieren.

Ein zu frühes Wiedereröffnen würde erst bei Füllungen $> 81\%$ (siehe Tabelle XIV) eintreten.

Die relativen Kantenentfernungen $k_6 = 25,6 \text{ mm}$ und $k'_{6'} = 32,1 \text{ mm}$ sind zur Aufzeichnung des Riderschiebers für die relative Mittellage bei tiefster Regulatorstellung zu benutzen.

$k_{00}^6 = 50,8 \text{ mm}$ und $k'_{00'}{}^6 = 52,2 \text{ mm}$ stellen die gesamten relativen Kantenverschiebungen dar, aus welchen die Steigungen des Riderschiebers zu berechnen sind.

Nach Seite 41, Gleichung (57) wird der Durchmesser des letzteren

$$d_\varepsilon = 0,6 b \text{ bis } 0,75 b.$$

Wir nehmen $d_\varepsilon = 0,7 \cdot 210 \approx 140 \text{ mm}$.

Der Regulator verdrehe den Expansionsschieber um 54° .

In der Abwicklung entspricht dies einer Verschiebung von

$$\frac{140 \cdot \pi \cdot 54}{360} = 66 \text{ mm.}$$

Heißt man den Winkel, welchen die Schräge der Kanten mit der Richtung der Verschiebung in der Abwicklung bildet, auf der Deckelseite α , auf der Kurbelseite α' , so sind die Steigungen so zu bestimmen, dass

hinten	$\text{tg } \alpha = \frac{50,8}{66},$
vorne	$\text{tg } \alpha' = \frac{54,2}{66}.$

Bei der Montage ist der Expansionsschieber so einzustellen, dass bei tiefster Regulatorlage und bei Kurbelstellung im toten Punkte hinten die relative Kantenentfernung hinten $k_0^6 = 47,7 \text{ mm}$ und gleichzeitig vorne $k'_n = 10 \text{ mm}$ beträgt.

b) Niederdrucksteuerung.

a) Für Auspuffmaschine.

Die Geschwindigkeit des eintretenden Dampfes betrage 28 Meter, das Verhältnis $\frac{b}{D} = 0,75$, also $b = 340 \text{ mm}$.

Aus Tabelle VII wird hierzu

$$a = 37,5 \cdot 2 \cdot 0,45 = 34 \text{ mm.}$$

Für die Berechnung des Trickschiebers ist eine Kanalweite $\frac{a}{2} = 17 \text{ mm}$ zu Grunde zu legen.

Dem Zylinderverhältnisse würde nun eine Füllung des Niederdruckzylinders von 0,45 entsprechen.

Zu einer linearen Voreilung $v_n = 0,2a$ findet sich aus Tabelle IV bei $\frac{se}{s} = 0,45$ der Voreilungswinkel $\delta = 53,2^\circ$.

Die Kompression sei mit 14–16% angemessen, die Vorausströmung genüge mit 6–8%.

Nun ergibt sich aus Tabelle VI bei $\delta = 53,2^\circ$ und 14–16% Kompression eine Vorausströmung von ca. 25%.

Da andererseits aus derselben Tabelle für $\delta = 53,2^\circ$ bei einer Vorausströmung von ca. 14% eine Kompression von ca. 25% eintritt und sowohl diese letztere als auch die Vorausströmung von 25% viel zu gross sein würde, so muss der Winkel δ und damit die Füllung geändert werden, und zwar muss der Voreilungswinkel geringer, die Füllung grösser werden.

Man findet bei

$$\delta = 47,2^\circ$$

	Kompression	Vorausströmung	innere Deckung
hinten	16%	15,7%	$i_h = -0,07 \cdot r$
vorne	16%	15,5%	$i_v = 0,079 \cdot r$

Aus Tabelle IV entnimmt man zu $\delta = 47,2^\circ$

$$r = 3,01 \cdot 17 \approx 51 \text{ mm}; \quad \frac{e + v}{r} = 0,734$$

$$e_h = 0,667 \cdot r = 34 \text{ mm} \quad \left(\frac{se}{s} = 0,56 \right)$$

$$e_v'' = \frac{0,505 + 0,586}{2} \cdot r = 27,8 \text{ mm} \quad \left(\frac{se'}{s} = \frac{0,51 + 0,56}{2} = 0,535 \right)$$

Mit $r = 51 \text{ mm}$ wird

$$i_h = -3,6 \text{ mm}$$

$$i_v = 4 \text{ mm}$$

und aus Tabelle VI $t = 0,365 \cdot d = 0,365 \cdot 150 = 54,8 \text{ mm}$.

Die nunmehr angenommenen Kompressions- und Vorausströmungs-Verhältnisse bedingen also eine Füllung von 0,56 resp. $\approx 0,54$. Diese Füllung ist bedeutend grösser als das Cylinder-Verhältnis verlangt und wird daher am Ende der Expansion im Hochdruckcylinder einen ziemlichen Spannungsfall verursachen.

Wenn man nun auch voraussetzen würde, dass der hierdurch hervorgerufene Arbeitsverlust jenem gleich wäre, welcher bei einem $\delta = 53,2^\circ$ und bei 14–16% Kompression und ca. 25% Vorausströmung durch diese viel zu grosse Vorausströmung eintreten würde, so sind doch der Voreilungswinkel mit $\delta = 47,2^\circ$ und die daraus abgeleiteten Dimensionen vorzuziehen, weil Exzentrizität und Deckungen, also der ganze Schieber und die Schieberreibungsarbeit kleiner werden.

Für den Dampfaustritt könnte eine Kanalöffnung

$$r - i_v = 51 - 4 = 47 \text{ mm}$$

benutzt werden.

Wir wählen die Kanalweite im Cylinder 42 mm und erhalten für den Austritt eine Dampfgeschwindigkeit von

$$\frac{28 \cdot 34}{42} \approx 23 \text{ Meter.}$$

β) Für Kondensationsmaschine.

Es sei hierbei Bedingung, dass sowohl das Modell des Schiebers als auch des Exzenters für die unter α) behandelte Auspuffmaschine verwendet werden soll. Die Dampfgeschwindigkeit soll für den Einlass nicht grösser als 33 Meter werden und das Exzenterbügelmodell gestatte unverändert eine Exzentrizität von 54 mm.

Bei der Kondensationsmaschine ist eine grössere Kompression und eine grössere Vorausströmung notwendig. Hierdurch wird eine kleinere Füllung und ein kleinerer Spannungsfall am Ende der Expansion im Hochdruckcylinder bedingt.

Die Voreinströmung nehmen wir, um r möglichst klein zu erhalten, nach $v_h = 0,3a$.

Durch Vergleich der Tabellen V und VI ergibt sich als geeignet ein Voreilungswinkel

$$\delta = 52,9^\circ$$

dem 24% Kompression bei 15–16% Vorausströmung entsprechen.

Nach Tabelle V wird dazu

$$r = 3,47 \cdot \frac{a}{2}$$

oder für $r = 54 \text{ mm}$

$$\frac{a}{2} = 15,5 \text{ mm} \approx 15 \text{ mm}$$

Die Dampfgeschwindigkeit wird dann beim Vergleich mit der Auspuffmaschine

$$\frac{28 \cdot 17}{15} = 32 \text{ Meter.}$$

$$\delta = 52,9^\circ; \frac{a}{2} = 15 \text{ mm}; r = 54 \text{ mm}$$

genügen also den Bedingungen.

Ferner wird

$$e + v = 0,793 \cdot 54 = 42,8 \text{ mm}$$

$$e_h = 0,704 \cdot 54 = 38 \text{ mm} \quad \left(\frac{se}{s} = 0,48 \right)$$

$$e''_v = \left(\frac{0,543 + 0,624}{2} \right) \cdot 54 = 31,5 \text{ mm} \quad \left(\frac{se''}{s} = 0,45 \right)$$

$$v_h = e + v - e_h = 4,8 \text{ mm}$$

$$v_v = e + v - e''_v = 11,3 \text{ mm.}$$

Tabelle VI giebt durch Interpolation die Werte

(für $\delta = 52,9^\circ$)

	Kompression	Vorausströmung	$\frac{i}{r}$
hinten	24 %	16 %	0,021
vorne	24 %	15 %	0,193

$$\frac{t}{d} = 0,318$$

oder $i_h = 0,021 \cdot 54 = 1,1 \text{ mm}$

$i_v = 0,193 \cdot 54 = 10,4 \text{ mm}$

und $t = 0,318 \cdot 150 = 47,7 \text{ mm.}$

Für den Austritt wird

$$r - i_v = 54 - 10,4 = 43,6 \text{ mm.}$$

Die Kanäle im Cylinder können daher mit 42 mm Weite beibehalten werden.

Aufgabe 15.

Für eine liegende Tandem-Verbundmaschine mit Kondensation von 320/450 mm Cylinderdurchmesser, 300 mm Hub, 200 Touren per Minute, seien am Hochdruckcylinder eine Ridersteuerung mit flachem Grund- und cylindrischem Expansionsschieber, am Niederdruckcylinder ein Trick'scher Schieber so anzuordnen, dass der Grundschieber des Hochdruckcylinders und der Trick'schieber durch dasselbe Exzenter angetrieben werden. Der Niederdruckcylinder liege dabei hinter dem Hochdruckcylinder.

Lösung:

Nach Annahme z. B. der Füllung des Niederdruckcylinders und der Kanalweite im Trick'schieber ist damit der Voreilungswinkel, die Grösse der Exzentrizität, die grösste Kanaleröffnung, sowie die Füllung auch für den Grundschieber des Hochdruckcylinders bestimmt.

Die verhältnismässig kleine Füllung für den Grundschieber bedingt ferner reichliche Kompression und Vorausströmung im kleinen Cylinder.

Da jedoch durch den Niederdruckschieber das Schieberstangenmittel und dadurch auch der Schieberspiegel am Hochdruckcylinder mit geringem Spielraum so festgelegt ist, dass die schädlichen Räume des Hochdruckcylinders sehr beträchtlich werden, so kann für diesen eine grössere Kompression gut angewendet werden.

Das Cylinderverhältnis beträgt

$$V_I : V_{II} = 1 : 1,98 = 0,506 : 1$$

Unter Berücksichtigung der Grösse des Receivers sei für den Cylinder II eine Füllung von 0,58 angemessen.

Um nun die Kompression im Cylinder I und die Exzentrizität nicht übermässig gross zu erhalten, nehmen wir für Cylinder II eine Füllung von 0,65 und am Ende der Expansion im Cylinder I einen Spannungsfall an.

Bei der grossen Voreilung, welche durch diese Füllung bedingt wird, ist eine Voreinströmung nach $v_h = 0,3a$ unschädlich, und wählen wir die grössere Voreinströmung ebenfalls, um r möglichst klein zu bekommen.

Nach Tabelle V wird zu $\frac{se}{s} = 0,65$

$$\frac{r}{a} = 2,3$$

$$\delta = 44,0^\circ$$

$$\frac{e+v}{r} = 0,695$$

$$\frac{e_h}{r} = 0,564 \quad \left(\frac{se}{s} = 0,65 \right)$$

$$\frac{e'_v}{r} = 0,480 \quad \left(\frac{se'}{s} = 0,60 \right)$$

$$\frac{e''_v}{r} = \frac{1}{2} \cdot \frac{e_v + e'_v}{r} = 0,438 \quad \left(\frac{se''}{s} = 0,625 \right)$$

Zu $\delta = 44,0^\circ$ ergibt Tabelle VI durch Interpolation zwischen den Werten für $\delta = 43,9^\circ$ und $\delta = 44,6^\circ$

	Kompression	Vorausströmung	$\frac{i}{r}$
hinten	20%	9,2%	0,085
vorne	20%	7,9%	0,243

$$\frac{t}{d} = 0,391$$

Diese Verhältnisse sind für beide Cylinder brauchbar.

Zur Bestimmung der Kanalweite sei die Geschwindigkeit des durch den Trickschieber eintretenden Dampfes mit $v = 30$ Meter zulässig.

Für die Kolbengeschwindigkeit

$$c = 0,3 \cdot \frac{200}{30} = 2 \text{ Meter,}$$

und für $b_{II} = 0,8 D_{II} = 360$ mm findet sich zu $v = 30$ Meter aus Tabelle VII

$$a_{II} = 33 \cdot 0,45 \cdot 2 \approx 30 \text{ mm}$$

daher die Kanalweite für den Trickschieber

$$\frac{a_{II}}{2} = 15 \text{ mm.}$$

Die Exzentrizität für den Trickschieber, in Rücksicht auf die Einströmung gerechnet, ist somit

$$r = 2,3 \cdot 15 = 34,5 \text{ mm.}$$

In Rücksicht auf die Ausströmung muss r auch der Gleichung (65) Seite 43 genügen, d. h.

$$r' \geq \frac{m \cdot a_{II}}{1 - \beta}$$

Lassen wir für den Austritt eine Dampfgeschwindigkeit $v = 24$ Meter zu, so wird

$$m = \frac{30}{24} = 1,25$$

und beachten wir ferner, dass $\beta = \frac{i_v}{r} = 0,243$,

$$\text{so muss } r' \geq \frac{1,25 \cdot 30}{1 - 0,243} \geq 50 \text{ mm.}$$

Da $r' > r$, so ist für die fernere Berechnung

$$r = 50 \text{ mm}$$

zu Grunde zu legen.

Die Exzentrizität des Grundschiebers für den Hochdruckcylinder ist nun ebenfalls

$$r_g = 50 \text{ mm}$$

und da ferner $r_g = 2,3 \cdot a_r$ sein muss, so ergibt sich

$$a_r = \frac{50}{2,3} = 21,7 \text{ mm} \sim 21 \text{ mm.}$$

Es sei für

$$D_r = 320 \text{ mm und } c = 2 \text{ Meter}$$

$$a_r = a' \cdot 0,32 \cdot 2 = 21$$

$$\text{oder } a' \sim 32,8$$

Dieser Wert a' ist in Tabelle VII aufzusuchen, und findet man z. B. hierzu die Dampfgeschwindigkeit bei

$\frac{b_r}{D_r} = 0,75$	0,70	0,65	0,60
$v \sim 32$	34	37	40 \text{ Meter.}

Wenn nun auch vorausgesetzt wird, dass sowohl der Trickschieber als auch der Grundschieber des Hochdruckcylinders zu einem grossen Teile entlastet werden, so hat man doch in Rücksicht auf die Belastung des gemeinschaftlichen Exzenters bei der Tourenzahl von 200 per Minute die Schieberdimension b_r möglichst gering zu halten.

Wir nehmen daher $b_r = 0,625 D_r$

$$b_r = 200 \text{ mm}$$

und erhalten eine Dampfgeschwindigkeit von 38,5 Meter für den Eintritt.

Nunmehr kann zur genauen Berechnung der Steuerungen geschritten werden.

a) Hochdrucksteuerung.

Es wird für diese

$$b_r = 200 \text{ mm}$$

$$a_r = 21 \text{ mm}$$

$$\delta_g = 44,0^\circ$$

$$r_g = 50 \text{ mm}$$

$$e + v = 0,695 \cdot r_g = 34,75 \text{ mm}$$

$$e_h = 0,564 \cdot r_g = 28,2 \text{ mm}$$

$$e'_v = 0,480 \cdot r_g = 24 \text{ mm.}$$

Nach Tabelle IX wird bei $\delta = 44,0^\circ$ die Voreinströmung

$$\text{hinten} \quad 0,9\%,$$

$$\text{vorne} \quad 1,4\%.$$

Die lineare Voreilung beträgt

$$\text{hinten} \quad e + v - e_h = 6,5 \text{ mm,}$$

$$\text{vorne} \quad e + v - e'_v = 10,75 \text{ mm.}$$

Ferner berechnet sich die innere Deckung hinten zu 20% Kompression und 9,2% Vorausströmung mit

$$i_h = 0,085 r_g = 4,25 \text{ mm}$$

vorne zu 20% Kompression und 7,9% Vorausströmung mit

$$i_v = 0,243 \cdot r_g = 12,2 \text{ mm.}$$

Zu einem Wellendurchmesser von 155 mm wird

$$t_g = 0,391 \cdot 155 = 60,6 \text{ mm.}$$

Aus Tabelle XII entnimmt man zu $\delta_g = 44,0^\circ$

$$\delta_e = 81,8^\circ$$

$$\delta' = 36,2^\circ$$

$$r_r = 0,692 \cdot r_g = 34,6 \text{ mm}$$

$$r_e = 1,113 \cdot r_g = 55,6 \text{ mm}$$

$$t_e = 0,072 \cdot 155 = 11,2 \text{ mm.}$$

Für die Ausführung nehmen wir

$$r_r = 35 \text{ mm}$$

$$r_e = 56 \text{ mm.}$$

Bei dieser Abrundung von r_r und r_e nach oben kann die Richtung der Relativ-Exzentrizität, also der Winkel d' als unverändert angenommen und daher die Tabellen weiter benutzt werden.

Auch t_e wird sich unmerklich ändern; andernfalls wäre es durch Aufzeichnen des Exzenterdreieckes zu korrigieren.

Vor Anwendung der Tabelle XIII nehmen wir an, dass der Regulator beim Durchlaufen seines Hubes die Füllungen auf der Deckelseite vom Beginne der Voreinströmung (000) bis zu 0,40 verändern soll.

$$\begin{array}{l} \text{Dann wird für} \quad \delta' = 36,2^\circ \text{ und } r_r = 35 \text{ mm} \\ \text{hinten} \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \text{vorne (korrigiert)} \\ k_{000} = -0,718 \cdot r_r = -25,1 \text{ mm} \qquad \qquad \qquad k'_{000}' = -0,640 \cdot r_r = -22,4 \text{ mm} \\ k_0 = -0,590 \cdot r_r = -20,6 \text{ mm} \\ k_4 = 0,599 \cdot r_r = 21 \text{ mm} \qquad \qquad \qquad k'_4' = 0,773 \cdot r_r = 27,1 \text{ mm.} \end{array}$$

Bei Zugrundelegung dieser relativen Kantenentfernungen schliesst der Expansionsschieber hinten bei höchster Regulatorstellung gerade bei Beginn der Voreinströmung, bei tiefster Regulatorstellung bei 0,40 Füllung.

Vorne lässt der Expansionsschieber bei höchster Regulatorstellung noch eine teilweise Voreinströmung zu, schliesst jedoch schon, bevor die Kurbel den toten Punkt erreicht.

Die Maximalfüllung vorne entspricht der relativen Kantenentfernung $0,773 \cdot r_r$ und findet sich aus Tabelle XIII bei $\delta' = 36,2^\circ$ in der oberen wagerechten Reihe durch Interpolation zwischen 0,744 und 0,863 zu ca. 0,43.

Da 0,773 kleiner als der unterstrichene Wert 0,945, ist ein zu frühes Wiederöffnen nicht zu befürchten.

Fast gleiche Füllungen hinten und vorne ergeben sich (beim Vergleiche der beiden wagerechten Reihen auf der Kurbelseite) bei 0,10; 0,15 und 0,20; ganz gleiche Füllungen bei 0,30.

Um zu sehen, wie viel z. B. von der Füllung 0,15 auf der Deckelseite die gleichzeitige Füllung auf der Kurbelseite abweicht, hat man in Tabelle XIII für die Kurbelseite jenen Wert zwischen 0,10 und 0,15 zu suchen, welcher zwischen den Zahlen 0,080 und 0,242 der Zahl 0,232 entspricht.

$$\frac{(15 - 10) (242 - 232)}{242 - 80} = \frac{50}{162} \approx 0,3$$

d. h. bei einer Füllung von 15% auf der Deckelseite, tritt auf der Kurbelseite eine solche von $15 - 0,3 = 14,7\%$ ein.

Die Kenntnis dieser genauen Werte ist jedoch für die Ausführung überflüssig.】

Die relativen Kantenentfernungen

$$\begin{array}{l} k_{000} = -25,1 \text{ mm und } k'_{000}' = -22,4 \text{ mm oder} \\ k_4 = 21 \text{ mm und } k'_4' = 27,1 \text{ mm} \end{array}$$

sind zur Aufzeichnung der Schieber in einer relativen Mittellage zu benutzen.

Die Summe der absoluten Werte derselben

$$k_{000}^4 = 46,1 \text{ mm und } k'_{000}'{}^4 = 49,5 \text{ mm}$$

geben die Kantenverschiebungen, welche den Steigungen zu Grunde zu legen sind.

Endlich erhält man in

$$k_0^4 = 20,6 + 21 = 41,6 \text{ mm}$$

jene relative Kantenentfernung, welche bei der Einstellung des Expansionsschiebers auf der Deckelseite vorhanden sein muss, wenn der Regulator in seiner tiefsten Lage und die Kurbel im toten Punkte hinten steht, während die gleichzeitige relative Kantenentfernung auf der Kurbelseite

$$k_n' = k_4 + k'_4 - k_0^4 = 6,5 \text{ mm}$$

beträgt.

Der Durchmesser des cylindrischen Expansionsschiebers wird nach Gleichung (57) Seite 41

$$d = 0,6 b_1 \text{ bis } 0,75 b_1 = 120 - 150 \text{ mm.}$$

Um die Dampfgeschwindigkeit für den Eintritt nicht allzugross zu erhalten, wählen wir

$$d = 140 \text{ mm.}$$

Dieselbe wird dann

$$\frac{38,5 \cdot 15}{14} = 41,5 \text{ Meter.}$$

Die Verdrehung der Expansionsschieberstange durch den Regulator betrage

$$50^\circ$$

Dies entspricht am Umfange des Riderschiebers einer Bogenlänge von

$$\frac{140 \cdot \pi \cdot 50}{360} = 61,1 \text{ mm.}$$

Während der Expansionsschieber um diesen Bogen verdreht wird, muss eine Kantenverschiebung eintreten.

$$\begin{array}{ll} \text{hinten} & k_{000}^4 = 46,1 \text{ mm,} \\ \text{vorne} & k'_{000}{}^4 = 49,5 \text{ mm} \end{array}$$

Daraus ergeben sich die Steigungen der Abschlusskanten in der Abwicklung des Expansionsschiebers

$$\begin{array}{l} \text{hinten zu } \operatorname{tg} \alpha = \frac{46,1}{61,1} \\ \text{vorne zu } \operatorname{tg} \alpha' = \frac{49,5}{61,1} \end{array}$$

Endlich ist noch zu bestimmen, in welcher Weite die Dampfkanäle vom Schieberspiegel nach den Cylinderenden zu führen sind.

Die Exzentrizität des Grund-Exzenters war

$$r_g = 50 \text{ mm.}$$

Die grösste innere Deckung

$$i_v = 12,2 \text{ mm.}$$

Demnach kann für den Dampfaustritt der Kanal geöffnet werden bis

$$r_g - i_v = 37,8 \text{ mm.}$$

Zu einer Austrittsgeschwindigkeit von 25 Meter muss die Kanalweite im Cylinder

$$\frac{38,5 \cdot 21}{25} \sim 33 \text{ mm sein.}$$

b) Niederdrucksteuerung.

Für dieselbe war

$$b_{11} = 360 \text{ mm,}$$

$$a_{11} = 30 \text{ mm resp. } \frac{a_{11}}{2} = 15 \text{ mm.}$$

Da jedoch in Rücksicht auf die Geschwindigkeit des austretenden Dampfes die Exzentrizität $r = 50 \text{ mm}$ statt $r = 34,5 \text{ mm}$ genommen werden musste, so kann auch für den Eintritt eine grössere Kanalweite resp. eine kleinere Dampfgeschwindigkeit gewählt werden, und da die sämtlichen Deckungen den entsprechenden Deckungen am Hochdruck-Grundschieber gleich bleiben, so wird für den Austritt der Kanal

$$\text{um } r - i_v = 50 - 12,2 = 37,8 \text{ mm}$$

geöffnet.

Wenn wir daher die Geschwindigkeit des ein- und des austretenden Dampfes gleich gross mit 24 Meter nehmen, so muss die Weite der Trickspalte statt 15 mm

$$\frac{a_{11}}{2} = \frac{37,8}{2} \sim 19 \text{ mm werden.}$$

Der Trickschieber wird dann während der Einströmung den Kanal einige Zeit noch ganz geöffnet halten.

Es gilt nun weiter

$$\delta = \delta_g = 44,0^\circ$$

$$r = r_g = 50 \text{ mm}$$

$$e + v = 34,75 \text{ mm}$$

$$e_h = 28,2 \text{ mm} \quad \left(\frac{se}{s} = 0,65 \right)$$

Statt der Deckung e'_v wählen wir hier, um nicht zu verschiedene Füllungen zu bekommen,

$$e''_v = 0,438 \cdot r = 21,9 \text{ mm} \quad \left(\frac{se''}{s} = 0,625 \right)$$

Die lineare Voreilung wird dabei

$$v_h = e + v - e_h = 6,5 \text{ mm,}$$

$$v_v = e + v - e''_v = 12,8 \text{ mm.}$$

Ferner

$$i_h = 4,25 \text{ mm,}$$

$$i_v = 12,2 \text{ mm.}$$

Die Kanäle im Cylinder können 38 - 40 mm weit genommen werden.

ANMERKUNG. Sollten bei den verhältnismässig sehr grossen Exzentrizitäten die endlichen Längen der Exzenterstangen berücksichtigt werden, so hätte dies - wenigstens für den Expansionsschieber - graphisch zu geschehen, da hier $v_h = 0,3 a$ angenommen war.

Aufgabe 16.

Bei der in Aufgabe 15 behandelten liegenden Tandem-Verbundmaschine mit Kondensation von 320/450 mm Cylinderdurchmesser, 300 mm Hub, 200 Touren per Minute, soll jeder Schieber durch ein eigenes Exzenter gesteuert werden.

Lösung:

a) Hochdrucksteuerung.

Wir nehmen die Dampfgeschwindigkeit für den Eintritt $v = 36$ Meter und
 $b_x = 0,7$ $D_x = 224$ mm.

Nach Tabelle VII wird bei 2 Meter Kolbengeschwindigkeit
 $a_x = 31 \cdot 0,32 \cdot 2 = 19,8 \sim 20$ mm.

Bei der hier vorgesehenen Anordnung genügt für den Cylinder I
10 % Kompression bei ca. 4 % Vorausströmung.

Die lineare Voreilung entspreche
 $v_h = 0,2 a_x$.

Nach Tabelle VI findet man diese Verhältnisse bei $\delta_g = 30,8^\circ$ und zwar

	Kompression	Vorausströmung	$\frac{i}{r_g}$
hinten	10 %	4,7 %	0,050
vorne	10 %	3,9 %	0,174

$$\frac{t_g}{d} = 0,493.$$

Nach Tabelle IV wird zu $\delta_g = 30,8^\circ$

$$\begin{aligned} r_g &= 1,64 \cdot a_x \sim 33 \text{ mm} \\ e + v &= 0,512 \cdot 33 = 16,9 \text{ mm} \\ e_h &= 0,388 \cdot 33 = 12,8 \text{ mm} \quad \left(\frac{se}{s} = 0,83 \right) \\ e'_v &= 0,314 \cdot 33 = 10,4 \text{ mm} \quad \left(\frac{se'}{s} = 0,80 \right) \\ v_h &= e + v - e_h = 4,1 \text{ mm} \sim 0,2 a \\ v_v &= e + v - e'_v = 6,5 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Tabelle VIII gibt die Voreinströmung im Verhältnis zum Kolbenhube bei $\delta_g = 30,8^\circ$
hinten mit 0,6 %,
vorne mit 1,0 %.

Ferner wird

$$\begin{aligned} i_h &= 0,050 \cdot 33 \sim 1,7 \text{ mm,} \\ i_v &= 0,174 \cdot 33 \sim 5,7 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Für $d = 155$ mm findet sich noch

$$t_g = 0,493 \cdot 155 = 76,4 \text{ mm.}$$

Aus Tabelle XI entnehmen wir für $v_h = 0,2 a$ bei $\delta_g = 30,8^\circ$

$$\begin{aligned} \delta_e &= 81,1^\circ \\ \delta' &= 42,8^\circ \\ r_r &= 0,926 \cdot r_g = 30,6 \text{ mm} \\ r_e &= 1,157 \cdot r_g \sim 38 \text{ mm} \\ t_e &= 0,077 \cdot d = 11,9 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Die Füllungsgrenzen auf der Deckelseite seien wieder 00 und 0,40.

Nach Tabelle XIII wird für $\delta' = 42,8^\circ$ und $r_r = 30,6$ mm

hinten	vorne (korrigiert)
$k_{00} = -0,775 \cdot r_r = -23,7$ mm	$k'_{00} = -0,680 \cdot r_r = -20,8$ mm
$k_0 = -0,680 \cdot r_r = -20,8$ mm	
$k_4 = 0,503 \cdot r_r = 15,4$ mm	$k'_4 = 0,685 \cdot r_r = 21$ mm

Mit diesen relativen Kantenentfernungen schliesst der Expansionschieber bei höchster Regulatorstellung hinten bei Beginn der Voreinströmung, vorne gerade im toten Punkte.

Die Maximalfüllung beträgt hinten 0,40 und vorne $\sim 0,42$.

Fast gleiche Füllungen hinten und vorne sind vorhanden bei 0,10; 0,15 und 0,20; ganz gleiche Füllungen bei 0,30.

Auf bekannte Weise ergeben sich die relativen Kantenverschiebungen zur Berechnung der Steigungen

$$k_{00}^4 = 39,1 \text{ mm} \quad k'_{00}{}^4 = 41,8 \text{ mm}$$

und die relativen Kantenentfernungen für die Einstellung des Expansionschiebers

$$k_0^4 = 36,2 \text{ mm und } k'_n = k_4 + k'_4 - k_0^4 = 0,2 \text{ mm.}$$

Den Durchmesser des Expansionschiebers nehmen wir

$$d = 0,7 b_x \approx 156 \text{ mm,}$$

die Verdrehung durch den Regulator 50° , so entspricht dies einer Bogenlänge

$$\text{von } \frac{156 \cdot \pi \cdot 50}{360} = 68 \text{ mm.}$$

$$\text{Daher} \quad \text{tg } \alpha = \frac{39,1}{68}$$

$$\text{tg } \alpha' = \frac{41,8}{68}$$

Für den Austritt nehmen wir eine Geschwindigkeit von 28 Meter an, und wird damit die Kanalweite im Cylinder

$$\frac{20 \cdot 36}{28} = 26 \text{ mm.}$$

Nachdem $r_g - i_v = 33 - 5,7 \approx 27 \text{ mm}$, wird diese Weite für den Austritt noch ganz geöffnet.

b) Niederdrucksteuerung.

Wie bei Aufgabe 15 nehmen wir für diese $v = 30 \text{ Meter}$;

$$\frac{a_{ix}}{2} = 15 \text{ mm,}$$

$$b_{ix} = 360 \text{ mm,}$$

jedoch eine Füllung von 60 %;

$$\text{ferner } v_h = 0,3 \text{ a.}$$

Nach Tabelle V wird hierzu

$$\delta = 46,9^\circ$$

$$\frac{r}{a} = 2,59$$

$$\frac{e + v}{r} = 0,730$$

$$\frac{e_h}{r} = 0,613 \quad \left(\frac{se}{s} = 0,60 \right)$$

$$\frac{e''_v}{r} = \frac{0,440 + 0,527}{2} = 0,483 \quad \left(\frac{se''}{s} = 0,575 \right)$$

Durch Interpolation zwischen $\delta = 46,7^\circ$ und $\delta = 47,2^\circ$ erhält man für $\delta = 46,9^\circ$ aus Tabelle VI

	Kompression	Vorausströmung	$\frac{i}{r}$
hinten	20 %	12,1 %	0,035
vorne	20 %	11,1 %	0,196

$$\frac{t}{d} = 0,367.$$

In Rücksicht auf den Dampfeintritt müsste

$$r = 2,59 \cdot 15 \approx 39 \text{ mm,}$$

auf den Dampfaustritt nach Gleichung (65) Seite 43

$$r \geq \frac{m \cdot a_{ix}}{1 - \beta};$$

nehmen wir m wieder 1,25 und beachten, dass $a_{ix} = 30$ und $\beta = \frac{i_v}{r} = 0,196$, so wird

$$r \geq \frac{1,25 \cdot 30}{1 - 0,196} \approx 47 \text{ mm.}$$

Es muss deshalb für eine Austrittsdampfgeschwindigkeit von $\frac{30}{1,25} = 24 \text{ Meter}$ die Exzentrizität mit $r = 47 \text{ mm}$ ausgeführt werden.

Nunmehr wird nach den notierten Verhältniszahlen

$$\begin{aligned} \text{bei } r &= 47 \text{ mm} \\ e + v &= 34,3 \text{ mm} \\ e_h &= 28,8 \text{ mm} \\ e''_v &= 22,7 \text{ mm} \\ v_h &= 5,5 \text{ mm} \\ v_v &= 11,6 \text{ mm} \\ i_h &= 1,6 \text{ mm} \\ i_v &= 9,2 \text{ mm} \\ t &= 56,9 \text{ mm} \end{aligned}$$

Für den Austritt wird bei 24 Meter Dampfgeschwindigkeit die erforderliche Kanalweite

$$30 \cdot \frac{30}{24} \sim 38 \text{ mm.}$$

Da $r - e_h = 18,2 \text{ mm}$, kann die Trickspalte 18 mm weit genommen und dadurch für den Eintritt eine Kanalweite von 36 mm erhalten werden.

Die Dampfgeschwindigkeit für den Eintritt beträgt dann

$$30 \cdot \frac{30}{36} = 25 \text{ Meter.}$$

Aufgabe 17.

Zu der in Aufgabe 16 berechneten Hochdrucksteuerung sollen für eine Füllung von 0,20 die jeweiligen resultierenden Kanaleröffnungen resp. die Dampfgeschwindigkeiten bei 0,05, 0,10 und 0,15 Kolbenweg gesucht werden.

Lösung:

$$\begin{aligned} \text{Es war } \delta_g &= 30,8^\circ \\ r_g &= 33 \text{ mm} \\ a_r &= 20 \text{ mm bei } v = 36 \text{ Meter} \\ \delta' &= 42,8^\circ \\ r_r &= 30,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

Aus Tabelle X findet sich durch Interpolation zwischen $\delta = 30,0^\circ$ und $\delta = 31,7^\circ$ die Kanaleröffnung des Grundschiebers zu $\delta_g = 30,8^\circ$ bei den verschiedenen Kolbenwegen wie folgt:

Kolbenwege	hinten	vorne
	Kanaleröffnung durch den Grundschieber	
0,05	$0,425 \cdot r_g = 14 \text{ mm}$	$0,547 \cdot r_g = 18 \text{ mm}$
0,10	$0,515 \cdot r_g = 17 \text{ mm}$	$0,635 \cdot r_g = 21 \text{ mm}$
0,15	$0,565 \cdot r_g = 18,6 \text{ mm}$	$0,673 \cdot r_g = 22,2 \text{ mm}$

Aus Tabelle XIII erhält man ferner die relativen Kanaleröffnungen, indem man bei $\delta' = 42,8^\circ$ von der relativen Kantenentfernung für $\frac{Se}{s} = 0,20$ die jeweiligen relativen Kantenentfernungen für $\frac{Se}{s} = 0,05, 0,10$ und $0,15$ subtrahiert.

Für die Kurbelseite sind dabei die Werte der oberen Reihe benutzt.

Kolbenwege	hinten	vorne
	relative Kanaleröffnung	
0,05	$(0,106 + 0,327) \cdot r_r = 13,2 \text{ mm}$	$(0,265 + 0,244) \cdot r_r = 15,6 \text{ mm}$
0,10	$(0,106 + 0,155) \cdot r_r = 8 \text{ mm}$	$(0,265 + 0,035) \cdot r_r = 9,2 \text{ mm}$
0,15	$(0,106 + 0,017) \cdot r_r = 3,8 \text{ mm}$	$(0,265 - 0,129) \cdot r_r = 4,2 \text{ mm}$
0,20	0	0

Beim Vergleiche der relativen Kanaleröffnungen mit den Kanaleröffnungen durch den Grundschieber ersieht man, dass erstere schon bei einem Kolbenwege von 0,05 kleiner als letztere sind und zwar sowohl hinten als vorne.

Die grösste resultierende Eröffnung tritt daher schon bei einem Kolbenwege ein, der etwas kleiner als 0,05 ist, und von 0,05 Kolbenweg ab gelten für die Öffnungen die Werte der relativen Kanaleröffnungen.

Bezeichnet nun c_m die mittlere Kolbengeschwindigkeit, so beträgt die jeweilige Kolbengeschwindigkeit nach Tabelle II:

Kolbenwege	hinten	vorne
	jeweilige Kolbengeschwindigkeit	
0,05	$0,75 \cdot c_m$	$0,63 \cdot c_m$
0,10	$1,02 \cdot c_m$	$0,87 \cdot c_m$
0,15	$1,21 \cdot c_m$	$1,05 \cdot c_m$

Da bei der mittleren Kolbengeschwindigkeit und bei $a_r = 20$ mm, $v = 36$ Meter ist, so berechnet sich z. B. die Dampfgeschwindigkeit bei einem Kolbenwege von 0,05 hinten resp. bei 13,2 mm Eröffnung und bei $0,75 \cdot c_m$ Kolbengeschwindigkeit zu

$$\frac{36 \cdot 20}{13,2} \cdot 0,75 = 41 \text{ Meter.}$$

Durch ähnliche Rechnungen ergibt sich folgende Tabelle:

Kolbenwege	hinten	vorne
	jeweilige Dampfgeschwindigkeit in Meter	
0,05	41	29
0,10	92	68
0,15	229	180

Die resultierenden Dampfgeschwindigkeiten sind demnach auf der Deckelseite bedeutend grösser (um ca. 30%), als auf der Kurbelseite. Dies ist im allgemeinen der Fall, und erklärt es sich daraus, dass gewöhnlich bei Steuerungen mit höherer Dampfgeschwindigkeit die Eintrittslinie des Indikatordiagrammes auf der Deckelseite eine grössere Senkung aufweist, als jene des Diagrammes auf der Kurbelseite.

Aufgabe 18.

Für die in Aufgabe 16 berechneten Steuerungen sollen die Längen der Exzenterstangen berücksichtigt werden.

Lösung:

a) Hochdrucksteuerung.

Beide Exzenterstangen seien 850 mm lang.

Es war nun nach Aufgabe 16

$$a_r = 20 \text{ mm und } r_g = 33 \text{ mm.}$$

Daher

$$\lambda = \frac{850}{33} \sim 25$$

(λ ist stets nach unten abzurunden, da r_g bei Berücksichtigung der endlichen Länge der Exzenterstange grösser wird.)

Nach Gleichung (53) Seite 39 wird die Exzentrizität r'_g , welche vorhanden sein muss, wenn die Kanalweite $a_t = 20$ mm behalten werden soll, bestimmt aus

$$\frac{r'_g}{r_g} = 1 + \frac{C_r}{\lambda}$$

Aus Tabelle XV (für $v_h = 0,2a$) findet sich zu dem Voreilungswinkel $\delta_g = 30,8^\circ$

$$C_r = 0,69;$$

daher

$$\frac{r'_g}{r_g} = 1 + \frac{0,69}{25} \approx 1,03$$

oder

$$r'_g = 1,03 \cdot 33 = 34 \text{ mm.}$$

$$\left(\lambda \text{ genau } \frac{850}{34} = 25 \right)$$

Nach Tabelle XV ist ferner bei $\delta_g = 30,8^\circ$

$$\lambda \cdot \frac{f_{eh}}{r'_g} = 0,425 \text{ resp. } \frac{f_{eh}}{r'_g} = 0,017$$

$$\lambda \cdot \frac{f'_{ev}}{r'_g} = 0,451 \text{ resp. } \frac{f'_{ev}}{r'_g} = 0,018.$$

Die Tabelle IV ergibt, ebenfalls bei $\delta_g = 30,8^\circ$,

$$\frac{e_h}{r'_g} = 0,388$$

$$\frac{e'_v}{r'_g} = 0,314.$$

Bezeichnet man die genauen äusseren Deckungen mit E, so folgt für diese

$$\frac{E_h}{r'_g} = 0,388 + 0,017 = 0,405$$

$$\frac{E'_v}{r'_g} = 0,314 - 0,018 = 0,296$$

oder, da $r'_g = 34$ mm

$$E_h = 13,8 \text{ mm}$$

$$E'_v = 10,1 \text{ mm.}$$

Aus Tabelle XVIII entnehmen wir für $\delta_g = 30,8^\circ$ und 10% Kompression

$$\lambda \cdot \frac{f_{ih}}{r'_g} = 0,499 \text{ resp. } \frac{f_{ih}}{r'_g} = 0,02$$

$$\lambda \cdot \frac{f_{iv}}{r'_g} = 0,485 \text{ resp. } \frac{f_{iv}}{r'_g} = 0,019.$$

Da aus Tabelle VI bei denselben Annahmen

$$\frac{i_h}{r'_g} = 0,050 \text{ und}$$

$$\frac{i_v}{r'_g} = 0,174,$$

so wird für die genauen inneren Deckungen J

$$\frac{J_h}{r'_g} = 0,050 - 0,02 = 0,03$$

$$\frac{J_v}{r'_g} = 0,174 + 0,019 = 0,193.$$

und

$$J_h = 1 \text{ mm}$$

$$J_v = 6,6 \text{ mm.}$$

Die einzelnen Phasen der Dampfverteilung in Bezug auf die Kurbelwinkel resp. Kolbenwege bleiben wie in Aufgabe 16;

ebenso $t_g = 76,4 \text{ mm}$
 $\delta_e = 81,1^\circ$
 $\delta' = 42,8^\circ$
 $t_e = 11,9 \text{ mm}.$

Dagegen wird

$$r'_r = 0,926 \cdot r'_g = 31,5 \text{ mm}$$

$$r'_e = 1,157 \cdot r'_g \approx 39 \text{ mm},$$

daher

$$\lambda_r' = \frac{850}{31,5} = 27.$$

Um die genauen relativen Kantenentfernungen K zu erhalten, notiert man aus Tabelle XIII bei $\delta' = 42,8^\circ$ für dieselben Füllungsgrenzen wie in Aufgabe 16.

Tabelle 1.

Füllung	00	0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40
hinten $\frac{k}{r'_r}$	- 0,775	- 0,680	- 0,327	- 0,155	- 0,017	0,106	0,320	0,503
vorne $\frac{r'_r}{r'_e}$	- 0,822	- 0,680	- 0,244	- 0,035	0,129	0,265	0,487	0,663

Die Werte unter „vorne“ sind dabei aus der oberen wagerechten Reihe zu entnehmen.

In Tabelle XVIII hat man die Werte unter $\delta' = 42,8^\circ$ durch $\lambda_r' = 27$ zu dividieren und erhält nachstehende Werte für $\frac{f_k}{r'_r}$

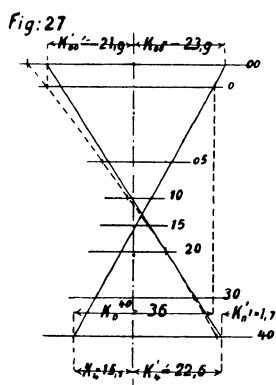
Tabelle 2.

Füllung	00	0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40
hinten $\frac{f_k}{r'_r}$	0,016	0,015	0,005	- 0,001	- 0,007	- 0,011	- 0,018	- 0,022
vorne $\frac{r'_r}{r'_e}$	0,016	0,015	0,002	- 0,006	- 0,012	- 0,017	- 0,022	- 0,023

Die Verhältniszahlen $\frac{K}{r'_r}$ für die genauen relativen Kantenentfernungen entstehen dadurch, dass man die jeweiligen Werte der Tabelle 2 unter „hinten“ zu den entsprechenden Werten der Tabelle 1 addiert, jene unter „vorne“ subtrahiert.

Damit ergibt sich folgende Tabelle

Füllungen	00	0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40
hinten $\frac{K}{r'_r}$	- 0,759	- 0,665	- 0,322	- 0,156	- 0,024	0,095	0,302	0,481
vorne $\frac{r'_r}{r'_e}$	- 0,838	- 0,695	- 0,246	- 0,029	0,141	0,282	0,509	0,686
hinten $K \text{ in mm}$	- 23,9	- 20,9	- 10,1	- 4,9	- 0,8	3	9,5	15,1
vorne $K \text{ in mm}$	- 26,4	- 21,9	- 7,8	- 0,9	4,4	8,9	16	21,6



Mit den Werten für K sind dann auf bekannte Weise in Fig. 27 die Steigungsgeraden ermittelt und zwar so, dass gleichzeitige Füllungen sind

	hinten	vorne
	00 0/0	0 0/0
	0 0/0	1 0/0
	5 0/0	6 0/0
	10 0/0	11 0/0
	15 0/0	15 0/0
	20 0/0	20 0/0
	30 0/0	30 0/0
	40 0/0	42 0/0

Die relativen Kantenentfernungen für die relative Mittellage der Schieber sind nach Fig. 27 für die höchste Regulatorstellung

$$\text{hinten } K'_{00'} = -23,9 \text{ mm, vorne } K'_{00'} = -21,9 \text{ mm,}$$

für die tiefste Regulatorstellung

$$\text{hinten } K_4 = 15,1 \text{ mm, vorne } K'_4 = 22,6 \text{ mm.}$$

Daher die gesamten relativen Kantenverschiebungen

$$\text{hinten } K_{00}^4 = 39,0 \text{ mm, vorne } K'_{00}{}^4 = 44,5 \text{ mm.}$$

Für die Einstellung des Expansionsschiebers gelten die Masse

$$K_0^4 = 36 \text{ mm und } K'_n = K_4 + K'_4 - K_0^4 = 1,7 \text{ mm.}$$

b) Niederdrucksteuerung.

Die Exzenterstange sei 900 mm lang.

Da $r = 47 \text{ mm}$, wird

$$\lambda = \frac{900}{47} \approx 19.$$

Damit die in Aufgabe 16 für den Dampfaustritt angenommene Geschwindigkeit von 24 Meter erhalten bleibt, ist die Exzentrizität entsprechend der Gleichung (52) Seite 39 grösser zu nehmen, indem nur statt $\frac{e_h}{r}$ der Wert für $\frac{i_v}{r}$ einzuführen ist.

Daher

$$\frac{r_c}{r} = \frac{1}{1 - \frac{i_v}{2\lambda}} = 1 + \frac{1 + \frac{i_v}{r}}{2\lambda}$$

Da $\frac{i_v}{r} = 0,196$, wird

$$\frac{r_c}{r} = 1 + \frac{1,196}{38} = 1,0314$$

oder

$$r_c = 48,5 \approx 49 \text{ mm.}$$

Aus Aufgabe 16 notieren wir

$$\frac{e_h}{r_c} = 0,613$$

$$\frac{e'_v}{r_c} = 0,483$$

$$\frac{i_h}{r_c} = 0,035$$

$$\frac{i_v}{r_c} = 0,196.$$

Hierzu aus Tabelle XVI (für $v_h = 0,3a$) und Tabelle XVII bei $\delta = 46,9^\circ$ und 20 % Kompression

$$\frac{f_{eh}}{r_c} = \frac{0,312}{19} = 0,0164$$

$$\frac{f_{ev}''}{r_c} \sim \frac{f_{ev}'}{r_c} = \frac{0,361}{19} = 0,019$$

$$\frac{f_{ih}}{r_c} = \frac{0,499}{19} = 0,0262$$

$$\frac{f_{iv}}{r_c} = \frac{0,480}{19} = 0,0252.$$

Daher die genauen Deckungen:

$$E_h = (0,613 + 0,016) r_c = 30,8 \text{ mm}$$

$$E_v'' = (0,483 - 0,019) r_c = 22,7 \text{ mm}$$

$$J_h = (0,035 - 0,026) r_c = 0,4 \text{ mm}$$

$$J_v = (0,196 + 0,025) r_c = 10,8 \text{ mm.}$$

Für den Austritt erhalten wir in

$$r_c - J_v = 49 - 10,8 = 38,2 \text{ mm}$$

dieselbe Kanalweite wie in Aufgabe 16.

Ebenso kann nun die Weite der Trickspalte mit

$$r_c - E_h = 49 - 30,8 = 18,2 \text{ mm}$$

genau wie dort ausgeführt werden.

Aufgabe 19.

D) Dreifach - Expansionsmaschinen.

Für eine stehende Dreifach-Expansionsmaschine mit Kondensation von 570/920/1360 mm Cylinderdurchmesser, 900 mm Hub, 100 Touren per Minute, sind die Dimensionen der Steuerungen anzugeben.

Lösung:

a) Hochdruckcylinder.

Für diesen soll eine Rider-Kolbenschiebersteuerung angewandt werden.

Der Riderschieber erhalte 4 Zacken und der Verdrehungswinkel durch den Regulator betrage 30° .

Die Geschwindigkeit für den eintretenden Dampf nehmen wir in Rücksicht auf möglichst kleine Dimensionen der Steuerung mit $v = 55$ Meter an.

Darnach wird aus Tabelle XX

$$\frac{d_\epsilon}{D} \cdot \frac{a}{D} = 0,0082 \cdot c \quad (c = 3 \text{ Meter})$$

$\frac{d_\epsilon}{D}$ wählt man zweckmässig zwischen 0,30 und 0,45; es sei hier

$$\frac{d_\epsilon}{D} = 0,35, \text{ also } d_\epsilon = 200 \text{ mm.}$$

Daher

$$\frac{a}{D} = \frac{0,0082 \cdot 3}{0,35} \sim 0,07$$

und

$$a = 0,07 \cdot D = 39,9 \sim 40 \text{ mm.}$$

Für den möglichst gering zu haltenden schädlichen Raum genüge eine Kompression von ca. 14 % bei ca. 2 % Vorausströmung.

Aus Tabelle VI findet sich bei

$$\delta_g = 30,0^\circ$$

	Kompression	Vorausströmung	$\frac{i}{r_g}$
hinten	14 %	2,4 %	0,180
vorne	13 %	1,8 %	0,284

$$\frac{t_g}{d} = 0,500.$$

Zu $\delta_g = 30,0^\circ$ wird aus Tabelle IV für $v_h = 0,2$ a

$$\begin{aligned} r_g &= 1,6 \cdot a = 64 \text{ mm} \\ e_h &= 0,375 \cdot r_g = 24 \text{ mm} \quad \left(\frac{se}{s} = 0,84 \right) \\ e'_v &= 0,302 \cdot r_g = 19,3 \text{ mm} \quad \left(\frac{se'}{s} = 0,81 \right) \\ e + v &= 0,5 \cdot r_g = 32 \text{ mm} \\ v_h &= e + v - e_h = 8 \text{ mm} = 0,2 \text{ a} \\ v_v &= e + v - e'_v = 12,7 \text{ mm} \\ i_h &= 11,5 \text{ mm} \\ i_v &= 18,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

Auf den Kolbenhub bezogen beträgt die Voreinströmung nach Tabelle VIII

hinten 0,6 %,
vorne 0,9 %.

Zu $\delta_g = 30,0^\circ$ wird aus Tabelle XI

$$\begin{aligned} \delta_e &= 81,4^\circ \\ \delta' &= 43,2^\circ \\ r_r &= 0,950 \cdot r_g = 60,8 \text{ mm} \\ r_e &= 1,163 \cdot r_g \approx 74 \text{ mm} \\ \frac{t_e}{d} &= 0,075. \end{aligned}$$

Bei einem Durchmesser der Kurbelwelle von 280 mm wird

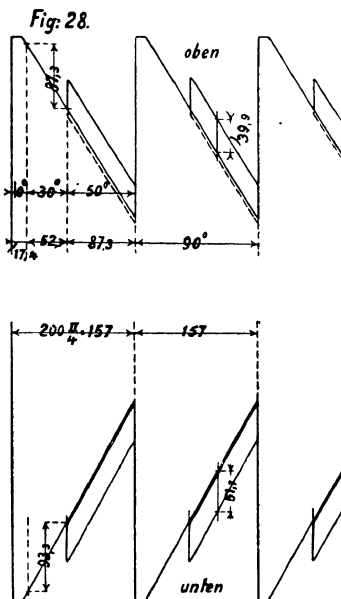
$$\begin{aligned} t_i &= 0,5 \cdot 280 = 140 \text{ mm}, \\ t_e &= 0,075 \cdot 280 = 21 \text{ mm}. \end{aligned}$$

Die Füllungsgrenzen auf der Deckelseite seien 00–0,50.

Nach Tabelle XIII wird für $\delta' = 43,2^\circ$

hinten	vorne (korrigiert)
$k_{00} = -0,779 \cdot r_r = -47,4 \text{ mm};$	$k'_{00'} = -0,684 \cdot r_r = -41,6 \text{ mm}$
$k_0 = -0,684 \cdot r_r = -41,6 \text{ mm};$	
$k_{50} = 0,656 \cdot r_r = 39,9 \text{ mm};$	$k'_{50'} = 0,850 \cdot r_r = 51,7 \text{ mm}.$

Die kleinste Füllung beträgt
hinten 00,
vorne 0,
die grösste Füllung
hinten 0,50,
vorne 0,55.



Die Kantenverschiebungen ergeben sich zu

$$k_{00}^{50} = 87,3 \text{ mm resp. } k'_{00'}^{50'} = 93,3 \text{ mm}.$$

Für die Einstellung

$$\begin{aligned} k_0^{50} &= 81,5 \text{ mm und} \\ k'_n &= k_{50} + k'_{50'} - k_0^{50} = 10,1 \text{ mm}. \end{aligned}$$

Wird für die Wandstärke des Grundschiebers einschliesslich der Laufbüchse für den Expansionsschieber und der Kolbenringe 90 mm gewählt, so wird der äussere Durchmesser

$$d_g = 200 + 180 = 380 \text{ mm},$$

da hiermit $\frac{d_g}{D} = 0,67$

und $\frac{a}{D} = \frac{0,07}{c} = 0,023$ (pro 1 Meter Kolbengeschwindigkeit)

so folgt aus Tabelle XIX, dass die Dampfgeschwindigkeit für den Grundschieber kleiner als 25 Meter sein würde.

Die Abwicklung des Expansionsschiebers ist in Fig. 28 dargestellt.

b) Mitteldruckcylinder.

Derselbe erfordere eine Füllung von ca. 0,42.

Da durch einen Trickschieber, selbst für höhere Füllungen von 0,50–0,55, immer noch sehr grosse Kompression und Vorausströmung bedingt werden, so soll der Mitteldruckcylinder eine Meyer'sche Kolbenschiebersteuerung erhalten, bei welcher die Füllung von Hand zwischen 0,30 und 0,60 verstellbar ist.

Der Expansionsschieber erhalte einen Durchmesser

$$d_{\epsilon} = 0,35 D = 0,35 \cdot 920 \approx 320 \text{ mm.}$$

Da bei dieser Steuerung der Rückdruck keine Rolle spielt, so ist die Kanalweite nach Tabelle XIX zu rechnen.

Für $v = 40$ Meter und $c = 3$ Meter wird

$$\frac{a}{D} = 0,0238 \cdot 3 = 0,0714,$$

$$a = 0,0714 \cdot 920 \approx 66 \text{ mm.}$$

Bei diesem Expansionsschieber kann ca. 0,9 des Umfanges (statt 0,75, wie beim einfachen Kolbenschieber) frei werden.

Die Kanalweite genügt daher mit

$$a = \frac{66 \cdot 75}{90} = 55 \text{ mm.}$$

Die Kompression soll ca. 18 %, die Vorausströmung ca. 4 % betragen.

Aus Tabelle VI ergibt sich zu

$$\delta_g = 36,8^\circ$$

	Kompression	Vorausströmung	$\frac{i}{r_g}$
hinten	18 %	4,5 %	0,163
vorne	18 %	3,1 %	0,315

$$\frac{t_g}{d} = 0,447.$$

Ferner wird für $v_h = 0,2 a$ nach Tabelle IV bei $\delta_g = 36,8^\circ$

$$r_g = 2,01 \cdot a = 110 \text{ mm}$$

$$e + v = 0,6 \cdot 110 = 66 \text{ mm}$$

$$e_h = 0,5 \cdot 110 = 55 \text{ mm} \quad \left(\frac{se}{s} = 0,74 \right)$$

$$e'_v = 0,42 \cdot 110 = 46,2 \text{ mm} \quad \left(\frac{se'}{s} = 0,70 \right)$$

$$v_h = e + v - e_h = 11 \text{ mm} = 0,2 a$$

$$v_v = e + v - e'_v = 19,8 \text{ mm}$$

$$i_h = 0,163 \cdot 110 = 17,9 \text{ mm}$$

$$i_v = 0,315 \cdot 110 = 34,7 \text{ mm.}$$

Der Durchmesser des Grundschiebers wird

$$d_g \approx d_{\epsilon} + 200 = 520 \text{ mm.}$$

Zu $\delta_g = 36,8^\circ$ wird aus Tabelle XI

$$\delta_e = 80,0^\circ$$

$$\delta' = 39,5^\circ$$

$$r_r = 0,775 \cdot r_g \approx 85 \text{ mm}$$

$$r_e = 1,11 \cdot r_g \approx 122 \text{ mm}$$

$$\frac{t_e}{d} = 0,087.$$

Für $d = 280$ wird

$$t_g = 125,2 \text{ mm}$$

$$t_e = 24,4 \text{ mm.}$$

Aus Tabelle XIII entnimmt man endlich zu $\delta' = 39,5^\circ$

$$\begin{array}{ll} k_{30} = 0,375 \cdot r_r & k'_{30'} = 0,537 \cdot r_r \\ k_{40} = 0,552 \cdot r_r & k'_{40'} = 0,705 \cdot r_r \\ k_{50} = 0,703 \cdot r_r & k'_{50'} = 0,832 \cdot r_r \\ k_{60} = 0,831 \cdot r_r & k'_{60'} = 0,924 \cdot r_r \end{array}$$

Mit diesen Werten sind die Steigungsgeraden für möglichst gleiche Füllungen zu konstruieren, und erhält man damit die Kantenverschiebungen und die Masse für die Einstellung des Expansionsschiebers.

c) Niederdruckcylinder.

Für denselben ist ein entlasteter Trickschieber mit 48% Füllung zweckmässig zu verwenden. Kompression und Vorausströmung entsprechen bei dieser Füllung den Anforderungen des ruhigen Ganges.

Nehmen wir $b = 0,8 D = 0,8 \cdot 1360 \approx 1080$ mm, so wird nach Tabelle VII für

$$\begin{array}{l} v = 39 \text{ Meter,} \\ a = 25 \cdot 1,36 \cdot 3 = 102 \text{ mm.} \end{array}$$

Zur Berechnung des Trickschiebers

$$\frac{a}{2} = 51 \text{ mm.}$$

Nach Tabelle V für $v_h = 0,3 a$ findet sich

$$\begin{array}{l} \text{bei } \frac{se}{s} = 0,48 \\ r = 3,47 \cdot 51 = 177 \text{ mm} \\ \delta = 52,9^\circ \\ e + v = 0,798 \cdot 177 = 141,2 \text{ mm} \\ e_h = 0,711 \cdot 177 = 125,8 \text{ mm} \quad \left(\frac{se}{s} = 0,48 \right) \\ e''_v = 0,592 \cdot 177 = 104,8 \text{ mm} \quad \left(\frac{se''}{s} = 0,455 \right) \\ v_h = e + v - e_h = 15,4 \text{ mm} = 0,3a \\ v_v = e + v - e''_v = 36,4 \text{ mm.} \end{array}$$

Durch Interpolation zwischen $\delta = 52,6^\circ$ und $\delta = 53,2^\circ$ findet man aus Tabelle III bei

$$\delta = 52,9^\circ$$

	Kompression	Vorausströmung	$\frac{i}{r}$
hinten	30%	11,8%	0,148
vorne	30%	10%	0,328

$$\frac{t}{d} = 0,318$$

$$\begin{array}{l} i_h = 0,148 \cdot 177 = 26,2 \text{ mm} \\ i_v = 0,328 \cdot 177 = 58 \text{ mm} \\ t = 0,318 \cdot 280 = 89 \text{ mm.} \end{array}$$

Für den Austritt wird der Kanal geöffnet um

$$r - i_v = 177 - 58 = 119 \text{ mm.}$$

Die Geschwindigkeit für den austretenden Dampf beträgt daher

$$\frac{39 \cdot 102}{119} = 33,4 \text{ Meter.}$$

Es sei das Verhältnis $\lambda = \frac{t}{r} = 14$ und soll die sehr kurze Exzenterstangenlänge noch berücksichtigt werden.

Wir lassen hierbei die Exzentrizität unverändert, wenn auch dadurch die Geschwindigkeit des eintretenden Dampfes auf der Deckelseite grösser erscheint, um die Veränderung der Deckungen direkt vergleichen zu können.

Aus Tabelle XVI entnehmen wir zu $\delta = 52,9^\circ$

$$f_{eh} = 0,247 \cdot \frac{r}{\lambda}$$

$$f_{e'v} = 0,300 \cdot \frac{r}{\lambda}$$

(Der Wert f''_{ev} für die angenommene Deckung e''_v ist nur wenig von $f_{e'v}$ verschieden, so dass dieser letztere verwendet werden kann.)

Ferner ergibt sich aus Tabelle XVII bei $\delta = 52,9^\circ$ und 30% Kompression.

$$f_{ih} = 0,499 \cdot \frac{r}{\lambda}$$

$$f_{iv} = 0,446 \cdot \frac{r}{\lambda}$$

Da $\frac{r}{\lambda} = \frac{177}{14} = 12,64$

findet sich

$$f_{eh} = 3,1 \text{ mm}$$

$$f''_{ev} = 3,8 \text{ mm}$$

$$f_{ih} = 6,3 \text{ mm}$$

$$f_{iv} = 5,6 \text{ mm.}$$

Daher die genauen Deckungen

$$E_h = e_h + f_{eh} = 128,9 \text{ mm}$$

$$E''_v = e''_v - f''_{ev} = 101 \text{ mm}$$

$$J_h = i_h - f_{ih} = 19,9 \text{ mm}$$

$$J_v = i_v + f_{iv} = 63,6 \text{ mm.}$$

Aufgabe 20.

Der Hochdruckcylinder mit 570 mm Durchmesser der in Aufgabe 19 behandelten Dreifach-Expansionsmaschine soll durch eine vom Regulator direkt beeinflusste Meyersche Kolbenschieber-Steuerung mit grosser Schraube gesteuert werden.

Lösung:

Für $v = 55$ Meter, $c = 3$ Meter

also $\frac{v}{c} = 18,3$

wird aus Tabelle XXI

$$\frac{d_\epsilon}{D} = 0,42$$

oder $d_\epsilon = 0,42 \cdot 570 = 240 \text{ mm.}$

Ferner wird $a = 0,09 \cdot d_\epsilon = 21,6 \sim 22 \text{ mm.}$

Die Verdrehung des Expansionsschiebers beträgt dabei $0,8 \cdot 360^\circ$.

Für den gleichen Voreilungswinkel $\delta_g = 30,0^\circ$, und dieselben Annahmen für Voreinströmung, Kompression und Vorausströmung, sowie für die Füllungsgrenzen wie oben, wird

$$r_g = 1,6 \cdot 22 \sim 35 \text{ mm}$$

$$e_h = 0,375 \cdot 35 = 13,1 \text{ mm}$$

$$e'_v = 0,302 \cdot 35 = 10,6 \text{ mm}$$

$$e + v = 0,5 \cdot 35 = 17,5 \text{ mm}$$

$$v_h = e + v - e_h = 4,4 \text{ mm} = 0,2a$$

$$v_v = e + v - e'_v = 6,9 \text{ mm}$$

$$\delta'_e = 81,4^\circ$$

$$\delta' = 43,2^\circ$$

$$r_r = 0,95 \cdot 35 \sim 33,5 \text{ mm}$$

$$r_e = 1,163 \cdot 35 \sim 41 \text{ mm}$$

$$k_{00} = -0,779 \cdot 33,5 = -26,1 \text{ mm;}$$

$$k'_{00'} = -0,684 \cdot 33,5 = -22,9 \text{ mm}$$

$$k_0 = -0,684 \cdot 33,5 = -22,9 \text{ mm;}$$

$$k_{50} = 0,656 \cdot 33,5 = 22 \text{ mm;}$$

$$k'_{50'} = 0,850 \cdot 33,5 = 28,5 \text{ mm.}$$

Daher

$$k_{00}^{50} = 48,1 \text{ mm}$$

$$k'_{00'}^{50'} = 51,4 \text{ mm}$$

$$k_0^{50} = 44,9 \text{ mm}$$

$$k'_n = k_{50} + k'_{50'} - k_0^{50} = 5,6 \text{ mm.}$$

Für die Aufrundung von r_e auf die nächste ganze Zahl wird der Wert von

$$\frac{\Delta_r^2 - \Delta_e^2}{r_e}$$

stets so gering, dass für die weitere Betrachtung

$$2 \Delta_e - \Delta_r = 0$$

gesetzt werden kann; damit wird

$$\Delta_r = 2 \Delta_e \dots \dots \dots (68)$$

d. h. man hat so vorzugehen, dass man r_e auf die nächst höhere (oder niedrigere) ganze Zahl abrundet und dann $\Delta_r = 2 \Delta_e$ nimmt, wenn auch das korrigierte r_r keine ganze Zahl wird.

Durch diese Veränderungen ergibt sich die Sehne t_e aus Tabelle XI oder XII nicht mehr ganz richtig.

Es wäre statt derselben eine kleinere T (Fig. 29) anzuwenden.

Dieselbe bestimmt sich mit mehr als genügender Genauigkeit, indem man setzt

$$E_0 E''_0^2 = \Delta_r^2 - \Delta_e^2 = 3 \Delta_e^2$$

oder

$$E_0 E''_0 \sim 1,7 \Delta_e.$$

Dieser Wert ist im Verhältnisse des Wellenhalbmessers zur Expansions-Exzentrizität $\left(\frac{d}{2r_e}\right)$ zu vergrössern und von t_e zu subtrahieren.

Daher

$$\frac{T}{d} = \frac{t_e}{d} - 0,85 \cdot \frac{\Delta_e}{r_e} \dots \dots \dots (69)$$

Eine derartig genaue Rechnung ist für die Ausführung nicht nötig.

Bei einigem Vertrautsein mit den Tabellen macht jedoch die Anwendung der Bedingungen (68) und (69) durchaus keine Umstände, und wird die Aufzeichnung des Exzenterdreieckes dann edenfals vermieden.

Schliesslich seien hiernach noch die Exzentrizitäten der Aufgabe 13 Seite 52 behandelt.

Es rechnete sich

$$r_r = 24 \text{ mm}$$

$$r_e = 41,7 \text{ mm}$$

$$\frac{t_e}{d} = 0,078$$

Nimmt man

$$r_e = 42 \text{ mm, so}$$

$$\Delta_e = 0,3 \text{ mm}$$

$$\Delta_r = 0,6 \text{ mm}$$

$$r_r = 24,6 \text{ mm.}$$

Ferner wird

$$0,85 \frac{\Delta_e}{r_e} = \frac{0,85 \cdot 0,3}{42} = 0,006.$$

Daher

$$\frac{T}{d} = 0,072.$$



V. Tabellen.

TABELLE I

über Füllungsgrade $\frac{S_e}{s}$ (Kolbenwege) und zugehörige Kurbelwinkel φ .

$\frac{S_e}{s}$	Kurbelwinkel		$\frac{S_e}{s}$	Kurbelwinkel		$\frac{S_e}{s}$	Kurbelwinkel	
	Hingang	Rückgang		Hingang	Rückgang		Hingang	Rückgang
0,00₀	0,0°	0,0°	0,33	65,0°	75,8°	0,68	105,4°	116,2°
0,00₅	7,3°	9,0°	0,34	66,2°	77,0°	0,69	106,7°	117,4°
0,01	10,4°	12,7°	0,35	67,3°	78,3°	0,70	108,0°	118,6°
0,01₅	12,8°	15,7°	0,36	68,4°	79,5°	0,71	109,3°	119,8°
0,02	14,8°	18,0°	0,37	69,5°	80,7°	0,72	110,6°	120,9°
0,03	18,2°	22,2°	0,38	70,7°	81,8°	0,73	111,8°	122,2°
0,04	21,2°	24,5°	0,39	71,9°	83,1°	0,74	113,2°	123,3°
0,05	23,7°	28,7°	0,40	73,0°	84,3°	0,75	114,6°	124,6°
0,06	26,0°	31,6°	0,41	74,1°	85,4°	0,76	116,0°	125,9°
0,07	28,0°	34,0°	0,42	75,3°	86,6°	0,77	117,4°	127,2°
0,08	30,2°	36,3°	0,43	76,4°	87,8°	0,78	118,9°	128,5°
0,09	32,0°	38,7°	0,44	77,5°	88,9°	0,79	120,3°	129,8°
0,10	33,9°	40,8°	0,45	78,6°	90,0°	0,80	121,9°	131,1°
0,11	35,5°	42,6°	0,46	79,8°	91,2°	0,81	123,4°	132,5°
0,12	37,3°	44,7°	0,47	80,9°	92,3°	0,82	124,9°	133,8°
0,13	38,8°	46,5°	0,48	82,0°	93,5°	0,83	126,5°	135,3°
0,14	40,3°	48,4°	0,49	83,1°	94,6°	0,84	128,2°	136,8°
0,15	41,8°	50,2°	0,50	84,2°	95,8°	0,85	130,0°	138,1°
0,16	43,2°	51,8°	0,51	85,4°	96,9°	0,86	131,6°	139,6°
0,17	44,6°	53,5°	0,52	86,5°	98,0°	0,87	133,4°	141,1°
0,18	46,2°	55,1°	0,53	87,7°	99,1°	0,88	135,3°	142,7°
0,19	47,6°	56,6°	0,54	88,8°	100,3°	0,89	137,2°	144,5°
0,20	48,9°	58,2°	0,55	90,0°	101,3°	0,90	139,2°	146,3°
0,21	50,2°	59,7°	0,56	91,1°	102,5°	0,91	141,3°	148,0°
0,22	51,5°	61,1°	0,57	92,3°	103,6°	0,92	143,6°	149,8°
0,23	52,8°	62,5°	0,58	93,4°	104,7°	0,93	146,0°	152,0°
0,24	54,1°	64,0°	0,59	94,6°	105,9°	0,94	148,5°	154,0°
0,25	55,4°	65,4°	0,60	95,7°	107,0°	0,95	151,3°	156,4°
0,26	56,6°	66,7°	0,61	96,9°	108,1°	0,96	154,3°	159,0°
0,27	57,8°	68,1°	0,62	98,1°	109,3°	0,97	157,8°	161,8°
0,28	59,1°	69,4°	0,63	99,3°	110,5°	0,98	161,9°	165,2°
0,29	60,2°	70,7°	0,64	100,5°	111,5°	0,98₅	164,3°	167,2°
0,30	61,5°	72,0°	0,65	101,7°	112,7°	0,99	167,2°	169,5°
0,31	62,6°	73,3°	0,66	103,0°	113,9°	0,99₅	171,0°	172,7°
0,32	63,8°	74,5°	0,67	104,2°	115,0°	1,00	180,0°	180,0°
0,33	65,0°	75,8°	0,68	105,4°	116,2°			

TABELLE II
über das Verhältnis der jeweiligen Kolbengeschwindigkeit c bei verschiedenen
Kolbenwegen zur mittleren Kolbengeschwindigkeit c_m .

Kolben- weg	$\frac{c}{c_m}$		Kolben- weg	$\frac{c}{c_m}$		Kolben- weg	$\frac{c}{c_m}$	
	Hingang	Rückgang		Hingang	Rückgang		Hingang	Rückgang
0,05	0,75	0,63	0,30	1,51	1,40	0,60	1,53	1,59
0,10	1,02	0,87	0,35	1,56	1,48	0,70	1,40	1,51
0,15	1,21	1,05	0,40	1,59	1,53	0,80	1,19	1,35
0,20	1,35	1,19	0,45	1,60	1,57	0,90	0,87	1,02
0,25	1,44	1,31	0,50	1,59	1,59	1	0	0
0,30	1,51	1,40	0,60	1,53	1,59			

TABELLE III
über das Verhältnis der Exzentrizität r zur Kanalweite a bei einer
linearen Voreilung = 0 für alle Füllungsgrade.

$\frac{Se}{s}$	$\frac{r_0}{a}$	$\frac{Se}{s}$	$\frac{r_0}{a}$	$\frac{Se}{s}$	$\frac{r_0}{a}$	$\frac{Se}{s}$	$\frac{r_0}{a}$
1	1,00	0,72	2,33	0,49	3,98	0,26	8,33
0,98	1,19	0,71	2,38	0,48	4,08	0,25	8,75
0,96	1,29	0,70	2,44	0,47	4,20	0,20	11,11
0,94	1,38	0,69	2,50	0,46	4,32	0,15	15,2
0,92	1,46	0,68	2,55	0,45	4,44	0,10	22,7
0,90	1,54	0,67	2,60	0,44	4,55	0,05	47,6
0,89	1,58	0,66	2,66	0,43	4,67		
0,88	1,62	0,65	2,71	0,42	4,79		
0,87	1,66	0,64	2,77	0,41	4,93		
0,86	1,70	0,63	2,84	0,40	5,09		
0,85	1,74	0,62	2,91	0,39	5,26		
0,84	1,78	0,61	2,98	0,38	5,42		
0,83	1,82	0,60	3,05	0,37	5,60		
0,82	1,87	0,59	3,12	0,36	5,76		
0,81	1,91	0,58	3,19	0,35	5,96		
0,80	1,95	0,57	3,26	0,34	6,18		
0,79	2,00	0,56	3,34	0,33	6,41		
0,78	2,04	0,55	3,42	0,32	6,64		
0,77	2,09	0,54	3,50	0,31	6,86		
0,76	2,13	0,53	3,60	0,30	7,14		
0,75	2,18	0,52	3,68	0,29	7,42	0,1	0,95
0,74	2,23	0,51	3,78	0,28	7,70	0,15	0,925
0,73	2,28	0,50	3,88	0,27	8,00	0,2	0,90
0,72	2,33	0,49	3,98	0,26	8,33	0,25	0,875
						0,3	0,85
						0,4	0,80

Ergänzungs-Tabelle.	
$\frac{v_h}{a}$	$\frac{r}{r_0}$

TABELLE IV

über Exzentrizitäten, Voreilungswinkel und äussere Deckungen
für alle Füllungen bei einer linearen Voreilung auf der Deckelseite
 $v_h = 0,2 a = 0,2$ der Kanalweite.

$\frac{se}{s}$	$\frac{r}{a}$	δ	$\frac{e+v}{r}$	$\frac{e_h}{r}$	$\frac{e_v}{r}$	$\frac{e'_v}{r}$	$\frac{se'}{s}$
1	0,90	6,4 ⁰	0,11 ₁	-0,11 ₁	-0,11 ₁	-0,11 ₁	1
0,98	1,07	14,6 ⁰	0,25 ₂	0,06 ₅	0,00 ₃	0,03 ₄	0,97 ₅
0,96	1,16	18,0 ⁰	0,31 ₀	0,13 ₆	0,05 ₂	0,09 ₄	0,95 ₀
0,94	1,24	20,8 ⁰	0,35 ₅	0,19 ₂	0,08 ₇	0,14 ₀	0,92 ₆
0,92	1,31	22,8 ⁰	0,38 ₈	0,23 ₅	0,13 ₀	0,18 ₃	0,90 ₂
0,90	1,39	25,0 ⁰	0,42 ₃	0,27 ₇	0,15 ₂	0,21 ₅	0,88 ₀
0,89	1,42	25,9 ⁰	0,43 ₇	0,29 ₅	0,16 ₇	0,23 ₁	0,86 ₈
0,88	1,46	26,8 ⁰	0,45 ₀	0,31 ₂	0,18 ₂	0,24 ₇	0,85 ₅
0,87	1,49	27,5 ⁰	0,46 ₂	0,32 ₆	0,19 ₇	0,26 ₂	0,84 ₃
0,86	1,53	28,3 ⁰	0,47 ₅	0,34 ₄	0,21 ₀	0,27 ₇	0,83 ₂
0,85	1,57	29,2 ⁰	0,48 ₈	0,36 ₀	0,22 ₀	0,29 ₀	0,82 ₁
0,84	1,60	30,0 ⁰	0,50 ₀	0,37 ₅	0,22 ₉	0,30 ₂	0,81 ₀
0,83	1,64	30,8 ⁰	0,51 ₂	0,38 ₈	0,24 ₀	0,31 ₄	0,79 ₉
0,82	1,68	31,7 ⁰	0,52 ₅	0,40 ₄	0,25 ₀	0,32 ₇	0,78 ₅
0,81	1,72	32,3 ⁰	0,53 ₅	0,41 ₇	0,26 ₂	0,34 ₀	0,77 ₄
0,80	1,76	33,0 ⁰	0,54 ₄	0,42 ₉	0,27 ₄	0,35 ₂	0,76 ₄
0,79	1,80	33,7 ⁰	0,55 ₅	0,44 ₄	0,28 ₄	0,36 ₄	0,75 ₃
0,78	1,84	34,3 ⁰	0,56 ₄	0,45 ₄	0,29 ₅	0,37 ₅	0,74 ₂
0,77	1,88	35,1 ⁰	0,57 ₅	0,46 ₆	0,30 ₄	0,38 ₅	0,73 ₀
0,76	1,92	35,7 ⁰	0,58 ₃	0,47 ₇	0,31 ₆	0,39 ₇	0,72 ₀
0,75	1,96	36,3 ⁰	0,59 ₂	0,48 ₈	0,32 ₇	0,40 ₈	0,70 ₈
0,74	2,01	36,8 ⁰	0,60 ₀	0,50 ₀	0,34 ₀	0,42 ₀	0,69 ₇
0,73	2,05	37,6 ⁰	0,61 ₀	0,51 ₁	0,34 ₅	0,42 ₈	0,68 ₇
0,72	2,10	38,2 ⁰	0,61 ₈	0,52 ₂	0,35 ₇	0,44 ₀	0,67 ₆
0,71	2,14	38,8 ⁰	0,62 ₇	0,53 ₃	0,36 ₅	0,44 ₉	0,66 ₅
0,70	2,19	39,5 ⁰	0,63 ₆	0,54 ₄	0,37 ₃	0,45 ₉	0,65 ₄
0,69	2,25	40,2 ⁰	0,64 ₅	0,55 ₅	0,38 ₁	0,46 ₈	0,64 ₃
0,68	2,30	40,6 ⁰	0,65 ₁	0,56 ₄	0,39 ₃	0,47 ₉	0,63 ₃
0,67	2,34	41,2 ⁰	0,65 ₈	0,57 ₂	0,40 ₄	0,48 ₈	0,62 ₃
0,66	2,39	41,7 ⁰	0,66 ₆	0,58 ₂	0,41 ₃	0,49 ₈	0,61 ₃
0,65	2,44	42,2 ⁰	0,67 ₂	0,59 ₀	0,42 ₄	0,50 ₇	0,60 ₃
0,64	2,49	42,7 ⁰	0,67 ₉	0,59 ₈	0,43 ₆	0,51 ₇	0,59 ₃
0,63	2,56	43,4 ⁰	0,68 ₇	0,60 ₈	0,44 ₀	0,52 ₄	0,58 ₃
0,62	2,62	43,9 ⁰	0,69 ₄	0,61 ₇	0,45 ₁	0,53 ₄	0,57 ₂
0,61	2,68	44,6 ⁰	0,70 ₂	0,62 ₆	0,45 ₉	0,54 ₃	0,56 ₁
0,60	2,74	45,2 ⁰	0,70 ₉	0,63 ₅	0,46 ₇	0,55 ₁	0,55 ₁
1	2	3	4	5	6	7	8

$\frac{Se}{s}$	$\frac{r}{a}$	δ	$\frac{e+v}{r}$	$\frac{e_h}{r}$	$\frac{e_v}{r}$	$\frac{e'_v}{r}$	$\frac{Se'}{s}$
0,60	2,74	45,2°	0,709	0,635	0,467	0,551	0,551
0,59	2,81	45,6°	0,715	0,643	0,477	0,560	0,540
0,58	2,87	46,2°	0,722	0,652	0,486	0,569	0,530
0,57	2,94	46,7°	0,727	0,659	0,496	0,578	0,520
0,56	3,01	47,2°	0,734	0,667	0,505	0,586	0,510
0,55	3,08	47,7°	0,740	0,675	0,515	0,595	0,500
0,54	3,15	48,2°	0,746	0,683	0,522	0,603	0,490
0,53	3,24	48,8°	0,753	0,691	0,531	0,611	0,480
0,52	3,31	49,3°	0,759	0,698	0,540	0,619	0,471
0,51	3,40	49,9°	0,765	0,706	0,547	0,627	0,461
0,50	3,49	50,4°	0,771	0,714	0,557	0,636	0,451
0,49	3,58	50,9°	0,776	0,721	0,566	0,644	0,441
0,48	3,68	51,4°	0,782	0,728	0,575	0,652	0,431
0,47	3,78	52,0°	0,788	0,735	0,583	0,659	0,420
0,46	3,89	52,6°	0,794	0,743	0,590	0,667	0,411
0,45	4,00	53,2°	0,800	0,750	0,599	0,675	0,401
0,44	4,10	53,6°	0,805	0,756	0,609	0,683	0,392
0,43	4,20	54,1°	0,810	0,762	0,617	0,690	0,383
0,42	4,31	54,6°	0,815	0,768	0,627	0,698	0,374
0,41	4,44	55,0°	0,819	0,774	0,637	0,706	0,365
0,40	4,58	55,6°	0,825	0,781	0,644	0,713	0,355
0,39	4,73	56,1°	0,830	0,788	0,654	0,721	0,345
0,38	4,88	56,7°	0,835	0,794	0,663	0,729	0,336
0,37	5,04	57,2°	0,841	0,801	0,670	0,736	0,327
0,36	5,18	57,7°	0,846	0,807	0,680	0,744	0,318
0,35	5,36	58,3°	0,851	0,813	0,687	0,750	0,308
0,33	5,77	59,4°	0,861	0,826	0,705	0,766	0,289
0,30	6,43	61,0°	0,875	0,844	0,731	0,788	0,262
0,25	7,88	63,8°	0,898	0,873	0,775	0,824	0,217
0,20	10,00	66,9°	0,920	0,900	0,818	0,859	0,173
0,15	13,68	70,2°	0,941	0,927	0,863	0,895	0,129
0,10	20,43	74,0°	0,961	0,951	0,908	0,930	0,085
0,05	42,84	78,7°	0,981	0,977	0,954	0,966	0,045
1	2	3	4	5	6	7	8

TABELLE V

über Exzentrizitäten, Voreilungswinkel und äussere Deckungen
für alle Füllungen bei einer linearen Voreilung auf der Deckelseite
 $v_h = 0,3 a = 0,3$ der Kanalweite.

$\frac{se}{s}$	$\frac{r}{a}$	δ	$\frac{e+v}{r}$	$\frac{e_h}{r}$	$\frac{e_v}{r}$	$\frac{e_v'}{r}$	$\frac{se'}{s}$
1	0,85	10,0°	0,174	-0,180	-0,174	-0,177	1
0,98	1,01	17,8°	0,306	0,008	-0,052	-0,022	0,975
0,96	1,10	21,1°	0,360	0,086	-0,002	0,042	0,950
0,94	1,17	23,7°	0,402	0,146	0,036	0,091	0,926
0,92	1,24	25,7°	0,434	0,192	0,078	0,135	0,902
0,90	1,31	27,7°	0,465	0,235	0,105	0,170	0,880
0,89	1,34	28,5°	0,478	0,254	0,122	0,188	0,868
0,88	1,38	29,3°	0,490	0,272	0,139	0,206	0,855
0,87	1,41	30,2°	0,503	0,290	0,151	0,221	0,843
0,86	1,44	30,8°	0,513	0,304	0,166	0,235	0,832
0,85	1,48	31,7°	0,526	0,323	0,177	0,250	0,821
0,84	1,51	32,3°	0,535	0,336	0,189	0,263	0,810
0,83	1,55	33,1°	0,546	0,351	0,200	0,276	0,799
0,82	1,59	34,0°	0,559	0,370	0,211	0,291	0,785
0,81	1,62	34,6°	0,568	0,383	0,223	0,303	0,774
0,80	1,66	35,2°	0,577	0,395	0,236	0,316	0,764
0,79	1,70	35,9°	0,587	0,410	0,248	0,329	0,753
0,78	1,73	36,5°	0,595	0,422	0,259	0,341	0,742
0,77	1,77	37,2°	0,604	0,435	0,268	0,352	0,730
0,76	1,81	37,8°	0,613	0,447	0,278	0,363	0,720
0,75	1,85	38,3°	0,621	0,458	0,293	0,376	0,708
0,74	1,89	39,1°	0,630	0,471	0,302	0,387	0,697
0,73	1,94	39,7°	0,638	0,483	0,311	0,397	0,687
0,72	1,98	40,2°	0,646	0,494	0,324	0,409	0,676
0,71	2,02	40,7°	0,653	0,504	0,334	0,419	0,665
0,70	2,07	41,4°	0,662	0,517	0,342	0,430	0,654
0,69	2,12	42,1°	0,670	0,528	0,350	0,439	0,643
0,68	2,17	42,6°	0,677	0,538	0,361	0,450	0,633
0,67	2,21	43,1°	0,683	0,547	0,373	0,460	0,623
0,66	2,26	43,6°	0,689	0,556	0,383	0,470	0,613
0,65	2,30	44,0°	0,695	0,564	0,396	0,480	0,603
0,64	2,35	44,6°	0,702	0,574	0,405	0,490	0,593
0,63	2,41	45,2°	0,709	0,585	0,412	0,499	0,583
0,62	2,47	45,7°	0,716	0,595	0,423	0,509	0,572
0,61	2,53	46,3°	0,723	0,604	0,432	0,518	0,561
0,60	2,59	46,9°	0,730	0,613	0,440	0,527	0,551
1	2	3	4	5	6	7	8

$\frac{Se}{s}$	$\frac{r}{a}$	δ	$\frac{e+v}{r}$	$\frac{e_h}{r}$	$\frac{e_v}{r}$	$\frac{e'_v}{r}$	$\frac{Se'}{s}$
0,60	2,59	46,9 ⁰	0,730	0,613	0,440	0,527	0,551
0,59	2,65	47,4 ⁰	0,736	0,622	0,449	0,536	0,540
0,58	2,71	47,9 ⁰	0,742	0,631	0,460	0,546	0,530
0,57	2,77	48,3 ⁰	0,747	0,638	0,470	0,554	0,520
0,56	2,84	48,8 ⁰	0,753	0,647	0,480	0,564	0,510
0,55	2,90	49,2 ⁰	0,758	0,654	0,492	0,573	0,500
0,54	2,97	49,8 ⁰	0,764	0,663	0,499	0,581	0,490
0,53	3,06	50,4 ⁰	0,771	0,672	0,508	0,590	0,480
0,52	3,13	50,9 ⁰	0,776	0,680	0,517	0,599	0,471
0,51	3,21	51,4 ⁰	0,782	0,688	0,525	0,607	0,461
0,50	3,29	51,9 ⁰	0,787	0,697	0,535	0,616	0,451
0,49	3,38	52,5 ⁰	0,793	0,704	0,543	0,624	0,441
0,48	3,47	52,9 ⁰	0,798	0,711	0,553	0,632	0,431
0,47	3,57	53,4 ⁰	0,803	0,719	0,564	0,641	0,420
0,46	3,66	53,9 ⁰	0,808	0,726	0,572	0,649	0,411
0,45	3,77	54,5 ⁰	0,814	0,734	0,581	0,658	0,401
0,44	3,86	54,9 ⁰	0,818	0,741	0,590	0,666	0,392
0,43	3,97	55,4 ⁰	0,823	0,748	0,599	0,674	0,383
0,42	4,07	55,9 ⁰	0,828	0,754	0,609	0,682	0,374
0,41	4,18	56,3 ⁰	0,832	0,760	0,620	0,690	0,365
0,40	4,32	56,9 ⁰	0,838	0,768	0,627	0,698	0,355
0,39	4,46	57,5 ⁰	0,843	0,776	0,635	0,706	0,345
0,38	4,60	57,8 ⁰	0,847	0,782	0,648	0,715	0,336
0,37	4,75	58,4 ⁰	0,852	0,789	0,655	0,722	0,327
0,36	4,90	59,0 ⁰	0,857	0,796	0,663	0,730	0,318
0,35	5,06	59,4 ⁰	0,861	0,802	0,673	0,738	0,308
0,33	5,44	60,6 ⁰	0,871	0,816	0,689	0,753	0,289
0,30	6,06	62,2 ⁰	0,885	0,835	0,717	0,776	0,262
0,25	7,43	65,0 ⁰	0,906	0,865	0,761	0,813	0,217
0,20	9,45	67,8 ⁰	0,926	0,894	0,809	0,852	0,173
0,15	12,90	71,0 ⁰	0,946	0,922	0,856	0,889	0,129
0,10	19,30	74,5 ⁰	0,964	0,948	0,904	0,926	0,085
0,05	40,50	79,5 ⁰	0,983	0,975	0,949	0,962	0,045
1	2	3	4	5	6	7	8

TABELLE VI

über die Beziehungen zwischen Kompression und Vorausströmung sowie den in

δ	$\frac{e+v}{r}$		Kompression														
			0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,27	0,30	0,33	0,36
			Deckelseite (hinten)														
14,6°	0,252	V i/r	0,005 0,111	0,002 0,194	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
18,0°	0,310	V i/r	0,015 0,052	0,007 0,138	0,003 0,211	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
20,8°	0,355	V i/r	0,026 0,003	0,015 0,087	0,009 0,163	0,005 0,223	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
22,8°	0,388	V i/r	0,037 -0,032	0,025 0,052	0,015 0,129	0,009 0,189	0,005 0,250	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
25,0°	0,423	V i/r	0,050 -0,070	0,036 0,015	0,025 0,090	0,016 0,151	0,010 0,214	0,006 0,265	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
25,9°	0,437	V i/r	0,058 -0,085	0,041 -0,001	0,028 0,076	0,020 0,136	0,013 0,198	0,008 0,250	0,005 0,298	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
26,8°	0,450	V i/r	0,064 -0,102	0,047 -0,017	0,034 0,059	0,024 0,120	0,016 0,182	0,010 0,235	0,008 0,282	0,005 0,332	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
27,5°	0,462	V i/r	0,070 -0,113	0,052 -0,029	0,037 0,047	0,028 0,107	0,019 0,170	0,013 0,223	0,009 0,270	0,006 0,320	0,004 0,365	— —	— —	— —	— —	— —	— —
28,3°	0,475	V i/r	0,077 -0,128	0,058 -0,044	0,042 0,033	0,032 0,094	0,023 0,156	0,016 0,210	0,011 0,257	0,007 0,307	0,005 0,352	— —	— —	— —	— —	— —	— —
29,2°	0,488	V i/r	0,084 -0,142	0,064 -0,059	0,048 0,017	0,037 0,078	0,028 0,140	0,020 0,194	0,014 0,242	0,009 0,292	0,006 0,337	0,004 0,380	— —	— —	— —	— —	— —
30,0°	0,500	V i/r	0,091 -0,156	0,070 -0,073	0,054 0,003	0,042 0,064	0,031 0,127	0,024 0,180	0,017 0,228	0,012 0,278	0,008 0,324	0,005 0,367	— —	— —	— —	— —	— —
30,8°	0,512	V i/r	0,100 -0,171	0,077 -0,087	0,060 -0,011	0,047 0,050	0,036 0,113	0,028 0,167	0,021 0,215	0,014 0,265	0,010 0,310	0,007 0,353	0,005 0,396	— —	— —	— —	— —
31,7°	0,525	V i/r	0,108 -0,185	0,085 -0,102	0,067 -0,026	0,054 0,035	0,041 0,098	0,032 0,151	0,025 0,199	0,018 0,250	0,013 0,295	0,009 0,339	0,006 0,382	— —	— —	— —	— —
32,3°	0,535	V i/r	0,114 -0,197	0,090 -0,113	0,072 -0,036	0,058 0,024	0,045 0,087	0,036 0,140	0,028 0,189	0,021 0,240	0,015 0,286	0,011 0,329	0,007 0,372	0,003 0,431	— —	— —	— —
33,0°	0,544	V i/r	0,121 -0,208	0,097 -0,125	0,077 -0,049	0,063 0,012	0,050 0,076	0,040 0,129	0,031 0,177	0,024 0,228	0,018 0,274	0,013 0,317	0,009 0,360	0,005 0,420	— —	— —	— —
33,7°	0,555	V i/r	0,130 -0,219	0,104 -0,137	0,083 -0,061	0,069 0,000	0,055 0,063	0,044 0,116	0,036 0,165	0,028 0,216	0,021 0,262	0,015 0,306	0,011 0,348	0,006 0,408	0,004 0,464	— —	— —
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

TABELLE VI

inneren Deckungen i und der Exzentrizität r für die Voreilungswinkel δ .

Kompression															$\frac{t}{d}$
0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,27	0,30	0,33	0,36	
Kurbelseite (vorne)															
0,002 0,192	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	0,611
0,010 0,133	0,003 0,233	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	0,588
0,023 0,085	0,010 0,185	0,004 0,267	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	0,567
0,036 0,050	0,018 0,151	0,008 0,234	0,003 0,309	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	0,553
0,054 0,012	0,031 0,113	0,017 0,198	0,008 0,273	0,004 0,337	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	0,537
0,061 -0,003	0,038 0,097	0,022 0,182	0,011 0,257	0,005 0,323	0,002 0,383	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	0,530
0,070 -0,018	0,045 0,081	0,027 0,166	0,015 0,242	0,008 0,307	0,004 0,368	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	0,524
0,076 -0,032	0,050 0,070	0,032 0,155	0,018 0,231	0,010 0,295	0,005 0,357	0,002 0,412	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	0,519
0,084 -0,045	0,057 0,055	0,037 0,140	0,023 0,216	0,013 0,282	0,006 0,343	0,003 0,399	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	0,513
0,094 -0,061	0,065 0,041	0,044 0,125	0,028 0,200	0,017 0,267	0,010 0,328	0,005 0,384	0,002 0,437	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	0,506
0,103 -0,076	0,072 0,026	0,051 0,111	0,034 0,188	0,022 0,253	0,013 0,316	0,006 0,372	0,003 0,424	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	0,500
0,112 -0,088	0,079 0,012	0,058 0,097	0,039 0,174	0,026 0,240	0,016 0,302	0,009 0,358	0,004 0,412	0,002 0,459	— —	— —	— —	— —	— —	— —	0,493
0,122 -0,105	0,089 -0,003	0,066 0,081	0,047 0,157	0,032 0,225	0,021 0,287	0,013 0,343	0,006 0,397	0,004 0,445	— —	— —	— —	— —	— —	— —	0,487
0,130 -0,114	0,096 -0,015	0,071 0,071	0,052 0,148	0,036 0,215	0,024 0,277	0,015 0,334	0,009 0,388	0,004 0,436	0,002 0,482	— —	— —	— —	— —	— —	0,482
0,139 -0,128	0,104 -0,026	0,077 0,060	0,058 0,136	0,041 0,202	0,028 0,265	0,019 0,323	0,011 0,376	0,006 0,424	0,003 0,470	— —	— —	— —	— —	— —	0,477
0,149 -0,139	0,112 -0,038	0,085 0,047	0,064 0,123	0,047 0,191	0,033 0,253	0,022 0,310	0,014 0,365	0,008 0,413	0,004 0,460	0,002 0,505	— —	— —	— —	— —	0,472
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34

δ	$\frac{e+v}{r}$		Kompression														
			0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,27	0,30	0,33	0,36
			Deckelseite (hinten)														
33,7°	0,555	V	0,130	0,104	0,083	0,069	0,055	0,044	0,036	0,023	0,021	0,015	0,011	0,006	0,004	—	—
		i/r	-0,219	-0,137	-0,061	0,000	0,063	0,116	0,165	0,216	0,262	0,306	0,348	0,408	0,464	—	—
34,3°	0,564	V	0,136	0,110	0,089	0,074	0,061	0,048	0,040	0,031	0,024	0,018	0,013	0,008	0,004	—	—
		i/r	-0,231	-0,148	-0,072	-0,011	0,052	0,106	0,155	0,206	0,252	0,295	0,339	0,399	0,455	—	—
35,1°	0,575	V	0,145	0,118	0,096	0,080	0,066	0,054	0,045	0,036	0,028	0,022	0,015	0,010	0,005	0,003	—
		i/r	-0,243	-0,162	-0,085	-0,024	0,038	0,093	0,141	0,192	0,239	0,282	0,326	0,386	0,443	0,498	—
35,7°	0,583	V	0,152	0,125	0,102	0,085	0,070	0,058	0,048	0,039	0,031	0,025	0,018	0,011	0,006	0,004	—
		i/r	-0,253	-0,172	-0,096	-0,035	0,028	0,082	0,131	0,182	0,228	0,273	0,316	0,376	0,433	0,490	—
36,3°	0,592	V	0,159	0,131	0,108	0,091	0,075	0,063	0,053	0,042	0,034	0,028	0,021	0,014	0,008	0,004	—
		i/r	-0,264	-0,182	-0,106	-0,045	0,017	0,071	0,120	0,172	0,217	0,262	0,306	0,367	0,424	0,480	—
36,8°	0,600	V	0,165	0,137	0,114	0,096	0,080	0,067	0,056	0,045	0,037	0,030	0,023	0,015	0,009	0,005	0,003
		i/r	-0,273	-0,191	-0,114	-0,053	0,009	0,062	0,111	0,163	0,209	0,253	0,298	0,358	0,416	0,472	0,525
37,6°	0,610	V	0,174	0,146	0,121	0,103	0,087	0,073	0,062	0,051	0,042	0,034	0,027	0,018	0,012	0,007	0,004
		i/r	-0,285	-0,205	-0,129	-0,068	-0,006	0,048	0,097	0,149	0,196	0,240	0,284	0,345	0,404	0,460	0,514
38,2°	0,618	V	0,182	0,153	0,128	0,110	0,092	0,078	0,067	0,056	0,045	0,037	0,030	0,021	0,014	0,009	0,005
		i/r	-0,295	-0,215	-0,139	-0,078	-0,016	0,038	0,087	0,139	0,185	0,231	0,274	0,335	0,393	0,451	0,505
38,8°	0,627	V	0,190	0,160	0,134	0,116	0,098	0,083	0,072	0,060	0,050	0,042	0,034	0,024	0,016	0,010	0,006
		i/r	-0,306	-0,225	-0,149	-0,088	-0,026	0,027	0,077	0,129	0,175	0,220	0,264	0,326	0,384	0,441	0,495
39,5°	0,636	V	0,200	0,168	0,142	0,123	0,105	0,090	0,078	0,065	0,055	0,046	0,038	0,028	0,019	0,012	0,008
		i/r	-0,317	-0,236	-0,162	-0,099	-0,038	0,016	0,064	0,116	0,163	0,208	0,251	0,315	0,373	0,431	0,485
40,2°	0,645	V	0,208	0,177	0,151	0,130	0,112	0,096	0,083	0,071	0,060	0,051	0,042	0,031	0,023	0,015	0,009
		i/r	-0,328	-0,249	-0,174	-0,113	-0,050	0,003	0,052	0,105	0,151	0,197	0,240	0,303	0,361	0,420	0,475
40,6°	0,651	V	0,213	0,182	0,156	0,134	0,116	0,100	0,087	0,074	0,063	0,054	0,045	0,032	0,024	0,016	0,010
		i/r	-0,335	-0,256	-0,180	-0,120	-0,058	-0,003	0,045	0,097	0,144	0,189	0,233	0,295	0,355	0,413	0,468
41,2°	0,658	V	0,222	0,190	0,162	0,142	0,122	0,106	0,092	0,079	0,068	0,058	0,049	0,037	0,027	0,018	0,012
		i/r	-0,345	-0,265	-0,191	-0,131	-0,068	-0,015	0,035	0,087	0,133	0,179	0,223	0,285	0,345	0,404	0,459
41,7°	0,666	V	0,229	0,197	0,168	0,148	0,128	0,111	0,097	0,083	0,072	0,062	0,052	0,040	0,030	0,021	0,014
		i/r	-0,353	-0,274	-0,199	-0,139	-0,077	-0,023	0,026	0,078	0,125	0,171	0,215	0,277	0,337	0,396	0,451
42,2°	0,672	V	0,236	0,203	0,174	0,154	0,133	0,117	0,102	0,088	0,076	0,066	0,056	0,043	0,032	0,023	0,016
		i/r	-0,361	-0,282	-0,208	-0,148	-0,085	-0,032	0,017	0,070	0,116	0,162	0,206	0,268	0,328	0,388	0,444
42,7°	0,679	V	0,243	0,210	0,180	0,160	0,138	0,122	0,107	0,092	0,080	0,070	0,059	0,046	0,036	0,026	0,018
		i/r	-0,369	-0,291	-0,216	-0,156	-0,094	-0,041	0,009	0,061	0,107	0,154	0,198	0,260	0,320	0,380	0,436
43,4°	0,687	V	0,253	0,218	0,190	0,168	0,147	0,129	0,114	0,099	0,086	0,075	0,065	0,051	0,039	0,029	0,021
		i/r	-0,381	-0,302	-0,228	-0,168	-0,106	-0,052	-0,003	0,049	0,096	0,140	0,185	0,249	0,309	0,368	0,424
43,9°	0,694	V	0,260	0,226	0,197	0,174	0,153	0,135	0,120	0,104	0,091	0,080	0,069	0,055	0,042	0,032	0,023
		i/r	-0,390	-0,310	-0,236	-0,177	-0,114	-0,061	-0,012	0,041	0,087	0,132	0,177	0,240	0,301	0,359	0,416
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

Kompression															$\frac{t}{d}$
0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,27	0,30	0,33	0,36	
Kurbelseite (vorne)															
0,14 ₉	0,11 ₂	0,08 ₅	0,06 ₄	0,04 ₇	0,03 ₃	0,02 ₂	0,01 ₄	0,00 ₈	0,00 ₄	0,00 ₂	—	—	—	—	0,472
-0,13 ₉	-0,03 ₈	0,04 ₇	0,12 ₃	0,19 ₁	0,25 ₃	0,31 ₀	0,36 ₅	0,41 ₃	0,46 ₀	0,50 ₅	—	—	—	—	
0,15 ₈	0,11 ₉	0,09 ₁	0,06 ₉	0,05 ₂	0,03 ₇	0,02 ₆	0,01 ₇	0,01 ₀	0,00 ₆	0,00 ₃	—	—	—	—	0,467
-0,14 ₉	-0,04 ₉	0,03 ₆	0,11 ₃	0,18 ₀	0,24 ₃	0,30 ₁	0,35 ₆	0,40 ₄	0,45 ₁	0,49 ₅	—	—	—	—	
0,16 ₉	0,12 ₉	0,10 ₁	0,07 ₆	0,05 ₉	0,04 ₃	0,03 ₁	0,02 ₁	0,01 ₄	0,00 ₈	0,00 ₄	—	—	—	—	0,461
-0,16 ₃	-0,06 ₂	0,02 ₃	0,09 ₉	0,16 ₇	0,23 ₁	0,28 ₇	0,34 ₂	0,39 ₁	0,43 ₈	0,48 ₃	—	—	—	—	
0,17 ₇	0,13 ₇	0,10 ₇	0,08 ₂	0,06 ₄	0,04 ₈	0,03 ₅	0,02 ₅	0,01 ₇	0,01 ₀	0,00 ₅	0,00 ₂	—	—	—	0,457
-0,17 ₄	-0,07 ₃	0,01 ₂	0,08 ₈	0,15 ₆	0,21 ₉	0,27 ₇	0,33 ₂	0,38 ₁	0,42 ₉	0,47 ₅	0,53 ₇	—	—	—	
0,18 ₅	0,14 ₅	0,11 ₄	0,08 ₉	0,07 ₀	0,05 ₃	0,03 ₉	0,02 ₈	0,01 ₉	0,01 ₂	0,00 ₇	0,00 ₃	—	—	—	0,451
-0,18 ₃	-0,08 ₄	0,00 ₁	0,07 ₈	0,14 ₆	0,20 ₉	0,26 ₇	0,32 ₃	0,37 ₂	0,42 ₀	0,46 ₄	0,52 ₈	—	—	—	
0,19 ₃	0,15 ₂	0,12 ₀	0,09 ₅	0,07 ₄	0,05 ₈	0,04 ₃	0,03 ₁	0,02 ₂	0,01 ₅	0,00 ₉	0,00 ₄	—	—	—	0,447
-0,19 ₂	-0,09 ₃	-0,00 ₇	0,07 ₀	0,13 ₇	0,20 ₀	0,25 ₉	0,31 ₅	0,36 ₄	0,41 ₂	0,45 ₇	0,52 ₁	—	—	—	
0,20 ₅	0,16 ₃	0,12 ₉	0,10 ₄	0,08 ₂	0,06 ₅	0,05 ₀	0,03 ₇	0,02 ₆	0,01 ₉	0,01 ₂	0,00 ₅	0,00 ₂	—	—	0,441
-0,20 ₆	-0,10 ₆	-0,02 ₀	0,05 ₅	0,12 ₃	0,18 ₈	0,24 ₅	0,30 ₁	0,35 ₀	0,39 ₉	0,44 ₅	0,50 ₉	0,56 ₅	—	—	
0,21 ₄	0,17 ₁	0,13 ₇	0,11 ₁	0,08 ₈	0,07 ₀	0,05 ₅	0,04 ₁	0,03 ₀	0,02 ₂	0,01 ₅	0,00 ₇	0,00 ₃	—	—	0,437
-0,21 ₆	-0,11 ₆	-0,03 ₂	0,04 ₅	0,11 ₃	0,17 ₇	0,23 ₄	0,29 ₁	0,34 ₀	0,39 ₀	0,43 ₆	0,50 ₀	0,55 ₇	—	—	
0,22 ₃	0,17 ₉	0,14 ₅	0,11 ₇	0,09 ₅	0,07 ₅	0,06 ₀	0,04 ₆	0,03 ₅	0,02 ₅	0,01 ₇	0,00 ₉	0,00 ₄	—	—	0,432
-0,22 ₆	-0,12 ₈	-0,04 ₂	0,03 ₅	0,10 ₃	0,16 ₆	0,22 ₅	0,28 ₁	0,33 ₁	0,38 ₀	0,42 ₅	0,49 ₁	0,54 ₇	—	—	
0,23 ₄	0,19 ₀	0,15 ₅	0,12 ₆	0,10 ₃	0,08 ₂	0,06 ₆	0,05 ₂	0,04 ₀	0,02 ₉	0,02 ₁	0,01 ₁	0,00 ₅	0,00 ₂	—	0,427
-0,23 ₉	-0,13 ₉	-0,05 ₃	0,02 ₃	0,09 ₀	0,15 ₅	0,21 ₄	0,26 ₈	0,31 ₈	0,36 ₈	0,41 ₅	0,48 ₀	0,53 ₇	0,59 ₂	—	
0,24 ₅	0,20 ₀	0,16 ₅	0,13 ₅	0,11 ₁	0,09 ₀	0,07 ₃	0,05 ₈	0,04 ₅	0,03 ₄	0,02 ₅	0,01 ₄	0,00 ₇	0,00 ₃	—	0,421
-0,25 ₀	-0,15 ₁	-0,06 ₇	0,01 ₀	0,07 ₈	0,14 ₂	0,20 ₀	0,25 ₇	0,30 ₇	0,35 ₇	0,40 ₄	0,46 ₉	0,52 ₇	0,58 ₂	—	
0,25 ₁	0,20 ₆	0,17 ₁	0,14 ₀	0,11 ₆	0,09 ₅	0,07 ₆	0,06 ₁	0,04 ₉	0,03 ₇	0,02 ₇	0,01 ₆	0,00 ₉	0,00 ₄	—	0,417
-0,25 ₇	-0,15 ₇	-0,07 ₃	0,00 ₃	0,07 ₁	0,13 ₆	0,19 ₄	0,25 ₀	0,30 ₁	0,35 ₀	0,39 ₇	0,46 ₃	0,52 ₁	0,57 ₆	—	
0,26 ₀	0,21 ₅	0,17 ₉	0,14 ₈	0,12 ₄	0,10 ₂	0,08 ₂	0,06 ₇	0,05 ₄	0,04 ₁	0,03 ₁	0,01 ₉	0,01 ₀	0,00 ₅	—	0,413
-0,26 ₇	-0,16 ₈	-0,08 ₄	-0,00 ₇	0,06 ₁	0,12 ₅	0,18 ₃	0,24 ₀	0,29 ₁	0,34 ₀	0,38 ₈	0,45 ₄	0,51 ₃	0,56 ₇	—	
0,26 ₉	0,22 ₃	0,18 ₆	0,15 ₅	0,12 ₉	0,10 ₇	0,08 ₈	0,07 ₁	0,05 ₈	0,04 ₅	0,03 ₄	0,02 ₁	0,01 ₂	0,00 ₆	0,00 ₂	0,409
-0,27 ₆	-0,17 ₇	-0,09 ₃	-0,01 ₆	0,05 ₂	0,11 ₆	0,17 ₅	0,23 ₂	0,28 ₂	0,33 ₂	0,38 ₀	0,44 ₆	0,50 ₅	0,56 ₀	0,61 ₃	
0,27 ₇	0,23 ₁	0,19 ₄	0,16 ₃	0,13 ₅	0,11 ₃	0,09 ₄	0,07 ₆	0,06 ₂	0,05 ₀	0,03 ₈	0,02 ₄	0,01 ₅	0,00 ₇	0,00 ₃	0,405
-0,28 ₄	-0,18 ₅	-0,10 ₂	-0,02 ₄	0,04 ₄	0,10 ₇	0,16 ₆	0,22 ₃	0,27 ₄	0,32 ₄	0,37 ₂	0,43 ₈	0,49 ₇	0,55 ₃	0,60 ₆	
0,28 ₅	0,23 ₈	0,20 ₁	0,16 ₉	0,14 ₂	0,11 ₈	0,09 ₉	0,08 ₀	0,06 ₇	0,05 ₄	0,04 ₂	0,02 ₇	0,01 ₇	0,00 ₉	0,00 ₄	0,401
-0,29 ₂	-0,19 ₄	-0,11 ₀	-0,03 ₃	0,03 ₅	0,09 ₉	0,15 ₇	0,21 ₅	0,26 ₅	0,31 ₆	0,36 ₄	0,43 ₁	0,49 ₀	0,54 ₆	0,59 ₉	
0,29 ₈	0,24 ₉	0,21 ₂	0,17 ₉	0,15 ₂	0,12 ₇	0,10 ₇	0,08 ₈	0,07 ₃	0,06 ₀	0,04 ₈	0,03 ₁	0,02 ₀	0,01 ₁	0,00 ₅	0,396
-0,30 ₃	-0,20 ₆	-0,12 ₂	-0,04 ₅	0,02 ₃	0,08 ₇	0,14 ₆	0,20 ₂	0,25 ₃	0,30 ₃	0,35 ₁	0,42 ₀	0,47 ₈	0,53 ₆	0,58 ₉	
0,30 ₆	0,25 ₇	0,21 ₉	0,18 ₆	0,15 ₉	0,13 ₃	0,11 ₃	0,09 ₄	0,07 ₈	0,06 ₄	0,05 ₂	0,03 ₅	0,02 ₃	0,01 ₃	0,00 ₇	0,392
-0,31 ₂	-0,21 ₅	-0,13 ₁	-0,05 ₃	0,01 ₅	0,07 ₈	0,13 ₇	0,19 ₄	0,24 ₅	0,29 ₅	0,34 ₃	0,41 ₂	0,47 ₀	0,52 ₈	0,58 ₂	
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34

δ	$\frac{e+v}{r}$		Kompression														
			0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,27	0,30	0,33	0,36
			Deckelseite (hinten)														
43,9°	0,694	V	0,260	0,226	0,197	0,174	0,153	0,135	0,120	0,104	0,091	0,080	0,069	0,055	0,042	0,032	0,023
		i/r	-0,390	-0,310	-0,236	-0,177	-0,114	-0,061	-0,012	0,041	0,087	0,132	0,177	0,240	0,301	0,359	0,416
44,6°	0,702	V	0,270	0,236	0,206	0,183	0,160	0,143	0,127	0,111	0,098	0,086	0,075	0,060	0,047	0,036	0,026
		i/r	-0,400	-0,323	-0,249	-0,190	-0,128	-0,073	-0,024	0,028	0,076	0,120	0,165	0,228	0,290	0,348	0,405
45,2°	0,709	V	0,280	0,244	0,214	0,191	0,168	0,150	0,133	0,117	0,104	0,091	0,080	0,064	0,051	0,039	0,029
		i/r	-0,409	-0,332	-0,259	-0,199	-0,137	-0,084	-0,035	0,017	0,064	0,110	0,155	0,217	0,278	0,339	0,396
45,6°	0,715	V	0,286	0,250	0,220	0,196	0,173	0,154	0,138	0,122	0,108	0,095	0,083	0,068	0,054	0,042	0,031
		i/r	-0,416	-0,339	-0,265	-0,206	-0,145	-0,090	-0,042	0,010	0,058	0,103	0,148	0,211	0,273	0,332	0,389
46,2°	0,722	V	0,295	0,258	0,227	0,204	0,180	0,161	0,145	0,127	0,114	0,100	0,088	0,073	0,058	0,046	0,035
		i/r	-0,425	-0,348	-0,276	-0,216	-0,155	-0,102	-0,052	0,000	0,047	0,093	0,137	0,200	0,262	0,323	0,380
46,7°	0,727	V	0,303	0,266	0,234	0,210	0,187	0,167	0,151	0,133	0,119	0,105	0,093	0,076	0,062	0,049	0,038
		i/r	-0,433	-0,357	-0,284	-0,225	-0,163	-0,110	-0,061	-0,009	0,038	0,084	0,129	0,192	0,253	0,315	0,372
47,2°	0,734	V	0,311	0,273	0,241	0,217	0,193	0,173	0,157	0,139	0,124	0,110	0,098	0,080	0,066	0,053	0,041
		i/r	-0,441	-0,365	-0,292	-0,233	-0,172	-0,119	-0,070	-0,017	0,029	0,076	0,120	0,183	0,245	0,306	0,364
47,7°	0,740	V	0,318	0,281	0,249	0,224	0,200	0,180	0,162	0,145	0,130	0,116	0,104	0,085	0,070	0,056	0,044
		i/r	-0,449	-0,373	-0,301	-0,242	-0,180	-0,128	-0,078	-0,026	0,020	0,067	0,111	0,175	0,236	0,298	0,356
48,2°	0,746	V	0,327	0,289	0,256	0,230	0,206	0,186	0,168	0,151	0,135	0,121	0,108	0,090	0,074	0,060	0,047
		i/r	-0,457	-0,381	-0,309	-0,250	-0,189	-0,136	-0,087	-0,035	0,012	0,058	0,103	0,166	0,228	0,290	0,347
48,8°	0,753	V	0,337	0,298	0,264	0,239	0,214	0,194	0,176	0,158	0,142	0,127	0,114	0,095	0,079	0,064	0,052
		i/r	-0,467	-0,391	-0,318	-0,260	-0,199	-0,146	-0,097	-0,045	0,001	0,047	0,093	0,156	0,217	0,278	0,337
49,3°	0,759	V	0,345	0,306	0,272	0,246	0,221	0,201	0,182	0,164	0,148	0,133	0,119	0,100	0,083	0,068	0,055
		i/r	-0,475	-0,399	-0,327	-0,268	-0,208	-0,155	-0,106	-0,053	-0,007	0,038	0,084	0,148	0,209	0,270	0,328
49,9°	0,765	V	0,354	0,315	0,281	0,255	0,229	0,208	0,190	0,171	0,155	0,139	0,125	0,106	0,089	0,073	0,059
		i/r	-0,483	-0,408	-0,337	-0,278	-0,217	-0,165	-0,116	-0,064	-0,017	0,027	0,073	0,137	0,199	0,260	0,318
50,4°	0,771	V	0,363	0,323	0,289	0,262	0,236	0,215	0,197	0,177	0,161	0,146	0,131	0,111	0,093	0,078	0,063
		i/r	-0,491	-0,416	-0,345	-0,287	-0,226	-0,174	-0,125	-0,073	-0,026	0,018	0,064	0,129	0,191	0,251	0,310
50,9°	0,776	V	0,371	0,332	0,297	0,269	0,244	0,222	0,203	0,183	0,166	0,152	0,136	0,116	0,098	0,082	0,067
		i/r	-0,498	-0,424	-0,353	-0,295	-0,234	-0,182	-0,133	-0,081	-0,035	0,010	0,055	0,120	0,182	0,243	0,302
51,4°	0,782	V	0,379	0,340	0,305	0,277	0,251	0,229	0,209	0,190	0,173	0,157	0,142	0,121	0,103	0,086	0,071
		i/r	-0,506	-0,432	-0,361	-0,303	-0,243	-0,191	-0,142	-0,090	-0,044	0,001	0,047	0,111	0,174	0,234	0,293
52,0°	0,788	V	0,389	0,349	0,314	0,287	0,259	0,237	0,218	0,198	0,180	0,164	0,149	0,128	0,109	0,091	0,076
		i/r	-0,515	-0,441	-0,372	-0,315	-0,253	-0,200	-0,154	-0,102	-0,053	-0,009	0,036	0,102	0,163	0,225	0,284
52,6°	0,794	V	0,399	0,359	0,323	0,296	0,268	0,246	0,226	0,206	0,188	0,171	0,156	0,134	0,115	0,097	0,081
		i/r	-0,523	-0,451	-0,381	-0,324	-0,264	-0,211	-0,163	-0,111	-0,064	-0,018	0,026	0,090	0,154	0,215	0,274
53,2°	0,800	V	0,410	0,369	0,333	0,305	0,278	0,254	0,234	0,214	0,196	0,179	0,163	0,141	0,122	0,103	0,087
		i/r	-0,532	-0,460	-0,391	-0,334	-0,274	-0,222	-0,174	-0,122	-0,076	-0,029	0,016	0,079	0,142	0,205	0,264
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

Kompression															t d
0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,27	0,30	0,33	0,36	
Kurbelseite (vorne)															
0,306	0,257	0,219	0,186	0,159	0,133	0,113	0,094	0,078	0,064	0,052	0,035	0,023	0,013	0,007	0,392
-0,312	-0,215	-0,131	-0,053	0,015	0,078	0,137	0,194	0,245	0,295	0,343	0,412	0,470	0,528	0,582	
0,318	0,269	0,230	0,196	0,169	0,143	0,121	0,102	0,085	0,070	0,058	0,040	0,027	0,017	0,009	0,385
-0,324	-0,226	-0,142	-0,067	0,001	0,067	0,125	0,182	0,233	0,284	0,332	0,400	0,460	0,518	0,572	
0,328	0,278	0,239	0,205	0,177	0,151	0,128	0,109	0,092	0,076	0,063	0,045	0,031	0,020	0,011	0,381
-0,334	-0,236	-0,154	-0,077	-0,009	0,055	0,114	0,172	0,223	0,274	0,323	0,391	0,451	0,509	0,564	
0,335	0,285	0,245	0,212	0,182	0,157	0,133	0,113	0,096	0,080	0,066	0,048	0,033	0,022	0,012	0,377
-0,340	-0,243	-0,159	-0,084	-0,016	0,049	0,107	0,165	0,216	0,267	0,316	0,384	0,445	0,503	0,558	
0,345	0,296	0,255	0,221	0,191	0,165	0,141	0,120	0,103	0,086	0,072	0,053	0,037	0,025	0,015	0,373
-0,350	-0,253	-0,171	-0,094	-0,026	0,038	0,097	0,155	0,206	0,257	0,306	0,375	0,436	0,493	0,550	
0,353	0,304	0,263	0,228	0,199	0,172	0,148	0,126	0,109	0,092	0,076	0,058	0,042	0,028	0,018	0,369
-0,358	-0,262	-0,179	-0,103	-0,035	0,029	0,088	0,146	0,198	0,249	0,298	0,367	0,428	0,486	0,542	
0,362	0,313	0,272	0,236	0,206	0,179	0,155	0,133	0,114	0,098	0,081	0,062	0,045	0,031	0,020	0,365
-0,367	-0,270	-0,188	-0,111	-0,044	0,020	0,079	0,137	0,189	0,240	0,290	0,358	0,420	0,478	0,535	
0,372	0,321	0,279	0,244	0,214	0,186	0,163	0,140	0,120	0,103	0,087	0,066	0,055	0,035	0,023	0,361
-0,375	-0,278	-0,197	-0,120	-0,052	0,012	0,071	0,129	0,180	0,232	0,281	0,350	0,412	0,470	0,527	
0,380	0,330	0,288	0,252	0,222	0,194	0,169	0,146	0,126	0,109	0,092	0,071	0,054	0,038	0,026	0,357
-0,383	-0,287	-0,205	-0,129	-0,061	0,003	0,062	0,120	0,172	0,223	0,273	0,342	0,404	0,463	0,520	
0,390	0,340	0,298	0,261	0,231	0,202	0,177	0,155	0,134	0,116	0,099	0,076	0,059	0,043	0,030	0,352
-0,392	-0,298	-0,215	-0,139	-0,071	-0,007	0,052	0,110	0,162	0,214	0,262	0,332	0,393	0,454	0,510	
0,399	0,348	0,307	0,270	0,238	0,210	0,185	0,162	0,141	0,121	0,105	0,081	0,064	0,048	0,033	0,347
-0,400	-0,306	-0,223	-0,148	-0,079	-0,016	0,044	0,102	0,154	0,205	0,253	0,324	0,385	0,446	0,503	
0,410	0,358	0,317	0,279	0,248	0,219	0,194	0,170	0,148	0,129	0,112	0,088	0,069	0,052	0,037	0,343
-0,409	-0,316	-0,233	-0,157	-0,090	-0,026	0,033	0,090	0,142	0,194	0,243	0,315	0,376	0,437	0,493	
0,418	0,367	0,325	0,288	0,255	0,227	0,201	0,177	0,156	0,135	0,117	0,094	0,074	0,057	0,041	0,339
-0,417	-0,324	-0,242	-0,166	-0,099	-0,035	0,024	0,081	0,133	0,185	0,234	0,306	0,368	0,429	0,486	
0,427	0,377	0,334	0,297	0,264	0,235	0,208	0,184	0,163	0,142	0,123	0,099	0,078	0,061	0,045	0,335
-0,425	-0,332	-0,250	-0,174	-0,107	-0,044	0,016	0,073	0,125	0,177	0,226	0,298	0,359	0,421	0,478	
0,436	0,385	0,342	0,305	0,272	0,242	0,216	0,191	0,170	0,149	0,129	0,105	0,083	0,065	0,050	0,331
-0,433	-0,340	-0,259	-0,183	-0,116	-0,052	0,007	0,064	0,116	0,168	0,217	0,290	0,351	0,413	0,470	
0,447	0,395	0,352	0,315	0,282	0,252	0,225	0,200	0,178	0,158	0,137	0,112	0,090	0,071	0,055	0,326
-0,444	-0,350	-0,268	-0,194	-0,128	-0,062	-0,003	0,053	0,106	0,157	0,208	0,278	0,342	0,404	0,462	
0,458	0,406	0,363	0,325	0,292	0,261	0,235	0,209	0,187	0,166	0,145	0,118	0,097	0,076	0,060	0,320
-0,452	-0,359	-0,278	-0,205	-0,137	-0,073	-0,015	0,044	0,096	0,148	0,198	0,268	0,332	0,393	0,452	
0,468	0,417	0,374	0,335	0,302	0,271	0,244	0,218	0,196	0,174	0,154	0,126	0,104	0,082	0,065	0,316
-0,462	-0,369	-0,289	-0,215	-0,148	-0,084	-0,025	0,033	0,085	0,137	0,188	0,259	0,323	0,384	0,444	
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34

δ	e+v r		Kompression														
			0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,27	0,30	0,33	0,36
			Deckelseite (hinten)														
53,2°	0,800	V	0,41 ₀	0,36 ₉	0,33 ₃	0,30 ₅	0,27 ₈	0,25 ₄	0,23 ₄	0,21 ₄	0,19 ₆	0,17 ₉	0,16 ₃	0,14 ₁	0,12 ₂	0,10 ₃	0,08 ₇
		i/r	-0,53 ₂	-0,46 ₀	-0,39 ₁	-0,33 ₄	-0,27 ₄	-0,22 ₂	-0,17 ₄	-0,12 ₂	-0,07 ₆	-0,02 ₉	0,01 ₆	0,07 ₉	0,14 ₂	0,20 ₅	0,26 ₄
53,6°	0,805	V	0,41 ₇	0,37 ₆	0,34 ₀	0,31 ₂	0,28 ₄	0,26 ₀	0,24 ₀	0,21 ₉	0,20 ₁	0,18 ₄	0,16 ₈	0,14 ₆	0,12 ₆	0,10 ₇	0,09 ₀
		i/r	-0,53 ₈	-0,46 ₇	-0,39 ₇	-0,34 ₀	-0,28 ₁	-0,22 ₈	-0,18 ₀	-0,12 ₉	-0,08 ₁	-0,03 ₆	0,00 ₉	0,07 ₃	0,13 ₆	0,19 ₈	0,25 ₇
54,1°	0,810	V	0,42 ₅	0,38 ₄	0,34 ₈	0,31 ₉	0,29 ₂	0,26 ₇	0,24 ₇	0,22 ₆	0,20 ₈	0,19 ₁	0,17 ₄	0,15 ₂	0,13 ₁	0,11 ₂	0,09 ₅
		i/r	-0,54 ₆	-0,47 ₅	-0,40 ₅	-0,34 ₈	-0,29 ₀	-0,23 ₆	-0,18 ₉	-0,13 ₇	-0,09 ₀	-0,04 ₅	0,00 ₀	0,06 ₄	0,12 ₈	0,18 ₉	0,24 ₉
54,6°	0,815	V	0,43 ₄	0,39 ₃	0,35 ₆	0,32 ₈	0,29 ₉	0,27 ₅	0,25 ₄	0,23 ₃	0,21 ₄	0,19 ₇	0,18 ₀	0,15 ₈	0,13 ₇	0,11 ₇	0,10 ₀
		i/r	-0,55 ₃	-0,48 ₂	-0,41 ₃	-0,35 ₇	-0,29 ₈	-0,24 ₅	-0,19 ₈	-0,14 ₆	-0,09 ₉	-0,05 ₃	-0,00 ₉	0,05 ₅	0,11 ₉	0,18 ₀	0,24 ₀
55,0°	0,819	V	0,44 ₁	0,39 ₉	0,36 ₃	0,33 ₄	0,30 ₅	0,28 ₂	0,26 ₀	0,23 ₉	0,22 ₀	0,20 ₃	0,18 ₅	0,16 ₂	0,14 ₁	0,12 ₁	0,10 ₄
		i/r	-0,55 ₉	-0,48 ₇	-0,42 ₀	-0,36 ₄	-0,30 ₃	-0,25 ₁	-0,20 ₅	-0,15 ₄	-0,10 ₆	-0,06 ₁	-0,01 ₆	0,04 ₉	0,11 ₁	0,17 ₄	0,23 ₃
55,6°	0,825	V	0,45 ₁	0,41 ₀	0,37 ₃	0,34 ₄	0,31 ₅	0,29 ₁	0,26 ₉	0,24 ₇	0,22 ₈	0,21 ₀	0,19 ₃	0,16 ₉	0,14 ₉	0,12 ₈	0,11 ₀
		i/r	-0,56 ₇	-0,49 ₇	-0,42 ₉	-0,37 ₃	-0,31 ₅	-0,26 ₂	-0,21 ₅	-0,16 ₃	-0,11 ₆	-0,07 ₁	-0,02 ₆	0,03 ₈	0,10 ₂	0,16 ₃	0,22 ₃
56,1°	0,830	V	0,46 ₀	0,41 ₈	0,38 ₁	0,35 ₂	0,32 ₃	0,29 ₈	0,27 ₇	0,25 ₄	0,23 ₅	0,21 ₇	0,20 ₀	0,17 ₆	0,15 ₄	0,13 ₃	0,11 ₅
		i/r	-0,57 ₅	-0,50 ₅	-0,43 ₇	-0,38 ₁	-0,32 ₃	-0,27 ₀	-0,22 ₃	-0,17 ₂	-0,12 ₅	-0,07 ₉	-0,03 ₅	0,02 ₉	0,09 ₃	0,15 ₅	0,21 ₅
56,7°	0,835	V	0,47 ₁	0,42 ₉	0,39 ₁	0,36 ₂	0,33 ₃	0,30 ₈	0,28 ₆	0,26 ₃	0,24 ₄	0,22 ₅	0,20 ₈	0,18 ₃	0,16 ₁	0,14 ₀	0,12 ₁
		i/r	-0,58 ₃	-0,51 ₄	-0,44 ₆	-0,39 ₁	-0,33 ₂	-0,28 ₁	-0,23 ₃	-0,18 ₂	-0,13 ₆	-0,09 ₀	-0,04 ₅	0,01 ₈	0,08 ₁	0,14 ₅	0,20 ₅
57,2°	0,841	V	0,47 ₉	0,43 ₈	0,39 ₉	0,37 ₀	0,34 ₁	0,31 ₅	0,29 ₄	0,27 ₀	0,25 ₁	0,23 ₃	0,21 ₄	0,19 ₀	0,16 ₇	0,14 ₆	0,12 ₆
		i/r	-0,59 ₀	-0,52 ₁	-0,45 ₄	-0,39 ₉	-0,34 ₀	-0,29 ₀	-0,24 ₂	-0,19 ₁	-0,14 ₅	-0,09 ₉	-0,05 ₃	0,01 ₀	0,07 ₃	0,13 ₆	0,19 ₇
57,7°	0,846	V	0,48 ₈	0,44 ₆	0,40 ₈	0,37 ₈	0,34 ₈	0,32 ₃	0,30 ₂	0,27 ₈	0,25 ₈	0,23 ₉	0,22 ₁	0,19 ₇	0,17 ₃	0,15 ₂	0,13 ₂
		i/r	-0,59 ₇	-0,52 ₈	-0,46 ₂	-0,40 ₇	-0,34 ₈	-0,29 ₈	-0,25 ₀	-0,19 ₉	-0,15 ₄	-0,10 ₇	-0,06 ₂	0,00 ₁	0,06 ₄	0,12 ₈	0,18 ₈
58,3°	0,851	V	0,49 ₈	0,45 ₇	0,41 ₈	0,38 ₈	0,35 ₈	0,33 ₃	0,31 ₁	0,28 ₈	0,26 ₆	0,24 ₈	0,22 ₉	0,20 ₄	0,18 ₁	0,15 ₉	0,13 ₈
		i/r	-0,60 ₆	-0,53 ₇	-0,47 ₀	-0,41 ₆	-0,35 ₈	-0,30 ₇	-0,26 ₀	-0,20 ₉	-0,16 ₃	-0,11 ₉	-0,07 ₃	-0,00 ₉	0,05 ₃	0,11 ₆	0,17 ₇
59,4°	0,861	V	0,51 ₈	0,47 ₆	0,43 ₈	0,40 ₇	0,37 ₇	0,35 ₁	0,32 ₈	0,30 ₅	0,28 ₄	0,26 ₄	0,24 ₅	0,21 ₉	0,19 ₅	0,17 ₂	0,15 ₂
		i/r	-0,62 ₁	-0,55 ₃	-0,48 ₇	-0,43 ₃	-0,37 ₆	-0,32 ₆	-0,27 ₈	-0,22 ₈	-0,18 ₂	-0,13 ₇	-0,09 ₃	-0,02 ₇	0,03 ₅	0,09 ₇	0,15 ₇
61,0°	0,875	V	0,54 ₇	0,50 ₄	0,46 ₅	0,43 ₅	0,40 ₄	0,37 ₈	0,35 ₄	0,33 ₀	0,30 ₈	0,28 ₈	0,26 ₈	0,24 ₁	0,21 ₆	0,19 ₃	0,17 ₀
		i/r	-0,64 ₃	-0,57 ₆	-0,51 ₃	-0,45 ₉	-0,40 ₁	-0,35 ₁	-0,30 ₆	-0,25 ₆	-0,20 ₉	-0,16 ₅	-0,12 ₀	-0,05 ₅	0,00 ₇	0,07 ₀	0,13 ₁
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

Kompression															$\frac{t}{d}$
0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,27	0,30	0,33	0,36	
Kurbelseite (vorne)															
0,46 ₈	0,41 ₇	0,37 ₄	0,33 ₅	0,30 ₂	0,27 ₁	0,24 ₄	0,21 ₈	0,19 ₆	0,17 ₄	0,15 ₄	0,12 ₆	0,10 ₄	0,08 ₂	0,06 ₅	0,316
-0,46 ₂	-0,36 ₉	-0,28 ₉	-0,21 ₅	-0,14 ₈	-0,08 ₄	-0,02 ₅	0,03 ₃	0,08 ₅	0,13 ₇	0,18 ₈	0,25 ₉	0,32 ₃	0,38 ₄	0,44 ₄	
0,47 ₅	0,42 ₄	0,38 ₁	0,34 ₃	0,30 ₉	0,27 ₈	0,25 ₀	0,22 ₅	0,20 ₂	0,17 ₉	0,16 ₀	0,13 ₁	0,10 ₈	0,08 ₇	0,06 ₉	0,312
-0,46 ₈	-0,37 ₆	-0,29 ₅	-0,22 ₂	-0,15 ₅	-0,09 ₀	-0,03 ₂	0,02 ₆	0,07 ₈	0,13 ₁	0,18 ₀	0,25 ₁	0,31 ₆	0,37 ₇	0,43 ₇	
0,48 ₅	0,43 ₃	0,38 ₉	0,35 ₁	0,31 ₇	0,28 ₆	0,25 ₈	0,23 ₂	0,20 ₉	0,18 ₇	0,16 ₇	0,13 ₇	0,11 ₄	0,09 ₂	0,07 ₃	0,308
-0,47 ₆	-0,38 ₄	-0,30 ₃	-0,23 ₁	-0,16 ₃	-0,09 ₉	-0,04 ₁	0,01 ₇	0,07 ₀	0,12 ₂	0,17 ₂	0,24 ₃	0,30 ₇	0,36 ₉	0,42 ₉	
0,49 ₄	0,44 ₂	0,39 ₈	0,35 ₉	0,32 ₆	0,29 ₅	0,26 ₆	0,24 ₀	0,21 ₇	0,19 ₄	0,17 ₃	0,14 ₄	0,11 ₉	0,09 ₈	0,07 ₈	0,303
-0,48 ₃	-0,39 ₂	-0,31 ₂	-0,23 ₉	-0,17 ₂	-0,10 ₇	-0,04 ₉	0,00 ₉	0,06 ₁	0,11 ₃	0,16 ₃	0,23 ₄	0,29 ₉	0,36 ₁	0,42 ₁	
0,50 ₁	0,44 ₈	0,40 ₅	0,36 ₇	0,33 ₃	0,30 ₂	0,27 ₃	0,24 ₆	0,22 ₄	0,20 ₀	0,17 ₉	0,14 ₉	0,12 ₄	0,10 ₃	0,08 ₂	0,300
-0,49 ₀	-0,39 ₉	-0,31 ₈	-0,24 ₅	-0,17 ₉	-0,11 ₄	-0,05 ₅	0,00 ₁	0,05 ₃	0,10 ₆	0,15 ₆	0,22 ₈	0,29 ₂	0,35 ₆	0,41 ₅	
0,51 ₁	0,46 ₀	0,41 ₆	0,37 ₈	0,34 ₃	0,31 ₂	0,28 ₃	0,25 ₅	0,23 ₂	0,20 ₉	0,18 ₈	0,15 ₈	0,13 ₂	0,10 ₉	0,08 ₈	0,295
-0,49 ₈	-0,40 ₈	-0,32 ₈	-0,25 ₆	-0,18 ₉	-0,12 ₅	-0,06 ₇	-0,00 ₉	0,04 ₄	0,09 ₆	0,14 ₆	0,21 ₇	0,28 ₂	0,34 ₅	0,40 ₅	
0,52 ₀	0,46 ₈	0,42 ₅	0,38 ₆	0,35 ₂	0,32 ₀	0,29 ₂	0,26 ₄	0,24 ₀	0,21 ₇	0,19 ₅	0,16 ₅	0,13 ₉	0,11 ₅	0,09 ₄	0,292
-0,50 ₆	-0,41 ₆	-0,33 ₇	-0,26 ₄	-0,19 ₈	-0,13 ₄	-0,07 ₆	-0,01 ₇	0,03 ₅	0,08 ₇	0,13 ₇	0,20 ₉	0,27 ₄	0,33 ₇	0,39 ₇	
0,53 ₀	0,47 ₉	0,43 ₅	0,39 ₆	0,36 ₂	0,33 ₀	0,30 ₂	0,27 ₄	0,24 ₉	0,22 ₆	0,20 ₄	0,17 ₃	0,14 ₇	0,12 ₂	0,10 ₁	0,287
-0,51 ₅	-0,42 ₅	-0,34 ₇	-0,27 ₄	-0,20 ₈	-0,14 ₅	-0,08 ₅	-0,02 ₇	0,02 ₄	0,07 ₇	0,12 ₈	0,19 ₉	0,26 ₄	0,32 ₇	0,38 ₈	
0,53 ₉	0,48 ₈	0,44 ₄	0,40 ₅	0,37 ₂	0,33 ₉	0,31 ₀	0,28 ₂	0,25 ₇	0,23 ₄	0,21 ₂	0,18 ₀	0,15 ₄	0,12 ₈	0,10 ₇	0,282
-0,52 ₂	-0,43 ₃	-0,35 ₆	-0,28 ₂	-0,21 ₆	-0,15 ₄	-0,09 ₄	-0,03 ₆	0,01 ₆	0,06 ₈	0,11 ₉	0,19 ₁	0,25 ₆	0,31 ₈	0,38 ₀	
0,54 ₈	0,49 ₇	0,45 ₃	0,41 ₄	0,38 ₀	0,34 ₈	0,31 ₈	0,29 ₁	0,26 ₅	0,24 ₂	0,21 ₉	0,18 ₈	0,16 ₁	0,13 ₅	0,11 ₂	0,278
-0,53 ₀	-0,44 ₁	-0,36 ₄	-0,29 ₁	-0,22 ₅	-0,16 ₂	-0,10 ₃	-0,04 ₅	0,00 ₇	0,05 ₉	0,11 ₀	0,18 ₂	0,24 ₈	0,31 ₀	0,37 ₂	
0,55 ₈	0,50 ₈	0,46 ₄	0,42 ₄	0,39 ₀	0,35 ₈	0,32 ₈	0,30 ₁	0,27 ₅	0,25 ₁	0,22 ₈	0,19 ₆	0,16 ₉	0,14 ₃	0,11 ₉	0,273
-0,53 ₈	-0,45 ₁	-0,37 ₃	-0,30 ₁	-0,23 ₄	-0,17 ₂	-0,11 ₃	-0,05 ₅	-0,00 ₃	0,04 ₉	0,09 ₉	0,17 ₂	0,23 ₆	0,30 ₁	0,36 ₁	
0,57 ₈	0,52 ₇	0,48 ₄	0,44 ₄	0,41 ₀	0,37 ₈	0,34 ₈	0,31 ₉	0,29 ₄	0,26 ₉	0,24 ₅	0,21 ₃	0,18 ₅	0,15 ₈	0,13 ₃	0,264
-0,55 ₄	-0,46 ₈	-0,39 ₁	-0,31 ₈	-0,25 ₃	-0,19 ₁	-0,13 ₂	-0,07 ₆	-0,02 ₃	0,02 ₉	0,07 ₉	0,15 ₄	0,21 ₇	0,28 ₂	0,34 ₃	
0,60 ₅	0,55 ₅	0,51 ₂	0,47 ₃	0,43 ₈	0,40 ₅	0,37 ₆	0,34 ₇	0,32 ₁	0,29 ₆	0,27 ₂	0,23 ₈	0,20 ₈	0,18 ₀	0,15 ₅	0,250
-0,57 ₈	-0,49 ₂	-0,41 ₆	-0,34 ₅	-0,28 ₁	-0,21 ₇	-0,15 ₉	-0,10 ₃	-0,05 ₀	0,00 ₁	0,05 ₂	0,12 ₅	0,19 ₁	0,25 ₆	0,31 ₇	

TABELLE VII

über die Grösse der Kanalweite a' in mm bei einem
 Cylinderdurchmesser $D=1000$ mm und einer Kolbengeschwindigkeit $c=1$ Meter
 für verschiedene Verhältnisse $\frac{b}{D}$ der Kanalbreite zum Cylinderdurchmesser
 und verschiedene Dampfgeschwindigkeit in den Kanälen.

$$a = a' \cdot c \cdot D \quad (c \text{ und } D \text{ in Meter einzusetzen.})$$

$\frac{b}{D}$	Dampfgeschwindigkeit in den Kanälen (Meter)																	1	
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	33	36	39	42	45	48		52
0,50	157	131	112	98,5	87,5	78,5	71,5	65,5	60,5	56	52	47,5	43,5	40	37,5	35	33	30	2
0,55	143	119	102	89,5	79,5	71,5	65	59,5	55	51	47,5	43,5	39,5	36,5	34	32	30	27,5	3
0,60	131	109	93,5	82	72,5	65,5	59,5	54,5	50,5	46,5	43,5	39,5	36,5	33,5	31	29	27	25	4
0,65	121	100	86	75,5	67	60,5	55	50,5	46,5	43	40	36,5	33,5	31	29	27	25	23	5
0,70	112	93,5	80	70	62,5	56	51	46,5	43	40	37	34	31	29	27	25	23	21,5	6
0,75	105	87,5	75	65,5	58	52,5	47,5	43,5	40,5	37,5	35	32	29	27	25	23	22	20	7
0,80	98	82	70	61,5	54,5	49	44,5	41	38	35	33	30	27	25	23	22	20,5	19	8
0,85	92,5	77	66	58	51,5	46	42	38,5	35,5	33	31	28	25,5	24	22	20,5	19,5	18	9
0,90	87	73	62,5	54,5	48,5	43,5	39,5	36,5	33,5	31	29	26,5	24	22,5	21	19,5	18	17	10
0,95	83	69	59	52	46	41,5	37,5	34,5	32	29,5	27,5	25	23	21	20	18,5	17	16	11
1,00	78,5	65,5	56	49	43,5	39	35,5	33	30	28	26	24	22	20	18,5	17,5	16,5	15	12
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	

TABELLE VIII

über Voreinströmungswinkel (ψ)
und Voreinströmung
in % des Kolbenhubes bei einer
linearen Voreilung $v_h = 0,2$ a.

δ	Deckelseite		Kurbelseite	
	ψ_1	v_h in %	ψ_2	v_v in %
6,4°	12,8°	1,5	12,8°	1,0
14,6°	10,9°	1,0	12,7°	1,0
18,0°	10,2°	1,0	12,6°	1,0
20,8°	9,8°	0,8	12,7°	1,0
22,8°	9,2°	0,8	12,3°	0,9
25,0°	8,9°	0,7	12,6°	1,0
25,9°	8,7°	0,7	12,6°	1,0
26,8°	8,6°	0,7	12,5°	1,0
27,5°	8,5°	0,7	12,3°	0,9
28,3°	8,2°	0,6	12,2°	0,9
29,2°	8,1°	0,6	12,4°	0,9
30,0°	8,0°	0,6	12,4°	0,9
30,8°	8,0°	0,6	12,5°	1,0
31,7°	7,9°	0,6	12,6°	1,0
32,3°	7,6°	0,6	12,4°	0,9
33,0°	7,6°	0,6	12,4°	0,9
33,7°	7,4°	0,5	12,4°	0,9
34,3°	7,3°	0,5	12,3°	0,9
35,1°	7,3°	0,5	12,4°	0,9
35,7°	7,2°	0,5	12,3°	0,9
36,3°	7,1°	0,5	12,2°	0,9
36,8°	6,8°	0,5	12,0°	0,9
37,6°	6,9°	0,5	12,3°	0,9
38,2°	6,7°	0,5	12,1°	0,9
38,8°	6,6°	0,5	12,1°	0,9
39,5°	6,6°	0,5	12,2°	0,9
40,2°	6,5°	0,5	12,3°	0,9
40,6°	6,3°	0,4	12,0°	0,9
41,2°	6,3°	0,4	12,0°	0,9
41,7°	6,1°	0,4	11,8°	0,9
42,2°	6,0°	0,4	11,8°	0,9
42,7°	5,9°	0,4	11,6°	0,8
43,4°	5,9°	0,4	11,8°	0,9
43,9°	5,8°	0,4	11,6°	0,8
44,6°	5,8°	0,4	11,7°	0,9
45,2°	5,8°	0,4	11,8°	0,9
—	—	—	—	—
53,2°	4,6°	0,3	10,8°	0,7

TABELLE IX

über Voreinströmungswinkel (ψ)
und Voreinströmung
in % des Kolbenhubes bei einer
linearen Voreilung $v_h = 0,3$ a.

δ	Deckelseite		Kurbelseite	
	ψ_1	v_h in %	ψ_2	v_v in %
10,0°	20,4°	3,8	20,2°	2,5
17,8°	17,3°	2,7	19,1°	2,2
21,1°	16,1°	2,4	18,7°	2,1
23,7°	15,3°	2,1	18,5°	2,1
25,7°	14,7°	2,0	18,0°	2,0
27,7°	14,1°	1,8	17,9°	2,0
28,5°	13,8°	1,7	17,7°	1,9
29,3°	13,5°	1,7	17,4°	1,9
30,2°	13,4°	1,7	17,4°	1,9
30,8°	13,1°	1,6	17,2°	1,8
31,7°	12,9°	1,5	17,2°	1,8
32,3°	12,7°	1,5	17,0°	1,8
33,1°	12,6°	1,5	17,1°	1,8
34,0°	12,3°	1,4	17,1°	1,8
34,6°	12,1°	1,3	16,9°	1,7
35,2°	11,9°	1,3	16,8°	1,7
35,9°	11,7°	1,3	16,7°	1,7
36,5°	11,6°	1,2	16,6°	1,7
37,2°	11,4°	1,2	16,6°	1,7
37,8°	11,3°	1,2	16,5°	1,7
38,3°	11,0°	1,1	16,2°	1,6
39,1°	11,0°	1,1	16,3°	1,6
39,7°	10,8°	1,1	16,3°	1,6
40,2°	10,6°	1,0	16,0°	1,6
40,7°	10,4°	1,0	15,9°	1,5
41,4°	10,3°	1,0	15,9°	1,5
42,1°	10,2°	1,0	16,0°	1,6
42,6°	10,1°	0,9	15,8°	1,5
43,1°	9,9°	0,9	15,7°	1,5
43,6°	9,8°	0,9	15,5°	1,5
44,0°	9,7°	0,9	15,3°	1,4
44,6°	9,6°	0,9	15,3°	1,4
45,2°	9,4°	0,8	15,3°	1,4
45,7°	9,2°	0,8	15,1°	1,4
46,3°	9,1°	0,8	15,1°	1,4
46,9°	9,1°	0,8	15,1°	1,4
—	—	—	—	—
54,5°	7,3°	0,5	13,3°	1,1

TABELLE X
über das Verhältnis $\frac{a_1}{r}$ der Kahleröffnungen a_1 zur

δ	Kolbenwege											Vergrößerung für $v_h = 0,3a$
	0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	
	Deckelseite											
25,0°	0,146	0,474	0,579	0,642	0,683	0,721	0,713	0,668	0,583	0,454	0,270	0,094
26,8°	0,138	0,460	0,560	0,619	0,657	0,688	0,673	0,622	0,531	0,397	0,208	0,098
28,3°	0,131	0,444	0,550	0,597	0,631	0,656	0,637	0,580	0,485	0,346	0,153	0,095
30,0°	0,125	0,431	0,523	0,575	0,606	0,625	0,599	0,537	0,437	0,294	0,096	0,089
31,7°	0,121	0,418	0,507	0,555	0,583	0,594	0,563	0,496	0,390	0,243	0,041	0,081
33,0°	0,115	0,406	0,491	0,536	0,561	0,568	0,532	0,461	0,352	0,200	—	0,080
34,3°	0,110	0,394	0,474	0,517	0,539	0,541	0,501	0,425	0,314	0,157	—	0,078
35,7°	0,106	0,384	0,461	0,499	0,519	0,515	0,470	0,390	0,273	0,115	—	0,071
36,8°	0,100	0,370	0,444	0,481	0,497	0,489	0,441	0,357	0,237	0,076	—	0,072
38,2°	0,096	0,360	0,430	0,463	0,477	0,464	0,411	0,322	0,198	0,035	—	0,068
39,5°	0,092	0,348	0,414	0,445	0,456	0,438	0,380	0,288	0,161	—	—	0,065
40,6°	0,086	0,337	0,400	0,427	0,436	0,414	0,352	0,257	0,126	—	—	0,062
41,7°	0,084	0,327	0,387	0,412	0,418	0,392	0,327	0,228	0,095	—	—	0,060
42,7°	0,081	0,318	0,375	0,397	0,402	0,372	0,303	0,202	0,066	—	—	0,061
43,9°	0,077	0,308	0,361	0,380	0,382	0,347	0,275	0,170	0,031	—	—	0,055
45,2°	0,074	0,298	0,347	0,364	0,362	0,323	0,247	0,138	—	—	—	0,050
46,2°	0,070	0,287	0,333	0,347	0,344	0,301	0,221	0,109	—	—	—	0,050
47,2°	0,067	0,278	0,321	0,333	0,328	0,280	0,198	0,083	—	—	—	0,049
48,2°	0,063	0,267	0,308	0,317	0,310	0,259	0,173	0,055	—	—	—	0,047
49,3°	0,061	0,258	0,295	0,302	0,292	0,237	0,147	0,027	—	—	—	0,042
50,4°	0,057	0,248	0,281	0,285	0,273	0,214	0,121	—	—	—	—	0,042
51,4°	0,054	0,239	0,269	0,270	0,256	0,194	0,097	—	—	—	—	0,040
52,6°	0,051	0,229	0,255	0,254	0,237	0,170	0,070	—	—	—	—	0,037
53,6°	0,049	0,220	0,243	0,240	0,220	0,149	0,047	—	—	—	—	0,034
54,6°	0,047	0,211	0,232	0,226	0,204	0,130	0,024	—	—	—	—	0,033

TABELLE X

Exzentrizität r beim einfachen Schieber und bei $v_h = 0,2 a$.

Kolbenwege											Vergrößerung für $v_h = 0,3 a$
0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	
Kurbelseite											
0,20 ₈	0,59 ₁	0,69 ₇	0,75 ₂	0,77 ₈	0,77 ₈	0,72 ₉	0,64 ₄	0,52 ₈	0,37 ₈	0,19 ₀	0,09 ₅
0,20 ₃	0,57 ₇	0,67 ₈	0,72 ₇	0,74 ₉	0,74 ₁	0,68 ₆	0,59 ₅	0,47 ₄	0,32 ₁	0,12 ₉	0,09 ₄
0,19 ₈	0,56 ₂	0,65 ₈	0,70 ₃	0,72 ₁	0,70 ₇	0,64 ₆	0,55 ₁	0,42 ₆	0,26 ₉	0,07 ₅	0,09 ₃
0,19 ₈	0,55 ₂	0,64 ₃	0,68 ₃	0,69 ₇	0,67 ₆	0,60 ₉	0,50 ₉	0,38 ₀	0,21 ₉	0,02 ₂	0,08 ₅
0,19 ₈	0,54 ₂	0,62 ₇	0,66 ₃	0,67 ₃	0,64 ₅	0,57 ₂	0,46 ₆	0,33 ₀	0,16 ₈	—	0,07 ₇
0,19 ₂	0,52 ₈	0,60 ₈	0,64 ₁	0,64 ₈	0,61 ₄	0,53 ₆	0,42 ₇	0,29 ₁	0,12 ₄	—	0,07 ₈
0,18 ₉	0,51 ₆	0,59 ₂	0,62 ₀	0,62 ₃	0,58 ₅	0,50 ₃	0,39 ₀	0,25 ₀	0,08 ₁	—	0,07 ₈
0,18 ₆	0,50 ₅	0,57 ₅	0,60 ₀	0,60 ₁	0,55 ₆	0,46 ₉	0,35 ₂	0,20 ₉	0,03 ₆	—	0,07 ₂
0,18 ₀	0,49 ₀	0,55 ₇	0,57 ₉	0,57 ₆	0,52 ₆	0,43 ₆	0,31 ₆	0,17 ₀	—	—	0,07 ₄
0,17 ₈	0,48 ₀	0,54 ₂	0,56 ₀	0,55 ₄	0,49 ₉	0,40 ₃	0,27 ₉	0,13 ₁	—	—	0,06 ₉
0,17 ₇	0,46 ₉	0,52 ₇	0,54 ₁	0,53 ₂	0,47 ₁	0,37 ₂	0,24 ₄	0,09 ₃	—	—	0,06 ₅
0,17 ₁	0,45 ₇	0,51 ₀	0,52 ₁	0,50 ₉	0,44 ₄	0,34 ₁	0,21 ₀	0,05 ₇	—	—	0,06 ₂
0,16 ₈	0,44 ₄	0,49 ₃	0,50 ₁	0,48 ₇	0,41 ₈	0,31 ₁	0,17 ₈	0,02 ₂	—	—	0,06 ₄
0,16 ₂	0,43 ₀	0,47 ₇	0,48 ₂	0,46 ₅	0,39 ₂	0,28 ₂	0,14 ₆	—	—	—	0,06 ₅
0,16 ₀	0,42 ₁	0,46 ₂	0,46 ₃	0,44 ₄	0,36 ₆	0,25 ₂	0,11 ₃	—	—	—	0,05 ₆
0,15 ₈	0,40 ₉	0,44 ₇	0,44 ₄	0,42 ₂	0,33 ₉	0,22 ₁	0,07 ₈	—	—	—	0,05 ₂
0,15 ₃	0,39 ₆	0,43 ₀	0,42 ₅	0,40 ₀	0,31 ₁	0,19 ₁	0,04 ₇	—	—	—	0,05 ₃
0,14 ₈	0,38 ₄	0,41 ₃	0,40 ₆	0,37 ₈	0,28 ₇	0,16 ₃	0,01 ₆	—	—	—	0,05 ₄
0,14 ₃	0,37 ₁	0,39 ₇	0,38 ₆	0,35 ₇	0,26 ₂	0,13 ₄	—	—	—	—	0,05 ₁
0,14 ₀	0,35 ₉	0,38 ₁	0,36 ₇	0,33 ₅	0,23 ₅	0,10 ₅	—	—	—	—	0,04 ₅
0,13 ₅	0,34 ₆	0,36 ₄	0,34 ₇	0,31 ₁	0,20 ₈	0,07 ₅	—	—	—	—	0,04 ₆
0,13 ₀	0,33 ₃	0,34 ₇	0,32 ₇	0,29 ₀	0,18 ₃	0,04 ₇	—	—	—	—	0,04 ₅
0,12 ₇	0,32 ₂	0,33 ₁	0,30 ₈	0,26 ₈	0,15 ₆	0,01 ₆	—	—	—	—	0,04 ₁
0,12 ₂	0,30 ₈	0,31 ₄	0,28 ₈	0,24 ₅	0,13 ₀	—	—	—	—	—	0,03 ₉
0,11 ₇	0,29 ₅	0,29 ₈	0,26 ₉	0,22 ₄	0,10 ₅	—	—	—	—	—	0,03 ₈

TABELLE XI

**über Voreilungswinkel und Exzentrizitäten bei Doppelschiebersteuerungen
für eine lineare Voreilung des Grundschiebers $v_h = 0,2 a$.**

δ_g	δ_e	δ'	$\frac{r_g}{a}$	$\frac{r_r}{a}$	$\frac{r_e}{a}$	$\frac{r_r}{r_g}$	$\frac{r_e}{r_g}$	$\frac{t_e}{d}$
25,0°	82,3°	46,0°	1,39	1,49	1,675	1,070	1,205	0,067
25,9°	82,2°	45,5°	1,42	1,49	1,700	1,050	1,195	0,068
26,8°	82,1°	45,0°	1,46	1,50	1,735	1,025	1,190	0,069
27,5°	81,7°	44,5°	1,49	1,50	1,760	1,005	1,180	0,072
28,3°	81,5°	44,0°	1,53	1,51	1,795	0,988	1,170	0,074
29,2°	81,4°	43,6°	1,57	1,51	1,830	0,962	1,162	0,075
30,0°	81,4°	43,2°	1,60	1,52	1,860	0,950	1,163	0,075
30,8°	81,1°	42,8°	1,64	1,52	1,895	0,926	1,157	0,077
31,7°	80,9°	42,4°	1,68	1,53	1,940	0,910	1,155	0,079
32,3°	80,7°	42,0°	1,72	1,53	1,970	0,888	1,144	0,081
33,0°	80,5°	41,6°	1,76	1,54	2,007	0,875	1,144	0,083
33,7°	80,4°	41,2°	1,80	1,54	2,040	0,856	1,133	0,084
34,3°	80,4°	40,8°	1,84	1,55	2,080	0,842	1,130	0,084
35,1°	80,1°	40,4°	1,88	1,55	2,118	0,824	1,124	0,085
35,7°	80,0°	40,1°	1,92	1,55	2,154	0,808	1,120	0,087
36,3°	80,0°	39,8°	1,96	1,56	2,198	0,795	1,120	0,087
36,8°	80,0°	39,5°	2,01	1,56	2,218	0,775	1,110	0,087
37,6°	79,5°	39,1°	2,05	1,56	2,270	0,760	1,105	0,091
38,2°	79,5°	38,7°	2,10	1,57	2,320	0,747	1,104	0,091
38,8°	79,3°	38,4°	2,14	1,57	2,360	0,734	1,101	0,093
39,5°	79,2°	38,0°	2,19	1,57	2,400	0,717	1,095	0,094
40,2°	79,1°	37,6°	2,25	1,58	2,460	0,702	1,092	0,095
40,6°	78,9°	37,4°	2,30	1,58	2,505	0,688	1,089	0,097
41,2°	78,7°	37,0°	2,34	1,58	2,540	0,675	1,087	0,099
41,7°	78,4°	36,8°	2,39	1,58	2,591	0,661	1,086	0,101
42,2°	78,4°	36,5°	2,44	1,59	2,638	0,650	1,080	0,101
42,7°	78,2°	36,2°	2,49	1,59	2,690	0,638	1,080	0,103
43,4°	78,0°	35,9°	2,56	1,59	2,754	0,622	1,074	0,105
43,9°	77,9°	35,6°	2,62	1,60	2,810	0,611	1,074	0,105
44,6°	77,9°	35,2°	2,68	1,60	2,865	0,597	1,070	0,105
45,2°	77,7°	34,8°	2,74	1,60	2,922	0,583	1,070	0,107

TABELLE XII

**über Voreilungswinkel und Exzentrizitäten bei Doppelschiebersteuerungen
für eine lineare Voreilung des Grundschiebers $v_h = 0,3 a$.**

δ_g	δ_e	δ'	$\frac{r_g}{a}$	$\frac{r_r}{a}$	$\frac{r_e}{a}$	$\frac{r_r}{r_g}$	$\frac{r_e}{r_g}$	$\frac{t_e}{a}$
25,7°	87,1°	46,0°	1,24	1,49	1,61 ₁	1,20 ₀	1,30 ₀	0,02 ₅
27,7°	86,1°	45,5°	1,31	1,49	1,67 ₅	1,14 ₀	1,28 ₀	0,03 ₄
28,5°	86,0°	45,0°	1,34	1,50	1,70 ₅	1,12 ₀	1,27 ₁	0,03 ₅
29,3°	85,5°	44,5°	1,38	1,50	1,73 ₂	1,08 ₈	1,25 ₅	0,03 ₉
30,2°	85,7°	44,0°	1,41	1,51	1,76 ₁	1,07 ₀	1,25 ₀	0,03 ₇
30,8°	85,3°	43,6°	1,44	1,51	1,78 ₅	1,04 ₈	1,23 ₈	0,04 ₁
31,7°	85,2°	43,2°	1,48	1,52	1,82 ₅	1,02 ₅	1,23 ₂	0,04 ₂
32,3°	85,2°	42,8°	1,51	1,52	1,84 ₅	1,00 ₅	1,22 ₀	0,04 ₂
33,1°	84,8°	42,4°	1,55	1,53	1,88 ₅	0,98 ₈	1,21 ₅	0,04 ₅
34,0°	84,5°	42,0°	1,59	1,53	1,92 ₀	0,96 ₄	1,20 ₈	0,04 ₈
34,6°	84,7°	41,6°	1,62	1,54	1,94 ₉	0,95 ₁	1,20 ₁	0,04 ₆
35,2°	84,3°	41,2°	1,66	1,54	1,98 ₁	0,92 ₈	1,19 ₅	0,04 ₉
35,9°	84,2°	40,8°	1,70	1,55	2,02 ₀	0,91 ₃	1,18 ₈	0,05 ₁
35,5°	84,1°	40,4°	1,73	1,55	2,04 ₅	0,89 ₆	1,18 ₂	0,05 ₁
37,2°	83,9°	40,1°	1,77	1,55	2,08 ₀	0,87 ₆	1,17 ₃	0,05 ₃
37,6°	83,7°	39,8°	1,81	1,56	2,12 ₁	0,86 ₃	1,17 ₁	0,05 ₅
38,3°	83,0°	39,5°	1,85	1,56	2,15 ₅	0,84 ₃	1,16 ₄	0,06 ₁
39,1°	82,9°	39,1°	1,89	1,56	2,19 ₀	0,82 ₆	1,15 ₈	0,06 ₂
39,7°	83,2°	38,7°	1,94	1,57	2,23 ₆	0,81 ₀	1,15 ₀	0,05 ₉
40,2°	82,9°	38,4°	1,98	1,57	2,27 ₀	0,79 ₄	1,14 ₅	0,06 ₂
40,7°	82,7°	38,0°	2,02	1,57	2,30 ₀	0,77 ₈	1,13 ₈	0,06 ₄
41,4°	82,7°	37,6°	2,07	1,58	2,35 ₄	0,76 ₃	1,13 ₆	0,06 ₄
42,1°	82,4°	37,4°	2,12	1,58	2,40 ₀	0,74 ₆	1,13 ₁	0,06 ₆
42,6°	81,9°	37,0°	2,17	1,58	2,45 ₀	0,73 ₀	1,12 ₈	0,07 ₁
43,1°	81,9°	36,8°	2,21	1,58	2,48 ₀	0,71 ₅	1,12 ₃	0,07 ₁
43,6°	81,9°	36,5°	2,26	1,59	2,53 ₀	0,70 ₄	1,11 ₉	0,07 ₁
44,0°	81,8°	36,2°	2,30	1,59	2,56 ₀	0,69 ₂	1,11 ₃	0,07 ₂
44,6°	81,6°	35,9°	2,35	1,59	2,61 ₀	0,67 ₈	1,11 ₀	0,07 ₃
45,2°	81,5°	35,6°	2,41	1,60	2,67 ₀	0,66 ₄	1,10 ₆	0,07 ₄
45,7°	81,3°	35,2°	2,47	1,60	2,72 ₀	0,64 ₇	1,10 ₀	0,07 ₆
46,3°	81,0°	34,8°	2,53	1,60	2,77 ₅	0,63 ₃	1,09 ₈	0,07 ₈

TABELLE XIII

über das Verhältnis $\frac{k}{r_r}$ der relativen Kanten-

δ'	Kolbenwege auf der Deckelseite												
	000 $v_h=0,3a$	00 $v_h=0,2a$	0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80
	$\frac{k}{r_r}$												
46,0°	-0,872	-0,818	-0,719	0,380	-0,210	-0,073	0,050	0,267	0,454	0,618	0,762	0,883	0,970
45,5°	-0,863	-0,811	-0,713	-0,372	-0,201	-0,064	0,059	0,276	0,462	0,625	0,768	0,887	0,972
45,0°	-0,856	-0,805	-0,707	-0,364	-0,193	-0,055	0,068	0,284	0,469	0,632	0,773	0,891	0,974
44,5°	-0,848	-0,799	-0,701	-0,356	-0,184	-0,047	0,076	0,292	0,477	0,638	0,779	0,895	0,976
44,0°	-0,842	-0,790	-0,695	-0,347	-0,176	-0,038	0,085	0,301	0,485	0,645	0,784	0,899	0,978
43,6°	-0,835	-0,784	-0,689	-0,340	-0,168	-0,032	0,093	0,307	0,491	0,651	0,789	0,902	0,979
43,2°	-0,830	-0,779	-0,684	-0,334	-0,162	-0,024	0,099	0,314	0,497	0,656	0,793	0,905	0,981
42,8°	-0,824	-0,775	-0,680	-0,327	-0,155	-0,017	0,106	0,320	0,503	0,661	0,798	0,908	0,982
42,4°	-0,819	-0,770	-0,674	-0,320	-0,148	0,011	0,113	0,327	0,508	0,667	0,802	0,911	0,983
42,0°	-0,812	-0,762	-0,669	-0,314	-0,141	-0,003	0,120	0,334	0,515	0,671	0,806	0,914	0,984
41,6°	-0,806	-0,757	-0,664	-0,307	-0,133	0,003	0,128	0,340	0,521	0,677	0,810	0,916	0,986
41,2°	-0,800	-0,750	-0,658	-0,301	-0,128	0,011	0,133	0,347	0,527	0,682	0,814	0,919	0,987
40,8°	-0,793	-0,744	-0,654	-0,294	-0,120	0,017	0,140	0,353	0,532	0,686	0,818	0,922	0,988
40,4°	-0,788	-0,739	-0,648	-0,287	-0,113	0,024	0,148	0,359	0,538	0,693	0,822	0,925	0,989
40,1°	-0,783	-0,735	-0,644	-0,282	-0,107	0,029	0,154	0,365	0,543	0,697	0,825	0,926	0,990
39,8°	-0,778	-0,730	-0,641	-0,277	-0,103	0,035	0,158	0,369	0,547	0,700	0,828	0,928	0,991
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

TABELLE XIII

entfernungen zur relativen Exzentrizität.

Kolbenwege auf der Kurbelseite													$\frac{r_r}{a}$		
000 $v_h=0,3a$	00 $v_h=0,2a$	0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80			
k															
r_r															
-0,899	-0,854	-0,719	-0,298	-0,090	0,073	0,211	0,438	0,620	0,764	0,875	<u>0,955</u>	0,996		1,49	1
-0,775	-0,719	-0,612	-0,260	-0,080	0,073	0,204	0,434	0,638	0,802	0,955	<u>1,085</u>	-			
-0,894	-0,840	-0,713	-0,290	-0,081	0,081	0,219	0,446	0,627	0,770	0,879	<u>0,957</u>	0,997		1,49	2
-0,770	-0,713	-0,614	-0,250	-0,070	0,081	0,214	0,445	0,645	0,814	0,974	<u>1,095</u>	-			
-0,888	-0,843	-0,707	-0,281	-0,073	0,090	0,228	0,454	0,634	0,775	0,883	0,960	<u>0,998</u>		1,50	3
-0,770	-0,707	-0,612	-0,247	-0,060	0,088	0,225	0,454	0,655	0,835	0,985	<u>1,115</u>	-			
-0,882	-0,837	-0,701	-0,273	-0,064	0,099	0,236	0,462	0,641	0,781	0,887	0,962	<u>0,998</u>		1,50	4
-0,748	-0,701	-0,589	-0,223	-0,048	0,098	0,228	0,459	0,658	0,827	0,975	<u>1,095</u>	-			
-0,878	-0,831	-0,695	-0,264	-0,055	0,107	0,245	0,469	0,647	0,786	0,891	0,964	<u>0,999</u>		1,51	5
-0,754	-0,695	-0,594	-0,225	-0,044	0,100	0,235	0,469	0,665	0,835	0,980	<u>1,105</u>	-			
-0,873	-0,829	-0,689	-0,257	-0,049	0,115	0,252	0,475	0,652	0,790	0,894	0,966	<u>0,999</u>		1,51	6
-0,732	-0,689	-0,584	-0,220	-0,035	0,107	0,245	0,473	0,670	0,840	0,975	<u>1,110</u>	-			
-0,869	-0,825	-0,684	-0,250	-0,042	0,122	0,259	0,482	0,657	0,794	0,898	0,968	<u>0,999</u>		1,52	7
-0,751	-0,684	-0,586	-0,214	-0,029	0,122	0,252	0,482	0,679	0,850	0,994	<u>1,110</u>	-			
-0,865	-0,822	-0,680	-0,244	-0,035	0,129	0,265	0,487	0,663	0,799	0,900	0,970	<u>1,000</u>		1,52	8
-0,735	-0,680	-0,589	-0,211	-0,029	0,115	0,258	0,487	0,685	0,854	1,000	-	-			
-0,862	-0,819	-0,674	-0,236	-0,029	0,136	0,273	0,493	0,668	0,803	0,904	<u>0,971</u>	1,000		1,53	9
-0,720	-0,674	-0,572	-0,192	-0,013	0,135	0,264	0,493	0,685	0,854	0,996	-	-			
-0,858	-0,812	-0,669	-0,231	-0,021	0,142	0,278	0,500	0,673	0,807	0,906	<u>0,973</u>	1,000		1,53	10
-0,728	-0,669	-0,570	-0,197	-0,010	0,142	0,268	0,500	0,704	0,870	1,010	-	-			
-0,853	-0,809	-0,664	-0,224	-0,015	0,149	0,285	0,506	0,678	0,811	0,909	<u>0,974</u>	1,000		1,54	11
-0,716	-0,664	-0,559	-0,180	0,005	0,149	0,280	0,506	0,698	0,850	1,000	-	-			
-0,848	-0,805	-0,658	-0,216	-0,007	0,156	0,292	0,513	0,683	0,815	0,912	<u>0,976</u>	1,000		1,54	12
-0,722	-0,658	-0,564	-0,186	0,005	0,152	0,290	0,513	0,714	0,876	1,015	-	-			
-0,843	-0,800	-0,654	-0,209	0,000	0,163	0,299	0,518	0,688	0,819	0,915	<u>0,978</u>	1,000		1,55	13
-0,715	-0,654	-0,564	-0,176	0,014	0,154	0,294	0,520	0,714	0,878	1,024	-	-			
-0,839	-0,797	-0,648	-0,202	0,007	0,171	0,306	0,524	0,694	0,823	0,918	<u>0,979</u>	1,000		1,55	14
-0,706	-0,648	-0,555	-0,172	0,018	0,165	0,300	0,534	0,723	0,888	1,025	-	-			
-0,835	-0,792	-0,644	-0,197	0,012	0,176	0,311	0,528	0,697	0,826	0,920	<u>0,980</u>	1,000		1,55	15
-0,700	-0,644	-0,548	-0,158	0,028	0,170	0,304	0,528	0,724	0,888	1,025	-	-			
-0,832	-0,788	-0,641	-0,193	0,017	0,180	0,315	0,532	0,701	0,829	0,922	<u>0,981</u>	1,000		1,56	16
-0,696	-0,641	-0,545	-0,157	0,029	0,180	0,312	0,532	0,726	0,890	1,028	-	-			
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28		

δ'	Kolbenwege auf der Deckelseite												
	000 $v_h=0,3a$	00 $v_h=0,2a$	0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80
	$\frac{k}{r_r}$												
39,8°	-0,778	-0,730	-0,641	-0,277	-0,103	0,035	0,158	0,369	0,547	0,700	0,828	0,928	0,991
39,5°	-0,772	-0,723	-0,636	-0,273	-0,098	0,041	0,163	0,375	0,552	0,703	0,831	0,930	0,991
39,1°	-0,767	-0,719	-0,631	-0,265	-0,090	0,047	0,171	0,381	0,558	0,708	0,835	0,933	0,992
38,7°	-0,760	-0,709	-0,625	-0,259	-0,084	0,054	0,177	0,388	0,564	0,713	0,839	0,936	0,993
38,4°	-0,755	-0,707	-0,621	-0,253	-0,078	0,059	0,182	0,392	0,568	0,717	0,842	0,938	0,994
38,0°	-0,748	-0,703	-0,616	-0,248	-0,072	0,067	0,189	0,399	0,574	0,721	0,845	0,940	0,994
37,6°	-0,742	-0,697	-0,610	-0,240	-0,064	0,073	0,197	0,405	0,579	0,726	0,850	0,942	0,995
37,4°	-0,738	-0,690	-0,607	-0,236	-0,061	0,076	0,199	0,408	0,582	0,729	0,851	0,944	0,995
37,0°	-0,732	-0,686	-0,602	-0,231	-0,054	0,084	0,206	0,415	0,588	0,733	0,854	0,946	0,996
36,8°	-0,727	-0,681	-0,599	-0,227	-0,050	0,087	0,210	0,417	0,590	0,736	0,856	0,946	0,996
36,5°	-0,723	-0,676	-0,595	-0,222	-0,046	0,093	0,215	0,423	0,595	0,739	0,859	0,948	0,997
36,2°	-0,718	-0,670	-0,590	-0,216	-0,041	0,098	0,219	0,428	0,599	0,743	0,862	0,950	0,997
35,9°	-0,713	-0,667	-0,586	-0,211	-0,035	0,103	0,225	0,432	0,603	0,747	0,865	0,952	0,998
35,6°	-0,707	-0,661	-0,582	-0,206	-0,029	0,107	0,231	0,437	0,607	0,750	0,867	0,953	0,998
35,2°	-0,700	-0,656	-0,576	-0,199	-0,023	0,115	0,236	0,444	0,613	0,755	0,870	0,955	0,998
34,8°	-0,693	-0,651	-0,571	-0,193	-0,016	0,122	0,244	0,449	0,618	0,759	0,874	0,957	0,999
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

ANMERKUNG 1. Die unterstrichenen Werte entsprechen den relativen Kantenentfernungen für die grössten Füllungen
bemerken, dass für geringere Werte von δ' als 42,8° die Füllungen des Grundschiebers zugleich

ANMERKUNG 2. Die unteren Zahlenreihen in den wagerechten Spalten für die Kurbelseite enthalten zeichnerisch

Kolbenwege auf der Kurbelseite

$\frac{000}{v_n=0,3a}$	$\frac{00}{v_n=0,2a}$	0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	$\frac{r_r}{a}$	
$\frac{k}{r_r}$														
-0,832	-0,788	-0,641	-0,193	0,017	0,180	0,315	0,532	0,701	0,829	0,922	<u>0,981</u>	1,000	1,56	16
-0,696	-0,641	-0,545	-0,157	0,029	0,180	0,312	0,532	0,726	0,890	1,028	--	--		
-0,826	-0,783	-0,636	-0,188	0,023	0,185	0,320	0,537	0,705	0,832	0,924	<u>0,982</u>	1,000	1,56	17
-0,696	-0,636	-0,540	-0,158	0,037	0,180	0,311	0,537	0,730	0,892	1,025	--	--		
-0,823	-0,782	-0,631	-0,180	0,029	0,192	0,327	0,543	0,709	0,835	<u>0,926</u>	0,983	0,999	1,56	18
-0,685	-0,631	-0,542	-0,152	0,040	0,181	0,319	0,543	0,734	0,895	1,036	--	--		
-0,819	-0,775	-0,625	-0,174	0,037	0,199	0,334	0,550	0,714	0,839	<u>0,929</u>	0,984	0,999	1,57	19
-0,678	-0,625	-0,530	-0,142	0,045	0,190	0,317	0,550	0,736	0,889	1,020	--	--		
-0,813	-0,772	-0,621	-0,168	0,042	0,205	0,339	0,554	0,718	0,842	<u>0,931</u>	0,985	0,999	1,57	20
-0,679	-0,621	-0,533	-0,133	0,050	0,195	0,332	0,554	0,744	0,896	1,044	--	--		
-0,808	-0,768	-0,616	-0,162	0,049	0,211	0,345	0,559	0,723	0,847	<u>0,934</u>	0,987	0,998	1,57	21
-0,670	-0,616	-0,530	-0,132	0,050	0,202	0,329	0,550	0,739	0,897	1,020	--	--		
-0,804	-0,765	-0,610	-0,155	0,055	0,218	0,352	0,564	0,727	0,850	<u>0,936</u>	0,988	0,998	1,58	22
-0,654	-0,610	-0,515	-0,121	0,064	0,215	0,350	0,574	0,756	0,915	1,047	--	--		
-0,802	-0,759	-0,607	-0,151	0,059	0,222	0,356	0,568	0,730	0,852	<u>0,938</u>	0,988	0,998	1,58	23
-0,664	-0,607	-0,521	-0,124	0,060	0,211	0,346	0,568	0,755	0,913	1,040	--	--		
-0,797	-0,755	-0,602	-0,145	0,067	0,228	0,361	0,574	0,735	0,856	<u>0,940</u>	0,989	0,997	1,58	24
-0,655	-0,602	-0,518	-0,114	0,076	0,220	0,357	0,579	0,762	0,922	1,052	--	--		
-0,793	-0,750	-0,599	-0,141	0,070	0,231	0,365	0,576	0,737	0,857	<u>0,941</u>	0,990	0,997	1,58	25
-0,652	-0,599	-0,509	-0,116	0,070	0,223	0,357	0,576	0,763	0,920	1,054	--	--		
-0,788	-0,747	-0,595	-0,136	0,076	0,236	0,369	0,581	0,741	0,860	<u>0,943</u>	0,991	0,997	1,59	26
-0,640	-0,595	-0,505	-0,105	0,079	0,230	0,358	0,583	0,769	0,926	1,052	--	--		
-0,783	-0,741	-0,590	-0,131	0,080	0,242	0,375	0,585	0,744	0,863	<u>0,945</u>	0,991	0,996	1,59	27
-0,640	-0,590	-0,495	-0,100	0,086	0,232	0,364	0,587	0,773	0,919	1,060	--	--		
-0,779	-0,739	-0,586	-0,125	0,086	0,248	0,380	0,589	0,747	<u>0,865</u>	0,946	0,992	0,996	1,59	28
-0,640	-0,586	-0,501	-0,105	0,086	0,237	0,370	0,602	0,782	0,933	1,060	--	--		
-0,776	-0,733	-0,582	-0,120	0,090	0,252	0,384	0,593	0,751	<u>0,867</u>	0,947	0,993	0,995	1,60	29
-0,630	-0,582	-0,494	-0,095	0,090	0,240	0,372	0,593	0,775	0,932	1,055	--	--		
-0,770	-0,730	-0,576	-0,113	0,098	0,259	0,391	0,599	0,756	<u>0,871</u>	0,950	0,993	0,995	1,60	30
-0,640	-0,576	-0,497	-0,095	0,090	0,239	0,380	0,606	0,782	0,934	1,065	--	--		
-0,765	-0,726	-0,571	-0,107	0,105	0,265	0,397	0,604	0,760	<u>0,875</u>	0,952	0,994	0,994	1,60	31
-0,627	-0,571	-0,492	-0,088	0,109	0,259	0,391	0,608	0,793	0,942	1,068	--	--		
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	

auf der Kurbelseite, welche in Rücksicht auf zu frühzeitiges Wiederöffnen des Expansionschiebers zulässig sind. Dabei ist zu die Maximalfüllungen sein können.

gefundene Werte, welche in Rücksicht auf möglichst gleiche Füllungen auf beiden Kolbenseiten bestimmt sind.

TABELLE XIV

über die grössten zulässigen Füllungen $\frac{Se}{s}$ max. des Expansionsschiebers
auf der Kurbelseite.

δ'	$v_h = 0,2 a$	$v_h = 0,3 a$	δ'	$v_h = 0,2 a$	$v_h = 0,3 a$
	$\frac{Se}{s}$ max.	$\frac{Se}{s}$ max.		$\frac{Se}{s}$ max.	$\frac{Se}{s}$ max.
46,0°	0,78	0,76	39,8°	0,70	0,72
45,5°	0,79	0,77	39,5°	0,69	0,70
45,0°	0,80	0,79	39,1°	0,68	0,69
44,5°	0,80	0,79	38,7°	0,67	0,68
44,0°	0,81	0,79	38,4°	0,66	0,67
43,6°	0,81	0,80	38,0°	0,65	0,66
43,2°	0,81	0,81	37,6°	0,64	0,65
42,8°	0,80	0,81	37,4°	0,63	0,64
42,4°	0,78	0,79	37,0°	0,62	0,63
42,0°	0,77	0,78	36,8°	0,61	0,62
41,6°	0,76	0,77	36,5°	0,60	0,61
41,2°	0,75	0,76	36,2°	0,59	0,60
40,8°	0,74	0,75	35,9°	0,58	0,59
40,4°	0,73	0,74	35,6°	0,57	0,58
40,1°	0,72	0,73	35,2°	0,56	0,57
39,8°	0,70	0,72	34,8°	0,55	0,56

TABELLE XV

über C_r , $\lambda \cdot \frac{f_{eh}}{r}$ und $\lambda \cdot \frac{f'_{e'v}}{r}$ zur Berücksichtigung der endlichen Länge der Exzenterstange für die Exzentrizität und die äusseren Deckungen bei $v_h = 0,2 a$.

$$\left[\frac{r_c}{r} = 1 + \frac{C_r}{\lambda}; \frac{E_h}{r} = \frac{e_h}{r} + \frac{f_{eh}}{r}; \frac{E'_v}{r} = \frac{e'_v}{r} - \frac{f'_{e'v}}{r} \right]$$

(Für Einstromung an den Innenkanten etc. beachte man Anmerkung Seite 39.)

$\frac{se}{s}$	δ	C_r	$\lambda \cdot \frac{f_{eh}}{r}$	$\lambda \cdot \frac{f'_{e'v}}{r}$	$\frac{se}{s}$	δ	C_r	$\lambda \cdot \frac{f_{eh}}{r}$	$\lambda \cdot \frac{f'_{e'v}}{r}$
1	6,4°	0,45	0,49 ₄	0,49 ₄	0,68	40,6°	0,78	0,34 ₁	0,38 ₅
0,98	14,6°	0,53	0,49 ₈	0,49 ₉	0,67	41,2°	0,79	0,33 ₆	0,38 ₁
0,96	18,0°	0,57	0,49 ₁	0,49 ₁	0,66	41,7°	0,79	0,33 ₁	0,37 ₆
0,94	20,8°	0,60	0,48 ₂	0,49 ₀	0,65	42,2°	0,80	0,32 ₆	0,37 ₂
0,92	22,8°	0,62	0,47 ₂	0,48 ₃	0,64	42,7°	0,80	0,32 ₁	0,36 ₆
0,90	25,0°	0,64	0,46 ₂	0,47 ₇	0,63	43,4°	0,80	0,31 ₅	0,36 ₂
0,89	25,9°	0,65	0,45 ₇	0,47 ₃	0,62	43,9°	0,81	0,31 ₀	0,35 ₇
0,88	26,8°	0,66	0,45 ₁	0,47 ₀	0,61	44,6°	0,81	0,30 ₄	0,35 ₃
0,87	27,5°	0,66	0,44 ₇	0,46 ₆	0,60	45,2°	0,82	0,29 ₈	0,34 ₈
0,86	28,3°	0,67	0,44 ₁	0,46 ₂	0,59	45,6°	0,82	0,29 ₃	0,34 ₃
0,85	29,2°	0,68	0,43 ₅	0,45 ₈	0,58	46,2°	0,83	0,28 ₇	0,33 ₈
0,84	30,0°	0,69	0,43 ₀	0,45 ₄	0,57	46,7°	0,83	0,28 ₃	0,33 ₃
0,83	30,8°	0,69	0,42 ₅	0,45 ₁	0,56	47,2°	0,83	0,27 ₈	0,32 ₈
0,82	31,7°	0,70	0,41 ₈	0,44 ₇	0,55	47,7°	0,84	0,27 ₂	0,32 ₃
0,81	32,3°	0,71	0,41 ₃	0,44 ₂	0,54	48,2°	0,84	0,26 ₇	0,31 ₈
0,80	33,0°	0,72	0,40 ₈	0,43 ₈	0,53	48,8°	0,85	0,26 ₁	0,31 ₃
0,79	33,7°	0,72	0,40 ₁	0,43 ₄	0,52	49,3°	0,85	0,25 ₆	0,30 ₈
0,78	34,3°	0,73	0,39 ₇	0,43 ₀	0,51	49,9°	0,85	0,25 ₁	0,30 ₃
0,77	35,1°	0,73	0,39 ₁	0,42 ₆	0,50	50,4°	0,86	0,24 ₅	0,29 ₈
0,76	35,7°	0,74	0,38 ₆	0,42 ₁	0,49	50,9°	0,86	0,24 ₀	0,29 ₃
0,75	36,3°	0,74	0,38 ₁	0,41 ₇	0,48	51,4°	0,86	0,23 ₅	0,28 ₇
0,74	36,8°	0,75	0,37 ₅	0,41 ₂	0,47	52,0°	0,87	0,23 ₀	0,28 ₃
0,73	37,6°	0,76	0,36 ₉	0,40 ₈	0,46	52,6°	0,87	0,22 ₄	0,27 ₈
0,72	38,2°	0,76	0,36 ₄	0,40 ₃	0,45	53,2°	0,88	0,21 ₉	0,27 ₂
0,71	38,8°	0,77	0,35 ₈	0,39 ₉	0,44	53,6°	0,88	0,21 ₄	0,26 ₇
0,70	39,5°	0,77	0,35 ₂	0,39 ₅	0,43	54,1°	0,88	0,21 ₀	0,26 ₂
0,69	40,2°	0,78	0,34 ₆	0,39 ₁	0,42	54,6°	0,88	0,20 ₅	0,25 ₆
0,68	40,6°	0,78	0,34 ₁	0,38 ₅	0,41	55,0°	0,89	0,20 ₀	0,25 ₁

$\frac{Se}{s}$	δ	C_r	$\lambda \cdot \frac{f_{eh}}{r}$	$\lambda \cdot \frac{f'_{e'v}}{r}$	$\frac{Se}{s}$	δ	C_r	$\lambda \cdot \frac{f_{eh}}{r}$	$\lambda \cdot \frac{f'_{e'v}}{r}$
0,41	55,0°	0,89	0,20 ₀	0,25 ₁	0,33	59,4°	0,91	0,15 ₉	0,20 ₇
0,40	55,6°	0,89	0,19 ₅	0,24 ₆	0,30	61,0°	0,92	0,14 ₄	0,19 ₀
0,39	56,1°	0,89	0,19 ₀	0,24 ₀	0,25	63,8°	0,94	0,11 ₉	0,16 ₀
0,38	56,7°	0,90	0,18 ₅	0,23 ₄	0,20	66,9°	0,95	0,09 ₅	0,13 ₁
0,37	57,2°	0,90	0,17 ₉	0,22 ₉	0,15	70,2°	0,96	0,07 ₀	0,10 ₀
0,36	57,7°	0,90	0,17 ₄	0,22 ₃	0,10	74,0°	0,98	0,04 ₈	0,06 ₈
0,35	58,3°	0,91	0,16 ₉	0,21 ₉	0,05	78,7°	0,99	0,02 ₃	0,03 ₃
0,33	59,4°	0,91	0,15 ₉	0,20 ₇					

TABELLE XVI

über C_r , $\lambda \cdot \frac{f_{eh}}{r}$ und $\lambda \cdot \frac{f'_{e'v}}{r}$ zur Berücksichtigung der endlichen Länge der Exzenterstange für die Exzentrizität und die äusseren Deckungen bei $v_h = 0,3 a$.

$$\left[\frac{r_c}{r} = 1 + \frac{C_r}{\lambda}; \frac{E_h}{r} = \frac{e_h}{r} + \frac{f_{eh}}{r}; \frac{E'_v}{r} = \frac{e'_v}{r} - \frac{f'_{e'v}}{r} \right]$$

$\frac{Se}{s}$	δ	C_r	$\lambda \cdot \frac{f_{eh}}{r}$	$\lambda \cdot \frac{f'_{e'v}}{r}$	$\frac{Se}{s}$	δ	C_r	$\lambda \cdot \frac{f_{eh}}{r}$	$\lambda \cdot \frac{f'_{e'v}}{r}$
1	10,0°	0,44	0,48 ₄	0,48 ₄	0,80	35,2°	0,70	0,42 ₂	0,45 ₀
0,98	17,8°	0,50	0,50 ₀	0,50 ₀	0,79	35,9°	0,71	0,41 ₆	0,44 ₇
0,96	21,1°	0,54	0,49 ₆	0,49 ₉	0,78	36,5°	0,71	0,41 ₁	0,44 ₂
0,94	23,7°	0,57	0,48 ₈	0,49 ₆	0,77	37,2°	0,72	0,40 ₅	0,43 ₈
0,92	25,7°	0,60	0,48 ₂	0,49 ₁	0,76	37,8°	0,72	0,40 ₀	0,43 ₄
0,90	27,7°	0,62	0,47 ₂	0,48 ₆	0,75	38,3°	0,73	0,39 ₅	0,42 ₉
0,89	28,5°	0,63	0,46 ₈	0,48 ₂	0,74	39,1°	0,74	0,38 ₉	0,42 ₅
0,88	29,3°	0,64	0,46 ₃	0,47 ₉	0,73	39,7°	0,74	0,38 ₃	0,42 ₁
0,87	30,2°	0,64	0,45 ₈	0,47 ₆	0,72	40,2°	0,75	0,37 ₈	0,41 ₆
0,86	30,8°	0,65	0,45 ₄	0,47 ₂	0,71	40,7°	0,75	0,37 ₃	0,41 ₂
0,85	31,7°	0,66	0,44 ₈	0,46 ₉	0,70	41,4°	0,76	0,36 ₆	0,40 ₈
0,84	32,3°	0,67	0,44 ₄	0,46 ₅	0,69	42,1°	0,76	0,36 ₁	0,40 ₄
0,83	33,1°	0,68	0,43 ₈	0,46 ₂	0,68	42,6°	0,77	0,35 ₅	0,39 ₉
0,82	34,0°	0,69	0,43 ₂	0,45 ₈	0,67	43,1°	0,77	0,35 ₀	0,39 ₄
0,81	34,6°	0,69	0,42 ₇	0,45 ₄	0,66	43,6°	0,78	0,34 ₅	0,39 ₀
0,80	35,2°	0,70	0,42 ₂	0,45 ₀	0,65	44,0°	0,78	0,34 ₁	0,38 ₅

$\frac{Se}{s}$	δ	C_r	$\lambda \cdot \frac{f_{eh}}{r}$	$\lambda \cdot \frac{f'_{ev}}{r}$	$\frac{Se}{s}$	δ	C_r	$\lambda \cdot \frac{f_{eh}}{r}$	$\lambda \cdot \frac{f'_{ev}}{r}$
0,65	44,0°	0,78	0,341	0,385	0,15	71,0°	0,96	0,075	0,105
0,64	44,6°	0,79	0,335	0,380	0,10	74,5°	0,97	0,050	0,071
0,63	45,2°	0,79	0,329	0,375	0,05	79,5°	0,99	0,025	0,037
0,62	45,7°	0,80	0,323	0,370					
0,61	46,3°	0,80	0,318	0,366					
0,60	46,9°	0,81	0,312	0,361					
0,59	47,4°	0,81	0,307	0,356					
0,58	47,9°	0,82	0,301	0,351					
0,57	48,3°	0,82	0,296	0,346					
0,56	48,8°	0,82	0,291	0,341					
0,55	49,2°	0,83	0,286	0,336					
0,54	49,8°	0,83	0,280	0,331					
0,53	50,4°	0,84	0,274	0,326					
0,52	50,9°	0,84	0,269	0,321					
0,51	51,4°	0,84	0,263	0,316					
0,50	51,9°	0,85	0,257	0,310					
0,49	52,5°	0,85	0,252	0,305					
0,48	52,9°	0,86	0,247	0,300					
0,47	53,4°	0,86	0,241	0,295					
0,46	53,9°	0,86	0,236	0,289					
0,45	54,5°	0,87	0,231	0,283					
0,44	54,9°	0,87	0,225	0,278					
0,43	55,4°	0,87	0,220	0,273					
0,42	55,9°	0,88	0,216	0,267					
0,41	56,3°	0,88	0,211	0,262					
0,40	56,9°	0,88	0,205	0,256					
0,39	57,5°	0,89	0,199	0,250					
0,38	57,8°	0,89	0,194	0,244					
0,37	58,4°	0,90	0,189	0,239					
0,36	59,0°	0,90	0,183	0,234					
0,35	59,4°	0,90	0,178	0,228					
0,33	60,6°	0,91	0,167	0,217					
0,30	62,2°	0,92	0,151	0,199					
0,25	65,0°	0,94	0,126	0,170					
0,20	67,8°	0,95	0,100	0,137					
0,15	71,0°	0,96	0,075	0,105					

TABELLE XVII

über $\lambda \cdot \frac{f_{ih}}{r}$ und $\lambda \cdot \frac{f_{iv}}{r}$ zur Berücksichtigung der endlichen

$$\left[\frac{J_h}{r} = \frac{i_h}{r} - \frac{f_{ih}}{r} \right];$$

δ	$\frac{e+v}{r}$	Kompression														
		0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,27	0,30	0,33	0,36
		Deckelseite (hinten)														
14,6°	0,252	0,494	0,481	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18,0°	0,310	0,499	0,491	0,478	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20,8°	0,355	0,500	0,496	0,487	0,475	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22,8°	0,388	0,500	0,499	0,492	0,482	0,469	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25,0°	0,423	0,498	0,500	0,496	0,489	0,477	0,465	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25,9°	0,437	0,496	0,500	0,497	0,491	0,480	0,469	0,456	—	—	—	—	—	—	—	—
26,8°	0,450	0,495	0,500	0,498	0,493	0,483	0,472	0,460	0,445	—	—	—	—	—	—	—
27,5°	0,462	0,494	0,500	0,499	0,494	0,486	0,475	0,464	0,449	0,433	—	—	—	—	—	—
28,3°	0,475	0,492	0,499	0,499	0,496	0,488	0,478	0,467	0,453	0,438	—	—	—	—	—	—
29,2°	0,488	0,490	0,498	0,500	0,497	0,490	0,481	0,471	0,457	0,443	0,428	—	—	—	—	—
30,0°	0,500	0,488	0,497	0,500	0,498	0,492	0,484	0,474	0,461	0,448	0,433	—	—	—	—	—
30,8°	0,512	0,485	0,496	0,500	0,499	0,494	0,486	0,477	0,465	0,452	0,438	0,422	—	—	—	—
31,7°	0,525	0,483	0,495	0,500	0,499	0,495	0,488	0,480	0,469	0,457	0,443	0,427	—	—	—	—
32,3°	0,535	0,481	0,494	0,500	0,500	0,496	0,490	0,482	0,471	0,459	0,446	0,431	—	—	—	—
33,0°	0,544	0,478	0,492	0,499	0,500	0,497	0,492	0,484	0,474	0,462	0,450	0,435	0,412	—	—	—
33,7°	0,555	0,476	0,491	0,498	0,500	0,498	0,494	0,486	0,477	0,466	0,453	0,439	0,417	0,392	—	—
34,3°	0,564	0,473	0,489	0,497	0,500	0,499	0,494	0,488	0,479	0,468	0,456	0,443	0,420	0,397	—	—
35,1°	0,575	0,471	0,487	0,496	0,500	0,499	0,496	0,490	0,482	0,472	0,460	0,447	0,425	0,402	0,376	—
35,7°	0,583	0,468	0,485	0,495	0,499	0,500	0,497	0,491	0,483	0,474	0,463	0,450	0,429	0,406	0,380	—
36,3°	0,592	0,465	0,483	0,494	0,499	0,500	0,498	0,493	0,485	0,476	0,466	0,453	0,433	0,410	0,385	—
36,8°	0,600	0,463	0,482	0,493	0,499	0,500	0,498	0,494	0,487	0,478	0,468	0,457	0,436	0,413	0,389	0,362
37,6°	0,610	0,459	0,479	0,492	0,498	0,500	0,499	0,495	0,489	0,481	0,471	0,460	0,440	0,418	0,394	0,368
38,2°	0,618	0,457	0,477	0,491	0,497	0,500	0,499	0,496	0,490	0,483	0,473	0,462	0,444	0,423	0,398	0,373
38,8°	0,627	0,453	0,475	0,489	0,496	0,500	0,500	0,497	0,492	0,485	0,476	0,465	0,447	0,426	0,403	0,378
39,5°	0,636	0,450	0,472	0,487	0,495	0,499	0,500	0,498	0,493	0,487	0,478	0,469	0,450	0,430	0,407	0,382
40,2°	0,645	0,446	0,469	0,485	0,494	0,499	0,500	0,499	0,495	0,489	0,481	0,471	0,454	0,434	0,412	0,387
40,6°	0,651	0,444	0,467	0,484	0,493	0,498	0,500	0,499	0,495	0,490	0,482	0,473	0,457	0,437	0,415	0,391
41,2°	0,658	0,441	0,465	0,482	0,491	0,498	0,500	0,499	0,496	0,491	0,484	0,475	0,459	0,440	0,418	0,395
41,7°	0,666	0,438	0,462	0,480	0,490	0,497	0,500	0,500	0,497	0,492	0,485	0,477	0,462	0,443	0,422	0,398
42,2°	0,672	0,435	0,460	0,478	0,489	0,496	0,500	0,500	0,498	0,493	0,487	0,479	0,464	0,446	0,425	0,401
42,7°	0,679	0,432	0,458	0,477	0,488	0,496	0,499	0,500	0,498	0,494	0,488	0,480	0,466	0,449	0,428	0,405
43,4°	0,687	0,427	0,454	0,474	0,486	0,494	0,499	0,500	0,499	0,495	0,490	0,483	0,469	0,452	0,432	0,410
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

TABELLE XVII

Länge der Exzenterstange für die inneren Deckungen.

$$\frac{J_v}{r} = \frac{i_v}{r} + \frac{f_{iv}}{r}$$

Kompression														
0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,27	0,30	0,33	0,36
Kurbelseite (vorne)														
0,482	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,491	0,473	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,496	0,483	0,464	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,499	0,489	0,473	0,452	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,500	0,494	0,480	0,463	0,443	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,500	0,495	0,483	0,467	0,448	0,427	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,500	0,498	0,486	0,471	0,453	0,432	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,500	0,498	0,488	0,473	0,457	0,436	0,415	—	—	—	—	—	—	—	—
0,499	0,499	0,490	0,477	0,460	0,441	0,420	—	—	—	—	—	—	—	—
0,498	0,499	0,492	0,480	0,464	0,446	0,426	0,405	—	—	—	—	—	—	—
0,497	0,500	0,494	0,482	0,468	0,450	0,431	0,410	—	—	—	—	—	—	—
0,496	0,500	0,495	0,485	0,471	0,454	0,436	0,415	0,395	—	—	—	—	—	—
0,495	0,500	0,497	0,488	0,475	0,459	0,441	0,421	0,401	—	—	—	—	—	—
0,494	0,500	0,498	0,489	0,477	0,462	0,444	0,425	0,405	0,384	—	—	—	—	—
0,492	0,500	0,498	0,491	0,480	0,465	0,448	0,429	0,410	0,390	—	—	—	—	—
0,490	0,499	0,499	0,492	0,482	0,468	0,452	0,433	0,415	0,394	—	—	—	—	—
0,489	0,499	0,499	0,494	0,484	0,471	0,455	0,437	0,418	0,398	0,378	—	—	—	—
0,487	0,498	0,500	0,495	0,486	0,473	0,459	0,442	0,423	0,404	0,383	—	—	—	—
0,485	0,497	0,500	0,496	0,488	0,476	0,462	0,445	0,427	0,408	0,387	0,356	—	—	—
0,483	0,496	0,500	0,497	0,489	0,478	0,464	0,448	0,431	0,412	0,392	0,361	—	—	—
0,482	0,496	0,500	0,498	0,490	0,480	0,467	0,450	0,434	0,415	0,396	0,364	—	—	—
0,479	0,494	0,500	0,499	0,492	0,482	0,470	0,455	0,439	0,420	0,401	0,370	0,340	—	—
0,477	0,493	0,500	0,499	0,494	0,484	0,473	0,458	0,442	0,424	0,405	0,375	0,345	—	—
0,474	0,492	0,499	0,499	0,495	0,486	0,475	0,461	0,445	0,428	0,410	0,379	0,350	—	—
0,471	0,490	0,499	0,500	0,496	0,488	0,477	0,464	0,449	0,432	0,414	0,385	0,356	0,325	—
0,469	0,489	0,498	0,500	0,497	0,490	0,480	0,467	0,453	0,436	0,418	0,390	0,361	0,331	—
0,467	0,488	0,497	0,500	0,498	0,491	0,481	0,469	0,455	0,439	0,421	0,393	0,364	0,334	—
0,464	0,486	0,496	0,500	0,498	0,492	0,483	0,471	0,458	0,442	0,425	0,397	0,368	0,339	—
0,462	0,484	0,496	0,500	0,499	0,493	0,485	0,473	0,460	0,445	0,428	0,401	0,372	0,343	—
0,460	0,483	0,495	0,500	0,499	0,494	0,486	0,475	0,462	0,448	0,431	0,404	0,376	0,347	—
0,457	0,481	0,494	0,499	0,499	0,495	0,488	0,477	0,465	0,450	0,434	0,407	0,380	0,351	—
0,454	0,479	0,493	0,499	0,500	0,496	0,489	0,480	0,468	0,454	0,438	0,412	0,386	0,356	—
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32

δ	$\frac{e+v}{r}$	Kompression														
		0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,27	0,30	0,33	0,36
		Deckelseite (hinten)														
43,4°	0,687	0,427	0,454	0,474	0,486	0,494	0,499	0,500	0,499	0,495	0,490	0,483	0,469	0,452	0,432	0,410
43,9°	0,694	0,424	0,452	0,472	0,484	0,494	0,498	0,500	0,499	0,496	0,491	0,484	0,471	0,455	0,436	0,413
44,6°	0,702	0,420	0,448	0,469	0,482	0,492	0,497	0,500	0,500	0,497	0,493	0,486	0,474	0,458	0,439	0,418
45,2°	0,709	0,416	0,445	0,466	0,480	0,491	0,496	0,499	0,500	0,498	0,494	0,488	0,476	0,461	0,442	0,422
45,6°	0,715	0,413	0,443	0,465	0,479	0,490	0,496	0,499	0,500	0,498	0,495	0,489	0,478	0,463	0,445	0,424
46,2°	0,722	0,410	0,439	0,462	0,477	0,488	0,495	0,499	0,500	0,499	0,496	0,491	0,480	0,466	0,448	0,428
46,7°	0,727	0,406	0,436	0,460	0,475	0,487	0,494	0,498	0,500	0,499	0,496	0,492	0,482	0,468	0,450	0,430
47,2°	0,734	0,403	0,433	0,457	0,473	0,485	0,493	0,498	0,500	0,500	0,497	0,493	0,484	0,470	0,453	0,434
47,7°	0,740	0,399	0,430	0,455	0,471	0,484	0,492	0,497	0,500	0,500	0,498	0,494	0,485	0,472	0,456	0,437
48,2°	0,746	0,396	0,427	0,452	0,469	0,482	0,491	0,496	0,499	0,500	0,498	0,495	0,486	0,474	0,458	0,440
48,8°	0,753	0,391	0,424	0,449	0,466	0,480	0,489	0,495	0,499	0,500	0,499	0,496	0,488	0,476	0,461	0,443
49,3°	0,759	0,387	0,420	0,447	0,464	0,478	0,488	0,494	0,499	0,500	0,499	0,496	0,489	0,478	0,464	0,446
49,9°	0,765	0,383	0,417	0,443	0,461	0,476	0,486	0,493	0,498	0,500	0,500	0,497	0,491	0,480	0,466	0,449
50,4°	0,771	0,379	0,413	0,440	0,459	0,474	0,485	0,492	0,497	0,500	0,500	0,498	0,492	0,482	0,468	0,452
50,9°	0,776	0,376	0,410	0,438	0,456	0,473	0,483	0,491	0,497	0,499	0,500	0,498	0,493	0,483	0,470	0,454
51,4°	0,782	0,372	0,407	0,434	0,454	0,470	0,482	0,489	0,496	0,499	0,500	0,499	0,494	0,485	0,473	0,457
52,0°	0,788	0,367	0,403	0,431	0,450	0,468	0,480	0,488	0,495	0,499	0,500	0,499	0,495	0,487	0,475	0,460
52,6°	0,794	0,363	0,398	0,427	0,447	0,465	0,478	0,487	0,494	0,498	0,500	0,500	0,496	0,488	0,477	0,462
53,2°	0,800	0,358	0,394	0,424	0,444	0,462	0,475	0,485	0,493	0,497	0,500	0,500	0,497	0,490	0,479	0,465
53,6°	0,805	0,355	0,391	0,421	0,442	0,460	0,474	0,484	0,492	0,497	0,499	0,500	0,497	0,491	0,480	0,467
54,1°	0,810	0,351	0,387	0,418	0,439	0,458	0,472	0,482	0,491	0,496	0,499	0,500	0,498	0,492	0,482	0,469
54,6°	0,815	0,347	0,384	0,415	0,436	0,456	0,470	0,480	0,489	0,495	0,499	0,500	0,498	0,493	0,484	0,471
55,0°	0,819	0,344	0,381	0,412	0,434	0,454	0,468	0,479	0,488	0,494	0,498	0,500	0,499	0,494	0,485	0,473
55,6°	0,825	0,339	0,377	0,408	0,430	0,450	0,466	0,477	0,487	0,493	0,497	0,500	0,499	0,495	0,487	0,475
56,1°	0,830	0,335	0,372	0,404	0,427	0,448	0,464	0,475	0,485	0,492	0,497	0,499	0,500	0,496	0,488	0,477
56,7°	0,835	0,330	0,368	0,401	0,424	0,445	0,460	0,473	0,483	0,491	0,496	0,499	0,500	0,497	0,489	0,479
57,2°	0,841	0,326	0,364	0,397	0,420	0,442	0,458	0,471	0,482	0,489	0,495	0,499	0,500	0,497	0,491	0,481
57,7°	0,846	0,322	0,361	0,393	0,417	0,439	0,456	0,469	0,480	0,488	0,494	0,498	0,500	0,498	0,492	0,482
58,3°	0,851	0,316	0,356	0,390	0,413	0,436	0,453	0,466	0,478	0,487	0,493	0,497	0,500	0,499	0,493	0,484
59,4°	0,861	0,307	0,347	0,381	0,406	0,429	0,447	0,461	0,474	0,483	0,491	0,496	0,500	0,499	0,495	0,488
61,0°	0,875	0,293	0,334	0,368	0,395	0,420	0,438	0,453	0,467	0,478	0,486	0,493	0,499	0,500	0,498	0,491
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

Kompression

	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,27	0,30	0,33	0,36
Kurbelseite (vorne)															
0	0,454	0,479	0,493	0,499	0,500	0,496	0,489	0,480	0,468	0,454	0,438	0,412	0,386	0,356	--
3	0,451	0,477	0,491	0,499	0,500	0,497	0,491	0,481	0,470	0,456	0,441	0,415	0,390	0,361	0,331
8	0,448	0,474	0,490	0,498	0,500	0,498	0,492	0,483	0,473	0,460	0,445	0,420	0,394	0,366	0,336
2	0,444	0,472	0,488	0,497	0,500	0,499	0,493	0,485	0,475	0,462	0,448	0,424	0,398	0,370	0,341
4	0,442	0,470	0,487	0,496	0,500	0,499	0,494	0,486	0,477	0,464	0,450	0,426	0,401	0,373	0,344
8	0,439	0,468	0,485	0,496	0,500	0,499	0,495	0,488	0,479	0,467	0,453	0,430	0,405	0,378	0,349
0	0,436	0,466	0,484	0,495	0,499	0,500	0,496	0,489	0,480	0,469	0,456	0,433	0,408	0,382	0,353
4	0,433	0,464	0,482	0,494	0,499	0,500	0,497	0,491	0,482	0,471	0,458	0,436	0,412	0,386	0,357
7	0,430	0,461	0,481	0,493	0,499	0,500	0,497	0,492	0,484	0,473	0,460	0,439	0,415	0,390	0,361
0	0,427	0,459	0,479	0,492	0,498	0,500	0,498	0,493	0,485	0,475	0,463	0,442	0,418	0,393	0,365
3	0,423	0,456	0,477	0,490	0,497	0,500	0,499	0,494	0,487	0,477	0,466	0,445	0,423	0,397	0,370
6	0,420	0,453	0,475	0,489	0,497	0,500	0,499	0,495	0,488	0,479	0,468	0,448	0,426	0,400	0,373
9	0,416	0,450	0,473	0,488	0,496	0,500	0,499	0,496	0,490	0,481	0,470	0,450	0,429	0,404	0,378
2	0,413	0,447	0,471	0,486	0,495	0,499	0,500	0,497	0,491	0,483	0,473	0,453	0,432	0,408	0,382
4	0,410	0,445	0,469	0,485	0,494	0,499	0,500	0,497	0,492	0,484	0,474	0,456	0,435	0,411	0,386
7	0,406	0,442	0,466	0,483	0,493	0,499	0,500	0,498	0,493	0,486	0,476	0,458	0,438	0,415	0,389
0	0,401	0,439	0,464	0,481	0,492	0,498	0,500	0,499	0,494	0,488	0,478	0,461	0,441	0,418	0,393
2	0,398	0,436	0,461	0,479	0,491	0,497	0,500	0,499	0,495	0,489	0,480	0,464	0,445	0,423	0,398
5	0,393	0,432	0,458	0,477	0,489	0,496	0,500	0,499	0,496	0,491	0,482	0,466	0,448	0,426	0,401
7	0,390	0,429	0,456	0,475	0,488	0,496	0,500	0,500	0,497	0,491	0,484	0,468	0,450	0,429	0,404
9	0,387	0,426	0,454	0,473	0,487	0,495	0,499	0,500	0,498	0,493	0,485	0,470	0,453	0,432	0,408
1	0,383	0,423	0,451	0,471	0,485	0,494	0,499	0,500	0,498	0,494	0,487	0,473	0,455	0,435	0,411
3	0,380	0,420	0,449	0,470	0,484	0,493	0,498	0,500	0,499	0,494	0,488	0,474	0,457	0,437	0,414
5	0,376	0,417	0,446	0,467	0,482	0,492	0,498	0,500	0,499	0,495	0,489	0,476	0,460	0,440	0,418
7	0,372	0,413	0,443	0,465	0,480	0,491	0,497	0,500	0,499	0,496	0,490	0,478	0,462	0,443	0,421
9	0,367	0,410	0,440	0,462	0,478	0,490	0,496	0,500	0,500	0,497	0,492	0,480	0,465	0,447	0,425
1	0,364	0,406	0,437	0,460	0,477	0,488	0,496	0,499	0,500	0,498	0,493	0,482	0,467	0,449	0,428
2	0,360	0,403	0,434	0,458	0,475	0,487	0,495	0,499	0,500	0,498	0,494	0,483	0,469	0,452	0,431
4	0,355	0,398	0,430	0,455	0,473	0,485	0,494	0,498	0,500	0,499	0,495	0,485	0,472	0,455	0,435
8	0,347	0,390	0,424	0,449	0,468	0,482	0,491	0,497	0,500	0,500	0,497	0,488	0,476	0,460	0,441
1	0,333	0,379	0,413	0,440	0,460	0,476	0,487	0,495	0,499	0,500	0,499	0,494	0,482	0,467	0,450
	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32

TABELLE XVIII

über $\lambda_r \cdot \frac{f_k}{r_r}$ zur Berücksichtigung der endlichen Länge der

für die Deckelseite $\frac{k_c}{r_r} = \frac{k}{r_r} + \frac{f_k}{r_r}$,

Deckelseite												
Kolbenwege	00	0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80
δ'	$\lambda_r \cdot \frac{f_k}{r_r}$											
46,0°	0,351	0,349	0,143	-0,006	-0,131	-0,240	-0,410	-0,513	-0,553	-0,506	-0,406	-0,219
45,5°	0,364	0,357	0,143	-0,010	-0,135	-0,249	-0,419	-0,521	-0,561	-0,523	-0,407	-0,213
45,0°	0,375	0,366	0,143	-0,016	-0,147	-0,261	-0,437	-0,541	-0,578	-0,537	-0,418	-0,217
44,5°	0,386	0,376	0,147	-0,016	-0,148	-0,262	-0,442	-0,546	0,580	-0,538	-0,418	-0,207
44,0°	0,396	0,383	0,147	-0,016	-0,152	-0,268	-0,446	-0,550	0,584	-0,538	-0,418	-0,203
43,6°	0,410	0,395	0,147	-0,023	-0,161	-0,283	-0,465	-0,571	-0,599	-0,553	-0,419	-0,200
43,2°	0,417	0,400	0,145	-0,029	-0,170	-0,293	-0,475	-0,576	-0,614	-0,555	-0,424	-0,200
42,8°	0,429	0,409	0,145	-0,032	-0,178	-0,303	-0,489	-0,596	-0,626	-0,569	-0,429	-0,200
42,4°	0,436	0,418	0,145	-0,039	-0,187	-0,316	-0,502	-0,611	-0,638	-0,577	-0,432	-0,200
42,0°	0,455	0,433	0,147	-0,040	-0,192	-0,322	-0,513	-0,622	-0,645	-0,584	-0,434	-0,193
41,6°	0,461	0,438	0,147	-0,045	-0,199	-0,331	-0,526	-0,634	-0,657	-0,596	-0,439	-0,196
41,2°	0,474	0,447	0,147	-0,050	-0,206	-0,341	-0,538	-0,646	-0,666	-0,599	-0,440	-0,183
40,8°	0,485	0,457	0,146	-0,056	-0,215	-0,353	-0,552	-0,658	-0,677	-0,605	-0,440	-0,178
40,4°	0,497	0,467	0,146	-0,060	-0,223	-0,362	-0,562	-0,672	-0,690	-0,612	-0,440	-0,173
40,1°	0,510	0,476	0,146	-0,065	-0,230	-0,371	-0,576	-0,684	-0,697	-0,618	-0,440	-0,166
39,8°	0,520	0,485	0,145	-0,072	-0,240	-0,383	-0,592	-0,700	-0,718	-0,631	-0,444	-0,170
39,5°	0,540	0,501	0,145	-0,078	-0,251	-0,399	-0,613	-0,717	-0,729	-0,640	-0,447	-0,161
39,1°	0,548	0,509	0,145	-0,080	-0,256	-0,404	-0,617	-0,726	-0,736	-0,643	-0,447	-0,150
38,7°	0,557	0,518	0,142	-0,086	-0,269	-0,420	-0,625	-0,743	-0,749	-0,651	-0,454	-0,153
38,4°	0,568	0,525	0,142	-0,091	-0,276	-0,427	-0,645	-0,756	-0,758	-0,655	-0,453	-0,149
38,0°	0,586	0,540	0,141	-0,100	-0,287	-0,444	-0,660	-0,767	-0,769	-0,662	-0,453	-0,133
37,6°	0,598	0,551	0,138	-0,108	-0,300	-0,459	-0,679	-0,788	-0,785	-0,678	-0,454	-0,133
37,4°	0,615	0,566	0,138	-0,113	-0,306	-0,470	-0,695	-0,802	-0,798	-0,684	-0,455	-0,128
37,0°	0,622	0,571	0,138	-0,119	-0,319	-0,481	-0,713	-0,818	-0,815	-0,695	-0,470	-0,126
36,8°	0,630	0,586	0,138	-0,126	-0,329	-0,496	-0,731	-0,841	-0,838	-0,714	-0,478	-0,129
36,5°	0,645	0,595	0,138	-0,131	-0,337	-0,506	-0,742	-0,852	-0,846	-0,715	-0,470	-0,119
36,2°	0,656	0,606	0,136	-0,137	-0,347	-0,519	-0,758	-0,868	-0,861	-0,724	-0,476	-0,121
35,9°	0,676	0,620	0,136	-0,144	-0,357	-0,533	-0,774	-0,885	-0,870	-0,728	-0,474	-0,100
35,6°	0,686	0,628	0,132	-0,154	-0,370	-0,549	-0,797	-0,908	-0,894	-0,747	-0,483	-0,100
35,2°	0,704	0,644	0,127	-0,166	-0,388	-0,571	-0,817	-0,930	-0,902	-0,755	-0,480	-0,095
34,8°	0,721	0,655	0,125	-0,176	-0,406	-0,590	-0,844	-0,951	-0,928	-0,775	-0,501	-0,092
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

TABELLE XVIII

Exzenterstangen für die relativen Kantenentfernungen bei $v_h = 0,2 a$

für die Kurbelseite $\frac{k'_e}{r_r} = \frac{k'}{r_r} - \frac{f_k'}{r_r}$

Kurbelseite												
00	0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	
$\lambda_r \cdot \frac{f_k'}{r_r}$												
0,342	0,349	0,072	-0,115	-0,260	-0,370	-0,508	-0,552	-0,505	-0,419	-0,270	-0,074	1
0,353	0,357	0,070	-0,120	-0,268	-0,379	-0,516	-0,556	-0,521	-0,420	-0,264	-0,064	2
0,364	0,366	0,067	-0,130	-0,282	-0,397	-0,533	-0,578	-0,535	-0,430	-0,264	-0,064	3
0,377	0,376	0,070	-0,131	-0,285	-0,400	-0,539	-0,581	-0,535	-0,428	-0,263	-0,055	4
0,388	0,383	0,070	-0,135	-0,288	-0,405	-0,543	-0,584	-0,535	-0,424	-0,257	-0,043	5
0,401	0,395	0,066	-0,143	-0,304	-0,422	-0,563	-0,599	-0,552	-0,433	-0,256	-0,041	6
0,404	0,400	0,064	-0,162	-0,314	-0,434	-0,570	-0,602	-0,553	-0,435	-0,256	-0,035	7
0,421	0,409	0,060	-0,160	-0,326	-0,447	-0,587	-0,625	-0,567	-0,445	-0,256	-0,034	8
0,431	0,418	0,057	-0,167	-0,336	-0,461	-0,604	-0,638	-0,575	-0,450	-0,260	-0,026	9
0,450	0,433	0,057	-0,173	-0,345	-0,470	-0,615	-0,647	-0,583	-0,450	-0,253	-0,015	10
0,454	0,438	0,056	-0,180	-0,355	-0,481	-0,629	-0,657	-0,593	-0,456	-0,253	-0,012	11
0,470	0,447	0,053	-0,187	-0,364	-0,493	-0,640	-0,665	-0,598	-0,456	-0,247	+0,027	12
0,484	0,457	0,050	-0,195	-0,376	-0,505	-0,652	-0,677	-0,605	-0,456	-0,246	+0,032	13
0,494	0,467	0,047	-0,204	-0,387	-0,517	-0,666	-0,690	-0,612	-0,457	-0,245	+0,012	14
0,509	0,476	0,046	-0,211	-0,395	-0,527	-0,680	-0,699	-0,616	-0,461	-0,237	+0,025	15
0,530	0,485	0,046	-0,220	-0,408	-0,546	-0,695	-0,714	-0,630	-0,469	-0,240	+0,029	16
0,544	0,501	0,039	-0,231	-0,424	-0,564	-0,714	-0,728	-0,638	-0,471	-0,228	+0,025	17
0,549	0,509	0,037	-0,235	-0,431	-0,568	-0,721	-0,736	-0,646	-0,475	-0,226	+0,053	18
0,565	0,518	0,032	-0,246	-0,446	-0,584	-0,738	-0,749	-0,654	-0,476	-0,231	+0,061	19
0,569	0,525	0,030	-0,253	-0,455	-0,596	-0,747	-0,758	-0,654	-0,472	-0,226	+0,066	20
0,591	0,540	0,025	-0,264	-0,470	-0,613	-0,763	-0,764	-0,661	-0,475	-0,210	+0,080	21
0,608	0,551	0,019	-0,276	-0,485	-0,631	-0,782	-0,785	-0,678	-0,478	-0,212	+0,091	22
0,627	0,566	0,019	-0,281	-0,496	-0,639	-0,794	-0,793	-0,683	-0,476	-0,206	+0,106	23
0,636	0,571	0,015	-0,292	-0,510	-0,658	-0,812	-0,814	-0,695	-0,485	-0,215	+0,100	24
0,652	0,586	0,013	-0,302	-0,524	-0,678	-0,836	-0,835	-0,713	-0,505	-0,214	+0,111	25
0,667	0,595	0,008	-0,310	-0,537	-0,690	-0,843	-0,842	-0,713	-0,499	-0,204	+0,124	26
0,682	0,606	0,005	-0,322	-0,548	-0,707	-0,863	-0,858	-0,726	-0,499	-0,206	0,129	27
0,697	0,620	0,000	-0,331	-0,562	-0,722	-0,878	-0,870	-0,726	-0,499	-0,192	0,145	28
0,714	0,628	-0,006	-0,345	-0,579	-0,743	-0,900	-0,889	-0,748	-0,503	-0,200	0,150	29
0,730	0,644	-0,016	-0,361	-0,600	-0,763	-0,919	-0,902	-0,752	-0,503	-0,182	0,169	30
0,748	0,655	-0,021	-0,378	-0,623	-0,791	-0,954	-0,932	-0,777	-0,523	-0,190	0,174	31
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	

TABELLE XIX

über $\frac{a}{D}$ zur Bestimmung des Durchmessers d_s
und der Kanalweite a einfacher Kolbenschieber für den Cylinderdurchmesser D
bei 1 Meter Kolbengeschwindigkeit.

$\frac{d_s}{D}$	Dampfgeschwindigkeit in den Kanälen in Metern						
	25	30	35	40	45	50	55
	$\frac{a}{D}$						
0,20	0,0667	0,0566	0,0476	0,0417	0,0370	0,0333	0,0303
0,25	0,0533	0,0444	0,0381	0,0333	0,0297	0,0267	0,0243
0,30	0,0444	0,0370	0,0318	0,0278	0,0248	0,0222	0,0202
0,35	0,0381	0,0318	0,0273	0,0238	0,0212	0,0191	0,0174
0,40	0,0333	0,0278	0,0238	0,0208	0,0186	0,0167	0,0152
0,45	0,0297	0,0248	0,0212	0,0186	0,0165	0,0148	0,0135
0,50	0,0267	0,0222	0,0191	0,0167	0,0148	0,0133	0,0122
0,55	0,0243	0,0202	0,0174	0,0152	0,0135	0,0122	0,0111
0,60	0,0222	0,0185	0,0159	0,0139	0,0124	0,0111	0,0101
0,65	0,0206	0,0171	0,0147	0,0129	0,0114	0,0103	0,0094
0,70	0,0191	0,0159	0,0136	0,0119	0,0106	0,0096	0,0087
0,75	0,0178	0,0148	0,0127	0,0111	0,0099	0,0089	0,0081

TABELLE XX

über das Produkt $\frac{d_\xi}{D} \cdot \frac{a}{D}$ zur Bestimmung des Durchmessers d_ξ und der Kanalweite a der Expansionsschieber von Rider-Kolbenschiebersteuerungen für den Cylinderdurchmesser D bei 1 Meter Kolbengeschwindigkeit.

Anzahl der Zacken n	Verdrehungswinkel ϱ	Dampfgeschwindigkeit in den Einlasskanälen in Metern					
		30	35	40	45	50	55
		$\frac{d_\xi}{D} \cdot \frac{a}{D}$					
3	30°	0,0125	0,0107	0,0094	0,0083	0,0075	0,0068
	35°	0,0133	0,0114	0,0100	0,0089	0,0080	0,0073
	40°	0,0143	0,0122	0,0107	0,0095	0,0086	0,0078
	45°	0,0154	0,0132	0,0116	0,0103	0,0092	0,0084
	50°	0,0167	0,0143	0,0125	0,0111	0,0100	0,0091
	55°	0,0182	0,0156	0,0136	0,0121	0,0109	0,0099
	60°	0,0200	0,0171	0,0150	0,0133	0,0120	0,0109
	65°	0,0222	0,0190	0,0167	0,0148	0,0133	0,0121
4	25°	0,0137	0,0117	0,0103	0,0091	0,0082	0,0074
	30°	0,0150	0,0129	0,0113	0,0100	0,0090	0,0082
	35°	0,0167	0,0143	0,0125	0,0111	0,0100	0,0091
	40°	0,0187	0,0161	0,0140	0,0125	0,0113	0,0103
	45°	0,0214	0,0184	0,0161	0,0143	0,0129	0,0117
6	20°	0,0167	0,0143	0,0125	0,0111	0,0100	0,0091
	25°	0,0200	0,0171	0,0150	0,0133	0,0120	0,0109
	30°	0,0250	0,0214	0,0188	0,0167	0,0150	0,0137
	35°	0,0333	0,0286	0,0250	0,0222	0,0200	0,0182

TABELLE XXI

**über $\frac{d_\epsilon}{D}$ zur Bestimmung des Expansionsschieber-Durchmessers d_ϵ
von Meyer-Kolbenschiebersteuerungen mit grosser Schraube.**

$\frac{v}{c}$	20	18	16	14	12	10	8
$\frac{d_\epsilon}{D}$	0,39	0,42	0,44	0,47	0,51	0,56	0,62

(Hierbei v Dampfgeschwindigkeit, c Kolbengeschwindigkeit.)

Ausserdem

$$\frac{a}{d_\epsilon} = 0,09$$

$$\frac{s}{d_\epsilon} = \frac{3}{4}$$

$$\text{Verdrehung} = 0,8 \cdot 360^\circ = 288^\circ.$$



Additional material from Steuerungstabellen für Dampfmaschinen mit Erläuterungen nach dem Müller'schen Schieberdiagramme und mit Berücksichtigung einer Pleuelstangenlänge gleich dem fünffachen Kurbelradius, sowie beliebiger Exzenterstangenlänge für einfache und Doppel Schiebersteuerungen

ISBN 978-3-662-31857-7, is available at <http://extras.springer.com>

