

Sonderabdruck
aus der
Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure,
Jahrgang 1906.

Lokomotiven mit Ventilsteuerung

gebaut von der Hannoverschen Maschinenbau-A.-G. vormals Georg Egestorff.

Von

Metzeltin.

ISBN 978-3-662-23329-0 ISBN 978-3-662-25372-4 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-25372-4

Lokomotiven mit Ventilsteuerung, gebaut von der Hannoverschen Maschinenbau-A.-G. vormals Georg Egestorff.

Von Metzeltin.

Den bei Lokomotiven üblichen Schwingensteuerungen mit Flachschiebern haftet eine Reihe von erheblichen Nachteilen an, die man in 2 Gruppen einteilen kann.

Die erste Gruppe bilden die in der Bauart der Schieber liegenden Nachteile, die zweite Gruppe die der Steuerung und der Dampfverteilung eigentümlichen Mängel.

Die bis vor wenigen Jahren bei Lokomotiven fast ausschließlich verwendeten Flachschieber neigen oft zum Fressen. Unter ungünstigen Umständen hat man schon bei einer Fahrt von wenigen hundert Kilometern eine Abnutzung des Schiebers um 1 cm und mehr beobachtet. Die an und für sich nicht unbedeutende bei Bewegung des Schiebers zu leistende Reibungsarbeit erhöht sich beim Fressen des Schiebers um ein Vielfaches, und zu diesen Arbeitsverlusten treten gleichzeitig ganz erhebliche Undichtigkeitsverluste, so daß die Leistung der Lokomotive dann in doppeltem Maße vermindert wird.

Die Ursachen des Fressens der Flachschieber sind bisher nicht genügend aufgeklärt; es beruht wahrscheinlich auf der Form des Flachschiebers und auf der Wahl der Baustoffe des Schiebers und des Schieberspiegels. Selbstverständlich muß in jedem Falle der Baustoff des Schiebers weicher sein als der des Schieberspiegels, weil jener sich leichter nacharbeiten oder ersetzen läßt als dieser. Für gewöhnlich wird für die Schieber als Baustoff, sofern man nicht Rotguß wählt, Gußeisen von 12 bis 14, für die Zylinder solches von 18 bis 24 kg/qmm oder noch höherer Festigkeit vorgeschrieben. In Amerika setzt man sogar vielfach dem Zylinderguß Stahl zu, so daß sich ein Gußeisen ergibt, welches sich bereits dem Stahlformguß zu nähern beginnt. Ob die übliche Vorschrift bezüglich der Zerreißfestigkeit bei Zylindern und Schiebern richtig ist, unterliegt augenblicklich bei der preußischen Staatsbahnverwaltung einer Erörterung. Es ist vielleicht nicht unzweckmäßig, Härteproben, sogenannte Kugel-druckproben vorzuschreiben, die einen richtigeren Maßstab für die Härte des Gußeisens geben dürften als die Festigkeitsziffern. Einige preußische Eisenbahndirektionen haben übrigens vor einer Reihe von Jahren zeitweilig Schieber Spiegel aus Stahl versucht, jedoch meines Wissens, ohne zufriedenstellende Erfolge zu erzielen.

Daß die Frage des Baustoffes der Schieber nicht die allein maßgebende Rolle spielt, geht schon daraus hervor, daß z. B. bei der preußischen Staatsbahnverwaltung von den verschiedenen Direktionen bei den gleichen Lokomotivgattungen die verschiedenartigsten Baustoffe für die Schieber als die zweckmäßigsten befunden werden: einzelne Direktionen bevorzugen gußeiserne Schieber, andre gußeiserne Schieber mit Weißmetalleingüssen und noch andre Rotgußschieber.

Von besonderem Einfluß auf das Fressen der Schieber scheint aber deren Form zu sein. Ein kalt genau abgerichteter Schieber der preußischen $\frac{2}{4}$ -gekuppelten Schnellzug-Verbundlokomotive, der 434 mm lang ist, wirft sich, wie Versuche gezeigt haben, bei Erwärmung um nur 80° bereits um 1 mm, und zwar nimmt er eine hohle Form an. Im strömenden Dampf wird der Schieber eine Temperatur von wenigstens 130 bis 140° C zeigen und sich daher noch stärker werfen. Wenn nun der Schieberspiegel, welcher im kalten Zustande gerade abgerichtet wird, sich nicht wirft, so würde der Schieber zunächst auf den beiden Kanten lau-

fen, hier natürlich stark reiben und voraussichtlich bald fressen. Bei dieser Lokomotivform scheint jedoch die Form des Schiebers und des Schieberspiegels derart zu sein, daß sich beide bei den vorkommenden Wärmegraden ziemlich symmetrisch werfen; denn hier hat man fast nie über Fressen der Schieber zu klagen, obwohl gerade von diesen Lokomotiven eine große Anzahl mit gußeisernen Schiebern versehen ist. Dagegen neigen z. B. die Schieber der normalen $\frac{2}{4}$ -gekuppelten Personenzuglokomotive der preußischen Staatsbahn sehr stark zum Fressen. Obgleich es sonst keinen Anstand hat, letztere Lokomotiven mit 1750 mm hohen Treibrädern für Schnellzüge zu verwenden, geschieht dies in der Tat fast gar nicht, weil ihre Schieber bei hohen Geschwindigkeiten erfahrungsgemäß leicht fressen.

Da aber auch gut arbeitende Flachschieber einen nicht unerheblichen Teil Reibungsarbeit zu ihrer Bewegung verbrauchen, sind vielfach die bekannten Schieberentlastungen (Bauart Richardson, v. Borries u. a.) eingeführt worden. Ueber ihren Wert ist man jedoch verschiedener Ansicht. Die preußischen Staatsbahnen haben z. B. seit dem Jahr 1905 die bis dahin an den meisten Lokomotiven verwendete Schieberentlastung, Bauart v. Borries, nicht mehr benutzt und sogar entfernen lassen; doch neigt man neuerdings wieder der Anwendung einer Schieberentlastung zu.

Um die vorstehend geschilderten Nachteile zu vermeiden, hat man sich seit Anfang der 70er Jahre¹⁾ bemüht, Kolbenschieber einzuführen. Hierbei ergaben sich jedoch mancherlei Schwierigkeiten. Wurden die Kolbenschieber im warmen Zustande dicht schließend, aber immerhin leicht gehend eingeschliffen, so saßen sie im kalten Zustande fest; wurden sie im kalten Zustande willig gehend eingeschliffen, so ergaben sich im warmen Zustand Undichtigkeiten, die unter Umständen recht erheblich wurden²⁾.

Diese Nachteile nehmen natürlich mit dem Durchmesser der Kolbenschieber zu.

Ein weiterer Nachteil der Kolbenschieber ist der, daß sie nicht wie die Flachschieber abklappen können. Die Zylinder müssen deshalb zur Vermeidung von Beschädigungen durch Wasserschläge mit Sicherheitsventilen versehen werden. Letztere aber wirken, weil sie nicht ständig arbeiten, sondern nur gelegentlich in Anspruch genommen werden, nicht sicher. Man hat daher bei Lokomotiven mit Kolbenschiebern öfters über die durch Wasserschläge hervorgerufenen Beschädigungen an den Zylindern zu klagen, jedenfalls erheblich mehr als bei den mit Flachschiebern ausgerüsteten Lokomotiven.

Wasserschläge sind selbst bei Anwendung von Heißdampf nicht ausgeschlossen. Bei Lokomotiven mit Schmidtschem

¹⁾ Der erste Versuch der Einführung von Kolbenschiebern an Lokomotiven ist meines Wissens von William Bouch im Jahr 1871 an einer $\frac{2}{4}$ -gekuppelten Schnellzuglokomotive der Stockton-Darlington-Bahn gemacht worden. Die aus Rotguß bestehenden Kolbenschieber von 330 mm Dmr. neigten jedoch so stark zum Fressen, daß sie bald wieder entfernt wurden.

²⁾ Versuche an der $\frac{2}{4}$ -gekuppelten Heißdampflokomotive Halle 440 mit Schmidtschen Kolbenschiebern ergaben einen Dampfverlust von 860 kg für die Stunde (vergl. »Organ« 1903 S. 37). Sogar Verluste bis 2400 kg sind im Betriebe beobachtet worden (vgl. Glasers Annalen 1903 II. S. 202).

Ueberhitzer tritt beim Anfahren erst allmählich eine Ueberhitzung des Dampfes ein. Die Lokomotiven fahren daher mit Naßdampf an, es ergeben sich somit, wenn die Zylinder nicht vorher vorgewärmt sind, anfänglich erhebliche Niederschlagmengen. Lokomotiven mit Pielock-Ueberhitzer fahren immer mit Heißdampf an, da der im Ueberhitzer befindliche Dampf stets eine höhere Temperatur besitzt als der Naßdampf. Fig. 1 gibt das Ueberhitzungsdiagramm einer Fahrt Berlin-Halle, das durch minutliche Ablesungen am Pyrometer einer mit Pielock-Ueberhitzer ausgerüsteten Lokomotive gewonnen ist. Aus diesem Diagramm ist zu ersehen, daß selbst bei viertelstündigem Aufenthalt die Dampftemperatur nie bis auf die Naßdampftemperatur gefallen ist. Indessen ist aber auch bei diesen Lokomotiven gelegentlich unter ungünstigen Verhältnissen, z. B. bei schlechtem Speisewasser, plötzlichem Aufreißen des Reglers, ein Ueberschäumen und Arbeiten mit Wasser (Spucken) nicht ausgeschlossen.

Die Nachteile der Flachschieber wurden mit der Einführung des Heißdampfes im Lokomotivbetriebe größer. Erfahrungen haben zwar gezeigt, daß man bei geeigneten Bauarten selbst für Heißdampf bis zu 270° Flachschieber verwenden kann; bei höheren Ueberhitzungen ist es jedoch, namentlich für Hochdruckzylinder, bis jetzt nicht gelungen, dauernd sicher arbeitende Flachschieber zu finden. Sehr vorteilhaft ist es in solchen Fällen, die Flachschieber warm aufzuschleifen; die Lokomotive wird angeheizt und man läßt

einigen Staaten von Nordamerika werden jetzt durchschnittlich über 40 vH aller neu gebauten Lokomotiven mit Kolbenschiebern ausgerüstet. Auch die pfälzischen und badischen Staatsbahnen haben bei ihren neuen $\frac{2}{5}$ - und $\frac{3}{6}$ -gekuppelten Schnellzuglokomotiven nicht nur die Hochdruckschieber, sondern auch die Niederdruckschieber als Kolbenschieber ausgebildet. In gleicher Weise verfahren die französische Ost- und Westbahn bei ihren vierzylindrigen $\frac{3}{5}$ -gekuppelten Schnellzuglokomotiven¹⁾.

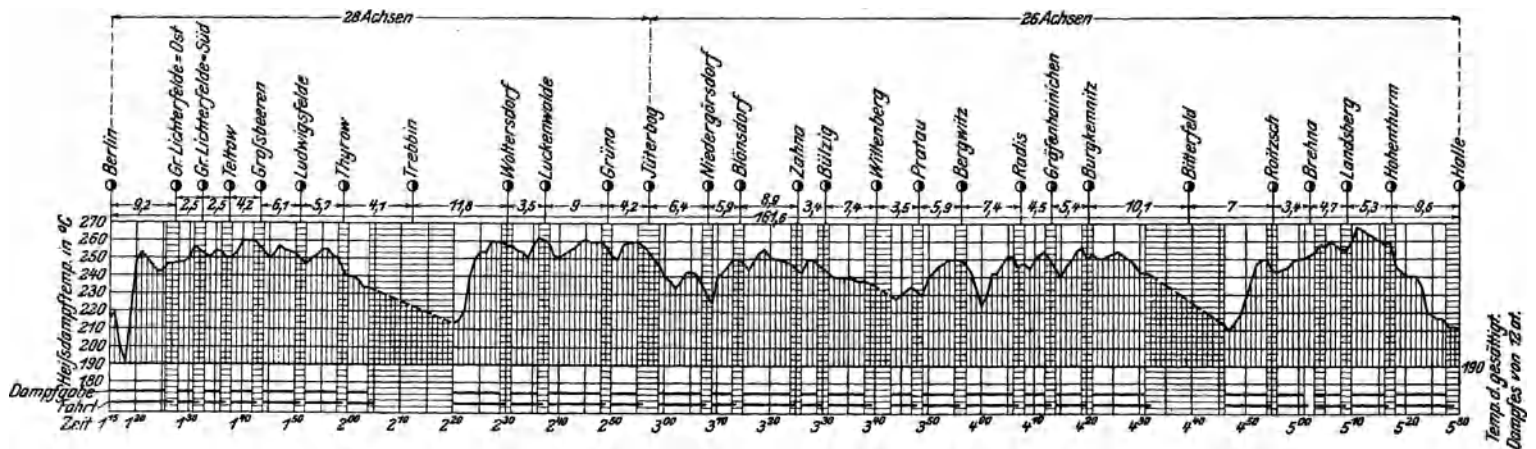
Die zweite Gruppe von Nachteilen der Schwingensteuerungen liegt in der schlechten Dampfverteilung. Die Schwingensteuerung gibt eine schlechende Eröffnung, einen schleichenden Abschluß und bei geringen Füllungen große Kompressionen. Alle drei Eigenschaften bedeuten derartige Verluste im Dampfdiagramm, daß man bei Maschinen mit Schwingensteuerung mit einem erheblich höheren Dampfverbrauch rechnen muß als bei den sogenannten Präzisionssteuerungen.

Diese Mängel sind zwar schon seit Jahrzehnten bekannt, eine gründliche Abhilfe ist aber trotz zahlreicher Bemühungen bisher im Lokomotivbau nicht erfolgt.

Bereits im Jahr 1844²⁾ erhielt A. Borsig ein Patent auf seine bekannte Doppelschiebersteuerung, die an älteren Lokomotiven noch bis Anfang der 90er Jahre im Betrieb gewesen ist. In den 40er Jahren baute auch Baldwin eine ähnliche Steuerung. Beide Steuerungen haben sich, weil nicht einfach genug, im Lokomotivbau nicht bewährt und

Fig. 1.

Versuche mit der $\frac{2}{4}$ -gekuppelten Personenzuglokomotive Halle 275 am 16. März 1904.
Pielock-Ueberhitzer zur Ueberhitzung auf 250°. Flachschieber.



von Zeit zu Zeit, zwischen dem Aufschleifen, Dampf durch die Zylinder abströmen; auch Ausführung in Phosphorbronze hat sich in Einzelfällen bewährt.

Auch die vorerwähnten Nachteile der Kolbenschieber zeigten sich bei Heißdampf störender; daher wurde auch die Bauart der Kolbenschieber für Heißdampf immer verwickelter. Werfungen des Schiebers, die zum Fressen führen und die der Einführung der Flachschieber anfänglich viele Schwierigkeiten bereitet haben, hat man ziemlich zu vermeiden gelernt. Die Büchse muß kräftig ausgeführt sein und nebst dem Schieber vor der Fertigbearbeitung sorgfältig ausgeglüht werden. Einfache Kolbenschieber nach Fig. 2 und 3 haben sich unter Benutzung dieser Vorsichtsmaßregeln bei Heißdampflokomotiven mit Pielock-Ueberhitzer der preußischen Staatsbahn sowie der pfälzischen Eisenbahnen für Heißdampftemperaturen bis zu 300° gut bewährt¹⁾. Die für die preußische Staatsbahn ausgeführten Heißdampflokomotiven, Bauart Schmidt, haben die bekannten, recht komplizierten Schmidtschen Kolbenschieber mit geheizter Büchse²⁾.

Der Kolbenschieber, namentlich in einfacher Bauart, hat sich aber infolge seiner unverkennbaren Vorzüge gegenüber dem Flachschieber auch bei Naßdampflokomotiven ein ziemlich ausgedehntes Anwendungsgebiet erobert. In den Ver-

sind daher von der Bildfläche verschwunden. Das Gleiche gilt von den vierteiligen Steuerungen von Strong³⁾ und von Bonfond⁴⁾.

In den 90er Jahren waren es besonders die Franzosen Durant und Lencauchez⁵⁾, die mit einigem Erfolge 4 Corliss-Schieber für die Lokomotivzylinder anwendeten, also Einlaß und Auslaß voneinander trennten und hauptsächlich die Kompression herabminderten. Dies geschah dadurch, daß die Auslaßschieber stets von einem tieferen Punkte der Schwinge aus bewegt wurden als die Einlaßschieber. Selbstverständlich war dies nur für Lokomotiven, die hauptsächlich nach einer Richtung fahren, eine einigermaßen brauchbare Lösung, da bei Rückwärtslage der Steuerung die Kompression statt verzögert verfrüht wird und sich hierdurch eine — abgesehen von Verschiebewegungen — unbrauchbare Dampfverteilung ergibt.

Ausgerüstet sind mit dieser Steuerung einige Lokomotiven der Paris-Orléans-Bahn, nach deren Angaben damit 11 vH Dampfersparnis erzielt sind.

Nadal versucht, das Gleiche zu erreichen durch Teilung

¹⁾ Glasers Annalen 1906 S. 70; Rev. g'n. 1906 I S. 152.

²⁾ Vergl. A. Borsig, Festschrift zur Vollendung der 5000. Lokomotive, S. 35.

³⁾ Vergl. Railroad Gazette 1886 S. 73; 1887 S. 559 und 604.

⁴⁾ Vergl. »Organ« 1890 S. 143.

⁵⁾ Vergl. Eisenbahntechnik der Gegenwart, Band Lokomotivbau, S. 280.

¹⁾ Ähnliche einfache Kolbenschieber verwendet die belgische Staatsbahn bei ihren neuesten Heißdampflokomotiven; vergl. Rev. gén. 1906 I S. 118.

²⁾ Figuren siehe Z. 1902 S. 102 u. f.; 1903 S. 300.

des einen (Kolben-)Schiebers in zwei parallel nebeneinander liegende Kolbenschieber, von denen der eine nur den Dampfeinlaß, der andre nur den Dampfauslaß steuert. Ersterer Schieber wird in üblicher Weise von einer Heusinger-Steuerung angetrieben, letzterer erhält seine Bewegung von der Schieberschubstange ohne Beeinflussung durch den Voreilhebel.

Eine $\frac{2}{4}$ -gekuppelte Schnellzug-Verbundlokomotive mit dieser Steuerung¹⁾ hatte die französische Staatsbahn im vorigen Jahr in Lüttich ausgestellt. Die günstig ausgefallenen Steuerungsverhältnisse, insbesondere die für alle Füllungen ziemlich gleichbleibende Kompression ergibt sich aus Zusammenstellung 1. Die Vorteile dieser Steuerung sind die gleichen wie bei der Steuerung von Durant-Lencauchez, doch sind die Mittel einfacher; vor allen Dingen aber ist diese Steuerung sowohl für Vorwärts- als auch für Rückwärtsgang verwendbar.

Weitere Verbesserungen der Lokomotivsteuerung wurden

Zusammenstellung 1.
 $\frac{2}{4}$ -gekuppelte Personenzuglokomotive der französischen Staatsbahn.
Ergebnisse der Steuerung von Nadal.

Stellung der Steuerung	Füllung		Vorausströmung		Kompression		Schieberweg			
							Einlaßschieber		Auslaßschieber	
	HDZ	NDZ	HDZ	NDZ	HDZ	NDZ	HDZ	NDZ	HDZ	NDZ
	vH	vH	vH	vH	vH	vH	mm	mm	mm	mm
3	32	42	9	9	10	8,5	76	79	49	59
4	41,5	53	9	9	10,5	9,5	83	87	68	81
5	53	63	9	9	11,0	10,5	91	98,5	87	104
ausgelegt	73	81	9	9	11,75	11,75	126	140	148	181

Fig. 2.

Hochdruckkolbenschieber für die $\frac{2}{5}$ -gekuppelte vierzylindrige Verbund-Schnellzuglokomotive der pfälzischen Eisenbahnen.

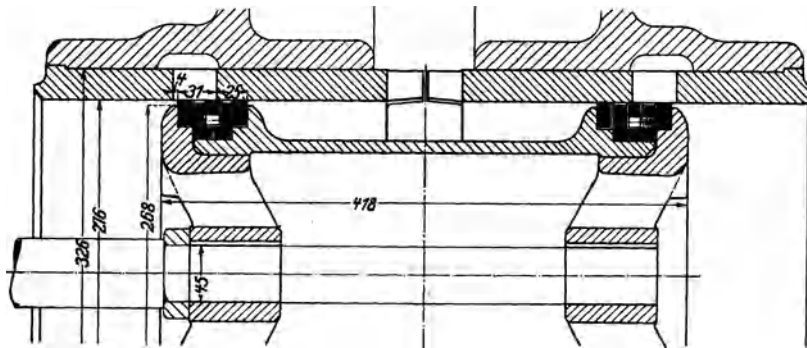
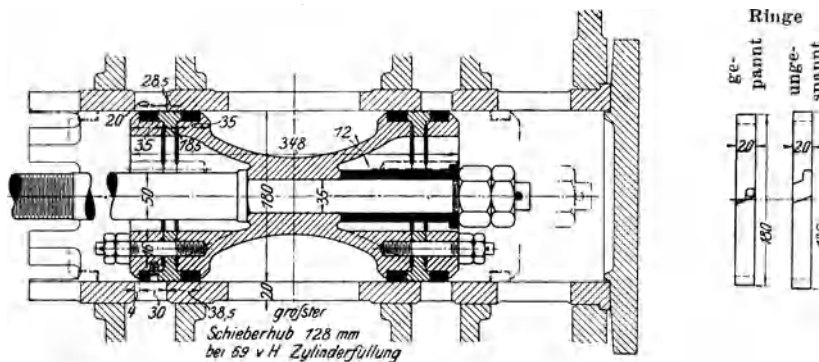


Fig. 3.

Hochdruckkolbenschieber für die $\frac{2}{5}$ -gekuppelte vierzylindrige Verbund-Schnellzuglokomotive der preußischen Staatsbahn.



in Amerika von Young, Allfree-Hubbel und Haberkorn, in England von Marshall versucht.

Die Steuerung von Young²⁾ ist eine Verbindung der Stephenson'schen Schwingensteuerung mit einer Corliss-Steuerung. Die Schwenkplatte der letzteren wird von der Schieberschubstange bewegt; sie ist aber nicht fest gelagert, sondern wird durch eine mit der Steuerwelle verbundene Stange beim Auslegen der Steuerung etwas gehoben. Infolgedessen wird trotz Anwendung der Stephenson Steuerung die Voreilung bei kleineren Füllungen nicht kleiner oder größer, sondern bleibt fast unverändert. Letzteres hätte sich natürlich auch durch Wahl einer andern Steuerung (Gooch, Heusinger usw.) erreichen lassen. Der Vorteil der Young'schen Bauart liegt in der Anwendung der Corliss-Steuerung, die gegen-

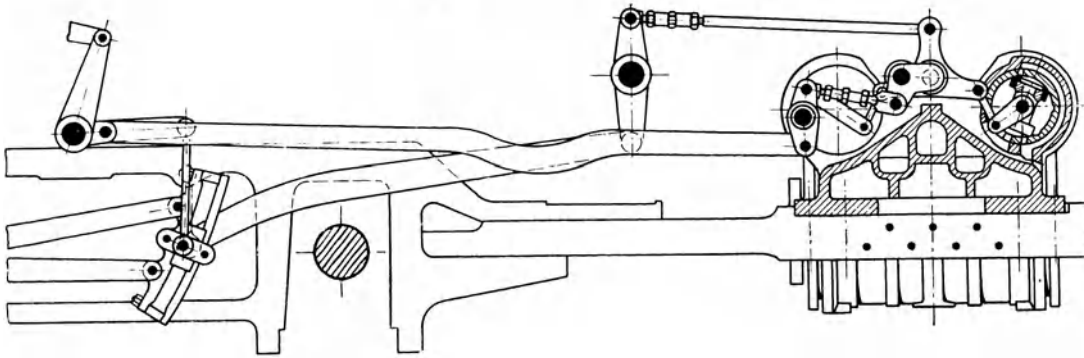
über der gewöhnlichen Steuerung eine größere Kanalöffnung und einen schnelleren Abschluß ergibt. Die Dampfdiagramme werden daher um einen gewissen Betrag völliger, und daraus folgt eine etwas gleichmäßigere Umfangskraft an den Treibrädern.

Die erste Young'sche Steuerung wurde im Jahr 1901 an einer Lokomotive der Chicago and North Western-Bahn probeweise angebracht. Trotz einiger anfänglicher Schwierigkeiten entschloß man sich im Jahr 1903 zu einem weiteren Versuch an einer $\frac{2}{5}$ -gekuppelten Schnellzuglokomotive mit 508 mm Zylinderdurchmesser, 660 mm Kolbenhub, 2057 mm Treibraddurchmesser und 41,3 t Reibungsgewicht. Fig. 4 zeigt die Anordnung der Steuerung dieser Lokomotive, Fig. 5 und 6 den Quer- und Längsschnitt eines Corliss-Schiebers. Diese Lokomotive ist seit 1903 ununterbrochen im Betrieb und soll sich außerordentlich bewährt haben. Die Chicago and North Western-Bahn gibt an, daß die im Vergleich mit einer gleichen Kolbenschieberlokomotive ausgeführten Versuche einen

¹⁾ Rev. gén. 1906 I S. 144.

²⁾ Railroad Gazette 1904 S. 519, 1906 S. 103; Rev. gén. 1905 II S. 587.

Fig. 4. Steuerung von Young.

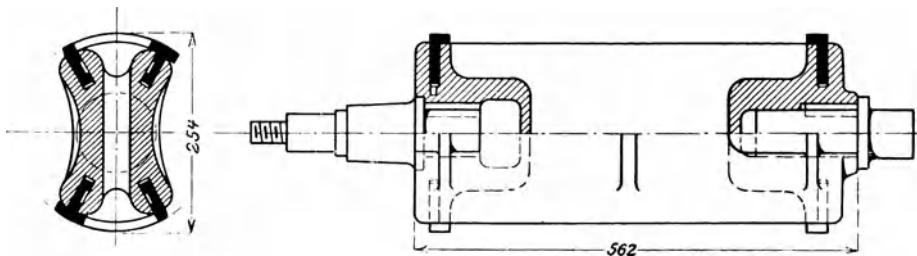


Dampfverbrauch von nur 8,72 kg/PS_i-st gegenüber 10,35 kg bei letzterer Lokomotive, also eine Ersparnis von rd. 15 vH an Wasser ergeben hätten. Auch hat die Lokomotive 213 000 km durchlaufen, bevor die Reifen nachgedreht worden sind.

Auch die Delaware and Hudson-Bahn hat seit Dezember 1905 eine $\frac{3}{5}$ -gekuppelte Güterzuglokomotive von 533 mm Zylinderdurchmesser, 660 mm Kolbenhub, 1600 mm Raddurchmesser und 59 t Reibungsgewicht mit Youngscher Steuerung im Betrieb. Fig. 7 gibt einen Schnitt durch den etwas anders ausgebildeten Corliss-Schieber. Auch bei dieser Lokomotive ist die Voreilung für die Einströmung gleichbleibend gehalten. Die Anordnung ist jedoch derart, daß die Steuerung, wenn voll. ausgelegt, mit 3 mm positiver innerer Ueberdeckung ar-

Fig. 5 und 6.

Corliss-Schieber der Chicago and Northwestern-Bahn.



bietet, bei $\frac{1}{4}$ Zylinderfüllung aber mit 3 mm negativer innerer Ueberdeckung.

Ob sich die Corliss-Schieber auf die Dauer bewähren werden, ist zweifelhaft; nach den bei ortfesten Anlagen gemachten Erfahrungen arbeiten sie bei hohen Dampfspannungen, die doch hier in Frage kommen, nicht einwandfrei. In Deutschland, wo man in besonders starkem Maße die Dampfausnutzung durch Arbeiten mit hoher Eintrittspannung zu steigern bestrebt ist, ist man in den letzten Jahren von Drehschiebersteuerungen immer mehr abgekommen. Werden sie überhaupt noch verwendet, so beschränkt man sich darauf, sie an den Niederdruckzylindern anzuordnen, während man die Hochdruckzylinder fast ausschließlich mit andern Präzisionsorganen steuert.

Die Allfree-Hubbel-Steuerung¹⁾, Fig. 8, besteht in der Einschaltung eines Zahnradgetriebes zwischen Schieber und Schieberschubstange einer gewöhnlichen Steuerung, derart, daß die Schieberschubstange einen Zahnbogen bewegt, in den ein kleines Zahnrad eingreift. Letzteres treibt durch einen exzentrischen Zapfen die Schieberstange an. Durch diesen Antrieb wird erreicht, daß die Bewegung der Schieberstange und des Schiebers beim Öffnen und beim Abschließen der Dampföffnungen beschleunigt, in den andern Stellungen aber verlangsamt wird. Es ergibt sich somit eine schnelle Eröffnung und, was noch wichtiger ist, ein schneller Abschluß der Dampfeinströmung. Die zu erreichenden Vorteile sind also dieselben wie bei der Youngschen Steuerung. Es er-

¹⁾ Railroad Gazette 1905 S. 58, 200; Rev. gén. 1905 S. 388.

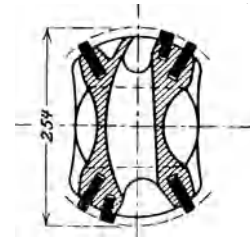
scheint aber fraglich, ob die Zahnradübertragung sich auf die Dauer bewähren wird, insbesondere bei hohen Umlaufzahlen.

Ausgerüstet ist mit dieser Steuerung je eine Lokomotive der Central Railroad of New Jersey und der Pittsburg and Lake Erie-Bahn. Letztere Bahn gibt an, gegenüber einer gleichen Lokomotive mit entlastetem Flachschieber 4,9 vH an Kohlen und 10 bis 15 vH an Wasser erspart zu haben.

Die Haberkorn-Steuerung¹⁾ ähnelt der oben erwähnten Borsigschen Doppelschiebersteuerung sowie der Meyer-Steuerung. Haberkorn verwendet zwei in übereinander liegenden Gehäusen arbeitende Kolbenschieber, von denen der untere normal 75 vH Füllung gibt und die Ausströmung steuert, während der obere die gewünschte Dampfzuführung gibt. Beide werden von derselben Schwinge aus angetrieben. Diese Steuerung gibt demnach bei veränderlicher Füllung stets gleichbleibende geringe Kompression, erzielt also dasselbe wie die erwähnte Steuerung von Durant-Lencauchez. Sie bedingt aber, abgesehen von Exzenter, Exzenterstangen und Schwinge, doppelte Steuerung, insbesondere auch zwei Steuerhebel auf dem Führerstand. Letzterer Umstand dürfte zu Bedenken Veranlassung geben und die Einführung der Steue-

Fig. 7.

Corliss-Schieber der Delaware and Hudson-Bahn.



rung im Lokomotivbau sehr erschweren.

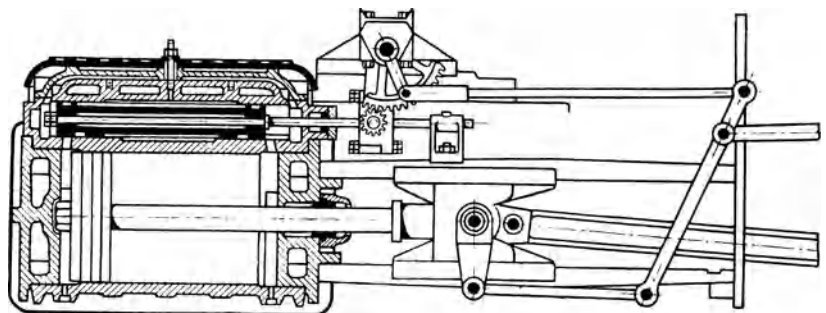
Die Steuerung von Marshall²⁾ ist eine Schwingensteuerung, bei der die Schwinge von einem Exzenter geradlinig hin- und hergeschoben, von einem zweiten in schwingende Bewegung versetzt wird. Beide Bewegungen setzen sich derart zusammen, daß der Schieber zur Zeit der Eröffnung und des Abschlusses schnell, in den übrigen Stellungen langsam bewegt wird. Die Steuerung wirkt also ähnlich wie die von Allfree-Hubbel, doch erscheint die Ausführung dauerhafter. Ausgerüstet sind mit dieser Steuerung einige englische Lokomotiven, doch liegen Versuchsergebnisse bisher nicht vor.

Die zahlreichen vorstehend beschriebenen Verbesserun-

¹⁾ Railroad Gazette 1904 S. 493; Rev. gén. 1905 S. 389.

²⁾ Vergl. Z. 1903 S. 943.

Fig. 8. Steuerung von Allfree-Hubbel.



gen der Naßdampfsteuerungen zeigen, wie emsig besonders in den letzten Jahren auf dem Gebiete der Lokomotivsteuerungen gearbeitet worden ist. Eine Anregung zu weiterer Tätigkeit brachte die Einführung des Heißdampfes im Lokomotivbetriebe. Der hiermit stark in Aufnahme gekommene Kolbenschieber genügt, wie oben gezeigt, nicht allen Anforderungen, die man an ein Steuerorgan für Heißdampf stellen muß. Es lag nahe, dasjenige Organ anzuwenden, das sich im Dampfmaschinenbau inzwischen bewährt hat und dort bei Anlagen, die mit Heißdampf betrieben werden, die Regel geworden ist: das Ventil. Allerdings gab es bis vor wenigen Jahren keine Ventilsteuerungen, die mehr als etwa 100 Uml./min zuließen. Erst mit neueren Ventilsteuerungen ist es gelungen, wesentlich höhere Umlaufzahlen zu erreichen. Unter diesen Steuerungen steht obenan die in dieser Zeitschrift bereits mehrfach erwähnte Lentz'sche Ventilsteuerung¹⁾, die in den letzten Jahren gewissermaßen einen Siegeszug durch die Welt gemacht hat. Es sind damit in Auftrag gegeben:

bis 1904: Dampfmaschinen mit 252 390 PS;
im Jahre 1905: » » 128 130 »

Diese Zahlen geben ein deutliches Bild der Verbreitung und Bewährung dieser Steuerung, die sich ganz besonders auch für hohe Umlaufzahlen geeignet erwiesen hat. Es befinden sich mehrere damit ausgerüstete Dampfmaschinen mit 300 Uml./min seit zwei Jahren im Betriebe. Eine der wichtigsten Vorbedingungen für gutes Arbeiten bei den genannten Umdrehungszahlen ist allerdings eine beinahe reibungsfreie Dichtung der Ventilschneidringe.

Zusammenstellung 2.
Lokomotiven der preußischen Staatsbahn.

Type	Treibrad-	zulässige	Uml./min
	durchmesser		
	mm	km/st	
² / ₄ -gekuppelte Schnellzuglokomotive	1980	100	270
² / ₅ - » »	1980	100	270
² / ₄ - » Personenzuglokomotive	1750	90	274
³ / ₄ - » Heißdampf-Personenzuglokomotive	1600	90	299
² / ₄ -gekuppelte Personenzug-Tenderlokomotive	1600	75	250
³ / ₄ -gekuppelte Heißdampf-Personenzug-Tenderlokomotive	1500	70	248
³ / ₄ -gekuppelte Güterzuglokomotive	1350	65	256
⁴ / ₄ - » »	1250	45	190
⁴ / ₄ - » Heißdampf-Güterzuglokomotive	1350	50	196
³ / ₄ -gekuppelte Güterzug-Tenderlokomotive	1350	60	246
³ / ₃ -gekuppelte Nebenbahn-Tenderlokomotive	1100	40	193

Bisher hatte man nicht gewagt, eine Ventilsteuerung auf die Lokomotive zu übertragen²⁾, obwohl die Umlaufzahlen, die bei diesen vorkommen, wie ein Blick auf Zusammenstellung 2 zeigt, für gewöhnlich weit unter 300 bleiben (selbst bei den im Ausland üblichen Geschwindigkeiten bis 120 km ergeben sich bei einem Raddurchmesser von 2000 mm erst 319 Umdrehungen), während man sich von der Anwendung einer Ventilsteuerung folgende Vorteile gegenüber einer Schiebersteuerung versprechen mußte:

1) Dampfdichter Schluß des Steuerorganes, insbesondere bei Heißdampf. Ventile pflegen sich im Betriebe immer passender auf ihren Sitz einzuarbeiten (man sagt: sie schlagen sich dicht), während Schieber im allgemeinen dazu neigen, undicht zu werden.

¹⁾ Z. 1900 S. 1449; 1902 S. 1921.

²⁾ Selbst Patente auf Ventilsteuerungen für Lokomotiven sind sehr spärlich; ich kenne nur D. R. P. Nr. 143619 von Pielock, vergl. Z. 1903 S. 1580, und das englische Patent Nr. 13309 (1891) von Guinotte.

2) Schnelle Eröffnung und schneller Abschluß des Dampfeintrittes und Dampfaustrittes, also Erzielung völligerer Dampfdrucke, insbesondere auch Herabsetzung der Eintrittsgeschwindigkeiten. Die völligeren Diagramme ergeben ein gleichmäßigeres Drehmoment.

3) Verschwindend geringe Abnutzung der Steuerorgane, die bei etwa sich ergebenden Abnutzungen leichter nachzuarbeiten sind. Ein Ventil kann jederzeit und überall nachgeschliffen werden, während eine Schieberfläche für gewöhnlich nur in einer Betriebswerkstätte abgerichtet werden kann.

4) Einfachere und sparsamere Schmierung, da infolge der verschwindend geringen Reibung nur eine verschwindend geringe Ölmenge zur Schmierung nötig ist.

Hierzu kommen bei Anwendung der Lentz'schen Steuerung folgende weiteren Vorteile:

5) Geringe Reibungsarbeit zur Betätigung der Steuerorgane, Fortfall der wegen des wechselnden Hubes der Schieberstange immer zum Undichtwerden neigenden Stopfbüchsen. Die Ventilschneidringe werden sauber in die Führung eingepaßt und nur mit der sogenannten Labyrinthdichtung versehen. Die Anfertigung dieser Ventile und ihrer Führung erfordert allerdings Präzisionsarbeit; sie arbeiten aber reibungslos und können infolgedessen auch nicht hängen bleiben.

Das lästige Verpacken von Stopfbüchsen fällt gänzlich fort.

6) Wie oben ausgeführt, größte Sicherheit gegen Wasserschläge. Im Gefühl dieser Sicherheit werden bei Dampfmaschinen mit Lentz-Steuerung oft die Sicherheitsventile fortgelassen¹⁾.

Auf Grund der günstigen Erfahrungen mit der Lentz'schen Ventilsteuerung im Dampfmaschinenbau hat sich 1905 die Hannoversche Maschinenbau-A.-G. auf Anregung von Lentz als erste entschlossen, eine Lokomotive mit Ventilsteuerung auszuführen. Es handelte sich hierbei²⁾ um eine der Iseder Hütte gehörige ²/₃-gekuppelte Tenderlokomotive mit hinterer Laufachse, die im Jahr 1899 gebaut war und folgende Hauptabmessungen hatte:

Spurweite	780 mm
Zylinderdurchmesser	250 »
Kolbenhub	450 »
Raddurchmesser	900 »
Radstand, fest	1675 »
» insgesamt	3200 »
Dampfdruck	11 at
Rostfläche	0,8 qm
Heizfläche des Ueberhitzers	7 »
» insgesamt	42,86 »
Kohlenraum	350 kg
Wasserraum	1730 ltr
Leergewicht	12660 kg
Reibungsgewicht	12700 »
Dienstgewicht	16500 »
Zugkraft ($p_i = 0,6 p$)	2060 »

Diese Lokomotive befand sich im Jahr 1905 bei der genannten Firma in Ausbesserung, und es war bei der hiermit verbundenen Kesseluntersuchung ein Pielock-Ueberhitzer von 7 qm Heizfläche in den Kessel eingebaut worden.

Da man die bisher vorhandenen alten Flachschieber zu belassen gedachte, wurde der Ueberhitzer verhältnismäßig klein gewählt, und zwar so, daß er 270 bis 280° Ueberhitzung im Dom ergeben sollte. Erst als der Kessel fertiggestellt war, wurde beschlossen, die Lokomotive mit der Lentz'schen Ventilsteuerung auszurüsten, so daß diese für Verwendung hoch überhitzten Dampfes geeignete Steuerung im vorliegenden Falle mit einer verhältnismäßig geringen Ueberhitzung arbeiten mußte. Der Umbau der eigentlichen Maschine für Ventilsteuerung vollzog sich sehr leicht; es wurden nur die Zylinder erneuert, wobei sich mit Rücksicht auf

¹⁾ Ich führe als Beispiele hierfür die 1901 in Düsseldorf von Gebr. Meer ausgestellte 400 pferdige Dampfmaschine (vergl. Z. 1902 S. 1921) sowie die 700 pferdige Betriebsmaschine der Hannoverschen Maschinenbau-A.-G. an.

²⁾ Vergl. Z. 1905 S. 1408.

die Verwendung von Heißdampf die wünschenswerte Vergrößerung des Zylinderdurchmessers von 250 mm auf 260 mm leicht ausführen ließ. Die Zugkraft stieg damit auf 2200 kg, beträgt also $\frac{1}{5,8}$ des

Reibungsgewichtes. Fig. 9 und 10 zeigen die Lokomotive vor und nach dem Umbau¹⁾. Die Steuerung blieb die alte Allansche Kulissensteuerung, bis auf die Schieberschubstange; diese wurde durch eine Stange mit Hubkurven ersetzt.

Ein Längs- und Querschnitt durch den Ventilkasten ist bereits in Z. 1905 S. 1408 gegeben. Ich beschränke mich daher hier auf einige ergänzende Daten.

Alle vier Ventile, davon zwei für Einlaß und zwei für Auslaß, sind gußeiserne Doppelsitzventile von 90 mm Dmr.

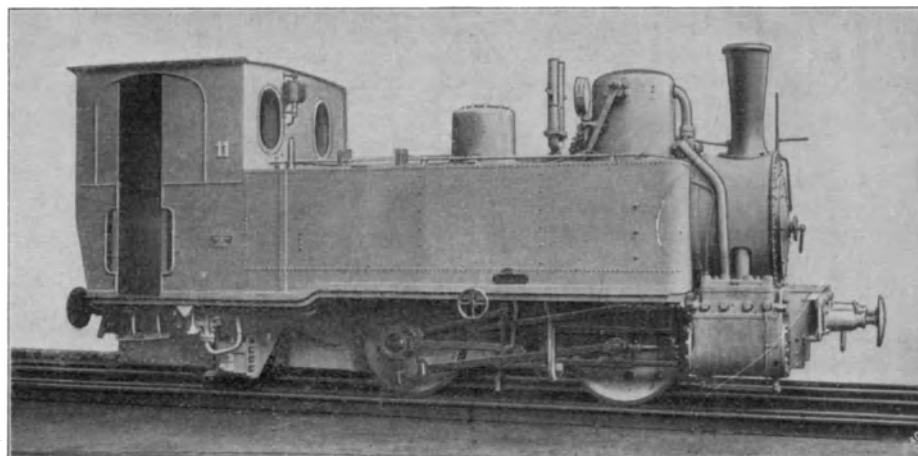
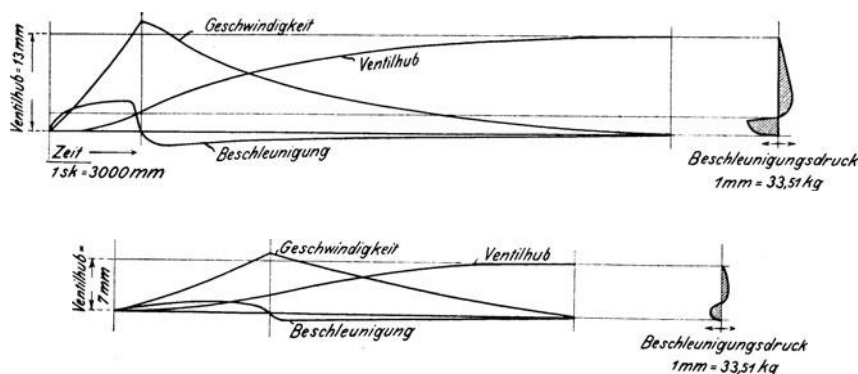


Fig. 9.

Naßdampflokomotive mit Schiebersteuerung der Iseder Hütte vor dem Umbau.

Fig. 11 und 12.



und 13 mm größtem Hub. Die Ventilsitze sind nicht besonders eingesetzt, sondern in das volle Material eingefräst. Die Ventilspindeln haben, wie vorher bereits erwähnt, die nahezu reibungsfreie Labyrinthdichtung. Alle Steuerungsteile, mit Ausnahme der Ventile, liegen außerhalb des Dampfes. Sie sind in einem nach außen dicht abgeschlossenen Kasten angeordnet, also vor Staub und Schmutz geschützt. Dieser Kasten kann nach Lösung der wenigen Verbindungsschrauben leicht abgenommen werden, so daß also alle Teile leicht zugänglich sind. Auf der Vorderseite des Kastens befindet sich vor jeder Ventilspindel ein durch Verschraubung verschließbares Schauloch, das eine bequeme Einstellung der Ventile ermöglicht. Die Ventilspindeln tragen Rollen von 35 mm Dmr., die auf der Hubkurvenstange laufen. Letztere besitzt vier symmetrisch zueinander angeordnete Hubkurven, die so ausgebildet sind, daß die Ventile beim Öffnen und Schließen eine stetige Beschleunigung erfahren. Der zwangsläufige Schluß der Ventile wird durch die über der Ventilstange liegenden Federn erzielt. Diese haben nur den Dampfdruck auf den Querschnitt der Ventilstange und den Unterschied der Sitzflächen sowie die verschwindend geringe Reibung der Ventilstange und der über der Rolle liegenden Ventilführungen zu überwinden und außerdem den zum sicheren Ventilschluß nötigen Beschleunigungsdruck herzu-

¹⁾ Bei Dampfmaschinen bilden solche Umbauten keine Seltenheit. Bei veralteten Steuerungen lassen sich die Kosten des Einbaues einer neuen Präzisionssteuerung durch die erzielbaren Ersparnisse meist in kurzer Zeit herauswirtschaften.

geben. Fig. 11 und 12 zeigen die Erhebungs-, Geschwindigkeits- und Beschleunigungskurven für die Ventile bei 300 Umdrehungen und 0,25 bzw. 0,5 Füllung¹⁾.

Wie hieraus ersichtlich, beträgt bei einem Ventiltgewicht von 3,35 kg und einem Hub von 13 mm der größte Beschleunigungsdruck bei dem anormalen, kaum vorkommenden Falle von 50 vH Füllung bei 300 Umdrehungen nur 134 kg. Bei normal etwa 25 vH Füllung und 300 Umdrehungen ergibt

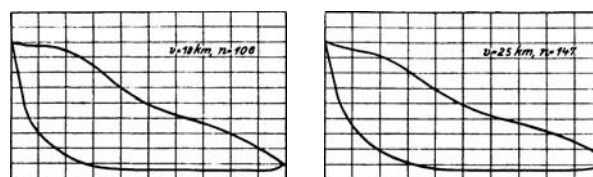
sich nur ein erforderlicher Beschleunigungsdruck von 48 kg. Unter Berücksichtigung des Dampfdruckes ergibt sich ein mittlerer Druck auf die Rolle von nur 36 kg, also bei einer Breite der Stange von 24 mm nur ein mittlerer Druck von 1,5 kg für 1 mm Breite²⁾.

Bei den geringen auftretenden Kräften hat es naturgemäß keine Schwierigkeit, einen pünktlichen Schluß der Ventile zu erzielen. Die in Fig. 13 bis 16 dargestellten Diagramme zeigen das gute Arbeiten der Steuerung, insbesondere den genauen Abschluß. Bemerkenswert ist, daß die Steuerung nach halbjährigem Betrieb aufgenommen worden ist und daß sich weder an der Stange noch an den Ventilen irgendwelche Abnutzungen zeigten.

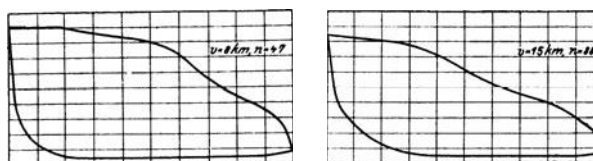
Bei ganz kleinen Lokomotiven, von etwa 40 PS abwärts, hat die Erzielung eines schnellen Ventilschlusses bei Belassung der übrigen Steuererteile in ihrer bisherigen Gestalt insofern einige Schwierigkeiten, als die Rollendurchmesser, durch die Konstruktion bedingt, eine untere Grenze haben und die Hubkurven sich infolgedessen auch auf eine nicht zu un-

Fig. 13 bis 16.

rd. 0,25 Füllung.



rd. 0,45 Füllung.



¹⁾ Wegen Aufzeichnung solcher Kurven vergl. Z. 1902 S. 1924.

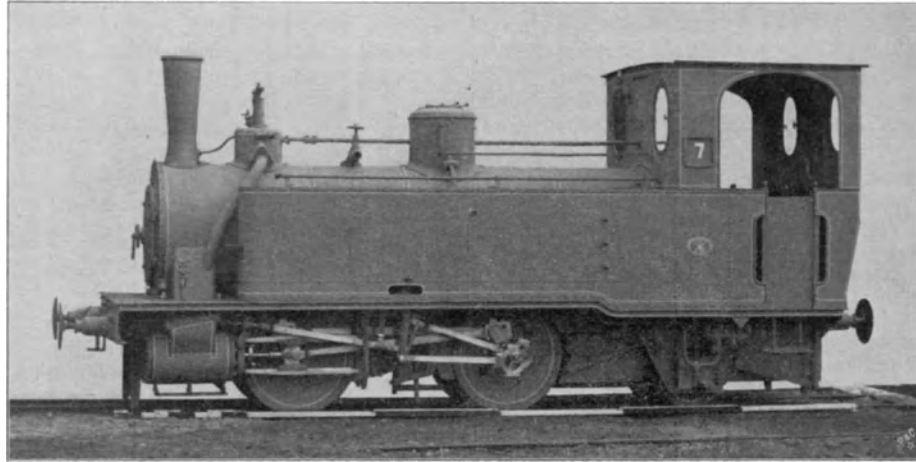
²⁾ Vergleichsweise sei erwähnt, daß sich bei Schienen von 72 mm Breite und Achsdrücken von 16 t ein Druck von 110 kg für 1 mm Breite des Radreifens ergibt.

terschreitende Länge ausdehnen müssen. Ist aber eine solche Lokomotive oder wenigstens die Steuerung neu zu entwerfen, so bietet es keine Schwierigkeit, den Hub der Ventilstange entsprechend größer zu wählen. Hierdurch ergibt sich eine schnellere Bewegung der Hubkurvenstange. Die zur Ausbildung der Hubkurven erforderliche Länge bleibt dieselbe und wird daher ungefähr im Verhältnis der Vergrößerung des Stangenhubes' schneller durchlaufen. Für die Steuerung selbst bedeutet die Vergrößerung des Schieberhubs keinen Nachteil, da die Hubkurvenstange selbst so gut wie reibungslos arbeitet. Bei größeren Lokomotiven ergibt sich schon bei Verwendung der vorhandenen Steuerung ein ganz erheblicher Unterschied in der Eröffnung der Dampfströmung und in der Geschwindigkeit für den Abschluß.

Fig. 17 bis 20 zeigen beispielsweise die Schiebereröffnungsschaulinien der preußischen $\frac{2}{4}$ -gekuppelten Schnellzuglokomotive

Fig. 10.

Heißdampflokomotive mit Ventilsteuerung der Ilseder Hütte nach dem Umbau.



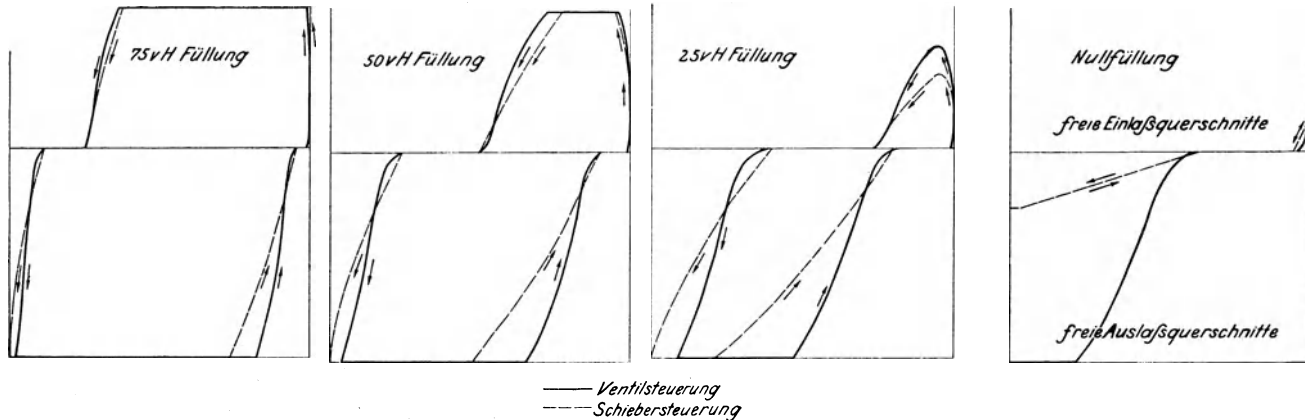
Ilseder Hütte für diese kleinen Lokomotiven als Brennstoff Steinkohlenbriketts von ziemlich gleichmäßigem Gewicht verwendet.

Die Heißdampf-Ventillokomotive Nr. 11 fuhr mit einer genau gleichen Naßdampf-Schieberlokomotive Nr. 13 im gleichen Zugdienst, und zwar mit stets ungefähr denselben Lasten bei den gleichen Zügen Gr.-Ilsede-Lengede. Fig. 21 gibt das Längenprofil der befahrenen Strecke. Die Ergebnisse dieser Versuche sind in Zusammen-

stellung 3 enthalten; es wurde bei der Ventillokomotive eine Wasserersparnis von 30,6 vH und eine Kohlenersparnis von 19,5 vH erzielt. Im Dezember v. J., nachdem jede der beiden Lokomotiven inzwischen etwa 17500 km geleistet hatte, wurde eine Nachprüfung dieser Versuche vorgenommen. Seit August 1905 hatten an der Ventillokomotive keinerlei Ausbesserungen stattgefunden; es war nicht notwendig gewesen, die Steuerung oder den Ueberhitzer auch nur einmal nachzusehen. Die zum Vergleich ver-

Fig. 17 bis 20.

Schaulinien der Schieber- und Ventileröffnung bei der $\frac{2}{4}$ -gekuppelten Schnellzuglokomotive der preußischen Staatsbahn.



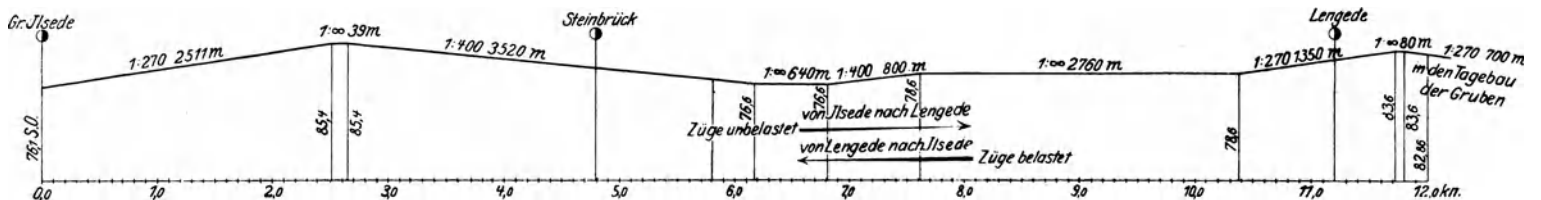
tive im Vergleich zu den Eröffnungen bei Ausbildung einer Ventilsteuerung, unter der Voraussetzung, daß die gesamte Steuerung belassen und nur an Stelle des Schiebers von 258×434 mm Grundfläche mit seiner Schieberstange 4 Doppelsitzventile von 110 mm Dmr. und 12 mm Hub mit einer Hubkurvenstange eingesetzt werden.

Mit der erwähnten Lokomotive der Ilseder Hütte sind im August v. J. eingehende Verbrauchsversuche durchgeführt worden. Sie konnten sich insbesondere auch auf eine genaue Bemessung des Kohlenverbrauches erstrecken, da die

wendete Naßdampflokomotive hatte kurz vor diesen Versuchsfahrten 66 neue Rohre erhalten, mußte also eine etwas bessere Ausnutzung der Heizgase ergeben, da bei der Ueberhitzer-Lokomotive, zumal bei dem vorhandenen sehr schlechten Speisewasser, die Rohre sich inzwischen ziemlich stark mit Kesselstein bedeckt hatten. Die Ergebnisse dieser Dezember-Versuche sind in Zahlentafel 4 zusammengestellt. Die Ventillokomotive erzielte 25,2 vH Wasserersparnis und 17,5 vH Kohlenersparnis, ein Ergebnis, das im höchsten Maße befriedigte und mit Rücksicht auf den Einfluß der Witterung auf

Fig. 21. Längenprofil der Strecke Gr.-Ilsede-Lengede.

Längenmaß 1 : 65 000. Höhenmaß 1 : 1625.



die Genauigkeit der Streckenversuche mit dem Versuchsergebnis vom August als übereinstimmend erachtet werden kann. Die Dampftemperatur betrug im Mittel etwa 275°, die Ueberhitzung also rd. 90°. Im allgemeinen schätzt man die Kohlenersparnis auf rd. 1 vH für je 10° Ueberhitzung. Bei kleinen Werklokomotiven mit stark wechselnder Beanspruchung und häufigen Unterbrechungen im Betriebe wird die Ersparnis etwas größer angenommen werden dürfen. Rechnet man

im vorliegenden Falle mit 1,1 bis 1,3 vH Ersparnis für je 10° Ueberhitzung, so dürften etwa 6 bis 8 vH¹⁾ der Ersparnis an

¹⁾ Diese Zahl ist durchaus wahrscheinlich; denn man kann (vergl. Hütte 19. Aufl. I S. 979) bei einer Dampfmaschine mit Expansionssteuerung bei Dampfdrücken von 9 bis 10 at und Füllungen von 0,3 bis 0,5 auf eine Ersparnis von 0,9 bis 1,0 kg Dampf an nutzbarem Dampfverbrauch für 1 PS-st rechnen. Da der gesamte Dampfverbrauch bei dieser Lokomotive auf etwa 15 kg für 1 PS-st zu schätzen ist,

Zusammenstellung 3. Tagesleistung jeder Lokomotive 140 km.

Lokomotive Nr. 11.

Ventilsteuerung, Heißdampf.

Tag	Leistung		Wasser- ver- brauch kg	Kohlen- ver- brauch kg	Bemerkungen
	beladene Achsen zu 3,05 t	leere Achsen zu 1,05 t			
23. Aug. 05	290	258	4404	741	sehr windig, Regen, Radschleudern
24. » 05	266	256	4872	737	bei 3 Fahrten sehr windig, sonst schön
25. » 05	276	318	5260	732	schön, schwacher Wind
26. » 05	254	274	4460	649	trübe, ruhig, fast windstill, einzelne Regenschauer
zus.	1086	1106	18996	2859	
Durch- schnitt pro Tag	272	277	4749	715	

gesamte beförderte Zuglast ausschließlich Lokomotive:
1086 · 3,05 + 1106 · 1,05 = 4474 t

gesamte geleistete Tonnenkilometer 4474 · 14 = 62 636

Kohlenverbrauch für 1000 tkm 45,6 kg

Wasserverbrauch für 1000 tkm 303,3 kg

Lokomotive Nr. 13.

Schiebersteuerung, Naßdampf.

Tag	Leistung		Wasser- ver- brauch kg	Kohlen- ver- brauch kg	Bemerkungen
	beladene Achsen zu 3,05 t	leere Achsen zu 1,05 t			
21. Aug. 05	240	260	5920	844	schön
22. » 05	206	260	5850	840	windstill
28. » 05	270	298	6840	800	Regen und Wind
29. » 05	260	242	6400	761	Regen und Wind
zus.	976	1060	25010	3245	
Durch- schnitt pro Tag	244	265	6253	811	

gesamte beförderte Zuglast ausschließlich Lokomotive:
976 · 3,05 + 1060 · 1,05 = 4090 t

gesamte geleistete Tonnenkilometer 4090 · 14 = 57260

Kohlenverbrauch für 1000 tkm 56,7 kg

Wasserverbrauch für 1000 tkm 436,8 kg

Zusammenstellung 4. Tagesleistung jeder Lokomotive 140 km.

Lokomotive Nr. 11.

Ventilsteuerung, Heißdampf.

Tag	Leistung		Wasser- ver- brauch kg	Kohlen- ver- brauch kg	Bemerkungen
	beladene Achsen zu 3,05 t	leere Achsen zu 1,05 t			
30. Nov. 05	286	246	6160	774,0	morgens starker Nebel, heftiger Seitenwind bei 3 Fahrten
1. Dez. 05	340	320	5920	850,0	schönes Wetter, mäßig starker Wind, Radschleudern
8. » 05	352	280	6142	753,6	trübes Wetter, vereinzelt Schneefall mit schwachem seitlichem Winde
9. » 05	304	324	5984	702,0	trübe, verschiedent- lich kurze Regen- schauer, mäßig starker Seitenwind
zus.	1282	1170	24206	3079,6	
Durch- schnitt pro Tag	320,5	292,5	5051,5	769,9	

gesamte beförderte Zuglast ausschließlich Lokomotive:
1282 · 3,05 + 1170 · 1,05 = 5138,6 t

gesamte geleistete Tonnenkilometer 5138,6 · 14 = 71 940,4

Kohlenverbrauch für 1000 tkm 42,8 kg

Wasserverbrauch für 1000 tkm 336,5 kg

Lokomotive Nr. 13.

Schiebersteuerung, Naßdampf.

Tag	Leistung		Wasser- ver- brauch kg	Kohlen- ver- brauch kg	Bemerkungen
	beladene Achsen zu 3,05 t	leere Achsen zu 1,05 t			
28. Nov. 05	276	280	7140	846,0	gutes Wetter, mäßig Wind, anfangs Radschleudern
4. Dez. 05	274	282	7326	806,4	trübes Wetter, windstill, selten Radschleudern
5. » 05	288	300	7393	868,8	trübe, leichter Schneefall, sehr schwacher Wind
6. » 05	288	286	7375	849,6	ziemlich stürmisch, ab und zu starkes Schneegestöber
zus.	1126	1148	29234	3370,8	
Durch- schnitt pro Tag	281,5	287	7308,5	842,7	Lokomotive hatte vor den Vergleichs- fahrten 66 neue Rohre erhalten

gesamte beförderte Zuglast ausschließlich Lokomotive:
1126 · 3,05 + 1148 · 1,05 = 4639,7 t

gesamte geleistete Tonnenkilometer 4639,7 · 14 = 64 955,9

Kohlenverbrauch für 1000 tkm 51,9 kg

Wasserverbrauch für 1000 tkm 450,1 kg

Kohlen auf die Anwendung der Ventilsteuerung zurückgeführt werden können. Diese Ersparnis ist zum Teil dem genaueren Arbeiten der Ventilsteuerung, zum Teil aber auch dem Fortfall der Schieber- und Stopfbüchsen-Reibungsarbeit zuzuschreiben.

Wenn auch die Lokomotive der IIseder Hütte nur mit Geschwindigkeiten bis zu etwa 25 km, entsprechend rd. 150 Radumdrehungen¹⁾, läuft, so wurde sie doch, wie das im Hüttenbetriebe üblich ist, sehr stark beansprucht. Auch die Bedienung war nicht gerade die geschickteste. Infolgedessen stellte sich, zumal bei dem gegen die Naßdampflokomotive um 10 mm vergrößerten Zylinderdurchmesser, sehr häufig

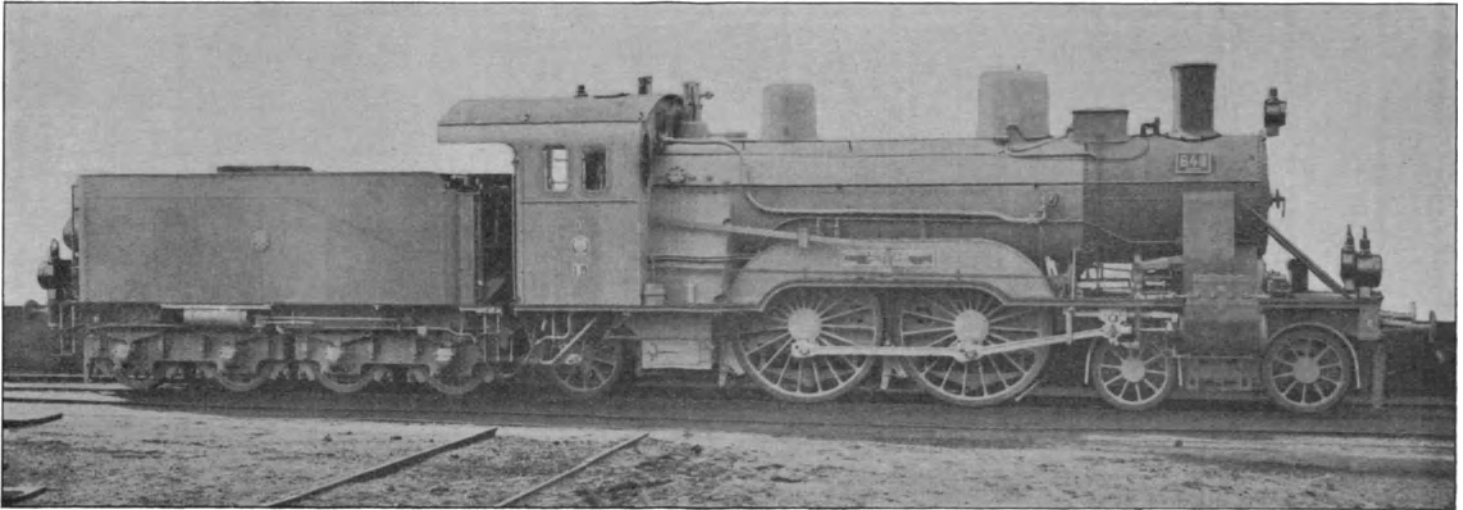
zu übernehmen, falls ein mehrwöchiger Probebetrieb ihre dauernde Betriebstüchtigkeit ergäbe.

Wenn auch die Frage der Ersparnis bei Anwendung von Heißdampf bei Verbundwirkung noch nicht endgültig gelöst ist, so ist es doch zu bedauern, daß die preußische Staatsbahn die Möglichkeit, zur Lösung dieser Frage in weiterem Umfange beizutragen¹⁾, nicht ergriffen hat.

Dagegen gibt es eine Reihe von Bahnverwaltungen, die durch die Verwendung des Heißdampfes bei Verbundlokomotiven weitere Ersparnisse erzielen bzw. bestimmt erwarten; es sind dies insbesondere die pfälzische Bahn, die im Jahr 1905 sechs $\frac{2}{5}$ -gekuppelte vierzylindrige Schnellzug-Verbund-

Fig. 22.

$\frac{2}{5}$ -gekuppelte Schnellzuglokomotive auf der Ausstellung in Mailand.

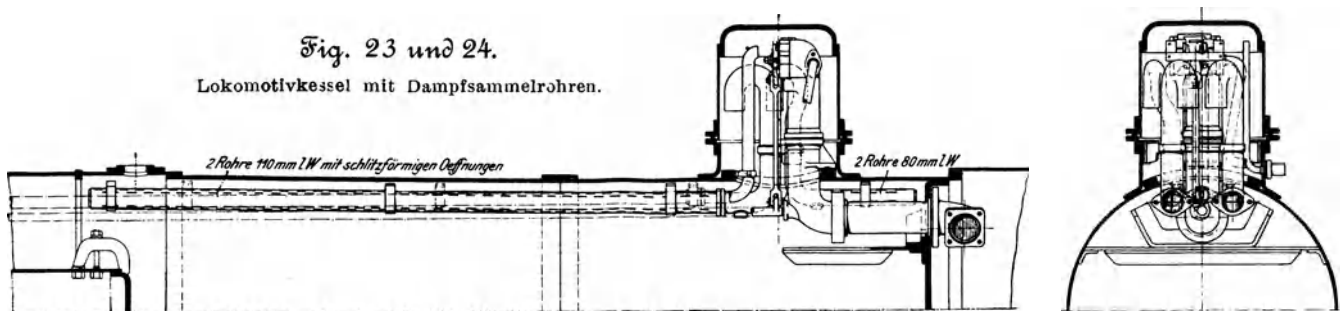


Radschleudern ein. Da sich die Steuerung der Lokomotive trotzdem, wie die Untersuchung im Januar dieses Jahres ergeben hat, außerordentlich gut gehalten hatte, sah sich die Hannoversche Maschinenbau-A.-G. ermutigt, diese Steuerung auf die bekannte $\frac{2}{5}$ -gekuppelte vierzylindrige Schnellzug-Verbundlokomotive ihrer Bauart für die preußische Staatsbahn, die bei 100 km Fahrgeschwindigkeit rd. 270 Radumdrehungen macht, zu übertragen. Die betreffende Lokomotive wird im Sommer dieses Jahres in Mailand ausgestellt werden.

lokomotiven mit Pielock-Ueberhitzer in Dienst gestellt und auf Grund ihrer bisherigen Erfahrungen mit diesen Lokomotiven 5 weitere gleiche Lokomotiven, die im Sommer dieses Jahres in Betrieb genommen werden sollen, mit vergrößerten Ueberhitzern in Auftrag gegeben haben; ferner die belgische, sächsische, bayrische Staatsbahn, die Gotthardbahn, die Schweizer Bundesbahnen, die französische und die belgische Nordbahn, endlich die Moskau-Kasaner Bahn, die alle vierzylindrige Heißdampf-Verbundlokomotiven im Betrieb oder bestellt haben.

Fig. 23 und 24.

Lokomotivkessel mit Dampfsammelröhren.



Von der Fabrik war in Aussicht genommen worden, die Lokomotive gleichzeitig auch mit einem Pielock-Ueberhitzer auszustatten. Die preußische Staatsbahn lehnte jedoch eine so ausgerüstete Verbundlokomotive ab. In der Begründung der Ablehnung führte sie u. a. aus, daß ein Bedürfnis, Verbundwirkung und Heißdampf bei Lokomotiven zugleich anzuwenden, nicht anerkannt werden könne. Sie erklärte sich aber bereit, diese Lokomotive später mit der Ventilsteuerung

Nach den Erfahrungen im Dampfmaschinenbau und im Lokomobilbau²⁾ erscheint es zweifellos, daß die Verwendung des Heißdampfes bei Verbundlokomotiven eine Ersparnis gegenüber den Heißdampf-Zwillingslokomotiven ergibt. Bei dem bemerkenswerten Standpunkt der preußischen Staatsbahn in dieser Frage sei es gestattet, auf die bisherigen Versuchsergebnisse mit Heißdampflokomotiven an dieser Stelle etwas näher einzugehen.

wird man etwa 7 vH Dampfersparnis durch die Anwendung der Ventilsteuerung erwarten können. Bei großen Lokomotiven, deren Dampfverbrauch etwa 10 kg beträgt, steigt der Prozentsatz der Ersparnis entsprechend.

¹⁾ Auf dem Versuchstand der Fabrik wurden bis zu 300 Radumdrehungen erreicht. Die Steuerung arbeitete hierbei geräuschlos.

²⁾ Meines Wissens besitzt die preußische Staatsbahn nur zwei Heißdampf-Verbundlokomotiven, und zwar: eine $\frac{2}{4}$ -gekuppelte Schnellzuglokomotive und eine $\frac{2}{5}$ -gekuppelte vierzylindrige Schnellzuglokomotive (ausgestellt in St. Louis 1904), beide mit Pielock-Ueberhitzer. Ergebnisse über Vergleichsfahrten mit diesen Lokomotiven sind noch nicht bekannt geworden.

²⁾ Vergl. Z. 1906 S. 452.

Zusammenstellung 5. Versuche mit Heißdampflokomotiven.

Abkürzungen: S = Schnellzuglokomotive, G = Güterzuglokomotive, T = Tenderlokomotive, V = Verbundanordnung, Zyl. = Zylinderabmessungen, H = Heizfläche; bei den Heißdampflokomotiven sind die feuerberührte Heizfläche und die Ueberhitzerheizfläche angegeben.

Bahn	Naßdampflokomotiven	Heißdampflokomotiven	verhältnis- mäßiger Kohlenverbrauch				Wärme des Heißdampfes °C	Art der Versuchsfahrten	Quelle	
			Naßdampf		Heißdampf					
			Zwilling	Verbund	Zwilling	Verbund				
1	K. E. D. Hannover	Nr. 11, $\frac{2}{4}$ S. V. 4 zyl. $Zyl. = \frac{2 \times 320 \text{ u. } 2 \times 520}{600}$ mm H = 118,7 qm Nr. 38, $\frac{2}{4}$ S. V. 2 zyl. $Zyl. = \frac{460 \text{ u. } 680}{600}$ mm H = 125,0 qm	Nr. 86, $\frac{2}{4}$ S. Schmidt-Rauchk.- Ueberhitzer $Zyl. = \frac{460}{600}$ mm H = 105,4 + 28 = 133,4 qm	—	90,5	99	—	300	500 km Versuchsfahrten	Organ 1901 S. 208
2	K. E. D. Hannover	Nr. 17 und 18, $\frac{2}{4}$ S. V. 4 zyl. wie oben Nr. 11 Nr. 42, $\frac{2}{4}$ S. V. wie oben Nr. 38	Nr. 439 und 440, $\frac{2}{4}$ S. Schmidt- Rauchk.-Ueberhitzer $Zyl. = \frac{520}{600}$ mm H = 105,4 + 28 = 133,4 qm	—	90	92,0	—	276	rd. 1350 km Versuchsfahrten	Organ 1903 S. 14
3		wie Nr. 2		—	$\frac{99}{98}$	100	—	—	2 $\frac{1}{2}$ monatige Betriebsfahrten	Organ 1903 S. 14
4	K. E. D. Berlin	Nr. 49 und 78, $\frac{2}{4}$ S. V. wie oben Nr. 38	Nr. 74, $\frac{2}{4}$ S. Schmidt-Rauchk.- Ueberhitzer wie oben Nr. 439 und 440	—	100	89,5	—	—	3024 km Versuchsfahrten	Organ 1902 S. 78
5	K. E. D. Halle	Nr. 420 bis 424, 434, $\frac{2}{4}$ S. V. wie oben Nr. 38	Nr. 435 bis 440, $\frac{2}{4}$ S. Schmidt- Rauchk.-Ueberhitzer wie oben Nr. 439 und 440	—	100	87,5	—	—	einmonatige Betriebsfahrten	Organ 1903 S. 57
6	K. E. D. Saarbrücken	$\frac{4}{4}$ G. $Zyl. = \frac{520}{630}$ mm H = 153,0 qm $\frac{4}{4}$ G. V. $Zyl. = \frac{530 \text{ u. } 750}{630}$ mm H = 153,0 qm	$\frac{4}{4}$ G. Schmidt-Rauchk.-Ueberhitzer $Zyl. = \frac{550}{660}$ mm ¹⁾ H = 140 + 31,8 = 171,8 qm	100	—	83	—	—	zweimonatige Betriebsfahrten	
7	K. E. D. Saarbrücken	4 Stück $\frac{4}{4}$ G. wie Nr. 6	4 Stück $\frac{4}{4}$ G. Schmidt-Rauchk.- Ueberhitzer wie Nr. 6	—	100	93,2	—	—	dreimonatige Betriebsfahrten	Organ 1903 S. 37
8	Gotthardbahn	$\frac{4}{4}$ G. $Zyl. = \frac{520}{610}$ mm H = 158,0 qm	Nr. 144, $\frac{4}{4}$ G. Pielock-Ueberhitzer $Zyl. = \frac{520}{610}$ mm H = 123,5 + 34,5 = 158,0 qm	100	—	83	—	260	je 4 Berg- fahrten Erstfeld- Göschenen	
9	K. E. D. Breslau	Nr. 4, $\frac{2}{4}$ S. $Zyl. = \frac{430}{600}$ mm H = 125,3 qm	Nr. 9, $\frac{2}{4}$ S. Pielock-Ueberhitzer $Zyl. = \frac{430}{600}$ mm H = 104,3 + 21 = 125,3 qm	100	—	87,7	—	260	1920 km Versuchsfahrten	Z. 1904 S. 7
10	K. E. D. Breslau	Nr. 60, $\frac{2}{4}$ S. V. $Zyl. = \frac{460 \text{ u. } 680}{600}$ mm H = 118 qm	Nr. 54, $\frac{2}{4}$ S. V. Pielock-Ueberhitzer $Zyl. = \frac{460 \text{ u. } 680}{600}$ mm H = 97 + 21 = 118 qm	—	100	—	96,5	230	3800 km Versuchsfahrten	Z. 1904 S. 7
11	Bayr. Lokalbahn- A.-G.	$\frac{3}{4}$ T. V. $Zyl. = \frac{360}{560}$ mm H = 74 qm	$\frac{3}{4}$ T. V. Schmidt-Rauchk.- Ueberhitzer $Zyl. = \frac{370}{560}$ mm H = 62,6 + 11,7 = 74,3 qm	—	100	—	88,5	bis 300	sechsmonatige Betriebsfahrten	Z. 1904 S. 1236
12	Kreisbahn Schlawe- Pollnow-Sydow	Nr. 5, $\frac{4}{5}$ T. $Zyl. = \frac{320}{300}$ mm H = 52,8 qm	Nr. 6, $\frac{4}{5}$ T. Pielock-Ueberhitzer $Zyl. = \frac{320}{300}$ mm H = 45,7 + 7,1 = 52,8 qm	100	—	75,9	—	270	fünfmonatige Betriebsfahrten	
13	Pfälz. Bahn	Nr. 286 bis 291, $\frac{2}{5}$ S. V. 4 zyl. $Zyl. = \frac{2 \times 360 \text{ u. } 2 \times 560}{640}$ mm H = 223 qm mit ausschaltbarem Pielock-Ueberhitzer		—	100	—	91	290	zunächst 100 000 km Naß- dampfahrt, dann 100 000 km Heißdampfahrt	

¹⁾ Der Zylinderdurchmesser ist bei späteren Lieferungen auf 600 mm gebracht worden.

Bahn	Naßdampflokomotiven	Heißdampflokomotiven	verhältnis- mäßiger Kohlenverbrauch				Wärme des Heißdampfes °C	Art der Versuchsfahrten	Quelle
			Naßdampf		Heißdampf				
			Zwilling	Verbund	Zwilling	Verbund			
14	Canad. Pacific-Bahn	Nr. 482, $\frac{3}{5}$ G. V. 4 zyl. Bauart Vaucrain $2 \times 343 \text{ u. } 2 \times 584$ mm Zyl. = $\frac{610}{610}$ H = 135 qm							
		Nr. 548, $\frac{3}{5}$ G. Schmidt-Rauchk.- Ueberhitzer Zyl. = $\frac{457}{610}$ mm H = $93,3 + 28,5 = 121,8$ qm							
15	Canad. Pacific-Bahn	Nr. 595, $\frac{3}{5}$ G. V. Zyl. = $\frac{508 \text{ u. } 762}{610}$ mm H = 108 qm							
		Nr. 616, $\frac{3}{5}$ G. Zyl. = $\frac{457}{610}$ mm H = 108 qm							
16	Canad. Pacific-Bahn	Nr. 616, $\frac{3}{5}$ G. Zyl. = $\frac{457}{610}$ mm H = 108 qm							
		Nr. 1000, $\frac{3}{5}$ G. V. Schmidt- Rauchk.-Ueberhitzer Zyl. = $\frac{559 \text{ u. } 889}{660}$ mm H = $157,5 + 32,5 = 190$ qm							
17	Canad. Pacific-Bahn	Nr. 996, 997, $\frac{3}{5}$ G. V. Zyl. = $\frac{559 \text{ u. } 889}{660}$ mm H = 202 qm							
		Nr. 1300, $\frac{3}{5}$ G. V. Schenectady- Rauchr.-Ueberhitzer Zyl. = $\frac{559 \text{ u. } 889}{762}$ mm H = $208,2 + 36 = 244,2$ qm							
18	Canad. Pacific-Bahn	Nr. 1319, $\frac{3}{5}$ G. V. Zyl. = $\frac{559 \text{ u. } 889}{762}$ mm H = 256 qm							
		Nr. 1600, $\frac{4}{5}$ G. Schmidt-Rauchr.- Ueberhitzer Zyl. = $\frac{533}{711}$ mm H = $199,1 + 34,7 = 233,8$ qm Nr. 1621, $\frac{4}{5}$ G. Schenectady- Rauchr.-Ueberhitzer Zyl. = $\frac{533}{711}$ mm H = $240 + 31,5 = 271,5$ qm							
19	Canad. Pacific-Bahn	Nr. 1200, $\frac{4}{5}$ G. V. Zyl. = $\frac{559 \text{ u. } 889}{711}$ mm H = 185 qm							
		Nr. 45, 46 und 51, $\frac{2}{4}$ S. Zyl. = $\frac{432}{610}$ mm H = 92,5 qm							
20	Bergslagernas- Bahn (Schweden)	Nr. 52, $\frac{2}{4}$ S. Schmidt-Rauchr.- Ueberhitzer Zyl. = $\frac{470}{610}$ mm H = $90 + 17 = 107$ qm							

wird, daß die Lokomotive mit nassem Dampf arbeite, Dampf-
sammelrohre nach Fig. 23 und 24 erhalten. Sonstige Aende-
rungen sind am Kessel nicht vorgenommen worden. Von den
Zylindern sind mit Rücksicht auf den dadurch erzielbaren
noch etwas besseren Massenausgleich die für Hochdruck
nach außen, die für Niederdruck nach innen gelegt. Diese
Aenderung war leicht möglich, da die vorderen Barren-
rahmen dem Konstrukteur die sonst schwierige Aufgabe der
Unterbringung zweier so großer Niederdruckzylinder inner-
halb der Rahmen erleichtern. Die Lentz'sche Ventilsteuerung
ist zunächst nur an den beiden außenliegenden Hochdruck-
zylindern angebracht, während die Niederdruckzylinder Kol-
benschieber haben.

Prüfstände in St. Louis haben ergeben, daß sie im Vergleich zu den
andern in St. Louis geprüften Lokomotiven mit außerordentlich trockenem
Dampf arbeitete. Der Bericht der Pennsylvania-Bahn (S. 546)
lautet wörtlich: »The quality of steam in the steam dome (before
entering the superheater) was obtained by means of a throttling calorimeter,
and it is of interest to note that it was exceptionally high, the
moisture never exceeding 0,51 per cent.« Dieser Zahlenwert ist aller-
dings nicht richtig, da die Art der Messung der Dampfmasse nicht ein-
wandfrei ist. Das zur Dampfentnahme benutzte Rohr mußte als Dampf-
trockner wirken. Die Zahl von 0,51 vH darf daher nur als Vergleichs-
ziffer in bezug auf die übrigen in gleicher Weise geprüften Lokomotiven
gelten.

Je ein Hoch- und ein Niederdruckzylinder sind nach
Fig. 25 bis 27 zu einem Gußstück vereinigt. Am Hoch-
druckzylinder liegen die beiden Einlaßventile in der Mitte,
die Auslaßventile an den Enden. Der Dampf strömt aus
letzteren geradlinig nach den Außenseiten des Kolben-
schiebers für den Niederdruckzylinder. Auf den bei dem
hier in Frage kommenden geringen Dampfdruck nur kleinen
Vorteil innerer Einströmung und entlasteter Stopfbüchse ist
mit Rücksicht auf die bessere Dampfleitung verzichtet wor-
den. Die beiden Ueberströmräume sind übrigens, um die
Druckschwankungen darin geringer zu halten, durch einen
Querkanal q miteinander verbunden.

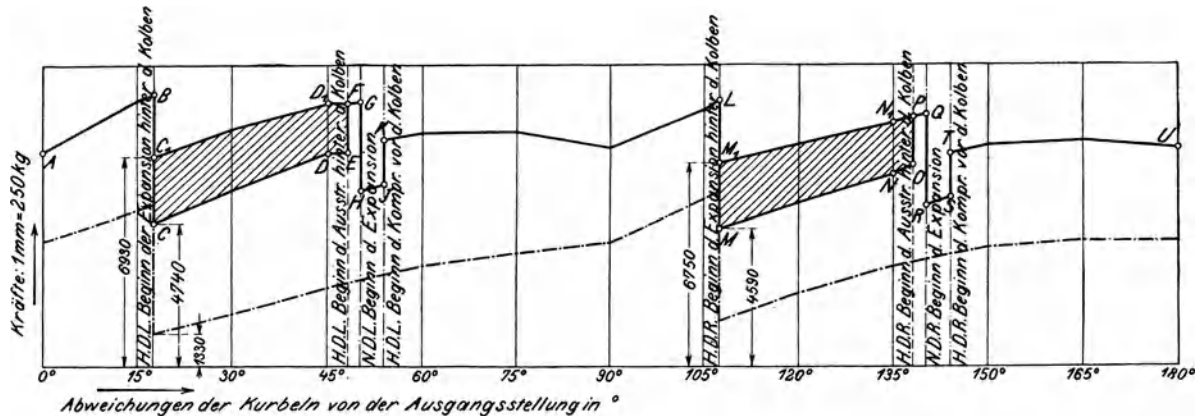
Als Anfahrvorrichtung ist auf dem Hochdruckzylinder
ein Stutzen nach Fig. 28 vorgesehen. Dieser Stutzen erhält
beim Öffnen des kleinen Regulators selbsttätig Dampf¹⁾, der
unmittelbar zum Verbinder überströmt. Durch ein Ventil V
kann ein Teil des Dampfes in den in der Mitte des Hoch-
druckzylinders befindlichen Kanal K eintreten, vorausgesetzt,
daß der im Zylinder befindliche Dampfdruck das Ventil nicht
auf seinen Sitz preßt. Hierdurch wird erreicht, daß in der
ungünstigsten Anfahrstellung, d. h. nachdem der Hochdruck-
schieber die Einströmung zum Hochdruckzylinder abgeschlos-

¹⁾ älteste v. Borriessche Anfahrvorrichtung, vergl. Eisenbahntechnik
der Gegenwart, Band Lokomotiven, 1. Aufl. S. 238.

Fig. 29 und 30. Anfahrkräfte bei verschiedenen Kurbelstellungen.

Fig. 29.

Neue $\frac{2}{5}$ -gek. vierzylindrige Schnellzug-Verbundlokomotive, Bauart Hannover.



Kurve ABCDEFGHJKLMN OPQRSTU Anfahrkräfte, wenn nur der kleine Reglerschieber geöffnet wird (Niederdruckzylinder bekommen Frischdampf).

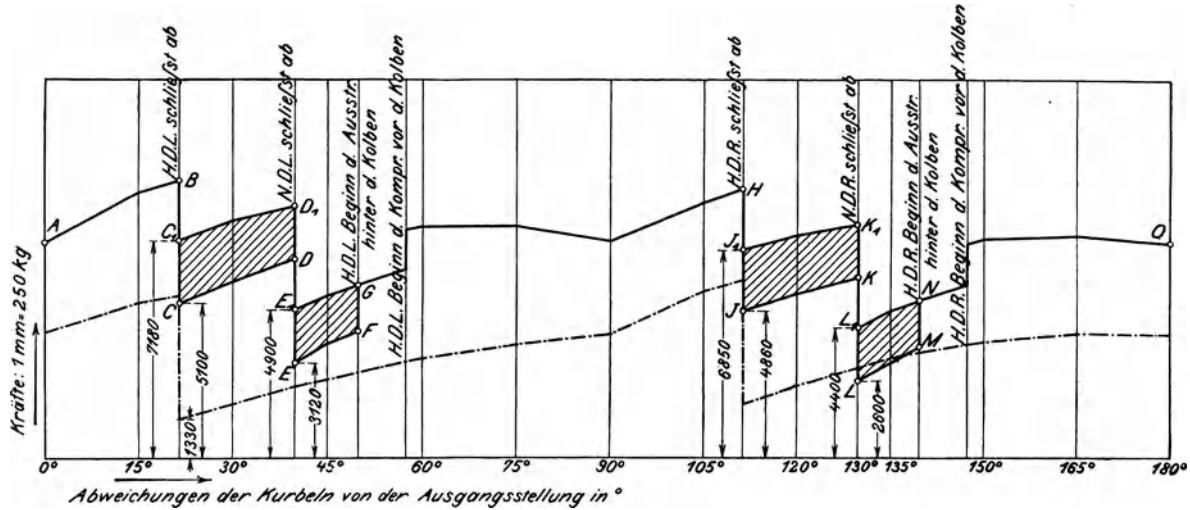
- > ABC₁D₁ EFGHJKL₁ N₁ OPQRSTU Anfahrkräfte, wenn außerdem Frischdampf in Mitte der Hochdruckzylinder geleitet wird.
- > ----- Anfahrkräfte, wenn sofort der große Reglerschieber geöffnet wird (Frischdampfleitung zu den Niederdruckzylindern geschlossen).

sen hat, Dampf in den Hochdruckzylinder eintreten kann und damit der auf der andern Seite des Hochdruckkolbens wirkende schädliche Dampfdruck vom Verbinder aufgehoben wird. Der Dampf wird allerdings auch durch das Ventil strömen, wenn der Hochdruckkolben noch nicht die Hälfte des Weges



Fig. 30.

Bisherige $\frac{2}{5}$ -gek. vierzylindrige Schnellzug-Verbundlokomotive, Bauart Hannover.

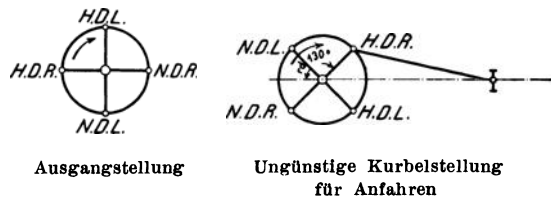


Kurve ABCDEFGHIKLMNO Anfahrkräfte, wenn nur der kleine Reglerschieber geöffnet wird.

- > ----- Anfahrkräfte, wenn sofort der große Reglerschieber geöffnet wird (Frischdampfleitung zu den Niederdruckzylindern geschlossen).
- > ABC₁D₁ E₁ GHI₁ K₁ L₁ NO Anfahrkräfte, wenn Frischdampf in Mitte der Hochdruckzylinder geleitet wird.

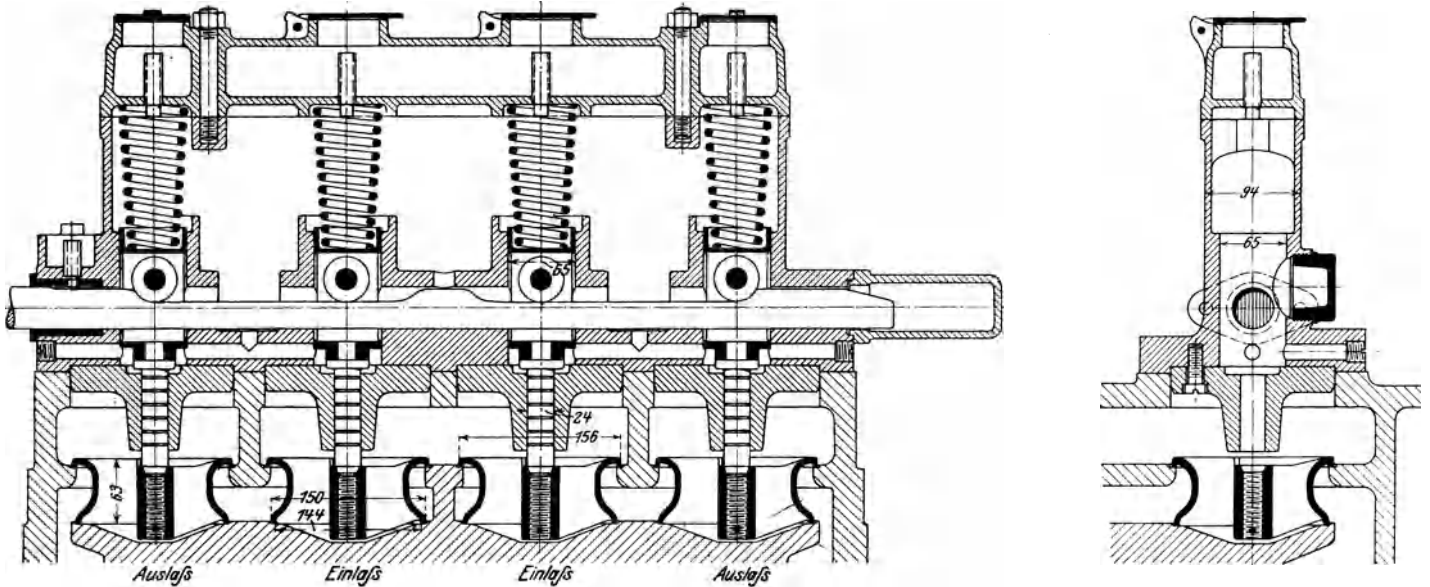
vollendet hat; dies ist aber ohne Bedeutung, da der Dampf dann ja gleichzeitig auch vom Verbinder her auf die entsprechende Kolbenseite tritt.

Die Vorrichtung, die übrigens bereits in ähnlicher Weise bei einigen $\frac{2}{5}$ -gekuppelten Schnellzuglokomotiven ausgeführt ist, verhütet also den schädlichen Gegendruck auf den Hochdruckkolben. Fig. 29 gibt die Anfahrkräfte der Lokomotive in den verschiedenen Stellungen einer halben Umdrehung; die gestrichelten Flächen zeigen die Erhöhung der Anfahrkräfte durch die Anfahrvorrichtung. Die Strecken HJ bzw. RS entsprechen auf dem Umfang der Triebräder nur einer Strecke von noch nicht 70 mm, auf welcher die Anfahrkraft nur rd. 5600 kg beträgt, werden sich also beim Anziehen durch Eindrücken der Kupplungsfedern überwinden lassen. Fig. 30 zeigt die Anfahrkräfte der bisherigen $\frac{2}{5}$ -gekuppelten

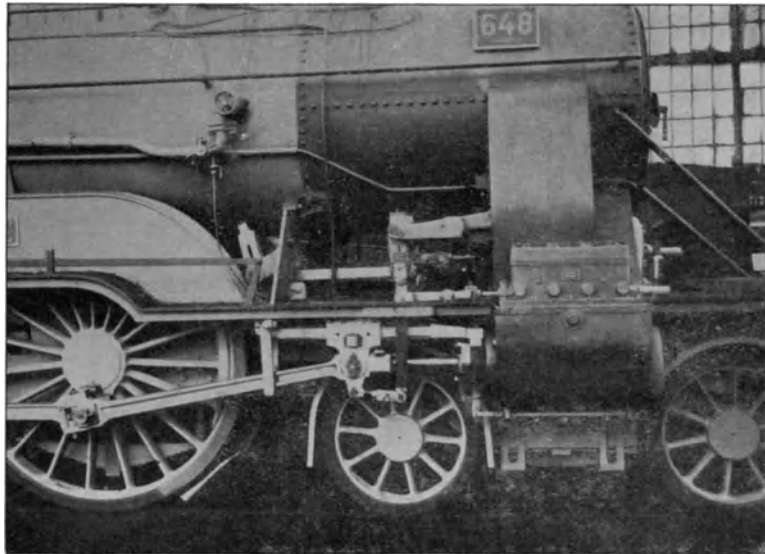


Schnellzuglokomotiven, die 66 vH größte Hochdruck und 85 vH größte Niederdruckfüllung besaßen. Ein Vergleich beider Abbildungen beweist die erhebliche, durch Vergrößerung der Niederdruckzylinderfüllung erreichte Verbesserung. Die strichpunktierte Linie zeigt gleichzeitig die nachteilige Verminderung der Anfahrkräfte beim Anfahren mit dem großen Reglerschieber.

Fig. 33 bis 35. Anordnung der Ventilsteuerung.



Lokomotive und bei der jetzt angewendeten Ventilsteuerung. Bei der ungefähr als normal geltenden Füllung von 40 vH ergibt sich somit eine um beinahe 40 vH verminderte Dampfgeschwindigkeit, die natürlich einen der verringerten Drosselung entsprechenden Gewinn in der Völligkeit des Diagrammes zur Folge hat. Bemerkte sei hierzu, daß der Entwurf für die Schiebersteuerung aus einer Zeit stammt, wo in Deutschland höhere Geschwindigkeiten als 90 km/st noch nicht zulässig waren. Die Dampfgeschwindigkeiten für die Schiebersteuerung würden sich bei einem neuen Entwurf etwas verringern lassen; an eine Erreichung der mit der Ventilsteuerung erzielten geringen Geschwindigkeiten ist jedoch, wenn man den



Schiebern nicht ganz unverhältnismäßig große Abmessungen geben will, nicht zu denken.

Fig. 39 und 40 zeigen die an der Lokomotive mit dem Indikator aufgenommenen Ventilerhebungslinien für die Ein- und Auslaßventile. Diese Linien lassen die schnelle Eröffnung und den schnellen Abschluß deutlich erkennen.

In Fig. 41 bis 46 ist ferner eine Reihe von ungekünstelten Dampfdiagrammen dargestellt, und zwar sind jeweils 2 Diagramme übereinander gezeichnet, von denen das eine beim Anfahren, das zweite bei 80 km Geschwindigkeit genommen ist. Die hohen Eintrittsspannungen bei den Anfahrtdiagrammen für die Niederdruckzylinder ergeben sich daraus, daß

Fig. 36 bis 38. Ventil- und Schieberöffnungen.

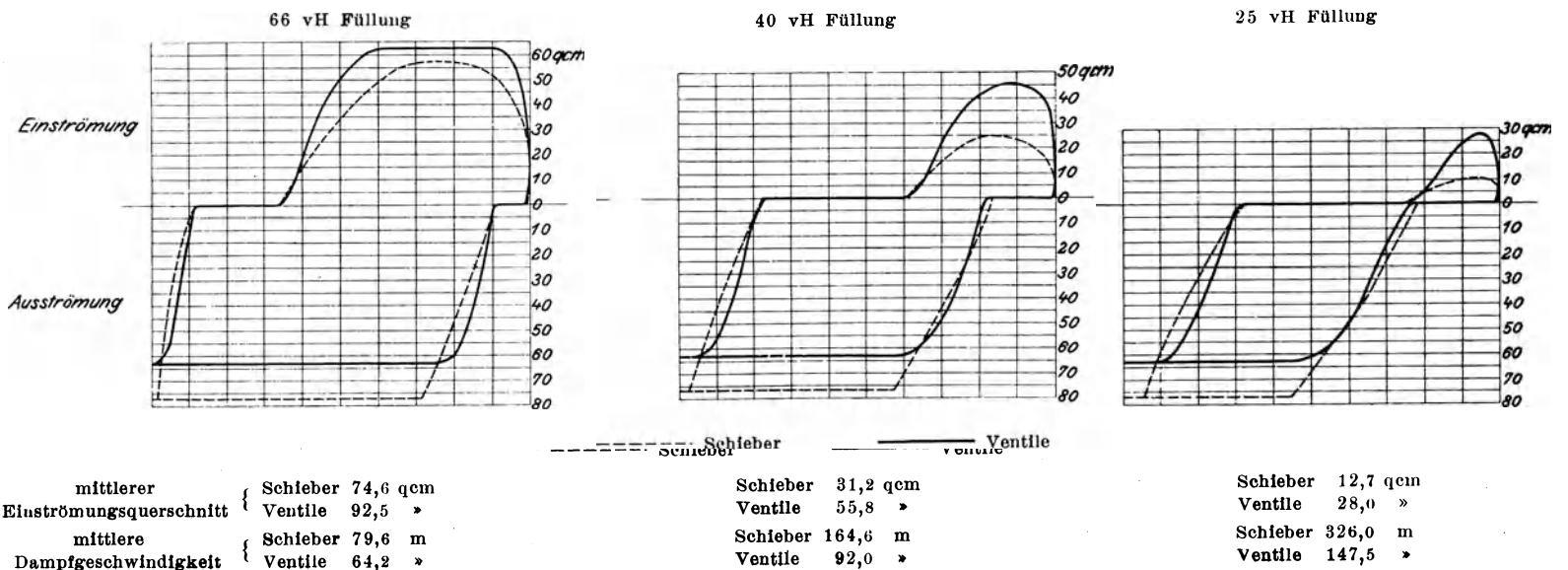
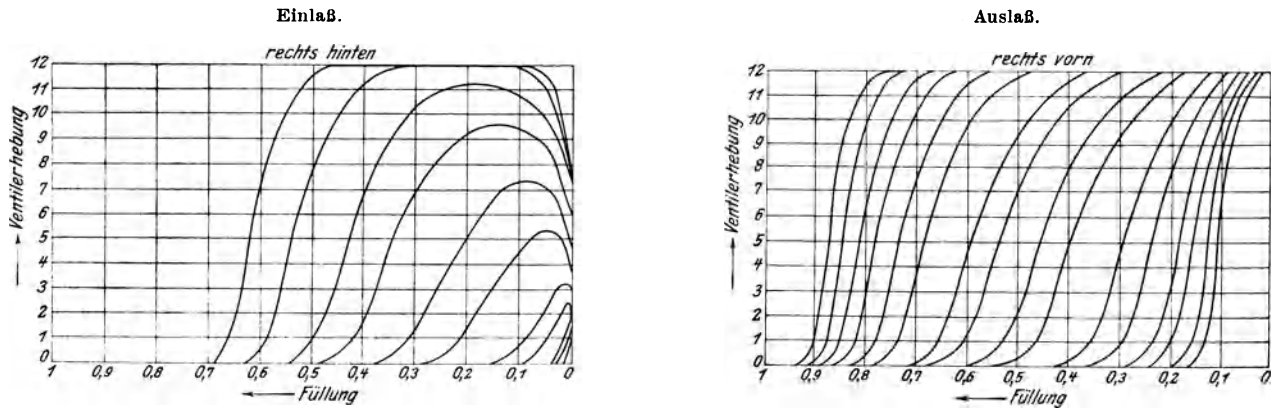


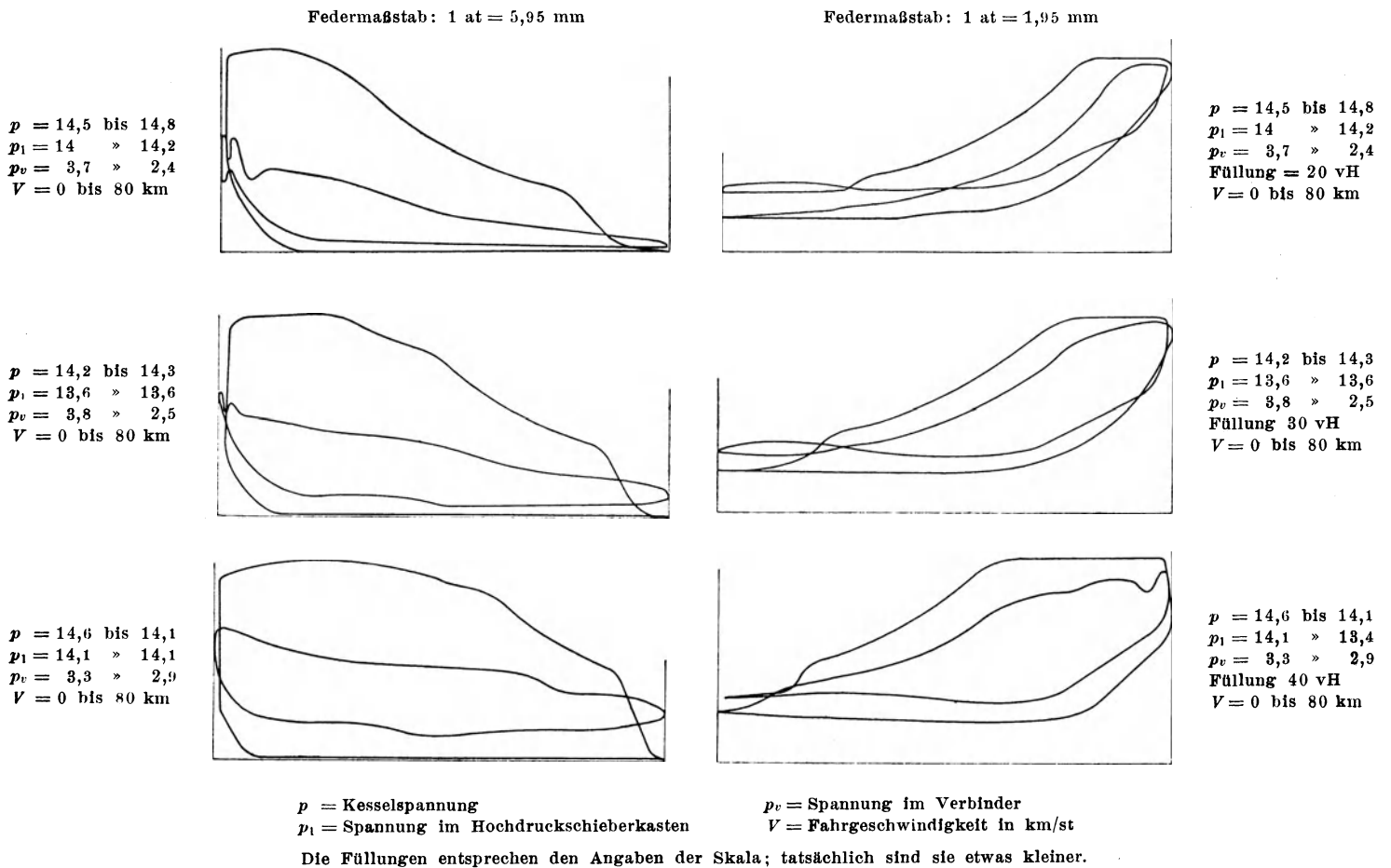
Fig. 39 und 40. Ventilerhebungsdiagramme.



beim Öffnen des Reglers durch die Anfahrvorrichtung Frischdampf in den Niederdruckzylinder eingelassen wird. Zum Vergleich mit diesen Diagrammen sind in Fig. 47 und 48 einige Diagramme wiedergegeben, die am Hochdruckzylinder einer gleichen Lokomotive mit Kolbenschiebersteuerung auf der Prüfanlage in der Ausstellung zu St. Louis 1904 entnommen wurden. Der hier viel stärkere Abfall der Spannung während des Dampfeintrittes fällt auf den ersten Blick auf.

Lehrte, wobei für 36 km bei starkem Gegenwind und nahezu wagerechter Strecke (Gefälle rd. 1:4300) eine mittlere Geschwindigkeit von über 100 km innegehalten wurde. Bei den auf die Versuchsfahrten folgenden Fahrten im Betriebe hat die Lokomotive fast ausschließlich schwere Schnellzüge auf der Strecke Hannover-Dortmund befördert. Da bei den hierbei erreichten Geschwindigkeiten von 112 km die Steuerung tadellos arbeitete, muß ihre Betriebstüchtigkeit als durchaus erwiesen gelten. Es zeigte sich hierbei, daß in-

Fig. 41 bis 46. Dampfdiagramme der Lokomotive Nr. 648.



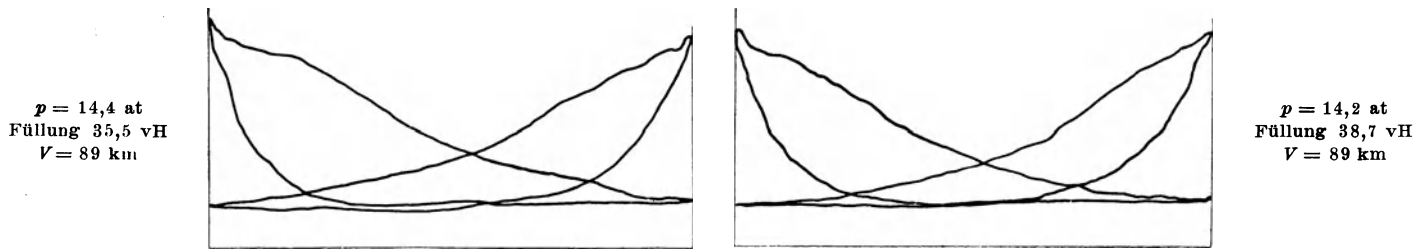
Die Lokomotive mit Ventilsteuerung ist vor dem Versand nach Mailand in der Zeit vom 9. bis 26. März auf den Strecken der königl. Eisenbahndirektion Hannover im Betriebe gewesen, und zwar wurden zunächst eine Reihe Versuchsfahrten vorgenommen, denen die oben abgebildeten Diagramme entstammen. Fig. 49 gibt die Geschwindigkeits-Schaulinien einer Versuchsfahrt mit 40 Achsen bei 339 t Zuggewicht, ausschließlich Lokomotive, von Gardelegen bis

folge der größeren Völligkeit der Diagramme mit erheblich geringeren Füllungen als bei den gleichen Lokomotiven mit Schiebersteuerung gefahren werden konnte.

Die Sonderausrüstung der Lokomotive besteht aus:
 Zentral-Schmiervorrichtung von de Limon,
 Preßluft-Sandstreuer von Brüggemann mit Aufwüllvorrichtung,

Fig. 47 und 48.

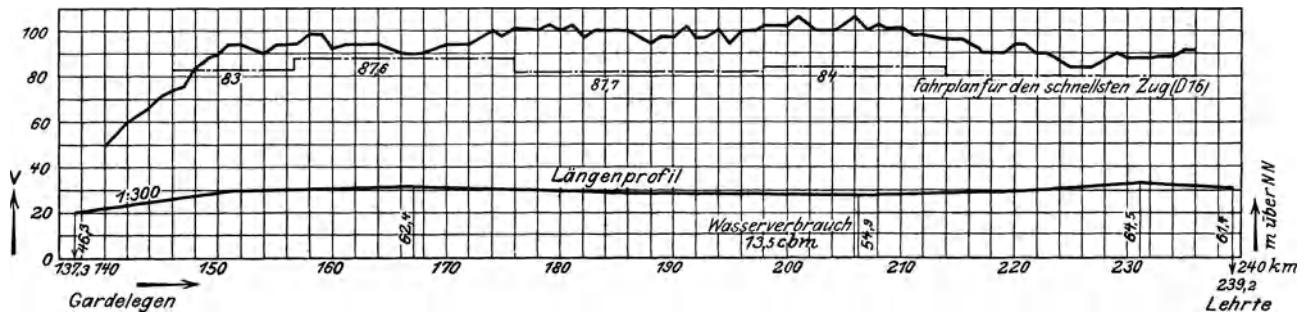
Dampfdiagramme einer $\frac{2}{3}$ -gekuppelten Schnellzuglokomotive mit Schiebersteuerung.



Federmaßstab 1 at = 1,95 mm.

Fig. 49.

Geschwindigkeits-Schaulinien der Lokomotive Nr. 648 am 21. März 1906. 40 Achsen = 339 t. Mittelstarker NW-Wind.



Gardelegen-Lehrte 1 Uhr 5' 25" bis 2 Uhr 16' 40" = 71' 40" für 101,9 km, $V = 85,5$ km
 km 150 bis 230 1 » 18' 48" » 2 » 12' 53" = 54' 5" » 80 » » = 95,3 »
 » 174 » 210 1 » 34' 5" » 1 » 51' 39" = 21' 34" » 36 » » = 100,5 »
 (schnellster Zug Stendal-Lehrte 134,1 km in 105', » = 76,3 »)

Asbestbekleidung an den Zylindern und dem in den Führerstand hineinragenden Teil des Kessels, Rauchverbrennungsvorrichtung von Staby und Schnellbahnbremse von Westinghouse.

Außer der vorstehend beschriebenen $\frac{2}{3}$ -gekuppelten Schnellzuglokomotive stellt die Hannoversche Maschinenbau-A.-G. in Mailand eine normalspurige $\frac{3}{3}$ -gekuppelte Tenderlokomotive mit Dampfüberhitzer von Pielock sowie mit Lentzschers Umsteuerung und Lentzschers Ventilsteuerung aus.

Während die erstere Lokomotive die Art der Ausführung der Lentzschers Ventilsteuerung an Lokomotiven, unter Belassung der Schwingensteuerung, also hauptsächlich den etwaigen Umbau vorhandener Lokomotiven zur Anschauung bringt, zeigt die zweite Lokomotive, deren Dampfzylinder mit wagerecht liegenden Ventilen versehen sind, eine Ausführungsart, die besonders für neu zu erbauende Lokomotiven in Betracht kommen dürfte. Selbstverständlich ist für vorhandene und für neu zu bauende Lokomotiven eine Reihe von Kombinationen zwischen den beiden Bauarten möglich.

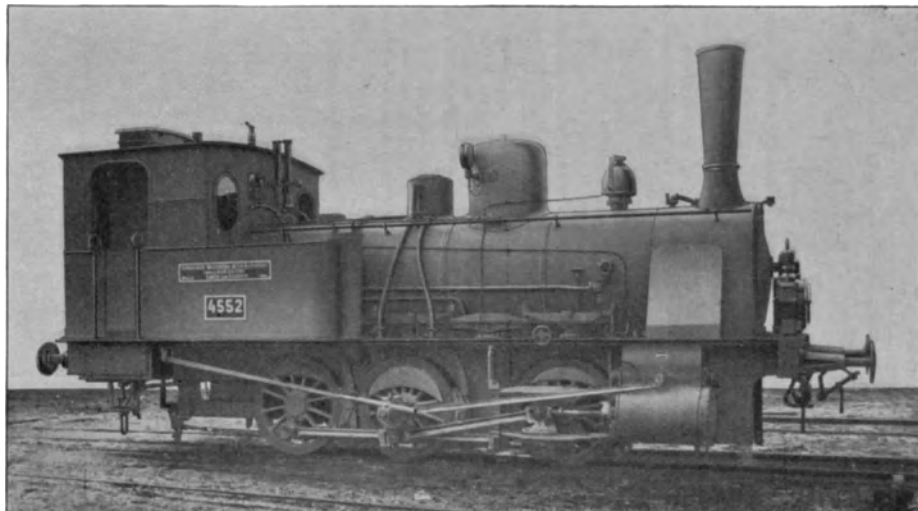
Die $\frac{3}{3}$ -gekuppelte Tenderlokomotive, Fig. 50, hat folgende Hauptabmessungen:

- Zylinderdmr. 400 mm
- Kolbenhub 550 »
- Treibrad dmr. 1100 »
- Radstand . 3000 »
- Dampfdruck 12 at

Rostfläche	1,45 qm
Heizfläche (feuerberührt) {	
Feuerbüchse	5,7 qm
Rohre	55,5 »
Ueberhitzer	21,8 »
Wasserraum	4300 ltr
Kohlenraum	1400 kg
Leergewicht	28000 »
Dienstgewicht	36000 »

Der Kessel ist mit einem Pielock-Ueberhitzer versehen, der 1100 mm lichte Länge hat und mit seiner hinteren Rohrwand 1175 mm von der Feuerbüchsenrohrwand entfernt liegt. Unter der Annahme einer Verbrennung von 400 kg Steinkohle auf 1 qm Rostfläche in 1 st und einer Verbrennungstemperatur von 1400° C ergibt sich eine Eintrittstemperatur der Gase in den Ueberhitzer von 640° und eine Ueberhitzung des im Kessel erzeugten Dampfes auf 350° C.

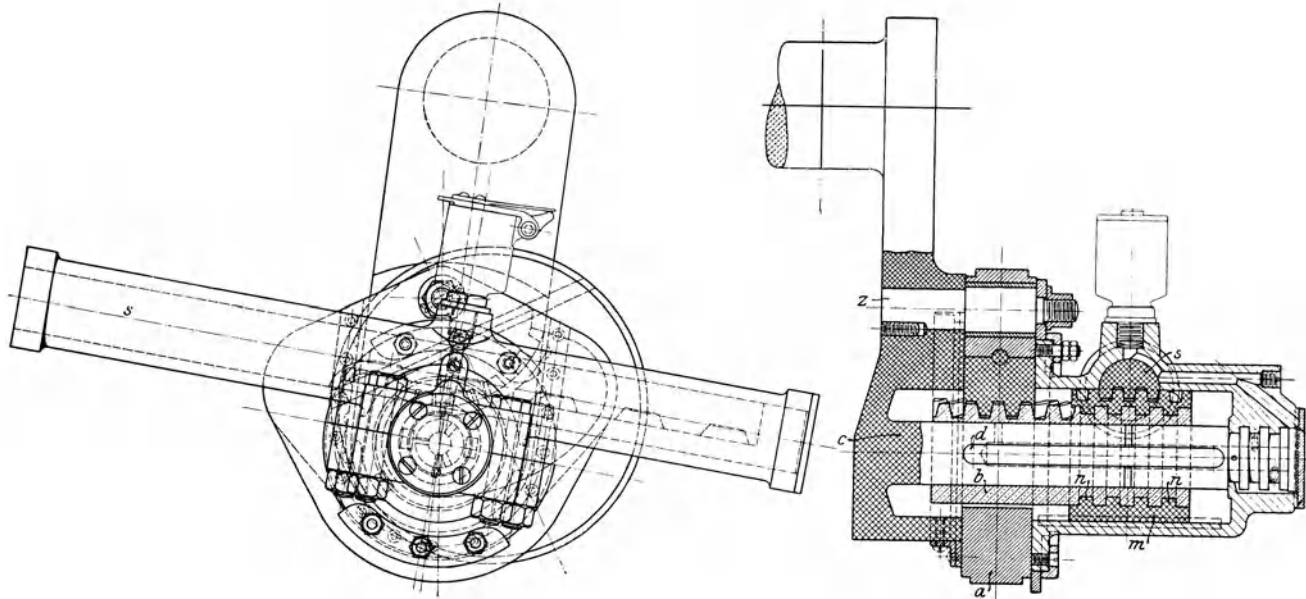
Fig. 50. Tenderlokomotive mit Ventilsteuerung.



Das Triebwerk zeigt eine neue Umsteuerung, Bauart Lentz, ohne Schwinde, Fig. 51 und 52.

Das Exzenter *a*, Fig. 52, sitzt um den in der Gegenkurbel befestigten Zapfen *z* drehbar auf einer Büchse *b*, die auf dem in der Achsmitteln sitzenden Zapfen *c* verschiebbar ist, aber durch den Keil *d* bei Drehung der Achse mitgenommen wird. Die Büchse ist mit einer schrägen Verzahnung versehen, die in ver-

Fig. 51 und 52. Lentzsche Umsteuerung, rechte Maschinenseite.



zwar, wie Fig. 53 bis 56 zeigen, paarweise neben einander. Es ergeben sich dadurch kurze Dampfwege und eine gedrungene Bauweise der Dampfzylinder. Die Ventile werden durch die Hebedaunen einer wagerechten Welle gesteuert, die mittels eines kleinen Kurbelarmes von der Exzenterstange in schwingende Bewegung versetzt wird.

Eine solche Anordnung der Steuerung bietet wesentliche Vorteile, besonders für vierzylindrige Lokomotiven, sofern, wie dies üblich, die beiden nebeneinander liegenden Kurbeln um 180° versetzt sind, da es nur nötig ist, die Daunenwelle bis über den nächsten Zylinder hin zu verlängern.

Auf Grund der günstigen Ergebnisse, welche die Ilseder Hütte mit der Heißdampf-Ventillokomotive erzielt hat, sah sich inzwischen auch die Gutehoffnungshütte veranlaßt, der Hannoverschen Maschinenbau-A. G. eine 50pferdige Lokomotive von 732 mm Spurweite mit Pielock-Ueberhitzer und Lentzscher Ventilsteuerung in Auftrag zu geben. Die Bauart dieser Lokomotive bietet nach der Beschreibung der vorhergehenden Lokomotiven nichts Bemerkenswerthes, so daß ich mich darauf beschränken kann, die Hauptabmessungen anzuführen.

Zylinderdurchmesser	210 mm
Kolbenhub	300 »
Raddurchmesser	600 »
Radstand	900 »
Dampfdruck	12 at
Rostfläche	0,4 qm
Heizfläche { Feuerbüchse	1,70 qm
(feuerberührt) { Rohre	10,84 »
{ Ueberhitzer	4,70 »
	17,24 »

Die eisernen Siederohre dieser Lokomotive sind, soweit sie im Pielock-Ueberhitzer liegen, mit nahtlosen, etwa 0,4 mm

starken Messingmänteln überzogen, um den bisweilen beobachteten Rosterscheinungen vorzubeugen.

In ähnlicher Weise sind auch die Rohre des Pielock-Ueberhitzers bei einer der neuesten $\frac{2}{5}$ -gekuppelten vierzylindrigen Schnellzug-Verbundlokomotive der Pfälzischen Bahn geschützt, während bei den andern gleichartigen Lokomotiven dieser Bahn die Rohre galvanisch verzinkt worden sind.

Die ersten beiden Ausführungen der Lentzschen Ventilsteuerung an Lokomotiven haben sich, wie aus dem vorstehenden Bericht hervorgeht, unter den verschiedenartigsten und schwierigsten Betriebsverhältnissen durchaus bewährt. Dies dürfte in erster Linie darauf zurückzuführen sein, daß es sich im Grunde genommen nur um die Uebertragung einer bei Dampfmaschinen seit mehreren Jahren gebauten schnelllaufenden Ventilsteuerung handelte, über die reichlich günstige Betriebserfahrungen vorlagen. Das mehrfach in Eisenbahnfachkreisen gehegte Bedenken, eine Ventilsteuerung lasse die im Lokomotivbetriebe vorkommenden hohen Umlauffzahlen nicht zu, ist durch die Fahrten der $\frac{2}{5}$ -gekuppelten Schnellzuglokomotive glänzend widerlegt. Man darf daher wohl annehmen, daß sich die Lentzsche Ventilsteuerung, wie dies im Dampfmaschinenbau in wenigen Jahren geschehen ist, auch im Lokomotivbau, und zwar besonders bei Heißdampflokomotiven, bald ein ausgedehntes Anwendungsgebiet erobern wird.

Nachschrift. In Ergänzung der Anmerkung 2 auf S. 5 l. Sp. über ältere Patente von Ventilsteuerungen für Lokomotiven führe ich noch D. R. P. 64184 vom 17. Mai 1891 von Guinotte und amerikanisches Patent 288787 vom 20. November 1883 von Carl W. Finger an. Eine Ventilsteuerung, allerdings für »partially condensing engines«, behandelt bereits das amerikanische Patent 8684 vom 27. Januar 1852 von Few und Armstrong.