

FÜNFTER THEIL.

Betrieb der Strassenbahnen durch mechanische Kraft.

I. CAPITEL.

Historische Skizze über die Anwendung mechanischer Kraft auf Strassenbahnen.

Latta. — Grice & Long. — Train.

Die erste Anwendung des Dampfes zur Fortbewegung von Strassenbahnwagen scheint, nach Cramp¹⁾, im Jahre 1859 auf der „Cincinnati Tramway“ von A. B. Latta gemacht worden zu sein, welcher einen Dampfswagen construirte, in welchem, wie erzählt wird, achtzig Personen befördert worden sind. Die Nächsten, welche die Dampfkraft zu diesem Zwecke benutzten, waren Grice & Long in Philadelphia; diese bauten einen langen Wagen auf zwei vierräderigen Untergestellen, von denen sich eins unter jedem Wagenende befand. Auf eins dieser Radgestelle liess man mittelst Zahnräder die Dampfkraft wirken. Im Jahre 1860 befanden sich in den Vereinigten Staaten fünf oder sechs Dampfswagen in Betrieb, bei welchen Maschine und Kessel im Innern des Wagens angebracht waren und das Ganze von zwei beweglichen Radgestellen getragen wurde. G. F. Train liess sich 1860 einen Dampfswagen patentiren, welcher an einem Ende ein Bissell-Radgestell und an dem anderen ein Paar Räder hatte und von einer zweicylindrigen Dampfmaschine mit stehendem Kessel und zwischenliegendem Stirnrad betrieben wurde.

Todd.

Leonard J. Todd in Leith scheint der erste Dampfswagenfabrikant gewesen zu sein, der (1871) eine Maschine für Strassenbahnen entwarf, die sich speciell zum Befahren gewöhnlicher Strassen eignete, bei welcher Geräusch, Rauch und Dampf vermieden war und die man mit grosser Leichtigkeit in Gang setzen und anhalten konnte. Er legte grosses Gewicht auf das Ansammeln der Kraft und benutzte zu diesem Zwecke einen Kessel von grossem Rauminhalt mit einem sehr kleinen Feuerrost. „Hat man nur einen kleinen Kessel“, sagt er,²⁾ „so ist das einzige zuverlässige Mittel, um ihn so herzustellen, dass man ihn geraume Zeit sich selbst überlassen kann, ihm einfach einen grösseren Wasserraum und eine grössere Wasserfläche zu geben. Dieses Wasser dient auf die möglichst vollkommene und natürliche Weise als Wärmesammler, indem es lange Zeit Wärme in sich aufnimmt und dabei den Druck nur sehr langsam erhöht, und wiederum längere Zeit aus seinem Vorrath Wärme abgibt, wobei Druck und Wasserstand nur langsam sinken. Diese unschätzbare Wirkung des Wassers in einem Kessel kommt jedoch in gewöhnlichen Locomotiven nicht sehr zur Geltung, da sie in denselben keine besondere Verwendung findet, obschon es wohlbekannt ist, dass es bei einem Kessel von grosser Wichtigkeit ist, dass derselbe eine gehörige Menge Wasser enthalte. Locomotivkessel enthalten 5 Kubikfuss Wasser und 2 Quadratfuss Wasseroberfläche pro Quadratfuss Rost und brauchen nur alle 10 Minuten oder noch seltener nachgesehen zu werden. Es ist daher einleuchtend, dass, wenn man dem Kessel einen sechsmal grösseren Wasserinhalt und eine ebenso vergrösserte Wasseroberfläche geben würde, derselbe die Bedienung nur alle 60 Minuten statt alle 10 Minuten erfordern würde.“ (? d. Uebers.). „Die zur Fortbewegung eines Wagens mit 44 Sitzen erforderliche Kraft beträgt auf ebenen Linien kaum mehr als 10 indicirte Pferdekräfte, auf steilen Strassen natürlich mehr. Kleine Kessel und Maschinen werden demnach 10 Pferdekräfte pro Quadratfuss Rostfläche ergeben; es ist jedoch besser, dem Roste eine Fläche von 1 1/2 Quadratfuss (0,13 qm) zu geben, und erhalten wir bei 30 Kubikfuss Wasser und 18 Quadratfuss (1,6 qm) Wasseroberfläche — beides das Sechsfache des bei Locomotiven sonst Gebräuchlichen —

1) „Tramway-Rolling-Stock“, by Mr. C. C. Cramp: Transactions of the Society of Engineers, 1874, S. 124.

2) The Engineer, Juli 24, 1874; S. 66.

45 Kubikfuss (1,2 cbm) Wasserinhalt und 27 Quadratfuss (2,6 qm) Oberfläche des Wasserstandes. Die Feuerbüchse muss eine beträchtliche Tiefe haben, mindestens 2 Fuss (610 mm) unter der Feuerthür, sodass sie vor Beginn einer Fahrt mit Brennmaterial gefüllt werden kann, das man dann ruhig niederbrennen lässt“.

Todd construirte für die „Tram Viá de Santander“ eine Locomotive (Fig. 122), die im stande war, zwei Personenwagen mit einer Gesamtzahl von 76 Sitzen zu ziehen. Der Kessel war von der bei Locomotiven üblichen Form und hatte $3\frac{1}{2}$ Quadratfuss (0,22 qm) Rostfläche und 160 Quadratfuss (14,8 qm) Heizfläche.

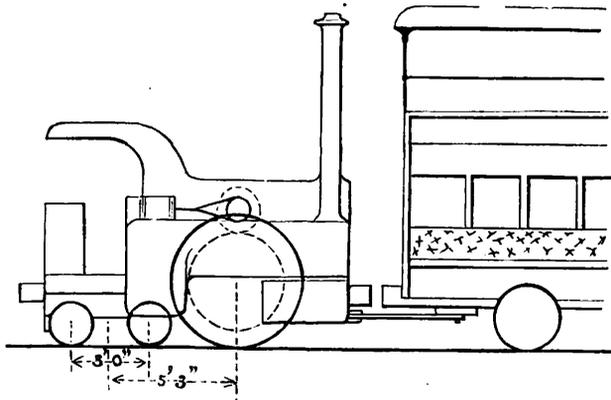


Fig. 122. Strassenlocomotive von L. J. Todd, 1871. In $\frac{1}{96}$ der natürl. Grösse.

Die Cylinder hatten $6\frac{1}{2}$ Zoll (175 mm) Durchmesser bei einer Hubhöhe von 9 Zoll (228 mm) und die Kurbelwelle machte 150 Umdrehungen, wenn die Geschwindigkeit 10 Meilen pro Stunde betrug. Die Treibräder hatten 5 Fuss 6 Zoll (1676 mm) Durchmesser und waren mit einer hölzernen Scheibe versehen. Vorn an der Locomotive befand sich ein bewegliches Radgestell mit 21 zölligen (533 mm) Rädern, die einen Achsenstand von 3 Fuss (914 mm) hatten. Das feste Radgestell zwischen der Treilachse und dem Mittelpunkt des Untergestells war 5 Fuss 3 Zoll (1,6 m) lang. Die Bewegung der Kurbelwelle wurde durch ein Paar Stirnräder auf die Treibräder übertragen. Der Luftzug für die Kessel-

feuerung wurde durch einen 12 zölligen (304 mm) Ventilator vermittelt, der von dem Abdampf der Maschine betrieben wurde, welcher auf die Zellen eines an der Achse des Ventilators befindlichen Schöpfrades wirkte. Der Dampf zog von dort in einen Wasserbehälter, wo das Wasser abgesondert werden konnte, während der nichtcondensirte Dampf durch den Schornstein entwich. Mit einem Dampfdruck im Kessel von 150 Pfd. pro Quadrat Zoll (10 Atmosphären) konnte die Maschine 20 Pferdekräfte entwickeln. Das Gewicht im Betriebszustande war 5 Tons, die äusserste Länge der Maschine 14 Fuss 10 Zoll (4,5 m) und die Gesamtbreite 6 Fuss 6 Zoll (1,48 m). Der Schornstein ragte 14 Fuss 5 Zoll (4,38 m) hoch über die Schienen, um so den Rauch über die Wagendächer hinwegzuführen.

Lamm.

Dr. Emil Lamm stellte im Jahre 1871 in New-Orleans eine Zeit lang Versuche mit einem durch Ammoniakgas betriebenen Wagen (Fig. 123) an. Er brachte einen Heisswasserbehälter auf dem Dache des Wagens

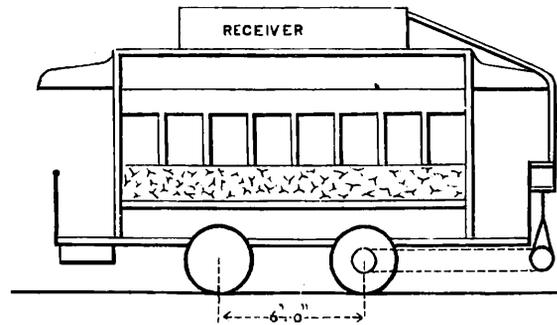


Fig. 123. Dr. Lamm's Wagen betrieben durch Ammoniakgas. In $\frac{1}{96}$ der natürl. Grösse.

an, in dessen Innerem sich ein Reservoir mit flüssigem Ammoniakgas befand, welches durch Erhitzen von Salmiak mit Kalkhydrat erzeugt war. Das Gas wurde unter dem Einfluss der Hitze des das Reservoir umgebenden Wassers frei und strömte in die verticalen Cylinder, welche sich an dem Ende des Wagens befanden und mit einer darunter befindlichen Kurbelwelle in Verbindung gesetzt waren, von welcher aus eine Kottenscheibe die drehende Bewegung durch eine correspondirende Scheibe auf eine der Wagenachsen übertrug. Das Gas strömte in das Wasserreservoir aus, wo es condensirt wurde und seine Wärme dem Wasser mittheilte. Dieser Evolutions- und Condensations-Process wurde wiederholt, bis der Druck des Gases im innern Reservoir nicht mehr genügte, um die Kolben in Bewegung zu erhalten. Die grösste Abnahme des Druckes in dem

Gaskessel während einer Fahrt von sieben Meilen betrug nicht über 10 Pfd. pro Quadrat Zoll. Wenn das Wasser gänzlich mit Gas gesättigt war, wurde es erneuert und das absorbirte Gas zur weiteren Verwendung aus dem Wasser extrahirt. Die grösste Schwierigkeit bei dem Gebrauch von Ammoniakgas ist die Nothwendigkeit, sein Entweichen in die Luft gänzlich zu verhindern, um den widerlichen Geruch, sowie die durch seine Gegenwart in der Luft verursachte Erschwerung des Athmens zu vermeiden. Diese Unannehmlichkeit, sowie die nachtheilige chemische Wirkung des Gases auf Eisen gaben Veranlassung, dass man von dem Betrieb mittelst Ammoniakgas ganz abstand, obschon Dr. Lamm's Wagen einige Zeit in Betrieb war.

Später (1872) setzte Dr. Lamm auf der Strassenbahnlinie zwischen New-Orleans und Carrolton eine Heisswasserlocomotive ohne Feuerung in Betrieb. Die Locomotive, Fig. 124, bestand aus einem auf vier Rädern ruhenden Reservoir von ca. 3 Fuss (0,91 m) Durchmesser und 10 Fuss (3 m) Länge, welches mit Wasser gefüllt war, das unter einem entsprechend hohen Drucke in hohem Grade erhitzt war. Wenn der Regulator geöffnet

wurde, so liess der Druck nach und es fand bei allmählichem Sinken des Druckes eine selbstthätige Dampfentwicklung statt. Die Cylinder waren vertical an dem vorderen Ende des Reservoirs befestigt und wirkten auf eine darunter befindliche Kurbelwelle, von welcher die Kraft mittelst Stirnrad auf die nächste Achse übertragen wurde. Das Reservoir enthielt 60 Kubikfuss (1,69 Kubikmeter) erhitztes Wasser. Es wurde zuerst mit kaltem Wasser gefüllt, worauf es mit dem Dampfroh eines grossen stationären Kessels (in Carrolton) unter einem Druck von 200 Pfd. pro Quadrat Zoll (14 Atmosphären) in Verbindung gesetzt wurde. Das Wasser erhitze sich rasch und erreichte einen Druck von 180 Pfd. pro Quadrat Zoll (13 Atmosphären). Die Verbindung wurde hierauf gelöst und die Heisswasserlocomotive war zum Betrieb fertig. Der Abdampf wurde direct in die Luft entlassen, wo er Wolken von feuchtem weissem Dunst bildete. Berichte vom Jahre 1875 meldeten, dass die Heisswasserlocomotiven in beständigem und erfolgreichem Betriebe seien. Die Strassenbahn ist ca. sechs Meilen lang; vom Mittelpunkt der Stadt bis zu den Vorstädten werden die Wagen von Maulthieren befördert, die dann von den Maschinen abgelöst werden. Mit einem einmaligen Füllen des Reservoirs in Carrolton kann die Maschine die doppelte Fahrt nach New-Orleans und zurück machen, wobei am Ende der Tour noch ein Druck von 50 Pfd. pro Quadrat Zoll (3,6 Atmosphären) vorhanden ist.

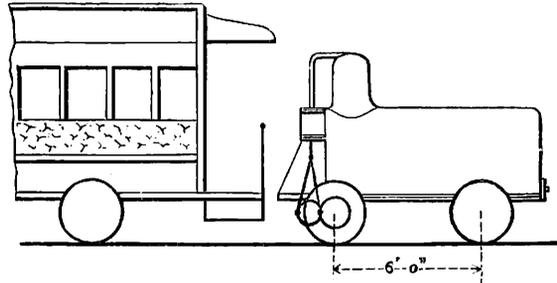


Fig. 124. Heiss-Wasser-Loconotive von Dr. Lamm, 1872.
In $\frac{1}{96}$ der natürl. Grösse.

Man machte die Beobachtung, dass, wenn die atmosphärische Temperatur auf 40° F. (5° C.) sank, die Temperatur des Wassers, obgleich sie 160° höher war, beständig nur um etwa 3° F. abnahm.

East New-York und Canartio.

Im October 1873 wurde zwischen East New-York und Canartio, eine Entfernung von 3 $\frac{1}{2}$ Meilen, ein Versuch mit einer Heisswassermaschine angestellt. Das Reservoir derselben hatte 3 Fuss 10 Zoll (1,1 m) Durchmesser und 10 Fuss (3 m) Länge und ruhte auf zwei Paar 30 zölligen (762 mm) gekuppelten Rädern. Die beiden Dampfzylinder hatten je 8 Zoll (203 mm) Durchmesser bei einer Hubhöhe von 12 Zoll (304 mm); der Abdampf strömte in zwei Condensatoren, einen für jeden Cylinder, die mit je 38 Röhren von $\frac{5}{8}$ Zoll (15 mm) Durchmesser, sowie mit Luftpumpen ausgestattet waren, um ein theilweises Vacuum zu erzeugen. Das Gewicht der Maschine war 4 Tons 3 Ctr.; der von ihr gezogene Wagen wog leer 7 $\frac{1}{2}$ Tons und wurde, mit 120 Passagieren belastet, auf 12 $\frac{1}{2}$ Tons geschätzt. Die Locomotive legte mit dem Wagen die 3 $\frac{1}{2}$ Meilen lange Strecke nach Canartio auf geneigtem Terrain in 12 $\frac{3}{4}$ Minuten zurück, was einer Geschwindigkeit von 16 $\frac{1}{2}$ Meilen pro Stunde entspricht, wobei der Druck im Reservoir von 180 Pfd. (13 Atmosphären) beim Beginne der Fahrt auf 108 Pfd. pro Quadrat Zoll (8 Atmosphären) zu Ende derselben sank. Der Zug hielt in Canartio neun Minuten und sank während dieser Zeit der Druck auf 104 Pfd. (7,7 Atmosphären). Die Rückfahrt, auf steigendem Terrain, wurde in 17 Minuten zurückgelegt, eine Geschwindigkeit von 12 $\frac{1}{4}$ Meilen pro Stunde, und sank hierbei der Druck auf 45 Pfd. pro Quadrat Zoll (3,2 Atmosphären). Der Mechanismus dieser Maschine erwies sich als schlecht construirt und ausgeführt; offenbar war der Condensator ganz ungenügend.

Einige Monate später wurde auf der Canartio-Linie von R. H. Buel und H. L. Brevoort eine andere Heisswasser-Loconotive probirt. Die Resultate ihrer Versuche wurden in einem von Buel im Januar 1874 geschriebenen Berichte¹⁾ publicirt. Das Reservoir der Locomotive hatte einen Durchmesser von 3 Fuss 1 Zoll (939 mm) und eine Länge von 9 Fuss (2,7 m) und war mit einem Dampfdom von 12 Zoll (304 mm) Durchmesser und 2 Fuss (609 mm) Höhe versehen. Die Cylinder waren stehend, hatten 5 Zoll (127 mm) Durchmesser und 7 Zoll (177 mm) Hubhöhe und waren mit Schiebern und Umsteuerungsmechanismus ausgestattet. Die Kraft wurde durch ein auf der Kurbelwelle befindliches Stirnrad mit 26 Zähnen übertragen, das in ein auf der Achse sitzendes Rad mit 46 Zähnen eingriff. Die an den zwei Achsen befindlichen Laufräder hatten 30 Zoll (762 mm) Durchmesser. Das Reservoir war mit Cement und Filz bedeckt; ebenso waren die Cylinder dicht in Filz eingehüllt. Eine 2 zöllige, mit kleinen Löchern versehene Röhre lag, nahe über dem Boden, beinahe durch die ganze Länge des Reservoirs; durch diese Röhre wurde aus einem stationären Kessel Dampf eingeführt, um das Wasser zu erhitzen.

Das Reservoir war beim Beginne der 4,40 Meilen langen Fahrt zur Hälfte mit Wasser gefüllt und der Dampfdruck betrug 142 Pfd. (10 Atmosphären) pro Quadrat Zoll. Während der Fahrt stellte sich der Dampfdruck wie folgt:

1) Veröffentlicht im „Engineer“ vom 20. Februar 1874, Seite 135.

Zeit. Nachm.	Druck. Pfd. pro Quadratzoll	Zeit. Nachm.	Druck. Pfd. pro Quadratzoll
3.35	142	4.7	66
3.37	132	4.10	52
3.38	124	4.13	48
3.39	124	4.15	44
3.51	102	4.21	29
3.53	97	4.24	22
3.55	89		
4.4	70	Durchschnittlicher Druck	81,5 Pfd.

Die ganze Strecke von 4,40 Meilen wurde in 49 Minuten zurückgelegt, von welcher Zeit die eigentliche Fahrt nur 35 1/2 Minuten erforderte. Die durchschnittliche Geschwindigkeit während desfahrens war 7,44 Meilen die Stunde. Die durchschnittliche Geschwindigkeit der Kurbelwelle war 147,4 Umdrehungen pro Minute, was einer Kolbengeschwindigkeit von 172 Fuss pro Minute entspricht. Buel berechnete nach den Druckgraden in Reservoir, dass während der Fahrt 210 Pfd. Wasser verdampft und verbraucht wurde, mithin 48 Pfd. pro durchlaufene Meile. Die Maschine arbeitete mit voller Kraft und wurde die Expansion durch den Regulator bewirkt. Man fand aus den Indicator-Diagrammen, dass der durchschnittliche Anfangsdruck 23,52 Pfd. pro Quadratzoll, der durchschnittliche Enddruck 19,86 Pfd., der durchschnittliche Gegendruck 5,15 Pfd. und der durchschnittliche Ueberdruck 17,86 pro Quadratzoll betrug. Die indicirte Kraft war 3,61 Pferdekkräfte. Buel schätzt die in den Cylindern wirkende Dampfmenge, den Indicator-Diagrammen gemäss, auf 147,15 Pfd., oder 70 Proc. von 210 Pfd. der berechneten verdampften Wassermenge. Die Umstände, unter welchen der Dampf in der Maschine zur Arbeit gelangte, waren offenbar ungünstig. Der Dampf wurde nicht in genügendem Grade expandirt, sondern condensirte zum grossen Theil in den Cylindern. Die Kolbengeschwindigkeit war zu gering und selbst bei so geringer Geschwindigkeit betrug der Gegendruck auf die Kolben 5,15 Pfd. pro Quadratzoll oder 22 1/4 Proc. des Ueberdruckes.

Baxter.

Im Jahre 1872 brachte Baxter aus Newark, V. St., einen Dampfwagen, Fig. 125, in New-York zur Ansicht. Dieser Wagen ruhte auf vier 30 zölligen

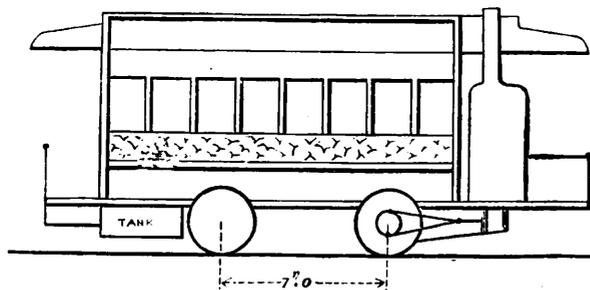


Fig. 125. Dampfwagen von Baxter, 1872. In 1/96 der natürl. Grösse.

(762 mm) Schalengussrädern, die 7 Fuss (2,1 m) mittleren Achsstand hatten, und wurde von einer Dampfmaschine mit zwei unter dem Boden liegenden Cylindern betrieben. Den Dampf lieferte ein verticaler Kessel von 26 Zoll (660 mm) Durchmesser und 4 1/2 Fuss (1371 mm) Höhe. Dieser Wagen hat sich, den Berichten zufolge, bewährt, indem er 52 Personen eine Steigung von 1:13 hinauf beförderte und auch kein Geräusch verursachte.

Grantham.

John Grantham, der die dringende Nothwendigkeit einsah, bei Strassenbahnen die Pferdekraft durch Dampfkraft zu ersetzen, liess sich im Jahre 1871 ein Dampfwagensystem patentiren, das aus einem gewöhnlichen Strassenbahnwagen bestand, in welchem die Triebkraft in die Mitte der Wagenlänge gelegt war. Im Jahre 1872 war sein Dampfwagen, Fig. 126, fertig; der Wagen selbst war in den „Oldbury Carriage Works“ hergestellt und die Maschinen und Kessel waren nach Grantham's Zeichnung, von Merryweather & Sons geliefert worden. Es war dies der erste in England construirte Dampfwagen für Strassenbahnen. An jeder Seite des Wagens war ein Kesselraum angebracht, der einen aufrechten Kessel enthielt; zwischen den beiden Kesseln war in der Mitte ein Durchgang gelassen, um ein freies Hin- und Hergehen von einem Ende des Wagens zum andern zu gestatten. Die Kessel waren nach dem Field-System construiert; sie hatten hängende Wasserröhren mit inneren Circulationsröhren. Der Durchmesser der Kessel war 18 Zoll (457 mm) und ihre Höhe betrug

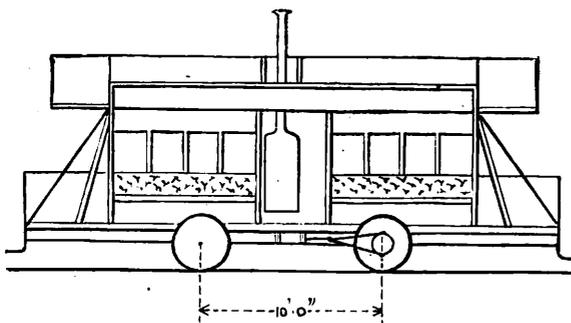


Fig. 126. Dampfwagen von John Grantham, 1872.

4 Fuss 4 Zoll (1320 mm); der Feuerrost eines jeden Kessels hatte 15 Zoll (380 mm) im Durchmesser. Die Maschinerie war unter dem Boden angebracht. Die Dampfeylinder hatten 4 Zoll (101 mm) Durchmesser bei 10 Zoll (254 mm) Hubhöhe und standen mit einem einzigen Paar Treibrädern von 30 Zoll (762 mm) Durchmesser

in Verbindung. Der Wagen hatte vier Räder, mit 10 Fuss (3 m) Abstand zwischen den Achsen. Die eine Achse war Treibachse, die andere hatte ein lose auf einer Büchse sitzendes Rad, sodass die Räder unabhängig voneinander sich bewegen konnten. Der Wagen war 30 Fuss (9,1 m) lang und enthielt Sitze für 44 Passagiere — 20 innen und 24 aussen. Das Gewicht des leeren Wagens betrug $6\frac{1}{2}$ Tons. Zu Anfang des Jahres 1873 wurde der Dampfswagen versuchsweise auf einer kurzen ebenen Strassenbahnstrecke — 350 Yards lang — zu West-Brompton in Betrieb gesetzt, wo er eine Zeit lang ziemlich befriedigend mit Dampf von 90 Pfd. (6,5 Atmosphären) Druck arbeitete. Er durchlief die Linie mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 11 Meilen pro Stunde, einschliesslich des Anhaltens und Wiederabfahrens. Obschon jedoch ein Dampfswagen auf einer Eisenbahn sich ganz gut bewähren mag, so kann er doch auf einer Strassenbahn, wo der Widerstand ein viel grösserer ist, unzweckmässig sein; das mag auch den Misserfolg des Grantham-Wagens erklären, als derselbe im November 1873 auf einem Theil der „London Tramways“ zwischen Victoria-Station und Vauxhall-Bridge probirt wurde; möglich auch, dass, wie der „Engineer“ bemerkt, die durch das Gedränge auf dem Wagen verursachte Schwierigkeit beim Heizen viel zu dem Misserfolg beitrug.

Der Wagen wurde hierauf auf die „Wantage Tramway“ gebracht und dort in Betrieb gesetzt. Die Maschine erzeugte jedoch nicht genügend Dampf, um die auf dieser Linie sehr bedeutenden Steigungen und Curven zu überwinden. Die „Wantage Tramway“ ist zwei Meilen lang; die steilste Steigung ist 1:47 auf 350 Yards und die schärfste Curve hat einen Radius von nur 75 Fuss (22,8 m). Die ungenügende Leistung der Kessel und die Gefahr getrennter Kessel machten den Grantham-Wagen, wie er zuerst construirt war, für die Verwendung auf gewöhnlichen Strassenbahnen ungeeignet. Er wurde daher auf Edward Wood's Anrathen abgeändert. Die Kessel wurden entfernt und ein einziger grosser verticaler Kessel von Shand, Mason & Co. construirt — mit zahlreichen kleinen Wasserröhren, die beinahe horizontal liegen, an deren Stelle gesetzt. Dieser neue Kessel, von dem später eine ausführliche Beschreibung folgt, war gleich den alten Kesseln in die Mitte des Wagens gelegt und durch einen Kasten vollständig abgeschlossen. Er liess einen Durchgang an der Seite frei, wodurch zwischen der ersten und zweiten Wagenklasse eine Verbindung hergestellt wurde. Neue Räder von kleinerem Durchmesser, 24 Zoll (609 mm), ersetzten die ursprünglichen; ein Paar derselben diente als Treibräder; von dem anderen Paare war das eine, wie vorher, lose, um das Befahren der Curven zu erleichtern. Der Wagen wird von jedem Ende durch abnehmbare Hebel gesteuert, mittelst welcher der Führer die Bewegungen desselben vollkommen zu beherrschen vermag. Die Länge des Wagens ist 27 Fuss 3 Zoll (8,3 m), bei 6 Fuss 6 Zoll (1,98 m) Breite und 11 Fuss 1 Zoll (3,37 m) Höhe. Das Nettogewicht des leeren Wagens beträgt $6\frac{1}{2}$ Tons, mit einem entsprechenden Vorrath von Coaks und Wasser 8 Tons. Er kann bequem 60 Personen aufnehmen, deren Gewicht rund 5 Tons beträgt, wodurch sich ein Bruttogewicht von 13 Tons für den beladenen Wagen ergibt.

Folgender Kostenauszug des Strassenbahn-Betriebs mit dem Grantham-Wagen basirt auf den Resultate der auf der „Wantage Tramway“ gemachten Erfahrungen. Man nimmt hierbei an, dass während des Jahres 26260 Meilen durchlaufen worden sind — gleich 72 Meilen pro Tag — obschon thatsächlich die Zahl der täglich auf der Wantage Linie zurückgelegten Meilen unter 40 war.

Wantage Tramway.

Approximative Betriebskosten des Grantham-Dampfagens.

1 Maschinenführer à 35 s. pro Woche	}	80 s.	£ 208	0 s.	0 d.
1 Heizer 25 „ „ „					
1 Conducteur 20 „ „ „					
Brennmaterial, 7 Pfd. Coaks pro Meile für 26260 Meilen = 82 Tons à 15 s.			61	10	0
Oel, Schmiere etc., à 1 s. pro Meile, für 26260 Meilen			27	7	1
Wasser, 1 s. pro Tag			18	5	0
Reparatur des Wagens und der Maschinerie, 1 s. pro Meile, für 26260 Meilen			109	8	4
Gesammtkosten			£ 424	10 s.	5 d.

oder 3,88 d. pro durchlaufene Meile.

Der zunächst nach Grantham's System construirte Wagen, Fig. 127, — obschon die Haupteigenthümlichkeit des Systems bei dem letztconstruirten Wagen beinahe ganz verschwindet — enthielt einige weitere Verbesserungen, die auf Anrathen Wood's gemacht wurden. Ein vierräderiges bewegliches Radgestell ersetzte hier die unabhängige Laufachse, während Kessel und Maschinerie an einem Ende des Wagens angebracht waren. Der Wagen war von der „Starbuck Car & Waggon Co.“ in Birkenhead construirt und für den Betrieb der Wiener Strassenbahn bestimmt. Maschinerie und Kessel wurden von Shand, Mason & Co. geliefert. Der Kessel hat liegende Wasserröhren, wie sie von der genannten Firma bei der Construction der Feuerspritzen angewendet werden. Die Feuerbüchse steht aufrecht; die Wasserröhren, von geringem Durchmesser, sind etwas geneigt in Reihen angeordnet, welche sich übereinander kreuzen. Die Maschinerie befindet sich unter der Plattform und die Wasserbehälter sind unter den Sitzen des Wagens angebracht. Die Cylinder haben 6 Zoll (152 mm) Durchmesser bei einer Hubhöhe von 9 Zoll (228 mm); die Treibräder haben 2 Fuss (609 mm) Durchmesser, die Bogie-Räder 20 Zoll (507 mm); letztere sind 3 Fuss (914 mm) von Achse zu Achse entfernt. Die Entfernung von dem Mittelpunkte

der Treibachse bis zu jenem des Radgestelles beträgt 8 Fuss (2,4 m). Auf dieser Unterstützungsfläche liegt der Wagen mit einer Gesamtlänge von 28½ Fuss (8,6 m), wovon 23½ Fuss (7,16 m) auf den Wagenkasten kommen, einschliesslich 14 Fuss (4,26 m) Raum für 24 Passagiere, und 9½ Fuss (2,9 m) auf den Kesselraum. Das Gesamtgewicht ist ca. 7 Tons brutto mit Passagieren, und liegen 3 Tons dieser Last auf den Treibrädern und 4 Tons auf dem Radgestell. Der Preis des Dampfwagens ist £ 750.

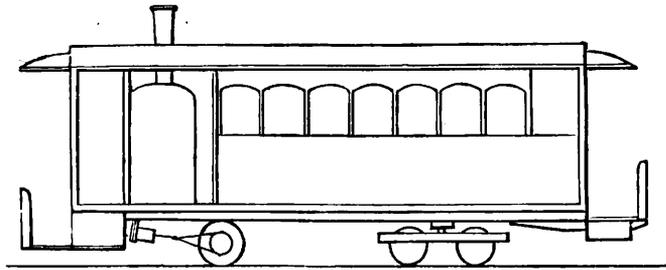


Fig. 127. Dampfwagen von Grantham, 1876.

Dieser Wagen wurde am 11. Mai 1876 auf der „Hoylake und Birkenhead Tramway“ probirt. Die Bahn ist 2½ Meilen lang, mit Curven von 35 Fuss (10 m) Radius und einer Maximalsteigung von 1:19. Der Wagen machte drei vollständige Doppeltouren und legte somit im ganzen 15 Meilen zurück, mit einer Last von 45 Passagieren. Der Kesseldruck betrug 100 Pfd. pro Quadratzoll. Die gewöhnliche Fahrgeschwindigkeit war ca. 10 Meilen pro Stunde; bei der Probe jedoch erreichte die Geschwindigkeit gelegentlich das Doppelte dieses Maasses. Der Wagen fuhr eine Steigung von 1:19 hinauf; würde er jedoch auf derselben angehalten haben, so hätte man ihn nicht wieder in Gang setzen können.

Nach der Ankunft an seinem Bestimmungsorte wurde am 28. Juli 1876 der Dampfwagen zur Probe auf der Wiener Strassenbahn über eine 2,40 Meilen lange Strecke zwischen der Semmeringer Strassenbahnstation und dem Centralfriedhof in Betrieb gesetzt. Die Entfernung wurde in 15 Minuten, oder in dem Verhältniss von 9½ Meilen pro Stunde einschliesslich der Haltezeit zurückgelegt. Die steilste Steigung war 1:48; dieselbe wurde mit einer Geschwindigkeit von 14 Meilen pro Stunde überwunden. Obschon der Kessel sehr schnell Dampf erzeugte, hat er für den Zweck als Tramwaymotor einen zu beschränkten Wasserraum und verlangt geschickte Wartung, um den Dampfdruck vor heftigen Schwankungen zu bewahren. Die regelmässige Betriebsgeschwindigkeit beträgt 10 bis 12 Meilen pro Stunde.

In Wood's jüngstem Entwurf des Grantham-Dampfwagens ist der Abstand zwischen dem Mittelpunkt der Treibachse und deren Radgestell auf 10 Fuss (3 m) erhöht worden.

Perkins.

Im Jahre 1874 wurde von der „Yorkshire Engine Company“ für die „Belgian Street Railway Company“ in Brüssel eine Strassenbahnlocomotive nach dem System von Loftus Perkins construiert. Dieselbe wurde durch Dampf mit einem Druck von 500 Pfd. pro Quadratzoll (36 Atmosphären) mittelst Compound-Cylinder betrieben, von welchen der erste einfach wirkende 2⁹/₁₆ Zoll (64 mm), der zweite doppelt wirkende 4³/₈ Zoll (110 mm) Durchmesser hatte. Von hier strömte der Dampf in einen Oberflächencondensator, der aus zwei Partien verticaler ½ zölliger (12 mm) Kupferröhren bestand, die sich zu beiden Seiten der Maschine befanden und zusammen eine Oberfläche von 700 oder 800 Quadratfuss (65 bis 75 Quadratmeter) boten. Der Dampf wurde durch die um die Aussenseite der Röhren streichende kalte Luft condensirt. Die oberen Enden der Röhren waren geschlossen bis auf eine kleine Oeffnung von ungefähr 1/16 Zoll Durchmesser, durch welche etwa vorhandener Dunst entweichen konnte. Der Kessel war aus gebogenen Eisenröhren hergestellt, die 2¼ Zoll (56 mm) inneren Durchmesser hatten und 3/8 Zoll (10 mm) dick waren; er war auf einen Druck von 2500 Pfd. pro Quadratzoll oder 167 Atmosphären geprüft. Als Brennmaterial wurde Coaks benutzt; der Luftzug wurde einfach durch die Höhe des Schornsteins bewirkt. Die Räder hatten 2 Fuss (609 mm) im Durchmesser, die Achsen einen Durchmesser von 2½ Zoll (63 mm), der an der Mitte auf 3¼ Zoll (72 mm) stieg. Die Geschwindigkeit der Kurbelwelle wurde durch ein Zahnradwerk reducirt, das einem Uebersetzungsverhältniss von 4 zu 1 entsprach, und die Bewegung durch Kuppelstangen von der zweiten Welle auf die Räder übertragen. Das Gewicht der Locomotive im Betriebszustand war nur 4 Tons. Die Dimensionen ihrer Theile scheinen im allgemeinen kaum genügend gewesen zu sein; die Kurbelwelle z. B. hatte nur 1⁵/₈ Zoll (41 mm) Durchmesser. Cramp berichtet, dass bei einer vorherigen Probe der belasteten Maschine, die zu Ende des Jahres 1874 auf der „Manchester and Sheffield Tramway“ stattfand, auf Steigungen von 1:200 bis 1:80 eine Geschwindigkeit von 15 Meilen pro Stunde erreicht wurde.

Die Maschine wurde dann nach Brüssel geschickt, wo sie einen einspännigen Personenwagen zu ziehen hatte. Vaucamps, der Director der „Belgian Street Railways“, schreibt in seinem Bericht über die Resultate der Ende 1874 angestellten Proben, dass das System vorzüglich sei: „In der That bemerkt man an der Maschine weder Rauch noch Entweichen des Dampfes in die Luft; sie verursacht kein Geräusch und erfordert keine Wasserzuführung während der Fahrt, ja im Nothfall selbst während mehrerer Tage.“ Spée, der im December 1875¹⁾ hierüber schrieb, äusserte ein minder günstiges Urtheil; aber er war „überzeugt, dass dieser Motor, mit geringen

1) „Exploitation des Chemins de Fer Américains par Traction Mécanique“, Seite 12.

Abänderungen, vollkommen entsprechen würde. Es werde nöthig sein, wenigstens zwei Cylinder anzuwenden (wahrscheinlich meinte er zwei Systeme von Compound-Cylindern). Der Druck, 35 Atmosphären, infolge dessen es schwer ist, die Dichtungen in Stand zu halten, scheinete nicht unumgänglich notwendig zu sein. Der Condensator, fügte er hinzu, „ist nicht wirksam genug, denn die äusseren Reihen von Röhren, welche die anderen decken, verhindern ein genügendes Auskühlen der letzteren.“ Vaucamps scheint in der Folge diese Ansichten getheilt zu haben, denn 1875 wendete er zwei Systeme von Doppelcylindern für die Maschine mit einer Art schwerer und complicirter Frictionskuppelung an, um die Locomotive nach jeder Richtung bewegen zu können; dieses Triebwerk verursachte jedoch heftige Stösse. „Nachdem er es mit dieser Kuppelung eine Weile versucht hatte“, sagt Spée „beschloss Vaucamps die Maschine zu zerlegen und sie als altes Eisen zu verkaufen.“

Perkins' Strassenbahnlocomotive ist auf Tafel XVI Fig. 5—6, nach kürzlich von ihm selbst ausgearbeiteten Zeichnungen und Details abgebildet. Diese Maschine soll später beschrieben werden.

Société Métallurgique.

Die Société Métallurgique et Charbonnière in Belgien construirte, nach Spée's Angabe, im Jahre 1875 eine Locomotive, die mit einer dreicylindrigen Maschine nach Brotherhood's System ausgestattet war. Die hohe Geschwindigkeit der Maschine war bei dem ersten Entwurf mittelst endloser Kette und Rad reducirt, in der Absicht, Geräusch zu vermeiden. Diese Vorrichtung brach jedoch mehrmals; auch fand man die Reibung und Abnutzung so bedeutend, dass bei einem zweiten Entwurfe die Uebersetzung durch Zahnräder bewirkt wurde. Von den auf der letzten Triebwelle sitzenden Kurbeln wurden die Räder durch Pleuelstangen in Umdrehung versetzt. An der ersten Welle der Maschine war ein Schwungrad angebracht, um das Geräusch des Triebwerks zu verhindern. Die Locomotive gleicht in ihrer äusseren Erscheinung einem Omnibus. Der Körper derselben ist 7 Fuss 2 Zoll (2,18 m) lang und 6 Fuss 8 Zoll (2 m) breit; die Gesamtlänge des Rahmens ist $11\frac{1}{2}$ Fuss (3,5 m). Die Achsen der vier gekuppelten Räder sind 3 Fuss 7 Zoll (1,09 m) von Mitte zu Mitte entfernt. Der Kessel ist von dem „explosionssicheren“ Belleville Typus und besteht aus Wasserröhren, die für schnelles Verdampfen eingerichtet sind, nur mit dem natürlichen Luftzug des Schornsteins. Er wird durch eine Dampfmaschine selbstthätig gespeist. Der Dampf wird etwas überhitzt und strömt in einen Oberflächencondensator, von wo der übrige nicht-condensirte Dampf mit Luft vermischt in den Schornstein geführt wird. Das Princip des Condensators besteht in der Theilung des Abdampfes in eine Anzahl Strahlen, von welchen jeder mittelst einer konischen Düse Luftströme einsaugt, um den Dampf zu condensiren. Die Locomotive wiegt 6 Tons und führt einen Vorrath an Coaks und Wasser für 4 bis 5 Meilen mit sich. Man fand jedoch, dass die Condensation sich nur unvollständig vollzog, wenn die Luft warm oder trocken war, und dehnte bei einer in der Folge construirten Locomotive derselben Art die Condensationsfläche auf das Fünffache derjenigen der ersten Maschine aus. Um das Oelen der Cylinder zu erleichtern, hat man dieselben horizontal auf der Plattform in der Nähe des Führers angebracht. Der Heizer, dessen Platz unter dem Dache ist, hat für Feuerung und Wasser zu sorgen.

Im August 1875 wurde in Kopenhagen eine von A. Kohl, einem dänischen Ingenieur, construirte Strassenbahnlocomotive auf der von der „American Omnibus Company“ betriebenen Strassenbahn probirt. Sie wog im Betriebszustand über 5 Tons und beförderte zwei amerikanische Strassenbahnwagen mit Passagieren.

Smith & Mygind.

Im December 1875 wurde eine von Smith & Mygind in Kopenhagen construirte Locomotive auf den dortigen Strassenbahnen in Betrieb gesetzt, um Personenwagen zu befördern. Der Kessel hatte, nach Spée, den Typus der Locomotivkessel und waren Compound-Cylinder angewendet. Der Abdampf wurde in einem Oberflächen-Condensator verdichtet, der eine für eine Stunde genügende Wassermenge enthielt.

Franco.

Im Jahre 1875 liess sich Léon Franco eine Heisswasser-Locomotive patentiren, die einige Verbesserungen der Dr. Lamm'schen Maschine aufweist. Das Reservoir hat 3 Fuss 9 Zoll (1143 mm) Durchmesser, ist ca. 6 Fuss 8 Zoll (2,03 m) lang und zu etwa drei Viertel seines Rauminhaltes — 50 bis 60 Kubikfuss (1,4—1,69 cbm) — mit Wasser gefüllt, welches mit einem oder mehreren stationären Kesseln in Verbindung gebracht wird, aus welchen der Dampf durch eine durchlochte Röhre in das Wasser einströmt. Der Kesseldampf hat einen Druck von 156 Pfd. pro Quadratzoll (10 At), während der in dem Reservoir erzielte Druck 135 Pfd. pro Quadratzoll (9 At) beträgt. Würde die Einströmung lange genug fortgesetzt, so würde der Druck im Reservoir dem Kessel-Druck gleich kommen; der Grad der Wärmeabsorption und Druckzunahme sinkt jedoch bei erhöhtem Druck allmählich, und fand man es der Ersparniss wegen zweckmässig, den Erhitzungsprocess auf einer niedrigeren Grenze des Druckes und der Temperatur als die des Kessels einzustellen. Der Dampf wird aus dem Reservoir in eine Zwischenkammer geleitet und dort mittelst eines Drosselventils auf einer bestimmten Druckhöhe erhalten. Ein

Paar verticale Cylinder von ca. 6 Zoll (152 mm) Durchmesser und 12 Zoll (304 mm) Hubhöhe setzen eine zwischenliegende Kurbelwelle in Bewegung, von welcher aus die vier Räder mittelst zwei äusserer Kuppelstangen betrieben werden. Die Räder haben ca. 26 Zoll (660 mm) Durchmesser und die beiden Achsen einen Abstand von 4 Fuss 6 Zoll (1371 mm). Durch ein System von doppelten Radgestellen ist das Befahren der Curven erleichtert. Die Locomotive wird durch eine Bremse mit 8 Blöcken controlirt, welche der Reihe nach auf die Räder wirken. Das Anhalten wird auf diese Weise prompt und ohne Stoss bewirkt. Der Abdampf strömt in zwei Oberflächen-Condensatoren, deren einer an jeder Seite des Wagens sich befindet und die aus je einer Gruppe kleiner kupferner Röhren bestehen. Man beabsichtigt, drei Cylinder nach Art der Compound-Maschine wirken zu lassen. Das Gewicht der Locomotive ist sehr bedeutend, indem dasselbe leer 6,50, belastet 8,30 Tons beträgt.

Bei Probefahrten mit dieser Maschine auf der Strassenbahn zwischen St. Augustin und dem Boulevard Bineau — eine Entfernung von $2\frac{1}{2}$ Meilen —, wobei dieselbe einen 2 Tons schweren Omnibus mit 8 Passagieren zog, wurde die Beobachtung gemacht, dass während einer Doppelfahrt von 5 Meilen der Druck im Reservoir von 156 Pfd. (10 At) auf 50 Pfd. (3 At) pro Quadratzoll sank. Während der ersten 10 Minuten des Betriebes war kein Abdampf sichtbar; später jedoch entwich eine beträchtliche Menge Dampf, der sich für die in einem von Pferden gezogenen Wagen nachfolgenden Passagiere sehr lästig erwies.

Bei den jüngst entworfenen Maschinen nach Francq's System, die von Cail construirt wurden, haben die Räder 30 Zoll (762 mm) Durchmesser und die Achsen sind 4 Fuss 3 Zoll (1295 mm) voneinander entfernt, damit die Maschine mit Leichtigkeit Curven von 15 m Radius befahren kann. Das cylindrische Reservoir aus 0,56 Zoll (13 mm) dickem Stahlblech, mit Kork und Holz verkleidet, hat 1 m Durchmesser und 2 m Länge. Die zulässige Druckgrenze ist 213 Pfd. pro Quadratzoll, nahezu 15 At; der Regulator ist so angeordnet, dass der Führer vor der Abfahrt den Maximalkolbendruck feststellen und ebenso den Druck reduciren kann, je nachdem es die Maschine erfordert. Der Dampf wird in ein gusseisernes Gefäss ausgeblasen und strömt von hier aus in einen über dem Reservoir angebrachten Condensator, ehe er in die Luft entweicht.

Es mögen hier die Vortheile aufgezählt werden, die Francq ausdrücklich für seine Maschine geltend macht: 1. die billige Dampferzeugung in einem feststehenden Kessel, wobei Rohkohle benutzt wird; 2. Verminderung der todtten Last, da kein Brennmaterial auf der Maschine mitgeführt wird; 3. Anwendung eines hohen Druckes auf ansteigendem und kein Entweichen des Dampfes auf abfallendem Terrain; 4. Verminderung der Zahl der Bediensteten, da ein einziger Mann im stande ist, die Maschine zu führen und zu überwachen.

Todd.

Zu Anfang des Jahres 1875 construirt L. J. Todd einen Heisswasser-Dampfwagen, Fig. 128 und 129, bei welchem sich Reservoirs und Maschinerie unter dem Boden des Wagens befinden. Von den beiden Reservoirs,

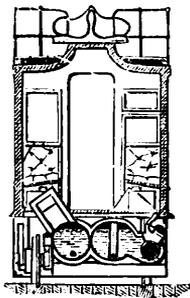
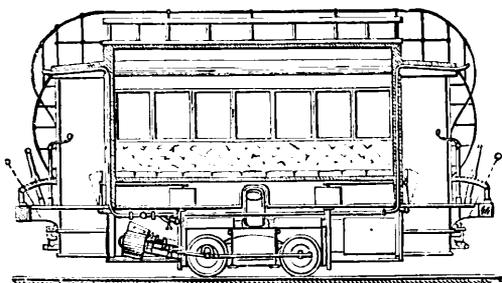


Fig. 128 und 129. Heisswasser-Dampfwagen von L. J. Todd. In ca. $\frac{1}{96}$ der natürl. Grösse.

welche die Form von Kesseln mit Domen haben, fasst jedes 30 Kubikfuss (0,84 cbm) heisses Wasser; dieselben sind mit nichtleitendem Material gut verkleidet. Die Cylinder haben 9 Zoll (228 mm) Durchmesser bei 8 Zoll (203 mm) Hubhöhe und stehen mit einem Räderpaar in directer Verbindung. Die zwei Paar 24zölliger (609 mm) Räder sind gekuppelt, um die Adhäsion zu erhöhen, und haben 4 Fuss 6 Zoll (1371 mm) Achsenstand. Die Cylinder sind von grossen Mänteln umgeben, durch welche das heisse Wasser einströmen kann, und werden so im Reservoir auf der höchsten Temperatur erhalten; hierdurch wird eine erhöhte Wirkung des Dampfes im Cylinder erzielt und der Dampf vor dem Ausströmen einigermaassen überhitzt. Es ist keine besondere Vorrichtung vorhanden, um den unter dem Dache am Wagenende austretenden Abdampf unsichtbar zu machen. Der Wagenkasten ist im ganzen 14 Fuss (4,26 m) lang und 7 Fuss (2,1 m) breit; die äusserste Länge über den Buffern beträgt 22 Fuss 6 Zoll (6,85 m). Auf dem Dache befinden sich zwei Sitzreihen; das Gewicht des Wagens im Betriebszustande beträgt $6\frac{1}{2}$ Tons.

Bède & Co.

Die belgische Firma Bède & Co. construirt im Jahre 1875 einen Heisswasser-Dampfwagen für die „Société Générale de Tramways“. Die Reservoirs bestehen bei demselben aus vier kleinen unter den Sitzen angebrachten Horizontalcylindern und zwei Verticalcylindern zu beiden Seiten des Wagens, die in letzterem eingeschlossen sind und zwischen den Abtheilungen der ersten und zweiten Classe einen Durchgang frei lassen. Der im oberen Theil der Verticalcylinder abgesonderte Dampf zieht in einer Röhre durch das heisse Wasser in die drei mit Steuermechanismus versehenen Dampfzylinder; die letzteren haben $4\frac{1}{2}$ Zoll (114 mm) Durchmesser und

14,2 Zoll (367 mm) Hubhöhe und stehen mit einer dreifach gekurbelten Achse mit 28 zölligen (711 mm) Rädern in Verbindung. Diese Achse ist unter der Mitte des Wagens angebracht, an welchem ursprünglich zwei andere Achsen mit lose auf denselben sitzenden Rädern angeordnet waren. Eins der Räderpaare wurde entfernt und das andere auf der Achse befestigt; dieselben sind jedoch nicht gekuppelt. Das Reservoir fasst 50 Kubikfuss (1,4 cbm) Wasser, das auf 365° F. (185° Cel.) erhitzt wird, um einen wirksamen Druck von 10 At. oder 162 Pfd. pro Quadratzoll herzustellen. Der Wärmeverrath genügt auf die Dauer von 50 Minuten bei der gewöhnlichen Fahrgeschwindigkeit auf Strassenbahnen bei einer Belastung von 1,60 Tons. Der Wagen bewegt sich mit Leichtigkeit auf Curven von 40 Fuss (12 m) Radius und überwindet eine Steigung von 1:28 mit einem Druck von 4 1/2 At. oder 66 Pfd. pro Quadratzoll; derselbe ist schnell und ohne Stoss anzuhalten und in Gang zu setzen. Der Abdampf strömt in eine Kammer, die so angeordnet ist, dass sie das Wasser von dem Dampfe scheidet und das Geräusch des letzteren beim Entweichen fast unhörbar macht.¹⁾

Es erhellt aus kürzlich veröffentlichten Berichten, dass diese Maschine in Belgien täglich regelmässig und erfolgreich in Thätigkeit gewesen ist.²⁾ Das Reservoir wird alle zwei Stunden neu gefüllt, was eine Viertelstunde erfordert; die Cylinder, aus welchen dasselbe besteht, sind mit Holzverkleidung und gesponnenem Glas umgeben. Ein Kaltwasserbehälter dient zur Condensation des ausströmenden Dampfes; wie man hört, werden gegenwärtig vier horizontale Dampfcylinder, zwei an jedem Ende, angewendet, die beim Uebergang der bereits erwähnten steilsten Steigungen sämmtlich in Thätigkeit sind. Die erreichte Geschwindigkeit ist auf ebenem Terrain 10 Meilen pro Stunde; zum Schmieren wird, um den unangenehmen Oelgeruch zu vermeiden, Talg angewendet. Steuerungs- und andere Hebel sind an beiden Wagenenden angebracht. Die Maschine wird demnächst (September 1877) einigen Abänderungen unterworfen werden, welche den Zweck haben, die Anordnung des Mechanismus zu verbessern.

Merryweather.

Merryweather & Sons, die durch eine langjährige und erfolgreiche Praxis im Bau von Dampfeuerspritzen in den Stand gesetzt waren, die besonderen Erfordernisse leichter Locomotiven für den Strassenbahnbetrieb richtig zu würdigen, befassten sich schon frühzeitig mit Entwurf und Ausführung von Strassenbahnmaschinen. Wie bereits erwähnt, construirte diese Firma die Maschinerie für den ersten Dampfwagen, der 1872 nach Grantham's Entwurf für englische Strassenbahnen gebaut wurde; dieselbe nahm ihr erstes Patent für Strassenbahnmaschinen eigener Erfindung im April 1875. Die ersten von der Firma nach diesem System construirten Maschinen waren die für G. P. Harding zum Betrieb der 4 1/2 Meilen langen Pariser Strassenbahnlinie zwischen der Bastille und der Eisenbahnstation von Mont Parnasse. Die erste derselben wurde im November 1875 in Gang gesetzt; gegenwärtig (Januar 1878) sind 36 der Merryweather'schen Maschinen auf dieser Linie in regelmässigem Betrieb; ebenso functioniren 10 ihrer Maschinen auf der Linie von der Bastille nach St. Mandé. Zeichnung und Construction der Maschinen sind selbstverständlich vielfach verbessert worden; bei den früheren strömte ein Theil des Abdampfes in den Aschenkasten, ging durch das Feuer, um überhitzt zu werden, und entwich hierauf, nachdem er sich mit dem übrigen Theil wieder vermischt hatte, direct in den Schornstein, um demselben weniger sichtbar zu entströmen; bei neueren Entwürfen hingegen wird der Dampf mittelst eines „selbstthätig absorbirenden“ Apparates abgeleitet — eine einfache Vorrichtung, wobei derselbe durch kaltes Wasser condensirt wird. Die Merryweather'sche Maschine soll später in allen Details ausführlich beschrieben werden.

Henry Hughes.

Zu Anfang des Jahres 1876 wurde von Henry Hughes eine Strassenbahnlocomotive eingeführt. „Das Resultat meiner Versuche“ sagt derselbe in seiner Zeugenvernehmung vor dem Comité zur Untersuchung mechanischer Kraft auf Strassenbahnen „besteht darin, dass ich eine Maschine von dem gewöhnlichen Locomotivtypus producirt habe, die in Betrieb gesetzt werden kann, ohne irgend Dampf zu zeigen, geräuschlos arbeitet und in welcher der Dampf ohne Hilfe eines Gebläses unterhalten werden kann; auch zeigt dieselbe keinen Rauch, da Coaks als Brennmaterial angewendet wird. Die Maschine ist in einen gewöhnlichen Wagen eingeschlossen, sodass die Pferde ebensowenig wie vor anderen Fuhrwerken scheuen.“ Dies sind in Kürze die Bedingungen für den Erfolg der mechanischen Kraft auf Strassenbahnen. Auf die Vorrichtung zur Condensation des Dampfes, welche bei dieser Maschine neu ist, nahm Hughes im Januar 1876 ein Patent. Jeder Dampfstrom wird, sobald er aus dem Auslassrohr tritt, durch einen Guss kalten Wassers, das im Augenblick des Ausströmens in regelmässigen Quantitäten abgelassen wird, selbstthätig condensirt. Die sich ergebende Heisswassermischung wird bei einer Temperatur von 170° F. (78° Cel.) in einen Ausgusskasten entleert; innerhalb dieser Temperaturgrenze sondert sich nur wenig sichtbarer Dampf aus dem abgelassenen Wasser ab. Lässt man jedoch die Temperatur über 82° Cel. steigen, so entweicht eine Menge sichtbaren Dampfes. Das Kessel-Speisewasser wird diesem Behälter entnommen und der Rest des heissen Wassers unterwegs oder am Ende der Fahrt ausgeschüttet. Es wird angegeben, dass auf einer

1) Diese Details sind dem Bericht Spée's entlehnt.

2) „The Foreman Engineer and Draughtman“, September 1878, S. 138.

ebenen Linie 25 bis 30 Gallonen Wasser zur Condensation verbraucht werden. Nach Hughes braucht das Feuer während einer Fahrt von 10 Meilen nicht geschürt zu werden.

Die erste öffentliche Probefahrt mit der Hughes'schen Strassenbahnlocomotive fand am 27. März 1876 auf den „Leicester Tramways“ statt. Bei einer Fahrt von 4 Meilen war theilweise eine Steigung von 1:22 zu überwinden. Die Maschine hatte zwei 6 zöllige (152 mm) Cylinder bei 12 Zoll (304 mm) Hubhöhe, die mit vier gekuppelten Rädern von 2 Fuss (609 mm) Durchmesser auf 4 Fuss (1219 mm) langer Radbasis in directer Verbindung standen. Der Kessel — ein gewöhnlicher Locomotivkessel — hatte 120 Quadratfuss (11 qm) Heizfläche; ein hölzerner Kasten, der dem Coupé eines Strassenbahnwagens glich, umschloss Kessel und Maschine; Räder und Pleuelstangen waren durch Platten aus Eisenblech verdeckt. Der durch das Dach aufsteigende Schornstein war von hinreichender Länge zur Erzielung des zur Dampfgewinnung erforderlichen Luftzuges; der Dampf wurde auf einem Druck von ca. 120 Pfd. (8 At.) pro Quadratzoll erhalten. Die mitgeführte Menge des Condensationswassers betrug 300 Gallonen, welche angeblich für eine Fahrt von 6 Meilen auf ansteigendem Terrain bei kalter Witterung ausreichen würden. Das Gewicht des Dampfwagens im Betriebszustande betrug ca. 5 Tons.

Die Locomotive war mit einem einspännigen Wagen verkuppelt, der 16 Passagiere in seinem Innern aufnehmen konnte; während der Probefahrt trug derselbe 25 Personen und muss demnach sein Gesamtgewicht ca. 3 1/2 Tons, das Bruttogewicht des Zuges etwa 8 1/2 Tons betragen haben. Die Geschwindigkeit war im allgemeinen ca. 8 Meilen pro Stunde; eine oder zwei steile Steigungen auf Brücken wurden mit verminderter Geschwindigkeit leicht überwunden. Während der ganzen Fahrt zeigte sich kein entweichender Dampf, ausser einmal bei Gelegenheit einer steilen Steigung, wo ein klein wenig Dampf ausströmte, der aber schnell wieder verschwand.¹⁾

Dieselbe Maschine wurde, nach Hughes, auf der Leicester-Linie mehrere Wochen lang täglich für den Personenverkehr benutzt; die durchschnittliche Geschwindigkeit war 6 Meilen pro Stunde.

Hughes' Maschinen sind auf den Strassenbahnen in Edinburgh und Sheffield und den „Vale of Clyde-Tramways“ in Glasgow gleichfalls versuchsweise in Betrieb gewesen. Für den Verkehr auf dieser letzteren Linie wird Dampfkraft benutzt und wurde zu diesem Zwecke zu Anfang des Jahres 1877 mit Hughes ein Contract geschlossen. Die Locomotiven, sechs an der Zahl, wiegen leer je 4 3/4 Tons, mit Brennmaterial und Wasser 6 Tons; dieselben erreichen einen Kesseldruck von 150 Pfd. (10 At.) pro Quadratzoll; der durchschnittliche Druck beträgt jedoch 100—120 Pfd. (ca. 7—8 At.). Nach den mit dieser Maschine in Glasgow gemachten Erfahrungen wurde berechnet, dass die Betriebskosten für 70 Meilen täglich, incl. Heizmaterial, Oel, Wasser, Beschiekung und Führung, ungefähr 2,30 d. pro durchlaufene Meile (12 Pfennige pro Kilometer) betragen.

Baldwin Locomotive Works, Philadelphia.

In Amerika wurde im Jahre 1875 in den „Baldwin Locomotive Works“ ein Dampfwagen gebaut, welcher versuchsweise auf der Atlantic Avenue Railway (Tramway) in Brooklyn während der ersten Hälfte des Jahres 1876 in Betrieb war. Derselbe wurde von einem einzigen Maschinisten geführt und in Stand gehalten und consumirte 7—8 Pfd. Kohle pro durchlaufene Meile. Nachts und morgens zog er einen zweiten Personenwagen von und nach New-York; bei verschiedenen Gelegenheiten erreichte man mit demselben eine Geschwindigkeit von 16—18 Meilen pro Stunde. Im Juni 1876 wurde der Dampfwagen nach Philadelphia versetzt, wo er auf der Market Street-Linie beinahe bis zum Schlusse der Weltausstellung in Betrieb war. Die unter dem Wagenkasten angebrachten Dampfzylinder standen mit einer mit den Vorderrädern verkuppelten gekröpften Achse in Verbindung; die Hinterräder waren Laufräder. Auf einer mit dem hölzernen Wagenrahmen verschraubten eisernen Grundplatte ruhte die Maschine. Diese Art der Construction wurde jedoch nicht annehmbar befunden, da das Rahmenwerk für den Zweck nicht stark



Fig. 130. Dampfwagen der Baldwin Locomotiv-Works.

genug, auch die gekröpfte Achse leicht einem Bruche ausgesetzt war. Der Wagen wurde daher Ende 1876 zum Zweck des Umbaues nach den Baldwin Works zurückgeschickt. Man stellte hierauf ein eisernes Rahmenwerk her, auf welchem ein stehender Kessel und die Maschine, unabhängig von dem mit dem Rahmenwerk verbolzten Wagenkasten, befestigt waren; ausserhalb desselben lagen die horizontalen Cylinder. Auf diese Weise konnten vorhandene Wagen verwendet werden, indem man den Wagenkasten auf ein zur Aufnahme und zum Tragen desselben geeignetes Maschinengestell befestigte. Das Drosselventil war dicht an den Cylindern angebracht — ein glücklicher Gedanke, da man so den Vortheil hatte, die Maschine rasch anhalten und in Gang setzen zu können. Der Wagen ruhte auf Kautschukfedern mit Querstangen zur Ausgleichung des Druckes; die gleichmässige Bewegung wurde durch die Wirkung der Maschine nicht beeinträchtigt. Der Kessel war aus Stahl, doppelt genietet und darauf berechnet, mit Sicherheit einen Dampfdruck von 300 Pfd. pro Quadratzoll (20 At.) auszuhalten; ein Druck von 90 Pfd. (6 At.) genügte jedoch, um den belasteten Wagen über die

1) Die Details dieser Fahrt sind dem „Engineer“ vom 31. März 1876, S. 232 entnommen.

steilsten Steigungen auf der Market Street-Linie — ca. 1:22 — ohne Beistand zu befördern. Der umgebaute Dampfwagen (Holzschnitt Fig. 130), welcher der „Baldwin“ benannt wurde, kam am 21. März 1877 auf die Market Street Tramway zurück und war 4 Wochen lang, bis zum 18. April, in regelmässigem Betrieb, wobei er an allen 7 Tagen der Woche 88 Meilen täglich zurücklegte.

Der Dampfwagen verbrauchte wöchentlich bei einer Fahrt von $(7 \times 88) = 616$ Meilen 4950 Pfd. Brennmaterial (Kohlen), mithin 8,03 Pfd. pro durchlaufene Meile; während der 4 Wochen bedurfte derselbe keinerlei Reparatur. Die wirklichen täglichen Ausgaben nebst Ueberschlagskosten für Unterhaltung und Interessen waren folgende:

Brennmaterial, 88 Meilen zu 8 Pfd. pro Meile, gleich			
704 Pfd. à 4 Dollars pro Ton	1,26	Dollars oder	5 s. 3 d.
Öel, Talg und Putzwolle	0,25	„ „	1 „ 0 1/2 „
Gehalt des Maschinisten, 16 Stunden à 25 Cents . .	4,00	„ „	16 „ 8 „
Reparatur und Instandhaltung des Wagens und der Maschine	1,00	„ „	4 „ 2 „
	Betriebskosten:	6,51	Dollars oder 27 s. 1 1/2 d.
Tägliche Interessen der Kosten des Dampfwagens, 3000 Dollars oder 625 l. à 6 Procent jährlich	0,49	Dollars oder	2 s. 0 1/2 d.
Gesamtkosten pro Tag (4 d. pro durchlaufene Meile)	7,00	Dollars oder	29 s. 2 d.

Die Baldwin Company construirte auch eine Strassenbahnlocomotive mit Kesseln und Cylindern von gleichem Rauminhalt wie die des Dampfwagens, auf eisernem Gestell, deren Gesamtgewicht einschliesslich der Wasserbehälter 12000 Pfd. oder 5,35 Tons betrug. Die ganze Last lag innerhalb der Radbasis, um Stossen und Schaukeln zu vermeiden. Eine Locomotive dieser Art wurde 1876 für die Citizens Railway in Baltimore gebaut, deren Maximalsteigungen 1:14,3 sind; dieselbe war im stande, einen Wagen die Steigung hinauf zu befördern, doch reichte ihre Kraft zu dem gleichen Zwecke für zwei Wagen nicht aus. Eine zweite Maschine von ca. 7,2 Tons Gewicht wurde im December 1876 gebaut und geliefert; während heftiger Schneestürme beförderte dieselbe einen Wagen mit 100 Passagieren über die Maximalsteigung, obschon die Geleise stellenweise 8—10 Zoll tief mit Schnee und Schmutz bedeckt waren, und konnte mit Leichtigkeit einen belasteten Wagen fortbewegen, für welchen sonst vier Pferde erforderlich waren. Bei günstigerem Wetter arbeitete die Locomotive regelmässig, indem sie zwei Wagen über die Steigung beförderte.

Folgendes sind Angaben — zum Zwecke des Vergleiches — über die Betriebskosten bei Pferdebahnen, welche den Berichten verschiedener Pferdebahngesellschaften in Philadelphia entnommen sind:

Tägliche Betriebskosten eines zweispännigen Wagens.

Anschaffungskosten für 1 Wagen 1000 Dollars oder	£ 258	6 s. 8 d.
Ditto „ 9 Pferde à 140 Dollars oder £ 29 3 s. 4 d. „	262	10 „ 0 „

Fütterungs- und Stallkosten (Futter, Stroh, Stallknechte, Medicamente etc.) für 9 Pferde à 46 Cents oder 1 s. 11 d.	17	s. 3 d.
Hufbeschlag für 9 Pferde à 6 Cents oder 3 d.	2	„ 3 „
Instandhaltung der Geschirre der 9 Pferde à 2 Cents oder 1 d.	0	„ 9 „
Unterhaltung von 9 Pferden à 33 1/3 Proc. pro Jahr für Entwerthung, gleich täglich (für 9 Pferde)	4	„ 9 1/2 „
Unterhaltung des Wagens	1	„ 8 „
Gehalt des Führers	7	„ 3 1/2 „
Tägliche Interessen der Kosten des Wagens und der 9 Pferde à 6 Proc. jährlich	1	„ 6 1/2 „

Im ganzen 35 s. 6 1/2 d.

Vergleicht man diesen Betrag mit den auf 29 s. 2 d. täglich veranschlagten Betriebskosten eines Dampfwagens, so ergibt sich eine Differenz von 6 s. 4 1/2 d. täglich zu gunsten des letzteren.

Louis Ransom.

Louis Ransom's Dampfwagen ist so construiert, dass die Maschine leicht bereits vorhandenen Wagen angepasst werden kann. Eine doppelt gekröpfte Achse mit Treibrädern für innen liegende Cylinder vertritt hier die Stelle des einen Paares gewöhnlicher Räder und die Maschine ist horizontal unter dem Fussboden angebracht. Die beiden Cylinder sind aus einem Stück gegossen und stehen mit der Treibachse mittelst dreier Stangen in Verbindung, welche die Lager der Achsen enthalten und das Gestell der Maschine bilden. Die Steuerung besteht aus einer oscillirenden Expansionscoullisse, die in der Mitte auf einem Zapfen schwingt und durch zwei Excenter bewegt wird. Die Schieberstange ist mit der Coullisse durch eine Lenkstange verbunden, welche zum Zweck des Umsteuerns und der Veränderung des Expansionsgrades vertical verstellbar ist. Das vordere Ende des Maschinen-

gestells an den Cylindern wird von einem an dem Boden des Wagenkastens befestigten Halter getragen; durch diese Anordnung ist die Maschine an drei Punkten aufgehängt und zum Zwecke einer Reparatur leicht abzunehmen. Leichte Reparaturen können ausgeführt werden, indem man einfach das vordere Ende des Gestells von dem Wagenkörper ablöst und von der Kurbelachse herabhängen lässt. Die Maschine ist zum Zweck der Wartung durch Fallthüren im Boden zugänglich; dieselbe ist in einen so vollkommen staubdichten Kasten eingeschlossen, dass selbst wenn der Wagen den ganzen Tag durch staubige Strassen fährt, die Maschine ganz frei von Staub bleibt und thatsächlich mit Wassertropfen bedeckt ist, welche durch die geringe Menge des aus den Stopfbüchsen entweichenden condensirten Dampfes entstehen. Der Kessel ist etwas vor der Vorderachse angebracht; der Wasserbehälter befindet sich an dem hinteren Ende unter dem Fussboden. Der Kasten des Personenwagens lastet fast gleichmässig vor und hinter der Hinterachse. Das beim Ausströmen des Dampfes entstehende Geräusch wird dadurch gedämpft, dass derselbe durch eine mit kleinen Kugeln oder Kieselsteinen gefüllte Büchse geleitet wird.

Der Wagenkasten ist 16 Fuss (4,8 m) lang und hat Sitze für 22 Passagiere. Die Radbasis ist 7 Fuss (2,1 m) länger als sonst gebräuchlich; der Wagen fährt dadurch aber nur um so sicherer; auch soll ein wogender Gang der Maschine beim Befahren unebener Stellen weniger stattfinden, obgleich der Widerstand auf Curven ein grösserer ist als bei kürzerem Radstand. Die Cylinder haben $5\frac{1}{4}$ Zoll (133 mm) Durchmesser und 14 Zoll (355 mm) Hubhöhe; der stehende Kessel ist 3 Fuss 1 Zoll (939 mm) im Durchmesser und 4 Fuss 8 Zoll (1422 mm) hoch aus einem Blech von Holzkohleneisen Nr. 18 hergestellt; derselbe besteht aus 300 verticalen Zugröhren von $1\frac{1}{4}$ Zoll (31 mm) Durchmesser und 12 Zoll (304 mm) Länge, die zusammen eine Heizfläche von 116 Quadratfuss (10,7 qm) für eine Rostfläche von $6\frac{1}{2}$ Quadratfuss (0,6 qm) ergeben. Der Kesseldruck beträgt 120 Pfd. pro Quadratfuss (8 At.), doch ist der Kessel auf einen Druck von 200 Pfd. (13 At.) geprüft; der Dampfraum hat den 26fachen Rauminhalt eines Cylinders der Maschine. Der Wagen ist mit einer Dampfbremse versehen, deren Cylinder $3\frac{1}{2}$ Zoll (88 mm) Durchmesser bei einer Hubhöhe von 8 Zoll (203 mm) hat. Die Kolbenstange ist durch eine in einen gezahnten Sector eingreifende Zahnstange verlängert; dieser Sector ist mit Gelenkhebeln verbunden, durch welche die Bremsblöcke gegen die inneren Kanten der Räder gestemmt werden. Der Dampfschieber für die Bremse wird durch dieselbe Bewegung geöffnet, welche den Regulator schliesst.

Im Januar 1876 wurde einer von Ramson's Dampfswagen, von Gilbert, Bush & Co. in Troy (New-York) construirt, auf der $4\frac{1}{2}$ Meilen langen Coney Island Railroad in Betrieb gesetzt, wo er 5 Monate lang täglich 81 Meilen zurücklegte. Für die Doppelfahrt von 9 Meilen waren bei einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von $13\frac{1}{2}$ Meilen pro Stunde 40 Minuten erforderlich; nach jeder Doppeltour stand der Wagen 50 Minuten still. Das täglich consumirte Kohlenquantum betrug 600 Pfd. gleich 7,4 Pfd. pro durchlaufene Meile; die Gesamtbetriebskosten bei einer täglichen Fahrt von 81 Meilen wurden auf 8,31 Dollars oder 34 s. $7\frac{1}{2}$ d. pro Tag, also 5,13 d. pro durchlaufene Meile (26 Pf. pro Kilometer) veranschlagt. Die Maschine functionirte in der Folge auf der Onondaga Valley Road nach Syracuse, New-York.

Am 21. März 1877 wurden sechs Ramson'sche Dampfswagen auf der Baring Street-Zweigbahn der Market Street-Linie in Philadelphia in Betrieb gesetzt, auf welcher Steigungen bis zu 1:22 und sehr viele Curven vorkommen. Obschon nur für 20 Personen eingerichtet, haben die Wagen häufig 50 Passagiere befördert. Man hatte bei dem Betrieb mit diesen Dampfswagen einige Schwierigkeiten zu bekämpfen, da sie, wie es scheint, kaum im stande waren, die Steigungen und Curven der Linie zu überwinden. Für diesen Verkehr hätte nach Ransom's Meinung die Maschine 7 zöllige (177 mm) Cylinder haben müssen. Ueberdies verursacht der besonders fette Schlamm in dieser Stadt ein häufiges Gleiten der gewöhnlichen Hartgusstreibräder, ein Fehler, den Ransom dadurch zu verbessern beabsichtigt, dass er die Treibräder mit stählernen Radkränzen versieht.¹⁾

Wie man hört (September 1877) sollen für den regelmässigen Betrieb auf der Third Avenue Tramway in Brooklyn demnächst Dampfswagen aufgestellt werden.

II. CAPITEL.

Berechnung der Zugkraft bei Strassenbahnwagen.

Vom Zugwiderstand der Strassenbahnwagen.

Für die Anwendung der mechanischen Kraft auf Strassenbahnen ist das erste und maassgebende Moment der Zugwiderstand. Auf einer Eisenbahn kann unter den günstigsten Bedingungen der Widerstand 6 Pfd. pro Ton betragen; ²⁾ ein so geringer Widerstand ist jedoch bei Strassenbahnen nicht zu hoffen, auf welchen nicht nur die Rinnen in den Schienen Schwierigkeiten verursachen, sondern welche auch sonstigen Unannehmlichkeiten, wie Ansammlung von Schmutz, Steinen etc., ausgesetzt sind und viele und scharfe Curven bilden. Henry P. Holt fand, dass auf einem grauen, in gutem Zustande befindlichen Schienengeleise der Reibungswiderstand eines Strassen-

¹⁾ Obige Details über die Leistungen des Baldwin'schen und des Ransom'schen Dampfagens sind den im „Journal of the Franklin Institute“ Juni und Juli 1877 veröffentlichten Berichten des Secretairs des „Franklin Institute“ über Dampftrieb auf Strassenbahnen entnommen.

²⁾ „Railway Machinery“ von D. K. Clark 1855 S. 297.

bahnwagens von einem Minimum von 15 Pfd. bis zu mehr als 40 Pfd. pro Ton Bruttogewicht, je nach der Witterung und der Beschaffenheit der Bahn, variierte; bei letzterer Gewichtsangabe sind allerdings sehr ungünstige Umstände angenommen. Henry Hughes berechnet nach verschiedenen Versuchen einen durchschnittlichen Widerstand von ca. 26 Pfd. pro Ton; solch hohe Widerstände sind leicht erklärlich, wenn man bedenkt, dass die Räderflanschen häufig auf dem Boden der Rinne oder auf dem darin angesammelten Schmutz auflaufen, während die Räder auf der Oberfläche der Schiene rollen, denn so läuft das Rad gleichzeitig auf zwei verschiedenen Radien, wodurch Gleitwiderstand entsteht. Auch kann, während das Rad an einem Ende einer Achse nur auf der Laufkante läuft, dasselbe am anderen Ende auf der Flansche laufen und so den Wagen veranlassen, seitlich abzuweichen und gegen die Schienen zu schleifen. Ferner kann eine Abweichung der Schienen vom Spurmaass oder vom Niveau stattfinden, oder dieselben können infolge der Abnutzung schwach und rissig werden. Schliesslich kann auch die Rinne derart mit Gerölle verstopft sein, dass sämtliche Räder nur auf ihren Flanschen laufen, und wird ausser dem durch eine schlammige Fläche hervorgerufenen noch ein besonderer Widerstand durch das Klemmen der Flanschen im Schmutz verursacht. So allgemein der Vortheil eines freien Geleises bekannt ist, so verschieden lauten die Angaben hinsichtlich des vermehrten Kraftaufwandes, welcher zur Ueberwindung des durch Verstopfung der Rinnen bewirkten Widerstandes erfordert wird. Die Angaben des Dynamometers sind hier allein entscheidend.

Durch die von Tresca über den Zugwiderstand auf Strassenbahnen angestellten Versuche wurde klar erwiesen, dass die Rinne der Schiene die directe Ursache eines grossen Theils des Zugwiderstandes ist. Bei einem belasteten Wagen mit vier geflanschten Rädern betrug auf einem Theil der in Macadam gelegten Paris-Versailles-Strassenbahn der Zugwiderstand den 100sten Theil des Bruttogewichtes oder 22.40 Pfd. pro Ton. In der Folge ersetzte Delonchant, der Ingenieur dieser Bahn, zwei der geflanschten Räder — beide auf einer Seite des Wagens — durch Räder mit flachem Radkranz; im Juli 1860 wiederholte Tresca mit dem in dieser Weise abgeänderten Wagen seine Versuche:

Gewicht von 47 Passagieren à 143 Pfd.	3,00 Tons
„ der Räder	0,41 „
„ des Wagens	2,26 „

Bruttogewicht: 5,67 Tons

Die auf ebenem Terrain durchlaufene Strecke war eine Drittelmeile lang; die Zugkraft betrug bei einer gleichmässigen Geschwindigkeit von $7\frac{1}{2}$ Meilen pro Stunde ca. 86 Pfd. gleich dem 147sten Theil des Bruttogewichtes oder $15\frac{1}{4}$ Pfd. pro Ton. Somit war durch die Beseitigung zweier Räderflanschen der Zugwiderstand um ein Drittel vermindert. Durch die erreichten Resultate ermuthigt, beseitigte Delonchant abermals eines der geflanschten Räder, sodass der Wagen nur noch ein geflanschtes Rad und drei Räder mit flachem Radkranz hatte. Die Folge war — nach Goschler —, dass der Widerstand im Vergleich zu dem des ursprünglichen Wagens mit vier Flanschenrädern um die Hälfte reducirt wurde. Verhältnissmässig muss also der Zugwiderstand auf etwa den 200sten Theil des Bruttogewichtes oder auf ungefähr 11 Pfd. pro Ton reducirt worden sein.

Die bei den Strassenbahnen von Moskau angewendete Vignoles-Schiene verursacht den Berichten des Ingenieurs Colonel de Sytenko gemäss einen weit geringeren Widerstand als die gewöhnliche Rinnenschiene. Der verhältnissmässig unbedeutende Zugwiderstand ist augenscheinlich dem Umstande zu danken, dass keine enge Rinne vorhanden, wogegen freilich einzuwenden ist, dass dadurch der Zusammenhang des Pflasters unterbrochen wird.

Der Zugwiderstand nimmt selbstverständlich, obschon langsam, mit der Geschwindigkeit zu. Auf gewöhnlichen Eisenbahnen, unter gewöhnlichen Verhältnissen betreffs der Curven und Unterhaltung, können die Widerstände der Maschinen und Züge nach einer versuchsweisen Zusammenstellung des Verfassers wie folgt angenommen werden: 1) 12 Pfd. pro Ton bei einer Geschwindigkeit von 1 Meile pro Stunde

13 „ „ „ „ „ „	10 „ „
14 „ „ „ „ „ „	15 „ „
15 $\frac{1}{2}$ „ „ „ „ „ „	20 „ „

Es zeigt sich hier, dass der Widerstand nur um $2\frac{1}{2}$ Tons zunimmt, wenn die Geschwindigkeit von 10 Meilen pro Stunde auf 20 erhöht wird. Man kann annehmen, dass auf Strassenbahnen selbst bei Anwendung von mechanischer Zugkraft keine höhere Geschwindigkeit als 15 Meilen erreicht wird, und sind innerhalb dieser Grenze die Schwankungen der Zugkraft im Verhältniss zu der Geschwindigkeit kaum beachtenswerth.

Wenn man bedenkt, dass Tresca seine Versuche, nach welchen er den Widerstand zu 22.4 Pfd. pro Ton berechnete, auf einem in Macadam verlegten Strassenbahngeleise angestellt hatte, so kann man daraus schliessen, dass der Widerstand auf einer geraden Strassenbahnlinie mit in Granitpflaster liegenden Rinnenschienen unter gleichen Verhältnissen nicht über 20 Pfd. pro Ton betragen haben würde.

Edward Woods schätzt gleichfalls den Widerstand eines Strassenbahnwagens auf einer ebenen und als gerade angenommenen Linie auf 20 Pfd. pro Ton.

Bezugnehmend auf die vorhergehenden Beobachtungen kann man zum Zwecke der Berechnung den Schluss ziehen, dass der Widerstand von Maschinen und Wagen auf ebenen, geraden und wohlunterhaltenen Strassenbahnen mit Rinnenschienen 20 Pfd. pro Ton beträgt, während auf Linien von mittelmässiger Beschaffenheit mit Curven derselbe zuweilen 40 Pfd. pro Ton betragen kann. Ein Durchschnitt von 30 Pfd. pro Ton kann als Grundlage

1) „Railway Machinery“ 1855, S. 310.

für Berechnungen der für gewöhnlich erforderlichen Zugkraft gelten. Diese Angaben stimmen mit den Schlussfolgerungen überein, welche Merryweather & Sons von ihren Versuchen mit Strassenbahnlocomotiven und -Wagen abgeleitet haben.

Die zur Ingangsetzung eines Strassenbahnwagens und zur Erreichung der normalen Geschwindigkeit erforderliche Kraft ist nothwendigerweise eine grössere als diejenige, welche aufgewendet werden muss, um die Geschwindigkeit auf einer gleichmässigen Höhe zu erhalten; die Summe derselben ist von der Leistungsfähigkeit der Pferde oder dem Willen des Maschinenführers abhängig. John Philipps fand durch Versuche, dass bei Ingangsetzung eines Wagens mit zwei Pferden eine anfängliche Zugkraft von 500 bis 600 Pfd., gleich 100 bis 120 Pfd. pro Ton bei einem Bruttogewicht von 5 Tons auf den Wagen ausgeübt wurde.

Mechanische Triebkraft.

Zur Erzeugung mechanischer Triebkraft auf Strassenbahnen hat man sich theils des Dampfes, theils der comprimirten Luft bedient, die man in Cylindern wirken liess, welche ähnlich wie bei einer Eisenbahnlocomotive mit den Achsen der Maschine in Verbindung standen. Wenn der effective mittlere Druck in den Cylindern, deren gewöhnlich zwei sind, bekannt ist, so kann leicht die Zugkraft auf den Schienen und aus dieser die Dimensionen der Maschine berechnet werden.

Nehmen wir, wie fast allgemein gebräuchlich, zwei Cylinder an, die mit den Triebrädern und ihrer Achse in directer Verbindung stehen. Der in den Cylindern entwickelte Druck ist gleich der auf den Schienen wirkenden Zugkraft:

$$T = \frac{d^2 L p}{D} \dots \dots \dots (1)$$

Umgekehrt wird der effective mittlere Kolbendruck, welcher einer gegebenen Zugkraft auf den Schienen entspricht, durch folgende Formel ausgedrückt:

$$p = \frac{D T}{d^2 L} \dots \dots \dots (2)$$

d = Cylinderdurchmesser in Zollen

L = Hubhöhe in Zollen

D = Durchmesser der Triebräder in Zollen

p = effectiver mittlerer Kolbendruck in Pfunden pro Quadrat Zoll

T = gleichwerthige Zugkraft an den Schienen in Pfunden, d. h. um die Zugkraft zu finden, multiplicire man das Quadrat des Kolbendurchmessers in Zollen mit der Hubhöhe in Zollen und mit dem effectiven mittleren Kolbendruck in Pfunden pro Quadrat Zoll und dividire das Product mit dem Durchmesser der Triebräder in Zollen; der Quotient ist die gleichwerthige Kraft, nämlich die auf den Schienen wirkende Zugkraft in Pfunden.

Um den effectiven mittleren Druck zu finden, multiplicire man den Durchmesser des Triebrades in Zollen mit der gesammten Zugkraft auf den Schienen in Pfunden und dividire das Product mit dem Quadrat des Cylinderdurchmessers in Zollen und mit der Hubhöhe in Zollen; der Quotient ist der effective mittlere Druck in Pfunden pro Quadrat Zoll.

Es versteht sich von selbst, dass von der in den Cylindern entwickelten Kraft soviel als zur Ueberwindung des Eigenwiderstandes der Maschine erforderlich ist, consumirt wird und nur der Ueberschuss der Kraft als Zugkraft auf den Schienen nutzbar gemacht wird. Um jedoch zum Zwecke der Berechnung die gesammten Widerstände der Maschine sowie jene des Wagens nach einer gemeinsamen Werthbestimmung zu bemessen, wird die gesammte Dampfkraft in den Cylindern, wie sie durch den Indicator messbar ist, als eine gleichwerthige auf den Schienen wirkende Zugkraft ausgedrückt.

Effectiver mittlerer Druck in den Cylindern:

Zeitdauer der Admission in Procenten des Hubes	Effectiver mittlerer Druck in Procenten des Maximaldruckes	Zeitdauer der Admission in Bruchtheilen des Hubes	Effectiver mittlerer Druck in Bruchtheilen des Maximaldruckes
Procent	Procent		
10	15	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{7}$
12 $\frac{1}{2}$	20	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{6}$
15	24	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{4}$
17 $\frac{1}{2}$	28		
20	32	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{3}$
25	40	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2.5}$
30	46	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$
35	52		
40	57	—	—
45	62	—	—
50	67	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$
55	72	—	—
60	77	—	—
65	81	$\frac{2}{3}$	$\frac{4}{5}$
70	85	—	—
75	89	$\frac{3}{4}$	$\frac{9}{10}$

Der effective mittlere Druck in gewöhnlichen Cylindern ohne Condensation, die durch Schieber und Cou-lissensteuerung betrieben werden, ist in der beifolgenden Tabelle für verschiedene Admissionsperioden von 10 bis 75 Proc. des Hubes und für Maximaldruckhöhen im Cylinder von 60 bis 150 Pfd. pro Quadratzoll angegeben ¹⁾.

Der Reibungswiderstand, d. i. das Verhältniss des Adhäsions- oder Treibgewichtes der Maschine zu der zum Ziehen nutzbaren Adhäsionskraft variirt von einem Fünftel bei trockener Witterung — nach Versuchen des Verfassers mit der Adhäsion auf Eisenbahnen — bis zu einem Neuntel bei feuchtem Wetter, wenn die Schienen schlüpfrig sind. Nimmt man bei der Bestimmung der Verhältnisse der Maschine zu ihrer Leistung ein Neuntel als Grenze an, so ergibt sich die Leistung der Maschine bei jeder Witterung; zum Zwecke allgemeiner Berechnung kann jedoch mit Sicherheit ein Achtel angenommen werden, umso mehr da man nöthigenfalls trockenen Sand auf die Schienen streuen kann, um die Adhäsionskraft zu vermehren.

Der Einfluss der Steigungen auf den Zugwiderstand ist leicht zu berechnen, indem man das Bruttogewicht mit dem Bruch multiplicirt, der den Grad der Steigung ausdrückt. Das Product ist der Betrag, um welchen der Widerstand durch eine gegebene Steigung vermehrt oder umgekehrt durch die Neigung vermindert wird. Um ein Beispiel von der Einwirkung der Steigungen auf die Vermehrung des Widerstandes und die Verminderung des nutzbaren Bruttogewichtes zu geben, nehme man Steigungen gleich 30 Pfd. pro Ton und deren Multipla an.

Steigung	Von der Schwerkraft herrührender Widerstand
1 : 75 oder 1,33 Procent	30 Pfund pro Ton
1 : 37 " 2,70 " "	60 " "
1 : 25 " 4,00 " "	90 " "
1 : 18 1/2 " 5,40 " "	120 " "
1 : 15 " 6,66 " "	150 " "

Nimmt man wie vorher einen Widerstand von 30 Pfd. pro Ton als Normalwiderstand auf ebenem Terrain an, so ist für eine Steigung von 1 : 75 der Widerstand beim Hinaufziehen um 30 Pfd. mehr, also verdoppelt, während die Last, welche durch eine gegebene Zugkraft die Steigung hinaufbefördert werden kann, um die Hälfte verringert wird.

Auf einer Ebene ist das nutzbare Bruttogewicht = 1	
" Steigung von 1 : 75	= 1/2
" " 1 : 37	= 1/3
" " 1 : 25	= 1/4
" " 1 : 18 1/2	= 1/5
" " 1 : 15	= 1/6

Da die Maschine die Linie nach beiden Richtungen befährt, so kann man im allgemeinen annehmen, dass ihre Leistung auf allen Theilen derselben, ob eben oder ansteigend, im Durchschnitt für beide Richtungen die gleiche ist wie die auf ebenem Terrain, und ebenso kann angenommen werden, dass die durchschnittliche Admissionsperiode 50 Proc. oder halben Hub beträgt. Der durchschnittliche Anfangsdruck im Cylinder kann daher als gleichbedeutend mit dem effectiven mittleren Druck gelten, welcher dem Widerstand auf einer Ebene entspricht.

Nach den vorstehenden Regeln und Angaben kann die consumirte Dampfmenge für eine gegebene Entfernung — z. B. für die durchlaufene Meile — und aus dem relativen Dampfvolmen die Menge des verdampften Wassers und des verbrauchten Brennmaterials berechnet werden. Das für einen Kolbenhub verbrauchte Dampfvolmen ist die Hälfte des Inhalts eines Cylinders, und vier Hälften oder zwei Cylinder voll Dampf sind erforderlich zur Umdrehung der Triebachse, oder:

$$\begin{aligned} \text{Für eine Umdrehung verbrauchte Dampfmenge in Kubikzollen} \\ = 0,7854 d^2 \times L \times 2 \\ = 1,5708 d^2 L. \dots\dots\dots (a) \end{aligned}$$

- d = der Kolbendurchmesser in Zollen
- L = Hublänge in Zollen
- D = Durchmesser des Treibrades in Fussen
- S = verbrauchtes Dampfvolmen in Kubikfussen pro Meile.

Die pro Meile (1 Meile = 5280 Fuss) consumirte Dampfmenge in Kubikzollen ist gleich der Dampfmenge pro Umdrehung (Gleichung a) multiplicirt mit der Zahl der in einer Meile gemachten Umdrehungen oder mit $\frac{5280}{3,1416 D}$; dividirt man dieses Product mit 1728, so ist der Quotient die Zahl der pro Meile verbrauchten Kubikfusse. Doch sind für die gewöhnlich zur Condensation im Cylinder erforderliche Dampfmenge 12 Proc. der berechneten Quantität hinzuzufügen, wenn der Dampf bei halbem Hub abgesperrt wird, und die gesammte wirklich verbrauchte Dampfmenge ist folgende:

1) Diese Tabelle ist dem Werke des Verfassers „Railway Machinery“ 1855. S. 116 entnommen.

$$S = \frac{1,5708 d^2 \times L \times 5280}{1728 \times 3,1416 D} \times \frac{112}{100} \text{ oder}$$

$$S = \frac{1,71 d^2 L}{D} \dots \dots \dots (3)$$

d. h., um die bei halber Füllung pro Meile wirklich verbrauchte durchschnittliche Dampfmenge zu finden, multiplicire man das Quadrat des Cylinderdurchmessers in Zolln mit der Hublänge in Zolln und mit 1,71 und dividire das Product mit dem Treibraddurchmesser in Fussen.

Die gleichwerthige Wassermenge, die zur Erzeugung des so berechneten Dampfes erforderlich ist, findet man, indem man das Dampfvolmen mit seinem relativen Volmen dividirt, d. h. sein Volmen im Vergleich zu dem des Wassers, aus dem er gebildet wird. Also: —

$$W = \frac{1,71 d^2 L}{D \times \text{relatives Volmen}} \dots \dots \dots (4)$$

W = das durchschnittlich verdampfte Wasservolumen in Kubikfussen pro Meile.

Um das Wasservolumen in Gallonen auszudrücken, multiplicire man den Werth (4) mit 6,2355, der Anzahl der Gallonen in Kubikfussen. Also: —

$$W = \frac{1,71 \times 6,2355 \times d^2 L}{D \times \text{relatives Volmen}} ; \text{ oder}$$

$$W = \frac{10,7 d^2 L}{D \times \text{relatives Volmen}} \dots \dots \dots (5)$$

W = das durchschnittlich verdampfte Wasservolumen in Gallonen pro Meile, d. h.: um das bei halber Füllung als Dampf pro Meile verbrauchte durchschnittliche Wasservolumen zu finden — 1) in Kubikfussen: multiplicire man das Quadrat des Cylinderdurchmessers in Zolln mit der Hubhöhe in Zolln und mit 1,71 und dividire das Product mit dem Treibraddurchmesser in Fussen und mit dem relativen Dampfvolmen. Der Quotient ist das Wasservolumen in Kubikfussen; — 2) in Gallonen: man berechne wie vorher, nur wende man statt des Multiplicators 1,71 den Multiplicator 10,7 an. Der Quotient ist das Volmen in Gallonen.

Um solche Berechnungen zu erleichtern, sind Einzelheiten über Volmen und Dichtigkeit des gesättigten Dampfes in folgender Tabelle angegeben, die aus der grösseren Tabelle des Verfassers ausgezogen ist. 1)

Dichtigkeit, Volmen und relatives Volmen des gesättigten Dampfes.

Dampf- Ueberdruck	Dichtigkeit oder Gewicht von 1 Kubikfuss	Volmen von 1 Pfd. Dampf	Relat. Vol. oder Kubikfusse Dampf aus 1 Kubikfuss Wasser	Dampf- Ueberdruck	Dichtigkeit oder Gewicht von 1 Kubikfuss	Volmen von 1 Pfd. Dampf	Relat. Vol. oder Kubikfusse Dampf aus 1 Kubikfuss Wasser
Pfund	Pfund	Kubikfuss	Relatives Volmen	Pfund	Pfund	Kubikfuss	Relatives Volmen
0	0380	26,36	1,642	62	1804	5,54	345
5	0507	19,72	1,229	64	1848	5,41	337
10	0625	15,99	996	66	1891	5,29	329
15	0743	13,46	838	68	1935	5,17	321
20	0858	11,65	726	70	1980	5,05	314
22	0905	11,04	688	72	2024	4,94	308
24	0952	10,51	655	74	2067	4,84	301
26	0996	10,03	625	76	2111	4,74	295
28	1042	9,59	598	78	2155	4,64	289
30	1089	9,18	572	80	2198	4,55	283
32	1133	8,82	550	82	2241	4,46	278
34	1179	8,48	529	84	2285	4,37	272
36	1224	8,17	509	86	2329	4,29	267
38	1269	7,88	491	88	2351	4,25	265
40	1314	7,61	474	90	2414	4,14	257
42	1364	7,36	458	92	2456	4,07	253
44	1403	7,12	444	94	2499	4,00	249
46	1447	6,90	430	96	2543	3,93	245
48	1493	6,70	417	98	2586	3,86	241
50	1538	6,49	405	100	2628	3,80	237
52	1583	6,32	393	105	2738	3,65	227
54	1627	6,15	383	110	2845	3,51	219
56	1670	5,99	373	115	2955	3,38	211
58	1714	5,83	363	120	3060	3,27	203
60	1759	5,68	353				

1) Siehe: „A Manual of Rules, Tables and Data for Mechanical Engineers“ 1877; Seite 387.

Wenn die gewöhnliche verdampfende Wirkung des für den Kessel benutzten Brennstoffes, die pro Pfund Brennmaterial verdampfte Wassermenge oder die zur Verdampfung von einem Kubikfuss Wasser erforderliche Menge des Heizmaterials bekannt ist, so ist das durchschnittlich pro Meile verbrauchte Brennstoffquantum aus der verbrauchten Wassermenge leicht zu berechnen. Die vorstehend definirte verdampfende Wirkung wird daher gewöhnlich durch das Gewicht des pro Pfund Brennmaterial verdampften Wassers ausgedrückt. Das Wasservolumen — kaltes Wasser angenommen — in Kubikfussen pro Meile muss mit $62\frac{1}{2}$ multiplicirt werden, um das Gewicht des Wassers in Pfunden zu ergeben; ist das Volumen in Gallonen ausgedrückt, so ist es zu gleichem Zwecke mit 10 zu multipliciren. Das so gefundene Product wird mit dem Verdampfungsverhältniss des Heizmaterials dividirt und der Quotient ist das durchschnittlich pro Meile verbrauchte Brennstoffquantum.

Als Beispiel für die Anwendung vorstehender Regeln nebst Tabellen und Auszügen nehme man die auf dem südlichen Theil der Pariser Strassenbahnen im Betrieb befindlichen, von Merryweather & Sons construirten Locomotiven an. Die Cylinder derselben haben 6 Zoll Durchmesser bei 9 Zoll Hub, die Treibräder 2 Fuss Durchmesser. Die Maschine ist in vollem Betriebszustande 4 Tons schwer und zieht einen belasteten Wagen von etwa 7 Tons Gewicht; das zu befördernde Bruttogewicht beträgt 11 Tons, der Gesamtwiderstand auf ebenem Terrain bei gleichmässiger Geschwindigkeit, im Verhältniss von 30 Pfd. pro Ton ($11 \times 30 =$) 330 Pfd. auf den Schienen. Um den gleichwerthigen Kolbendruck — den effectiven mittleren Druck p — zu finden, bedient man sich der Formel (2):

$$p = \frac{DT}{d^2 L} = \frac{24 \times 330}{36 \times 9} = 24,4 \text{ Pfd. pro Quadratzoll.}$$

Nach der Tabelle Seite 138 ist, um einen effectiven mittleren Druck von 24,4 Pfd. pro Quadratzoll herzustellen, der Anfangsdruck für verschiedene Admissions- oder Absperrungsperioden folgender.

Für gleichmässige Geschwindigkeit:

Bei Absperrung bei $\frac{1}{5}$ ist der Anfangsdruck $24,4 \text{ Pfd.} \times 3 = 73 \text{ Pfd. pro Quadratzoll}$

„ „ „ $\frac{1}{4}$ „ „ $24,4 \text{ Pfd.} \times 2\frac{1}{2} = 61 \text{ Pfd. „ „}$

„ „ „ $\frac{1}{3}$ „ „ $24,4 \text{ Pfd.} \times 2 = 49 \text{ Pfd. „ „}$

Die Ingangsetzung des Zuges auf ebenem Terrain bedingt die vierfache Zugkraft oder den vierfachen für eine gleichmässige Geschwindigkeit erforderlichen effectiven mittleren Druck — in diesem Falle 1320 Pfd. Zugkraft oder 98 Pfd. pro Quadratzoll in den Cylindern, also:

Zur Ingangsetzung des Zuges

bei $\frac{3}{4}$ Füllung ist der Anfangsdruck $98 \text{ Pfd.} \times \frac{10}{9} = 109 \text{ Pfd. pro Quadratzoll}$

„ $\frac{2}{3}$ „ „ „ $98 \text{ Pfd.} \times \frac{5}{4} = 122 \text{ Pfd. „ „}$

Wenn der Kesseldruck 120 Pfd. pro Quadratzoll beträgt, so genügt derselbe, um die oben angenommene höchste Zugkraft zu äussern. Nimmt man jedoch an, dass die vorherrschende Steigung der Bahn 1:25 beträgt, so ist das Bruttogewicht, welches auf der Linie befördert werden kann, wie Seite 139 angegeben, auf ein Viertel reducirt. Um daher dieselbe Last wie auf ebenem Terrain fortzubringen, müsste der effective mittlere Cylinderdruck viermal so stark sein, um vierfache Zugkraft zu äussern. Statt $24\frac{1}{2}$ Pfd. pro Quadratzoll müsste also der effective mittlere Druck 98 Pfd. betragen, derselbe, welcher für die Ingangsetzung auf ebenem Terrain angenommen wurde. Um diesen Druck zu äussern, musste, wie bereits gezeigt wurde, der anfängliche Cylinderdruck 109 Pfd. pro Quadratzoll betragen, vorausgesetzt, dass der Dampf bei drei Viertel Hub, oder 122 Pfd., wenn er bei zwei Drittel Hub abgesperrt wird.

Dieses Beispiel erläutert zur Genüge die Grösse der Kraft, welche eine Strassenbahnlocomotive zu äussern im stande ist.

Um durch die Formel (4) oder (5) Seite 140 die durchschnittliche wirklich als Dampf pro Meile verbrauchte Wassermenge zu finden — für die durchschnittliche Admissionsperiode halbe Füllung angenommen — und vor allem das relative Volumen, welches ein Factor in der Formel ist, muss der anfängliche Cylinderdruck festgestellt sein. Für einen effectiven mittleren Druck von $24\frac{1}{2}$ Pfd. pro Quadratzoll bei halber Füllung ist der Anfangsdruck nach der Tabelle Seite 138 ($24\frac{1}{2} \text{ Pfd.} \times \frac{3}{2} =$) 37 Pfd. pro Quadratzoll Ueberdruck. Nach der Formel (4) oder (5) Seite 140, für welche $d = 6$, $L = 9$, $D = 2$ und das relative Dampfvolumen von 37 Pfd. effectivem Druck 500 ist, erhält man:

$$W = \frac{1,71 \times 6^2 \times 9}{2 \times 500} = 0,554 \text{ Kubikfuss,}$$

$$\text{oder } W = \frac{10,7 \times 6^2 \times 9}{2 \times 500} = 3,47 \text{ Gallonen}$$

als durchschnittlich pro Meile verbrauchte Wassermenge.

Um nun die Menge des von der Merryweather'schen Maschine pro Meile verbrauchten Brennmaterials zu berechnen, kann man in Ermangelung bestimmter Angaben annehmen, dass pro Pfd. Coaks 7 Pfd. Wasser verdampft werden. Rechnet man daher das Wasservolumen — 0,554 Kubikfuss oder 3,47 Gallonen — in Pfunde um und dividirt man das Gewicht mit 7, so erhält man:

$$0,554 \times 62\frac{1}{2} = 34,35 \text{ Pfd.}, \text{ und } \frac{34,35}{7} = 5 \text{ Pfd.}$$

$$\text{oder } 3,47 \times 10 = 34,70 \text{ Pfd.}, \text{ und } \frac{34,70}{7} = 5 \text{ Pfd.}$$

Hieraus ergibt sich ein Coaksverbrauch von 5 Pfd. für die von der Maschine durchlaufene Meile, wobei die Locomotive ein Bruttogewicht von 11 Tons, mit Einschluss ihres Eigengewichtes, befördert. Hierzu kommen selbstverständlich noch etwa 10 Proc. für Dampferzeugung und Verlust an Dampf und Brennmaterial, mithin $\frac{1}{2}$ Pfd., zusammen also $5\frac{1}{2}$ Pfd. Coaks pro Meile.

Auf diese Weise erhält man durch einen einfachen, auf erfahrungsmässige Angaben gegründeten Process die genaue Quantität des von den auf den Pariser Strassenbahnen in Betrieb stehenden Maschinen verbrauchten Brennmaterials, nämlich 250 kg oder 550 Pfd. Coaks für 100 durchlaufene Meilen, gleich $5\frac{1}{2}$ Pfd. pro Meile.

Die vorstehenden Werthe für Wasser und Brennmaterial ergeben folgende Daten:

Durchschnittlicher Verbrauch pro Ton brutto pro durchlaufene Meile

$\frac{1}{2}$ Pfd. Coaks
3,5 Pfd. Wasser.

III. CAPITEL.

Heisswasser-Strassenbahn-Locomotiven.

Eine unter Druck erhitzte Wasserschicht entwickelt von selbst Dampf, wenn man dem Druck zu sinken gestattet. Gleichzeitig mit der Abnahme des Druckes sinkt auch die Temperatur, und Temperatur und Druck sind genau dieselben, als wenn unter gegebenem Druck durch die Einwirkung der Wärme auf das Wasser Dampf erzeugt wird.

Die übereinstimmenden Druck- und Temperaturhöhen können mit Hilfe einer Tabelle über die Eigenschaften des gesättigten Dampfes festgestellt und die Menge des Dampfes, welcher sich während des Sinkens der Temperatur von selbst erzeugt, genau berechnet werden. Nimmt man z. B. 1 Pfd. Wasser an, das unter dem erforderlichen Gesamtdruck von 400 Pfd. pro Quadratzoll auf 445° F. erhitzt wird und dem Gesamtdruck von 50 Pfd. pro Quadratzoll entsprechend auf 281° F. abkühlt¹⁾, so lässt sich die Menge der entwickelten Wärme nach dem Sinken der Temperatur — ($445^{\circ} - 281^{\circ} =$) 164° — bemessen, und beträgt für 1 Pfd. Wasser der Wärmeverlust 164 Einheiten. Die auf diese Weise frei gewordene Wärme — thatsächlich ein Theil des erhitzten Wassers selbst — dient zur Verwandlung von Wasser in Dampf. Die Gesamtwärme der beiderlei Dämpfe ist folgende:

Gesamtdruck	Temperatur	Gesamtwärme in 1 Pfd. Dampf von 0° F. an Einheiten (oder Grade)	Differenz
400 Pfd.	445°	1,249	804 ^o
50 „	281°	1,199	918 ^o
Durchschnitt 225 Pfd.	—	—	861 ^o

Die Durchschnittsdifferenz oder der Ueberschuss der Wärme im Dampf über die fühlbare Wärme ist 861^o oder 861 Einheiten pro Pfd. Dampf; da nun die Menge der aus 1 Pfd. Wasser während des Sinkens von 445° auf 281° entwickelten Wärme 164 Einheiten beträgt, so sind ($861 \div 164 =$) 5,25 Pfd. des erhitzten Dampfes erforderlich, um soviel Wärme zu liefern, als nöthig ist, um 1 Pfd. des erhitzten Wassers zu verdampfen. Während des Sinkens der Temperatur von 445° auf 281° wird rund ein Fünftel des heissen Wassers verdampft. Durch eine gleiche Berechnung findet man, dass die verhältnissmässigen Mengen heissen Wassers, die während des Sinkens auf 281° und 50 Pfd. Gesamtdruck pro Quadratzoll verdampft werden, nach anderen Temperatur- und Druckhöhen folgende sind:

Beim Sinken auf den gesammten Enddruck von 50 Pfd. pro Quadratzoll.

Gesammter Anfangsdruck in Pfd. pro Quadratzoll	Anfängliche Temperatur	Ein Pfund Wasser verdampft in Pfd. Heisswasser
400 Pfd.	445°	5,25
350 „	430°	5,82
300 „	418°	6,35
250 „	401°	7,31
200 „	382°	8,74
150 „	358°	11,60
100 „	328°	19,20

1) Siehe „A Manual of Rules, Tables and Data“ 1877, S. 387.

Man kann, um die Zahl abzurunden, annehmen, dass ein Fünftel des heissen Wassers während des Sinkens von einem Gesamtdruck von 400 Pfd. auf 50 Pfd. pro Quadratzoll, und ein Neuntel während des Sinkens von 200 Pfd. pro Quadratzoll verdampft wird.

Es ist ohne weiteres klar, dass zwischen den Grenzen von 400 Pfd. und 200 Pfd. Anfangsdruck im Reservoir, der bis auf 50 Pfd. herunter geht, eine fünf- bis neunmal grössere Wassermenge, als in Dampf verwandelt werden kann, beständig in der Maschine mitgeführt werden muss, wodurch nach diesem Princip der spontanen Dampferzeugung construirte Maschinen sich nicht an Stelle gewöhnlicher Locomotiven für den Betrieb eignen.

Cockerill's Heisswasser-Locomotive.

Lehrreiche practische Versuche wurden im Juni 1874 von der Société J. Cockerill in Seraing (Belgien) mit einer ihrer Maschinen dieser Art angestellt.¹⁾ Der stehende Kessel war 6½ Fuss (1,98 m) hoch und hatte zwei querliegende Wasserröhren in der Feuerbüchse; der Schornstein führte aus der letzteren durch den Dampfraum direct nach oben. Der Kessel war weder an der unteren Hälfte noch auf dem Dache, das 3 Fuss (914 mm) Durchmesser hatte, verkleidet. Die Maschine hatte zwei Cylinder von 8 Zoll (203 mm) Durchmesser bei 10 Zoll (254 mm) Hub, vier gekuppelte Räder von 24 Zoll (609 mm) Durchmesser und 5 Fuss (1524 mm) Mittelabstand bei 4 Fuss 11 Zoll Spurweite. Der gesammte Rauminhalt des Kessels betrug 35 Kubikfuss (1 cbm), das Gewicht der Maschine im Betriebszustande 8¾ Tons, mit 4 oder 5 Personen ca. 9 Tons.

Erster Versuch. — Die Maschine im Ruhezustande im Freien. 25 Kubikfuss (0,7 cbm) kaltes Wasser wurden in den Kessel eingemessen, das Feuer angezündet und nach 2¼ Stunden war der Dampf auf 10 At gebracht. Der Wasserstand stieg 1,38 Zoll (35 mm) im Glase, entsprechend einer Ausdehnung von $(1,38 \times 0,78 =)$ 1,076 Kubikfuss oder $\frac{1}{33}$ des anfänglichen Volumens, indem er von einer Temperatur von 54° F. auf 365° F. überging.

Hierauf wurde das Feuer gelöscht, der Rost herausgenommen und der Schornstein am oberen Ende hermetisch verschlossen. Die Feuerthür wurde einfach geschlossen, während der Aschenkasten keinen Verschluss hatte. Das Wetter war schön, die Temperatur 77° F. im Schatten, und um 5 Uhr Nachmittags wurde die Maschine bei einem Anfangsdruck von 9,40 At sich selbst überlassen.

Locomotive im Ruhezustande. Effectiver Anfangsdruck 9,40 Atmosphären.

Zeitdauer		Sinken des Druckes	Sinken des Wasserstandes
St.	M.	Atmosphären	Zoll
0	10 (5 U. Nachm.)	0,00	0,00
0	15 " "	1,30	0,39
0	30 " "	2,40	0,67
0	45 " "	3,40	0,91
1	0 " "	4,15	1,10
1	15 " "	4,80	1,26
1	30 " "	5,35	1,38
1	45 " "	5,80	1,50
2	0 " "	6,20	1,61
2	15 " "	6,60	1,73
2	30 " "	6,95	1,81
2	45 " "	7,30	1,93
3	0 " "	7,60	2,05
3	15 " "	7,85	2,21
4	15 (9 U. 15 Nachm.)	8,40	2,68
16	0 (9 U. Vorm.)	9,40	3,27

Beim Beginne der Beobachtungen, als der effective Druck 9,40 At betrug, enthielt der Kessel 24,07 Kubikfuss Wasser von 54° F. Zur Zeit der letzten Beobachtung, als der Druck auf Atmosphärendruck gesunken und der Kessel soweit abgekühlt war, dass man die Hand darauf legen konnte, betrug die in demselben enthaltene Wassermenge — von 54° F. — nur noch 22,54 Kubikfuss; es zeigte sich somit ein offener Verlust von 1,53 Kubikfuss in 16 Stunden, durch Fugen oder Hähne, obschon kein Entweichen sichtbar gewesen war. Für Vorrichtungen zum Schutz gegen Abkühlung war wenig gesorgt; die der Luft ausgesetzte Oberfläche der Feuerbüchse betrug 49 Quadratfuss (4,5 qm), die des Schornsteins 3⅓ Quadratfuss (0,3 qm). Es ist zu erwähnen, dass der Druck, während er anfangs schnell sank, immer langsamer abnahm, je niedriger er wurde.

Zweiter Versuch. — Die Locomotive allein wurde auf einer 552 Yards langen Eisenbahnstrecke, welche aus zwei durch eine schwache Curve verbundenen geraden Theilen bestand, hin und her gefahren. Die beinahe ebene Linie hatte nur an einem Ende eine leichte Steigung von etwa 1 : 400 und war in gutem Zustande, enthielt jedoch mehrere Weichen und Kreuzungen.

1) „Annales Industrielles“, 7. Februar 1875, Spalte 175.

2½ Stunden nachdem das Feuer angezündet worden, erhielt man Dampf mit einem effectiven Druck von mehr als 10 At. Die Feuerung wurde hierauf entfernt und die Mündung des Schornsteins rings um das oben durch denselben verlängerte Auslassrohr hermetisch verschlossen; auf diese Weise war die Circulation kalter Luft durch den Kessel verhindert. Die Feuerthür wurde geschlossen, der Aschenkasten jedoch offen gelassen; die Cylinderhähne waren bei der Ingangsetzung eine Zeit lang offen, der Dampf wurde bei 50 Proc. des Hubes, während der Fahrt bei 60 oder 70 Proc. abgesperrt. Bei der letzten Tour war die Maximaleinstromung des Dampfes bei weitgeöffnetem Regulator erforderlich. Die Maschine trug 4 oder 5 Personen.

Da ein schwacher Wind wehte, liess man, um die Einwirkung desselben sowie die der Schwere soviel als möglich aufzuheben, die Maschine einigemal hin und her fahren. Beim Beginne betrug der effective Druck 10,30 At; der Kessel enthielt 24,91 Kubikfuss Wasser von 54° F. und 10 Kubikfuss Dampf. Zu Ende der letzten Rückfahrt betrug der effective Druck 1 At und befanden sich im Kessel 21,66 Kubikfuss Wasser von 54° F. und 13,29 Kubikfuss Dampf; mithin betrug die gesammte Druckabnahme ca. 9 At und die verbrauchte Wassermenge 3,25 Kubikfuss. Folgendes sind die Resultate des Versuches:

Locomotive allein in Gang. Effectiver Anfangsdruck 10,30 Atmosphären.

Zeitdauer	Zurückgelegte Gesamttentfernung	Durchschnittsgeschwin- digkeit pro Fahrt	Sinken des Druckes
Minuten	Yards	Meilen pro Stunde	Atmosphären
0	0	0	0,0
3	552	6,31	2,30
5	1,104	9,44	3,80
7	1,656	9,44	5,05
9	2,208	9,44	6,10
12	2,760	6,31	7,05
15	3,312	6,31	7,90
18	3,864	6,31	8,65
23	4,416	3,78	9,30

Zu Ende der letzten Fahrt wurde die Maschine einige Yards weit von zwei Männern geschoben.

Die gesammte zurückgelegte Entfernung betrug 2,51 Meilen; Wasser wurde im Verhältniss von $(3,25 \div 2,51 =) 1,30$ Kubikfuss oder 87 Pfd. pro Meile verbraucht. Nimmt man eine Verdampfungsfähigkeit von 7 Pfd. Wasser pro Pfd. Brennmaterial an, so würde der Verbrauch des letzteren, wenn der Dampf auf der Fahrt erzeugt worden wäre, $(87 \div 7 =) 12\frac{1}{2}$ Pfd. pro Meile, gleich $(12\frac{1}{2} \div 9 =) 1,40$ Pfd. pro Ton brutto pro Meile betragen haben.

Man machte die Beobachtung, dass obschon bei hohem Druck nur wenig Wasser mit dem Abdampf ausspritzte, doch zu Ende des Versuches, als der Druck gesunken war, das Ausspritzen merklich zunahm.

Dritter Versuch. — Die Locomotive mit einem Güterwagen wurde auf der Versuchslinie hin und her gefahren. Unmittelbar nach dem vorhergehenden Versuche wurde wieder Dampf in der Maschine erzeugt; in 1 Stunde 10 Minuten war der effective Druck auf 10 At gestiegen, während der Kessel wieder gefüllt war. Die Feuerung wurde entfernt und der Schornstein wie vorher dicht verschlossen. Die vier Räder des mit der Locomotive verkuppelten Güterwagens hatten 3 Fuss 3 Zoll (990 mm) Durchmesser und 9 Fuss 9 Zoll (2,97 m) Achsenstand; der Wagen war mit einer Schraubenbremse versehen und wog mit einer kleinen Last 8,80 Tons. Das beförderte Bruttogewicht war folgendes:

	Tons
Locomotive	9,
Güterwagen	8,80
	17,80

Der effective Anfangsdruck im Kessel betrug 10½ At. der Enddruck 2,30 At. Beim Beginne der Probefahrt waren 24,91 Kubikfuss (0,7 cbm) Wasser im Kessel, am Ende derselben, nachdem sechs Touren gemacht waren, nur noch 21,91 Kubikfuss (0,62 cbm), woraus sich ergab, dass auf der Fahrt 3 Kubikfuss (0,08 cbm) verbraucht worden waren.

Locomotive und ein Güterwagen in Gang. Effectiver Anfangsdruck 10,50 Atmosphären.

Zeitdauer	Zurückgelegte Gesamttentfernung	Durchschnittsgeschwin- digkeit pro Fahrt	Sinken des Druckes
Minuten	Yards	Meilen pro Stunde	Atmosphären
0	0	0	0
2,5	552	7,53	1,85
5	1,104	7,53	3,50
7,5	1,656	7,53	5,00
9,5	2,208	9,44	6,25
12,5	2,760	6,31	7,30
15,5	3,312	6,31	8,20

Die gesammte zurückgelegte Entfernung betrug 1,90 Meilen und wurde hierbei Wasser im Verhältniss von $(3 \div 1,90 =)$ 1,58 Kubikfuss oder 99 Pfd. pro Meile oder, um wie vorher zu rechnen, 14 Pfd. Brennmaterial pro Meile, gleich $(14 \div 17,80 =)$ 79 Pfd. pro Ton Bruttogewicht pro Meile consumirt.

Die Leistung der Maschine war bei dem letzten Versuche ökonomischer, denn der hinzugekommene Güterwagen verursachte nur geringe Vermehrung der verbrauchten Wassermenge. Die verhältnissmässige Dampfersparniss bei dem dritten Versuche erklärt sich durch den höheren Cylinderdruck, welcher zur Ueberwindung des durch das zu befördernde Mehrgewicht geleisteten Widerstandes angewendet werden musste, sowie durch die sich daraus ergebende grössere Wirksamkeit des Dampfes gegen den constanten atmosphärischen Widerstand, Folgende Angaben sind den Resultaten des dritten Versuches entnommen:

Durchschnittlicher Verbrauch pro Ton Bruttogewicht und durchlaufene Meile.

$\frac{4}{5}$ Pfd. Coaks (zum Erhitzen des Wassers),
 $\frac{1}{2}$ „ Wasser.

Die bei diesem Verbrauche zurückgelegte Entfernung betrug 2 Meilen auf einer beinahe ebenen Eisenbahnlinie.

Diese Resultate sind nicht eben vorthellhaft im Vergleiche zu jenen der Merryweather'schen Locomotive, Seite 142, welche gegen den Widerstand einer Strassenbahn und auf Steigungen nur $\frac{1}{2}$ Pfd. Coaks pro Ton des Bruttogewichtes pro Meile verbraucht, während bei dem Versuch mit heissem Wasser $\frac{4}{5}$ Pfd. Coaks das Aequivalent der auf einer fast ebenen Eisenbahnstrecke verbrauchten Wassermenge ist.

Francq und Lamm.

(Mit Zeichnungen auf Tafel XV. Fig. 1—8.)

Das bereits oben angeführte System Francq und Lamm hat sich so wesentlich vervollkommnet und es sind die Versuche, die in Paris und Wien etc. mit dieser feuerlosen Locomotive angestellt wurden, so günstig ausgefallen, dass wir es für zweckmässig erachten, die Anordnung einer solchen Maschine (Tafel XV. Fig. 1—8) zur Darstellung zu bringen.

Die Locomotive besteht aus dem Stahlblech-Cylinder *A*, welcher ca. 1800 l Wasser fasst und als Kessel dient, und der zwischen den beiden Längenbalken liegenden Maschine, die analog einer gewöhnlichen Locomotiv-Maschine construirt ist. Die Ungleichheit des Druckes, der bei der Abfahrt 16 At, bei der Ankunft nur 3 At beträgt, wird in sinnreicher Weise durch ein Ventil regulirt, sodass hinter dem Kolben der Maschine ein stets gleich bleibender Druck von 2 At stattfindet. Sind jedoch Steigungen zu überwinden, so genügt eine Handbewegung des Führers und der volle Druck wirkt auf die Kolben, sodass diese Maschine mit einem stark besetzten Waggon während der Fahrt zwischen Marly und Marly-le-Roi bei Paris eine continuirliche 6procentige Steigung von 2 km Länge leicht bewältigt. Der Wärmeverlust des Kessels ist ein sehr geringer und beträgt während vierstündigen Stehens bei Null Grad kaum 1 At. Das oben erwähnte Regulirventil ist in den Fig. 6—8, Tafel XV abgebildet; dasselbe ist an dem Dampfdom angebracht und zwar wird ihm durch das gebogene Rohr *a* frischer Dampf zugeleitet, während der regulirte Dampf durch das weite Rohr *I*, welches das Reservoir *A* quer durchsetzt, zum Absperrschieber *c* und darauf in die Cylinder gelangt.

Das Regulirventil besteht zunächst aus dem Ventilgehäuse *H*, dessen Ventil durch Handrad *h* bewegt werden kann; ferner aus dem Doppelsitzventil *i*, welches mittelst seiner nach unten gehenden Spindel, des Hebels *b* sowie einer in dem Gehäuse *L* eingeschlossenen Feder (Balance) stets über seinen Sitzen gehalten wird. Oeffnet man das Ventil *H*, so tritt frischer Dampf durch das offen gehaltene Doppelsitzventil *i*; gleichzeitig presst aber der Druck den Kolben *k* herab und schliesst dadurch das Ventil *i*, worauf der in dem Gehäuse *H*₁ eingeschlossene Dampf in den Dampfeylindern zur Wirkung gelangt. Sobald aber der Druck desselben im Gehäuse *H*₁ sinkt, wird auch das Ventil *i* aufs neue durch die Balance gehoben, frischer Dampf tritt ein und das Spiel beginnt von neuem. Beim Betriebe der Locomotive wird also das Ventil *i* sich in fortwährender Oscillation befinden. Will man den Grad der Expansion verändern, um beispielsweise eine Steigung zu bewältigen, so ist es nöthig, die Wirkung der Balance zu modificiren, was dadurch geschieht, dass man den Angriffspunkt der Federkraft auf den Hebel *b* verschiebt. Hierzu dient der aus den Zeichnungen ersichtliche Handhebel *M*. Wird durch denselben die Balance *L* an die äusserste Kante des Hebels *b* geschoben, so wird das Ventil mit einer Kraft gehoben, die einem Dampfdruck von 7 At entspricht; daher wird auch der Druck im Gehäuse *H*₁ der grösste sein und folglich die Maschine mit ebensolcher Dampfspannung arbeiten. Schiebt man umgekehrt die Balance *L* in die äusserste rechte Stellung, so wird auf das Ventil ein Druck ausgeübt, der 3 At entspricht.

Damit die Maschine an den Endpunkten nicht gewendet zu werden braucht, sind an beiden Seiten des Reservoirs die Steuerhebel, sowohl der für das Regulirventil wie der für den Absperrschieber *c*, angebracht.

Der entweichende Dampf geht in einen Luftcondensator von ca. 600 Röhren, wie es Fig. 2 veranschaulicht. Folgendes sind die Hauptdaten der Maschine:

Spannung im Heisswasser-Reservoir	15 At
Nutzbares Wasser-Volumen	1800 l

Zahl der Condensatorröhren	600 St.
Aeusserer Durchmesser dieser Röhren	25 mm
Kühlfläche der Röhren	34,96 qm
Kühlfläche der Condensatorwandung	2,67 qm
Totale Kühlfläche	37,63 qm
Gewicht der Maschine, leer	6780 kg
" " " im Dienst	8745 kg
Cylinderdurchmesser	230 mm
Kolbenhub	250 mm
Räderdurchmesser	750 mm
Achsenstand	1300 mm

Die Zugkraft dieser Maschine berechnet sich nach der Formel $\frac{d^2 r}{D} \cdot P \cdot 0,65$ zu 343 kg bei 3 At Pressung; zu 573 kg bei 5 At Pressung und endlich zu 1031 kg bei 9 At Pressung.

Die Abbildung Textfig. 131 zeigt das Aeusserere der Locomotive, während im Holzschnitt Textfig. 132, dieselbe im Zusammenhang mit einem vollständigen Zug verschiedener Wagensysteme dargestellt ist.

Da die Bahnhofsanlage für einen solchen Betrieb manches Eigenthümliche besitzt, so ist im Holzschnitt

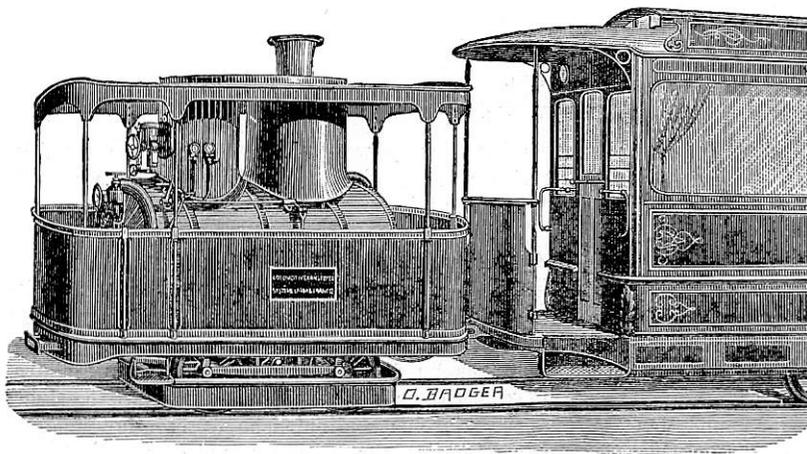


Fig. 131. Strassenbahn-Locomotive, System Francq und Lamm.

Fig. 133, S. 148 u. 149 eine zweckmässige Anordnung desselben abgebildet. Der an der hinteren Seite der Anlage ersichtliche Schuppen 1 dient als Lagerplatz des Brennmaterials, während unmittelbar vor demselben bei 4 sich das Kesselhaus befindet. Diese eingemauerten Kessel vermögen 2500 kg Dampf pro Stunde zu erzeugen, mit welchem das Reservoir der Locomotiven angefüllt wird, indem dieselben auf drei Geleisen bis zu den Kesseln gelangen können. Im Gebäude 2 befindet sich die Reparaturwerkstätte der Wagen und in 3 die der Locomotiven. Die Remise 5 enthält Platz für 12 Personenwagen; ebensoviele Locomotiven können in der Remise 6 untergebracht werden. Vor

beiden ist eine Schiebephöhne angebracht, welche das Ein- und Ausschleichen der Fahrzeuge vermittelt; ausserdem befindet sich am hinteren Ende jeder der Remisen in der Nähe der Werkstätte eine Senkgrube. Für die nöthigen Comptoire sowie Directorialzimmer ist das Gebäude 7 bestimmt und als Wohnung des Directors der Bahnverwaltung das Gebäude 8. Die Auswechslung der Locomotiven nimmt nur ca. 3 Minuten in Anspruch. Mit Hilfe einer Zungenweiche gelangt die ankommende Locomotive auf das Geleise des Bahnhofes, während auf demselben Wege eine frische Locomotive vor den Personenwagen gespannt wird.

IV. CAPITEL.

Luftdruck-Maschinen.

Luftdruckmaschinen erhalten selbstverständlich ihre Kraft aus zweiter Hand und sind deshalb hinsichtlich der Leistungsfähigkeit im Nachtheile im Vergleiche mit Dampflocomotiven, in welchen die Kraft gleichzeitig erzeugt und abgegeben wird. Ein Vorrath vorher comprimierter Luft wird von der Betriebsmaschine aufgenommen und nach und nach den Arbeitscylindern mitgetheilt, wo dieselbe durch Expansion wirkt und von welchen aus mittelst eines Mechanismus ähnlich dem der Dampfmaschinen die Kraft auf die Treibräder übertragen wird. Wenn die beiden entgegengesetzten Thätigkeiten — Compression und Expansion der Luft — zwischen den gleichen Temperaturgraden, Druckhöhen und Volumen stattfinden könnten, so würde die Expansionsarbeit gerade das Doppelte von der für die Compression aufzuwendenden betragen und die Leistung von Compressor und Motor zusammen 100 Proc. gleichkommen, abgesehen von den Verlusten durch Reibung und schädlichen Raum. In der Praxis ist jedoch die Anfangstemperatur für Expansion nicht höher als die der umgebenden

Atmosphäre, und indem man durch Expansion auf den atmosphärischen Druck zurückgeht, sind selbst zwischen denselben Extremen des Druckes die Volumina geringer, da die Temperaturen niedriger sind, und es muss daher die Leistung weniger als 100 Proc. betragen.

Wenn auf mechanischem Wege Luft comprimirt wird, so steigt die Temperatur, und wenn man von der so erzeugten Wärme nichts entweichen liesse, so würde die Luft „adiabatisch“ comprimirt werden. Wenn Luft der Compression unterworfen wird, sodass sich der Druck verdoppelt, verdreifacht etc., oder sodass, den Anfangsdruck zu 62° als 1 angenommen, der relative Druck gleich 2, 3, 4, 5, 10 ist, so betragen die Endtemperaturen 178° , 258° , 321° , 373° , 559° . Hier ist zu bemerken, dass wenn man die Anfangstemperatur mit 62° als 1 annimmt, die Endtemperaturen annähernd wie 3, 4, 5, 6, 9 sind.

In der Praxis kann, wie gesagt, die Luft nicht bei so hohen Temperaturen angewendet werden. Sie wird in der That durch Ausstrahlung und Leitung auf die Temperatur der sie umgebenden Atmosphäre abgekühlt, ehe sie zur Wirkung gelangt. Der Verlust an Wirkung durch das inzwischen eingetretene Sinken der

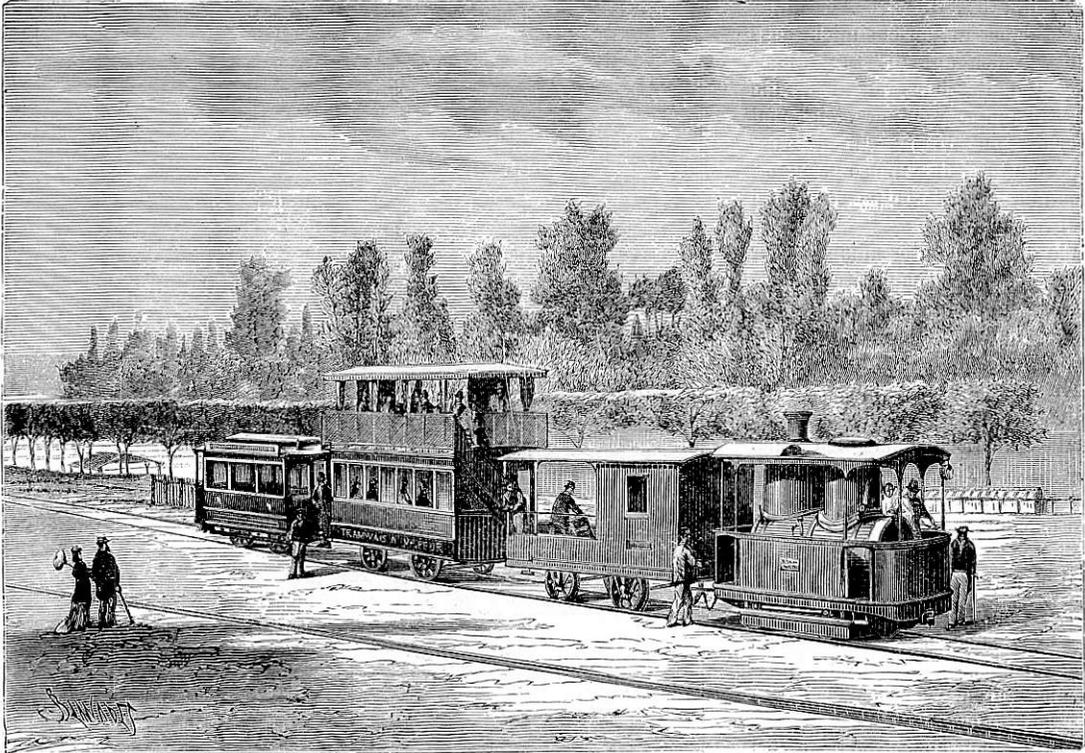


Fig. 132. Strassenbahn-Locomotive, System Franq und Lamm, nebst Wagen.

Temperatur der comprimirten Luft von der durch die Compression hervorgebrachten absoluten Temperatur T'' auf die absolute atmosphärische Temperatur T ist einfach das Verhältniss, in welchem dieses Sinken ($T'' - T$) zu der höheren Temperatur T'' steht. Dieses Verhältniss findet statt, weil das Volumen sich wie die absolute Temperatur verhält und der Temperaturverlust ($T'' - T$) den Volumenverlust durch Zusammenziehung unter demselben Druck bezeichnet. Indem man z. B. trockene Luft von 62° in einem nichtleitenden Gefäss auf 2 At Druck comprimirt, wird die Temperatur auf 178° erhöht und muss daher, um auf 62° zurückzukehren um $(178 - 62) = 116^{\circ}$ sinken. Der mit dieser Temperaturabnahme zusammenhängende Verlust an Wirkung verhält sich gleich 116° zu $461^{\circ} + 178^{\circ} = 639^{\circ}$; die maximale absolute Temperatur¹⁾ ist also:

$$\begin{array}{r} 461 + 178 = 639^{\circ} \\ 461 + 62 = 523^{\circ} \end{array}$$

Differenz oder Verlust $116^{\circ} = 18$ Proc. der höchsten absoluten Temperatur.

Es bleibt also . . . $523^{\circ} = 82$ „ „ „ „ „

1) Absolute Temperatur ist ein Ausdruck, welcher das Maass der Gesamtwärme in einem Körper von dem niedrigsten Temperaturpunkt an bezeichnet. Die Null der Scala der absoluten Temperatur oder der absolute Nullpunkt ist 461° unter dem Nullpunkt der Fahrenheit-Scala; um also die absolute Temperatur für irgend eine durch den Thermometer angezeigte Temperatur zu finden, zählt man zu der letzteren 461° hinzu. So ist z. B. die absolute Temperatur für 62° F. $(461 + 62) = 523^{\circ}$.

Die reducirte Wirkung ist hier 82 Proc. Man nehme andere Beispiele:
Für Druck- oder Atmosphärenverhältnisse

2, 3, 4, 5, 10,
sind die Endtemperaturen für Com-
pression

178°, 258°, 321, 373, 559° F.
und die Temperaturverluste durch das
Sinken auf 62° — die Anfangstem-
peratur für Expansion — sind:

116°, 196°, 259°, 311°, 479°,
während die reducirte Wirkung

82, 73, 67, 63, 51 Proc. ist
und der Verlust an Wirkung

18, 27, 33, 37, 49 Proc. beträgt.

Es ist daher augenscheinlich, dass
je niedriger der auf die Luft ange-
wendete Compressionsgrad ist, die
Temperatur um so weniger steigt und
der Verlust an Wärme durch Aus-
strahlung und Leitung um so geringer,
die Leistung der Maschine hingegen
um so grösser wird.

Wie die Luft unter adiabatischer
Compression sich zu Temperaturen stei-
gern kann, die practisch nicht anwend-
bar sind, so kann dieselbe unter adia-
batischer Expansion, d. h. hinter einem
Kolben in einem nichtleitenden Cylinder
expandirt, auf Temperaturen sinken, die
gleichfalls practisch unmöglich sind.

So sind, wenn die Anfangstem-
peratur 62° ist, für die Verhältnisse
adiabatischer Expansion

2, 3, 4, 5, 10
die Endtemperaturen

—33°, —81°, —111°, —133°, —193°.

Es ist offenbar ebenso unmöglich,
eine Luftdruckmaschine bei so niedri-
gen Temperaturen, wo jedes Theilchen
Feuchtigkeit oder Schmiere gefrieren
würde, in Betrieb zu setzen, wie bei
den früher angegebenen hohen Tem-
peraturen. Es ist daher nöthig, Vor-
kehrungen zu treffen, um das Steigen
der Temperatur während der Luft-
compression in anwendbaren Grenzen
zu halten und ebenso das Sinken der
Temperatur während der Expansion
der comprimirtten Luft zu beschrän-
ken. Ersteres geschieht in wirksamer
Weise, indem man die Compressions-
pumpen mit kaltem Wasser umgibt
und kaltes Wasser in Form eines fei-
nen Sprühregens in die Luftmasse ein-
spritzt, während diese der Compression
unterzogen wird.

Dr. Colladon hat für Verbesserung und Vervollkommnung der Luftcompressionsmaschine wahrscheinlich mehr gethan als irgend ein Anderer. Bei der von ihm angeordneten Maschine für die Arbeiten des St. Gotthard-Tunnels in Airolo hat man durch Experimente gefunden, dass durch Anwendung oben erwähnter Mittel das Steigen der Temperatur der Luft, selbst wenn diese unter einem Druck von 10 At condensirt war, auf 36° bis 54° F.

beschränkt wurde. Die Kolben hatten einen Hub von 17,3 Zoll und führten 120—180 Hübe in der Minute aus, wodurch eine Kolbengeschwindigkeit von mehr als 260 Fuss pro Minute erreicht wurde. Eine Quantität kalten Wassers gleich $\frac{1}{1000}$ des Hubvolumens wurde während eines jeden Hubes eingespritzt.

Der schädliche Raum an jedem Ende eines Luftcompressionscyllinders beeinträchtigt merklich das Ergebniss an comprimirtter Luft, indem er dieselbe auf etwas unter das gesammte Hubvolumen oder den von dem während eines Hubes beschriebenen Raum reducirt. Diese Wirkung, die Verminderung des Ergebnisses, rührt augenscheinlich von dem Umstand her, dass die nach vollendetem Hub in dem schädlichen Raum zurückgelassene comprimirtte Luft bei der Rückkehr des Kolbens expandirt und den Cylinder so ausschliesslich in Anspruch nimmt, dass keine frische Luft eindringen kann, bis in der Folge der Druck auf Atmosphärendruck sinkt. Die dadurch verursachte Verminderung des Ergebnisses wächst in dem Maasse, als die Compression zunimmt. Bei einer Reihe von Beobachtungen, die in Airolo mit den bereits erwähnten Pumpen (welche einen Hub von 17,3 Zoll und einen schädlichen Raum von $\frac{1}{80}$ des Hubvolumens haben und 64 Umdrehungen pro Minute machen) angestellt wurden, war das Ergebniss an Gewicht der Luft nur 78 Proc., indem im Reservoir durch die Pumpe Luft von 6—7 At comprimirt wurde. Bei höherem Druck wurde das Ergebniss noch geringer, wie folgt:

Compression	Ergebniss an Gewicht der Luft
von 6—7 At	78 Proc.
„ 7—8 „	74 „
„ 8—9 „	66 „
„ 9—10 „	59 „

Arbeitet man jedoch mit comprimirter Luft und Expansion, so muss das Sinken der Temperatur nach Möglichkeit beschränkt werden, um zu verhindern, dass dieselbe auf oder unter den Gefrierpunkt sinkt. Bekanntermaassen bietet es in der Praxis Schwierigkeiten, comprimirtte Luft mit Expansion wirken zu lassen. Das ausserordentliche Sinken der Temperatur verursacht ein Gefrieren der Feuchtigkeit und Verhärten der Schmierstoffe an dem Mechanismus. Aus diesem Grunde ist auch die Anwendung der Expansion für Luft auf enge Grenzen

beschränkt und wird die Luft beinahe während des ganzen Hubes in den Cylinder eingelassen, um die Abkühlung infolge der Expansion auf ein Minimum zu reduciren. Das wirksamste Mittel, dem Sinken der Temperatur Einhalt zu thun und die daraus erfolgenden Unannehmlichkeiten zu mildern, besteht darin, die comprimirtte Luft mit Dampf oder Feuchtigkeit zu sättigen.

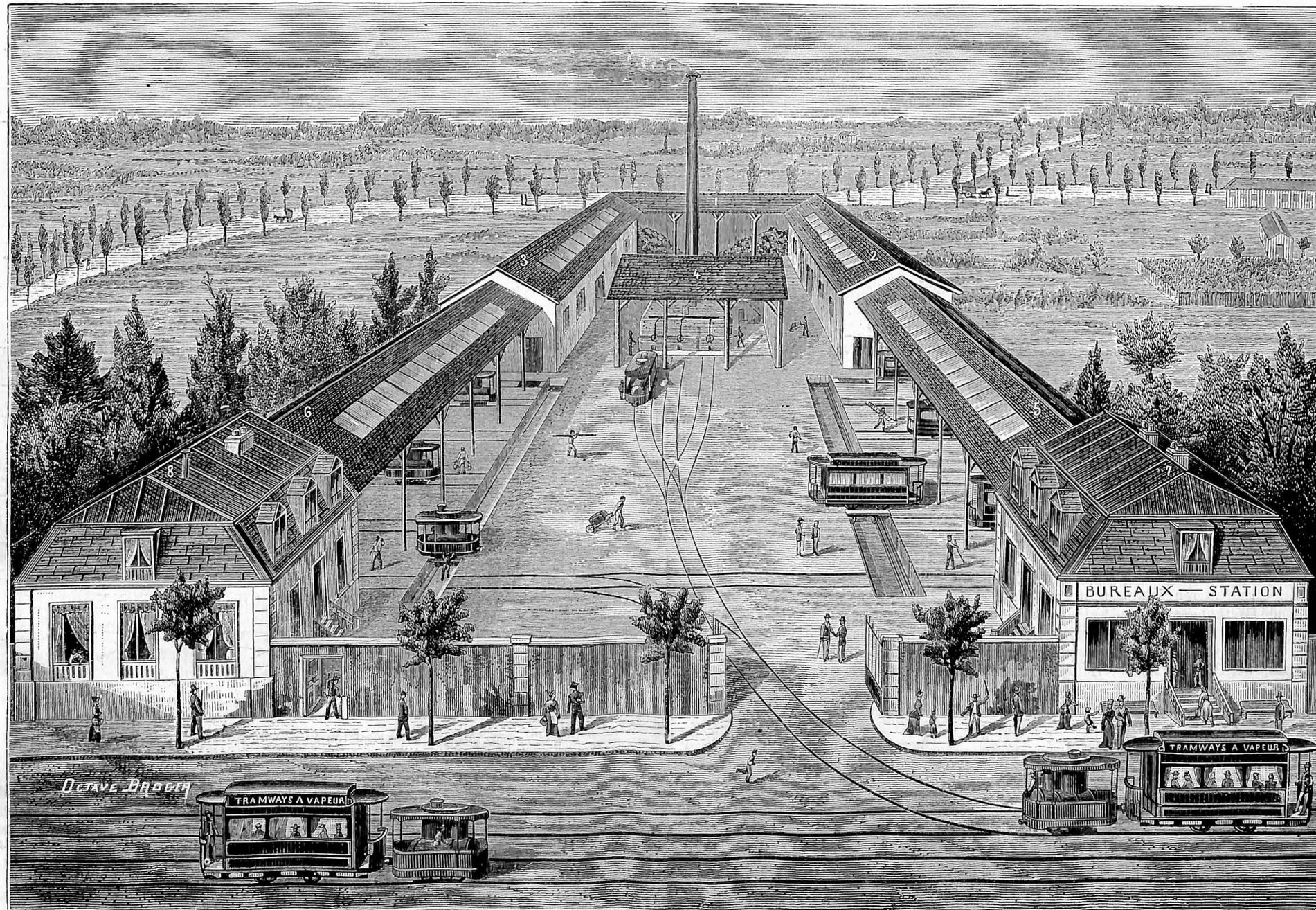


Fig. 133. Bahnhofsanlage für Locomotiven, System Franco und Lamm.

Den Forschungen Mallard's gemäss sind Folgendes die Expansionsverhältnisse, bis zu welchen man trockene Luft, resp. mit Dampf oder Feuchtigkeit gesättigte Luft wirken lassen kann, ehe dieselbe auf eine Temperatur von 62° F. sinkt.

Temperaturen		Expansionsverhältniss	
End-	Anfangs-	Trockene Luft	Hinreichend mit Feuchtigkeit od. Dampf gesättigte Luft
Fahrenheit	Fahrenheit	Verhältniss	Verhältniss
32°	40°	1,05	1,10
32°	50°	1,13	1,24
32°	60°	1,22	1,38
32°	62°	1,23	1,41
32°	68°	1,28	1,50
32°	70°	1,30	1,56
32°	80°	1,37	1,75
32°	90°	1,47	2,00
32°	100°	1,57	2,28
32°	110°	1,67	2,63
32°	120°	1,76	3,00
32°	130°	1,88	3,45
32°	140°	2,00	4,00

Da der Dampf während der Expansion expandirt wird, so wird die freigewordene Wärme von der Luft absorbiert.

Man hat gesehen, dass, wenn die Luftcompression auf 10 At gebracht war, die effective Kraftäusserung einer Luftdruckmaschine nur 51 Proc. betrug. Nimmt man hinzu, dass die Wirkungen der Maschine selbst — des Compressors und der Kraftmaschine — Factoren für die Berechnung der sich ergebenden Leistung sind, und nimmt man die Wirkung einer jeden Maschine zu 80 Proc. an, so ist der combinirte Procentsatz der beiden Maschinen $\left(\frac{80 \times 80}{100}\right) = 64$ Proc. oder ungefähr zwei Drittel, und 64 Proc. von 51 Proc. ist 33 Proc., die sich ergebende Leistung von Compressor und Maschine zusammen, wenn sie bei 10 At arbeiten. Ebenso findet man, dass die resultirende Leistung bei einem Drucke von 2 At 52 Proc. beträgt. Je geringer der Compressionsgrad, um so grösser ist die Leistung, denn um so geringer wird der verhältnissmässige Verlust durch die inzwischen erfolgte Abnahme der Temperatur sein. Im allgemeinen übersteigt in der Praxis die sich ergebende Leistung selten 30 Proc. Um das Verhältniss der zu Anfang vorhandenen Kraft zu der Endleistung bestimmter zu bezeichnen, sind nach angestellten Versuchen mit Compressoren mit 16 zölligem Cylinder und Luftdruckmaschinen mit 10 zölligem Cylinder bei $\frac{3}{4}$ Füllung folgende Wirkungsergebnisse festgestellt worden. Die betreffenden Maschinen sind für Sir George Elliot von John Fowler & Co. construirt worden und in den Kohlenbergwerken von Powel Duffryn in Betrieb. Die Luftcylinder derselben stehen in einem oben offenen Kaltwasserbad. Die sich ergebende Leistung ist hier durch das Verhältniss der Bremskraft der Luftdruckmaschine zu der indicirten Kraft im Dampfeylinder des Compressors ausgedrückt 1):

		Effectiver Luftdruck im Receiver;		
40,0	34,0	28,5	24,0	19,0 Pfd. pro Quadratzoll.
		Indicirte Pferdekraft im Dampfeylinder:		
59,4	46,2	35,8	25,8	11,8 indicirte Pferdekräfte.
		Resultirende Leistung:		
25,8	27,1	28,5	34,9	45,8 Proc.

Mékarski's Luftdruck-Strassenbahnwagen.

(Mit Zeichnung auf Tafel XVII. Fig. 9.)

Zu Anfang des Jahres 1876 wurde von Mékarski ein mit comprimierter Luft betriebener Strassenbahnwagen construirt, mit welchem auf der Courbevoie-Linie der Tramway Nord in Paris Versuche angestellt wurden. Der Wagen ist im allgemeinen nach dem Muster der Wagen der Compagnie des Tramways gebaut. Der Wagenkasten ist 4 m lang und nimmt im Innern 18 Passagiere auf; aussen ist Platz für 27 Personen, und zwar für 5 auf einer am hinteren Wagenende angebrachten Plattform und für 22 auf den Decksitzen. 14 cylindrische

1) Der Inhalt dieses Capitels über Princip und Wirkung von Luftdruckmotoren ist dem Werke des Verfassers „A Manual of Rules, Tables and Data“ 1877, Seite 898—914 entnommen.

Reservoirs aus Eisenblech von 350—400 mm Durchmesser, die in zwei Reihen quer unter dem Wagen angebracht sind und miteinander in Verbindung stehen, werden mit comprimierter Luft von 25 At gefüllt. Der Rauminhalt der Hauptreihe beträgt 1,4 cbm, derjenige der zweiten oder Reservereihe 0,4 cbm. Ein an dem vorderen Wagende angebrachtes stehendes Reservoir von 330 mm Durchmesser und 1,5 m Höhe ist zu drei Viertel mit Wasser gefüllt, das auf 170° C. erhitzt ist, entsprechend einem Druck von 7 At Ueberdruck. Die zum Verbrauch entnommene comprimierter Luft wird durch dieses Reservoir geleitet, in welchem sie mit Dampf gesättigt wird. Die Mischung von Luft und Wasser nimmt den oberen Theil des Reservoirs ein. Das Wagengestell ist aus Schmiedeeisen, 1760 mm breit und 6,250 m lang. Der Wagen läuft auf zwei Paar Rädern von 700 mm Durchmesser und 1700 mm Radstand. Das eine Räderpaar wird durch ein Paar Cylinder von 150 mm Durchmesser und 254 mm Hub betrieben. Das Gewicht des Wagens beträgt 5000 kg; mit einer Belastung von 30 Passagieren wiegt derselbe ca. 7000 kg.

Die Luft wird auf einen Druck von 5 At expandirt, um in den Cylindern zu wirken. Mékarski berechnet, dass das Sinken des Druckes von 25 auf 5 At infolge der Expansion, worauf eine vollständige Expansion hinter dem Kolben von 5 At abwärts auf den Atmosphärendruck erfolgt, eine Wirkung von 62 Proc., d. h. einen Verlust von 38 Proc., ergibt und dass dieser Verlust dadurch ausgeglichen wird, dass man die Luft während der Expansion durch den mit derselben vermischten Dampf abermals erhitzt. Der durch die wiederholte Erwärmung der Luft verursachte Verbrauch bildet nur einen kleinen Theil des gesammten Brennmaterialaufwandes. Die Menge des dem Reservoir zugeführten heissen Wassers beträgt ungefähr 0,085 cbm bei einer Temperatur von 170° C. und der Wagen kehrt mit etwa 0,07 cbm Wasser bei 100° C. zurück, sodass die Differenz einen Verbrauch von ca. 1 kg Kohle repräsentirt, während das zur Versorgung des Reservoirs mit comprimierter Luft verbrauchte Brennmaterial 15 kg Kohle beträgt. Die Abkühlung des heissen Wassers und die Abnahme des Luftdruckes im Reservoir finden gleichzeitig während der Fahrt statt; dadurch können die Elemente der Mischung beständig in den entsprechenden Verhältnissen erhalten werden. Es ist erwiesen, dass die verbrauchte Luftmenge nicht über 0,18 cbm pro durchlaufenen Kilometer beträgt.

Der Mékarski-Wagen arbeitet als mechanisches Triebwerk sehr gut, frei von Rauch, Dampf und Geräusch. Die Betriebskosten desselben scheinen jedoch noch nicht allgemein bekannt zu sein.

Scott-Moncrieff's Luftdruck-Strassenbahnwagen.

Scott-Moncrieff's durch Luftdruck betriebener Wagen gleicht äusserlich einem gewöhnlichen Strassenbahnwagen. Auf einem unter demselben befindlichen Gestell ruhen die Reservoirs und die Maschinen und zwar die letzteren auf dem mittleren Theil. Der erste derartige Wagen, der um die Mitte des Jahres 1873 auf der Vale of Clyde Tramway versuchsweise in Betrieb gesetzt wurde, hatte sechs Reservoirs, die comprimierter Luft enthielten, — drei an jedem Ende. Die Luft wurde den Reservoirs mit einem Druck von 350 Pfd. pro Quadratzoll (24 At) zugeführt. Die beiden Luftcylinder hatten 6 Zoll (152 mm) Durchmesser bei einem Hub von 14 Zoll (355 mm). Die Absperrung der schon vor ihrem Eintritt in die Cylinder expandirten Luft wurde in der Art bewirkt, dass dieselbe mit Atmosphärendruck ausströmte. Das Gesamtgewicht des Wagens betrug $6\frac{3}{4}$ Tons, mit 40 Personen $10\frac{1}{2}$ Tons. Scott-Moncrieff giebt an, dass während einer 14 tägigen Probe auf der Linie zwischen Govan und Paisley Toll die Reservoirs nach je drei zurückgelegten Meilen mit comprimierter Luft von 310 Pfd. Druck pro Quadratzoll (20 At) gefüllt wurden, welche so lange wirkte, bis der Druck auf 100 oder 110 Pfd. (ca. 7 At) sank. Der durchschnittliche Cylinderdruck war ca. 22 Pfd. pro Quadratzoll (1,5 At). Nach einer weiteren Angabe Scott-Moncrieff's verbrauchte sein Wagen pro Meile 400—500 Kubikfuss (7,6 cbm pro km) Luft von Atmosphärendruck, und ist derselbe der Ansicht, dass eine Compressionsmaschine von etwa 150 indicirten Pferdekraften imstande sein würde, einen Dienst von 1000 Meilen täglich zu leisten.

Zu Anfang des Jahres 1877 nahm Scott-Moncrieff's Wagen für einige Wochen den regelmässigen Dienst auf der Vale of Clyde-Linie wieder auf. Aus den Resultaten seiner Versuche schloss der Constructeur, dass die Betriebskosten incl. Führerlohn, Beleuchtung, Reinigung etc. zwischen 3 d. und 4 d. pro durchlaufene Meile betragen.

Major Beaumont's Luftdruck-Wagen.

Die Ausführung des Beaumont'schen Luftdruckwagens ist von Greenwood & Batley übernommen worden. Der Anfangsdruck in den Reservoirs, welche einen Rauminhalt von 65 Kubikfuss (1,8 cbm) haben, ist 1000 Pfd. pro Quadratzoll (ca. 60 At). Dieser hohe Druck ist angenommen worden, weil die Constructeure fanden, dass je höher der Druck, um so grösser die Leistung war. Dieser Schluss steht scheinbar im Widerspruch mit den aus anderen Versuchen gewonnenen Resultaten sowie mit den früher zu Grunde gelegten Angaben. Die Erklärung liegt jedoch in der Anwendung einer Compound-Maschine mit vier Cylindern, in welchen nacheinander die Luft von einem Anfangsdruck von 1000 Pfd. pro Quadratzoll abwärts bis auf den Druck, bei welchem sie in die Atmosphäre ausströmt, expandirt wird. Das Volumen der Cylinder verhält sich wie 1, 3, 9, 27, insgesamt wie 1 zu 3, woraus hervorgeht, dass die Luft bis auf das 27 fache in der Maschine expandirt werden kann. Wenn der Druck sinkt, wird die Luft von dem ersten Cylinder abgeschlossen und direct dem zweiten zugeführt; ebenso lässt man

bei weiterem Bedarf dieselbe, nachdem sie vom zweiten Cylinder abgeschlossen ist, direct in den dritten und schliesslich direct in den vierten strömen. Wie Greenwood bemerkt, kann auf diese Weise unter abnehmendem Druck dieselbe Kraft aus der Maschine gewonnen werden. Er rechnet auf einen Verlust von vier Fünftel der zur Compression erforderlichen Dampfkraft, hofft jedoch diesen Verlust auf zwei Drittel zu reduciren, sodass ein Drittel der Arbeit des Dampfes nutzbar werden würde. Die sich pro Kubikfuss Luft zu 1000 Pfd. Druck ergebende Kraft beträgt weniger als 5 Pferdekräfte. Die oben erwähnte Maschine legte $6\frac{1}{2}$ Meilen mit einer Last von 4 oder 5 Tons zurück, doch glaubt Greenwood, dass mit einem Reservoir von 100 Kubikfuss (2,8 cbm) Rauminhalt bei voller Belastung eine Fahrt von 10 Meilen möglich sei. Das Gewicht einer solchen Maschine würde $4-4\frac{1}{2}$ Tons betragen.

V. CAPITEL.

Strassenbahnlocomotiven.

Merryweather & Sons, London.

(Mit Zeichnungen auf Tafel XVI. Fig. 1—4).

Merryweather & Sons bauen drei Arten von Locomotiven für Strassenbahnen:

1) Cylinder 6 Zoll (152 mm) Durchmesser; Hub 9 Zoll (228 mm); Räder 2 Fuss (609 mm); Gewicht leer $3\frac{1}{4}$ Tons, im Betriebszustand 4 Tons.

2) Cylinder 7 Zoll (177 mm) Durchmesser; Hub 11 Zoll (279 mm); Räder 2 Fuss (609 mm); Gewicht leer 5,4 Tons, im Betriebszustand $6-6\frac{1}{2}$ Tons.

3) Cylinder $7\frac{1}{2}$ Zoll (190 mm) Durchmesser; Hub 12 Zoll (304 mm); Räder 2 Fuss (609 mm); Gewicht leer $6\frac{1}{2}$ Tons, im Betriebszustand $7\frac{1}{2}-8$ Tons.

Der Arbeitsdruck im Kessel beträgt 8 At oder nominell 120 Pfd. pro Quadratzoll. Die garantirten höchsten Leistungen sind beziehungsweise folgende:

1) 1 belasteten Wagen von 7 Tons Gewicht über eine Steigung von 1:30 zu ziehen.

2) 1 belasteten Wagen von 7 Tons Gewicht über eine Steigung von 1:18, oder 2 belastete Wagen von 14 Tons Gewicht über eine solche von 1:30 zu ziehen.

3) 2 belastete Wagen von 14 Tons Gewicht über eine Steigung von 1:16 oder 3 belastete Wagen von 21 Tons Gewicht über eine solche von 1:20 zu ziehen.

Maschinen der dritten Classe haben bei regelmässigem Betrieb drei Wagen über eine Steigung von 1:18 befördert.

Paris.

Die Strassenbahnlocomotiven von Merryweather & Sons, deren gegenwärtig 36 auf den Pariser Strassenbahnen (Tramways Sud) im Betrieb sind, haben, wie bereits erwähnt, zwei Cylinder von 6 Zoll (152 mm) Durchmesser mit einem Hub von 9 Zoll (228 mm). Die innen liegenden horizontalen Cylinder stehen mit auf der Triebachse befindlichen Kurbeln in Verbindung. Die zwei Paar gekuppelten Triebräder sind aus Gusstahl und haben 2 Fuss (609 mm) Durchmesser und 4 Fuss 7 Zoll (1377 mm) Achsenstand. Das ringförmige Blaserohr hat einen Flächeninhalt von 1 Quadratzoll (506 qmm), also ungefähr $\frac{1}{28}$ der Kolbenfläche; das Wagengestell ist ca. 8 Fuss (2,4 m) lang und 6 Fuss (1,8 m) breit. Ueber den in der Mitte befindlichen Buffern ist die äusserste Länge ca. 8 Fuss 10 Zoll (2,59 m). Die Last wird von einem über jedem Wellzapfen liegenden Paar Spiralfedern getragen. Die an jedem Ende befindlichen Stoss- und Zugfedern aus Kautschuk sind mit dem Wagengestell fest verbunden, und zwar so nahe als möglich an der Mitte der Maschine, wodurch das Ziehen wesentlich erleichtert wird. Die Maschine wird mittelst gusseiserner Blöcke gebremst, deren je einer auf jedes Rad wirkt. Ein grosses hölzernes Gehäuse mit mehreren Fenstern, das gleich einem kurzen Strassenbahnwagen geformt ist, schliesst die ganze Maschine ein. Die Feuerbüchse ist 2 Fuss (609 mm) weit und 1 Fuss 6 Zoll (457 mm) lang; der cylindrische Theil des Kessels hat 2 Fuss 9 Zoll (838 mm) Länge, 2 Fuss 3 Zoll (685 mm) Durchmesser und enthält 65 Zugeröhren von $1\frac{3}{4}$ Zoll (44 mm) Durchmesser und 3 Fuss (914 mm) Länge:

	Quadratfuss	Quadratmeter
Heizfläche der Feuerbüchse	16,0	1,48
„ „ Röhren	89,3	8,29
	Im ganzen 103,3	9,77
Totale Rostfläche	3	0,27
Verhältniss der Rost- zur Heizfläche 1 zu 35.		

Der Kesseldruck ist nominell 8 At oder 120 Pfd. pro Quadratzoll; der gewöhnlich unterhaltene Arbeitsdruck beträgt jedoch 6 At oder 90 Pfd. pro Quadratzoll. Der Dampf wird in den Cylindern bei $\frac{1}{4}$ bis $\frac{3}{4}$ des Hubes abgesperrt. Auf der 4 Meilen langen Fahrt zwischen der Bastille und dem Mont Parnasse, wo die Haupt-

steigung 1:50 beträgt, während längere von 1:60 bis 1:70 vorkommen, ist die Geschwindigkeit gesetzlich auf 9 km oder etwas über $5\frac{1}{2}$ Meilen pro Stunde beschränkt, steigert sich aber zuweilen auf 14 oder 15 Meilen pro Stunde; die durchschnittliche Geschwindigkeit einschliesslich des Anhaltens ist $8\frac{1}{2}$ Meilen pro Stunde. Das Gewicht der Maschine beträgt leer $3\frac{1}{4}$ Tons, mit Coaks und Wasser 4 Tons; dieselbe zieht einen Wagen, der belastet 7 Tons wiegt, und überwindet mit ihrer Last Steigungen mit unverminderter Geschwindigkeit bei einem Kesseldruck von 90 Pfd. pro Quadratzoll (6 At). Das täglich verbrauchte Brennmaterial (Coaks) beträgt 550 Pfd. (247 kg) für eine zurückgelegte Gesamtentfernung von 100 Meilen — ein Verhältniss von $5\frac{1}{2}$ Pfd. pro Meile. Das Heizungsmaterial verbrennt verhältnissmässig langsam. Nimmt man an, dass die durchschnittliche wirkliche Geschwindigkeit während der Fahrt 10 Meilen pro Stunde ist, so würde das stündlich verzehrte Coaksquantum ($10 \times 5,5 =$) 55 Pfd. (24 kg) sein, gleich ($55 \div 3 =$) $18\frac{1}{3}$ Pfd. pro Quadratzoll (88 kg pro Quadratmeter) der Rostfläche. In der gewöhnlichen Praxis der Locomotiven auf Strassenbahnen beträgt die pro Quadratzoll der Rostfläche stündlich verbrauchte Coaksmenge drei- oder viermal so viel. Das bei der Merryweather'schen Maschine herrschende niedrige Verhältniss erklärt sich leicht durch die vergleichsweise geringe Geschwindigkeit und den verminderten Luftzug, der zur Erzeugung des Dampfes erforderlich ist. In der That ist die Fläche des

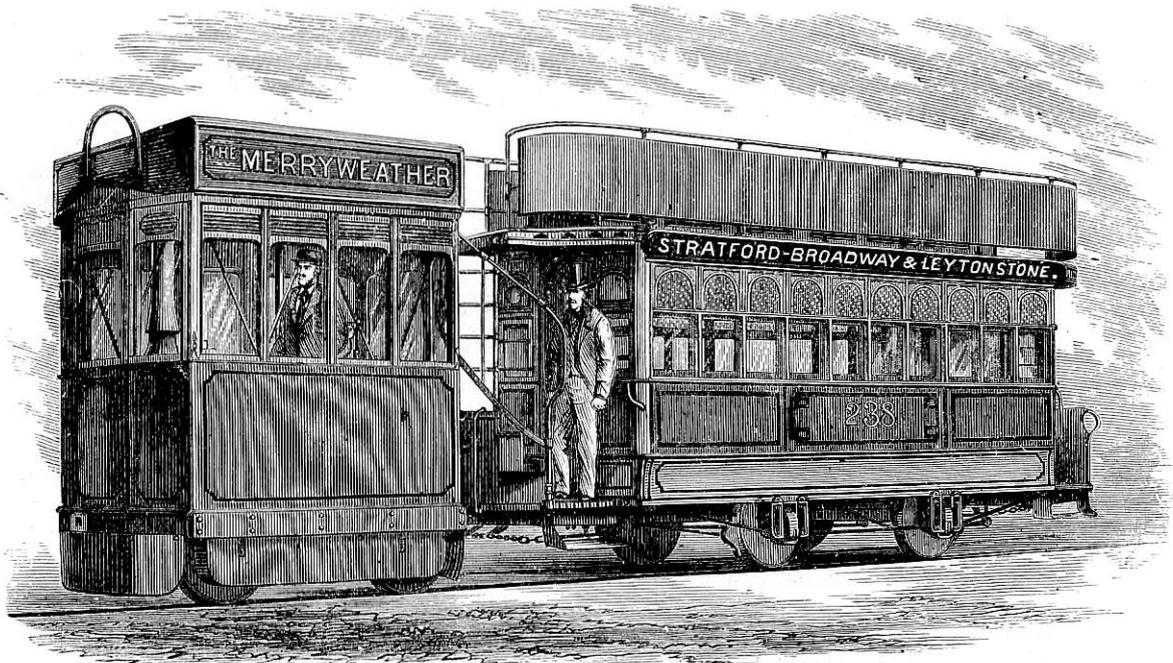


Fig. 134. Strassenbahnlocomotive, System Merryweather, nebst Wagen mit Decksitzen.

Blaserohres auf das geringe Maass von $\frac{1}{28}$ der Kolbenfläche reducirt und würde bei hoher Fahrgeschwindigkeit einen bedeutenden Rückdruck auf die Kolben bewirken. Doch muss daran erinnert werden, dass die letzteren sich mit verhältnissmässig geringer Geschwindigkeit bewegen. Die Räder von 2 Fuss (609 mm) Durchmesser und 6,28 Fuss (457 mm) Umfang machen ($5280 \div 6,28 =$) 841 Umdrehungen pro Meile oder in ($60 \div 10 =$) 6 Minuten Zeit, wenn die Geschwindigkeit 10 Meilen pro Stunde beträgt. Die Zahl der Umdrehungen ist daher ($841 \div 6 =$) 140 und da der doppelte Kolbenhub ($9 \times 2 =$) 18 Zoll oder 1,5 Fuss beträgt, so ist die Kolbengeschwindigkeit nur ($140 \times 1,5 =$) 210 Fuss pro Minute (1,05 m pro Secunde).

Die später construirten Maschinen für die Strassenbahn von der Bastille bis St. Mandé (Tafel XVI Fig. 3—4) sind kräftiger als die eben beschriebenen. Sie haben 7 zöllige (177 mm) Cylinder mit einem Hub von 11 Zoll (279 mm) und Räder von 2 Fuss (609 mm) Durchmesser. Die Feuerbüchse ist 2 Fuss 2 Zoll (660 mm) lang und 2 Fuss (609 mm) breit und hat eine Rostfläche von 4,33 Quadratzuss (0,4 qm); die 79 Zugröhren von $1\frac{3}{4}$ Zoll (44 mm) äusserem Durchmesser und 3 Fuss 6 Zoll (990 mm) Länge ergeben eine Heizfläche von 126,6 Quadratzuss (11,7 qm); die gesammte Heizfläche ist 151,1 Quadratzuss (14 qm), beträgt mithin das 35fache der Rostfläche. Der Durchmesser des cylindrischen Theiles des Kessels ist 2 Fuss 6 Zoll (760 mm); die Länge der Maschine von einem Ende zum anderen beträgt 6 Fuss 7 Zoll (2 m) und die Länge der Radbasis 4 Fuss 6 Zoll (1370 mm). Die Form des Radkranzes ist im Querschnitt Fig. 98, S. 62 ersichtlich.

Die Umstände, unter welchen Merryweather's Maschine in Paris betrieben wird, sind im ganzen genommen für die Dauer und die ökonomische Unterhaltung derselben vorthellhaft.

Barcelona.

Die für die Strassenbahn von Barcelona nach San Andrés construirten Locomotiven mit einer Spurweite von 1 m (Fig. 1 und 2, Tafel XVI) haben 6 zöllige (152 mm) Cylinder mit 9 Zoll (228 mm) Hubhöhe und vier gekuppelte Räder von 2 Fuss (609 mm) Durchmesser. Die totale Rostfläche beträgt 3 Quadratfuss (0,27 qm); der cylindrische Theil des Kessels hat 27 Zoll (685 mm) Durchmesser und enthält 96 Zugröhren von $1\frac{3}{8}$ Zoll (35 mm) Durchmesser und 3 Fuss (914 mm) Länge. Die Heizfläche der Feuerbüchse beträgt 16 Quadratfuss (1,4 qm), die der Röhre 102,7 Quadratfuss (9,47 qm), die gesammte Oberfläche 118,7 Quadratfuss (11 qm). Oben ist ein zur Aufnahme von 300 Gallonen (1350 l) Condensationswasser bestimmter Behälter angebracht. Der Abdampf strömt aus den Cylindern in einen an dem unteren Theile der Maschine befindlichen Apparat, der einem Ejector gleicht; in diesen wird das Wasser aus dem Behälter geleitet, condensirt den Dampf und kehrt durch eine Röhre in den Behälter zurück. Selbstverständlich wird dasselbe nach und nach erwärmt, doch ist die Condensation des Dampfes wirksam und kein Entweichen des letzteren zu bemerken, bis die Temperatur des Wassers beinahe den Siedepunkt erreicht hat. Bei einem so weiten Spielraum für wirksame Thätigkeit reicht ein Behälter voll kalten Wassers hin, um Dampf für eine zweistündige Fahrt und eine Strecke von mehr als 10 Meilen zu condensiren. Die Entfernung, die zurückgelegt werden muss, ehe das Wasser von etwa 62° F. auf 180° F. (17° C. auf 83° C.) erhitzt werden kann, ist leicht zu bestimmen. Da das pro Meile verbrauchte Brennmaterial-quantum 5 Pfd. (2,25 kg) ist und etwa 7 Pfd. Wasser pro Pfund Brennmaterial verdampft werden, so würde die Menge des pro Meile erzeugten und bei einem Druck von 3 Pfd. pro Quadratzoll (0,2 At) ausströmenden Dampfes $5 \times 7 = 35$ Pfd. (15 kg) sein. Die Gesamtwärme eines Pfundes Dampf von 3 Pfd. effectivem Druck pro Quadratzoll ist 1117 Einheiten, wenn man von einer Temperatur von 62° F. an, oder 967 Einheiten, wenn man von 212° F. an rechnet. Die pro Pfund Dampf durch Condensation zu gewinnende mittlere Gesamtwärme ist $(1117 + 967) \div 2 = 1042$ Einheiten. Jedes Pfund Condensationswasser absorbiert $180 - 62 = 118$ Einheiten Wärme, wenn es von 62° auf 180° erhitzt wird, und um ein Pfund Dampf zu condensiren, ist eine Wassermenge von $(1042 \div 118) = 8,8$ Pfd. erforderlich. Das Gesamtgewicht des in dem Behälter enthaltenen Wassers beträgt $(300 \text{ Gallonen} \times 10) = 3000$ Pfd. und $(3000 \div 8,8) = 341$ Pfd. Dampf ist das Gesamtquantum, welches durch das vorrätige Condensationswasser condensirt werden kann. Da 35 Pfd. Dampf pro Meile verbraucht werden, würde der Vorrath an Condensationswasser für $(341 \div 35) = 10$ Meilen ausreichen, was einem Verbrauch von 30 Gallonen pro Meile gleichkommt — ein Rechnungsergebniss, das mit den in der Praxis gewonnenen Resultaten übereinstimmt.

Zur gelegentlichen Benutzung ist ein Blaserohr angebracht, um den Dampf in den Schornstein ausströmen zu lassen; durch dasselbe kann die Mündungsfläche mittelst eines konischen Pfropfens mit Zahnstange und Radgetriebe verengert werden. Ebenso kann durch ein concentrisch in dem Blaserohr angebrachtes Dampfrohr nach Bedarf ein Dampfstrahl angewendet werden. Zwei abgestumpfte Kegel sind übereinander oberhalb des Blaserohres und unterhalb des Schornsteins angebracht, durch welche der Luftzug seine Richtung nach oben erhält. Sie dienen dazu, den Luftzug aus der oberen und unteren Reihe der Zugröhren zu leiten, und tragen zur Absorption des ausströmenden Dampfes durch die heisse Luft bei, wodurch dieser, ausgenommen bei sehr kaltem Wetter, unsichtbar aus dem Schornstein entweicht; durch diese Vorrichtung ist die Anwendung des Condensators in gewissem Sinne entbehrlich gemacht.

Auf der im November 1877 eröffneten Strassenbahn von Barcelona zieht jede Maschine zwei belastete Wagen über Steigungen von 1:30. Der Verkehr hat jedoch seither so rasch zugenommen, dass die in der Folge von denselben Fabrikanten zu liefernden Maschinen für die gleiche Leistungsfähigkeit wie die neueren der Pariser Strassenbahnen berechnet werden und Cylinder von 7 Zoll (177 mm) Durchmesser erhalten sollen.

Cassel, Rouen, Guernsey und Wellington (Neuseeland).

Die Maschinen der im August 1877 eröffneten, auf Seite 62 erwähnten Casseler Strassenbahn wurden von Merryweather & Sons geliefert. Dieselben haben $7\frac{1}{2}$ zöllige (190 mm) Cylinder und 12 Zoll (304 mm) Hubhöhe und ziehen drei belastete Wagen auf einer Strasse mit sehr steilen Steigungen, deren einige gleich 1:16 sind.

Von denselben Constructeuren gelieferte Dampfmaschinen sind auf der im November 1877 eröffneten Strassenbahn von Rouen in Betrieb. Die Cylinder haben hier 6 Zoll (152 mm) Durchmesser bei einem Hub von 9 Zoll (228 mm). Diese Maschinen überwinden mit einem belasteten Wagen Steigungen von 1:25.

In Guernsey ertheilte im December 1877 der Königliche Gerichtshof die Genehmigung zum Bau von Strassenbahnen für den Betrieb mit Dampfkraft. Die Anlagen sind gegenwärtig (Februar 1878) im Bau begriffen und ist eine von Merryweather's Maschinen auf einem bereits vollendeten Theil derselben im Betrieb. Weitere Maschinen werden von derselben Firma für diese Strassenbahn gebaut.

Die bereits Seite 62 erwähnte erste Strassenbahn von Neuseeland ist kürzlich (Februar 1878) in Wellington eröffnet worden. Die von Merryweather & Sons gelieferten Locomotiven haben 7 zöllige (177 mm) Cylinder und 11 Zoll (279 mm) Hub; das Spurmaass ist 3 Fuss 6 Zoll (1016 mm). Man erwartet bestimmt, dass die Strassenbahnen sich bald in rascher Ausdehnung durch die ganzen Colonieen erstrecken werden.

Adelaide.

Im Holzschnitt Fig. 135 geben wir die für die Adelaide-Strassenbahnen bestimmte neueste Locomotive von Merryweather & Sons, welche auf der Pariser Ausstellung 1878 unter dem Namen „Eureka“ exponirt war.

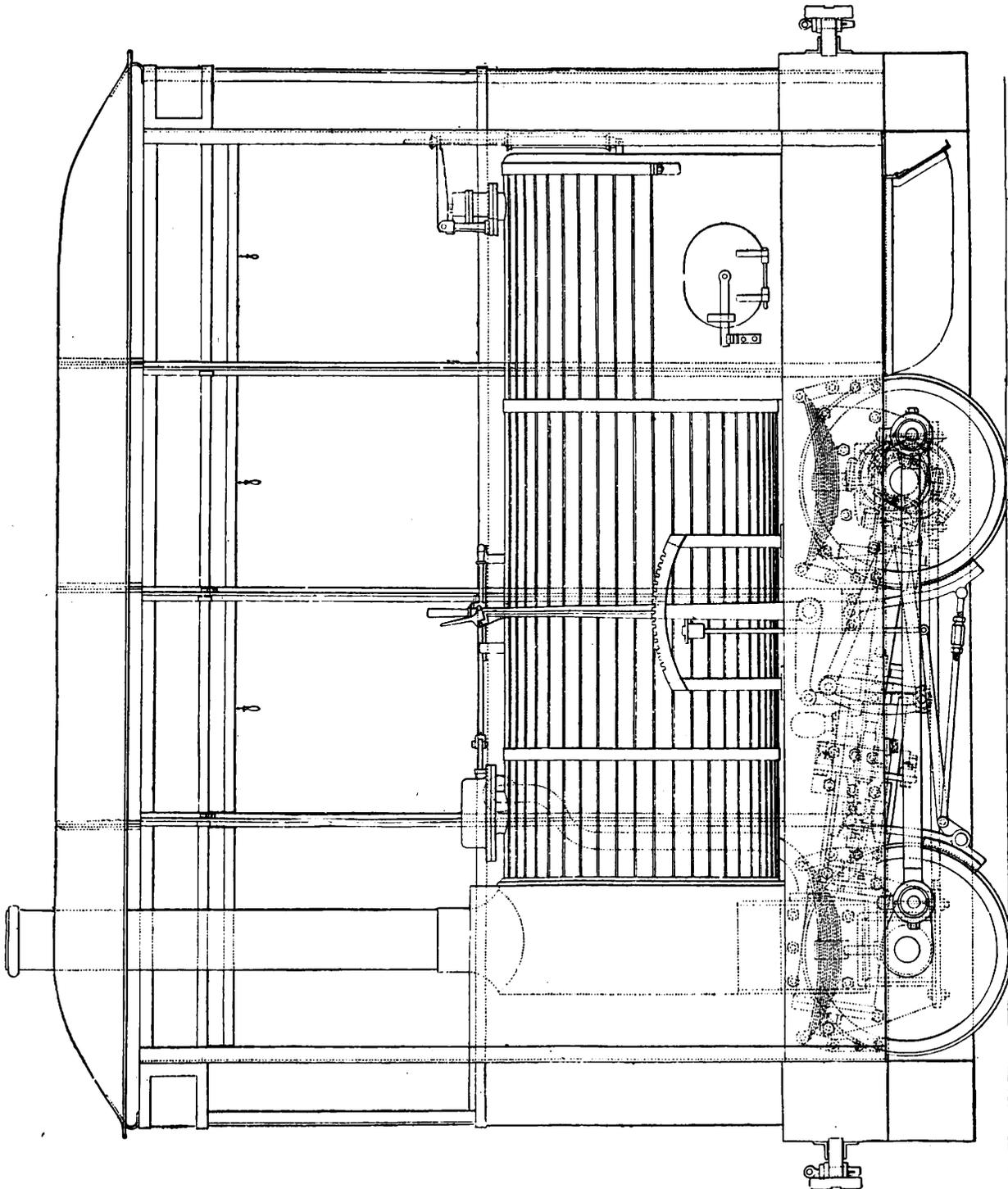


Fig. 135. Strassenlocomotive von Merryweather & Sons, 1878.

Unsere Abbildung, in welcher die vordere Umhüllung weggenommen gedacht ist, zeigt die verschiedenen Hebel zur Seite des Kessels, welche derart angeordnet sind, dass die Fortbewegung sowohl von dem einen als von dem anderen Ende erfolgen kann, sodass eine zweite Hebelanordnung umgangen ist.

Diese Maschine hat folgende Dimensionen:

Cylinderdurchmesser	165 mm	Verhältniss v. Rostfläche z. Heizfläche	1:47,3
Kolbenhub	254 "	Verhältniss v. Querschnitt d. Röhren	
Heizfläche der Feuerbüchse	2,4 qm	z. Rostfläche	1:4,7
„ „ Röhren	13,6 "	Verhältniss der Oberflächen d. Feuer-	
„ gesammte	16,0 "	büchse u. d. Röhren	1:5,4
Rostfläche	0,34 "	Raddurchmesser	609 qm
Querschnitt der Feuerröhren	0,07 "	Radstand	4370 "

Die innerhalb des Rahmens liegenden Cylinder stossen in der Mitte aneinander, indem sie hier eine Dampfkammer bilden, während ein angegossener Sattel die Rauchkammer des Kessels trägt. Der Kessel von der gewöhnlichen Locomotivconstruction ist aus Lowmoor-Eisen und in den Längennäthen doppelt genietet; zur Speisung dient eine mittelst Excenters betriebene Pumpe und ein Giffard-Injector. Die Bremsen werden durch den Fuss des Maschinisten mit Hilfe eines Kniehebels in Thätigkeit gesetzt, und kann die Abnutzung der Bremsbacken durch eine Mutter mit links- und rechtsgängigem Gewinde auf der Druckstange ausgeglichen werden. Die Speisewasser-Reservoirs befinden sich an jeder Seite der Rauchkammer und sind durch ein kupfernes Rohr miteinander verbunden. An jedem Ende der Maschine ist ein Schutzblech angebracht, welches dazu dient, etwaige Hindernisse von der Bahn zu entfernen; ausserdem sind an den Seiten Bloche angeordnet, welche die beweglichen Theile verdecken. Sämmtliche Maschinenteile sind im Verhältniss zu den Cylinderdimensionen sehr stark gehalten, was sich unter den obwaltenden Umständen als notwendig herausgestellt hat. Der ausströmende Dampf tritt in ein kupfernes Gefäss der Rauchkammer und entweicht von dort fein zertheilt in den Schornstein. Auf diese Weise ist die bei anderen Maschinen dieser Firma angewendete Condensation durch Wasser umgangen. Es mag noch erwähnt werden, dass die vorliegende Maschine als Nr. 80 unter der Leitung des Ober-Ingenieurs Jakeman construirt worden ist.

Henry P. Holt.

(Mit Zeichnungen auf Tafel XVII. Fig. 1—7).

H. P. Holt hat in seiner für Strassenbahnen bestimmten Berglocomotive die Vorzüge einer kurzen Radbasis und eines im Verhältniss zu der Maximalkraft der Maschine geringen Gewichtes vereinigt. Die beiden Cylinder sind nach dem Compound-System angeordnet: der kleinere für Hochdruck-, der grössere für Niederdruckdampf. Ueber jedem Cylinder ist ein Regulator (Fig. 2) angebracht, der durch einen einzigen Hebel controlirt wird und so angeordnet ist, dass um die Maschine in Gang zu setzen, oder bei jeder anderen Veranlassung, wo der volle Kraftaufwand erfordert wird, Hochdruckdampf aus dem Kessel ebensowohl direct dem zweiten oder grösseren Cylinder als dem ersten kleineren zugeführt werden kann, während der Abdampf aus beiden Cylindern entweder in den Schornstein oder in den Condensator entlassen wird.

Im Normalzustand, wenn die Maschine als Compound-Maschine wirkt, wird der in den ersten Cylinder aufgenommene Dampf dort theilweise expandirt und strömt in einen Zwischenbehälter, welcher durch drei grosse in dem Kessel liegende Röhren gebildet wird; hier wird er bis zu einem gewissen Grade überhitzt oder regenerirt und gelangt dann zum zweiten Cylinder, wo er weiter expandirt und in den Schornstein oder in einen Condensator ausströmt.

Die dem ersten, bzw. dem zweiten Cylinder zugeführte Dampfmenge kann durch den bereits erwähnten Doppelregulator der Stellung des Hebels entsprechend bestimmt werden. Während der ersten Hälfte des Weges bei extremer Hebelstellung wird der Dampf mit vollem Druck in die beiden Cylinder befördert und die Dampfzuführung zum zweiten Cylinder allmählich reducirt, bis, wenn der Hebel auf halbem Wege ist, der Zufluss aus dem Kessel ganz von demselben abgesperrt wird, während er für den ersten Cylinder in unverminderter Menge fortdauert. Der zweite Cylinder fährt fort, Dampf aus dem Zwischenreservoir (receiver) zu entnehmen. In der zweiten Hälfte des Hebelweges wird allmählich der Zufluss zum ersten Cylinder reducirt, bis nach Vollendung des Weges der Dampf gänzlich abgesperrt wird. Wird nur dem ersten Cylinder Dampf zugeführt, so wird der für den zweiten Cylinder aus dem Behälter entnommene so regulirt, dass zwischen beiden Cylindern wenig oder kein Sinken des Druckes stattfinden kann.

Zwei Steuerungshebel, welche entweder gleichzeitig bewegt oder jeder für sich festgestellt werden können, dienen dazu, die Absperrung in jedem einzelnen der beiden Cylinder zu verändern. Der Hochdruckhebel wird mittelst einer Klinke bewegt und gleichzeitig mit dem Niederdruckhebel in die für vollen Betrieb erforderliche Lage eingestellt. Die Zugkraft der Locomotive wird, ohne ihr Gewicht wesentlich zu vermehren, noch dadurch erhöht, dass man ihr eine kleine ein cylindrige Hilfsdampfmaschine mit hoher Geschwindigkeit beigiebt, welche den Zweck hat, die Räder des folgenden Wagens in Bewegung zu setzen und so das Gewicht desselben für die Adhäsion nutzbar zu machen. Die Bewegung der Maschine wird den Wagenrädern mittelst einer Kuppelungskette mitgetheilt, welche über die an der Maschinenwelle und den Wagenachsen befestigten Rollen geht; um den Wagen loszukuppeln, genügt es, die Kette von der Rolle herabgleiten zu lassen. (s. Fig. 6—7.)

Locomotive und Wagen sind zusammengekuppelt und werden durch einen verstellbaren Federbuffer in

bestimmter Entfernung auseinandergehalten. Ein selbstthätiger Mechanismus bringt die Wagenbremsen in Anwendung, sobald sich Maschine und Wagen einander zu sehr nähern. Ebenso ist an der Maschine eine Bremse angebracht, welche jedoch, um die Zeichnung nicht zu complicirt zu machen, aus dieser weggelassen ist.

Um das Ausströmen des Dampfes an den Sicherheitsventilen zu verhindern, wird die Hitze in der Feuerbüchse reducirt, indem man einen Theil der Gase direct in den Schornstein entweichen lässt; für das Entweichen ist durch einen Feuer canal gesorgt, welcher in der Feuerbüchsendecke angebracht und mit einer Klappe versehen ist, die sich je nach dem Steigen oder Sinken des Dampfdruckes im Kessel öffnet oder schliesst. Diese Klappe ist selbstthätig und wird durch einen Kolben regulirt, welcher in einem kleinen, dem Kesseldruck ausgesetzten Cylinder arbeitet und auf oder ab bewegt wird, je nachdem der Druck über die Normalkraft steigt oder unter dieselbe sinkt.

Der Luftzug durch die Röhren wird durch die Anwendung einer Anzahl Dampf Düsen von der Form stumpfer Kegel ausgeglichen, welche stehend in der Rauchkammer an der Vorderseite der Röhrenplatte angebracht sind; jede Dampf Düse zieht die gasartigen Producte aus den ihr zunächst liegenden Zugröhren. Der Abdampf wird nach oben durch die Dampf Düsen in den Schornstein entlassen und mit den Gasen, welche durch den Luftzug mitgerissen werden, innig vermischt, wodurch er gänzlich oder doch grösstentheils unsichtbar gemacht wird. Gleichzeitig wird, da die Erzeugung übermässigen örtlichen Zuges durch die Röhren verhindert wird, in viel geringerem Verhältniss Staub in den Schornstein gelangen; auch in letzterem sind Düsen angewendet, um ein weiteres Vermischen der gasartigen Producte mit dem Dampfe zu bewirken. (s. Fig. 1.)

Um bei der Ingangsetzung der Maschine das Sichtbarwerden des aus dem Schornstein tretenden Dampfes zu verhindern, sowie um die Dampf stösse geräuschlos zu machen, lässt man den Dampf in einen Behälter ausströmen, in welchem derselbe mittelst einer selbstthätig verstellbaren Ausblasedüse fast beständig auf gleichem Drucke erhalten wird. Die Oeffnung der Düse richtet sich nach der durchströmenden Dampfmenge; wenn der Druck sinkt oder die Maschine angehalten wird, schliesst sich die Düse von selbst, bis wieder Dampf ausgeblasen wird und der Druck in dem Behälter steigt. (s. Fig. 3.)

Loftus Perkins, London.

(Mit Zeichnungen auf Tafel XVI. Fig. 5—6.)

Bei dem Entwurfe der Locomotive mit Condensation kamen Perkins seine bei der auf Seite 130 erwähnten Brüsseler Locomotive gewonnenen Erfahrungen trefflich zu statten. Die Maschine ist in einer Länge von 10 Fuss (3,04 m), einer Breite von 7 Fuss (2,1 m) und einer Höhe von 9 Fuss 8 Zoll (2,94) über Schienenoberkante compendiös angeordnet; zu der angegebenen Höhe muss noch der etwa 13 oder 14 Fuss (ca. 4 m) hohe Schornstein hinzugerechnet werden; die Radbasis ist 4 Fuss 3 Zoll (1295 mm) lang, die Spurweite beträgt 4 Fuss 8 1/2 Zoll (1,435 m). Kessel und Maschinen sind nebeneinander in der Mitte angebracht und haben zwei Luftcondensatoren zur Seite; die Bewegung wird durch Zahnräder von der Kurbelwelle auf eine Zwischenwelle übermittelt und von da aus durch Kuppelstangen sämtlichen Rädern mitgetheilt.

Der stehende Kessel ist nach Perkins' Wasserröhren-System construirt, und zwar besteht derselbe aus neun Reihen schmiedeeiserner Röhren von 2 1/4 Zoll (57 mm) innerem Durchmesser und 3/8 Zoll (9 mm) Dicke, welche in länglicher Form mit runden Enden gebogen sind. Diese Reihen sind in verticaler Richtung durch kurze Röhren von kleinerem Durchmesser verbunden; der Kessel ist „absolut explosions sicher“. Die gesammte äussere Heizfläche beträgt 90 Quadratfuss (8,3 qm), die Rostfläche 3 Quadratfuss (0,27 qm); demnach ist das Verhältniss der Rostfläche zur Heizfläche 1 zu 30. Der Kesseldruck beträgt 500 Pfd. (34 At) pro Quadrat Zoll, der Maximaldruck, für welchen der Kessel berechnet ist, 800 Pfd. (55 At) pro Quadrat Zoll. Für die Dampferzeugung mit Coaks als Brennmaterial ist der Schornstein durch den natürlichen Luftzug ausreichend.

Die Maschine besteht aus zwei einfach wirkenden und einem doppeltwirkenden Cylinder; die einfach wirkenden haben eine Kolbenstange. Der Dampf wird mit 400 Pfd. (28 At) Druck über dem Kolben von dem ersten kleinsten Cylinder von 3 1/8 Zoll (80 mm) Durchmesser aufgenommen, hierauf in dem zweiten mittleren Cylinder von 5 1/2 Zoll (139 mm) unter dem Kolben desselben expandirt und strömt zuletzt in den doppelt wirkenden Cylinder, welcher 7 1/2 Zoll (190 mm) Durchmesser hat. Der erste und zweite Cylinder wirken somit als ein Cylinder und haben ebenso wie der dritte 9 Zoll Hub. Der Zweck dieser Cylindercombination sowie der einfachen Wirkung derselben ist der, zu verhüten, dass die Stopfbüchsen der übermässig hohen Temperatur des eintretenden Dampfes ausgesetzt werden. Der Dampf wird in dem ersten Cylinder bei drei Viertel des Hubes abgesperrt, und während seine anfängliche Temperatur bei 400 Pfd. (28 At) effectivem Druck ungefähr 237 ° Celsius beträgt, sinkt dieser Druck durch Expansion auf etwas weniger als 300 Pfd. (20 At), wenn der Dampf in den zweiten Cylinder tritt, wo die Temperatur nicht über 215 ° Celsius beträgt. Durch diese Combination wird ein genügend hoher Expansionsgrad erreicht, denn die Volumina der Cylinder sind folgende:

1. Cylinder: Kolbenfläche in	qcm =	50	Volumina wie	1
2. " " "	" =	151	" "	3,23
3. " " "	" 2 × 283 =	566	" "	11,52

Wenn man die Expansion im ersten Cylinder der Verminderung der Expansionswirkung durch schädliche Räume entgegengesetzt, so darf man annehmen, dass der Dampf schliesslich auf das Zwölfwache seines Anfangsvolumens expandiren kann, ehe er in die Condensatoren ausströmt. Die Cylinder sind mit direct aus dem Kessel kommendem Dampf umgeben; der Mantel jedes derselben wird durch Röhrenwindungen von kleiner Bohrung gebildet, die rund um die Cylinder gelegt und in dem Gusskörper eingeschlossen sind. Maschine, Kessel und Schornstein sind in einer Stärke von 3 Zoll (76 mm) mit nichtleitendem Material umhüllt.

Jeder der Condensatoren besteht aus einer grossen Anzahl kupferner Röhren von $\frac{1}{2}$ Zoll (12 mm) äusserem Durchmesser und 6 Fuss (1828 mm) Länge, welche vertical auf einer hohlen Unterlagsplatte in Entfernungen von 1 Zoll (25 mm) von Mitte zu Mitte eingesetzt sind. Der Dampf strömt in die hohlen Unterlagsplatten der beiden Condensatoren, von wo aus er freien Zutritt zu den Röhren hat, deren oberes Ende fast geschlossen ist und der Luft nur eine sehr kleine Oeffnung — $\frac{1}{16}$ Zoll (1,5 mm) Durchmesser — lässt. Die Röhren bilden eine äussere Oberfläche gleich 1500 Quadratfuss (139 qm), von welchen, wie erwähnt, 150 Quadratfuss (13 qm) genügen, um durch die Condensation von Dampf mit einer Temperatur von 100° C. oder atmosphärischem Druck einen Kubikfuss Wasser zu ergeben. Die gesammte Dampfmenge, die stündlich bei 100° C.

condensirt werden könnte, würde also 10 Kubikfuss (0,28 cbm) Wasser betragen, wobei ein weiter Spielraum gelassen ist. Das Speisewasser wird dem Condensator entnommen; die Temperatur der Condensation beträgt, nachdem der Wasservorrath erhitzt ist, 98° bis 100° C., der Rückdruck im Condensator ungefähr $1\frac{1}{2}$ Pfd. pro Quadrat Zoll (0,1 At).

Die Bewegung der Zwischenwelle steht zu derjenigen der Kurbelwelle in dem Verhältniss von 4 zu 1, indem sie eine Umdrehung auf vier der Kurbelwelle macht; die Bewegung wird durch 4 zöllige Kurbeln mit Kuppelstangen auf die Räder von 24 Zoll (609 mm) Durchmesser übertragen. Dem Spiel

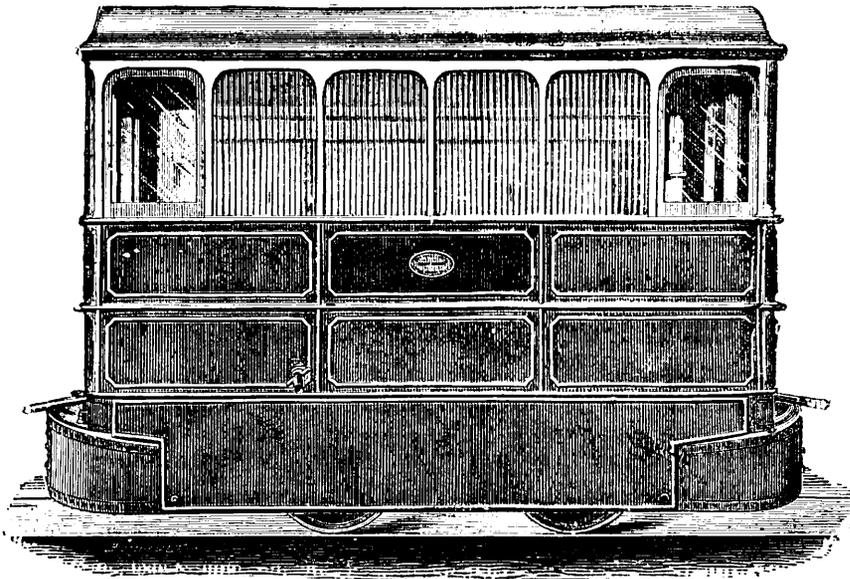


Fig. 136. Ansicht der Strassenlocomotive von H. Hughes.

der Federn ist durch eine Führung in jeder Kuppelstange Raum gelassen. Die Achsbüchsen eines jeden Räderpaares sind in ein Stück zusammengelassen, welches unter der Maschine durchreicht. Das Gewicht der leeren Locomotive beträgt $5\frac{1}{2}$ Tons, wovon 10 Proc. auf die Condensatoren kommen; in vollem Betriebszustande mit Brennmaterial und Wasser für einen Tag wiegt dieselbe 6 Tons.

Man hofft, durch die Anwendung dieser Locomotive gute ökonomische Resultate zu erzielen. Bei einer stationären Maschine mit nach demselben System construirtem Kessel sind bei einem Kohlenverbrauch von 30 Pfd. (13,5 kg) pro Stunde — gleich 1,67 Pfd. (0,75 kg) pro Pferdekraft und Stunde — 18 indicirte Pferdekraft erreicht worden. Der Verbrauch an Wasser betrug in 12 Stunden nur 22 Liter.

Mit voller Kraft arbeitend würde diese Strassenbahnlocomotive bei einem stündlichem Consum von 30 Pfd. (13,5 kg) Coaks oder stündlich 17 Pfd. pro Quadratfuss (81 kg pro qm) der Rostfläche angeblich 30 Pferdekraft äussern; dieselbe wird von Greenwood & Batley gebaut.

Henry Hughes & Co., Longborough.

Das Princip der Locomotive von Hughes, wie es im 1. Capitel dieses Theiles (Seite 133) besprochen worden ist, ist auch bei den neuesten Maschinen, die in Hughes' Locomotive and Tramway Engine Works, Limited, in Longborough gebaut werden, nicht geändert worden. Da eine solche Maschine versuchsweise auf den Strassenbahnen in Hannover und Cöln in Betrieb war, so dürfte es angezeigt sein, eine der neuesten Ausführungen zur Darstellung zu bringen.

Die äussere Erscheinung derselben, einem kleinen Personenwagen ähnlich, ist aus Fig. 136 zu ersehen; die innere Anordnung lässt der Längenschnitt Fig. 137 erkennen; Fig. 138 zeigt die Maschine mit zwei angehängten Waggonen. Die zwei schräg liegenden Cylinder haben 178 mm Durchmesser und 305 mm Hub. Die

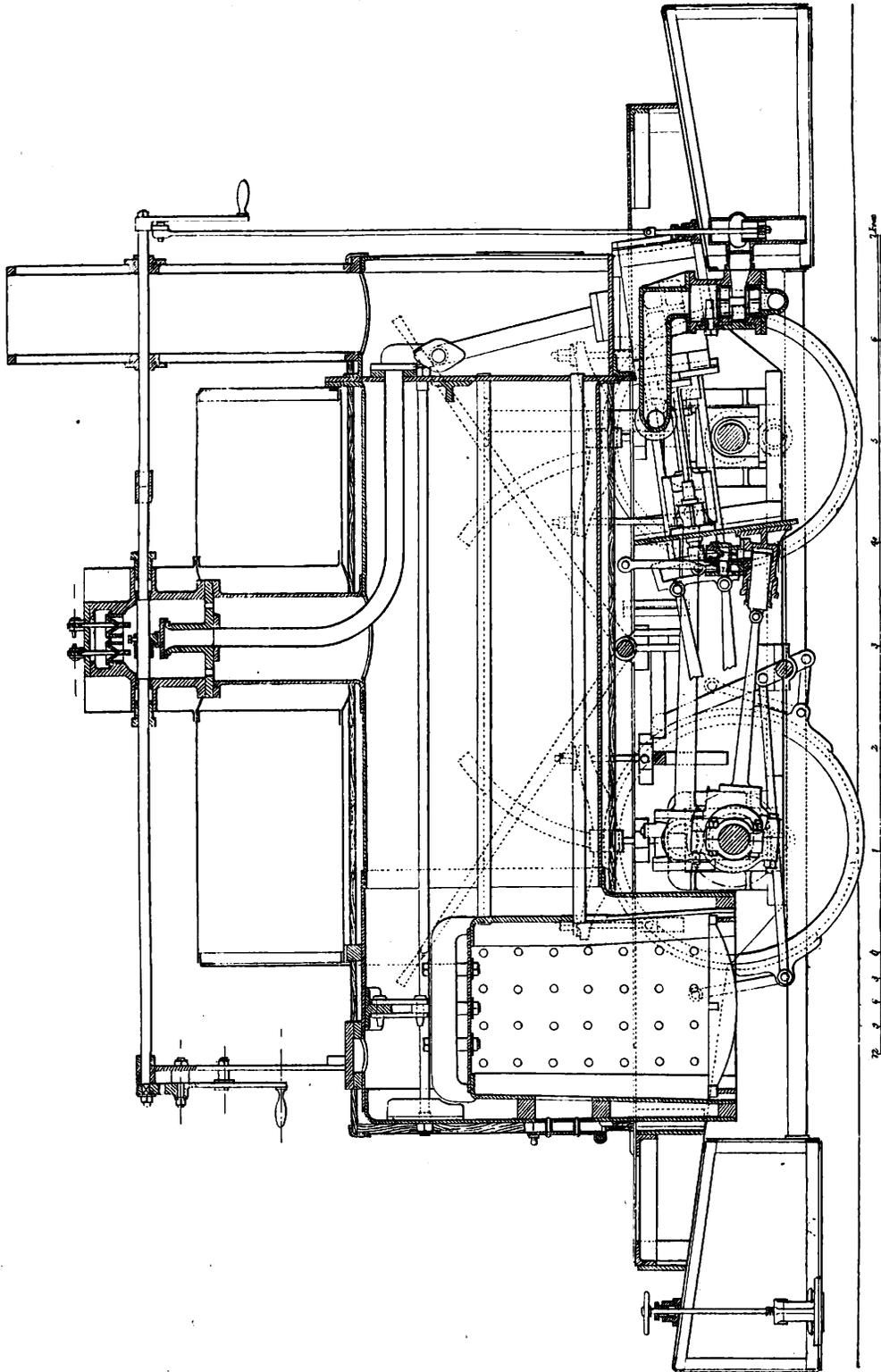
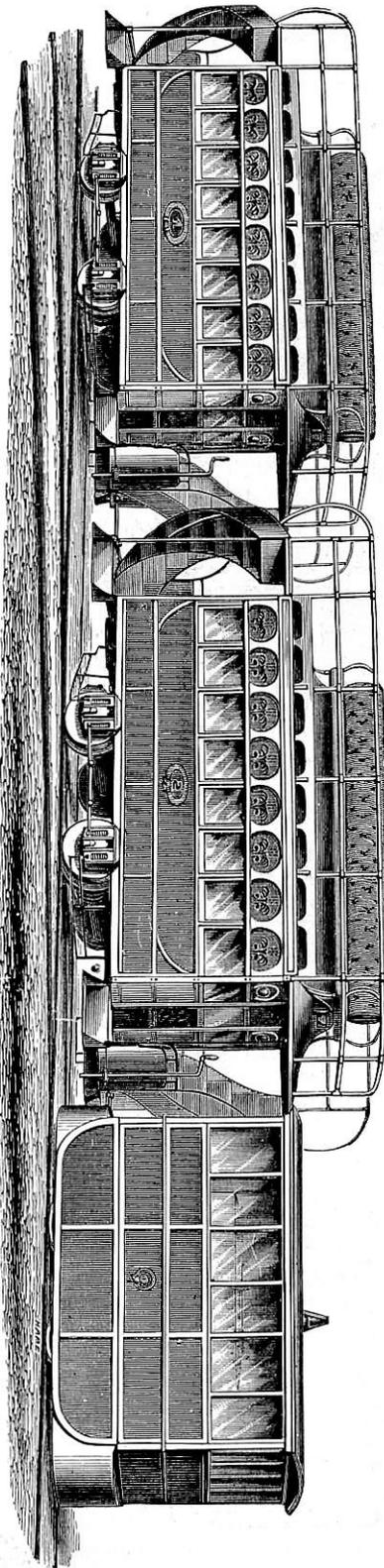


Fig. 137. Längenschnitt der Strassenbahnlocomotive von H. Hughes.

vier unter sich verkuppelten Räder von 762 mm Durchmesser haben 1,219 m Achsenabstand. Das Gewicht der Maschine beträgt 5590 kg im leeren und 7620 kg im Arbeitszustande, sodass bei einer mittleren Cylinderpressung von 7 kg pro qcm die entwickelte Zugkraft etwa $\frac{1}{8}$ des für die Adhäsion erforderlichen Gewichtes der Maschine

Fig. 138. Strassenbahnlocomotive (System Hughes) mit zwei Wagen.



betragen würde. Die Maschine ist mit Stephenson'scher Couliissensteuerung versehen; der Schieberhub beträgt 38 mm, die Ueberlappung 6 mm. Die Dampfcanäle sind 114 mm lang und beim Eintritt 16 mm, beim Austritt dagegen 32 mm breit. Der cylindrische Theil des Kessels hat 705 mm Durchmesser und enthält 62 Metallröhren von 38 mm äusserem Durchmesser und 1622 mm Länge zwischen den Rohrplatten. Die Feuerbüchse ist aus Kupfer und hat eine Länge von 577 mm bei 634 mm Tiefe. Die Heizfläche der Feuerbüchse beträgt 1,8 qm, die der Röhren 12 qm, die gesammte also 13,8 qm. Die Rostfläche ist 0,34 qm, daher das Verhältniss der beiden Flächen wie 1 : 40; das Verhältniss des Querschnittes der Feuerröhren zur Rostfläche ist wie 1 : 6,85; die Heizfläche der Feuerbüchse verhält sich zu der der Röhren wie 1 : 6,6. Der Dampfkessel ist mit einem kleinen Dampfdom versehen, auf welchen, wie Fig. 138 zeigt, ein Regulator angebracht ist. Die Handhabung des letzteren erfolgt mittelst einer horizontalen Spindel von beiden Seiten der Maschine aus; damit aber für den Maschinisten keine Verwechslung eintritt, wird die Bewegung der Handkurbel an dem einen Ende durch Einschaltung zweier Zahnsegmente auf jene Spindel übermittelt.

Die bereits auf Seite 133 erwähnte Condensationsvorrichtung ist in Fig. 139 abgebildet. Das für die Condensation nöthige Kaltwasserreservoir liegt über dem Kessel und fasst 18 hl; das Warmwasserreservoir besteht aus zwei flachen Behältern, die vor der Vorder- und Hinterachse der Maschine angebracht sind und durch ein Rohr miteinander communiciren. Mit dem Kaltwasser-, dem vorderen Warmwasserreservoir und dem Abdampfröhr der Maschine ist der in Fig. 139 in grösserem Maassstabe veranschaulichte Apparat verbunden. Der Ventilkolben *b*, der sich mit seinem Cylinder in dem Reservoir befindet, steht durch seine Stange *a* mit dem Regulatorhebel in Verbindung, sodass wenn der Regulator geöffnet ist, auch durch den Kolben *b* der Raum zwischen den beiden Ventilen *c* und *d* mit dem Warmwasserreservoir communiciren kann. Der Abdampf gelangt durch das Rohr *e* unter das Ventil *c*, während das Rohr *f* zum Kaltwasserreservoir führt; sobald Dampf von den Cylindern ausströmt, hebt sich das Ventil *c* und mit ihm *d*; der eintretende Dampf wird durch das von *f* nachströmende Wasser condensirt und gelangt vorgewärmt durch den Ventilkolben *b* in den unteren Behälter, von wo aus die Speisepumpe den Kessel versorgt. Die Menge des verbrauchten Wassers von 10° C. soll bei einem Versuche 70 kg pro Kilometer betragen haben, während das pro Stunde verbrauchte Quantum an Coaks 3,6 kg beträgt. Die Maschine ist mit einer automatischen Dampfbremse versehen, sodass dieselbe beinahe augenblicklich angehalten werden kann.

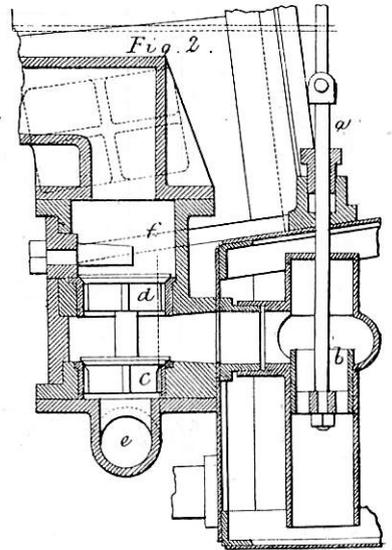


Fig. 139. Condensationsvorrichtung der Strassenbahnlocomotive, System Hughes.

Porter, Bell & Co., Pittsburg, Pennsylvanien.

(Mit Zeichnungen auf Tafel XVII. Fig. 8.)

Die Strassenbahnlocomotive dieser Firma ist auf Tafel XVII, Fig. 8 abgebildet; wie ersichtlich, hat dieselbe eine kleine vierräderige Tenderlocomotive, deren Wasserbehälter sich auf dem Rücken des Kessels befindet. Diese Firma hat die besten Resultate erzielt, wenn die Maschine ganz

vom Wagen getrennt und zwar in der gewöhnlichen Form einer Locomotive, sowohl hinsichtlich des Kessels wie der Maschine, nur dass die Grössenverhältnisse den besonderen Erfordernissen entsprechend reducirt wurden.

Die abgebildete Maschine hat 177 mm Cylinderdurchmesser; ausserdem baut diese Firma Maschinen dieses Systems in folgenden Grössen:

Durchmesser des Cylinders	152 mm	177 mm	203 mm
Hub des Kolbens	254 mm	304 mm	406 mm
Gewicht im Dienst	4050 kg	6300 kg	9000 kg
Totale Länge	3500 mm	3800 mm	4570 mm
Inhalt des Wasserbehälters	675 l	900 l	1687 l
Durchmesser der Räder	711 mm	762 mm	914 mm
Radachsenstand	1219 mm	1422 mm	1600 mm

Baldwin Locomotiv-Fabrik, Philadelphia.

Anschliessend an den auf Seite 134 gebrachten Bericht über Dampfmaschinen und Strassenbahnlocomotiven dieser Firma, mit denen nur Versuchsfahrten gemacht wurden, mögen hier einige Mittheilungen über gegenwärtig im Betrieb befindliche Baldwin'sche Strassenbahnlocomotiven folgen.

Unsere Abbildung Fig. 140 zeigt eine Maschine nebst Wagen, wie sie in vielen Städten Nord-Amerika's in Gebrauch ist. Auf der Broadway-Strassenbahn, Brooklyn sind seit April 1878 elf Maschinen im Dienst; auch die Bushwick Railroad Company übernahm zur selben Zeit 5 Locomotiven dieser Firma.

Die Dimensionen dieser Maschinen sind:

Länge des Wagenkastens excl. Plattformen	2,82 m
Totale Länge	3,90 m
Höhe von Schienenoberkante bis zum erhöhten Dach	2,92 m
Achsenstand	1,828 m

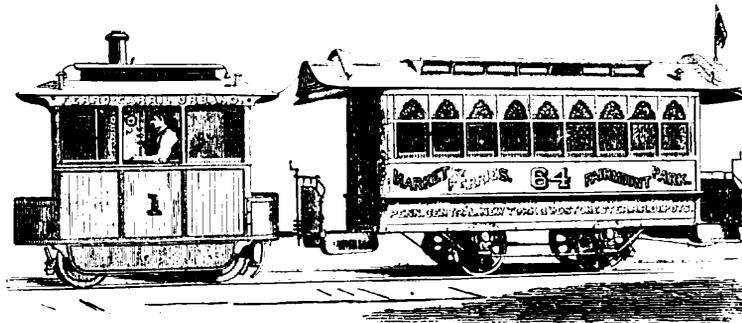


Fig. 140. Strassenbahnlocomotive, System Baldwin.

Die Maschinen werden in verschiedenen Grössen ausgeführt und zwar wiegen dieselben 5400 kg, 6300 kg, 7000 kg und 7650 kg. Die leichteste Maschine wiegt also nicht mehr als ein gewöhnlicher beladener Wagen, besitzt jedoch die genügende Kraft, zwei Wagen beträchtliche Steigungen hinauf zu befördern.

Die am häufigsten angewendete Locomotive hat einen stehenden Röhrenkessel von 6 Fuss (1,83 m) Höhe und 30 Zoll (763 mm) Durchmesser, derselbe enthält 120 Siederöhren von 4 Fuss (1,22 m) Länge und 1 1/4 Zoll (32 mm) Durchmesser. Unmittelbar hinter dem Kessel sind die beiden inneren Cylinder von 7 Zoll (177 mm) Bohrung und 10 Zoll (259 mm) Hub auf einem gusseisernen Gestell angebracht. Dieselben sind dicht nebeneinander gestellt, ihre Kolbenstangen wirken auf eine zwischen den beiden Treibachsen liegende gekrüpfte Blindachse; letztere ist überdies an ihren beiden Enden mit Kurbeln versehen, welche mit den Treibrädern verkuppelt sind. Diese Räder haben 30 Zoll (763 mm) Durchmesser und einen Radstand von 5 Fuss 6 Zoll (1,657 m). Eine solche Maschine wiegt 5400 kg.

Krauss & Co., München.

Die durch den Bau von Locomotiven für Secundärbahnen rühmlichst bekannte Locomotiv-Fabrik Krauss & Co. in München hat sich auch an der Lösung der Aufgabe, ein lebensfähiges System für Strassenbahnlocomotiven zu schaffen, eifrigst bethätigt. Diese Locomotiven, deren eine in dem Holzschnitt Fig. 141, S. 162 abgebildet ist, werden in verschiedenen Grössen gebaut. Die Hauptverhältnisse und Leistungsfähigkeit einiger derselben sind folgende:

Stärke der Maschine	15	25	50 Pferdekräfte
Cylinder-Durchmesser	140	170	210 mm
Hub	300	300	300 mm
Rad-Durchmesser	630	630	800 mm
Heizfläche	8,87	13,02	23,48 qm
Achsenstand	1500	1500	1500 mm
Gewicht der Maschine	5500	7400	9000 kg
Länge „ „	3000	3600	4000 mm
Breite „ „	2240	2240	2350 mm
Zugkraft	700	1030	1240 kg

Leistung auf einer Steigung von	1 : 100 =	29	44	50	Tonnen à	20	Ctr.
" " " "	" 1 : 50 =	18	27	30	"	à	20
" " " "	" 1 : 30 =	11	16	20	"	à	20
" " " "	" 1 : 20 =	6	10	12	"	à	20

Wir geben in Folgendem die Beschreibung und die Betriebsresultate der Locomotive der Mailänder Strassenbahn. Der Kessel ist, ähnlich den Locomotivkesseln, ein horizontaler Röhrenkessel mit kupferner Feuerbüchse. Die gesammte Heizfläche beträgt $12\frac{3}{4}$ qm, das totale Gewicht der Maschine 5800 kg. Die Behälter für das Speisewasser befinden sich unmittelbar unter dem Kessel und bilden einen soliden, steifen Rahmenbau, welcher mittelst Federn in drei Punkten auf den Achsen gelagert ist und so die Locomotive fähig macht, nicht nur Curven bis zu 15 m Radius, sondern auch fehlerhafte und schlecht nivellierte Geleise mit der grössten Sicherheit zu befahren. Dieselbe nimmt einen sehr geringen Raum ein, indem sie nur 3 m lang und 2,1 m breit ist. Der Arbeitsdruck im Kessel beträgt 12 At und ist amtlich auf 17 At geprüft. Die Maschine kann bei einer Geschwindigkeit von 15 km pro Stunde auf einer Steigung von 1 : 30 eine Last von 8 Tons (160 Ctr.) und mit einer Geschwindigkeit von 12 km auf einer Steigung von 1 : 15 noch einen gewöhnlichen Pferdewagen befördern. Bei der Abfahrt kann die Feuerbüchse mit Coaks für eine Fahrt von 2 Stunden gefüllt werden, sodass während dieser Zeit kein neuer Brennstoff aufzugeben ist und somit zur Bedienung dieser Maschine eine einzige Person hinreicht. Das im Behälter vorhandene Wasser genügt für eine Fahrt von 60 km; der auf der Maschine befindliche Kohlenraum kann soviel Kohle aufnehmen, als für den Tagdienst nothwendig ist. Alle Maschinentheile sind aus Gussstahl angefertigt und die der meisten Abnutzung ausgesetzten auch gehärtet. Ueberhaupt ist an der ganzen Maschine kein Bestandtheil, der nicht schon durch langjährige Praxis sich bewährt hätte.

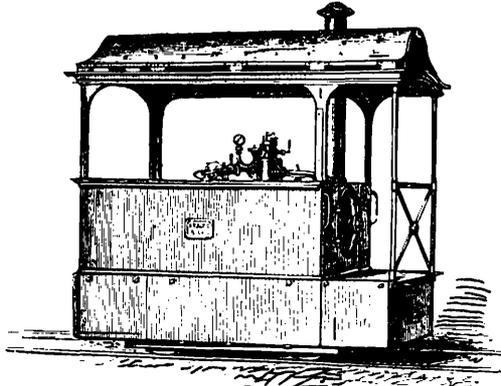


Fig. 141. Ansicht der Strassenbahnlocomotive von Krauss & Co.

Die Tramwaylinie Cuneo S. Dalmazzo ist 16 km lang und hat eine durchschnittliche Steigung von 13‰ (1:77). Jeder Wagen hat ein durchschnittliches Gewicht von 1900 kg; die Locomotive wiegt im Dienst 6200 kg. Die durchschnittliche Geschwindigkeit, mit welcher die Züge befördert werden, beträgt 14 km pro Stunde. Durchschnittlich wurden pro Zug befördert 1,8 Wagen und 79 Personen.

Die Maximalbelastung des Zuges excl. Locomotive betrug 18,380 kg, incl. Locomotive 24,580 kg. Die Durchschnittsbelastung " " " " " " 3,420 " " " " 9,620

Nimmt man an, dass der eigentliche Widerstand des Zuges für die Wagen 10 kg, für die Locomotive 14 kg pro Tonne ihres Gewichtes beträgt, so hat die Maschine in steigender Richtung unter Zuziehung der Schwerkrafts-Componente für die Steigung von 13‰ eine Leistung ausgeübt:

bei der Maximalbelastung von 30,6 Pferdekräften
 " " Durchschnittsbelastung " 12,8 " "

Für jede Anheizung wurde verbraucht	17,1 kg Holz	und	23,2 kg Coaks.	Zu den Fahrten wurden verwendet:		
Pro Wegkilometer	an Coaks	2,06	an Oel	0,031	an Speisewasser	22,66 kg
" Wagenkilometer	" "	1,03	" "	0,016	" "	10,33 "
" Fahrt	" "	33,00	" "	0,500	" "	330,00 "
" Tag incl. Anheizung	" "	221,00	" "	3,000	" "	1983,00 "

Auf Grundlage dieser der Wirklichkeit entnommenen Resultate stellte sich der Aufwand an Material für die normale Leistung von 100 kg pro Tag für verschiedene Belastungen, wie folgt:

		Bei Beförderung von	1 Wagen	2 Wagen	3 Wagen	4 Wagen
Verbrauch an Holz zum Anheizen	kg		22	22	22	22
" " Coaks " "	"		23	23	23	23
" " " z. Fahrt f. Locom.	"		85	85	85	85
" " " " " " Wagen	"		60	120	180	240
Verbrauch im ganzen an Brennmaterial			190	250	310	370

Bei der Annahme von einem Ankaufspreis von M. 40 pro 1000 kg Brennmaterial und von M. 1 pro 1 kg Oel berechnen sich die täglichen Ausgaben bei einer Leistung von 100 km:

Für Brennmaterial	M.	7,60	10,00	12,40	14,80
" Oel	"	4,00	4,20	4,40	4,60
" Reparatur und sonstigen Unterhalt	"	2,50	2,60	2,70	2,80
" Besoldung des Maschinisten	"	5,00	5,00	5,00	5,00
" Besoldung eines Gehilfen	"	1,80	1,80	1,80	1,80
Tägliche Zugkraftskosten	M.	20,90	23,60	26,30	29,00

Verzinsung u. Amortisation, 8 Proc. von M. 14000
mit Berücksichtigung der nöthigen Reserve auf
nur 300 Betriebstage eines Jahres für eine Ma-
schine berechnet

M.	3,73	3,73	3,73	3,73
Summa:	M. 24,63	27,33	30,03	32,73

Strassenbahnlocomotiven dieser Firma sind auch auf der Berlin-Görlitzer Eisenbahn in Betrieb, um den Personenverkehr zwischen Berlin und Grünau zu vermitteln. Eine solche Maschine mit zwei gekuppelten Achsen entwickelt bei 12 At 25 Pferdekräfte. Ihre Dimensionen sind:

Länge excl. Buffer	3,5 m	Heizfläche	1123 qm
Breite	2,3 m	Rostfläche	0,29 qm
Cylinderdurchmesser	160 mm	Wasserraum	1,00 cbm
Kolbenhub	300 mm	Kohlenraum	5 hl fassend
Raddurchmesser	800 mm	Gewicht im Betrieb	7200 kg
Radstand	1500 mm		

Die Züge bestanden aus 1—2 oder 3 gewöhnlichen 8500 kg schweren, 40 Personen fassenden Wagen; wie die angestellten Versuche ergeben haben, kann jedoch die Maschine vier vollbesetzte Wagen mit der vorge-

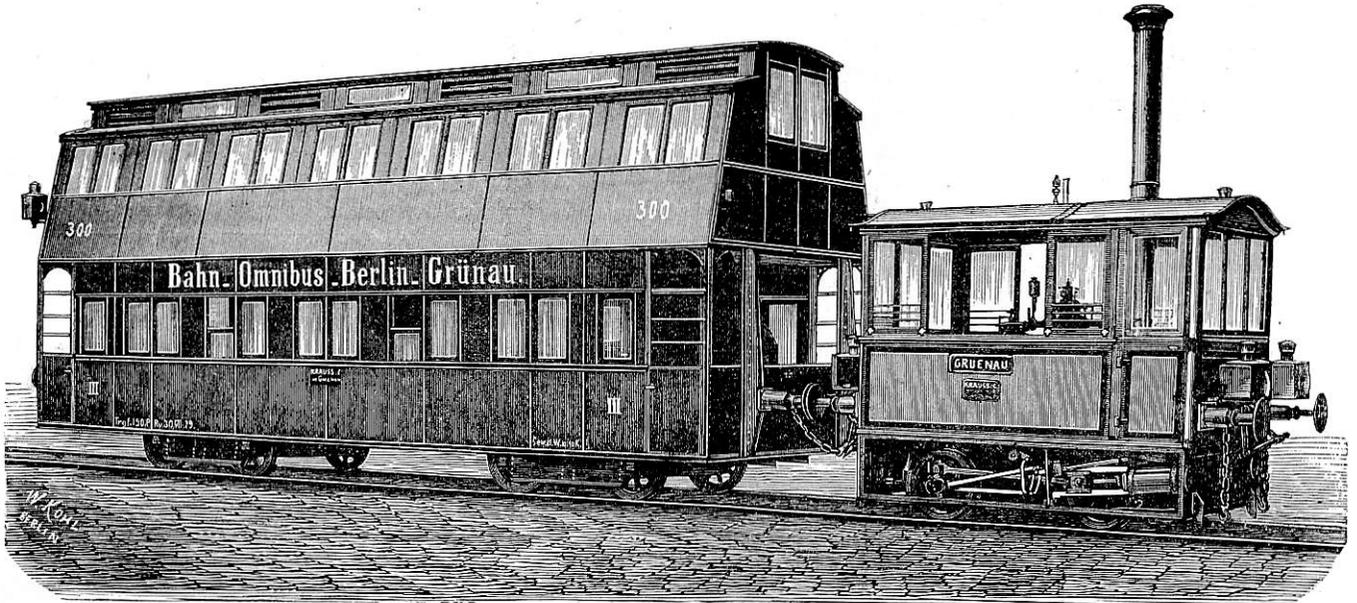


Fig. 142. Locomotive mit Etagenwagen, System Krauss.

schriebenen Geschwindigkeit befördern. Obige Firma hat jetzt für diese Art von Transport Personenwagen von zwei Etagen, die mehr als 100 Personen fassen und leer 7000 kg wiegen, in Betrieb gestellt. Unsere Abbildung, Textfig. 142 veranschaulicht einen solchen Zug. Diese Wagen sind ganz in Eisen gebaut und haben einen sicheren und sanften Gang, der auch infolge der Drehgestelle in Curven nichts zu wünschen übrig lässt. Das Communicationssystem bietet dem Publicum grosse Bequemlichkeit, indem jede Person einen Eckplatz erhält; zur oberen Plattform führt eine leicht zu passierende 10 stufige, 40° geneigte Treppe. Jedes Anfahren dauert 25 bis 30, jedes Anhalten des Zuges 12—15 Secunden. Bei voller Geschwindigkeit kann der Zug auf 18 m Distanz durch die Maschinenbremse zum Stillstand gebracht werden.

Das Fahrgeld beträgt 50 Pfg. für das einfache, 70 Pfg. für das Retourbillet; ganz ebenso wie bei Pferdebahnen besorgt der die Omnibus-Züge begleitende Schaffner die Ausgabe der Billets. Auf der Maschine fungirt neben dem Locomotivführer noch ein Heizer.

Wühlert'sche Maschinenbauanstalt und Eisengiesserei-Actien-Gesellschaft, Berlin.

(Mit Zeichnungen auf Tafel XVIII. Fig. 4—7.)

Diese Maschinen sind nach Art der gewöhnlichen Locomotiven gebaut, mit aussenliegenden Cylindern, zwei gekuppelten Achsen und horizontal liegendem Kessel, welcher eine kupferne Feuerbüchse mit Belpaire'scher Verankerung und schmiedeeiserne, mit Kupfer vorgeschuhte Siederöhren hat, im übrigen aus Holzkohleneisenblech

besteht. Um möglichst wasserfreien Dampf zu erhalten, ist der Feuerbüchsenmantel gegen den Rundkessel überhöht und trägt hier den Dampfregulator und die zwei Sicherheitsventile nach Ramsbottom's Princip.

Der in den Cylindern verbrauchte Dampf tritt durch das unterhalb längs der ganzen Maschine gehende Rohr *a* in das gusseiserne Gehäuse *b*, aus welchem, je nach der Stellung der in diesem Gehäuse befindlichen Drosselklappen, der Dampf entweder direct nach dem Schornstein durch das Rohr *c* entweichen, oder auch nach den Condensatoren geführt werden kann. Im letzten Falle tritt der Dampf in die kupfernen Spiralen *d* ein, welche im vorderen zwischen den beiden Rahmen liegenden, zu $\frac{7}{8}$ der Höhe mit Wasser angefüllten Behälter *e* liegen und condensirt sich zum Theil schon in diesen Röhren, während der übrige Dampf oberhalb des Wassers wegzieht und durch das Rohr *f* in den zweiten Condensator *g* eintritt, der ein System Messingröhren enthält, in welchen der Dampf vollkommen condensirt wird. Die Fortsetzung dieses letzten Röhrensystems schliesst sich durch die Rohre *h* den obenerwähnten Ausströmungsröhren *c* an. Die Speisepumpe *i*, welche an den tiefsten Stellen der Condensationsröhre angeschlossen ist und durch Hebel und Stangen von der Kuppelstange aus betrieben wird, entfernt fortwährend das sich ansammelnde Condensationswasser und führt es vollkommen gereinigt in den Kessel zurück, wodurch dieser immer wieder dasselbe Wasser erhält und nur ein sehr geringer Wasserverlust entsteht, welcher durch die direct aus dem vorderen Behälter *e* saugende zweite Pumpe *k* ersetzt wird. Ausserdem besitzt die Maschine einen Injector, um beim Stillstand speisen zu können.

Die mit diesen Maschinen angestellten Fahrten haben dargethan, dass die Condensatoren bei normaler Fahrgeschwindigkeit und horizontaler Bahn, wobei der Maschine zeitweise zwei Etagenwagen angehängt waren, $1\frac{1}{2}$ — $1\frac{3}{4}$ Stunden lang den Dampf vollkommen condensirten, worauf erst Erneuerung des Wassers nöthig war. Der Kessel wird mit Coaks geheizt und hat die Feuerthüröffnung am hinteren Theil. Es genügt, durchschnittlich alle $\frac{3}{4}$ Stunden den Rost mit Feuerungsmaterial zu beschicken, was mittelst besonders dazu eingerichteter Blech-eimer geschieht.

Die Maschine ist an beiden Enden symmetrisch gebaut und braucht deshalb an den Endstationen nicht gedreht zu werden. Der Führer hat je nach der Fahrrihtung seinen Stand vorn oder hinten, wozu auch an beiden Enden der Maschine Umsteuerungsböcke und Hebel zum Abstellen des Dampfes angebracht sind. Ausserdem besitzt die Maschine eine kräftige Hebelbremse, die ebenfalls von beiden Seiten der Maschine aus sehr leicht nur durch Umlegen eines Hebels *m* mit Gewicht gehandhabt werden kann und bei normaler Geschwindigkeit einen fast plötzlichen Stillstand der Maschine erzielt, ohne dabei erst noch die Steuerung oder den Dampfregulator zu verstellen. Die Steuerung ist eine Stephenson'sche mit zwischen den Rahmen liegenden Excentern, Excenterstangen und Couliissen, welche letztere durch die Doppelhebel *n* die oberhalb der Cylinder liegenden Dampf-schieber bewegen. Sämmtliche Theile sind leicht zugänglich und gegen äussere Einwirkungen durch ihre Lage sowie durch besondere Blechmäntel geschützt.

Die Dimensionen der Maschine sind folgende:

Spurweite normal	1,44	m
Kesseldurchmesser im Lichten	0,760	„
Ganze Länge des Kessels	2,680	„
Anzahl der Siederöhren 62 von 46 mm äusserem Durchmesser bei $2\frac{1}{2}$ mm Wandstärke; Länge der einzelnen Röhren	1,550	„
Länge des Feuerbüchsenmantels	0,860	„
Breite	0,820	„
Stärke der Bleche im Rundkessel und Feuerbüchsenmantel	10	mm
„ „ schmiedeeisernen Rohrwand	15	„
„ „ kupfernen Feuerbüchsenbleche	11	„
„ „ „ Rohrwand	16	„
Feuerberührte Fläche in den Röhren	12,378	qm
„ „ in der Feuerbüchse	2,517	„
„ „ totale	14,895	„
Rostfläche	0,416	„
Kesselüberdruck	12	At
Radstand	1,5	m
Raddurchmesser	0,780	„
Cylinderdurchmesser	0,180	„
Kolbenhub	0,300	„
Von Mitte zu Mitte Cylinder	1,770	„
Von Mitte Cylinder bis Mitte Kessel	1,030	„
Von Mitte zu Mitte Achsschenkel	1,190	„
Achsschenkellänge	0,160	„
Achsenstärke glatt durch	0,075	„
Wasserinhalt der beiden Condensatoren	750	l
Höhe des Trittblechtes von Schienenoberkante	0,640	m

Totale Länge der Maschine	4,500	m
„ Breite „ „	2,200	„
„ Höhe „ „	3,040	„
Gewicht der Maschine leer	8000	kg
„ „ „ im Dienst	9500	„

Berliner Maschinenbau-Actien-Gesellschaft vorm. L. Schwartzkopff.

Die von dieser Firma construirte Tramway-Locomotive, eine Condensationsmaschine mit gekuppelten Achsen. ist in den Textfig. 143—146 in Längen- und Querschnitten sowie im Grundriss abgebildet. Als Dampferzeuger dient ein Röhrenkessel mit kreisförmiger Feuerbüchse. Zu beiden Seiten der Rauchkammer sind die Dampfcylinder angeordnet; die Uebertragung der Kolbenbewegung erfolgt nach dem System Belpaire. Der Durchmesser der Cylinder beträgt 175 mm, der Kolbenhub 300 mm, die Fahrgeschwindigkeit der Maschine 15 km pro Stunde; die Triebräder haben 700 mm Durchmesser.

Die Condensation des Dampfes wird auf zweierlei Weise bewirkt. Der ausströmende Dampf tritt, nachdem er einen Vierweghahn *e* passirt hat, in den aus einem Rohrsystem bestehenden Oberflächen-Condensator *f*, der sich in einem durch den Rahmen der Maschine gebildeten Wasserkasten befindet. Die Pumpe *g* (Fig. 145) entfernt das Condensationswasser aus den Röhren *f*. Die Abkühlung des im Wasserkasten befindlichen Kühlwassers geschieht, indem eine Pumpe *h* dasselbe während des Ganges der Maschine continuirlich durch das Rohrsystem *ii* drückt; letzteres bildet zugleich die Seitenwände des oberen Theiles der Maschine. Das Rohrsystem ist so angeordnet, dass die Luft die einzelnen Röhren von allen Seiten frei umspülen kann und somit die Abkühlung des in den Röhren circulirenden, durch die Condensation angewärmten Wassers auf die ihr selbst inne wohnende Temperatur ohne Beihilfe anderer Mittel direct bewirkt. Im anderen Falle geht der ausströmende Dampf von dem Vierweghahn *e* aus nicht direct in den Oberflächencondensator *f*, sondern vorher durch das Rohrsystem *ii*. Es findet demnach erst eine Condensation durch Luftkühlung, hierauf in dem vom Wasser umspülten Rohrsystem *f* die vollständige Niederschlagung des Dampfes statt; auch in diesem Falle entfernt die Pumpe *g* das Condensationswasser.

Endlich kann aber auch die Maschine ohne Condensation arbeiten, indem durch den Vierweghahn *e* die Auspuffdämpfe in das Abzugsrohr *k* geleitet werden. Dieses Rohr mündet nicht in den von den Heizgasen durchströmten inneren Schornstein, sondern in den durch diesen und einen äusseren Mantel gebildeten ringförmigen Raum, sodass keine Blaserohrwirkung, wohl aber eine Ueberhitzung der Dämpfe erzielt wird. Soll ein künstlicher Luftzug zur lebhafteren Verbrennung erreicht werden, so wird der Dampf durch eine andere Stellung des Vierweghahnes in das Blaserohr *l* geführt.

Die Bedienung der Maschine kann von beiden Seiten aus erfolgen, da die Hebel für die Steuerung, Bremse, Regulator, die Züge für Cylinderauslasshähne, Vierweghahn *e* etc. doppelt vorhanden sind. Die Speisung des Kessels geschieht durch Handpumpe *m* (Fig. 145) und Injector.

Die Hauptverhältnisse dieser Maschine sind:

Ganze Länge der Maschine	4230	mm	Dampfüberdruck	12	At
Ganze Breite „ „	2000	„	Heizfläche	12	qm
Ganze Höhe „ „	2920	„	Rostfläche, totale.	0,45	„
Oberfläche der Condensationsrohre	2838	„	Achsenstand	1600	mm
„ „ Kühlrohre	15,4	qm	Geschwindigkeit pro Stunde	15	km

Es bezeichnet in den Figuren 143—146:

<i>a.</i> Dampfdom mit Sicherheitsventil und Federwaage	<i>i.</i> Kühlrohrleitung
<i>b.</i> Regulator	<i>k.</i> Auspuffrohr
<i>b.</i> Regulatorwelle	<i>l.</i> Blaserohr
<i>c.</i> Dampfeinströmröhr	<i>m.</i> Handspeisepumpe
<i>d.</i> Dampfausströmröhr	<i>n.</i> Steuerungshebel
<i>e.</i> Vierweghahn	<i>n.</i> Steuerungswelle
<i>f.</i> Condensator	<i>o.</i> Coulissee
<i>g.</i> Warmwasserpumpe	<i>p.</i> Bremshebel
<i>h.</i> Druckpumpe	<i>q.</i> Buffer mit Zugstangen.

Das zuerst beschriebene Condensationsverfahren, bei dem das zur Kühlung benutzte Wasser während des Betriebes durch ein der freien Luft exponirtes Rohrsystem geleitet wird, ist als neu patentirt. Dadurch, dass das Condensationswasser continuirlich durch den Oberflächencondensator gedrückt wird, findet eine wesentlich bessere Abkühlung des Wassers und infolge dessen auch eine weit intensivere Condensation des Dampfes statt, sodass diese Maschine selbst bei feuchtem und kaltem Wetter keinen Dampf zeigt. Die Maschine braucht, da sie an beiden Enden symmetrisch gebaut ist, an den Endstationen nicht gedreht zu werden. Der Führer hat seinen Stand an der Spitze des Zuges und hat von hier aus einen vollständig freien Ueberblick der zu befahrenden Bahnstrecke.

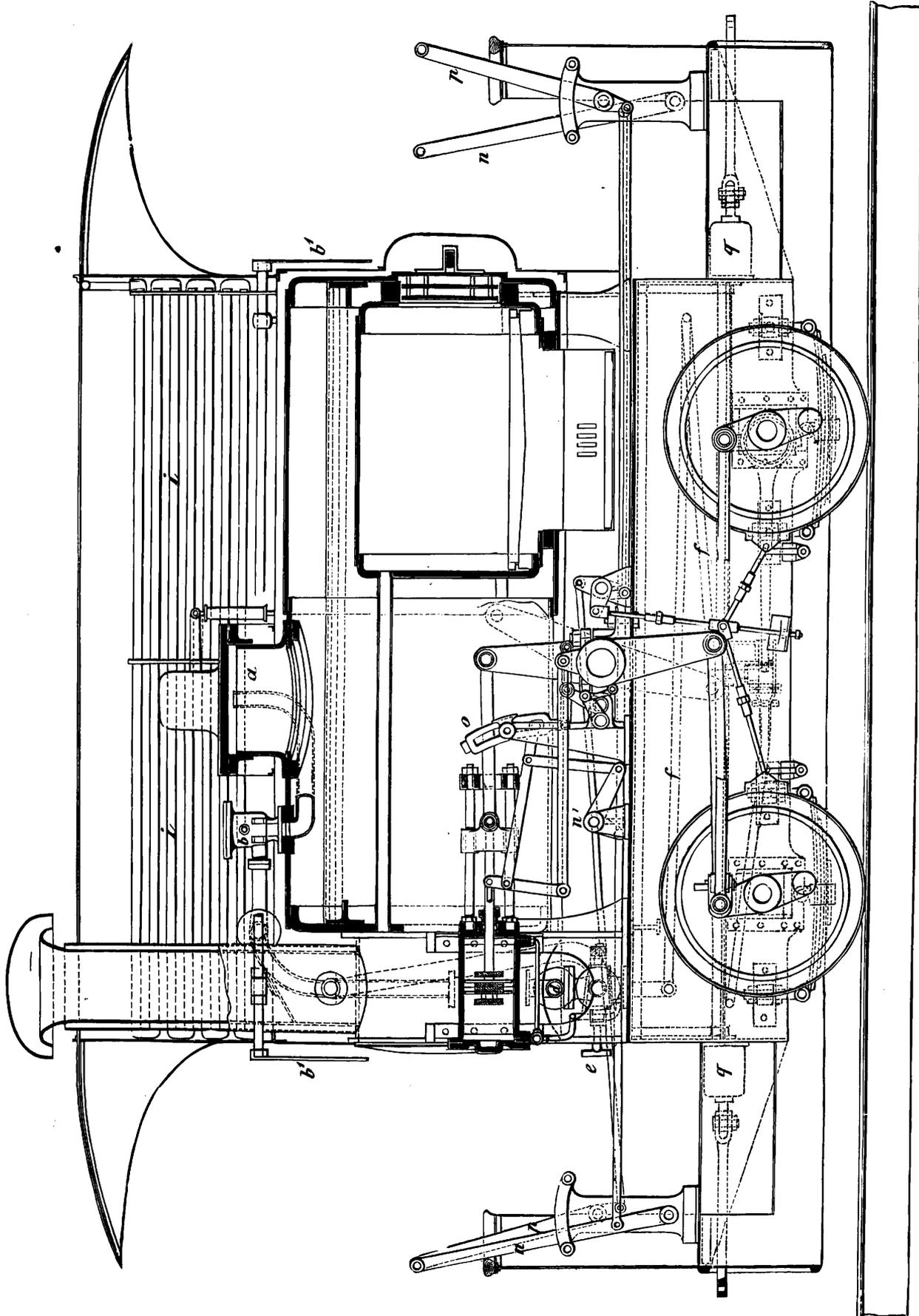


Fig. 143. Längenschnitt der Strassenbahnlocomotive, System Schwitzkopf.

Henschel & Sohn, Cassel.

(Mit Zeichnungen auf Tafel XVIII. Fig. 1—3.)

Diese auf Tafel XVIII Fig. 1—3 abgebildete Maschine ist der Merryweather'schen ähnlich. Dieselbe hat 200 mm Cylinderdurchmesser, 300 mm Kolbenhub und arbeitet mit einem Dampfdruck von 12 At Spannung. Sie ist mit innen liegenden Cylindern versehen, wodurch ein ruhiger Gang und eine gute Lastvertheilung auf die beiden Achsen erzielt wird. Ferner können dabei die arbeitenden Theile vom Führer leicht übersehen werden und sind dieselben besser vor dem aufgewirbelten Staub geschützt. Die Steuerung ist die Allan'sche.

Der nach dem System Belpaire gebaute Kessel ist mit einer Feuerbüchse aus Kupfer und mit einem Dampfdom versehen, an dessen höchster Stelle der Dampf entnommen wird. Die Siederöhren sind von Holzkohleneisen; der Kessel ist möglichst kurz gehalten, um beim Befahren von geneigten Ebenen einen gleichmässigen Wasserstand zu erzielen. Die beiden Dampfzylinder entlassen den gebrauchten Dampf in einen unter der Rauchkammer befindlichen Sammelkasten *a* und von dort ins Freie, wodurch das stossweise Ausströmen desselben verhindert wird. Ein Abflussrohr *b* mit Hahn leitet das in dem Kasten *a* durch äussere Abkühlung gebildete Condensationswasser in den Aschenraum, wo dasselbe die glühende Asche löscht. Der den Sammelkasten verlassende Dampf wird in einen Ejector geleitet, wodurch zugleich die erforderliche Circulation des Wassers herbeigeführt wird; ausserdem ist noch zum Zwecke der vollständigen Condensation auf dem Dache der Locomotive ein Wasserbehälter angebracht. Bei warmer und ziemlich trockener Luft kann der Condensator ausser Thätigkeit gesetzt werden, da alsdann der mit den heissen Coaksgasen gemischte Dampf nicht sichtbar ist. Sobald der Condensator arbeitet, führt ein Dampfbläser dem Feuer die nöthige Luft zu. Am vorderen Ende der Locomotive befinden sich zwei Wasserbehälter *c*, von welchen aus eine horizontale Speisepumpe dem Kessel Wasser zuführt, während als Nothpumpe und beim

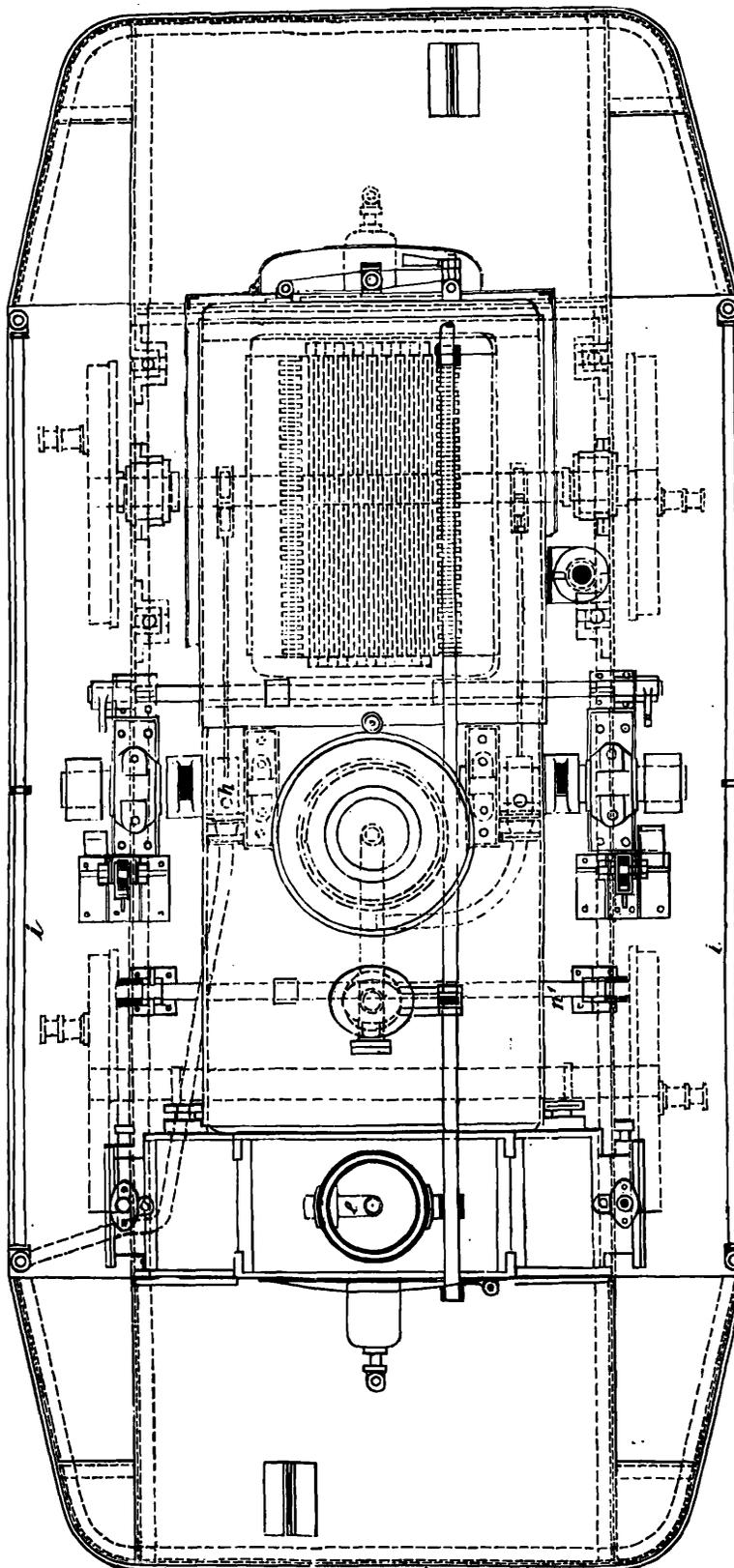


Fig. 141. Grundriss der Strassenbahnlocomotive, System Schwartzkopf.

Stillstand ein Injector angewendet wird. Mittelst einer sehr kräftigen Kniehebelbremse können die Locomotivräder sofort festgestellt werden.

Die Ausführung der Maschine ist eine sehr exacte; das gangbare Werk, mit Ausnahme der aus Tiegelgusstahl hergestellten Pleuelstangen, Kuppelstangen und Achsen, besteht aus Hammereisen. Die Scheibenräder haben Gusstahlbandagen; die Federn bestehen aus Gussfederstahl. Die Locomotive ist von allen Seiten und nach

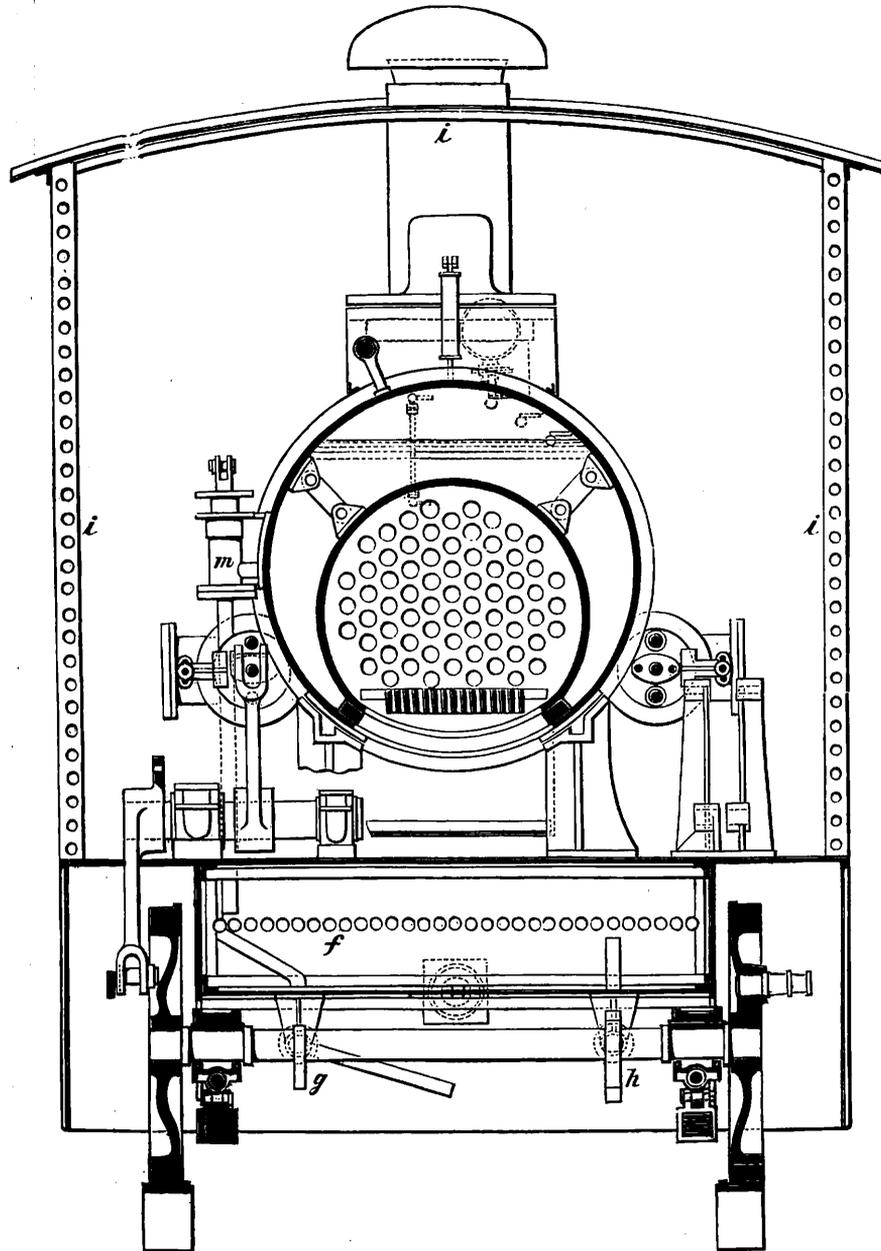


Fig. 145. Querschnitt der Strassenbahnlocomotive, System Schwarzkopf.

unten mit einer Bekleidung aus lackirtem Blech versehen, um alle sich bewegenden Theile derselben dem Auge zu entziehen und gleichzeitig zu schützen.

Die Locomotive ist bestimmt, Strassenbahnen mit Steigungen bis 1:12 und mit Curven bis 20 m Radius zu befahren. Die angenommene Geschwindigkeit beträgt 20 km pro Stunde; das Gewicht beläuft sich auf 7750 kg, mit gefülltem Wasserbehälter für die Condensation auf 9250 kg; die Heizfläche misst 17 qm.

Eine zweite nach demselben System gebaute Locomotive für Strassenbahnen mit geringeren Steigungen hat folgende Dimensionen:

Cylinderdurchmesser . . .	140 mm	Gewicht leer	6750 kg
Kolbenhub	300 „	Gewicht im Dienst	7850 „
Raddurchmesser	600 „	Grösste Länge d. Locom. . .	7350 mm
Heizfläche	10 qm	Grösste Breite „ „	2250 „
Rostfläche	0,3 „	Grösste Höhe „ „	3200 „

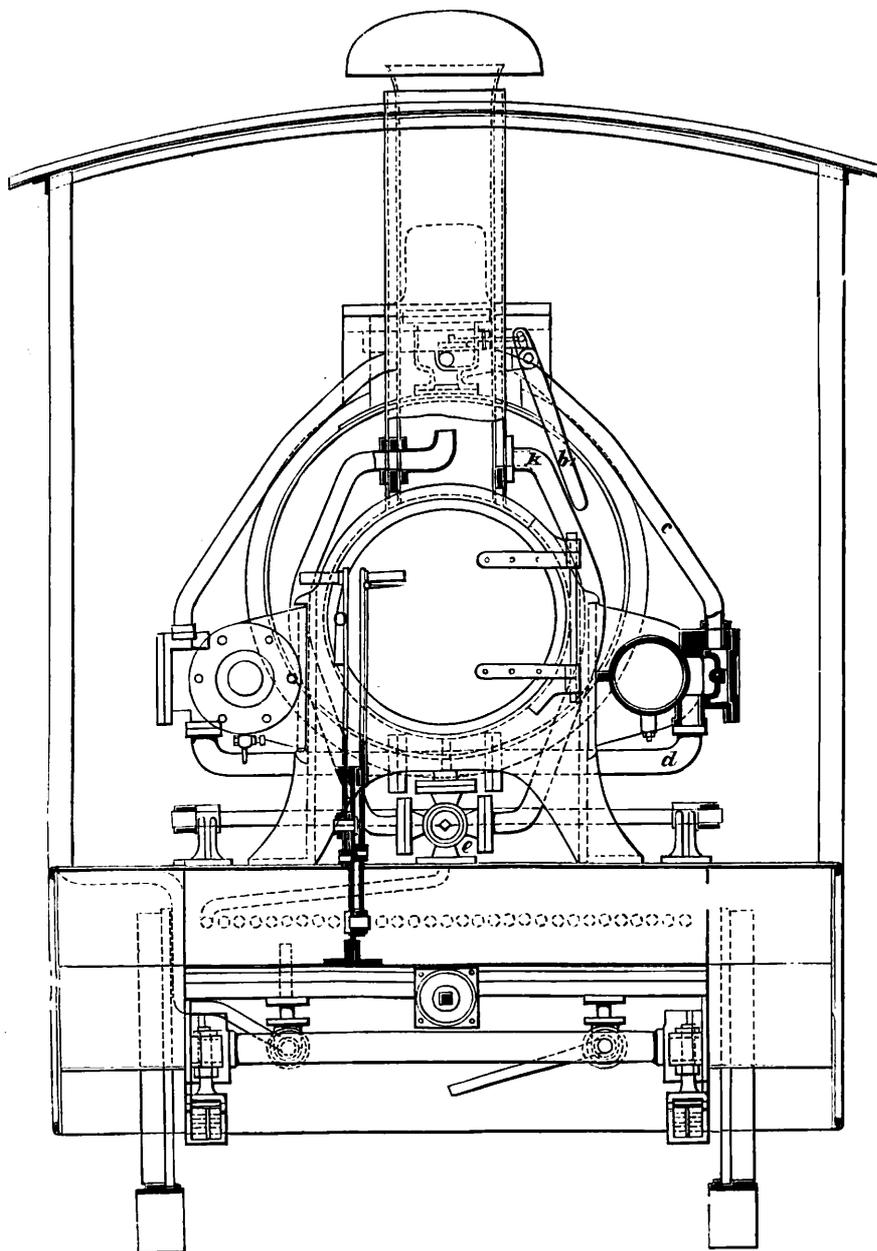


Fig. 146. Frontansicht der Strassenbahnlocomotive, System Schwarzkopff.

Hannover'sche Maschinenbau-Actien-Gesellschaft vorm. G. Egestorff.

(Mit Zeichnung auf Tafel XIX. Fig. 1—3.)

Aus der Zeichnung auf Tafel XIX Fig. 1—3 geht die allgemeine Anordnung der Locomotive hervor. Die Maschine ruht mittelst vier Längsfedern auf zwei miteinander gekuppelten Achsen; am vorderen Ende sind die Dampfzylinder in etwas geneigter Lage ausserhalb der Rahmen solid befestigt. Die Locomotive besitzt einen

Clark, Strassenbahnen.

horizontalen Kessel, dessen Construction derjenigen der gewöhnlichen Locomotivkessel entspricht. Die innerhalb der Räder liegenden Rahmen bestehen aus zwei einfachen 8 mm dicken Blechplatten und bilden mit ihrem mittleren Theil zugleich die Wände des unteren Wasserkastens, dessen übrige Wände auch zur Versteifung der Rahmen untereinander dienen. Die Radsterne sind gusseiserne Scheiben von 570 mm Durchmesser, mit Gusstahlbandagen von 75 mm Breite und 630 mm Laufkreisdurchmesser bezogen, deren lichter Abstand pro Achse 1388 mm beträgt. Ebenso sind die Achsenschaufeln aus Gusstahl; dieselben haben im Schenkel und Schaft 100 mm Durchmesser und 120 mm Schenkellänge; der Radstand der Maschine beträgt 1600 mm. Zur Ausgleichung des Gangwerkgewichtes sind die Radsterne mit Gegengewichten versehen. Die Federn sind Blattfedern von 252 mm Länge, bestehend aus acht dünnen Blättern von 8 mm Dicke und 52 mm Breite.

Der Kessel arbeitet unter einem Dampfüberdruck von $10\frac{1}{2}$ At und ist auf eine Wasserpressung von $15\frac{1}{2}$ At Ueberdruck antlich geprüft. Der Aussenkessel besteht aus Eisenblech, die Feuerbüchse aus Kupferblech; der aus zwei Blechschüssen von 9,5 mm Wanddicke gebildete Rundkessel hat 760 mm Durchmesser. Der obere Feuerbüchsenmantel bildet die Fortsetzung des cylindrischen Kesseltheils und ist durch Stehbolzen mit der Decke der Feuerbüchse verankert; in derselben Art sind die übrigen Wände der Feuerbüchse mit denen des Mantels durch kupferne Stehbolzen verbunden. Die Blechdicke der kupfernen Rohrwand ist 21 mm, die der übrigen Wände der Feuerbüchse 12 mm, die der vorderen Stirnwand des Feuerbüchsenmantels 12 mm, die der Deckplatte 45 mm, die der übrigen Wände 11,5 mm. Die eiserne Rohrwand der cylindrischen Rauchkammer ist 19 mm dick und in ihrem oberen Theile durch eine Blechplatte verankert. Alle Längsnähte des Kessels haben eine doppelte, die Quernähte eine einfache Nietreihe. Der Kessel enthält 64 Stück Siederohre aus Holzkohleneisen von 38 mm äusserem Durchmesser, 2 mm Wanddicke und 1613 mm Länge zwischen den Rohrwänden. Zur Kesselspeisung dienen eine vom Kreuzkopf der Maschine aus betriebene Speisepumpe und ein Injector nach Körting's Patent, welcher letzterer auch bei 65° C. des aufgenommenen Wassers noch zuverlässig wirkt. Der Kessel besitzt zwei auf dem Regulatorkasten angebrachte Sicherheitsventile von 47 mm Durchmesser, welche mittelst Hebelübersetzung durch Federwaagen belastet sind; der den Ventilen etwa entströmende Dampf wird durch ein Rohr dem Schornstein zugeführt. Auf dem Feuerbüchsenmantel ist ein zuverlässiges Federmanometer angeordnet, auf welchem die Maximalspannung von $10\frac{1}{2}$ At markirt ist.

Der Rost liegt horizontal im unteren Theil der Feuerbüchse und ist für Steinkohlen- oder Coaksfeuerung eingerichtet. Unter der Feuerbüchse ist ein dicht schliessender, leicht abnehmbarer Aschenkasten angebracht, dessen Boden über die Klappe hinaus verlängert ist, um das Herausfallen von Asche zu verhindern; die Feuerthür befindet sich auf der linken Seite der Feuerbüchse. Der konisch geformte Schornstein trägt oben einen Funkenfänger. Dem Exhaustor wird der aus den Cylindern tretende Dampf nicht direct, sondern erst durch eine unter der Rauchkammer angebrachte Dampfkammer zugeführt, wodurch das Geräusch des Dampfaustrittes ein gleichmässiges und sehr geringes ist. Der Dampf tritt in ringförmigem Strahl mit innerer und äusserer Luftberührung aus dem für variablen oder auch vollständigen Verschluss eingerichteten Exhaustor; ist letzterer geschlossen, so tritt der Dampf nicht in den Schornstein, sondern wird durch in der Cisterne angebrachte Injectoren geräuschlos condensirt; auch kann ein Theil desselben durch einen Hahn aus der Dampfkammer in den Aschenkasten unter dem Rost geleitet werden. Zur Anfachung des Feuers bei Stillstand der Maschine ist ein Hilfsexhaustorhahn vorhanden, durch welchen ein ringförmig um den Exhaustor gelegtes, nach oben durchlöchertes Rohr mit direct aus dem Kessel kommendem Dampf gespeist wird.

Die Dampfcylinder haben 170 mm Durchmesser und 300 mm Kolbenhub und sind in etwas geneigter Lage zu beiden Seiten der Rauchkammer fest mit den Rahmen verbunden. Zur Ablassung des Condensationswassers sind an den Cylindern Hähne angebracht, welche durch gemeinschaftlichen Zug vom Führerstande aus zu öffnen sind. Das Condensationswasser wird von diesen Hähnen nach einer besonderen kleinen, zwischen den Cylindern liegenden Cisterne geführt, welcher auch das Condensationswasser aus der Rauchkammer durch ein Fallrohr zufließt. Zur Schmierung von Kolben und Schieber sind Schmiergefässe angebracht. Die Dampfkolben bestehen aus Schmiedeeisen mit je drei Stück selbstspannenden Dichtungsringen und Kolbenstangen aus Gusstahl. Kreuzkopf und Führung sind aus Schmiedeeisen; ersterer besitzt Gleitflächen aus Rothguss, letztere ist gehärtet und solid gelagert; am Kreuzkopf ist ein Schmiergefäss angebracht. Die Pleuel- und Kuppelstangen bestehen aus Schmiedeeisen, haben an dem Triebachsenende offene, im übrigen aber geschlossene Augen. Ihre Lager aus Rothguss haben Keilstellung; die Schmierbüchsen bestehen mit den Stangenköpfen aus einem Stück.

Die Coullissensteuerung nach Stephenson's System liegt ausserhalb der Räder; die Excenterscheiben und -Ringe sind aus Gusseisen, die Dampfschieber aus Rothguss. Die Handhabung der Steuerung erfolgt von der linken Maschinenseite aus mittelst Handgriffs und Sectors.

Gegen Abkühlung sind der Kessel sowie der Regulatorkasten, die Dampfingangsrohre und die Dampfcylinder mit dichtschliessenden, leicht abnehmbaren Blechbekleidungen versehen. Die Maschine hat eine rings um den Kessel laufende, durch Rahmenconsolen getragene Plattform aus Riffelblech, sodass man auch während der Fahrt zu jedem Theil der Armatur gelangen kann. Die Plattform ist aussen durch eine rund um die Maschine gehende ca. 1 m hohe Gallerie eingefasst; dieselbe besteht aus Eisenblech und ist an Säulen befestigt, welche in ihrer oberen Verlängerung das sich über die ganze Länge und Breite der Maschine erstreckende Schutzdach tragen. Die Brustwehr ist unter dem Trittlech bis auf 140 mm über Schienenoberkante verlängert und

dient an den Stirnflächen der Maschine als Bahnräumer, während seitlich das gesammte Triebwerk dadurch verdeckt wird; an beiden Enden der Maschine sind ausserdem über den Schienen noch besondere kräftige Bahnräumer angebracht. An den Längsseiten besteht die Blechverkleidung aus Klappen, sodass das gesammte Triebwerk der Maschine leicht zugänglich ist.

Die Maschine besitzt eine kräftige Hebelbremse, welche durch vier gusseiserne Bremsklötze auf die Hinterräder wirkt; dieselbe ist eine Trittbremse, welche momentan die höchste überhaupt mögliche Bremskraft äussert; der Tritthebel ist auf der linken Maschinenseite angebracht. Der unter dem Kessel innerhalb des Rahmens liegende Wasserkasten wird zum Theil durch letzteren und seine Versteifungen gebildet. Derselbe ist durch eine horizontale durchbrochene Wand in zwei Theile getheilt; im unteren befinden sich die weiter vorn beschriebenen Condensations-Injectoren, welche bei ihrer Functionirung das Wasser aus dem unteren Theil des Kastens in den oberen ördern, wodurch eine zweckmässige Wassercirculation erzeugt wird. Der Rauminhalt des Wasserkastens beträgt 1200 l; derselbe ist durch ein Mannloch zugänglich und besitzt zwei Füllöffnungen und eine Ablassschraube. Der Kohlenkasten befindet sich im hinteren Theil der Maschine zwischen Feuerbüchse und Umfangsgallerie, ist oben offen, hat die Thüröffnung auf der linken Maschinenseite und kann 325 l Brennmaterial aufnehmen. Am Schutzdach ist eine Schlagglocke befestigt, welche vom Führerstande an der linken Maschinenseite aus bequem gehandhabt werden kann. An jedem Stirnende trägt die Maschine eine Kuppelung nach Stradal's System; dieselbe ist so eingerichtet, dass die Maschine leicht an die vorhandenen Wagen der Gesellschaft gekuppelt werden kann. Ferner trägt die Maschine an jedem Stirnende eine Signallaterne mit rother und grüner Vorsteckscheibe und sind eine Handlaterne und Laternen zur Beleuchtung von Manometer und Wasserstandsglas vorhanden.

Die grösste Länge der Maschine beträgt excl. Kuppelvorrichtung 3,6 m, die grösste Breite 2,2 m, die grösste Höhe von Schienenoberkante 3 m.

Folgendes sind die Hauptdimensionen der Maschine:

Cylinderdurchmesser	170 mm	Dampfüberdruck	10 1/2 At
Kolbenhub	300 mm	Inhalt des Wasserkastens	1200 l
Raddurchmesser	630 mm	Inhalt des Kohlenraumes	325 l
Radstand	1600 mm	Gewicht leer	ca. 6 1/4 Tons
Heizfläche	14,56 qm	Gewicht dienstfähig	8 1/2 Tons
Rostfläche	0,5 qm		

Es dürfte interessant sein, auf die Berechnung dieser Maschine etwas näher einzugehen.

Es beträgt das Zuggewicht excl. Locomotive	20 Tons = 20000 kg
„ „ „ Locomotiv-Eigengewicht	8 1/2 „ = 8500 „
„ „ „ Gesamt-Zuggewicht	28 1/2 Tons = 28500 kg

Zugwiderstände auf der Horizontalen 3,5 kg pro Tonne

Dazu auf der maximalen Steigung $\frac{30}{1000}$ 30 „ „ „

Maximale Gesamt-Zugwiderstände 33,5 kg pro Tonne = $33,5 \times 28 1/2 = 955$ kg für den ganzen Zug.

Maximales Locomotiv-Eigengewicht (bei Reibungs-Coefficient $1/7$) = $955 \times 7 = 6685$ kg erforderlich.

Factisches Locomotiv-Eigengewicht = 8500 kg, sonach kleinster zulässiger Reibungscoefficient = $\frac{955}{8500}$

= $\frac{1}{8,9} = \text{rund } 1/9$.

Heizfläche der Locomotive = 14,56 qm.

Leistung in Pferdekraften = $\frac{14,56}{0,5} = 29$ HP ($1/2$ qm Heizfläche = 1 HP).

Leistung in Secunden-Kilogr. Meter = 2175 (1 HP = 75 Sec. kgm).

Zugwiderstände auf Steigung $\frac{30}{1000} = 955$ kg.

Geschwindigkeit (dauernd) auf Steigung $\frac{30}{1000} = \frac{2175}{955} = 2,278$ m pro Sec. = 8,2 km pro Stunde.

Ist die Steigung $\frac{30}{1000}$ nicht lang andauernd, so kann sie auch mit entsprechend grösserer Geschwindigkeit befahren werden.

Normale Geschwindigkeit = 15 km pro Stunde = 4,166 pro Secunde.

Dauernde Locomotiv-Leistung wie oben = 2175 Sec. kgm.

Zugkraft dauernd bei 15 km Geschwindigkeit = $\frac{2175}{4,166} = 522$ kg.

Bei Steigung $\frac{x}{1000}$ betragen die Zugwiderstände $(3,5 + x) \times 28 1/2 = 522$ kg, woraus folgt: $x = 14,8$

rund = 15

Die Maschine vermag somit lang andauernde Steigung $= \frac{15}{1000}$ mit 15 km Geschwindigkeit pro Stunde zu befahren.

Für die maximale Zugkraft der Locomotive nach ihren Hauptdimensionen gilt die Formel:

$$P. G. = \frac{ld^2(s-p)}{D}$$

$$P. G. = 963 \text{ kg}$$

worin bezeichnet:

$$P. G. = \text{Zugkraft in kg}$$

$$l = 30 \text{ cm Kolbenhub}$$

$$d = 17 \text{ cm Cylinderdurchmesser}$$

$$s - p = \frac{2}{3} \times 10^{1/2} \text{ kg} = \frac{2}{3} \text{ der Dampfspannung}$$

$$D = 63 \text{ cm Raddurchmesser.}$$

Die maximalen Zugwiderstände betragen, wie oben ermittelt, $= 955 \text{ kg}$; die maximale Locomotiv-Zugkraft genügt mithin. Die Verhältnisse der Bahn sind nicht näher bekannt; es wird angenommen, dass die Maschine auf der Strecke durchschnittlich mit ihrer halben Leistungsfähigkeit in Anspruch genommen wird.

Maximale Maschinenleistung $= 29 \text{ HP}$.

Halbe Maschinenleistung $= 14^{1/2} \text{ HP}$.

Maximale Verdampfung pro Pferdekraft und Stunde wird $= 30 \text{ l}$ angenommen, sonach Wasserbedarf für eine Fahrt $= 30 \times 14^{1/2} = 435 \text{ l}$.

Würde die Maschine während der ganzen Fahrt mit ihrer vollen Leistungsfähigkeit in Anspruch genommen (welcher Fall niemals eintritt) und nimmt man die Verdampfungsfähigkeit des Kessels im Maximum zu 50 l pro Quadratmeter Heizfläche an, so würde der Maximal-Wasserbedarf $= 14,56 \times 50 = 728 \text{ l}$ sein. Der Wasserkasteninhalt der Locomotive beträgt aber 1200 l ; nimmt man an, dass der maximale Wasserbedarf $= 435 \text{ l}$ beträgt und dass ferner 1 kg Kohle wenigstens 6 l Wasser verdampft, so ist der Kohlenbedarf während einer Fahrt $\frac{435}{6} = 72^{1/2} \text{ kg}$.

Schweizerische Locomotiv- und Maschinenfabrik zu Winterthur, System Brown.

Der Kessel dieser Maschine (Fig. 148—151), welcher aus Martin-Stahlblech und für 15 At Arbeitsdruck gebaut ist, ist derart theils horizontal, theils vertical combinirt, dass Dampfraum und zulässige Wasserstandsgrenzen gegenüber den sonst üblichen Constructionen sehr gross sind und dass, weil die Niveaudifferenz des Wassers unbeschadet des richtigen Betriebes eine ausserordentlich grosse sein kann, die Aufmerksamkeit des Führers in dieser Richtung nicht zu sehr absorbirt wird. Damit der letztere Zweck auch in Bezug auf die Feuerung erreicht wird, ist der Feuerraum ebenfalls ein verhältnissmässig sehr grosser, sodass die Speisung des Kessels sowie das Auflegen des Brennmaterials nur in grossen Zwischenräumen zu geschehen hat.

Die Maschine ruht auf drei Punkten auf dem unteren Wagengestell, wodurch eine äusserst ruhige und gesicherte Lage auch bei raschem Gange erzielt wird. Sie ist eine Balanciermaschine nach dem System Belpaire; durch die Balancier-Anordnung ist es ermöglicht, fast sämtliche wichtigeren Theile (Cylinder und Steuermechanismus) oberhalb der Plattform, also gegen Strassenschmutz geschützt und für den Maschinisten leicht zugänglich, anzubringen. Die Pumpe wird direct vom Balancier angetrieben.

Die Steuerung nach dem Patent Brown arbeitet ohne Excenter und Gegenkurbeln und ist genau die gleiche wie bei der bekannten Brown'schen Ventildampfmaschine, nur dass bei den Locomotiven die Hand des Führers an einem Hebel das bewirkt, was bei der stationären Maschine der auf- und absteigende Regulator. Diese Brown'sche Steuerung ergiebt eine sehr genaue Dampfvertheilung für jeden Einschnitt des Sectors beim Vorwärts- wie beim Rückwärtsgang und gestattet eine sofortige Umsteuerung mit sehr geringem Kraftaufwand. Die Schieber sind bei den neueren Maschinen derart construirt, dass die arbeitenden Flächen sich durch den Gebrauch von selbst immer dichter schliessen und daher das lästige Abrichten der Schieber und der Flächen des Schieberkastens wegfällt, ein Umstand, der bei der Mangelhaftigkeit der meisten Reparaturwerkstätten für Strassenbahnen sehr ins Gewicht fällt. Durch die Anwendung der Balancier-Construction für die Maschine ist es ermöglicht, die Räder ohne Gegengewichte zu construiren, was der Maschine wiederum einen ruhigen Gang ohne schlängelnde Bewegung verleiht. Die Achsbüchsen sind durch Traversen verbunden, wodurch ein rasches Ausschlagen der Achsenlager verhindert ist. Die Schieberkasten sind unten am Cylinder angebracht, sodass bei jedem Kolbenhub eine Wasserentleerung ohne Schlammhahn und ohne Geräusch stattfindet. Ueberdies wird der Abdampf in einen besonderen Apparat geleitet, der das für die Reisenden so lästige Auswerfen von russigem Wasser durch den Schornstein, das bei anderen Locomotiven bisweilen vorkommt, verhindert.

Der Rost ist mit einer Klappe versehen, wodurch das ganze Feuer im Augenblick entfernt und der Rost

auch jederzeit leicht gereinigt werden kann, ohne dass die Maschine durch Asche, Russ u. s. w. beschmutzt wird. Das Kamin ist doppelwandig und durch Einhüllung vor Abkühlung geschützt, infolge dessen beim Stillstand der Luftzug auch ohne Benutzung des Anfachhahnes und somit auch ohne das widrige Geräusch desselben hinlänglich stark ist. Um den Feuerzug in ein richtiges Verhältniss zu der Kraftanforderung zu bringen, wird eine eigenthümliche Blasrohrreinrichtung angewendet, welche gleichfalls fast geräuschlos wirkt; das Blasrohr ist ferner mit einer Vorrichtung versehen, welche verhindert, dass beim Reversiren Asche, heisse Luft etc. in den Cylinder gelangen, und es kann deshalb auch der Contredampf als Bremse verwendet werden. Er leistet dabei im Zusammenhange mit der ausserdem angebrachten Backenbremse vorzügliche Dienste.

Die Kuppelung der Maschine mit den Tramway-Wagen ist zum Stossen und Ziehen eingerichtet; die

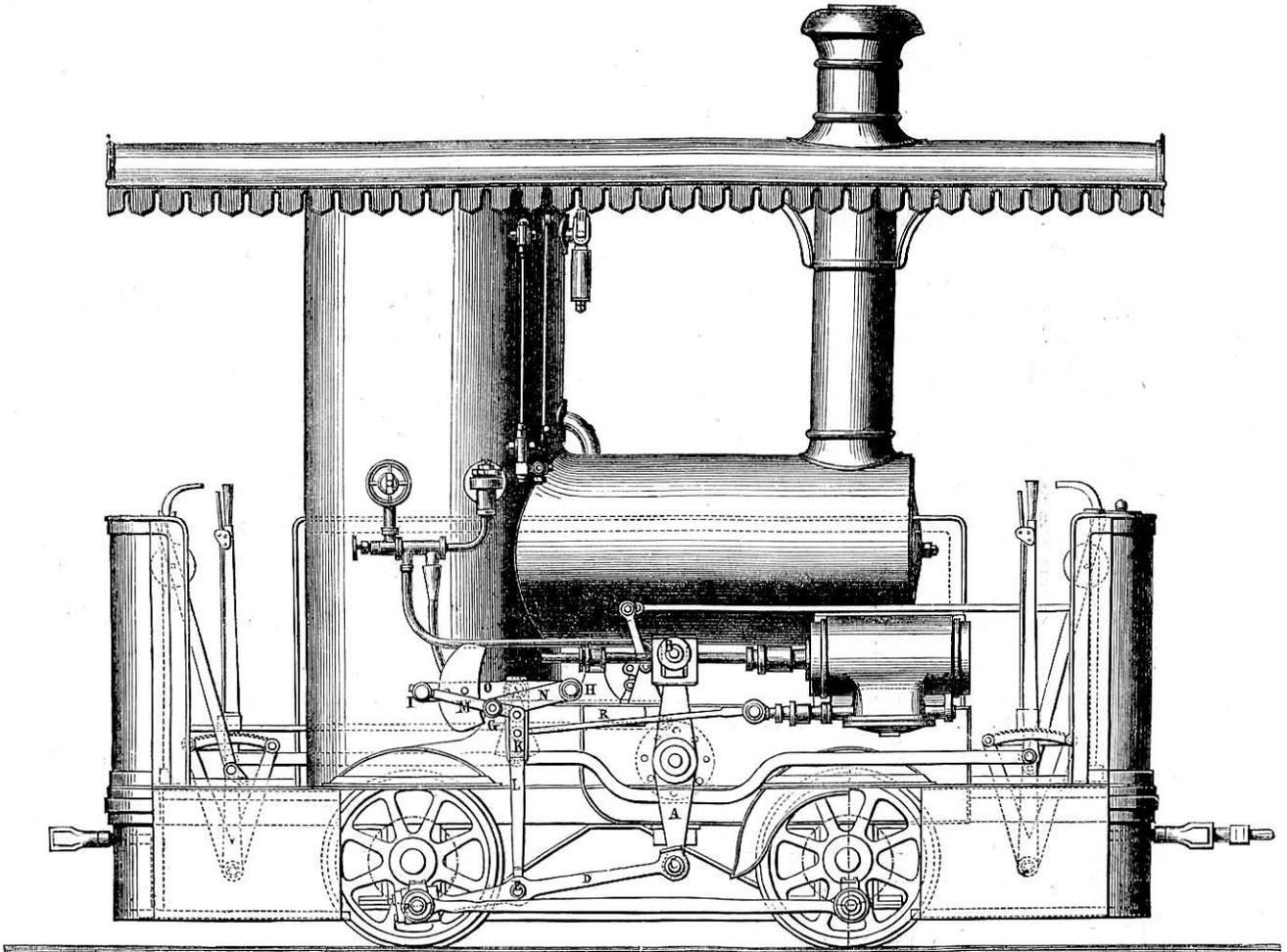


Fig. 148. Seitenansicht der Strassenbahnlocomotive, System Brown. In $\frac{1}{20}$ der natürl. Grösse.

Angriffspunkte und Gelenke sind derart, dass auch in den engsten Curven Maschine und Wagen sich nicht stossen und dass jedes Fahrzeug ungezwungen seine normale Richtung annehmen kann.

Der Austritt des Dampfes wird durch eine geeignete Kaminvorrichtung soweit reducirt, dass derselbe beinahe unhörbar und, ausser bei kalter Witterung, auch unsichtbar ist. Bei kalter Witterung tritt eine Condensationsvorrichtung in Wirkung, welche auch bei der tiefsten Temperatur den Dampf während eines gewünschten Zeitraums unsichtbar macht. Der Oberflächen-Condensator, ein Röhrensystem, das frei oben auf dem Dache liegt, steht mit einem unter dem Kessel befindlichen Wasserbehälter in Verbindung, in welchem das Condensationswasser fliesst und in welchem die letzten Dampftheile noch völlig condensirt werden. Der Condensator ist derartig angeordnet, dass man durch beliebige Stellung eines Commutators entweder sämmtlichen Dampf dem Schornstein oder dem Condensator zuführen, oder denselben theils durch den Condensator, theils durch den Schornstein gehen lassen kann; man kann hierdurch bei jeder Witterung ungemein leicht und einfach mit dem Dampf manipuliren und denselben jederzeit unsichtbar machen; in mildem Klima oder bei verhältnissmässig geringer An-

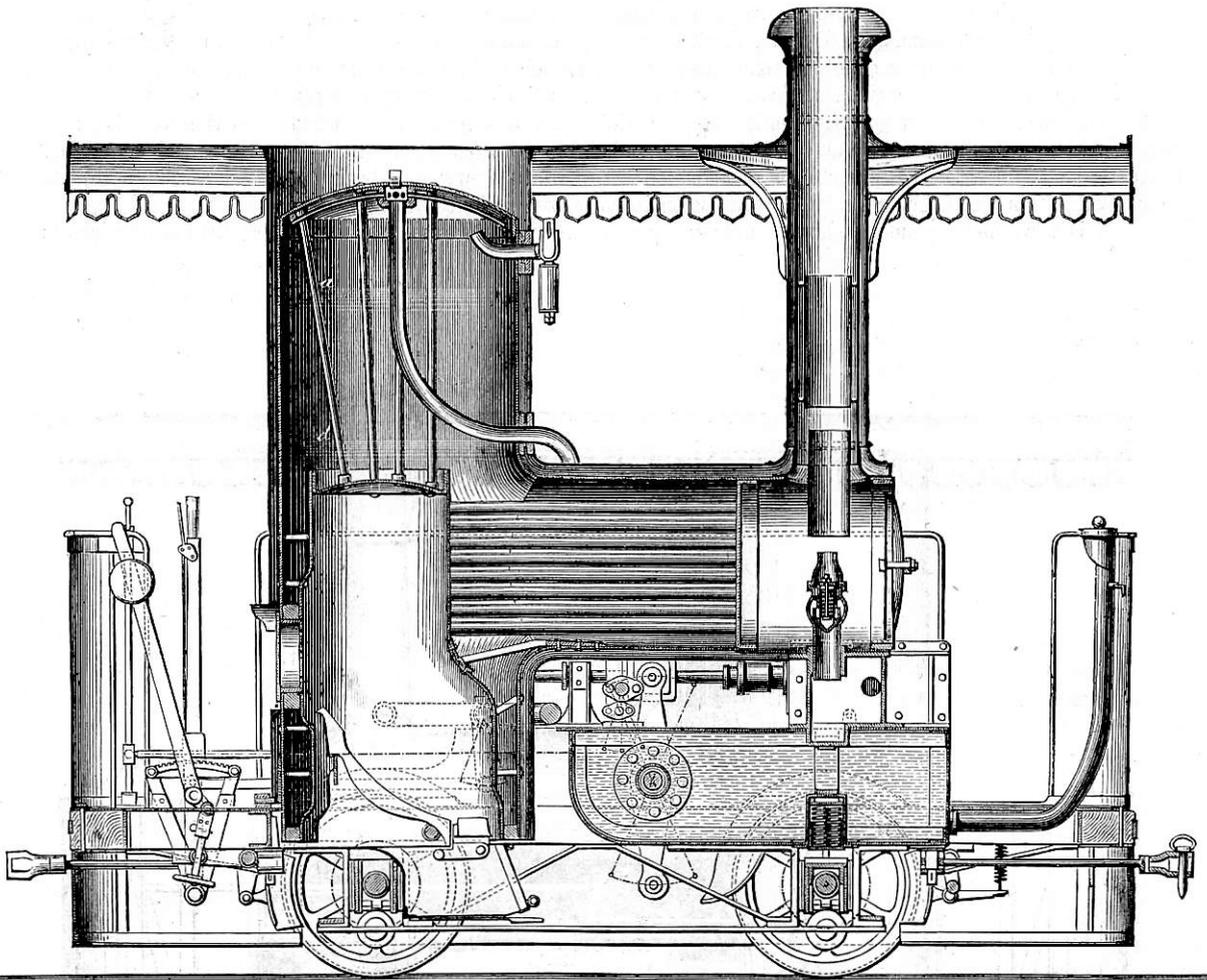


Fig. 149. Längsschnitt der Strassenbahnlocomotive, System Brown. In $\frac{1}{20}$ der natürl. Grösse.

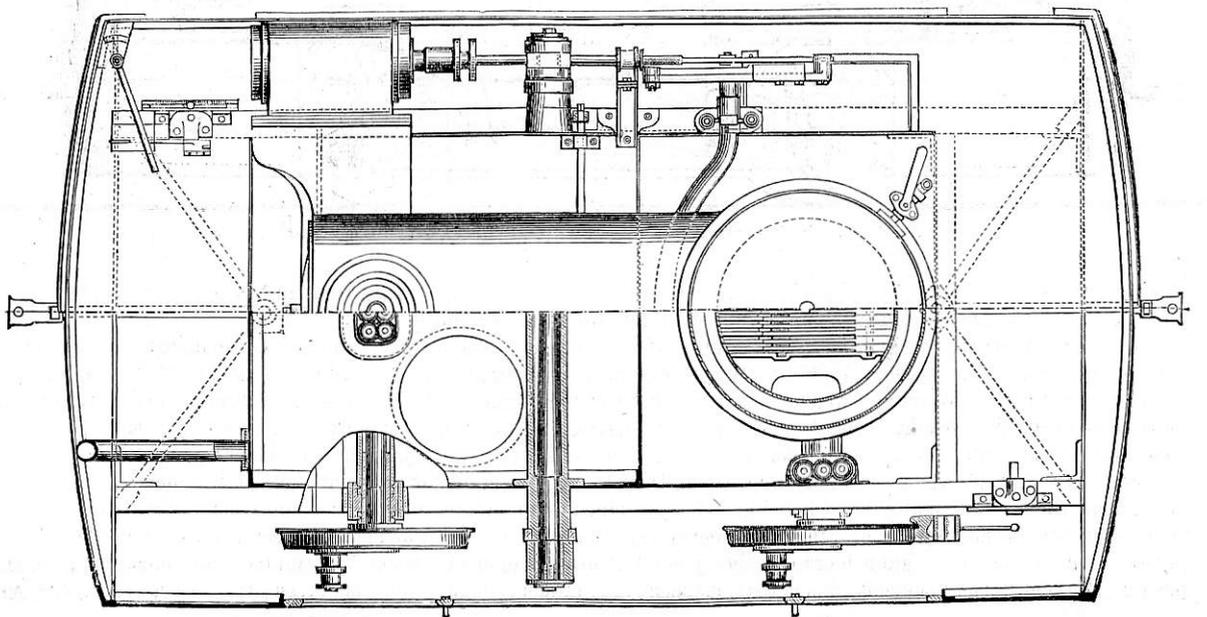


Fig. 150. Grundriss der Strassenbahnlocomotive, System Brown. In $\frac{1}{20}$ der natürl. Grösse.

strengung der Maschine genügt hierzu das Anbringen eines Ueberhitzungsapparates. Auch dieser Apparat ist bei der Maschine Brown in Anwendung gekommen und kann beliebig in und ausser Thätigkeit gesetzt werden.

Die Leistung der Maschine ist im Verhältniss zu deren Gewicht durch eine verhältnissmässig grosse effective Heizfläche, durch grossen Wasser- und Dampfraum sowie hohen Arbeitsdruck in Verbindung mit durchgängig richtigen Verhältnissen auf das Maximum gebracht.

Der Führer steht immer vorn auf der Maschine; da dieselbe an beiden Enden mit vollständig neuen Steuermechanismen sowohl für die Umsteuerung, als auch für den Regulator und die Bremsen versehen ist, so bildet jedes Ende sozusagen das Vordertheil desselben. Die Maschine fährt gleich gut vor- und rückwärts; da der Führer sich immer an der Spitze des Zuges befindet, so ist er sehr wohl im stande, Zusammenstösse mit Fuhrwerken zu vermeiden, welche aus Strassen kommen, die quer über die Tramwaylinie führen; diese Stellung erlaubt ihm auch, den Zustand der Bahn zu überwachen und jeder Störung vorzubeugen.

Die Maschine hat keinen Pavillon, wie solcher sonst vielfach angewendet wird; es hat daher auch der Conducteur freien Ausblick auf die Strasse und auf den Maschinisten.

Im allgemeinen sind die Tramway-Locomotiven, Patent Brown, für Steigungen bis auf 5 bis 6% und für Curven bis 20 m Radius (theilweise sogar nur 13 m) gebaut und genügen diesen Ansprüchen vollständig. Für noch grössere Steigungen und noch engere Curven kommen specielle Constructionen zur Anwendung.

Die bei normaler Spur gebräuchlichsten drei Grössen dieser Tramway-Locomotiven sind folgende:

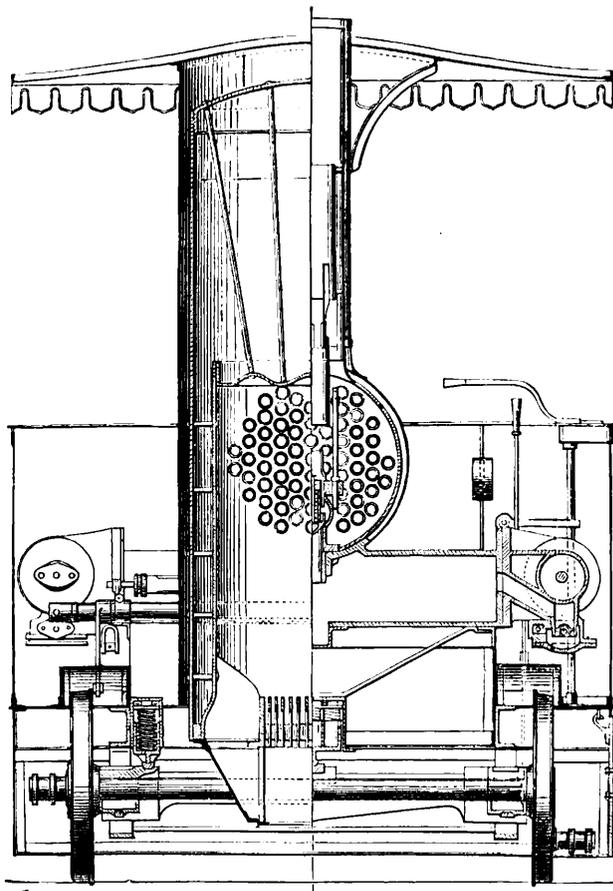


Fig. 151. Querschnitt der Strassenbahn locomotive, System Brown.

	Type I.	Type II.	Type III.
Gewicht der Maschine leer (ohne Condensator)	6300 kg	5300 kg	4300 kg
Gewicht der Maschine im Dienste	7650 "	6500 "	5200 "
Wasser im Kessel	630 "	600 "	340 "
Wasser im Reservoir	600 "	500 "	480 "
Brennmaterial	120 "	100 "	80 "
Raddurchmesser	0,600 m	0,600 m	0,600 m
Radstand	1,50 "	1,50 "	1,45 "
Cylinderdurchmesser	0,160 "	0,140 "	0,120 "
Kolbenhub	0,300 "	0,300 "	0,300 "
Heizfläche	11,70 qm	9,00 qm	7,35 qm
Maximal-Arbeitsdruck	15 At	15 At	15 At
Grösste Länge der Maschine	3,79 m	3,55 m	3,32 m
" Breite " " 	2,00 "	1,92 "	1,92 "
" Höhe " " 	3,60 "	3,60 "	3,40 "
Maximal-Zugkraft (nach Heusinger $0,7 p \frac{l^2 d}{D}$)	1344 kg	1029 kg	756 kg

Die bei weitem am meisten angewendete Grösse ist die mittlere, Type II, welche noch 15 Tons auf 1 : 30 zieht.

Die vorstehend im Text eingefügten vier Zeichnungen zeigen die Tramway-Locomotive Type II in Ansicht, Grundriss, Längenschnitt und in zwei Querschnitten; bei der Ansicht ist die seitliche Brüstungswand nicht mit gezeichnet, um den Mechanismus besser erkennen zu lassen; ebenso ist der Condensator weggelassen.

Wenden wir uns nunmehr zu einigen Betriebsresultaten, so wollen wir hier zunächst die in Strassburg gewonnenen etwas näher ausführen. Dieselben datiren aus den Monaten August bis November 1878 und basiren auf dem damaligen dortigen Maschinenbestand von 10 Tramway-Locomotiven Patent Brown.

In Strassburg, woselbst wie in Rappoltweiler auch die Geleisanlage (nach dem System Demerbe) von der Schweizerischen Locomotiv- und Maschinenfabrik ausgeführt wurde, garantirt die Fabrik folgende von ihr für die Brown'schen Tramway-Locomotiven generell aufgestellten täglichen Unterhaltungskosten pro Maschine:

	Type I	Type II
Amortisation und Zinsen	frcs. 8. —.	frcs. 6. —.
Reparaturen	„ 4. —.	„ 3. 50.
2 Mann Bedienung (16 Stunden pro Tag) à frcs. 5	„ 10. —.	„ 10. —.
Coaksverbrauch 140—180 kg auf ebener Bahn pro 100 kg frcs. 3	„ 5. 40.	„ 4. 20.
Oel, Schmier- und Verdichtungsmaterialien	„ 4. —.	„ 3. —.
Garantirte totale Unterhaltungskosten pro Tag	frcs. 31. 40.	frcs. 26. 70.
	= M. 25. 12.	M. 21. 36.

Der vorstehende Ansatz von frcs. 4. —. resp. frcs. 3,50 für Reparaturen pro Tag gilt nur für beste Besorgung der Maschinen und für gute Geleise.

Der vorstehenden Berechnung gegenüber stellten sich die Unterhaltungskosten in Strassburg pro Tag pro Maschine in Wirklichkeit wie folgt:

	(Type I in Strassburg nicht vorhanden.)	Type II
Amortisation und Verzinsung		M. 4. 80.
1 Maschinist		„ 4. 80.
Reparatur und Reinigung		„ 3. 81.
Coaks und Kohlen		„ 5. —.
Oel und Talg		„ 1. 50.

Effective totale Unterhaltungskosten in Strassburg pro Tag pro Maschine . M. 19. 91.

Diese Strassburger Resultate datiren, wie erwähnt, aus den Monaten August bis November 1878, in welchen sich der Betrieb wie folgt gestaltete:

Monat	Brennmaterial incl. Anheizen		Schmiermaterial pro Tag im Dienst		Zurückgelegte Kilometer pro Tag	Beförderte Personenzahl pro Tag incl. Maschine
	Coaks pro Stunde	Kohlen pro Tag	Oel	Talg		
August	9,02 kg	7,20 kg	1,268 kg	— kg	81,90	771
September	10,32 „	30,27 „	1,013 „	0,475 „	78,74	680
October	11,35 „	31,50 „	1,325 „	0,503 „	77,99	604
November	13,66 „	36,62 „	1,470 „	0,361 „	71,67	560
Im Mittel	11,09 kg	26,40 kg	1,269 kg	0,335 kg	77,57	654

In Strassburg hetrug der Verkehr an den Wochentagen im Durchschnitt ca. 40 Proc. desjenigen an den Sonntagen; während der Monate August bis November wurden befördert:

Am Sonntag	je 9398 Personen im Mittel
„ Montag	4083 „ „ „
„ Dienstag	3537 „ „ „
„ Mittwoch	3607 „ „ „
„ Donnerstag	4257 „ „ „
„ Freitag	3955 „ „ „
„ Sonnabend	3123 „ „ „

Da bereits an den Wochentagen jede Maschine mit mehreren Wagen fährt, so genügt dort eine weitere Vermehrung der Anzahl von Wagen pro Maschine allein nicht, um mit der gleichen Anzahl Maschinen an Sonntagen den dann auf weit über das Doppelte gesteigerten Verkehr zu bewältigen. Es wird deshalb jetzt in Strassburg an den Wochentagen mit 6 bis 8 und an den Sonntagen mit allen 12 Maschinen gefahren und veranlasst dies natürlich eine Erhöhung der täglichen Unterhaltungskosten pro Maschine im Dienst unter Anrechnung der während 6 Tagen pro Woche ruhenden Maschinen.

Die Direction der Strassburger Pferde-Eisenbahn-Gesellschaft theilt uns noch nachstehende Bemerkungen mit:

Als Betriebsmaterial bestehen für die 10 km (davon 8 ausserhalb der Stadt) 52 Wagen und 12 Locomotiven. Die Pferde für den Betrieb innerhalb der Stadt werden von Fuhrunternehmern gestellt. Da der Verkehr, besonders ausserhalb der Stadt, an den verschiedenen Tagen und Tageszeiten sehr wechselt, wurden meist

kleinere Wagen angeschafft, von denen nach Bedürfniss 2, 3 oder 4 an die Locomotive gehängt werden, sodass der Zug 25—27 m lang wird. Fahrgeschwindigkeit durchschnittlich 12 km; Zahl der durchschnittlich pro Monat beförderten Passagiere 180000. Die Locomotiven aus der Schweizerischen Locomotivfabrik in Winterthur legen bei 13—14 Stunden Dienst täglich etwa 80 km zurück. Auf den Locomotivkilometer kommen ca. 2,3 Wagenkilometer, sodass die Locomotive täglich ca. 190 Wagenkilometer leistet.

Die Locomotiven brauchen incl. Anheizen:

pro Tag im Dienst . . .	33	kg Kohlen
„ Stunde im Dienst . . .	9,6	„ Coaks
„ Tag im Dienst . . .	1,5	„ Oel
„ „ „ „ . . .	0,2	„ Talg

Inclusive sämtlicher Unkosten hat sich der Wagenkilometer gestellt:

Beim Betrieb mit Locomotiven auf ca.	0,33	M.
„ „ „ „ „ „ „ „	0,56	„

H. J. Vaessen, Lüttich.

(Mit Zeichnungen auf Tafel XIX. Fig. 4—6.)

Von dem Director der Gesellschaft St. Léonard in Lüttich wurden eine Reihe von Strassenbahnlocomotiven construirt, die sich durch ihre eigenartige Anordnung vor den sonst üblichen Maschinen auszeichnen. Von den sieben verschiedenen ausgeführten Grössen ist auf Tafel XIX Fig. 4—6 eine Maschine der mittleren Grösse (Fabrik-Chiffre 3 C. T³) abgebildet.

Diese Maschine ist jenen nach dem Merryweather'schen System gegenüber von beträchtlicher Länge, indem bei ersterer die Länge 4,250 m, bei letzterer nur ca. 3 m beträgt; daher hat diese Maschine schon mehr das Aussehen einer kleinen Eisenbahnlocomotive; auch im Aeusseren ist hier nicht der Strassenbahnwagen nachgebildet, indem sich nur ein schmales Dach von der Breite des Kessels bis über die beiden Plattformen erstreckt. Eine hohe, tief herabreichende Bekleidung verdeckt sämtliche bewegliche Theile.

Die Dampfzylinder mit 175 mm Durchmesser und 300 mm Kolbenhub sind ausserhalb des Rahmens etwas schräg angeordnet. Zwei Räderpaare von 620 mm Durchmesser sind miteinander verkuppelt, während unter dem hinteren Theil der Maschine noch eine Laufachse mit Rädern von 520 mm Durchmesser angebracht ist.

In nachstehender Tabelle sind die Hauptdimensionen verzeichnet, wobei noch bemerkt werden mag, dass bei den kleinsten Maschinen Nr. 1 u. 2 nur zwei nicht miteinander verkuppelte Achsen vorhanden sind. Diese Maschinen, welche bedeutend kürzer als die auf Tafel XIX Fig. 4—6 abgebildete sind, weisen dieselben charakteristischen Formen auf. Die Maschine Chiffre C. R. Nr. 7 hat zwei miteinander verkuppelte Achsen und keine Laufachse; ihre Spurweite beträgt 900 mm, da dieselbe für Secundärbahnen bestimmt ist. Die übrigen, Nr. 3 bis Nr. 6, haben 2 Triebachsen und eine Laufachse; die Dampfspannung beträgt bei allen diesen Maschinen 10 At.

Bezeichnung	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5	Nr. 6	Nr. 7
	FT	2 DT	2 ET	3 CT ³	BT	AT	CR
Cylinderdurchmesser in mm	110	130	150	175	200	230	150
Kolbenhub in mm	240	300	300	300	300	300	300
Durchmesser der Triebäder in mm	500	600	600	600	650	650	620
„ „ Laufräder „ „	520	500	500	500	500	500	—
Heizfläche in qm	4,7	7,5	9,3	13,5	17,5	22,7	9,6
Rostfläche „ „	0,20	0,28	0,36	0,44	0,50	0,65	0,26
Oberfläche der Condensation in qm	3,32	5,00	6,50	9,00	11,7	13,0	—
Effective Zugkraft in kg	406	600	812	1100	1330	2018	785
Gewicht im Dienst „ „	5700	6700	7875	8925	10500	13500	6360
Abstand der gekuppelten Achsen in mm	—	—	700	700	800	800	1200
„ „ entferntesten „ „	1750	1900	1950	1950	2100	2100	—

VI. CAPITEL.

Dampfwagen.

Edward Perret, London.

Edward Perret hat einen Dampfwagen entworfen (Fig. 152 u. 153), an welchem der Mechanismus horizontal unter dem Rahmen angebracht ist, während zwei miteinander verbundene verticale Dampfkessel an beiden Enden des Wagens auf der Plattform stehen. Durch diese Anordnung ist die Last gleichmässig vertheilt und kann

jedes Wagenende als vorderes gelten. Der Wagen läuft auf acht Rädern und wiegt beladen 8 Tons, wovon 5 auf den vier mittleren durch die Maschine betriebenen Rädern lasten, während die übrigen 3 Tons auf das vordere und hintere Räderpaar vertheilt sind. Sowohl Vorder- als Hinterräder sind nach Bissell'schem System von aussen aufgesteckt und werden an beiden Enden durch Steuerungsmechanismus gelenkt, sodass der Wagen mit Leichtigkeit von einer Strasse auf die andere gebracht werden kann. Die feste Radbasis, die der Triebräder, misst 4 Fuss (1219 mm), die Länge des ganzen Radgestelles 17 Fuss (5,1 m). Die beiden Cylinder haben 6 Zoll (152 mm) Durchmesser und 9 Zoll (228 mm) Hub; der Durchmesser der gekuppelten Triebräder beträgt 27 Zoll (685 mm), der der beweglichen Vorder- und Hinterräder 18 Zoll (457 mm). Die Dampfessel nach Broadbent's System haben $25\frac{1}{2}$ Zoll (657 mm) äusseren Durchmesser und 6 Fuss (1,8 m) Länge; der Durchmesser der Feuerbüchse beträgt am Roste $20\frac{1}{2}$ Zoll (520 mm), was für jeden Kessel 2,27 Quadratfuss (0,2 qm) Rostfläche ergibt.

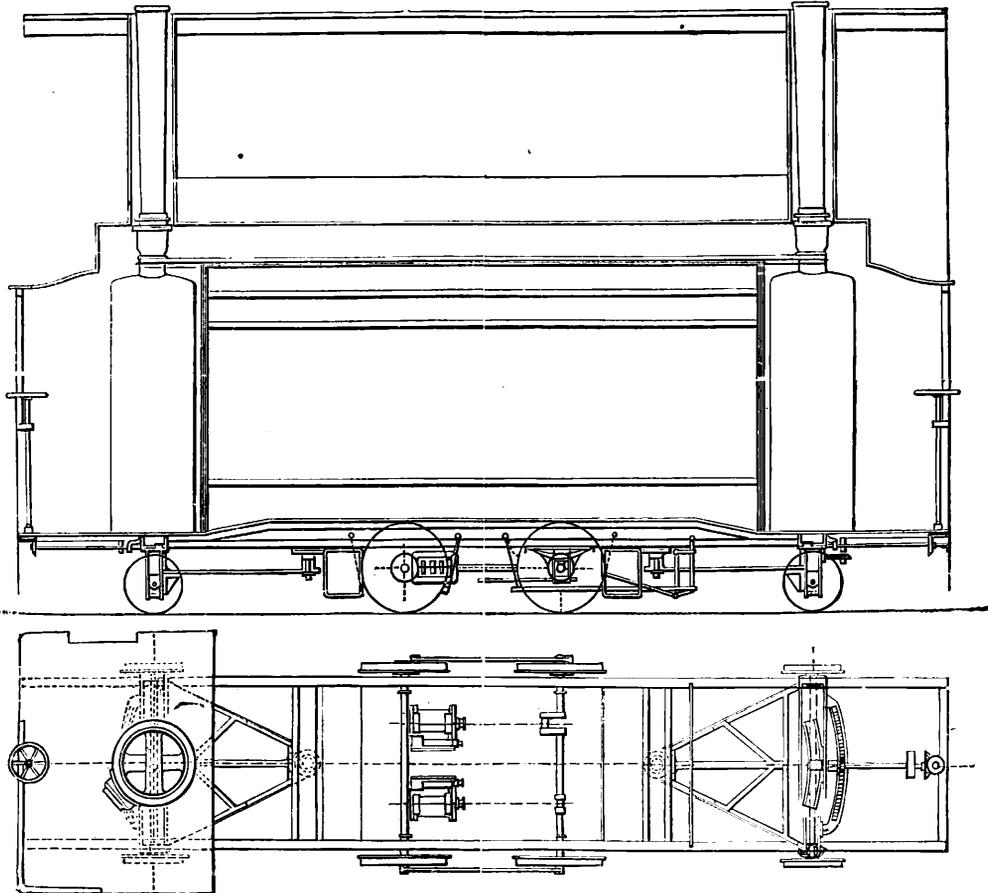


Fig. 152 und 153. Dampfswagen mit drehbarem Vordergestell, System Bissel, von E. Perret. In $\frac{1}{48}$ der natürl. Grösse

Nach diesem System wurde ein Probewagen mit 5 zölligen (127 mm) Cylindern und 8 Zoll (204 mm) Hub construiert; die 27 zölligen (685 mm) Triebräder desselben waren 4 Fuss (1,2 m), die 19 zölligen (482 mm) drehbaren Vorder- und Hinterräder 14 Fuss (4,2 m) von Mitte zu Mitte voneinander entfernt; jeder Kessel hatte 1,60 Quadratfuss (0,15 qm) Rostfläche; das Gesamtgewicht des Wagens betrug 8 Tons, wovon 5 Tons Adhäsionsgewicht waren. Mit diesem Wagen wurde im Mai 1876 eine öffentliche Probefahrt gemacht und wird berichtet, dass derselbe bei einem Kesseldruck von 90 Pfd. (6 At) pro Quadratzoll und $\frac{5}{8}$ Füllung auf einem kreisförmigen Geleise von 35 Fuss (10,6 m) Radius und einer Spurweite von 4 Fuss $8\frac{1}{2}$ Zoll (1,435 m) sehr leicht lief, obschon man genöthigt war, den Dampfdruck auf 120 Pfd. (8 At) pro Quadratzoll zu erhöhen, ehe man den Wagen wieder in Gang setzte. Mit einem Dampfdruck von 120 Pfd. konnte der Wagen auf einer Steigung von 1:30 in Gang gesetzt werden.

Im Jahre 1878 wurde in Rouen mit Perrett's Dampfswagen, welcher 42 Personen trug, ein Versuch gemacht, der günstig ausfiel. Der Dampfdruck betrug 4 At; der Wagen konnte, wenn er mit einer Geschwindigkeit von ca. 10 engl. Meilen pro Stunde lief, in einer seiner eigenen Länge entsprechenden Entfernung zum

Stillstand gebracht werden. Selbst bei einer bis zu 20 engl. Meilen pro Stunde gesteigerten Geschwindigkeit war weder Rauch noch beträchtliches Geräusch zu bemerken.

A. Brunner, Winterthur.

A. Brunner in Winterthur hat einen Dampfswagen für Strassenbahnen nach dem Princip des Eisenbahndampfzuges mit doppeltem drehbarem Radgestell von R. F. Fairlie entworfen. Eine Abbildung seines Originalentwurfes ist im „Engineering“ vom 31. März 1876 veröffentlicht worden. Ein weiterer von ihm construirter Wagen nach demselben System mit geringen Abänderungen wurde 1877 auf der Zweiglinie Lausanne—Echallens in Betrieb gesetzt; diese für den Localverkehr bestimmte 8,86 Meilen lange Bahn ist in einer Spurweite von 1 m auf eine von Lausanne nach Echallens ansteigende gewöhnliche Landstrasse gelegt. Die Hauptsteigungen sind folgende:

36 ⁰ / ₁₀₀	auf einer Länge von	500 m
25 ⁰ / ₁₀₀	„ „ „ „	530 „
32 ⁰ / ₁₀₀	„ „ „ „	216 „
40 ⁰ / ₁₀₀	„ „ „ „	600 „

Der kleinste Radius auf der Strecke ist 100 m, an den Endstationen 60 m.

Der in den Fig. 154 u. 155 abgebildete Wagen ruht an jedem Ende auf einem vierräderigen drehbaren Radgestell; die Maschine sammt Kessel wird von einem derselben getragen, dessen Räder gekuppelt sind

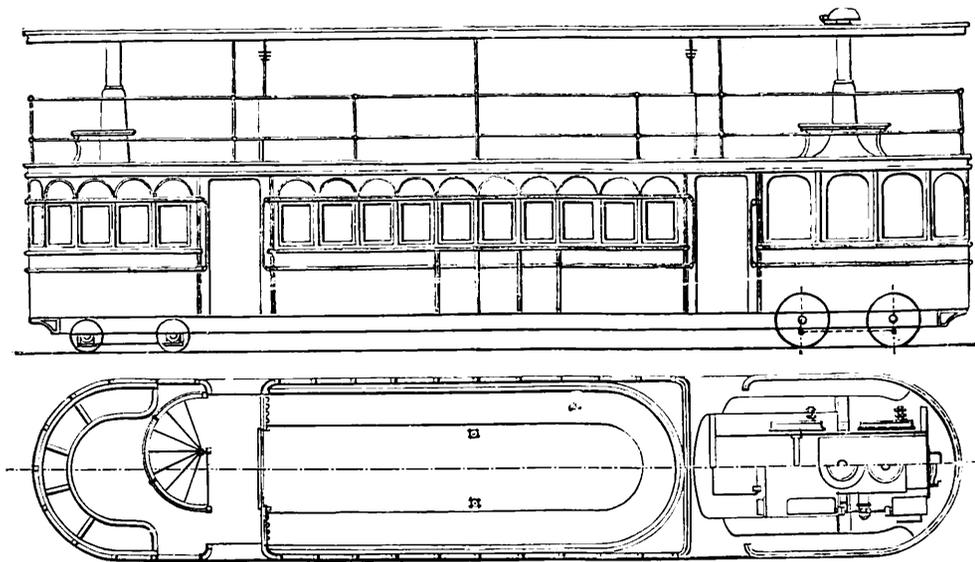


Fig. 154 und 155. Dampfswagen mit doppeltem drehbarem Radgestell, System Brunner. In 1/96 der natürl. Grösse.

und als Triebräder dienen. Die Locomotive ist an einem Ende des Wagens angebracht, von einem Theil des letzteren eingeschlossen und vollständig verdeckt, und kann sich frei um ihre Achse drehen.

Das Hauptgestell des Wagens besteht aus eisernen Trägern, die so construirt sind, dass der Boden des Wagens nur 482 mm über dem Niveau der Räder sich befindet. Der Wagen hat drei Abtheilungen: einen mit gepolsterten Längssitzen ausgestatteten Salon für 24 Passagiere; einen am hinteren Ende über dem drehbaren Radgestell befindlichen Pavillon, der als Rauchcabinet dient, für 7 Personen und die Imperiale, zu der aus dem Pavillon eine Treppe führt und auf welcher 30 Passagiere Platz finden. Somit können in und auf dem Wagen im ganzen 61 Passagiere untergebracht werden:

Folgendes sind die Hauptdimensionen des Dampfzuges:

Wagen:

Länge von Aussenkante zu Aussenkante	13000 mm
Aeusserste Breite	2362 „
Höhe	4292 „
Durchmesser der Wagenräder des drehbaren Gestelles	755 „
Radbasis des drehbaren Gestelles	101 „
Mittelfernung der drehbaren Gestelle	882 „

Maschine:

Durchmesser der Dampfzylinder	158 mm
Hubhöhe	304 „
	23*

Durchmesser der gekuppelten Räder	708	mm
Länge der Radbasis	1244	"
Kesseldurchmesser	708	"
Länge der Zugrohre	1397	"
Rostfläche	0,2	qm
Heizfläche: Feuerbüchse	1,8	"
Rohre	11,19	"
im ganzen	13,07	qm
Kesseldruck	12	At
Rauminhalt der Wasserbehälter	585	l
" " Kohlenräume	5	Ctr.
Gewicht:		
Maschine leer	5	Tons
" im Betriebszustande	6	"
Wagen leer	6 1/2	"
Maschine und leerer Wagen	11 1/2	"
Gesamtwicht im Betriebszustande mit 61 Passagieren und Gepäck	16	"
Adhäsionsgewicht bei vollständig belastetem Wagen	10	"
Nettogewicht von Maschine und Wagen im Betriebszustande pro Passagier	3,77	Ctr.
Maximallast pro Triebachse	5	"
" freie Achse	3	"

An Sonntagen sind mit 8 Fahrten 600 Personen, 75 Passagiere auf einmal, befördert worden. Die grösste auf einmal aufgenommene Passagierzahl war 120. Die gewöhnliche Geschwindigkeit wird auf ca. 9 Meilen pro Stunde angegeben, doch sind auf ebenem Terrain auch Geschwindigkeiten von etwa 30 km pro Stunde erreicht worden. Der Wagen kann auf den steilsten Steigungen innerhalb einer Entfernung von 5—6 Meter angehalten werden. Es wird berichtet, dass die Räder der Maschine selbst bei der ungünstigsten Witterung, in Schnee, Eis und Nebel nie ausgeglitten sind. Das Heizmaterial, Saarbrücker Kohle, wurde im Verhältniss von 11 1/2 Pfd. (5 kg) pro Meile, oder 0,72 Pfd. pro Bruttoton pro Meile verbraucht. Die täglichen Betriebskosten waren in Lausanne bei einer täglichen Leistung von 46 Kilometer folgende:

1 Locomotivführer	6,30	Mark
1 Heizer	2,70	"
1 Conducteur	3,15	"
Kohle (3 Ctr.)	4,70	"
Schmiere, Oel etc.	1,60	"

18,45 Mark oder 40 Pf. pro Kilometer.

Es wird angegeben, dass der Dampfwagen auf nahezu ebenem Terrain leicht 130 Kilometer im Tag zurücklegen könnte, bei einem täglichen Kostenbetrag von 25 Mark, gleich 19 Pfg. pro durchlaufenen Kilometer. Bei dieser Berechnung sind jedoch keine Unterhaltungskosten mit eingeschlossen. Der Preis des Dampfwagens ist 20000 Mark 1).

W. R. Rowan, Kopenhagen.

W. R. Rowan in Kopenhagen hat einen Dampfwagen für Strassenbahnen (Fig. 156) entworfen, welcher in der allgemeinen Anordnung dem Dampfwagen von Fairlie und dem Brunner'schen Wagen gleicht.

Rowan erkennt jedoch das Princip des Fairlie-Dampfwagens, nicht an, sondern geht auf das System des

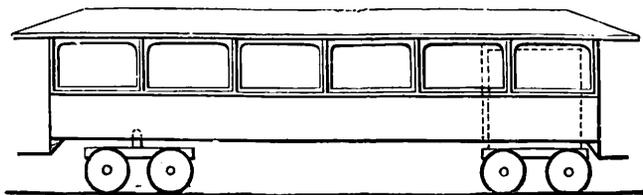


Fig. 156. Dampfwagen mit doppeltem drehbaren Radgestell von W. R. Rowan 1877.
In 1/114 der natürl. Grösse.

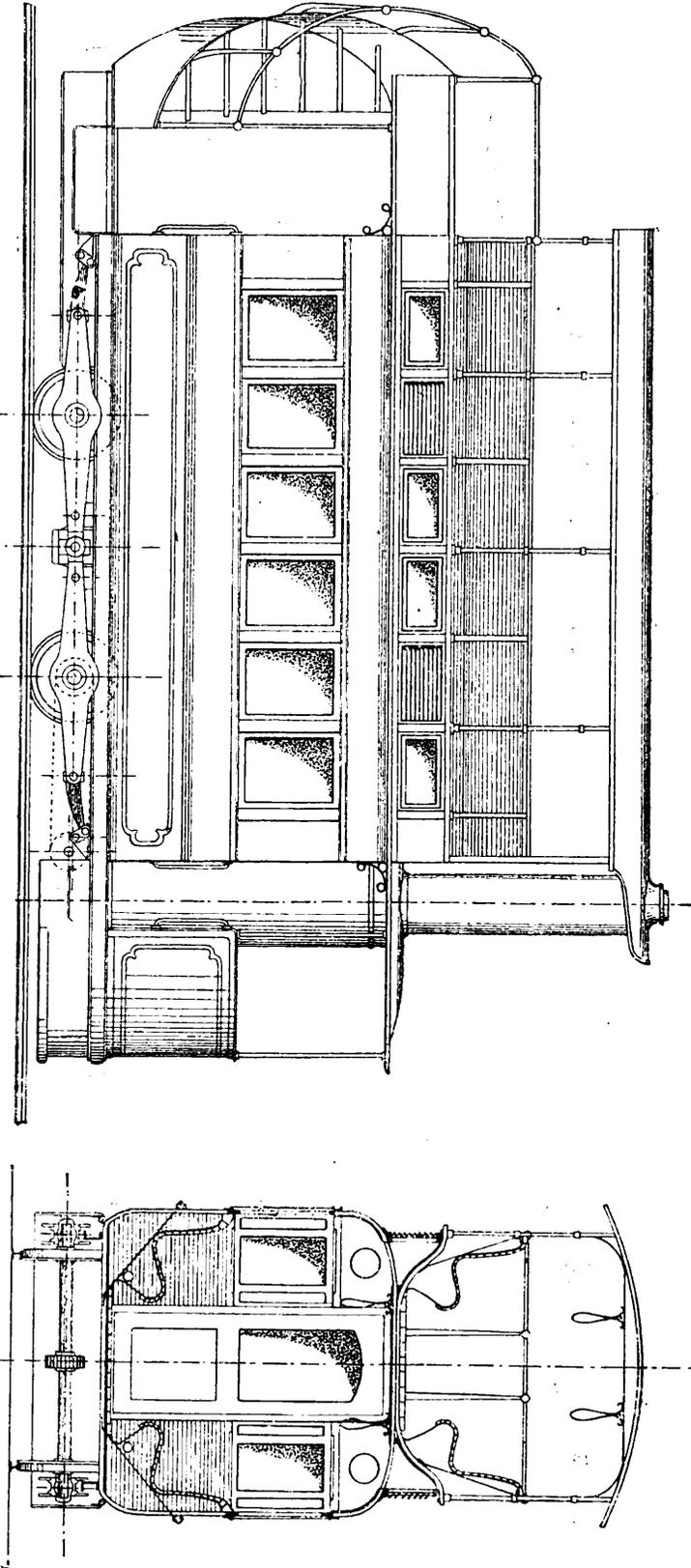
amerikanischen Eisenbahnwagens mit zwei drehbaren Radgestellen zurück und erklärt sehr naiv, dass um einen passenden Platz zur Aufnahme der Maschine zu schaffen, der Zapfen des einen drehbaren Gestelles hohl hergestellt und auf mehrere Fuss Durchmesser erweitert sei; in diesem hohlen Zapfen nun ist die Maschine angebracht, welche direct auf die darunter befindlichen Räder des drehbaren Gestelles wirkt und so den ganzen Wagen in Bewegung setzt. Es ist klar, dass die Vergrösserung des Zapfens die drehende Bewegung des darauf

ruhenden Wagenkastens nicht beeinträchtigt; ebenso ist die Maschine in dieser Lage beim Hinauf- oder Herabsteigen zu oder von den Decksitzen durchaus nicht hinderlich 2).

1) Die obigen Angaben über den Dampfwagen sind dem „Engineering“ vom 10. August 1877, S. 108 entnommen.

2) „The Employment of Mechanical Motors on Tramways“ von W. R. Rowan, C. J. 1877.

Fig. 157 und 158. Dampfwagen aus der Schweizerischen Locomotiv- und Maschinenfabrik zu Winterthur.



Die angewendete Dampfmaschine ist von gewöhnlicher Construction, mit der bei Locomotiven gebräuchlichen Kolbengeschwindigkeit. Die Uebertragung der Kraft auf die 900 mm Durchmesser haltenden Triebräder findet nicht direct, sondern mittelst Zahnräder von 2:7 statt. Dieser patentierte Uebertragungsmechanismus hat den Zweck, eine elastische Verbindung zwischen der mit dem Dampfessel und Maschine am Oberwagen montirten Kurbelwelle einerseits und der Triebachse andererseits herzustellen, damit ein sanftes Anfahren ermöglicht wird und die durch die Durchbiegung der Tragfedern entstehenden Schwingungen des Oberwagens nicht behindert werden. Die Uebertragung wird aus diesem Grunde durch zwei eigenthümlich verzahnte Räder bewirkt, von welchen das grössere nicht fest auf der Triebachse sitzt, sondern mittelst einer starken Spiralfeder an dieselbe angeschlossen ist. Das Zahnrad wird durch seitliche Blechstreifen auf der Achse centrisch erhalten und die richtige Entfernung der Triebachse von der Maschinenwelle durch zwei seitlich am Kurbelzapfen angreifende Schleifen hergestellt. Die Zähne des grösseren Rades sind etwas gewölbt, damit bei nicht ganz gleichmässiger Durchbiegung der linken und rechten Tragfeder das kleinere, etwas breitere Zahnrad nicht auf die Kante des grösseren drückt. Dieser Mechanismus hat sich bei dem Dampfwagen auf der Hamburg — Wandsbecker Pferdebahlinie bestens bewährt. Die Maschine fuhr mit Leichtigkeit durch die Curven und Weichen, auch war die Federung von angenehmer Wirkung.

Die Maschine hat gewöhnliche Coullissensteuerung und kann daher mit Expansion arbeiten; der Maximaldruck beträgt 12 At. Infolge der Construction des stehend angeordneten Dampfessels bleibt der entweichende Dampf gänzlich unsichtbar und verursacht kein Geräusch. Die Verbrennungsgase der Coaks mischen sich dergestalt mit dem ausströmenden wässrigen Dampfe, dass dieser vollständig verflüchtigt wird. Die Speisung des Kessels erfolgt durch eine Dampf- und eine Handpumpe, welche beide für sich auf dem Vorderperron angebracht sind. Die Fahrgeschwindigkeit beträgt im Maximum 20 km pro Stunde, was für

die deutsche Meile ca. 22,5 Minuten ergibt. Bei dem Radumfang von 2,827 m entspricht diese Geschwindigkeit 118 Radumdrehungen pro Minute, also 413 Kurbelumdrehungen — für diese Maschine die naturgemässe Maximalzahl. In der Nähe der Städte würde man mit 15 km pro Stunde und auf städtischen Strassen noch langsamer, ca. 12 km pro Stunde, fahren.

Schliesslich möge noch bemerkt werden, dass der Dampfwagen auf der Endstation durch Drehscheibe oder schleifenförmige Schienenverbindung gewendet werden muss.

Schweizerische Locomotiv- und Maschinenfabrik zu Winterthur, System Brown.

Das Streben einiger Directoren von Tramway-Gesellschaften nach einer Combination der Maschine mit dem Wagen gab auch der Schweizerischen Locomotiv- und Maschinenfabrik zu Winterthur Veranlassung, solche sogenannte combinirte Maschinen zu construiren.

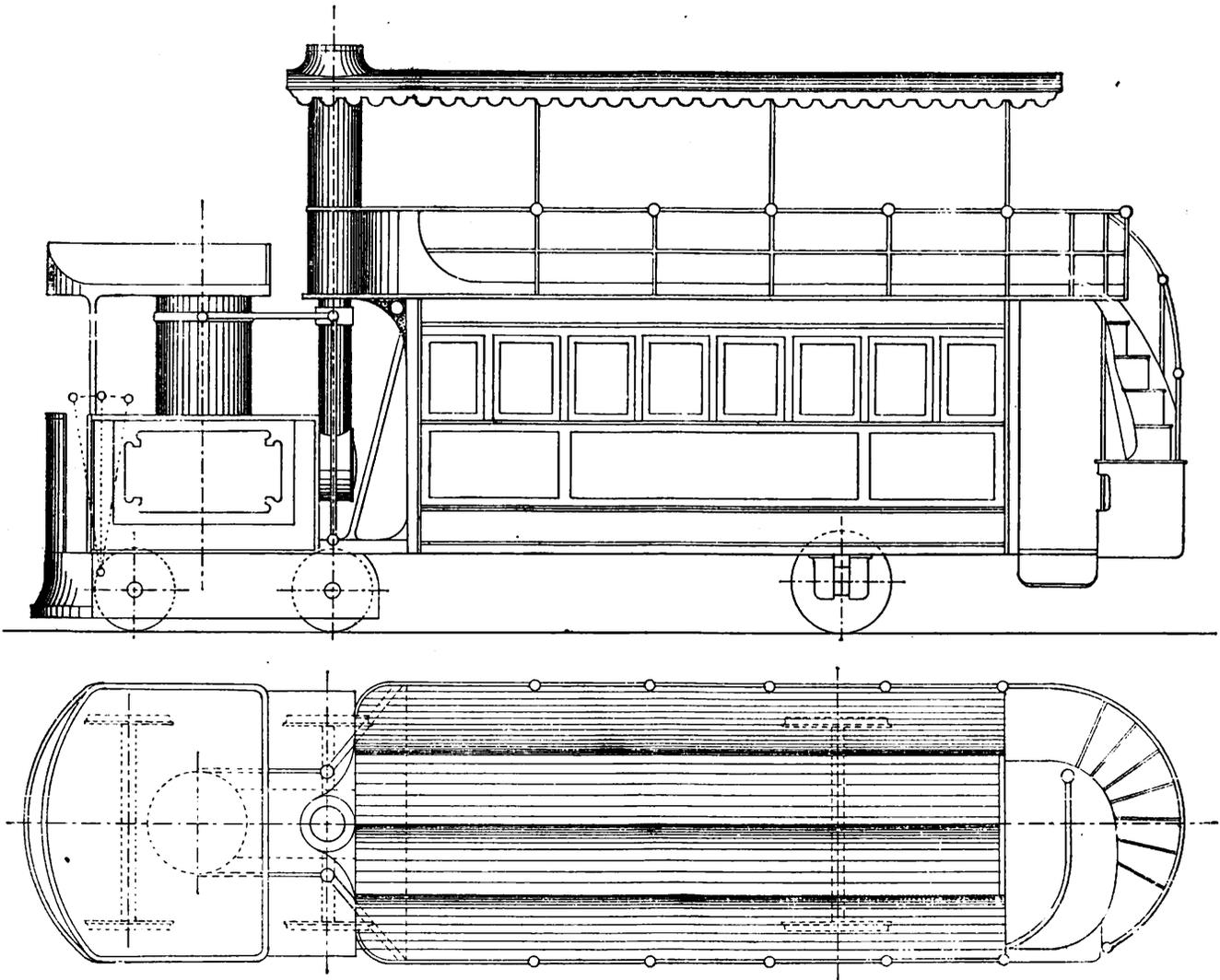
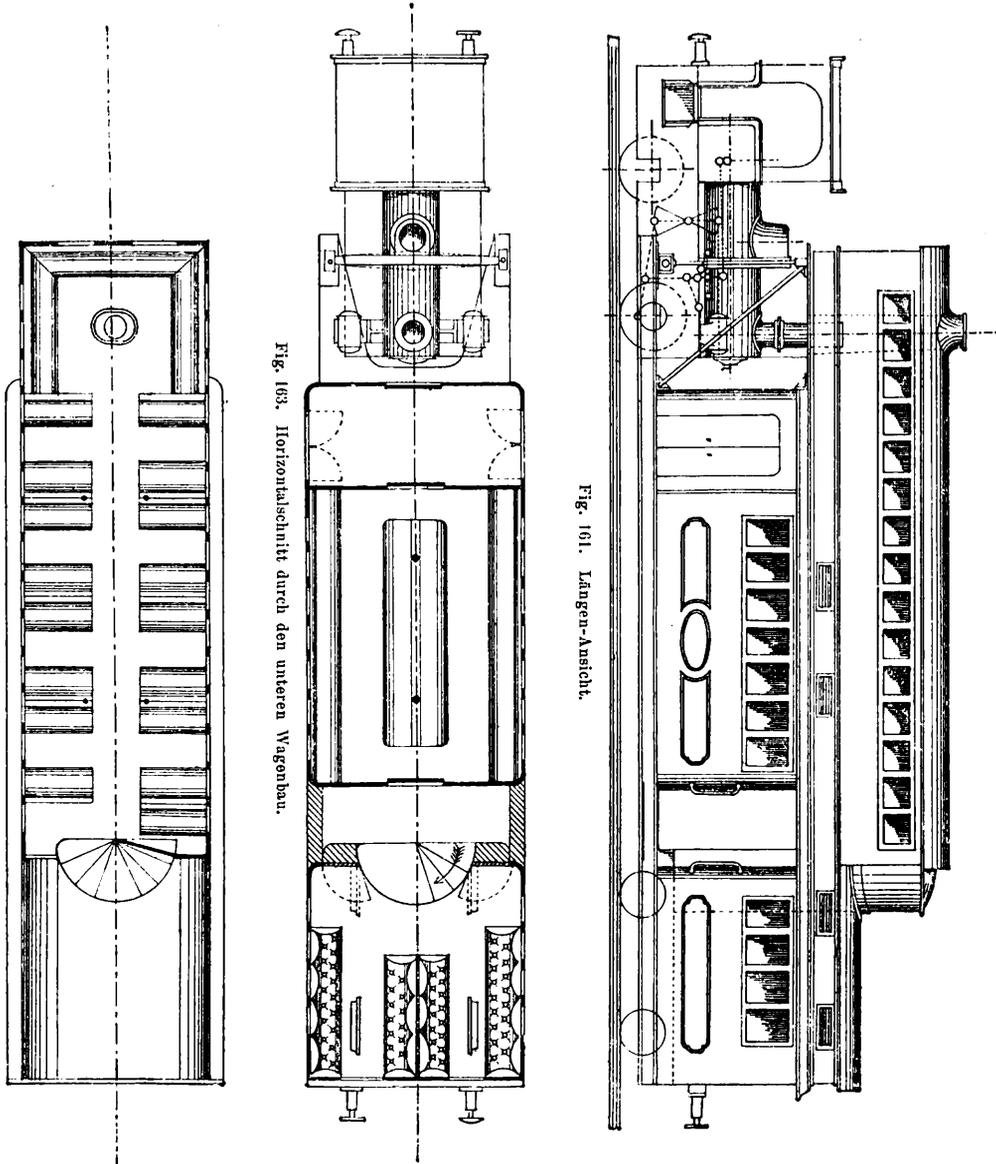


Fig. 159 und 160. Dampfnibus aus der Schweizerischen Locomotiv- und Maschinenfabrik zu Winterthur.

Es sind natürlich die mannigfachsten Combinationen möglich. Die Zeichnung Fig. 157—158 zeigt die Construction eines Wagens dieser Fabrik, bei welchem die Maschine auf dem vorderen Perron des Wagens steht; hier sind also Wagen und Maschine vollständig zu einem Ganzen, dem sogenannten „Dampfnibus“ verbunden. Von der Construction des theils liegenden, theils stehenden Kessels der Tramway-Locomotive ist man ganz abgegangen, weil für dieselbe nicht genügender Platz auf dem vorderen Perron vorhanden sein würde. Die Cylinder wirken auf eine Blindwelle, von welcher die Bewegung durch eine eigenthümlich construirte Kette auf die

vordere Triebachse übertragen wird. Um ein Kippen des Wagens bei dem kurzen Radstand zu verhüten, ist der Federstand durch Einsetzen eines vom Wagen unabhängigen Gestells vergrößert. Diese Anordnung erlaubt zugleich das Anbringen der Bremse an dem unteren Gestell, wodurch den Passagieren die lästigen Vibrationen

Fig. 161—163. Dampfomnibus aus der Schweizerischen Locomotiv- und Maschinenfabrik zu Winterthur.



des Wagens beim Gebrauch der Bremse erspart werden; ausserdem ist das Wasserreservoir an das hintere Wagenende verlegt. Diese Maschinen sind gleichfalls mit Condensationsvorrichtung versehen, und kann ein Theil des Abdampfes zum Heizen des Wagens im Winter benutzt werden.

Alle derartigen Dampfswagen, Dampfomnibusse, haben natürlich den Nachtheil, dass Wagen und Maschinen nicht vollständig unabhängig voneinander sind, sodass meistens das Ganze in Reparatur genommen, also ausser Betrieb gesetzt werden muss, wenn an der Maschine oder an dem Wagenbau ein Theil reparaturbedürftig wird; als nachtheilig muss ebenfalls das Unterbringen eines Personenwagens in der mehr oder weniger russigen Locomotiv-Remise, oder der Locomotive in der sauber zu haltenden Wagenremise angesehen werden.

Ein Dampfomnibus ähnlicher Construction ist in Strassburg in provisorischem Betrieb. Derselbe besitzt

Fig. 162. Längs-Ansicht.

Fig. 163. Horizontalschnitt durch den oberen Wagenbau.

Fig. 164. Horizontalschnitt durch den unteren Wagenbau.

Fig. 162. Querschnitt.

jedoch den Vorzug eines freien Durchganges in der Mitte und hat eine complete Steuervorrichtung an jedem Ende, sodass ein Umwenden an den Endstationen nicht erforderlich ist.

Während bei diesem Dampfomnibus die Maschine und der Wagen fest miteinander verbunden sind, stellen die Zeichnungen Fig. 159 und 160 eine Construction dar, bei der die Maschine ein für sich bestehendes Ganzes bildet, auf welches sich der Wagen auflehnt; dieser letztere hat nur hinten eigene Räder, bildet also nur in seiner Verbindung mit der Locomotive ein fertiges Ganzes. Der Vorzug dieser Combination vor dem Dampfomnibus liegt offenbar darin, dass man Maschine und Wagen sehr leicht voneinander trennen kann, dass also der Wagen nicht mit ruhen muss, wenn die Maschine oder der Kessel reparaturbedürftig sind, und umgekehrt; viel wichtiger noch ist jedoch, dass man bei dieser Construction den überall vorzüglichst bewährten Brown'schen Tramway-Kessel, desgleichen die ganze übrige Einrichtung dieser Tramway-Locomotive beibehält; es ist denn auch in Wirklichkeit die bei der vorgenannten Combination angewendete Maschine nichts weiter als die gewöhnliche Tramway-Locomotive Patent Brown, nur kann hier der doppelte Steuerungsmechanismus wegfallen und es genügt ein solcher an der Spitze, da der Führer doch stets dort seinen Platz hat; andererseits wird dieselbe unter Umständen in noch kleineren Dimensionen als die Vorspann-Maschine ausführbar sein. Der einzige Vorzug dieser combinirten Wagen vor den Vorspann-Maschinen dürfte wohl darin zu finden sein, dass auch hier, wie bei dem Dampfomnibus, ein Theil des Wagengewichtes zur Vermehrung der Adhäsion benutzt wird, was bei längeren und starken Steigungen ein nicht zu unterschätzender Vortheil ist.

Die Abbildungen (Fig. 161—164) zeigen den für den Verkehr auf Hauptbahnen bestimmten combinirten Wagen. Neuerdings ist, wie schon erwähnt, auf einigen belgischen und deutschen Eisenbahnen in der Nähe grösserer Städte der Omnibusbetrieb auf Hauptbahnen eingeführt.

Charles Evrard, Brüssel.

(Mit Zeichnungen auf Tafel XX. Fig. 7—18.)

Von Charles Evrard, dem Director der Compagnie Belge in Brüssel, wurde ein Dampfwagen construiert, welchen wir nebst Details auf Tafel XX, Fig. 7—18, abgebildet haben.

Derselbe wird von sechs Rädern getragen, von denen die mittleren sowie die Triebräder fest auf den unverschiebbaren Achsen sitzen; die Achse der Hinterräder kann sich dagegen beim Durchfahren von Curven mit ihren Lagorschalen in der Achsbüchse, deren Construction Fig. 17 und 18 zeigt, verschieben, wie dies aus Fig. 9, Tafel XX, ersichtlich ist. Der Wagen hat vier Abtheilungen; die erste enthält den Kessel, Kohlenraum etc.; die zweite ist für Gepäck bestimmt, die beiden übrigen, von denen jeder 22 Personen fasst, sind Passagierräume.

Die Längsbalken sowie die Kopftraversen sind aus C-Eisen von 250 mm Höhe, die mittleren Querverbindungen dagegen aus solchem von 152 mm Höhe hergestellt; die Achsbüchsen sind aus Gusseisen mit beweglichen Schalen aus Bronze, die eine Verschiebung der Achse um 30 mm gestatten. Wie auf den belgischen Eisenbahnen ist hier die Oelschmierung nach dem System Gobert eingeführt.

In den Fig. 11—13 ist der aus zwei übereinander befindlichen cylindrischen Theilen bestehende Kessel (System Belpaire) gezeichnet. Die kupferne Feuerbüchse ist viereckig, ihre Decke wird durch zwei schräge Seiten gebildet, um den Anschluss an den cylindrischen Röhrenkessel zu ermöglichen. Der Rost besteht aus 8 mm breiten Stäben mit einem Zwischenraum von 4 mm. Die Feuergase ziehen von der Rauchkammer aus durch die messingernen Feuerröhren und umspülen dann den Dampfdom, um zum Schornstein zu gelangen. Die Speisung des Kessels geschieht durch zwei Injectoren aus Bronze von 4 mm Durchmesser, welche das Wasser einem unter dem Wagen befindlichen Reservoir entnehmen. Die Anordnung der Maschine (Fig. 14—16) bietet nichts wesentlich Neues; die Cylinder liegen innen und besitzen Stephenson'sche Coullissensteuerung.

Der 7,965 m lange Wagenkasten ist aus Teak- und Eschenholz gebaut; die Bänke der einen Abtheilung sind aus Latten von Mahagoniholz hergestellt, während die Sitze im anderen Raume gepolstert und mit rothem Stoff überzogen sind. Die Fenstervorhänge sind aus grauem Rips und die Ringe und Stangen aus vernickeltem Kupfer, die Decke aus amerikanischem Tannenholz (pitch pine), naturell ohne besonderen Farbenanstrich. Jede Wagenabtheilung hat sechs Fenster, von denen die mittleren herabgelassen werden können.

Die Hauptdimensionen dieses Wagens sind folgende:

Innere Breite	2,85 m	Durchmesser der Räder	980 mm
Gesamnte Länge	12,24 „	Geschwindigkeit pro Stunde	30 km
Entfernung der äussersten Achsen	6,80 „	Belastung mit 50 Personen und 500 kg	
Belastung ohne Reisende und Ge-		Gepäck:	
päck: der Maschinenachse . . .	8700 kg	der Maschinenachse	8950 kg
der mittleren Achse	4350 „	der mittleren Achse	5400 „
der hinteren Achse	3300 „	der hinteren Achse	5750 „
Total	16350 kg	Total	20100 kg

Dimensionen des Kessels und der Maschine sind:			
Innerer Durchmesser des unteren Cy-		Rostfläche	0,48 qm
linders	750 mm	Heizfläche der Feuerbüchse	2,46 "
do. do. des oberen Cy-		" der Röhren	19,32 "
linders	500 "	" totale	21,78 "
Dicke der vorderen Röhrenplatte oben .	25 "	Inhalt des Wasserraumes	580 l
" " " " unten	12 "	" des Dampfraumes	500 "
" der Feuerbüchsendecke	12 "	Dampfdruck	10 At
" der Kesselwandung	10 "	Pferdekraft	22 HP
Zahl der Feuerröhren	153 St.	Inhalt des Wasserreservoirs	1,1 cbm
Äusserer Durchmesser der Röhren	32 mm	" des Kohlenraumes	0,565 "
Länge derselben zwischen den Platten .	1455 "	Dampfcylinderdurchmesser	170 mm
		Kolbenhub	320 "

Fünf solcher Dampfomnibusse sind auf den belgischen Eisenbahnen im Betrieb.

F. Ringhoffer, Prag.

(Mit Zeichnungen auf Tafel XX. Fig. 1-5).

Die äussere Kastenlänge des durch drei Wände in vier Abtheilungen getheilten Dampfzuges beträgt 9,260 m, die äussere Breite 2,800 m, die lichte Höhe im Innern des Coupés 2,200 m. Das Dach des über dem Kessel befindlichen Aufbaues ist abnehmbar, um besser zu den oberen Kesselarmaturen gelangen zu können. Die Seitenfenster sind in Scharnieren beweglich und dienen als Ventilationsöffnungen. An den Kesselraum schliesst sich ein durch eine Seitenthür zugängliches Doppelcoupé III. Classe mit 20 Sitzplätzen an. Am Ende des Wagens ist eine gedeckte Plattform angeordnet, von welcher aus der Zugang zu einem Coupé II. Classe erfolgt. Die Plattform ist durch eine Seitenthür zugänglich und bietet Raum für 8 Feldsessel. Das Coupé II. Classe enthält 8 fest angeordnete Sitzplätze, und können überdies 4 Feldsessel in demselben aufgestellt werden. Im Plafond eines jeden Coupés ist ein Fecht'scher Ventilator angebracht. Auf einer Seite der Coupés II. u. III. Classe befindet sich ein mit Sand gefüllter Kasten, durch welchen Dampfrohre geleitet sind, die während des Stillstandes des Zuges mit direct aus dem Kessel entnommenem Dampf gespeist werden und den Sand soweit erhitzen, dass derselbe während der Fahrt genügend Wärme abgeben kann.

Die Communication zwischen dem Conducteur und dem Maschinisten erfolgt durch ein längs des Wagens angebrachtes und mit einem Geländer versehenes breites Laufbret.

Der Wagenkasten stützt sich mittelst 6 Blattfedern, bei denen separate Spannvorrichtungen angeordnet sind, auf ein ganz aus Eisen construirtes Traggerippe, das auf die beiden drehbaren Radgestelle gelagert ist. Zwischen diesen beiden ist ein mit dem Traggerippe fest verbundener Kasten für Postpakete etc. angeordnet.

Der Locomotivrahmen besteht aus zwei 15 mm starken Blechen, welche durch U-Träger und kräftige Blechdreiecke zu einem steifen Ganzen vereinigt sind. Derselbe ist mit einfacher Federung versehen und trägt in der Mitte den stehenden Röhrenkessel, der auf einer unmittelbar auf der Decke des Gestelles aufgeschraubten kreisrunden Fundamentplatte eine breite Auflage findet. Diese Platte wird von einem aus Blech und Winkel-eisen construirten, im Traggerippe des Wagens befestigten Ringe umgriffen, wodurch die Drehbarkeit des Gestelles gegen den Wagen ermöglicht ist.

Dem Kessel wird der Dampf am obersten Theile durch einen Separator entnommen, gelangt zum Regulator und durch kupferne Rohrleitungen weiter in die Schieberkasten der Cylinder. Die letzteren sind aussenliegend angeordnet und gegen die Horizontale um 15° geneigt, was durch den geringen Achsenstand von 1,800 m geboten wurde. Die beiden Achsen des Locomotivrahmens sind gekuppelt, und wird die Dampfvertheilung mittelst einer Stephenson'schen Coulissee bewirkt.

Das Radgestell des Wagens ist aus Façon-eisen gebildet und doppeltfedernd construirt. Der in der Mitte desselben auf 4 Doppelfedern gelagerte Kippstock ist durch einen starken Reibnagel und die nöthigen Auflage- und Reibplatten mit dem Traggerippe des Wagens drehbar verbunden. Die Doppelfedern stehen mittelst Hänge-eisen und Querverbindungen mit dem Radgestelle in festem Zusammenhang und übertragen die auf dem Kippstock ruhende Last auf das Radgestell, während letzteres sich mittelst 4 Stück dreifach gewundener Spiralfedern auf die direct auf die Achslager montirte Hauptträger stützt.

Die Entfernung der Radgestelle von Locomotive und Wagen von Mitte zu Mitte beträgt 5,920 m. Nahe an der inneren Stirn des Maschinengestelles ist der Cylinder der Dampfbrake angebracht, welche sowohl vom Heizerstande aus als auch durch den Conducteur mittelst eines Zuges von der Plattform aus in Thätigkeit gesetzt werden kann. Ausserdem ist der Wagen mit einer vom Heizerstande aus bewegbaren Trittbremse versehen; die Bremsvorrichtungen beider Radgestelle sind miteinander verbunden und functioniren gleichzeitig.

Neben den allgemeinen Signalvorrichtungen ist der Wagen mit einem automatisch wirkenden Läutewerk versehen, das am Radgestell angeordnet ist und durch ein Excenter von der Radachse aus in Bewegung gesetzt

wird. Ferner gehen ein Glockenzug und ein Sprachrohr von der Plattform aus zum Heizerstande, die zur Verständigung zwischen Conducteur und Maschinisten dienen.

Der Dampf wagon ist derartig construirt, dass derselbe bei $\frac{1}{40}$ Steigung in Curven von 150 m und bei einer Geschwindigkeit von 12 km noch einen zweiten beladenen zweiachsigen Last- oder Personenwagen mitbefördern kann.

Der Dampf wagon Patent Ringhoffer (System Böhm-Schwind) ist für die nur 6 km lange Secundärbahn Ellbogen—Neusattel bestimmt. Diese Strecke hat Curven bis zu 150 m Radius und Steigungen bis zu $\frac{1}{40}$. Die normale Fahrgeschwindigkeit auf derselben ist mit 12 km pro Stunde vorgeschrieben. Der Wagen soll im Winter allein verkehren, zur Sommerzeit noch einen leichten Personenwagen mitbefördern.

Die Hauptdimensionen des Dampf wagens sind:

Ganze Wagenkastenlänge	9,620 m	Rostfläche	0,44 qm
Aeussere Kastenbreite	2,800 „	Heizfläche	10 „
Entfernung von Mitte zu Mitte Radgestell	5,920 „	Cylinderdurchmesser	160 mm
Radstand eines jeden drehbaren Gestells	1,800 „	Kolbenhub	300 „
Gewicht des dienstfähigen Wagens	22150 kg	Triebraddurchmesser	680 „
u. z. { Eigengewicht und Belastung des Vordergestells	15100 „	Zulässige Betriebsspannung	10 At
do. do. des Hintergestells	7050 „		

Weissenborn's Dampf wagon, System Rowan.

Der Weissenborn'sche vierachsige Dampf wagon besteht aus drei Haupttheilen, dem eigentlichen Wagenkasten mit Untergestell und zwei Truckgestellen von je zwei Achsen, von denen das vordere mit der Dampfmaschine und dem Kessel nebst Zubehör fest verbunden ist und leicht vom Wagen getrennt werden kann. Die ganze Länge des Wagens beträgt 15,65 m und der Radstand 11,35 m.

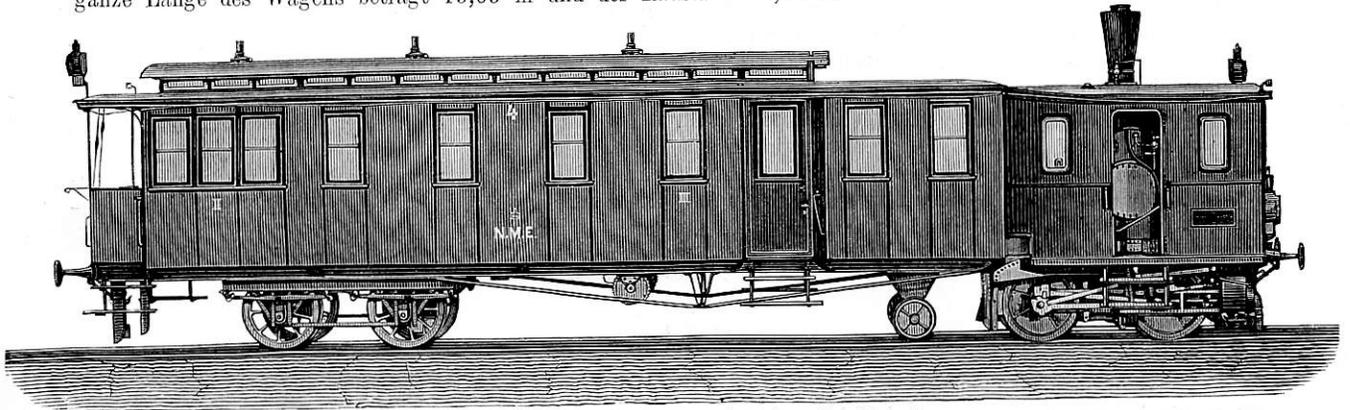


Fig. 165. Weissenborn's Dampf wagon im gekuppelten Zustande.

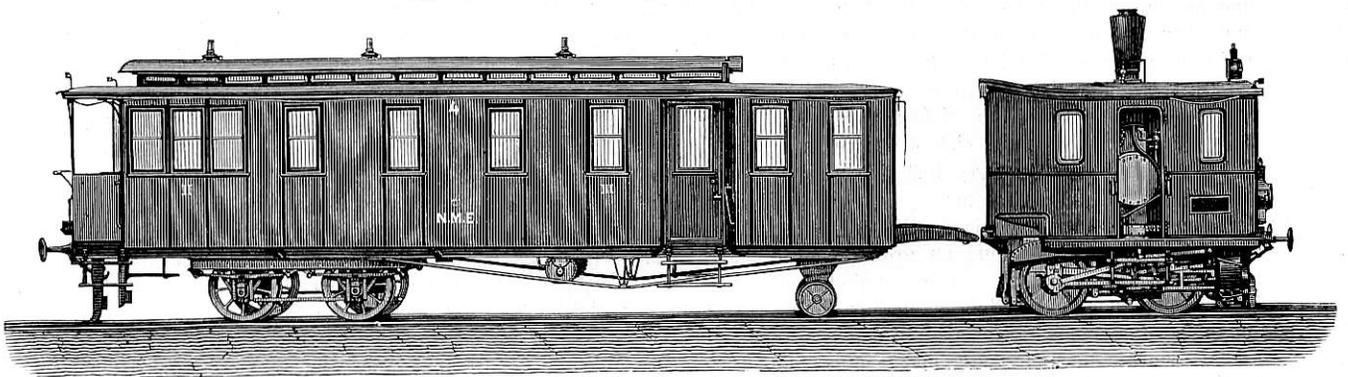


Fig. 166. Weissenborn's Dampf wagon im ungekuppelten Zustande.

Im vorderen Truckgestell unterhalb des Kessels befindet sich eine Kuppelung, welche laschenförmig durch zwei Flacheisen des Wagengestelles mit einem Bolzen verkuppelt wird, derselben ist seitlich soviel Spiel gegeben, als zur freien Bewegung in allen vorkommenden Curven nöthig ist. Die Kuppelung ist für Curven von 60 m Radius construirt. Um das vordere Truckgestell vom Wagenkasten zu trennen, ist die vordere Kopf-

wand des Wagens keine feste, sondern wird aus zwei Flügelthüren gebildet, welche nach Entfernung der Pufferbohle geöffnet werden können. Ferner enthält das Untergestell des Wagenkastens im ersten Drittel seiner Länge eine Windevorrichtung, welche durch Kurbel heruntergelassen den Wagenkasten unterstützt und etwas anhebt. Nachdem der Zapfen der Kuppelung entfernt ist, kann das Truckgestell mit allen darauf befindlichen Theilen selbständig bewegt werden. Der Radstand des Truckgestelles beträgt 1,6 m.

Die 24 pferdige liegende Dampfmaschine mit 160 mm Cylinderdurchmesser und 260 mm Hub ist am Längenträger des vorderen Truckgestells befestigt. Die Schieber werden mittels Allan'scher Coulissee gesteuert. Der ausströmende Dampf wird durch einen Exhauster theilweise durch den Schornstein ins Freie, theils auch in den Tender geleitet und dort zur Erwärmung des Wassers nutzbar gemacht. Der Tender fasst 870 l Wasser und reicht für ca. 50 km; derselbe ist vollständig in den Rahmen des vorderen Truckgestelles eingebaut.

Der Wagenkasten ruht auf zwei Längenträgern von I-Eisen, welche ihrer grossen freien Länge wegen durch ein Hängewerk verstärkt und durch C-Eisen miteinander verbunden sind. Der Wagen enthält fünf Räume, die durch Schiebethüren miteinander in Verbindung stehen. An den vordersten Raum, den Maschinenraum mit einer Länge von 2,9 m, schliesst sich der 2,9 m lange Gepäckraum an. Der dritte von 4,2 m Länge dient als dritte Klasse und enthält 30 Sitzplätze. Der letzte Raum von 2,95 m Länge enthält die zweite Klasse mit 15 Sitzplätzen. Zwischen beiden befindet sich der gemeinschaftliche Einsteigerraum von 0,95 m Länge. Das Gesamtgewicht des leeren Wagens mit Maschine beträgt 18750 kg, wovon auf das vordere Truckgestell 10801 kg, auf das hintere 7950 kg kommen.

Die Probefahrten mit diesem Wagen auf der Berliner Ringbahn sind gut ausgefallen.

Ein Dampfwagen neuerer Construction ist in den Textfig. 165—166 dargestellt und sind solche seit drei Monaten im regelmässigen Betrieb der Niederschlesisch-Märkischen Bahn. Die Verbindung des Motors mit dem Personenwagen wird, wie Textfig. 166 zeigt, dadurch hergestellt, dass zwei an die Längenträger des Wagens genietete Träger in das Führerhaus des Motors hineinragen. Die Enden sind gabelförmig gestaltet und tragen kleine Laufrollen, welche bei der Kuppelung auf schiefe Ebenen im Untergestell des Dampfmotors auflaufen. Es ist ferner ein Queralancier angebracht, dessen mittlerer Drehpunkt in Verbindung mit dem Rahmenbau des Motors steht und dessen Enden scharnierartig durch Bolzen mit den zuvor bezeichneten Trägern verbunden werden. Unter dem Vordertheil des Personenwagens befindet sich eine Blindachse, deren Räder ohne Contact über den Schienen schweben, solange Motor und Wagen betriebsfähig verbunden sind. Dagegen ruht der Wagen im ungekuppelten Zustande auf diesen Rädern und kann mit Hilfe derselben beliebig rangirt werden, was als ein grosser Vortheil dieser Construction angesehen werden muss.

Bei einer Geschwindigkeit von 42 km pro Stunde, wobei dem Dampfwagen noch zwei besetzte Personenwagen I. und II. Klasse angehängt waren, wurde pro Kilometer Fahrt 2,12 kg Coaks und 14 l Wasser verbraucht. Die durchfahrene Strecke war 2 mal 58,1 km lang.

Schluss.

Wenn man die Leistungen des Strassenbahnbetriebs zusammenfasst, um die Zukunft der Strassenbahn vorauszubestimmen, so muss man sich dabei erinnern, dass die finanzielle Ertragsfähigkeit dieses Verkehrsmittels eine ausserordentliche ist. Dieselbe betrug im Jahre 1876 dreiunddreissig Procent der Capitalanlage. Nächstdem sind aber die ungeheuren Betriebskosten zu beachten, welche drei Viertel des Einkommens absorbiren. Aus den Aufstellungen über Betriebskosten erhellt zur Genüge, dass ein Hauptmangel des Betriebs in der Beschaffung der Zugkraft besteht. Ein Pferd ist ein trefflicher Motor, wenn es sich darum handelt, einen Göpel in Betrieb zu setzen oder eine Karre zu ziehen; auf einer Strassenbahn aber ist dasselbe nicht am Platze. Man kommt zu dieser Einsicht, wenn man sich die Bedeutung des Begriffes „Tramway“ vergegenwärtigt. Man versteht darunter ein Paar harter, glatter, regelmässiger und starker Eisen- oder Stahlstäbe, die in die Strasse verlegt sind, um mit schwer belasteten Personenwagen von ungleich grösserem Gewicht als die leichten, elastischen Omnibusse oder Kutschen befahren zu werden. Wenn ein Omnibus eine geeignete Last für ein Paar Pferde ist, so ist hingegen der Strassenbahnwagen eine zu grosse Last für dieselben. Allerdings ist der Reibungswiderstand auf Strassenbahnen ein geringerer als auf gewöhnlichen Strassenoberflächen; dagegen ist der Widerstand des Eigengewichtes beim Ueberwinden von Steigungen für Tramways ganz der gleiche wie für gepflasterte Strassen, und der zur Inangsetzung eines Strassenbahnwagens erforderliche Kraftaufwand ist viel bedeutender als der für einen Omnibus. Kurz, die Benutzung der Pferde auf Strassenbahnen ist ein Missgriff sowohl als eine Grausamkeit und gewiss stehen wir dem Zeitpunkt nicht allzu fern, wo das träge Vorurtheil überwunden sein und die mechanische Kraft an Stelle der thierischen eintreten wird.

Abgesehen davon, dass die Verwendung der Pferde in diesem Falle ein Missgriff zu nennen ist, ist dieselbe auch höchst kostspielig; die Kosten hierfür betragen durchschnittlich 55 Procent der Gesamtkosten oder 41 Procent des Ertrags, somit jährlich 13½ Procent der Capitalanlage. In absolutem Goldwerth ausgedrückt betragen die Durchschnittskosten 6½ d. für die von Wagen zurückgelegte Meile; fügt man diesem Be-

trag 1 d. für Löhnung der Conducteurs etc. hinzu, so stellt sich der Gesamtposten für laufende Ausgaben auf $7\frac{1}{2}$ d. pro durchlaufene Meile.

Die Frage ist nun, wie hoch werden sich die Kosten für mechanische Kraft belaufen? ein Problem, mit dessen Lösung sich Viele beschäftigen. Es ist bereits durch die Erfahrung festgestellt, dass die gewöhnlichen laufenden Ausgaben für Dampfkraft auf Strassenbahnen — und diese soll vorerst allein in Betracht kommen — mit 3 d. pro durchlaufene Meile zu decken sind. Der Kostenpunkt für Unterhaltung und Erneuerung des Dampf-motors lässt sich erst nach weiteren Erfahrungen bestimmen, doch kann derselbe nach dem Verhältniss des pro durchlaufene Meile verbrauchten Heizmaterials, im Vergleiche mit den Locomotiven auf Eisenbahnen, annähernd berechnet werden. Im Jahre 1876 ergaben sich für Reparatur und Erneuerung der Locomotiven auf Eisenbahnen Durchschnittskosten im Verhältniss von $3\frac{1}{4}$ d. pro zurückgelegte Zugmeile; nimmt man nun das Maximalquantum des pro Meile von einer Strassenbahnlocomotive mit Wagen verbrauchten Heizmaterials zu 8 Pfd. gegen 32 Pfd. pro von Eisenbahnzügen durchlaufene Meile an — also in dem Verhältniss von 1:4 — so kann man sicher die Kosten für Reparatur und Erneuerung der Strassenbahnlocomotiven als ein Viertel von $3\frac{1}{4}$ d. oder 0,81 d. pro Meile annehmen. Rechnet man rund 1 d. pro Meile, so können die Gesamtkosten für den Dampfbetrieb auf Strassenbahnen zu 4 d. pro durchlaufene Meile gegen einen Kostenbetrag von $7\frac{1}{2}$ d. für Pferdekraft angenommen werden. Die Differenz — $3\frac{1}{2}$ d. pro Meile — beträgt 22 Procent des Ertrags und jährlich $7\frac{1}{4}$ Procent der Capitalanlage.

Man ersieht hieraus, dass die durch den Ersatz der Pferdekraft auf Strassenbahnen durch Dampfkraft gewonnene Ersparniss eine Dividende von $7\frac{1}{2}$ Procent der wirklichen Capitalanlage ergibt. Es stellen sich sogar noch günstigere Resultate in Aussicht, denn die künftig anzulegenden Strassenbahnen werden eine viel geringere Capitalanlage erfordern als die ersten derselben, deren Bau wie der sovieler der ersten Eisenbahnen hauptsächlich zur Förderung von Privatinteressen gedient hat. Die Durchschnittskosten von elf Strassenbahnen, die eine Strecke von $130\frac{1}{2}$ Meilen durchlaufen, stellten sich nahezu auf £ 19000 pro Meile doppeltes Geleise mit Betriebsmaterial etc. — eine übermässig hohe Summe — halbsoviel wie die Kosten pro Meile der Eisenbahnen Grossbritanniens. Anlage und Ausstattung einer Strassenbahn kann für zwei Drittel dieser Summe oder rund £ 13000 pro Meile doppeltes Geleise, incl. £ 5000 für Pflasterung, hergestellt werden. Dieser Capitalanlage gemäss würde das Verhältniss des Bruttoertrags jährlich etwa 50 Proc. des Capitals erreichen. Cameralisten mögen die Berechnungen vervollständigen, um die glänzenden Aussichten der Strassenbahnen auf bedeutende Dividenden zu beweisen.

An den mechanischen Details der Strassenbahnen und Wagen sind ohne Zweifel noch manche Verbesserungen anzubringen. Was die Bahn betrifft, so ist dieser Gegenstand schon ausführlich besprochen worden. Die Wagen sollten mit doppelten drehbaren Radgestellen — oder noch besser mit Drehachsen — und losen Rädern gebaut werden, um mit Leichtigkeit Curven befahren zu können und den Zugwiderstand möglichst zu verringern, und sollten ferner auf einer Radbasis ruhen, deren Länge eine gleichmässige Bewegung sichert. Die gegenwärtig beliebte kurze Radbasis — 5 oder 6 Fuss (1,5 bis 1,8 m) — ist übertrieben beschränkt; die stossende Bewegung und der schleppende Gang der Strassenbahnwagen rühren häufig von der Kürze der Radbasis her und verursachen bedeutenden Widerstand und besondere Abnutzung der Bahn wie der Wagen. An den Wagen sollten Zugfedern angebracht werden und die Räder sollten gross sein, obwohl es nicht angezeigt erscheint, für drehbare Untergestelle Räder von viel grösserem Durchmesser als die jetzt gebräuchlichen anzuwenden. Die Leistungsergebnisse des Pariser Omnibus-Wagens sowie der Wagen von Eade und von Clemminson weisen auf die Hauptvorteile hin, die zu hoffen sind, wenn man von einem neuen Gesichtspunkte aus von vorn anfängt und den Entwurf des Strassenbahnwagens ganz umformt. Nach Beendigung der experimentellen Forschungen H. P. Holt's betreffs des Zugwiderstandes auf Strassenbahnen, werden die Resultate derselben ohne Zweifel sich von grossem praktischen Nutzen für die Verbesserung des Strassenbahnbetriebs erweisen.

Bei dem Entwurf eines für Dampfbetrieb geeigneten Mechanismus kamen den Ingenieuren die mit den Eisenbahnen gemachten Erfahrungen trefflich zu statten, da dieselben gewissermaassen die Tramway-Locomotive in ihren Grundzügen bereits fertig vorfanden. Trotzdem blieb noch viel zu thun übrig und erfordert auch jetzt noch die Anwendung der Dampfkraft als Tramway-Motor eine grosse Sorgfalt in Entwurf und Einrichtung. Es ist nicht schwer, die Eisenbahnlocomotive in ihrer Integrität als Tramway-Maschine anzuwenden; allein die Herstellung einer geräuschlosen, leicht zu lenkenden Maschine, ohne sichtbaren Dampf oder Rauch, ist ein Problem ganz anderer Art, zu dessen Lösung die Erfahrungen der Eisenbahnpraxis durch keinen vorhergegangenen Fall erläuternd beitragen. Der Erfolg, der mit der mechanischen Zugkraft auf Strassenbahnen erreicht worden ist, und die hervorragende Stellung, welche dieselbe heutzutage einnimmt, sind sicher nicht mit einem Mal errungen worden. Sie sind vielmehr das Ergebniss beharrlichen Fleisses, gründlichen Studiums und grossen Kostenaufwandes, verbunden mit entschlossenem Widerstand gegen die Opposition des Vorurtheils und engherziger Interessen. Die erste, nicht nur der Reihenfolge nach, sondern auch in Bezug auf praktische Leistung ist die Maschine von Merryweather, die sich in den letzten zwei Jahren auf den Pariser Strassenbahnen vielfach bewährt hat, indem sie während dieser Dienstzeit nie die geringste Störung des Strassenverkehrs veranlasste. Dieselbe ist ausserdem in anderen Städten Frankreichs wie Deutschlands, Spaniens, Portugals, Hollands, ja selbst Neuseelands und anderer Colonien in regelmässigem Betrieb.

Tabelle der Hauptdimensionen und Betriebsresultate von Strassenbahn-Locomotiven und Dampfwagen.

Seite	Tafel resp. Textfig.	Name des Constructeurs oder Firma	Cylinder		Dampfdruck At	Gewicht		Achs- belastung kg	Zugkraft kg	Heizfläche qm	Rostfläche qm	Kohlenverbrauch kg	Rad- durchmesser mm	Achsenstand mm	Wasserinhalt im Condensator l	System der Steuerung	Be- merkungen
			Durehm. mm	Hub mm		leer t	im Dienst t										
158	Textfig. 136 —139	H. Hughes	178	305	10	5	7	3000	850	13,8	0,34	—	762	1219	—	Stephenson	Mit Condensation
165	Textfig. 143 —146	L. Schwartzkopff	175	300	12	8,7	—	4350	—	12	0,45	—	700	1600	—	Heusinger v. Waldegg	do.
169	Tafel XIX. Fig. 1—3.	Hannov. Masch.-Bau- Anst., Act.-Ges., vor- mals G. Egestorff	170	300	12,5	6,25	8,5	4250	955	14,56	0,5	—	630	1600	1200	Stephenson	do.
152	—	Merryweather (für Paris)	152	228	6	3,2	4	2000	400	9,77	0,27	24 pr. St.	609	1397	—	do.	do.
155	Textfig. 135	Merryweather Nr. 80 „Eureka“ (für Adelaide)	165	254	—	—	—	—	—	16,0	0,34	—	609	1370	—	do.	Ohne Con- densation
154	—	Merryweather (für Cassel)	190	305	8	6,5	7,5	3500	—	15,0	—	23 pr. St.	—	1370	—	do.	Mit Conden- sation
163	Taf. XVIII. Fig. 4—7.	Wöhler'sche Maschin.- Bau-Anstalt	180	300	12	8	9,5	4500	—	14,59	0,416	—	780	1500	750	do.	do.
172	Textfig. 148 —151	Ch. Brown (Type II)	140	300	15	5,3	6,5	3000	1029	9,0	0,28	10 Coaks	600	1500	500	Brown	—
161	Textfig. 140	Baldwin	220	250	9	6,9	7,9	3500	640	12,2	0,41	—	850	1500	500	Stephenson	—
161	Textfig. 141 u. 142	Krauss & Co.	160	300	15	5,4	7,2	3000	914	11,7	0,29	—	630	1500	1400	—	Ohne Conden- sation
167	Taf. XVIII. Fig. 1—3.	Henschel & Sohn	200	330	12	7	9	4000	—	17,0	—	—	600	1400	1500	Allan	Mit Conden- sation
157	Tafel XVI. Fig. 5—6.	Perkins (3 Cylinder)	80 139 190	228	34	5,5	6	2700	—	8,3	0,27	13,5 pr. St.	600	1295	—	—	do.
179	Textfig. 154 u. 155	Brunner	160	300	12	11	16	{4500 Treib- 3500 Lauf-	750	14,0	0,22	3,5 pr. km	{700 Treib- 500 Lauf-	1250	—	—	Dampf- omnibus
185	Taf. XX. Fig. 7—18.	Evrard	170	320	10	16	20	—	—	21,78	0,48	2 pr. km	980	6800	—	Stephenson	do.
186	Taf. XX. Fig. 1—5.	Ringhoffer	160	300	10	—	22	—	—	10,0	0,44	—	—	1800	—	—	do.
187	Textfig. 165 u. 166	Weissenborn	160	260	12	18	23	—	—	9	0,16	1,8 pr. km	900	1600	—	Allan	do.

Die Gesetzgebung für Strassenbahnen in England.

Die Tramway-Acte von 1870.

I. Theil. § 4.

Abschnitt 1. — Provisorische Erlaubnisscheine zum Bau von Strassenbahnen in irgend einem District können von der Localbehörde des Districtes erlangt werden.

Abschnitt 2. — Vollmacht kann irgend einer anderen Person nur mit Bewilligung des Handelsgerichtes und der Localbehörde erteilt werden.

§ 7. — Das Handelsgericht ist ermächtigt, über die Bewerbung sowie darauf bezügliche Einwendungen Beschlüsse zu fassen.

§ 8. — In Fällen, wo das Handelsgericht es für dienlich hält, kann dasselbe eine provisorische Verordnung erlassen, welche die Unternehmer ermächtigt, die Strassenbahn in der darin vorgeschriebenen Art und nach dem vorgeschriebenen Spurmaass zu bauen, und in welcher solche Verfügungen enthalten sind, wie sie (in Uebereinstimmung mit den Forderungen der Acte) das Handelsgericht je nach der Natur des Gesuches und den Thatsachen und Umständen des betreffenden Falles für gut findet; dagegen enthält diese Verordnung keine Erlaubniss zum Ankauf von Grundstücken, es sei denn in genau begrenzter Ausdehnung und auch dann nur nach Uebereinkommen, noch zur Anlage einer Strassenbahn an einer anderen Stelle als längs einer Strasse oder quer über dieselbe oder auf einem nach Uebereinkommen angenommenen Grundstücke.

§ 9. — Die Strassenbahnen sollen so nahe als möglich in der Mitte der Strasse, und zwar nicht in der Art angelegt werden, dass auf eine Entfernung von 30 oder mehr Fuss eine geringere Fläche als 9 Fuss 6 Zoll zwischen dem Aussenrande der Fusswege zu beiden Seiten der Strasse und der nächsten Schiene der Strassenbahn liegt, wenn ein Drittel der Inhaber der an dem betreffenden Theil der Strasse gelegenen Häuser, Läden oder Waarenlager ihre Einwilligung zu einer derartigen Anlage versagen.

§ 10. — Die Art des Verkehrs auf der Strassenbahn sowie die zu erhebende Fahrtaxe sind in der provisorischen Verordnung zu specificiren.

§ 12. — Die provisorische Verordnung ist nicht eher zu erteilen, als bis die Unternehmer bei der Bank, wie vorgeschrieben, eine Summe von nicht weniger als 4 Proc. der veranschlagten Kosten oder eine Sicherheit im gleichen Werthbetrag deponirt haben.

§ 14. — Diese provisorische Verordnung soll erst dann in Kraft treten, wenn sie durch eine Parlamentsacte bestätigt ist, und soll es den Parteien frei stehen, gegen die Acte zu petitioniren oder im Parlament durch ein Comité gegen dieselbe zu opponiren.

§ 16. — Das Handelsgericht kann eine solche Verordnung durch eine weitere provisorische Verfügung aufheben, verbessern, weiter ausdehnen oder verändern; doch ist die Anwendung einer jeden derartigen Verordnung den gleichen Bedingungen wie die vorhergehende unterworfen und bedarf erst einer Bestätigung durch eine Parlamentsacte.

§ 18. — Wenn die Unternehmer die Strassenbahn nicht binnen zwei Jahren vom Datum der Verordnung an, oder innerhalb eines in der Verordnung vorgeschriebenen kürzeren Zeitraumes vollendet und dem öffentlichen Verkehr übergeben haben, oder wenn innerhalb eines Jahres von einem dieser Zeitpunkte an die Arbeiten nicht wirklich begonnen oder aus einem von dem Handelsgerichte nicht anerkannten Grunde ausgesetzt worden sind, so soll die durch die Verordnung erteilte Vollmacht erlöschen, ausgenommen bezüglich des bis dahin vollendeten Theiles, wenn nicht das Gericht den Termin verlängert; betreff des vollendeten Theiles kann das Gericht nach Gutdünken ein Fortbestehen der Vollmacht und die Ausübung derselben gestatten; wird jedoch diese Bewilligung nicht erteilt, so darf der Bau nicht fortgesetzt und soll mit dem vollendeten Theil der hierauf bezüglichen Verordnung gemäss verfahren werden.

§ 19. — Wenn eine Strassenbahn von einer Localbehörde angelegt oder von einer solchen angekauft worden ist, so kann diese Behörde mit Bewilligung des Handelsgerichtes an irgend Jemand das Recht zur Benutzung derselben sowie zum Erheben autorisirter Fahrtaxen und Zölle verpachten, oder auch die Localbehörde kann solche Strassenbahnen der Benutzung des Publicums freigeben und in solchen Fällen die gesetzmässigen Taxen und Zölle einnehmen; doch kann keine Localbehörde auf solchen Strassenbahnen selbst Wagen in Betrieb setzen und für Benutzung derselben Taxen und Zölle erheben. Jeder Pachtcontract soll auf einen Zeitraum von nicht über 21 Jahren lauten, und kann nach Ablauf dieser Zeit mit Bewilligung des Gerichtes dieser Termin — jedoch keinesfalls über 21 Jahre — verlängert werden, der Pachtcontract dagegen aufgehoben sein, wenn die Pächter den Betrieb der Strassenbahn einstellen.

Der II. Theil der Acte bezieht sich auf den Bau der Strassenbahnen.

§ 25. — Die Art der Strassenbahnanlage ist bezeichnet. Wenn kein Spurmaass vorgeschrieben ist, so muss dasselbe so beschaffen sein, dass die Strassenbahn von solchen Wagen, die für den Gebrauch auf Eisenbahnen von 4 Fuss 8 1/2 Zoll Spurweite construirt sind, befahren werden kann. Die Bahn ist auf gleichem Niveau mit der Strassenoberfläche zu legen.

§ 26. — Zum Aufreissen der Strassen ist Vollmacht gegeben.

§ 27. — Für die Vollendung der Anlage und die Wiederinstandsetzung der Strasse ist Vorsorge getroffen.

§ 28. — Für die Ausbesserung desjenigen Theiles der Strasse, in welchem die Bahn gelegt wurde, ist Vorsorge getroffen.

§ 29. — Ermächtigt die Strassenbaubehörden und die Unternehmer, bezüglich der Pflasterung der betreffenden Strassen einen Vertrag zu schliessen.

§ 30. — Enthält Verfügungen betreff der Gas- und Wasserleitungs-Anstalten.

§ 31. — Enthält Verordnungen bezüglich der Abzugsanäle etc.

§ 32. — Schützt die Berechtigung der Behörden und Gesellschaften etc., Strassen zu eröffnen.

§ 33. — Sorgt für den Ausgleich einer allenfalls zwischen der Strassenbahnbehörde und den Unternehmern entstehenden Differenz durch Zuziehung eines vom Handelsgericht eingesetzten Ingenieurs.

Der III. Theil enthält allgemeine Verordnungen — vor allem in Betreff der Wagen.

§ 34. — Den Unternehmern soll die ausschliessliche Benutzung der Strassenbahn zustehen, und zwar für Wagen mit Flanschenrädern oder anderen Rädern, die nur für die vorgeschriebenen Schienen geeignet sind; die Wagen sollen nur durch die in der Acte vorgeschriebene Betriebskraft und nur, wo diese nicht vorgeschrieben, durch animalische Kraft etc. befördert werden. Kein Wagen soll über die äussere Radkante um mehr als 11 Zoll zu beiden Seiten vorstehen.

§ 35. — Wenn die Localbehörde oder zwanzig steuerzahlende Einwohner dem Handelsgerichte zur Genüge darthun, dass dem Publicum die volle Benutzung der Strassenbahn entzogen sei, so kann von dem Handelsgerichte einer dritten Partei die Bewilligung zur Benutzung der Strassenbahn unter den in dem betreffenden Paragraphen angeführten Bedingungen ertheilt werden. Hierauf folgen Paragraphen bezüglich des Zollzwanges und der Concessionen.

§ 41. — Handelt von der Betriebsunterbrechung der Strassenbahnen. Wenn der Betrieb einer Strassenbahn oder eines Theiles derselben drei Monate lang unterbrochen wird (vorausgesetzt, dass diese Unterbrechung nicht durch Umstände veranlasst ist, die ausser dem Bereiche der Unternehmer liegen), so kann über die Vollmacht der Unternehmer in Bezug auf eine solche ausser Betrieb gesetzte Strassenbahn oder einen Theil derselben von dem Handelsgerichte verfügt werden. Nach zwei Monaten vom Datum einer derartigen Verordnung an kann die Strassenbaubehörde jederzeit den unbenutzten Theil der Strassenbahn auf Kosten der Unternehmer entfernen lassen.

§ 42. — Betrifft die Insolvenz' der Unternehmer. Das Handelsgericht kann, wenn es von der Insolvenz der Unternehmer Kenntniss erhält, eine Verordnung des Inhalts erlassen, dass die Vollmacht der Unternehmer nach Ablauf von 6 Monaten vom Datum der Verordnung an erlischt, wenn dieselbe nicht von der Localbehörde angekauft wird, die in diesem Falle die Strassenbahn auf Kosten der Unternehmer entfernen kann.

§ 43 und § 44. — Beziehen sich auf Kauf und Verkauf von Strassenbahnen.

§ 46. — Ermächtigt die Localbehörde, Nebengesetze zu entwerfen betreff der Fahrgeschwindigkeit, der Entfernung zwischen je zwei Wagen auf demselben Bahngeleise, des Anhaltens der die Strassenbahn benutzenden Wagen und des Verkehrs der Strassen, in welchen die Bahn gelegt ist.

§ 48. — Giebt der Localbehörde Vollmacht, Kutscher und Conducteure zu entlassen.

§ 54. — Wer ohne Befugniss eine Strassenbahn für Wagen mit Flanschenrädern oder anderen Rädern, die sich nur zum Fahren auf einer Strassenbahn eignen, benutzt, verfällt einer Strafe von nicht über £ 20.

§ 62. — Wahrt das Recht des Publicums, jeden Theil einer Strasse, in welcher eine Strassenbahn gelegt ist, in der Längs- und Querriichtung, auf oder neben den Schienen, mit Wagen, die keine geflanschten Räder haben, zu befahren.

Die Bestätigungs-Acte für Strassenbahnen.

Die vom Handelsgericht nach Maassgabe der Strassenbahn-Acte erlassenen Verordnungen müssen, um Rechtsgiltigkeit zu erlangen, durch eine specielle Parlaments-Acte bestätigt werden. Diese ist als „Bestätigungs-Acte für Strassenbahnverordnungen“ bezeichnet, durch welche die in den Zusatzartikeln zu den betreffenden Acten dargelegten Verordnungen bekräftigt werden.

Anwendung der mechanischen Kraft auf Strassenbahnen.

Ein Comité des Unterhauses sammelte zu Anfang 1877 eine Menge Beweismaterial bezüglich der Anwendung der mechanischen Kraft auf Strassenbahnen, das gleichzeitig mit einem Bericht im selben Jahre im Druck erschien¹⁾. Obschon dieser Bericht zu gunsten der mechanischen Kraft lautete, so ist bisher (Februar 1878) in dieser Angelegenheit kein weiterer Schritt geschehen. Gegenwärtig ist von Seiten der Strassenbahninteressenten eine Bewegung im Gang, die zum Hauptzweck hat, der Regierung die dringende Wichtigkeit darzulegen, die Anwendung der mechanischen Kraft auf Strassenbahnen zu legalisiren.

1) „Report from the Select Committee on Tramways (Use of Mechanical Power) with Minutes of Evidence“, April 1877.

ANHANG.

Project einer Strassen-Eisenbahn mit Dampftrieb.

(Mit Zeichnungen auf Tafel XXI.)

Um ein vollständiges Bild einer Strassen-Eisenbahn zu geben, bringen wir im Nachstehenden den von dem Ingenieur Otto Peine ausgearbeiteten Entwurf einer Strassenbahn-Anlage für den Betrieb mittelst Locomotiven, die aus diesem Grunde besonders im Oberbau und in der Stations- oder Bahnhofanlage ihren Schwerpunkt findet. Dieser Entwurf wurde von dem Ingenieur O. Peine speciell für die Stadt Leipzig projectirt, musste jedoch, da die Concession nicht erteilt wurde, bis jetzt leider ein Project bleiben. Obgleich der Plan von Leipzig sich äusserst günstig für die Anlage von Strassenbahnen erweist, so stellten sich doch in der Tracirung dieser

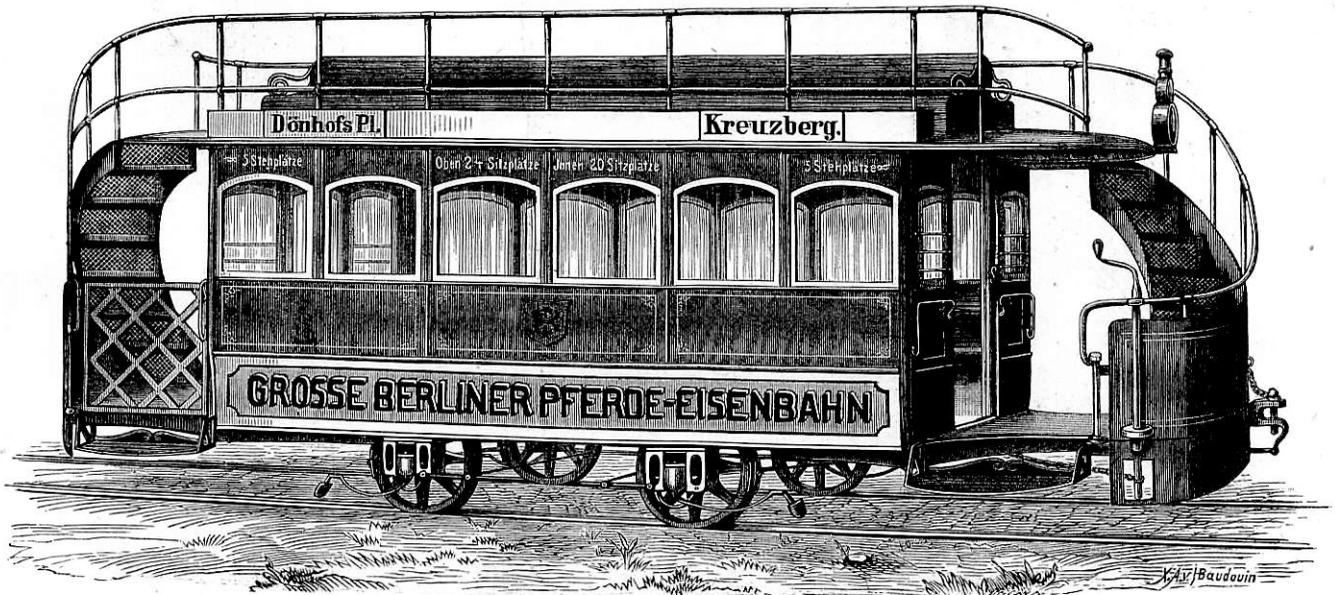


Fig. 167. Tramwaywagen von Ed. Kühlstein, Berlin.

neuen Anlage einige Schwierigkeiten heraus, weil für die bequemsten und breitesten Strassen schon seit dem Jahre 1872 eine englische Pferdebahngesellschaft den Verkehr vermittelt. Diese Gesellschaft besitzt, wie man aus dem Plan auf Tafel XXI erkennen kann, fünf Linien — Plagwitz, Connewitz, Reudnitz, Eutritzsch und Gohlis —, von denen jedoch manche Strecken sich in dem denkbar schlechtesten Zustande befinden; durch diese Linien sind aber keineswegs die Verkehrsadern mit zahlreichen starkbevölkerten Ortschaften erschöpft, vielmehr können durch Anlegung von nur zwei weiteren Linien die Verkehrsinteressen einer Bevölkerung von ungefähr 122000 Einwohnern wesentlich gefördert werden. Trotzdem von Seiten des Publicums wie der Presse auf eine Ausdehnung des Strassenbahnnetzes gedrungen wurde, unterliess die Pferdebahngesellschaft bis jetzt den weiteren Ausbau.

Infolge dessen wurde das vorliegende Project vorläufig für zwei neue Linien — Schönefeld und Thonberg — entworfen, und zwar nach einem System, welches sich durch Solidität des Baues sowie durch Betrieb mittelst kleiner Locomotiven gänzlich von der bestehenden Bahn unterscheiden sollte. Im Plan sind diese Linien punktirt (— · — · —) gezeichnet, während die fünf bestehenden durch ausgezogene Linien markirt sind. Man erkennt, dass die neue Bahn ihren Ausgangspunkt in der Nähe der Promenade, den früheren Glacis, und zwar in der Wintergartenstrasse nimmt, wo zu diesem Zwecke zwei Bahngeleise — ein Haupt- und ein Ausweichegeleise — liegen.

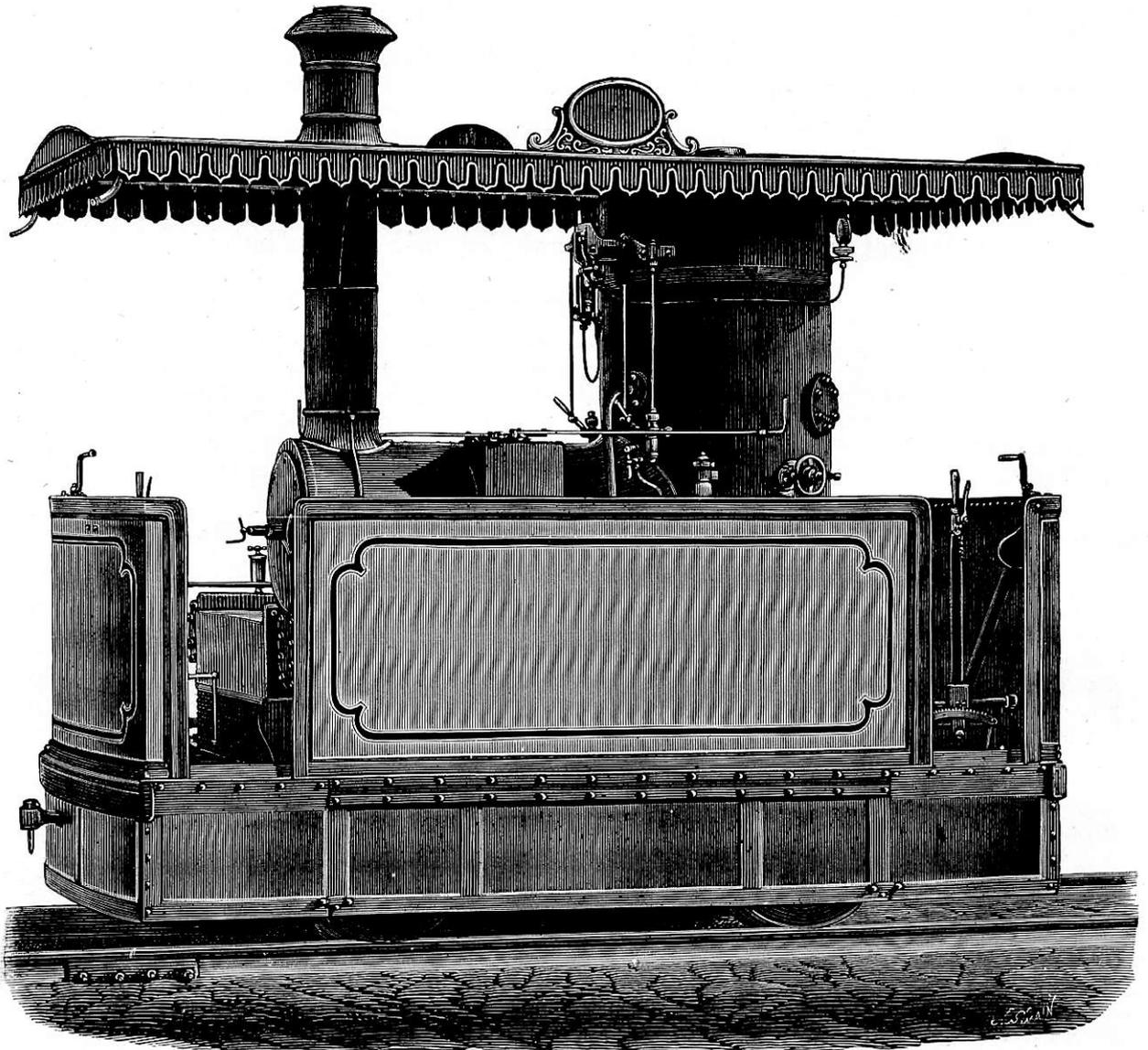


Fig. 168. Strassenbahnlocomotive, System Brown.

Die Linie Schönefeld besitzt beim Austritt aus der Stadt, ferner beim Stationsgebäude (St.) und schliesslich am Endpunkt eine Ausweichestelle. Schon von der Wintergartenstrasse zweigt sich die Linie Thonberg ab, welche in der Mitte und am Ende eine Ausweiche hat.

Ausser an den Weichen sollen die Wagen auch nach Bedürfniss an jeder einmündenden Strasse halten. Das Bahngeleise selbst soll möglichst in der Mitte oder nur auf einer Seite der Strasse, nicht aber abwechselnd rechts oder links oder in der Mitte liegen. Auf chausvirten Strassen inner- und ausserhalb der Ortschaften dürfte das Legen des Geleises auf der Seite der Strasse vorzuziehen sein; auf Strassen, welche zu beiden Seiten bebaut sind und eine Fahrbahn von nur 7,3 m haben, soll das Geleise in die Mitte der Strasse zu liegen kommen.

Der hiermit verbundene Nachtheil, dass das gewöhnliche Fuhrwerk auf die Seite der Strasse gedrängt wird, würde durch Abpflasterung der ganzen Strassenbreite nach Möglichkeit zu beschränken sein.

Als Betriebsmittel hatte man die Locomotiven der Schweizerischen Locomotivfabrik in Winterthur, System Brown, in Aussicht genommen, und zwar wurde die Type II (Fig. 168) für den Dienst der projectirten Linie für geeignet gehalten. Als Personenwagen waren Decksitzwagen von Ed. Kühlstein in Berlin (Fig. 167) gewählt welche im Innern 20 und auf dem Verdeck 24 Sitze, sowie ausserdem 10 Stehplätze haben.

Die Locomotive umfährt, an der Endstation angekommen, nach Ausheben des Kuppelungsbolzens mittelst der Ausweiche die Wagen und setzt sich wieder an die Spitze des Zuges, wobei der Führer stets freie Aussicht auf die Bahn hat.

Die Länge der vorläufig zu erbauenden Linien beträgt einschliesslich der Weichen sowie der Bahnhofsgeleise 5000 m. Eine zweite Bauperiode würde dann das Bahnnetz um weitere 5600 m vergrössern, während einer dritten Bauperiode vorbehalten bliebe, als Endglied der ganzen Anlage 9200 m hinzuzufügen, sodass nach Fertigstellung des gesammten Bahnprojects sich eine Strecke von 20 km im Betrieb befinden und eine Ringbahn in ziemlich grossem Kreise um Leipzig resp. um seine Vorstadtdörfer geschaffen würde.

Dementsprechend würden sich die gesammten Baukosten folgendermaassen berechnen:

I. Bauperiode	}	5 km à 22000 M.	110000 M.
		8 Locomotiven à 12000 M.	96000 „
		12 Wagen à 4000 M.	48000 „
		Inclusive Gebäude rund	350000 M.
II. Bauperiode	}	5,6 km à 22000 M.	123200 M.
		4 Locomotiven à 12000 M.	48000 „
		12 Wagen à 4000 M.	48000 „
		In Summa rund	600000 M.
III. Bauperiode	}	9,2 km à 22000 M.	202400 M.
		Locomotiven, Betriebsmittel, Gebäudeerweiterung	197600 „
		In Summa	1000000 M.

Da man mit den hölzernen Langschwellen und der Schiene (System Loubat s. S. 61) der bestehenden Linien so schlimme Erfahrungen gemacht hat, sollte ein durchaus eiserner Oberbau zur Ausführung gelangen; es wurde das System Winby & Levick gewählt, jedoch die Form der Schiene wie auch die der Laschen etwas modificirt. Die Schiene erhält einen kürzeren, dafür aber stärkeren Steg und entspricht in ihrer Form fast genau dem Normalprofil für Stahlschienen der Hauptbahnen; auch die Fahrbahn des Schienenkopfes erfährt eine Verbreiterung um 0,005 m, sodass sie nunmehr 0,04 m beträgt. Während es nun bei den Original-Schienen nöthig war, den beiden Laschen, welche an den Stössen zur Verbindung der Schienen dienen, verschiedene Formen zu geben, indem die Innenseite des Schienensteges um 0,01 m kürzer als die Aussenseite desselben ist, wurde es durch obenerwähnte Abänderung des Steges möglich, gleichmässig geformte Laschen, und zwar die des Normalprofils für Stahlschienen zur Anwendung zu bringen. Die Zeichnungen auf Tafel XXI stellen sowohl Winby & Levick's Original-Schiene und Lasche (Fig. 11) als auch die vom Ingenieur Peine abgeänderte Form derselben (Fig. 15) dar, und beschränken wir uns auf einige erklärende Bemerkungen.

Die Stahlschienen sind in Längen von 24 Fuss engl. = 7,315 m, mit 5 Proc. in kürzeren Längen solid gewalzt und die Rille wird während des Walzprocesses gebildet; ein späteres Nachmeisseln oder Feilen ist hier nicht nöthig.

Zu beiden Seiten ist die Stossverbindung durch Laschen hergestellt, welche mittelst $\frac{3}{4}$ Zoll engl. = 19,05 mm starker Schraubenbolzen befestigt sind. Durch eine 0,30 m breite Platte (die Originalplatte von Winby & Levick hat nur 0,229 m Breite), auf welcher die Stahlschienen mittelst Keilbolzen gehalten sind, wird der gesammten Construction eine ungemein solide Basis gegeben.

Die Spurweite wird durch Verbindungsstangen hergestellt, welche an beiden Enden Schraubengewinde haben; die Befestigungsmittel (Schrauben, Bolzen, Muttern und Keile) können durch das Befahren der Schienen nicht aus der ihnen gegebenen Lage gedrängt werden, da man sie vor dem Pflastern der Strasse in Cement verlegt. Die der Schiene zunächst liegenden Pflastersteine ruhen auf der bereits erwähnten schmiedeeisernen Platte, sodass dieselben nicht unter das Niveau der Schiene sinken können, welcher Umstand wesentlich zur Erhaltung eines guten Strassenpflasters beiträgt. Bei der Herstellung der Fahrrielle ist darauf Rücksicht genommen, dass weder die Hufeisenstollen der Pferde noch die Räder der Wagen in derselben hängen bleiben können. Die Erfahrung hat gelehrt, dass überall, wo dieser Oberbau verlegt wurde (Nottingham, Glasgow), Pferde und Wagen jeder Art die Bahngeleise gefahrlos in jedem Winkel passiren konnten. Für die Weichen (Fig. 12 und 13) und Kreuzungen (Fig. 14) ist als Material Gusstahl gewählt, und sind dieselben so construirt, dass sie mit den benachbarten Schienen eine ununterbrochene Bahn bilden.

In Folgendem lassen sich die Vortheile, welche dieses Oberbau-System vor allen anderen jetzt existirenden aufweist, kurz zusammenfassen:

Die höchst einfache Construction, welche nur aus Stahl und Eisen besteht und deren einzelne Theile fest zusammengefügt sind, besitzt eine grosse Stabilität. Da weder Holz noch sonstige leicht vergängliche Materialien benutzt sind, fallen Reparaturen und Auswechslung fauliger Schwellen etc. ganz weg.

Nach diesem System gebaute Strassenbahnen können mit Locomotiven befahren werden, da dieselben in Wirklichkeit stärker als manche Hauptbahn construirt sind.

Die Schienen können nach irgend welchem gegebenen Radius gekrümmt werden.

Dieser Oberbau eignet sich auch für Chausseen und ungepflasterte Strassen. Der obenerwähnten schmiedeeisernen Platte kann eine derartige Breite gegeben werden, dass der Macadam so fest auf derselben ruht, wie dies bei der Holzconstruction der Quer- und Langschwellen nie zu ermöglichen ist. Infolge dieser Eigenschaft kann das System ebensowohl als Schienenweg dienen, um die Verbindung zwischen Dörfern und kleinen Städten zu vermitteln, sodass dadurch auf wohlfeile Weise eine Secundärbahn hergestellt wird.

Wir geben auf Tafel XXI Zeichnungen sowohl der Rechts- (Fig. 9) als der Linksweiche (Fig. 10) und bemerken hier, dass bei der Leipziger Strassen-Eisenbahn dieselben in Zwischenräumen von je 700 m angelegt werden sollten, welche Anordnung einer Fahrgeschwindigkeit von $8\frac{1}{2}$ km pro Stunde bei Fahrten in Pausen von 5 zu 5 Minuten entspricht. — Die Kosten des Oberbaues stellen sich auf 22000 M. pro Kilometer.

Bezüglich der Spurweite haben wir zu berichten, dass die Normalspur von 1,435 m gewählt wurde. Obgleich der obengenannte Ingenieur zu den Anhängern der Schmalspur zählt und die Anwendung derselben gerade bei Strassen-Eisenbahnen für zweckmässig hält, da sie Curven von viel kleineren Radien als die Normalspur gestattet und ein schmalere Strassenstreifen von der Bahnverwaltung in gutem Zustande zu erhalten ist, sah sich derselbe in diesem Falle genöthigt, die Normalspur zu wählen. Das Concessions-Decret der Leipziger Pferdebahn enthält nämlich den Passus, dass nach Ablauf der Concessionszeit die Schienen und Schwellen sowie die Transport- und Personenwagen unentgeltlich in den Besitz der Stadt Leipzig übergehen sollen. Die gleiche Bedingung sollte aber auch in der Concession für die projectirte Strassen-Eisenbahn enthalten sein. Da nun die Pferdebahn die Normalspur angenommen hat, würde man von Seiten der Behörde dem neuen Verkehrs-Institute nicht gestattet haben, eine andere anzuwenden, und da wahrscheinlich nach Ablauf der Concessionsfristen sowohl Pferdebahn als Strassen-Eisenbahn zu einer grossen Stadt-Eisenbahn für Rechnung der Stadtgemeinde Leipzig vereinigt werden sollten; musste man darauf Bedacht nehmen, dass die Betriebsmittel der einen Bahn auch auf den Geleisen der anderen benutzt werden konnten, was sich nur dadurch erreichen liess, dass man auch für die Strassen-Eisenbahn die Anwendung der Normalspur vorschrieb.

Wir kommen jetzt zu den Baulichkeiten des Bahnhofes, welche auf Tafel XXI in den Fig. 1—8 veranschaulicht sind.

Der Locomotiv-Schuppen *LL* von 25 m Länge bei 14 m Breite ist zur Aufnahme von 12 Locomotiven eingerichtet, die über drei Senkgruben so aufgestellt werden, dass sich in jeder Reihe 4 Locomotiven befinden. Die Aufstellung über Senkgruben ermöglicht, dass die Locomotiven gut gereinigt und auch Reparaturen im Locomotiv-Schuppen selbst vorgenommen werden können. Der Schuppen besitzt drei Thoröffnungen von je 3,66 m Breite und 5 m Höhe, welche durch Roll-Läden aus Stahlblech geschlossen werden. Das Licht tritt durch vier an der Ostseite des Schuppens befindliche Fenster von 4 m Höhe und 2 m Breite ein; ausserdem hat das Satteldach Glasdeckung von $2\frac{1}{2}$ m. Breite, während der andere Theil mit Dachpappe gedeckt ist; ferner besteht der Westgiebel des Locomotiv-Schuppens aus Glas. Die Glasdeckung des Daches ist zum Emporheben eingerichtet, um ein rasches Entweichen des Rauches zu ermöglichen; zur Lüftung des Schuppens dient der an der höchsten Stelle des Daches befindliche Aufbau, dessen Seitenwände aus Jalousieen bestehen, die nach Bedürfniss geöffnet oder geschlossen werden können. Der Locomotiv-Schuppen besitzt eine mit der Wasserstation *W* communicirende Rohrleitung, welche durch einen Schlauch mit jeder Locomotive in Verbindung gebracht werden kann. Die Senkgruben, welche 0,80 m tief und mit Stufen angelegt sind, werden durch unterirdische Canäle entwässert.

Die Reparatur-Werkstätte *R* hat eine Länge von 25 m bei einer Breite von 14 m. Die der Reparatur bedürftigen Wagen etc. werden mittelst der Schiebebühne *SS* in das Innere der Werkstätte befördert, wo sie über einer Senkgrube von denselben Dimensionen wie die im Locomotiv-Schuppen aufgestellt und somit in geeigneter Weise reparirt werden können. Das Einfahrtsthor hat eine Breite von 3,5 m bei 5 m Höhe und wird durch Roll-Läden aus Stahlblech geschlossen. In dem Gebäude befinden sich Arbeitsplätze *a* für Tischler und Stellmacher sowie für Räderreparatur, eine Schlosserei und Schmiede und ausserdem das Bureau *b* des Maschinenmeisters. Das Licht fällt durch vier Fenster an der Ostseite sowie durch die Glasbedachung; für beide sind dieselben Dimensionen wie für den Locomotiv-Schuppen angenommen; mit dem letzteren steht die Werkstätte durch zwei Thüren von 1,25 m Breite und 2,50 m Höhe in Verbindung. Der Arbeitsraum *a* der Tischler und Stellmacher ist von dem der Schmiede und Schlosser durch eine Scheidewand getrennt, um den bei den Arbeiten der letzteren unvermeidlichen Russ nicht eindringen zu lassen; die Senkgrube ist allerdings in der ganzen Länge durchgehend, doch kann das Einfahrtsthor derselben zwischen der Schmiede und Schlosserei und der Tischlerwerkstätte durch eine in Rollen hängende Schiebethür abgeschlossen werden. Auch die Reparaturwerkstätte wird durch Röhrenleitung von der Wasserstation aus mit Wasser versorgt.

Die Wasserstation *W*, welche eine gusseiserne Cisterne von $3,139 \times 1,883 \text{ m} \times 1,883$ trägt, ist in solchen Dimensionen angelegt, dass sie noch zwei weitere Cisternen von gleicher Grösse tragen kann. (Auch in Rücksicht darauf, dass eine Dampfpumpe und ein Vorwärmer aufzustellen sind und überdies noch Platz zur Lagerung von Brennmaterial vorhanden sein muss, kann die Baulichkeit für die Wasserstation nicht in kleineren Verhältnissen angelegt werden.) Im Erdgeschoss befindet sich der Raum für die Dampfpumpe und für den Vorwärmer; nach der Seite der Schiebebühne zu ist ein drehbarer Wasserkrahn angebracht, welcher die Locomotiven mit Wasser versieht. Ausserdem geht noch eine Röhrenleitung bis zum Pfortnerhaus *P*, wo sich gleichfalls ein Wasserkrahn befindet, durch welchen die Locomotiven während des Tagesdienstes mit Wasser versorgt werden. Die Wasserversorgung der Locomotiven ist derart geregelt, dass selbstverständlich sämmtliche für den Dienst bestimmte Locomotiven am Morgen mit gefüllten Kesseln den Bahnhof verlassen. Die Locomotiven der Linie Schönefeld laufen bis zum Endpunkt der Linie, d. h. Wintergartenstrasse in Leipzig, ohne dass es nöthig wäre, dort eine frische Speisung des Kessels oder ein Auflegen von Brennmaterial vorzunehmen, da dies nur alle $1\frac{1}{2}$ —2 Stunden zu geschehen braucht. Erst bei der Rückkunft auf Station Schönefeld wird eine Speisung des Kessels sowie ein Auflegen des Brennmaterials vorgenommen, wobei der an der Hauptstrasse befindliche Wasserkrahn benutzt wird. Dicht neben diesem Wasserkrahn befindet sich tagesüber ein kleiner Lagerplatz für Kohlen und Coaks, welche bereits in Körbe gefüllt sind und dem Maschinisten nur hinaufgereicht zu werden brauchen, sodass also die Locomotive behufs Wasser- und Brennmaterial-Versorgung nicht erst in den Bahnhof einzulaufen braucht, sondern auf dem Fahrgeleise der Linie Schönefeld-Volkmarsdorf stehen bleibt. — Die Locomotiven der Linie Leipzig-Thonberg machen ebenfalls ihre erste Tour bis zur Station Wintergartenstrasse, Leipzig und legen dann die Strecke bis zur Station Thonberg zurück, wo durch das Entgegenkommen dortiger Grundstückbesitzer ein Platz zur Lagerung von Coaks und zur Anlage eines Brunnens zur Verfügung gestellt wurde. Die daselbst eingerichtete Wasserstation besteht aus einem einfachen Holzgerüste mit darauf befindlicher hölzerner Cisterne von der Form eines Fasses von 2 m im Durchmesser. Man sieht also, dass innerhalb der Stadt Leipzig weder eine Wasser- noch Brennmaterial-Versorgung der Locomotiven vorgenommen wird, was bei dem ziemlich lebhaften Strassenverkehr auch nicht wohl durchführbar wäre.

Der 56 m lange, 14,5 m breite Wagenschuppen *AA* kann 24 Wagen aufnehmen, die mittelst der Schiebebühne aus dem Bahnhof in das Innere des Schuppens übergeführt werden; der letztere hat ein Thor von 7,5 m Breite bei 5 m Höhe, welches durch eine in Rollen hängende Schiebethür geschlossen wird. Um sowohl etwaige Reparaturen (Neulackiren der Wagen etc.) vornehmen zu können, falls in der Reparaturwerkstätte der nöthige Platz fehlen sollte, als auch um das Reinigen der Wagen gut durchführen zu können, wird der Schuppen an der Westseite durch vier, an der Nordseite durch vierzehn, an der Ostseite durch vier und an der Südseite durch sechs, zusammen durch achtundzwanzig Fenster von 4 m Höhe bei 2 m Breite erhellt. Die Holzconstruction des Daches soll mit Dachpappe belegt werden. Mit dem Locomotivschuppen steht der Wagenschuppen durch zwei Thüren von 1,25 m Breite bei 2,50 m Höhe in Verbindung.

Der Lagerschuppen *K* für Kohlen und Coaks hat 25 m Länge bei 13,5 m Breite und ist an der Westseite offen; mittelst der Schiebebühne können die mit Kohlen beladenen Eisenbahnwagen direct an ihre Abladepätze gebracht werden, indem sich im Innern des Schuppens an der Langseite desselben ein Bahngeleise befindet. An der Südseite ist ein Thor von 3 m Breite bei 5 m Höhe angebracht; dasselbe ist für die Zufuhr derjenigen Kohlen- resp. Coaksladungen bestimmt, welche nicht in Lowries, sondern per Achse angefahren werden, sodass also diese Fuhrwerke nicht erst in das Innere des Bahnhofes einzulaufen brauchen, sondern direct von der Strasse aus die Kohlen in das betreffende Magazin überführen können. Gedeckt ist der Schuppen mit Dachpappe; das Tageslicht empfängt derselbe nur durch seine offene Westseite; an derselben Seite sind auch die Abtritte und Pissoirs eingebaut.

Das für zwei Familien eingerichtete Pfortnerhaus *P* besteht aus Keller, erhöhtem Erdgeschoss und einem ersten Stockwerk. Im Erdgeschoss wohnt der Pfortner, der auch die Beschickung der Locomotiven mit Brennmaterial und Wasser während des Fahrdienstes zu besorgen hat; das erste Stockwerk ist zur Wohnung für den Maschinisten der Wasserstation bestimmt, der zugleich die Schiebebühne zu bedienen hat und für Reinigung und Instandhaltung des Wagenschuppens verantwortlich ist.

In dem erhöhten Parterre des Directionsgebäudes ($14,5 \times 12,25 \text{ m}$) befinden sich die Bureau-Räumlichkeiten, während das erste und zweite Stockwerk — letzteres unter einem Mansardendache — dem Director als Wohnung zur Verfügung gestellt sind. An dieses Gebäude ist das Magazin *M* ($14,5 \times 12,25 \text{ m}$), ebenfalls mit erhöhtem Parterre, angebaut, dessen Souterrain zur Lagerung von Petroleum und Oel bestimmt ist, während das Parterre selbst als Aufbewahrungsort für andere beim Bahnbetriebe nöthige Materialien, Maschinen-Reservetheile etc. dienen soll. Ausser einer als gewöhnlicher Eingang dienenden Flügelthür von 2 m Breite an der Nordseite hat das Magazin noch an der Ostseite dicht bei der Schiebebühne ein Thor von 2,5 m Breite, durch welches die mittelst Eisenbahn ankommenden Materialien direct von den Wagen in das Innere des Magazins übergeführt werden können. Als erstes Stockwerk trägt das Magazin eine Veranda — Eisen- und Glasconstruction —, zu welcher man durch eine Thür vom ersten Stockwerk des Directorialgebäudes aus gelangt und welche dem Director zur Benützung überlassen ist.

Die Schiebebühne *SS* ist, wie aus der Zeichnung ersichtlich, derart angelegt, dass durch dieselbe sowohl

die Wagen und Locomotiven in das Innere der verschiedenen Schuppen sowie der Reparaturwerkstätte eingebracht, als auch die Materialien direct in das Magazin übergeführt werden können.

Dem Leser dieser Beschreibung einer Strassen-Eisenbahn-Anlage wird sich unwillkürlich die Frage aufdrängen: Warum sind die Bahn-Hochbauten in einer massiven Ausführung projectirt und warum hat man nicht blos provisorische, d. h. vielleicht Fachwerk-Bauten etc. in Aussicht genommen?

Wir glauben mit wenigen Worten die Gründe dieser Maassregel darlegen zu können: Da die Concession für Anlage und Betrieb der betreffenden Bahn auf eine ziemliche Dauer (35 Jahre) ertheilt werden sollte, so glaubte der Projectirende, dass bei einer soliden Bauart sehr viel an Reparaturkosten, die sich bei provisorischen Bauten immer nöthig machen, gespart würde. Da ferner nach Ablauf der Concession die Bahnhofsanlagen, d. h. das Terrain und die auf demselben befindlichen Hochbauten der Bahngesellschaft als deren Eigenthum verbleiben sollten, dieses Areal sammt Gebäuden aber nach Fertigstellung der betreffenden Strassenbahn naturgemäss im Werthe steigen würde, da erst durch die Bahnanlage eine zweckmässige Communication zwischen Stadt und Vorort geschaffen wird, so könnte die Bahngesellschaft durch Verkauf dieser Anlagen noch einen erheblichen Nutzen erzielen. Der Verkauf würde voraussichtlich keine Schwierigkeiten haben, denn wenn auch die Gemeinden, denen die übrige Bahnanlage dann vertragsmässig als Eigenthum zufiele, die Bahnhofsanlagen nicht mit erwerben wollten, so sind doch sämtliche Gebäude derart angelegt, dass sie für irgend welchen Fabrikbetrieb verwendbar sind.
