

# INHALT

1.	Bemerkung .....	1
2.	Die Entwicklung des städtischen Nahverkehrs .....	5
2.1	Veränderungen im Stadtleben und Beförderungsbedarfe .....	5
2.2	Öffentliche Personen-Fuhrwerke: Die Grenzen des Systems Pferde und Wagen .....	11
2.3	Der Pferdebus wird auf Schienen gesetzt: Die Pferdeisenbahn .....	17
2.4	Die Pferdeisenbahn wird motorisiert: Die Straßenbahn .....	19
2.4.1	Bemerkung .....	19
2.4.2	Straßenbahnen mit Dampftrieb .....	21
2.4.3	Straßenbahnen mit Druckluftantrieb .....	32
2.4.4	Straßenbahnen mit elektrischem Antrieb .....	33
2.4.5	Straßenbahnen mit Antrieb durch Explosionsmotoren .....	35
2.4.6	Straßenbahnen mit äußerem Antrieb und Mischsysteme mit innerem und äußerem Antrieb .....	37
2.4.7	Öffentlicher Personenverkehr mit „fahrzeuglosen“ Systemen .....	38
2.5	Expressmaschinen, Triebwagen und Schienenbusse .....	39
2.6	Die Dampfswagen und Dampfbusse .....	53
2.7	Der Omnibus mit elektrischem Antrieb .....	71
2.8	Der Omnibus mit Verbrennungsmotor setzt sich durch .....	79
2.9	Der öffentliche Verkehr der schienenlosen Selbstfahrer am Ende des 19. Jahrhunderts .....	88
2.9.1	Nutzung und Ausblick .....	88
2.9.2	Gesetzliche Regelungen und Betriebsvorschriften .....	90
2.9.3	Konzessionen und Selbstfahrertlinien .....	91
3.	Zur Geschichte der Dampf-Selbstfahrer deutscher Hersteller im 19. Jahrhundert .....	93
3.1	Abgrenzung .....	93
3.2	Versuch eines Überblicks .....	94
3.2.1	Bemerkung .....	94
3.2.2	Herstellerübersicht .....	94
4.	Entwicklungsfelder und Typologie der Straßenfahrzeuge mit Dampftrieb .....	103
4.1	Bemerkung .....	103
4.2	Straßenfahrzeuge als schwere, langsamfahrende, lokomotivähnliche Konstruktionen mit meist direktem Antrieb der Räder .....	104
4.2.1	Entwicklung und Bauformen der schweren „lokomotivähnlichen“ Dampfswagen .....	104
4.2.2	Dampfschlepper und Dampf-Zugmaschinen .....	105
4.2.3	Dampf-Frachtwagen .....	108
4.2.4	Dampfswagen zur Personenbeförderung und Dampfbusse .....	112
4.3	Die anderen Entwicklungslinien der Dampfswagen zur Beförderung von Personen .....	113

5.	Die Maschinenfabrik und Eisengießerei Hermann Michaelis, Chemnitz .....	1
5.1	Chemnitz, ein Industriestandort mit Tradition .....	1
5.2	Zur Person, der Firmengründer und seine Zeit .....	4
5.3	Das Unternehmen, von der Werkstatt zur Fabrik .....	7
5.4	Das Produktionsprogramm, Eigenbedarf und Diversifikation .....	7
5.5	Die Dampfswagen von Michaelis .....	8
5.5.1	Mut zum Risiko .....	3
5.5.2	Die ersten Dampf-Frachtwagen .....	6
5.5.3	Die Dampfbusse .....	7
5.5.4	Der Dampf-Sportwagen .....	8
5.6	Der Einsatz der Dampf-Selbstfahrer von Michaelis .....	9
5.7	Die Produktionstechnik, von der Handarbeit zur Maschinenarbeit .....	3
5.8	Die Konstruktionstechnik, von den kleinen Schritten zu den großen .....	3
6.	Die Rekonstruktion des Dampfbusse .....	5
6.1	Vorgehensweise .....	6
6.2	Beschaffung aller verfügbaren Informationen .....	5
6.3	Bewertung und Abgleich der Informationen .....	7
6.4	Die geometrische Rekonstruktion des Vorbilds .....	7
6.5	Die Abschätzung der Größe des Dampfbusse .....	9
6.6	Die Abschätzung der technischen Ausführung .....	9
7.	Das Modell des Dampfbusse .....	10
7.1	Allgemeine Festlegungen .....	2
7.2	Die Modellskizze .....	5
7.3	Das Modell-Package .....	8
7.4	Der Entwurf des Modells .....	8
7.5	Das weitere Vorgehen .....	9
8.	Erforderliche Werkstattausrüstung .....	9
9.	Verwendete Materialien und Bezugsquellen .....	9
10.	Das Modell des Dampfbusse von Michaelis .....	9
10.1	Bemerkung .....	9
10.2	Zeichnungen des Gesamtmodells .....	6
10.3	Baugruppen und Zeichnungsübersicht .....	9
10.4	Übersicht der Bedienelemente .....	2
10.5	Fotografien des Modells .....	2
10.6	Die Kosten des Modells .....	3
10.7	Montagehilfe für das Modell .....	3
11.	Die Baugruppen des Dampfbusse .....	3
11.1	Baugruppe 1: Rahmen .....	3
11.2	Baugruppe 2: Dampfkessel .....	3
	Unterbaugruppe 2.1: ZB Dampfkessel .....	3
	Unterbaugruppe 2.2: ZB Brennerkammer .....	3
	Unterbaugruppe 2.3: ZB Kesselverkleidung .....	3
	Unterbaugruppe 2.4: ZB Gastank .....	3
	Unterbaugruppe 2.5: Armaturen (Beispiele) .....	3

11.3	Baugruppe 3: Dampfzylinder .....	233
11.4	Baugruppe 4: Vorderachse .....	247
11.5	Baugruppe 5: Hinterachse .....	253
11.6	Baugruppe 6: Fahrzeugvorderteil .....	261
	Unterbaugruppe 6.1: ZB Seitenkästen	
	Unterbaugruppe 6.2: ZB Kohlebehälter (mit Deckel)	
	Unterbaugruppe 6.3: ZB Umsteuerhebel	
	Unterbaugruppe 6.4: ZB Lenkung	
	Unterbaugruppe 6.5: ZB Bremse	
	Unterbaugruppe 6.6: ZB Dampfpfeifenbetätigung	
	Unterbaugruppe 6.7: ZB Armaturen (Hauptventil, Öler)	
11.7	Baugruppe 7: Kabine und Perron .....	283
11.8	Baugruppe 8: Sonstige Baugruppen und Teile .....	299
	Unterbaugruppe 8.1: ZB Kondensatbehälter	
	Unterbaugruppe 8.2: Speisepumpe mit Behälter (Entwurf)	
11.9	Baugruppe 9: Leitungsplan .....	303
12.	Der Zusammenbau des Modells .....	305
12.1	Bemerkung .....	305
12.2	Probemontage .....	305
12.3	Funktionstests des Modells .....	306
13.	Lackierung .....	307
14.	Zusammenbau des lackierten Modells .....	309
15.	Betrieb des Modells und Modelldokumentation .....	315
16.	Quellen- und Literaturhinweise .....	317

## 2.4.4 Straßenbahnen mit elektrischem Antrieb

Beim Problem der Versorgung der Fahrzeuge mit Energie hat man lange Zeit experimentiert. Akkumulatoren als Speicher elektrischer Energie oder die direkte Zuführung über separate Schienen mit Schleifschuhen oder Leitungen mit entsprechenden Abnehmern waren im Gespräch. Am Anfang der Entwicklung hat man auch die Fahrachsen als Stromleiter verwendet. Die Stromverluste bei feuchter Witterung waren immens.

Die einsatztechnisch flexibelste Lösung war der Betrieb der Bahnen mit Akkumulatoren. Beim Stand der derzeitigen Speichertechnik traten aber große Probleme auf. Von der zur Ladung der Akkumulatoren eingesetzten Energie konnten nur maximal 60 % im Betrieb genutzt werden. Die Speicher entluden sich, auch bei Nicht-Betrieb. Die Lebensdauer war gering. Insbesondere die positiven Platten zersetzten sich verhältnismäßig rasch. Der Anschaffungspreis war groß und das Gewicht ebenfalls. Bei Linienbetrieb benötigte ein Fahrzeug wegen der langen Ladezeiten drei bis vier Akkumulatorsätze. Zwar gab es damals schon einige Hundert Patente zur Verbesserung der Akkumulatoren, aber der große Durchbruch ist bekannterweise bis heute nicht gelungen. Einige Fahrzeuge liefen in Deutschland ab 1883 in verschiedenen Städten im Versuch, am Anfang nach dem System von Reckenzaun. 1886 fuhren in Hamburg zwei Straßenbahnwagen auf einer Versuchsstrecke. Im gleichen Jahr unternahm die „Große Berliner Pferdebahn Gesellschaft“ mehrere Wochen lang Betriebsversuche mit Akkumulatorwagen. Hersteller der Wagen war die Fa. G. A. Plewe. Die Beförderungskapazität betrug 32 Fahrgäste. Das Gewicht der Akkumulatoren lag bei 1200 kp. Die Batterien mussten bei regelmäßigem Betrieb alle 2 bis 3 Stunden ausgetauscht werden. Der Austausch gegen geladene war in kurzer Zeit in den Ladestationen zu bewerkstelligen. Die Straßenbahnwagen besaßen zwei Rädergruppen mit je vier Rädern (Bild 2.4.4/1). Die innen liegenden Räderpaare wurden mit zwei längs angeordneten elektrischen Motoren über Schneckentriebe direkt angetrieben. Die Akkumulatoren waren unter den Längssitzen untergebracht. Der Betrieb war auf Dauer nicht wirtschaftlich.

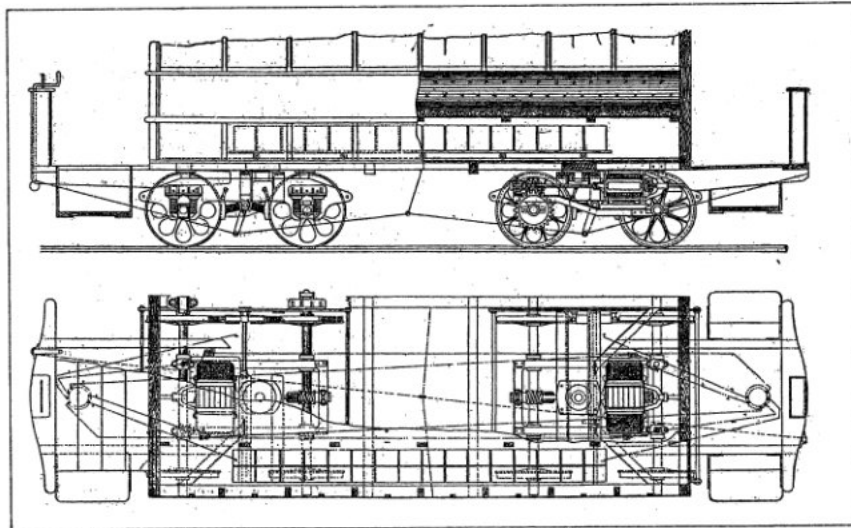


Bild 2.4.4/1: Elektrische Straßenbahn mit Akkumulatorbetrieb (1886)

Bei den Akkumulator-Straßenbahnen gab es auch Ausführungen, bei denen die großen und schweren Batterien in gesonderten Wagen an den Triebwagen angehängt waren. Die angehängten Wagen waren einfacher zu wechseln. In einigen Städten wurden in den 90er Jahren auch Straßenbahnen mit gemischtem elektrischen Betrieb eingesetzt. In den engen innerstädtischen Bereichen wurde mit Akkumulatorbetrieb gefahren, außerhalb wurde die Energie über Oberleitungen zugeführt. Während der Fahrt und an den Endhaltestellen konnten die Akkumulatoren wieder geladen werden. Es gab diese Fahrzeuge auch mit speziellen Fahrwerken, die ein Herausfahren aus den Gleisen und einen Betrieb als „Straßenfahrzeuge“ gestatteten. Ein Satz Räder ohne Spurkränze konnte heruntergefahren werden und brachte die Räder für den Betrieb auf Schienen außer Eingriff.

Zwei Beispiele ausgeführter Straßenbahnen mit Akkumulatorbetrieb sollen einen kleinen Eindruck vom Stand der eingesetzten Technik vermitteln. Im Bild 2.4.4/2 ist eine kleine Straßenbahn aus dem Jahr 1886 wiedergegeben. Eingesetzt wurde sie in Brüssel. Der Antrieb erfolgte auf eine Achse. Die untere Seitenwand ist im Bild heruntergeklappt gezeichnet. Unter jeder Sitzreihe waren je vier Akkumulatoren untergebracht. Ein Wechsel der entladenen Akkumulatoren war einfach. Sie wurden einzeln an Griffen herausgezogen und gegen aufgeladene gewechselt. Das Bild 2.4.4/3 zeigt die Details.

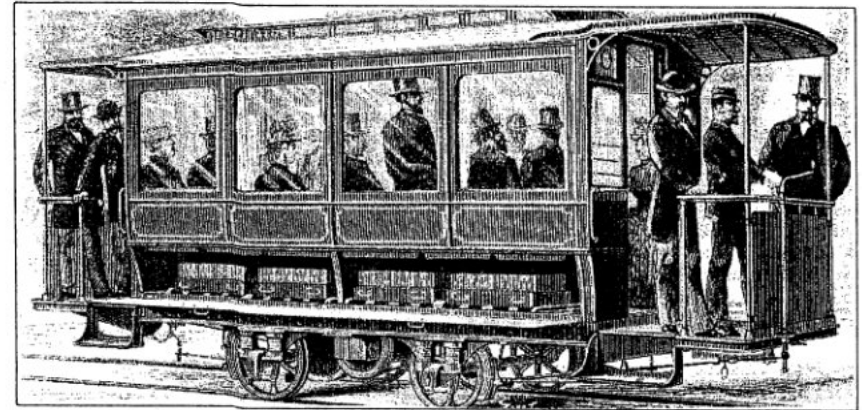


Bild 2.4.4/2: Elektrische Straßenbahn mit Akkumulatorbetrieb (Brüssel 1886)

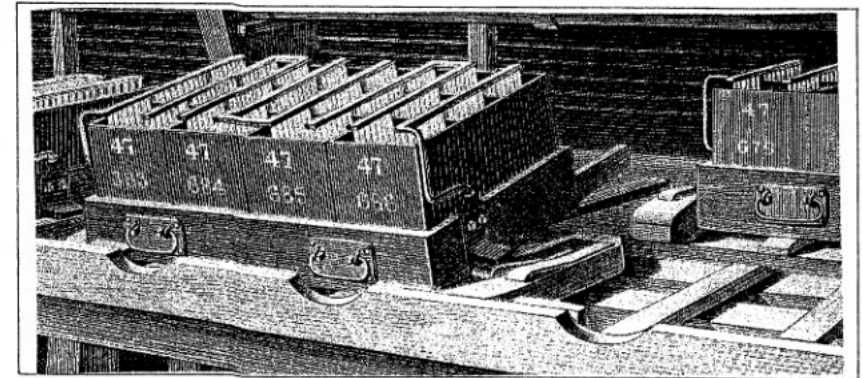


Bild 2.4.4/3: Halb herausgezogener Akkumulator der Straßenbahn

Akkumulatorbahnen gab es auch in der Ausführung großer Doppelstockwagen. Ein Beispiel eines Wagens mit 56 Sitzplätzen aus dem Jahre 1892 ist im Bild 2.4.4/4 dargestellt. Die Passagiere auf dem Oberdeck waren schon durch ein Dach vor ungünstiger Witterung geschützt. Das war dazumal keine Selbstverständlichkeit. Straßenbahnen dieser Art sind in einigen europäischen Großstädten im Linienbetrieb gefahren, u. a. in Paris.

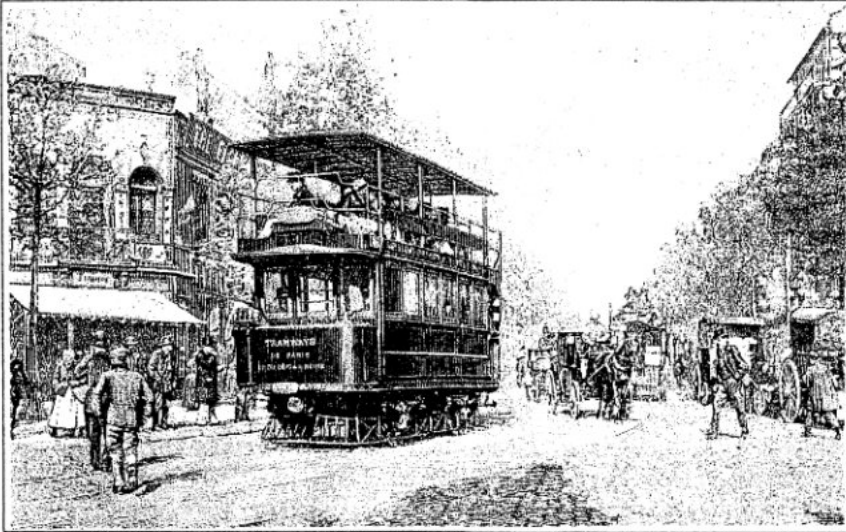


Bild 2.4.4/4: Doppelstockbahn mit Akkumulatorbetrieb (Paris um 1892)

Beim elektrischen Antrieb der Straßenbahnen setzte sich letztendlich die Variante mit von außen zugeführter elektrischer Energie durch. Beim Betrieb von Bahnen auf vorhandenen Straßen, die gleichzeitig dem allgemeinen Verkehr dienen, war die oberirdische Stromzuführung am einfachsten zu praktizieren. Seit 1870 standen mit dem elektrischen Generator auch Maschinen zur Verfügung, die die notwendigen Leistungen in Zentralstationen erzeugen konnten. Die ersten großen Stationen entstanden einige Jahre später, natürlich mit Antrieben durch Dampfmaschinen. Erfahrungen mit Verteilernetzen hatte man bei der Elektrifizierung der Straßenbeleuchtung gesammelt.

Die erste elektrische Bahn zur Beförderung von Personen mit von außen zugeführter elektrischer Energie führte Werner von Siemens auf der Berliner Gewerbeausstellung von 1879 auf einem 300 Meter langen Rundkurs vor. Zur Stromversorgung hatte man eine zusätzliche Stromschiene hochkant in den Boden gelegt. Für den öffentlichen Betrieb war diese Anordnung noch ungeeignet. Das Publikum musste durch Absperrungen fern gehalten werden.

1881 baute Siemens dann in Berlin die erste elektrische Bahn für den allgemeinen Personenverkehr. Auf einer 2,5 Kilometer langen Strecke mit eigenem Bahnkörper wurde mit einem kleinen Wagen (Bild 2.4.4/2) der planmäßige Betrieb aufgenommen. Die Stromzufuhr war verbessert, die zwei durch Holzschwellen grob isolierten Fahrschienen dienten zur Stromzufuhr. Auch wenn man später die Personenübergänge über das Gleis stromlos machte, war der Betrieb recht gefährlich.

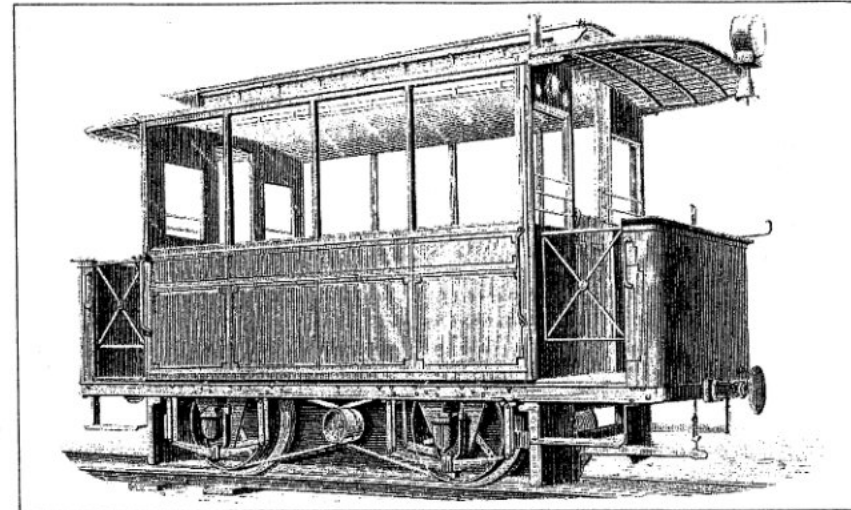


Bild 2.4.4/5: Erster Straßenbahntriebwagen der Welt von Siemens (1881)

Mit unterschiedlichen Stromzuführungssystemen ist lange Zeit experimentiert worden. Eine verbesserte Variante mit einem unter der Fahrbahn in der Gleismitte gut geschützt liegendem Abnehmerdraht zeigen die folgenden Bilder. Die Anordnung war in Blackpool (England) um 1886 in Betrieb. Im Einsatz waren u. a. größere Doppelstockwagen (Bild 2.4.4/6). Als Stromabnehmer fungierte ein verdeckt liegender Abnehmerschuh, der über ein Seil von dem Straßenbahnwagen gezogen wurde. Im Bild 2.4.4/7 ist das Prinzip in einer anschaulichen Skizze wiedergegeben.

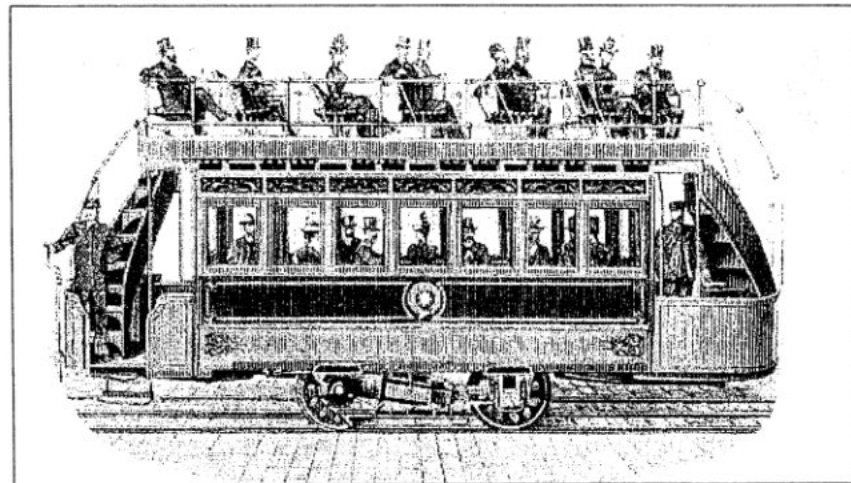


Bild 2.4.4/6: Straßenbahn mit unter der Fahrbahn liegendem Stromabnehmersystem (1886)

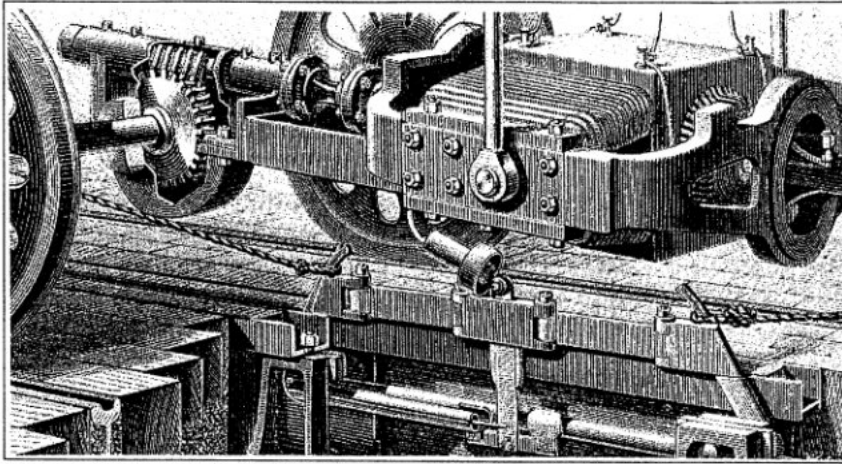


Bild 2.4.4/7: Anordnung des Stromabnehmers und des Antriebsmotors

Die Lösung des Stromzuleitungsproblems war das Oberleitungssystem von Siemens. Es wurde erstmals 1881 auf der Weltausstellung in Paris gezeigt. In einer Schlitzrohrüberleitung lief ein Kontaktschlitten, der mit der Straßenbahn über ein Kabel verbunden war. Das Prinzip funktionierte zufrieden stellend. 1882 wurde von Siemens & Halske die erste elektrische Straßenbahn mit Stromzuführung über Fahrdrabt in Betrieb genommen. Zwischen Berlin-Charlottenburg und Spandau wurde auf einer Pferdebahnstrecke der Personenverkehr aufgenommen. Allerdings nicht mit Oberleitungsbetrieb. Die beiden Fahrdrähte waren seitlich neben der Linie an Masten befestigt. Der Strom wurde von Kontaktwagen abgenommen und über Kabel an den Motorwagen geleitet. Das System bewährte sich im Dauerbetrieb nicht.

Nach einer betriebssicheren Stromzuführung über Oberleitungen wurde lange gesucht. Es gab eine Vielzahl unterschiedlicher Systeme: Kontaktschlitten um Rundleitungen, Kontaktwagen auf einfachen Drahtleitungen, Kontaktwagen auf Doppelleitungen (eine + - Leitung, eine - - Leitung), Bügelstromabnehmer unterschiedlichster Arten, Stromabnehmer mit Kontaktrollen u.s.w. Den Durchbruch brachte letztendlich der Bügelstromabnehmer von Reichel. Ab 1889 verbreitete er sich rasch bei allen Straßenbahnen mit Oberleitungsbetrieb.

Die elektrische Straßenbahn mit Stromzufuhr über Oberleitungen breitete sich in den Städten sehr rasch aus. Sie ist eines der wirtschaftlichsten Nahverkehrsmittel überhaupt. Im Vergleich mit der Pferdeeisenbahn betrug der Fahrpreis weniger als die Hälfte. Genau so deutlich war die Verbesserung bei der durchschnittlichen Fahrgeschwindigkeit. Sie lag bei der „Elektrischen“ bei über 20 km/h. Damit wurden auch weit auseinander liegende Bezirke, Wohn- und Arbeitsbereiche, Stätten der Freizeitgestaltung und Ausflugsziele für viele Menschen erreichbar. Den Betrieb einer Straßenbahn als öffentliches Personenbeförderungsmittel aus dem Jahr 1896 zeigt das Bild 2.4.4/8. Die zweigleisige Strecke liegt in der Mitte der Straße. Der zweiarmige Fahrdrabtmast liegt dazwischen und ist mit der entsprechenden elektrischen Straßenbeleuchtung zusammen gefasst. Das ist eine verkehrstechnisch klare und einfache Lösung. Der technische Stand einer um 1900 aktuellen Straßenbahn ist in der Skizze (Bild 2.4.4/9) dargestellt. Der Wagen ist in seiner prinzipiellen Ausführung den heute üblichen Straßenbahnen überraschend ähnlich.

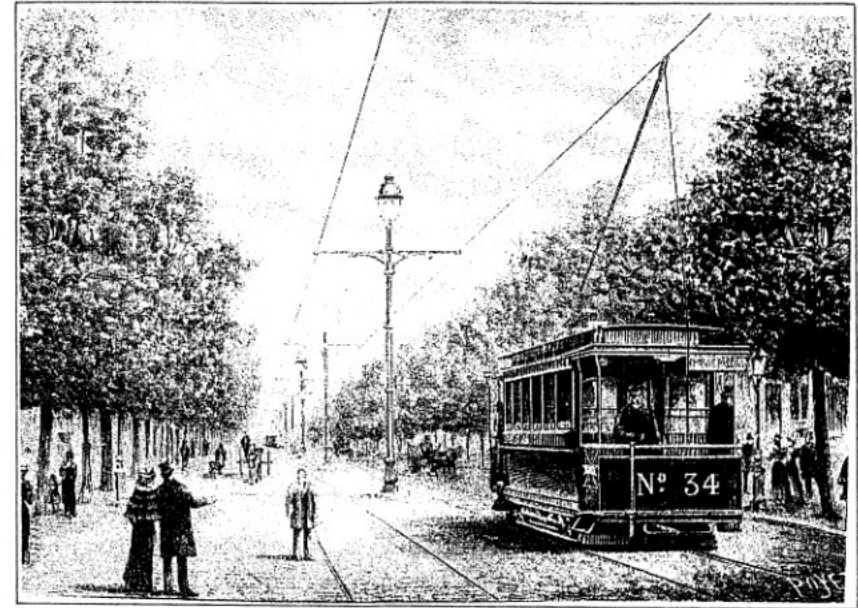


Bild 2.4.4/8: Elektrische Straßenbahn im Stadtbild (1896)

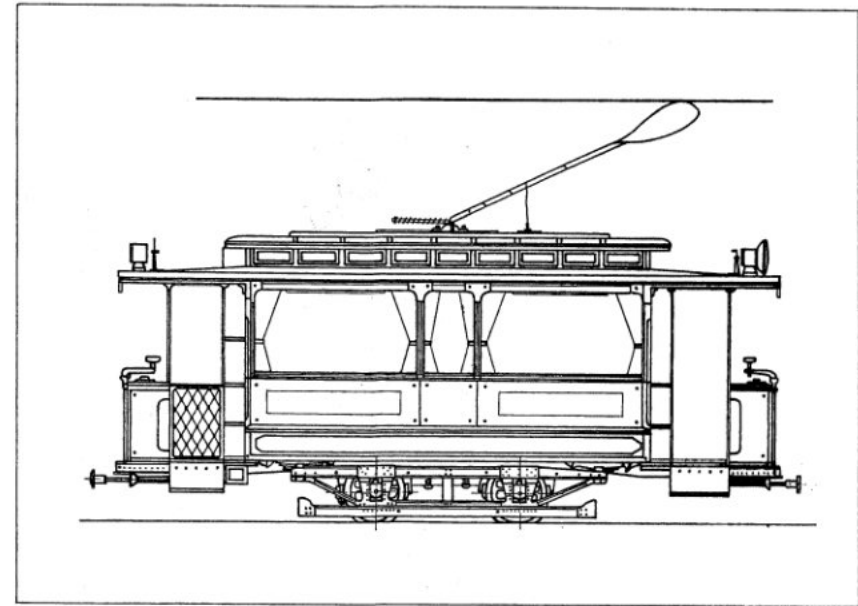


Bild 2.4.4/9: Skizze einer elektrischen Straßenbahn (um 1900)

Bemerkung:

Der Stand der eingesetzten Technik bei elektrischen Straßenbahnen mit Oberleitungsbetrieb sah zum Ende des 19. Jahrhunderts folgendermaßen aus (siehe beispielsweise Hütte: Des Ingenieurs Taschenbuch; Abteilung II; Berlin 1902):

Als Speiseleitung zur Versorgung der Arbeitsleitungen (Fahrdrähte) dienten eisenbandarmierte Bleikabel die meist unter den Bürgersteigen der Straßen verlegt wurden. Es wurde zumeist Gleichstrom mit einer Spannung von 500 bis 600 Volt verwendet. Die Dynamostationen wurden natürlich mit Dampfmaschinen betrieben. Die vom positiven Pol (bei Bügelabnehmer vom negativen Pol) der Dynamomaschine ausgehende Speiseleitung wurden in Speisepunkten mit der oberirdischen Arbeitsleitung (Fahrdraht) verbunden. Als Arbeitsleitung wurde ein Siliciumbronzedraht oder ein hartgezogener Kupferdraht von mindestens 8mm Durchmesser verwendet. Auf geraden Strecken trugen alle 35 bis 40m Querspanndrähte, die an Masten oder Wandrossetten befestigt waren, den Arbeitsdraht in einer Höhe von 5 bis 6m über der Gleismitte. Der Strom wurde über Bügel- oder Rollenabnehmer zu den Motoren der Wagen geleitet. Die Stromrückleitung erfolgte über die Wagenkästen, die Räder und die Schienen. Zur Vermeidung der elektrolytischen Wirkung von Erdströmen (vagabundierenden Strömen) schloss man die Schienenrückleitung meist an den negativen Pol der Dynamomaschine an. Bei Entfernungen von mehr als 4km dienten für die Rückleitung besonders isolierte Kabel (oder Freileitungen), die neben den Speiseleitungen verlegt wurden und in der Nähe der Speisepunkte an den Schienen angeschlossen waren. Die von den einzelnen Speisepunkten mit Strom versorgten Streckenteile konnten durch Unterbrechungs-Isolatoren von einander getrennt werden. Das gesamte Straßenbahnnetz war in eine Anzahl voneinander unabhängiger Stromkreise zerlegt. Vom Schaltbrett der Dynamostation (Kraftwerk) konnten die einzelnen Stromkreise ein- bzw. ausgeschaltet werden. Jeder Stromkreis wurde durch leicht zugängliche Streckenausschalter wieder in Unterabteilungen von etwa 500m Länge zerlegt, so dass es möglich war, erforderlichenfalls beliebige Strecken der Arbeitsleitung stromlos zu machen, ohne das Kraftwerk benachrichtigen zu müssen.

Die Straßenbahnwagen waren zur Sicherheit und zur Ausnutzung des vollen Reibungsgewichts meist mit zwei Motoren ausgerüstet, welche wegen des Anfahrens und etwa vorhandener Steigungen kurze Zeit bis 50 PS leisten konnten. Bei ebener Fahrt reichte eine Leistung von 5 bis 10 PS aus. Die Aufhängung der Motoren erfolgte in Lagern auf der Radachse und in Federn am Untergestell, sodass eine kleine Drehung um die Radachse möglich war. Die Motoren übertrugen ihre Leistung üblicherweise über ein einfaches Zahnradvorgelege mit gefrästen Stirnrädern aus Stahl und einer Übersetzung von  $i = 1 : 3$  bis  $1 : 5,5$ . Der gesamte Antrieb war durch ein Gehäuse staub- und wassergeschützt.

Die eingesetzten elektrischen Motoren waren meist vierpolige Hauptschlussmaschinen. Sie besaßen eine entsprechend große Anfahrleistung und wiesen bei langsamer Fahrt in Steigungen nur eine mäßige Zunahme der Stromstärke und der Verluste auf. Es wurden aber auch schon Nebenschlussmotoren eingesetzt. Sie waren einfacher zu regeln und gestatteten beim Bremsen den Motor auf Stromrückgabe an die Arbeitsleitung zu schalten.

Die Straßenbahnen hatten auf jeder Plattform einen Steuerapparat (Fahrshalter, Regulator, Kontrolller). Die Motoren konnten auf fünf bis acht verschiedene Geschwindigkeitsstufen eingestellt werden. Beim Anfahren wurden beide Motoren oft hintereinander geschaltet, um an Vorschwachwiderständen zu sparen.

Gebremst wurden die Straßenbahnen durch:

- gewöhnliche Handbremsen mit Druck auf die Räder oder die Schiene, oder
- Luftdruck- oder elektromagnetische Bremsen, oder
- elektrische Bremsen durch Umschaltung auf Stromrückgabe in die Arbeitsleitung oder einen Widerstand.

Beim Antriebsbetrieb wurden oft ehemalige Pferdebahnen benutzt. Sie waren nur zusätzlich mit elektrischer Beleuchtung und durchgehenden Bremsen ausgerüstet worden.

#### 2.4.5 Straßenbahnen mit Antrieb durch Explosionsmotoren

Große Verbreitung haben Bahnen mit dieser Antriebsvariante nicht gefunden. In den Stadtkernen waren sie kaum vertreten. Aber auch beim Straßenbahnantrieb mit Explosionsmotor wurde alles auf die Schienen gesetzt, was irgendwie fahren konnte. Dem Einfallsreichtum waren keine Grenzen gesetzt.

Drei Entwicklungslinien blieben am Ende des 19. Jahrhunderts übrig:

1. Kleine Motorwagen mit integrierter Maschine für den Verkehr auf Schienen in den städtischen Zentren.
2. Größere Motorwagen als separate Zugmaschinen zum ziehen beliebiger Personenanhänger.
3. Große Motorwagen mit integrierter Maschine.

Als Beispiel für die kleinen Motorwagen mit integrierter Maschine soll ein französisches Fahrzeug dienen. In Frankreich hatte man um die Jahrhundertwende intensive Versuche unternommen, um in den „Gleisen der Eisenbahnen einen Automobilismus mit Explosions-Motorwagen“ einzurichten. Die leichten Motorwagen mit wenigen Sitzplätzen sollten die vorhandenen Gleissysteme einer mehr „individuellen Nutzung“ zugänglich machen. Gedacht waren die Fahrzeuge für einen Betrieb auf Nebenstrecken im stadtnahen oder auch innerstädtischen Bereich. Bei geringem Passagieraufkommen waren die kleinen Wagen außerordentlich wirtschaftlich einsetzbar.

Ein interessantes, sehr durchdachtes Fahrzeug ist im Bild 2.4.5/1 dargestellt. Gebaut wurde dieser Petroleum-Motorwagen von dem bekannten Hersteller de Dion & Bouton, um 1900 einem der größten Produzenten von „Automobilen“. Der vierrädrige Wagen war etwa 3 Meter lang und besaß zwei Bänke für jeweils drei Personen. Um das Drehen des Fahrzeugs bei der Rückfahrt zu vermeiden, besaß es zwei identische Bedienplätze, einen vorne, den anderen hinten. Die Lehnen der Sitzbänke waren beweglich. Sie konnten je nach Fahrtrichtung umgeschlagen werden, so dass die Passagiere immer in Fahrtrichtung blicken konnten. Zum Antrieb diente ein unter dem Rahmen liegender 8 PS starker Petroleummotor. Zwei Geschwindigkeitsstufen konnten eingelegt werden. Das Gewicht des „Motorwagens“ betrug nur 1100 kp. Die maximale Geschwindigkeit lag bei 40 km/h. Mit einer Tankfüllung legte der Wagen 250 km zurück.

Längere Zeit erfolgreich war die Idee nicht. Flexible Beförderungsbedarfe für eine so eine geringe Anzahl an Passagieren wurde zu Beginn des 20. Jahrhunderts schon von Straßenfahrzeugen mit unterschiedlichen Antriebsmaschinen bewerkstelligt, also Automobilen und Omnibussen. Entscheidend aber war, dass so ein Fahrzeug in den Betriebsablauf der Eisenbahnen nicht zu integrieren war. Auch wenn man den Betrieb nur in Zeitzeilen zuließ, war der Betrieb viel zu gefährlich.

Ein Beispiel für einen größeren Motorwagen als Zugmaschine für Personenanhänger ist die Benzol-Straßenbahnlokomotive der Fa. Deutz. Es gab sie, auch von anderen Herstellern, in vielen unterschiedlichen Ausführungen. Einen begrenzten Einsatzbereich erschlossen sich diesen Bahnen nach 1900 bei der verkehrstechnischen Anbindung von städtischen Randbezirken. Befahren wurden längere Strecken mit wenigen Haltepunkten. Der Antriebswagen, die „Lokomotive“, wurde vorgesetzt. Das hatte den Vorteil, dass man beliebige Beiwagen anhängen konnte. Gezogen wurden ein bis zwei Personenwagen, selten mehr.

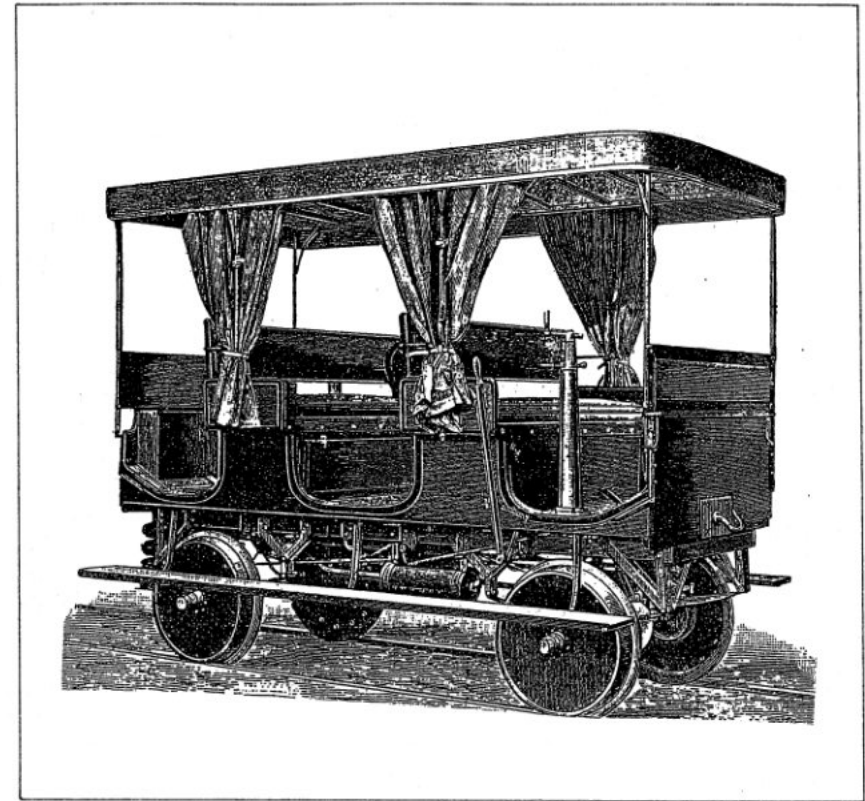


Bild 2.4.5/1: Petroleum-Motorwagen für die Eisenbahn (um 1902)  
Hersteller: de Dion & Bouton, Paris

Im Bild 2.4.5/2 ist auf der Folgeseite eine „Benzollokomotive“ aus dem Jahre 1910 dargestellt. Hersteller war die Fa. Deutz, Köln. Der Benzolmotor leistete 18 PS. Das kompakte Fahrzeug hatte nur eine Länge von 4,1 Metern. Ähnliche „Lokomotiven“ gab es von einer Vielzahl von Herstellern mit Leistungen bis etwa 60 PS.

Die dritte Gruppe, also große Wagen zur Personenbeförderung mit integrierter Maschine, hatte in dem hier betrachteten Zeitraum noch keine Bedeutung. Die Leistungen der Antriebsmaschinen nach dem Explosionsprinzip waren noch zu gering. Das änderte sich ab den 20er Jahren. Schienenbusse mit Antrieb durch Verbrennungsmotoren waren noch in den 60er Jahren ein häufiger Anblick. Allerdings nicht im Personenverkehr der Städte, sondern als vollwertiger Ersatz von Lokomotiven im überregionalen Verkehr. Ein Beispiel eines solchen Fahrzeugs ist im Abschnitt 2.5 wiedergegeben.

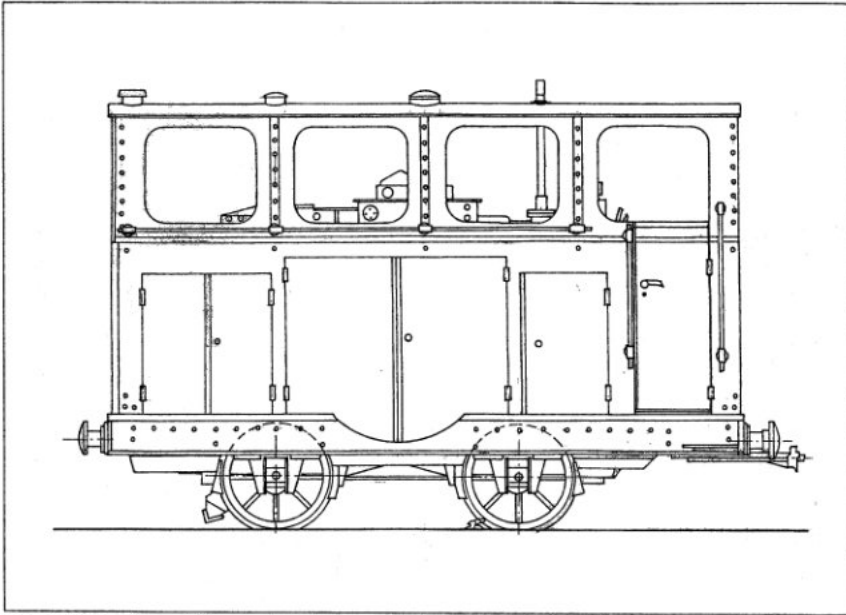


Bild 2.4.5/2: Benzol-Strassenbahnlokomotive (um 1910); Hersteller: Fa. Deutz, Köln

**Bemerkung:**

Versuche mit Strassenbahnen, die von Explosionsmotoren angetrieben wurden, hat es auch sehr früh in Deutschland gegeben. Bei dem Stand der Motorentwicklung ist das auch plausibel. Über Testfahrten mit Prototypen sind die Bemühungen allerdings nicht hinaus gekommen. Im Jahr 1888 wurden beispielsweise in Cannstatt bei Stuttgart Versuchsfahrten mit kleinen Strassenbahnen durchgeführt. Die Wagen hatten zwei Achsen. Acht Passagiere fanden auf einfachen Längssitzen Platz. Der Antriebsmotor stand unter einer Haube am Ende des Fahrzeugs (Bild 2.4.5/3). Als Antriebsmaschine wurde ein stehender Einzylindermotor von Daimler verwendet (Bild 2.4.5/4).

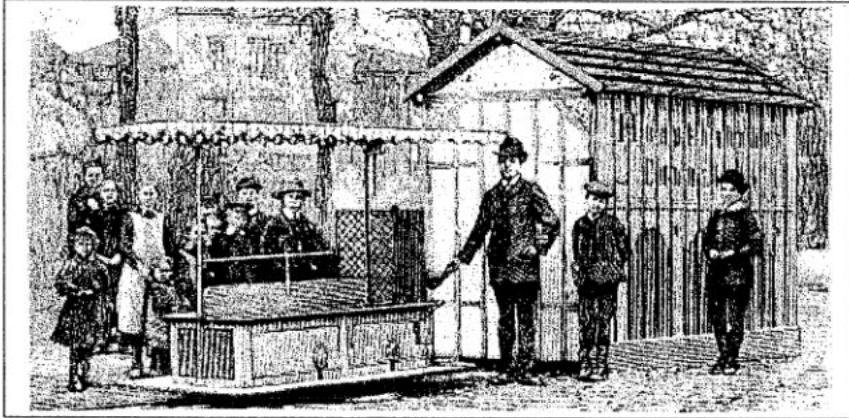


Bild 2.4.5/3: Kleine Strassenbahn mit Explosionsmotor von Daimler (1888)

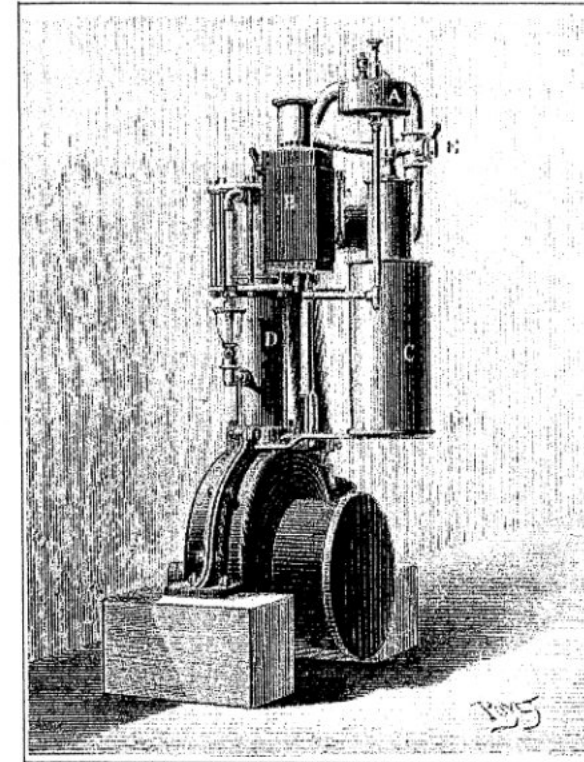


Bild 2.4.5/4: Stehender Einzylindermotor von Daimler der kleinen Strassenbahn (1888)

**Bemerkung:**

Bei den Strassenbahnen mit Antrieb durch Explosionsmotoren bleibt eine Variante noch nachzutragen: die Gasmotorwagen für Strassenbahnen (Gasbahnen). Eine größere Verbreitung haben sie nicht gefunden. Die notwendige Infrastruktur mit Verdichterstationen für das Gas war sehr aufwendig. Weiterhin war die Reichweite der Bahn durch die begrenzte Speicherfähigkeit des Gases in den Fahrzeugen sehr begrenzt. Gasbahnen waren seit 1893 und 1894 in Dresden und Dessau einige Jahre im Betrieb. Verwendet wurden zumeist Gasmotorwagen der Bauart Lührig. Gefahren wurde mit komprimiertem Leuchtgas. Das verdichtete Gas wurde in mehreren Behältern (bis zu drei waren üblich) im Wagen mitgeführt. Der Behälterdruck lag bei 8 at, das Gasvolumen bei etwa 1qm. Das reichte für eine Stunde Fahrt bei einer Fahrstrecke von 10 bis 12 km. Die Gasmotoren gaben eine Leistung von 7 bis 10 PS ab. Die Zündung erfolgte elektrisch. Die Abgase wurden nach oben durch einen Auspuff fast geräuschlos abgegeben. Das Leergewicht eines Strassenbahnwagens für 26 Passagiere lag mit Maschine und Gasbehältern bei etwa 6 Tonnen.



Der prinzipielle Aufbau einer anderen kleinen Gaslokomotive ist im Bild 2.4.5/5 wiedergegeben. Die Maschine gab es für die Normalspur und für 1 m Spurweite. Das Gas wurde in 4 Behältern auf dem Dach gespeichert. Speicherdruck 12 at, Speichervolumen 2 m<sup>3</sup>. Das reichte für einen Betrieb von 2 bis 3 Stunden. Bei Bedarf konnte an den Stirnseiten noch je ein Behälter untergebracht werden. Die Motorleistung betrug 12 PS. Derartige Maschinen sind u. a. eine Zeit lang als Lokalbahnen zwischen Dessau und Wörlitz eingesetzt worden.

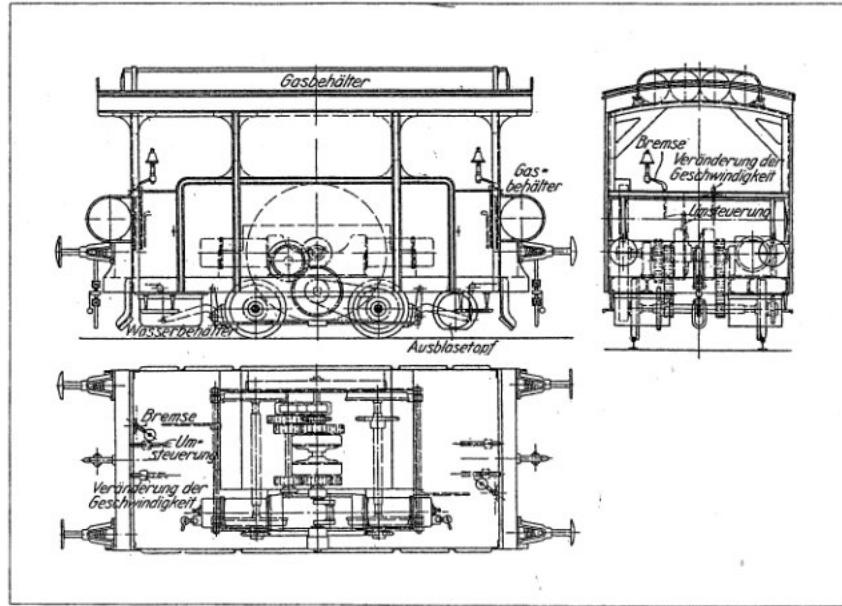


Bild 2.4.5/5: Gaslokomotive (1905)

Eine Gaslokomotive, wie sie für die Straßenbahnbetriebe der Städte Dessau und Hirschberg gebaut worden ist, zeigt die Tafel 2.4.5/1. Der gesamte Antrieb war äußerst kompakt als Unterflurkonstruktion im Rahmen untergebracht. Auch die Gasbehälter lagen unter dem Rahmen bzw. unter einer Sitzbank. Erst in der Schnittdarstellung wird die sehr gute Nutzung des Bauraums deutlich. Auf der Lokomotive war noch Platz für 8 Passagiere. Die Maschinen haben sich im städtischen Einsatz allerdings nicht bewährt. Insbesondere das hohe Geräuschniveau und die Erschütterungen des Explosionsmotors machten eine Fahrt mit der Straßenbahn zu keinem reinen Vergnügen.

Bemerkung:

Auch bei der Entwicklung von Straßenbahnen mit Explosionsmotoren gab es einen sehr breiten Entwicklungsweg. Eine der Hauptschwierigkeiten beim Einsatz von Explosionsmotoren war deren schlechtes Anlaufverhalten und der nur in sehr engen Grenzen nutzbare Drehzahlbereich. Für das Anfahren, Umsteuern und Verändern der Geschwindigkeit waren teure und empfindliche Zwischenmechanismen erforderlich. Wenn man das vermeiden wollte, mussten geeignete „Treibmittel“ eingesetzt werden, die sich leichter (und nach Möglichkeit auch stufenlos) „steuern“ ließen. Vor der Jahrhundertwende sind eine Reihe von Versuchen durchgeführt worden, den Explosionsmotor (als Petroleum-, Spiritus- oder Benzinmaschine) in Verbindung mit anderen Antriebsmaschinen einzusetzen. Es gab:

- Petroleum-Druckluft-Lokomotiven
- Petroleum-Druckwasser-Lokomotiven (nur Versuche)
- Petroleumlokomotiven mit elektrischen Antrieben
- Petroleumlokomotiven mit Riemenantrieben
- u.a.m.

Im Bild 2.4.5/6 ist beispielhaft die Prinzipskizze einer kleinen Lokomotive mit Explosionsmotor und Druckluftantrieb wiedergegeben.

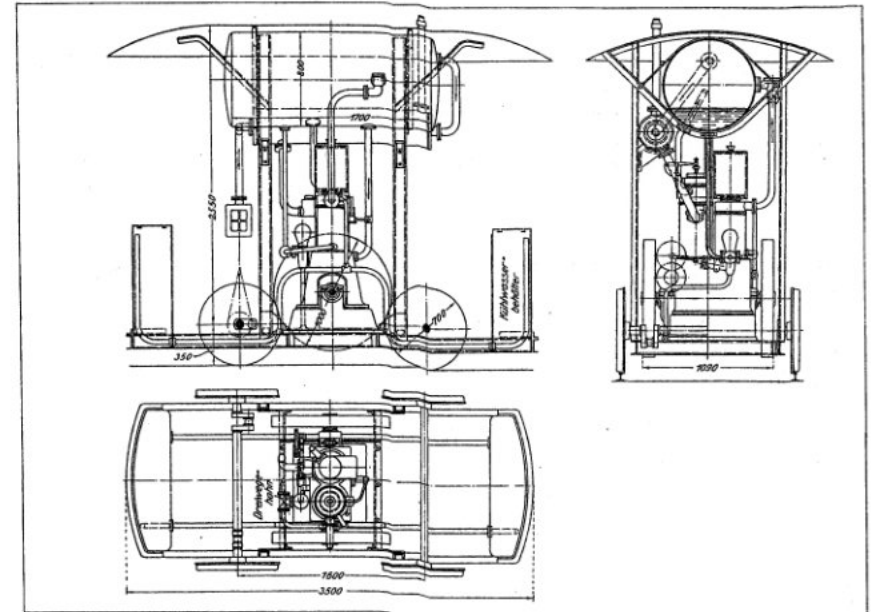


Bild 2.4.5/6: Petroleum-Druckluft-Lokomotive (um 1892)

Hergestellt wurden derartige Maschinen u. a. von der Gasmotorenfabrik Deutz. Ein 12 PS Petroleummotor trieb einen Kompressor der einen großen Druckbehälter füllte. Der Druckbehälter ist in der Skizze unter dem Dach angeordnet. Über entsprechende Steuerungsorgane (Drosseln) konnte der Volumenstrom zu den „Pressluftmaschinen“ fein gesteuert werden. Die Zylinder der stehenden „Pressluftmaschinen“ wirkten unmittelbar auf die Triebachsen. Die nach diesem Prinzip gebauten Lokomotiven waren sehr schwer (7,5 t für eine 12 PS Lokomotive), zu teuer und ihr Wirkungsgrad war äußerst ungünstig. Über einen Versuchsbetrieb ist auch diese Konstruktion nicht hinaus gekommen.

Eine Petroleumlokomotive mit elektrischem Antrieb zeigt das Bild 2.4.5/7. Ein 12 PS-Petroleummotor trieb über einen Riementrieb den Generator (Dynamo). Der erzeugte Strom speiste den mittig angeordneten Elektromotor. Über ein Zahnradgetriebe und zwei Kettengetriebe wurden die beiden Laufachsen angetrieben. Der Treibstoffvorrat reichte für einen mehrtägigen Betrieb. Zwar konnte bei dieser Variante das Anfahrverhalten deutlich verbessert werden und die Geschwindigkeit war sehr feinfühlig einstellbar, aber das hohe Gewicht von über 8 Tonnen und der schlechte Wirkungsgrad verhinderten einen Einsatz im Linienbetrieb.

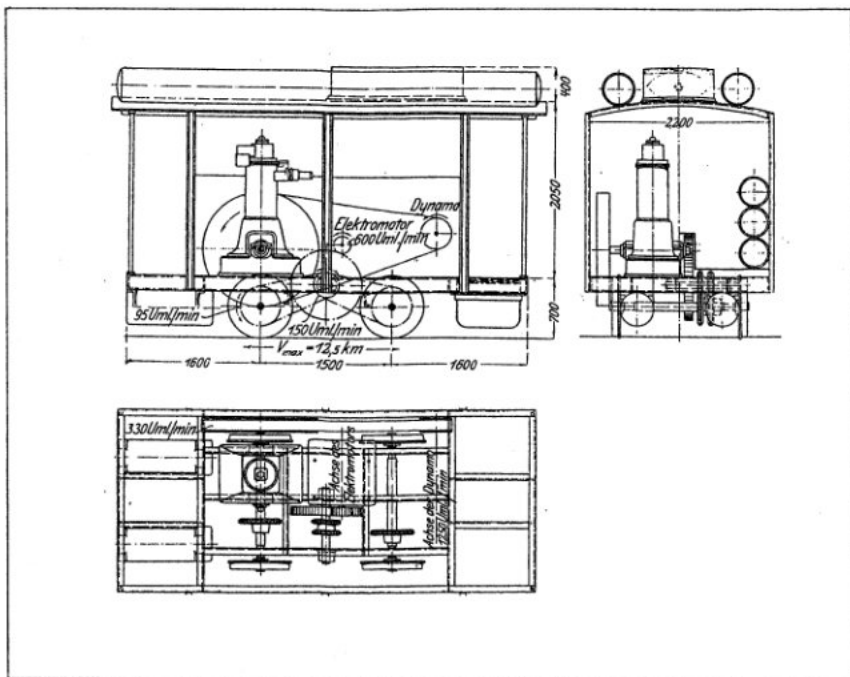
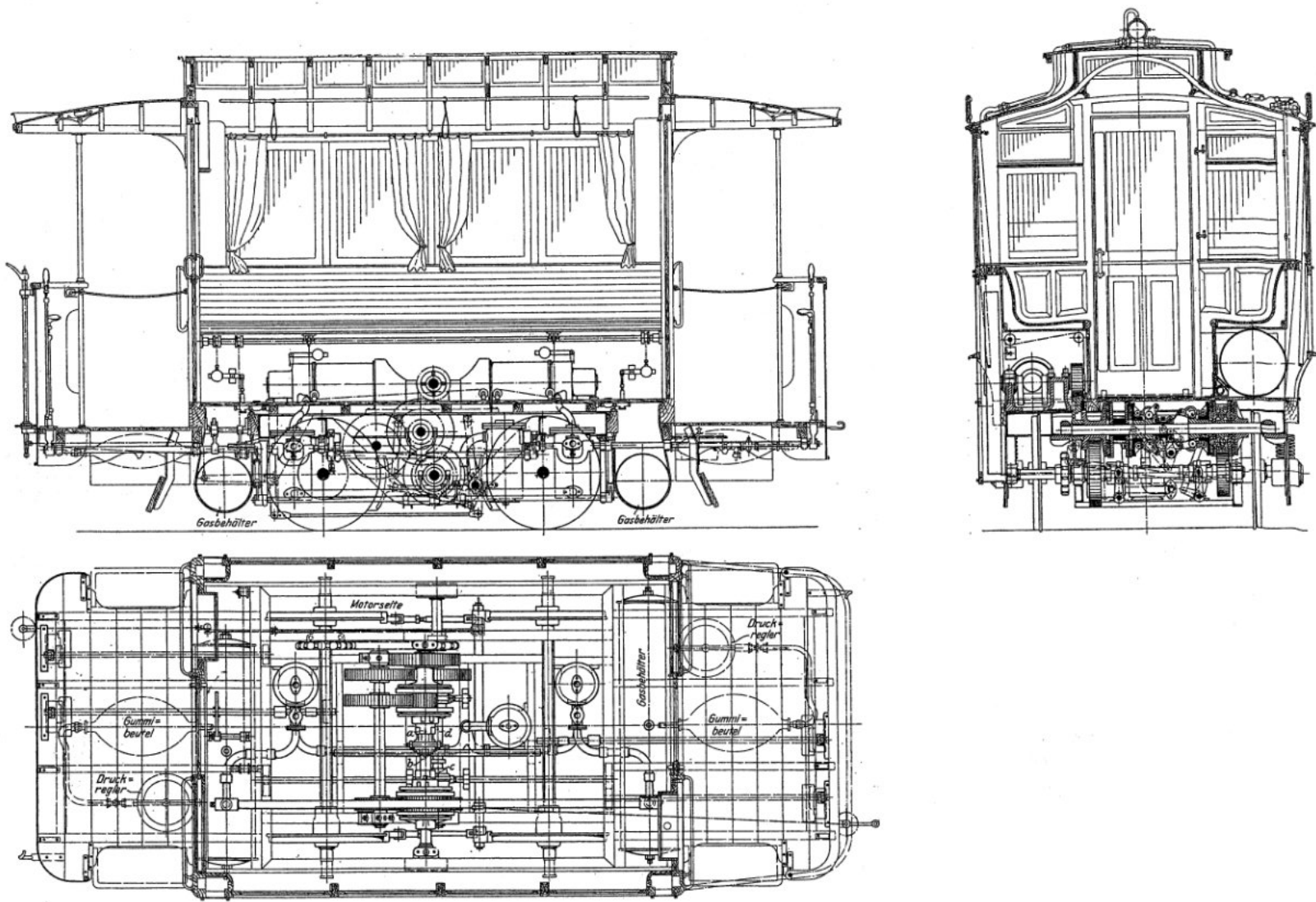


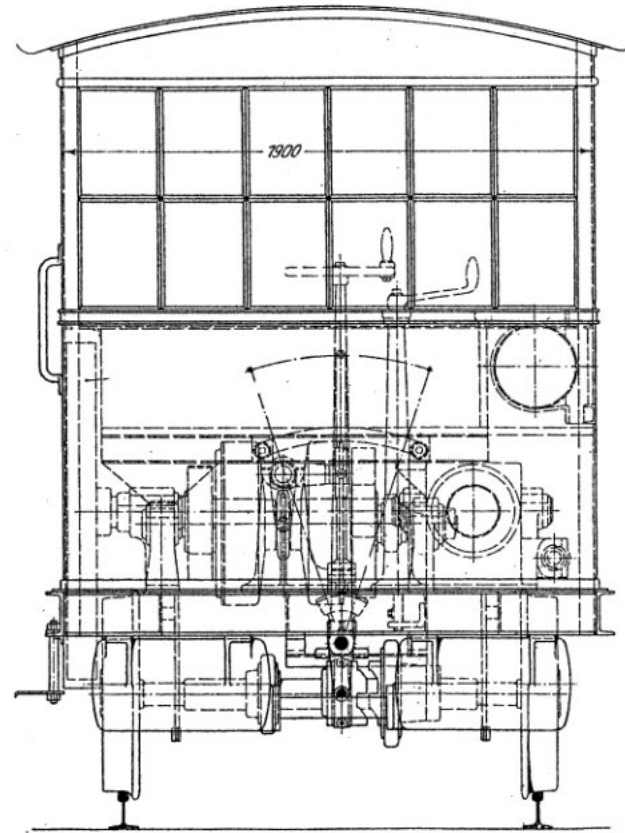
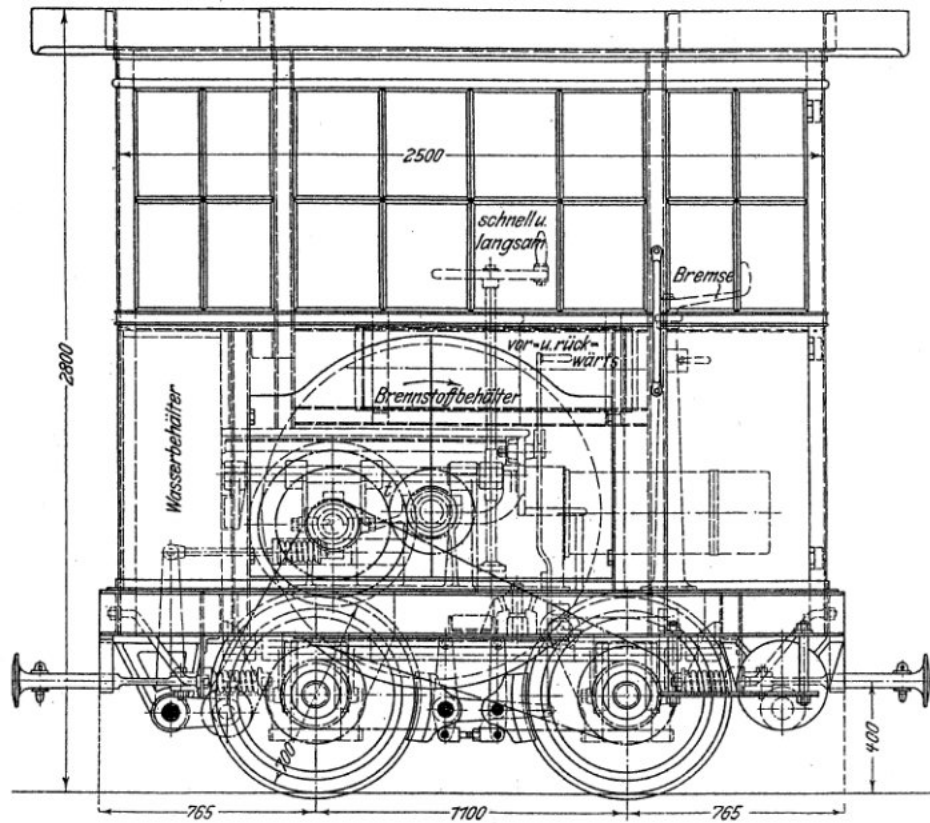
Bild 2.4.5/7: Petroleumlokomotive mit elektrischem Antrieb (1906)

In den beiden vorangestellten Beispielen waren als Explosionsmotoren übliche Petroleummaschinen eingesetzt worden, wie sie auch beim Betrieb stationärer Anlagen als stehende oder liegende Maschinen üblich waren. Bei Straßenbahnlokomotiven war der benötigte Bauraum vorhanden und der Einsatz bewährter Technik war nahe liegend. Allerdings waren die Betriebsbedingungen bei Bahnen völlig anders als bei stationären Anlagen. Man versuchte daher, besser an den Bahnbetrieb angepasste Explosionsmotoren zu entwickeln, die auch den verfügbaren Bauraum gut nutzten. Hier schließt sich der Kreis zu den Konstruktionen des Zivilingenieurs C. Lührig aus Dresden. Der Motor von Lührig, von der Gasmotorenfabrik Deutz gebaut, war so kompakt, dass er unter der Sitzbank angeordnet werden konnte (siehe Tafel 2.4.5/1).

In der Tafel 2.4.5/2 ist zum Abschluss eine Straßenbahnlokomotive aus dem Jahr 1906 dargestellt, die den technischen Endpunkt dieser Entwicklungslinie zeigt. Sie wurde für Spurweiten von 1 Meter bis zu Normalspur gebaut. Motor und Antriebsmechanik waren in der Lokomotive nebeneinander liegend angeordnet. Die Maschine konnte mit zwei Geschwindigkeiten gefahren werden. Zwei Gänge standen zur Verfügung. Der mechanische Aufbau war so weit vereinfacht, dass der gesamte Antrieb nur vier Zahnräder, drei Kettenräder und eine Spannrolle umfasste. Je nach Fahrtrichtung wurde immer nur eine Achse angetrieben.



Tafel 2.4.5/1: Gaslokomotive als Straßenbahn (1906)  
 Hersteller: Deutsche Gasbahngesellschaft, Dessau



Tafel 2.4.5/2: Straßenbahnlokomotive mit Petroleummotor (1906)  
 Hersteller. Gasmotorenfabrik Deutz; Köln

#### 2.4.6 Straßenbahnen mit äußerem Antrieb und Mischsysteme mit innerem und äußerem Antrieb

Straßenbahnen mit äußerem Antrieb, meist durch Zugmittel, waren als Windensysteme oder als Seilsysteme in einigen Städten Europas und Amerikas gebräuchlich. Windensysteme wurden nur in den Fällen erfolgreich eingesetzt, in denen sich der erhebliche Mehraufwand lohnte. In erster Linie auf Strecken mit starken Steigungen. Der Einsatz von mit Winden gezogenen Straßenbahnenwagen beschränkte sich allerdings auf Strecken mit gleichmäßigen Steigungen. Die Wagen, Seilsysteme, die Windenstationen u.s.w. gab es in unzähligen Ausführungen.

Der Einsatz von Seilsystemen war dagegen bei Straßenbahnen auf ebenen Trassen oder in leicht hügeligem Gebieten möglich. Das Seilsystem bestand im Prinzip aus einem endlosen Seil mit entsprechender Seilführung durch Umlenkrollen und einer Seilscheibe mit einem Antrieb. Die Straßenbahnwagen waren bei einigen Bauarten im Seil an festen Positionen „eingehängt“. Das Seil lief nicht ständig um. Es wurde an den Haltestellen still gesetzt. Bei anderen Bauarten konnten mit Hilfe eines Klemmmechanismus der Wagen zu beliebigen Zeiten und an jeder Stelle gekoppelt oder gelöst werden. Im letzteren Fall musste der Wagenabstand so groß sein, das Kollisionen ausgeschlossen waren.

Ein Beispiel für eine Straßenbahn nach dem Seilsystem mit fester Position der Wagen ist im Bild 2.4.6/1 wiedergegeben: das System des österreichischen Ingenieurs Zipernowski. Es handelt sich dabei um eine Art „Einschienensystem“ mit unterirdischen Stützschiene. Das Wagengewicht ruhte auf mittig angebrachten Stützrädern, die auf einer Schlitzschiene liefen. Die Schlitzschiene, ein doppeltes U-Profil, lag auf dem Niveau der Straßendecke. Das Kippen verhinderten durch den Schlitz der Schiene geführte und mit dem Wagen starr verbundene Arme, die sich über Leitrollen auf den unten liegenden Stützschiene abstützten. Der gesamte Unterbau mit den Trägern, den Stützschiene und Leitrollen, dem Seiltrieb und allen sonstigen Elementen war in einem gemauerten, unterirdischen Kanal untergebracht. Das System wurde auch als „Straßenbahn mit senkrechter Spur“ bezeichnet. Auch ein elektrischer Einzelantrieb war bei diesen Wagen möglich.

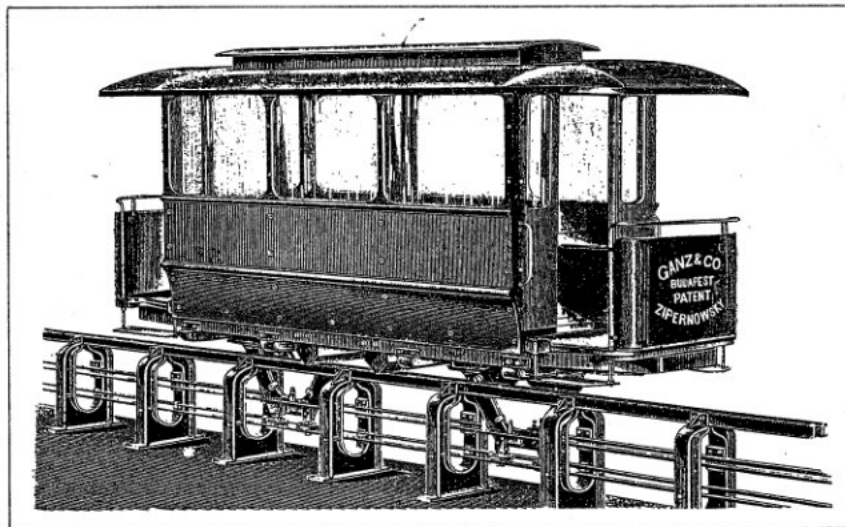


Bild 2.4.6/1: Einspurige Straßenbahn nach dem System Zipernowski

Ein ähnliches System, allerdings mit oberirdischer Schienenführung, wurde 1872 bei einer Ausstellung in Lyon vorgestellt. Die Tragschiene führte durch die Passagierkabine. Die untere Stützschiene verhinderte ein Kippen des Wagens bei unsymmetrischer Belastung. Die Sitzreihen waren seitlich längs angeordnet. Ein Wagen hatte Platz für über 20 Passagiere. Im Hintergrund rechts ist die Antriebsstation zu erkennen. Das System wurde von einer Dampfmaschine angetrieben. Eine weitere Verbreitung hat diese „Einschienbahn“ nicht gefunden.

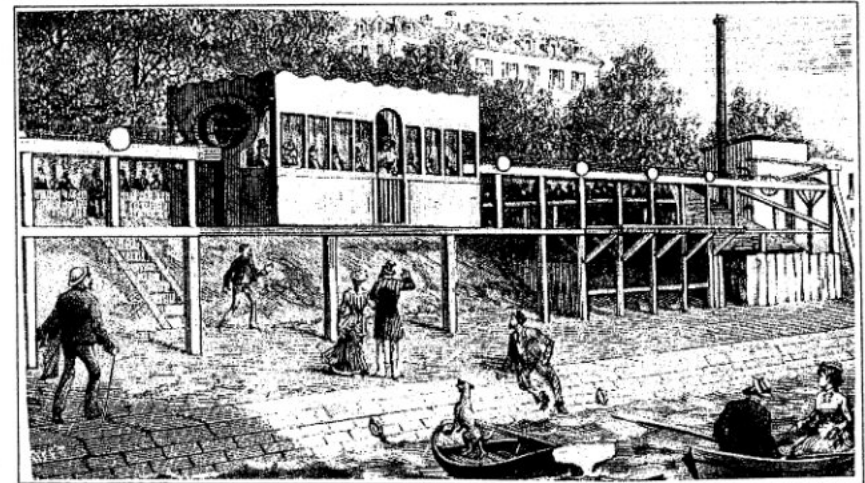


Bild 2.4.6/2: Straßenbahn als Einschienbahn mit äußerem Seiltrieb und fester Position des Wagens im Seil (1872)

Die bekannteste Straßenbahn nach dem Seilsystem mit veränderlichen Positionen der Wagen ist wohl die Straßenbahn in San Francisco/USA. Sie ist, auf den aktuellen Stand der Technik gebracht, noch heute in Betrieb. Die Betriebssituation im Jahr 1880 mit einem Anhängewagen ist im Bild 2.4.6/3 wiedergegeben.

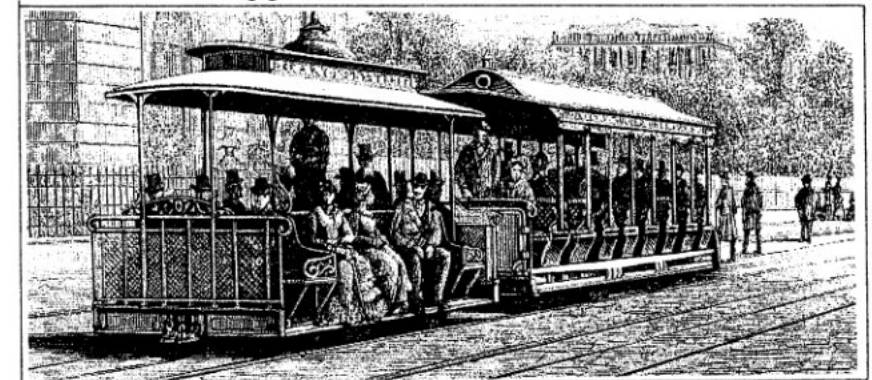


Bild 2.4.6/3: Straßenbahn in San Francisco (1880)

Der Mitnahmemechanismus ist in den folgenden Bildern dargestellt. Das ständig umlaufende, unterirdisch geführte Seil wurde im fest mit dem Straßenbahnwagen verbundenen Koppelsystem in vier Seilrollen sicher geführt. Mit Hilfe einer Klemmeinrichtung konnte das Seil feinfühlig „fest mit dem Wagen verbunden“ werden. Die Klemmeinrichtung wurde vom Wagenführer mit Hilfe eines Handrades mit Schraubenspindel und Klemmmutter betätigt.

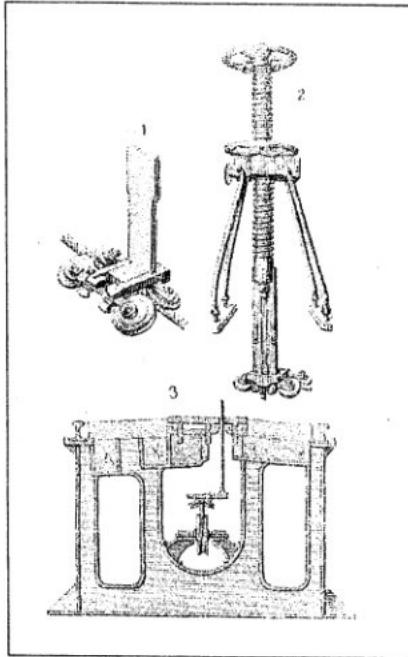


Bild 2.4.6/4: Prinzip des Mitnahmemechanismus

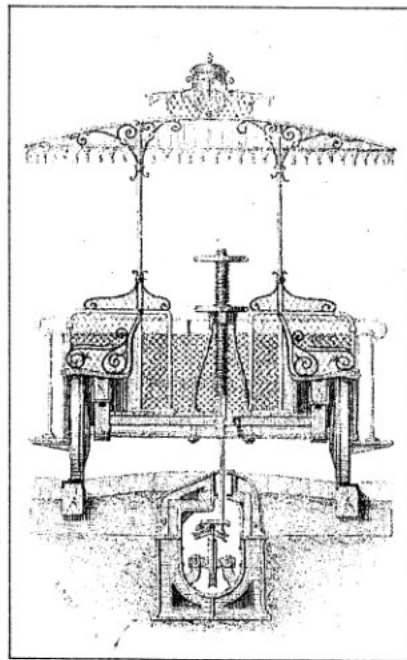


Bild 2.4.6/5: Details des Mitnahmemechanismus

Ein Beispiel für eine Straßenbahn mit einem Mischsystem aus innerem und äußerem Antrieb durch eine Hilfs-Seilbahn zeigt das Bild 2.4.6/6. Zum äußeren Antrieb wurde Zugmittelsystem mit Drahtseilen verwendet. Durch eine geschickte Seilführung und einen guten Ausgleich der Gewichte der aufwärts und abwärts laufenden Wagen konnte der Energiebedarf niedrig gehalten werden.

Es gab derartige Straßenbahnen in einer Vielzahl an Varianten. Das im Bild 2.4.6/2 dargestellte System war in Palermo um 1908 in Betrieb. Die Berg- bzw. Talfahrten wurden mit Hilfe eingekuppelter Hilfswagen vorgenommen, die über einen Seiltrieb miteinander verbunden waren. Die Hilfswagen besaßen einen elektrischen Antrieb. Die Straßenbahn selbst fuhr in den ebenen Passagen mit ihrem eigenen elektrischen Antrieb weiter.

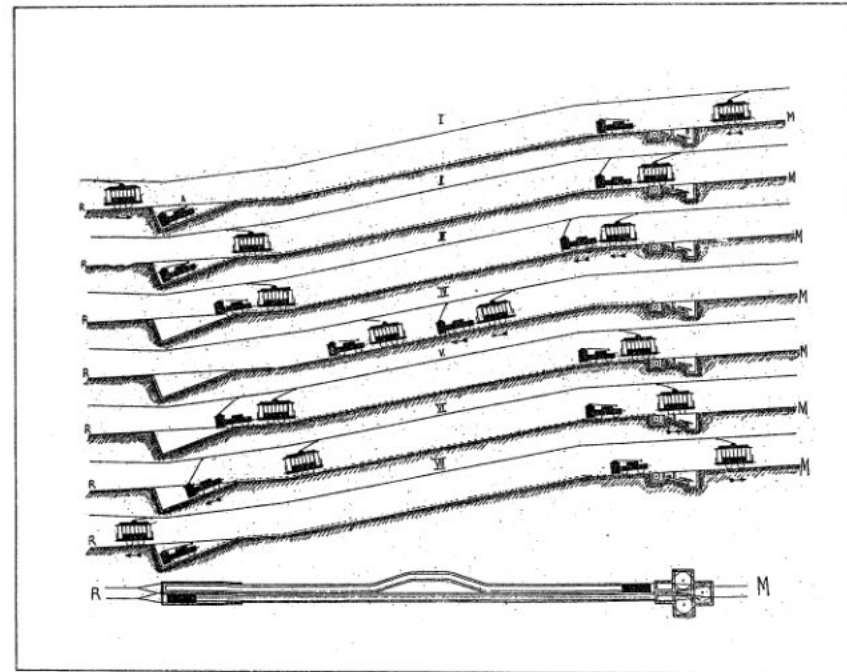


Bild 2.4.6/6: Straßenbahn mit Hilfswagen und Seilbahn (1908)

**Bemerkung:**

Einige technische Einzelheiten der Bahn in San Francisco mit Antrieb durch ein Seilsystem seien noch ergänzt. Diese „Kabelbahnen“ (Taubahnen) verwenden ein endloses Seil mit einem Durchmesser von 32 bis 36 mm. Eine feststehende Betriebsmaschine bewegt das Seil mit konstanter Geschwindigkeit von 10 bis 16 km/h.

Das Seil wird in einer unterirdisch liegenden Betonröhre (Taukanal) von etwa 70 cm Durchmesser geführt. Tragrollen von gut 40 cm Durchmesser stützen das Seil im Abstand von je 10 m. Seitlich führende Leitrollen in geringerem Abstand übernehmen die Führung in Kurven. Der Taukanal besitzt oben einen schmalen Schlitz (16 bis 19 mm breit), durch den der Mitnahmemechanismus (Greifer) das Seil fassen kann. Die Schlitzbreite ist so gewählt, dass der normale Verkehr nicht behindert wird. Alle 100 m sind in der Strecke Sammelgruben zum Abführen des Regenwassers und des Schmutzes angeordnet.

Die Straßenbahnen bestehen aus einem Wagen mit Greifer und meist ein bis zwei Anhängewagen. Der Greifer ist so beschaffen, dass ein sanftes Einkuppeln möglich ist und die Bahn Steigungen von 1 : 5 noch sicher nehmen kann. Weiterhin muss beim starken Bremsen ein Durchrutschen des Seiles im Greifer erfolgen können.

Durch die stoßweise Belastung längen sich die Seile und müssen zwischenzeitlich gekürzt werden. Seillängen bis zu 10 km sind üblich. Lebensdauer des Seils: 9 bis 12 Monate.

**Bemerkung:**

So unterschiedlich wie die Mitnahmemechanismen der Straßenbahnen mit äußeren Antrieben (Seiltrieben) waren auch die in der Fahrbahn verlegten Schienensysteme und Seilführungen. Fast jede Straßenbahngesellschaft hatte ihr eigenes System. Einige Beispiele mögen die Vielfalt der eingesetzten Systeme verdeutlichen. Der bauliche Aufwand war immens.

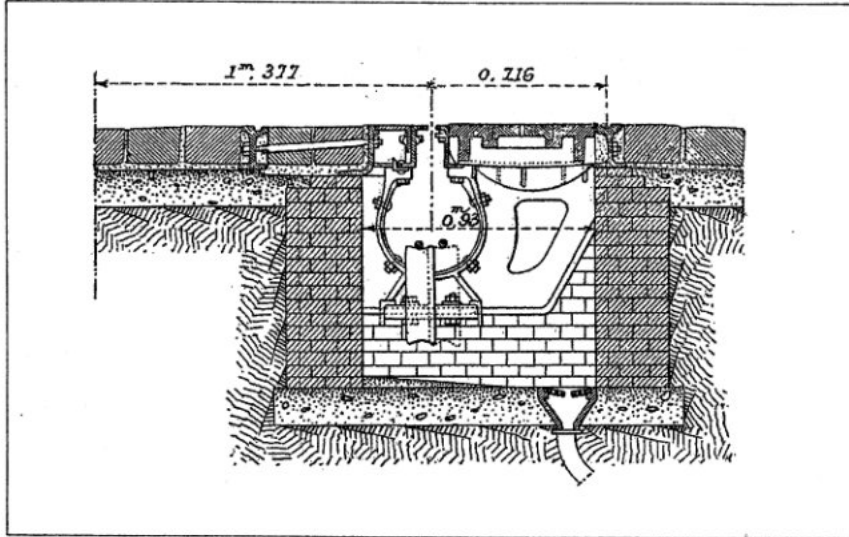


Bild 2.4.6/7: Amerikanisches Schienen- und Kabelsystem („Normalspur“)

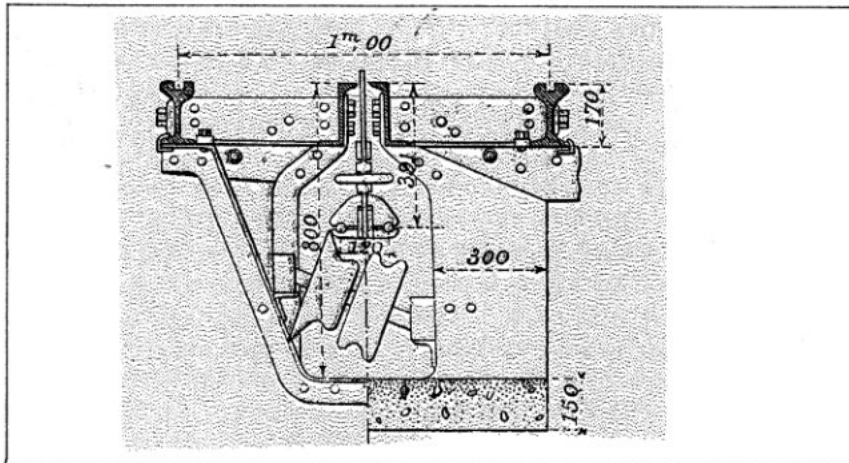


Bild 2.4.6/8: Französisches Schienen- und Kabelsystem („Meterspur“)

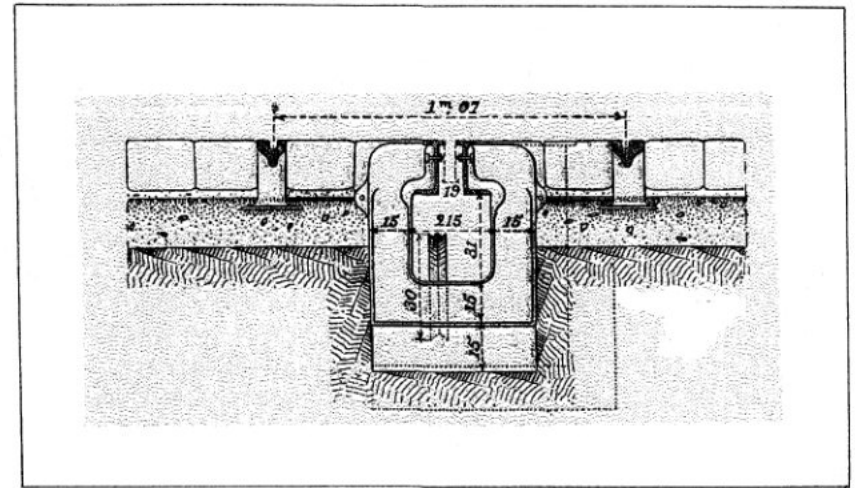


Bild 2.4.6/9: Englischsches Schienen- und Kabelsystem („Meterspur“)

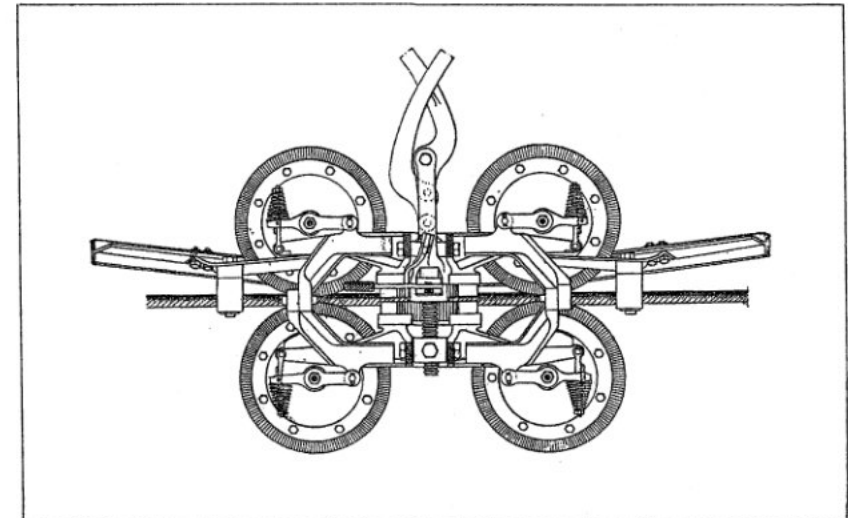


Bild 2.4.6/10: Mitnahmemechanismus der Brooklyn-Bahn (USA)

Zu den Straßenbahnen mit äußerem Antrieb zählen auch alle Systeme, die mit Hilfe eines äußeren Druckluftantriebs arbeiten. Der „angetriebene“ Straßenbahnwagen rollte auf üblichen Schienen, besaß aber keine eigene Antriebsmaschine. Die Fortbewegung wurde durch einen Kolben bewerkstelligt, der frei in einer endlosen Röhre lief. Die Röhre lag meist zwischen den Gleisen oder unter dem Gleisbett. Über einen Koppelmechanismus war der bewegliche Kolben mit dem Wagen verbunden. Man nannte diese Straßen- bzw. Eisenbahnen im Allgemeinen „atmosphärische Bahnen“. Es gab eine Vielzahl unterschiedlicher Systeme. Einige arbeiteten mit Überdruck, andere mit Unterdruck. Der Überdruck bzw. der erforderliche Unterdruck wurde in Zentralstationen erzeugt. Eine Dampfmaschine trieb eine entsprechende Luftpumpe oder Vakuumpumpe. In den 30er Jahren des 19. Jahrhunderts nahm die Idee der „atmosphärischen Bahn“ erstmals konkrete Formen an. Eine Reihe von Erfindern widmete sich sehr intensiv diesem neuen Verkehrsmittel. Bei einer der aussichtsreichsten Ideen sollte ein Wagen an einem schmalen, vertikalen Mitnehmer befestigt werden, an dessen anderen Ende ein Kolben angebracht war. Der Kolben lief in einer geschlitzten Röhre. Der Längsspalt der Röhre, durch den der Mitnehmer geführt werden musste, wurde automatisch durch geeignete Verschlussmechanismen luftdicht abgeschlossen.

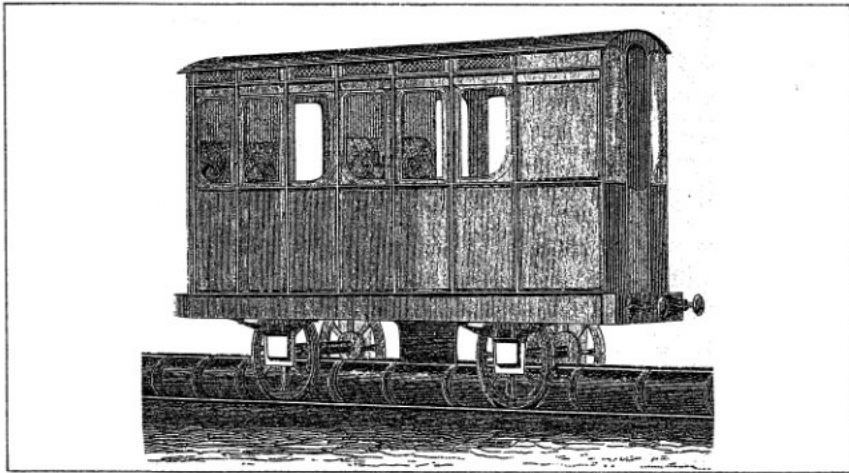


Bild 2.4.6/11: Antriebswagen einer „atmosphärischen Bahn“  
(Frankreich, Strecke Nanterre – St.Germain, 1859)

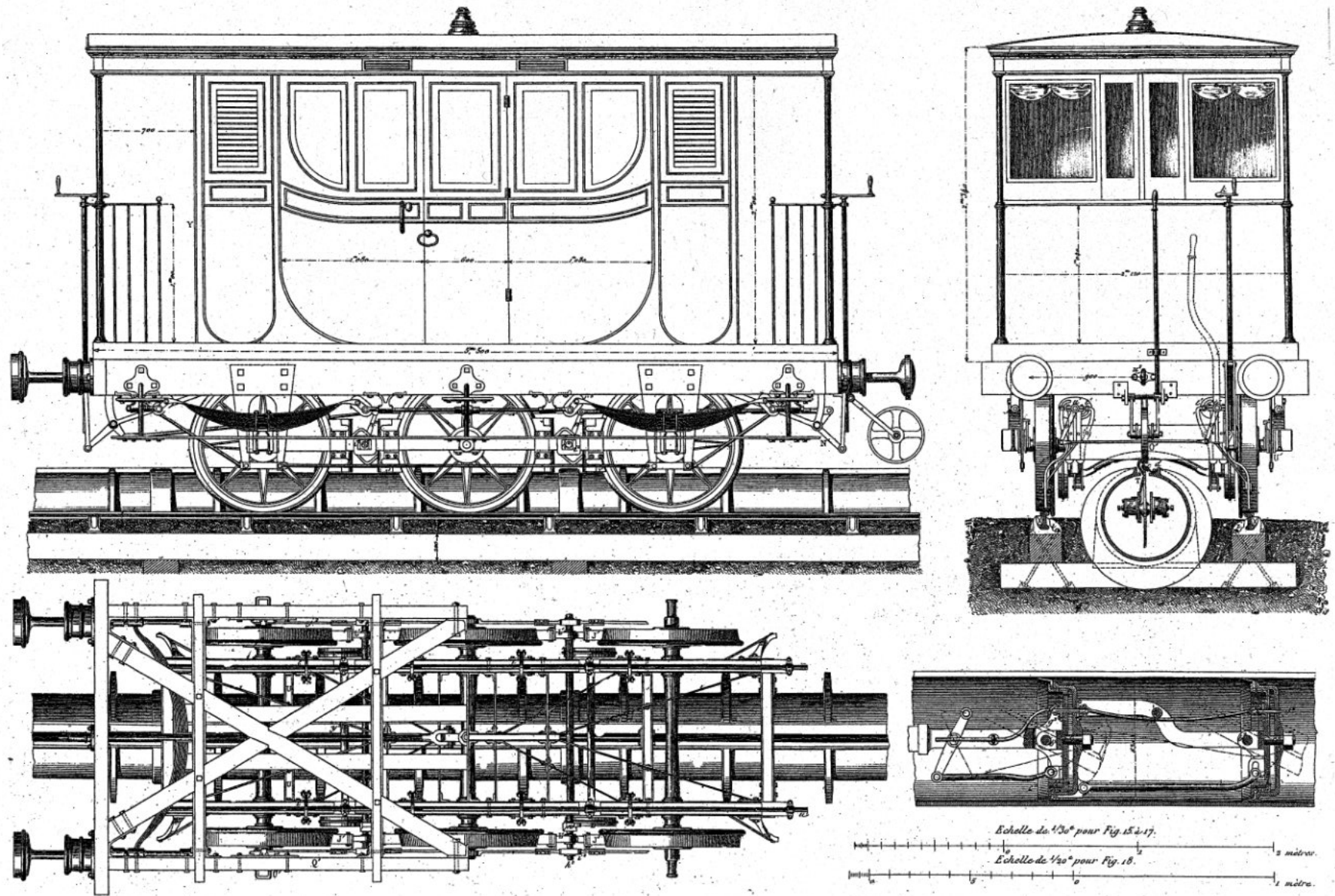
1840 wurden erste Versuche unter realen Beförderungsbedingungen bei der „West-Londoner-Eisenbahn“ durchgeführt. Die Streckenlänge betrug allerdings nur ½ Meile. Das System wurde nicht mit Überdruck sondern mit Unterdruck betrieben. Weitere Versuche folgten, u.a. auf der Croydon-Route, der Kingstown-Route und der Süd-Devonshire-Route. Alle Probetriebe wurden nach kurzer Zeit eingestellt.

In Frankreich ging man einen Schritt weiter. In Paris sollte die Strecke von Nanterre nach St. Germain mit einer „atmosphärischen Bahn“ betrieben werden. Die Länge der Strecke betrug immerhin 8 km. Es wurden aber nur 2 ½ km fertig gestellt, und zwar von der Brücke von Montesson bis zum Plateau von St. Germain. Die „atmosphärische Bahn von St. Germain“ verlängerte die Linie der gewöhnlichen Eisenbahn, die mit Dampflokomotiven betrieben wurde. Der Wechsel der Systeme erfolgte so schnell und reibungslos, dass die Reisenden davon fast nichts bemerkten. Auch dieses System arbeitete mit Unterdruck. Es war längere Zeit im Einsatz wurde aber aufgrund fehlender Wirtschaftlichkeit 1859 eingestellt. Der

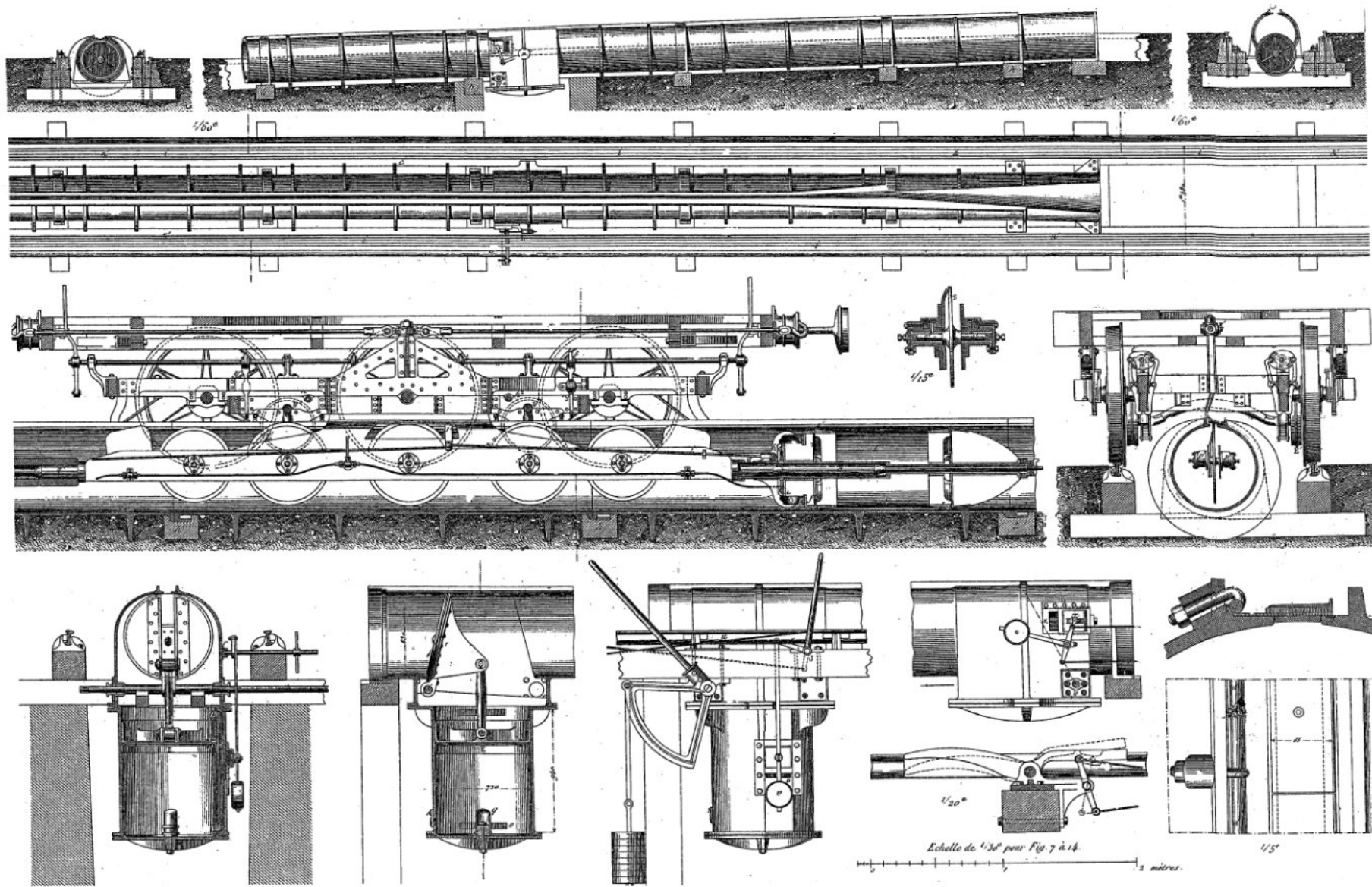
Betrieb war einfach zu teuer. Insbesondere die sichere und dauerhaft haltbare Abdichtung des Längsschlitzes in der Unterdruckröhre bereitete große Probleme. Bei jeder Witterung und allen Betriebsbedingungen mussten durch eine gute Abdichtung die Druckverluste so gering wie möglich gehalten werden. Fast alle Weiterentwicklungen bei dem System der „atmosphärischen Bahnen“ beschäftigten sich mit der Lösung dieses Problems. Es gab eine Vielzahl an Erfindungen und Patenten auf diesem Gebiet. Eine befriedigende Lösung ist nie erreicht worden.

Von der „atmosphärischen Bahn“ von St. Germain existiert eine umfangreiche technische Dokumentation (M. Armengaud Ainé, Publication Industrielle des Machines, Outils et Appareils, Paris 1845 ff.). Diese technikgeschichtlich einmalige Dokumentation wird hier in Auszügen wiedergegeben (Tafeln 2.4.6/1 bis 2.4.6/4. Anhand dieser Originaldokumente soll ein Eindruck vom Ideenreichtum und dem Mut der Ingenieure vermittelt werden, die ein derart umfangreiches System entwickelt und zum Einsatz gebracht haben. An Resten dieser Anlage ist nichts erhalten geblieben.

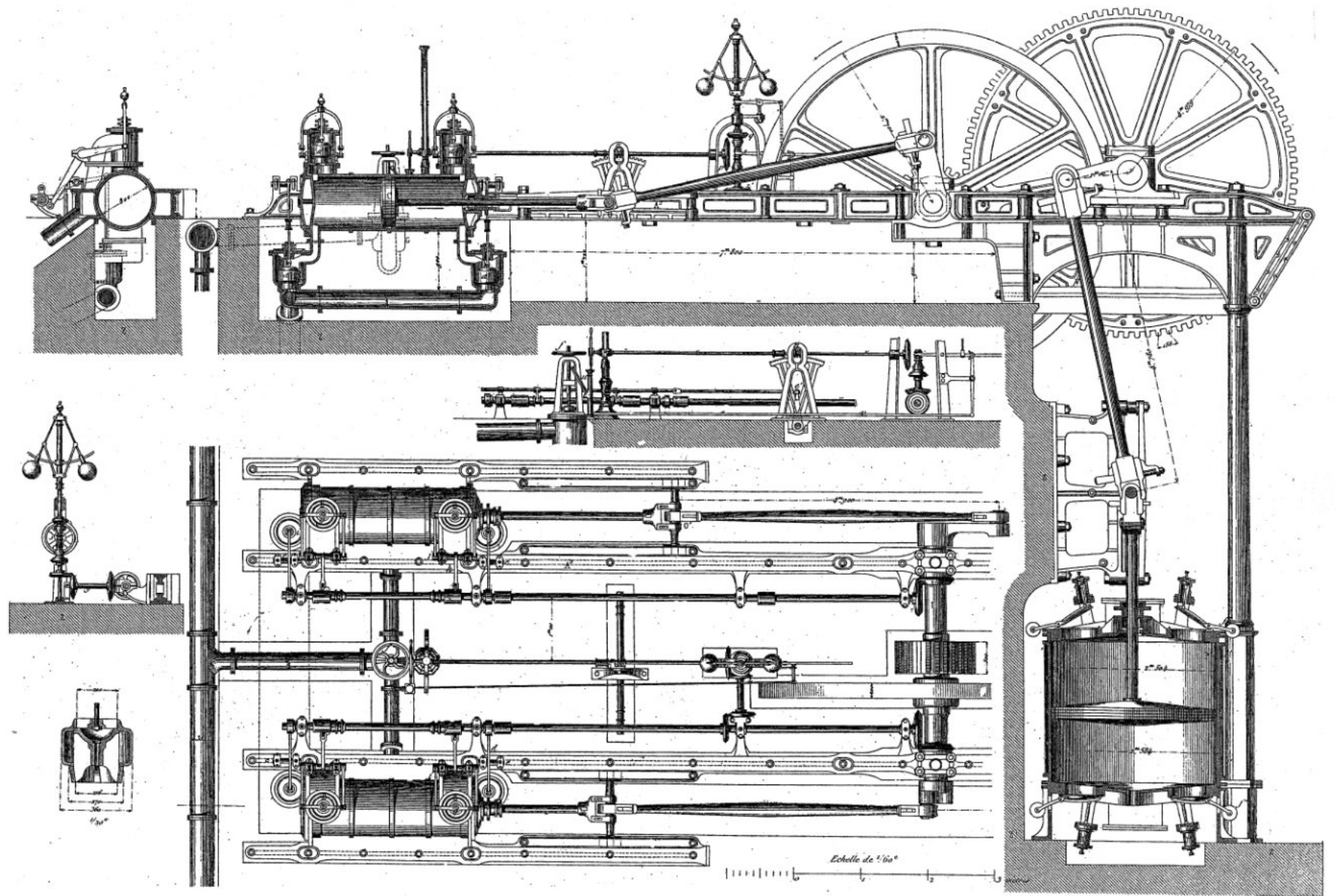




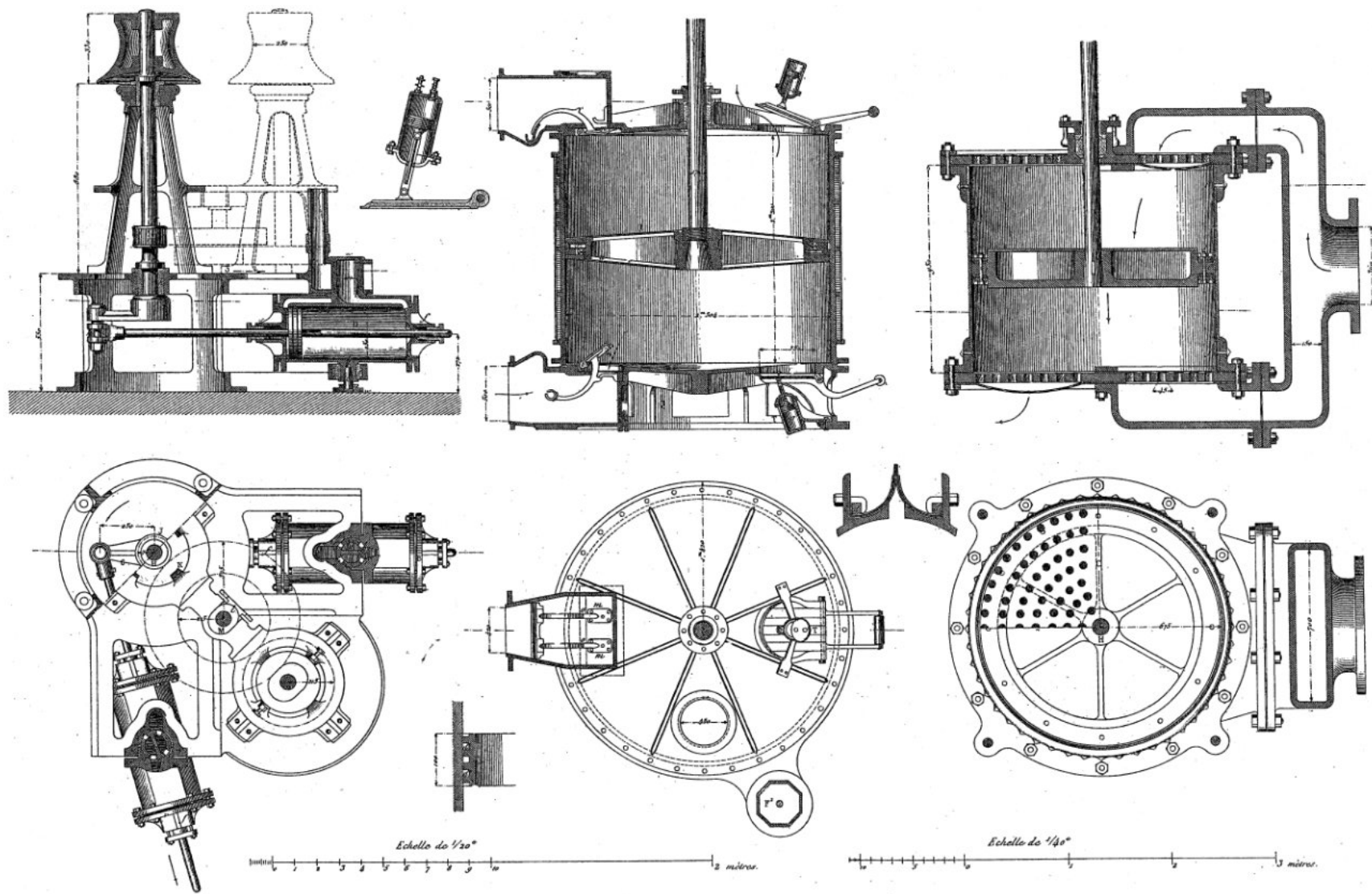
Tafel 2.4.6/1: Antriebswagen einer atmosphärischen Straßenbahn



Tafel 2.4.6/2: Einzelheiten des Mitnehmersystems



Tafel 2.4.6/3: Dampfmaschine mit Pumpe der Zentralstation



Tafel 2.4.6/4: Einzelheiten der Pumpe

## 2.4.7 Öffentlicher Personenverkehr mit „fahrzeuglosen“ Systemen.

Es gab vor der Jahrhundertwende viele Vorschläge an Beförderungssystemen für Personen, die ohne aufwendige Fahrzeuge mit in jedem Wagen vorhandenen, ebenso aufwendigen Antrieben auskommen wollten. Einige Vorschläge sind sehr phantasievoll, aber nicht sonderlich realitätsnah. Eine Umsetzung scheiterte in den meisten Fällen schon an den technischen Möglichkeiten jener Zeit. Einige Ideen sind aber erwähnenswert. Sie stellen in verblüffender Weise Lösungen dar, die fast hundert Jahre später verbreiteten Eingang in den heutigen Personenverkehr gefunden haben. Ein Teil dieser Systeme wurde in kleinerem Umfang gebaut und ist eine Zeit lang im Versuchsbetrieb gelaufen. Eine dieser Ideen ist die „Stufenbahn“ der Gebrüder Rettig. Im heutigen Sprachgebrauch war das System ein Plattenband auf Rollen, die auf kleinen schmalen Schienen liefen. Das Band war ununterbrochen in Bewegung. Auf jedem Plattensegment war ein komfortabler Sitz befestigt. Bewegt wurden die Plattenwagen mit Hilfe eines Seiltriebs. Das Besondere war die Fördergeschwindigkeit. Sie betrug ca. 16 km/h. Ein Zu- und Absteigen war bei dieser Geschwindigkeit unmöglich. Das Problem lösten die Gebrüder Rettig einfach durch an bestimmten Stellen angeordnete oder insgesamt parallel kontinuierlich mitlaufende zusätzliche Plattenbänder, die mit geringer Geschwindigkeit liefen. Es waren zwei zusätzliche Bänder für einen gefahrlosen Betrieb notwendig. Das langsame äußere Band bewegte sich mit etwa 5 km/h, ein Betreten war bei normaler Gehgeschwindigkeit problemlos möglich, das mittlere Band lief mit etwa 10 km/h, es war nach kurzer Beschleunigung von jeder Person, die sich auf dem ersten Band befand, zu betreten. Der Übergang zum dritten Band erfolgt analog. Durchaus richtig wurde von den Erfindern die Beförderungsleistung angegeben. Sie lag bei 12000 Personen pro Stunde und ersetzte 30 Personenzüge zu 8 Wagen. Das System war sehr teuer, im Betrieb störanfällig und für die Benutzer etwas gewöhnungsbedürftig. Die Beförderungsleistung war für die damaligen Verhältnisse auch viel zu hoch. Das System konnte nicht sinnvoll ausgelastet werden. Das Prinzip nimmt die „Förderbänder“ für Personen vorweg, die man heutzutage bei langen Passagen auf Flugplätzen, Bahnhöfen etc. findet.

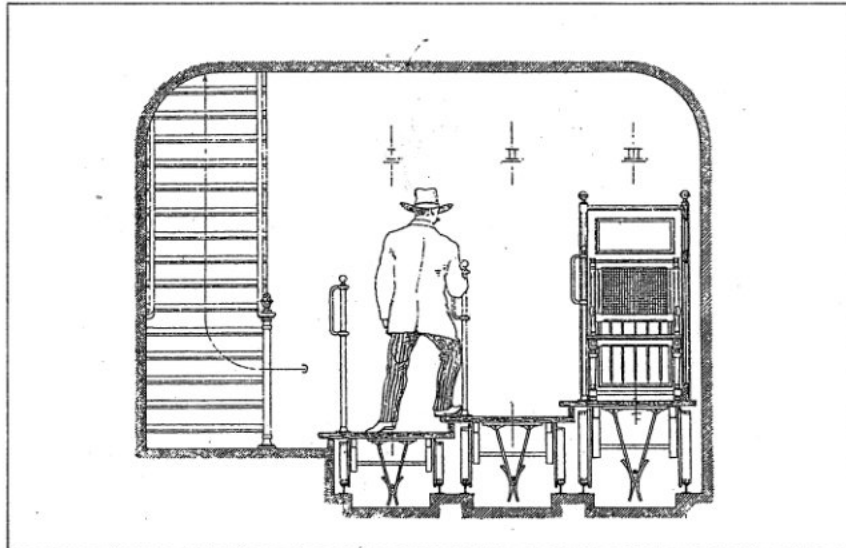


Bild 2.4.7/1: Prinzipskizze einer Stufenbahn der Gebr. Rettig

Im Probebetrieb auf der Weltausstellung in Paris im Jahre 1889 war ein interessantes „fahrzeugloses“ Beförderungssystem, das fast ohne mechanisch bewegte Teile auskam. Das Gleitsystem von Girard. Es basierte auf dem hydrostatischen Prinzip. Auf ebenen Bahnen glitten „Schuhe“, die durch ein druckbeaufschlagtes Wasserpolster und einen umlaufenden Spalt ohne Berührung der Bahn bewegt werden konnten. Die Passagiere saßen sehr komfortabel in überdachten, kleinen Kabinen. Heute nutzt man das Prinzip zum fast reibungslosen Bewegen sehr schwerer Lasten, allerdings nicht mit Wasser, sondern mit Druckluft.

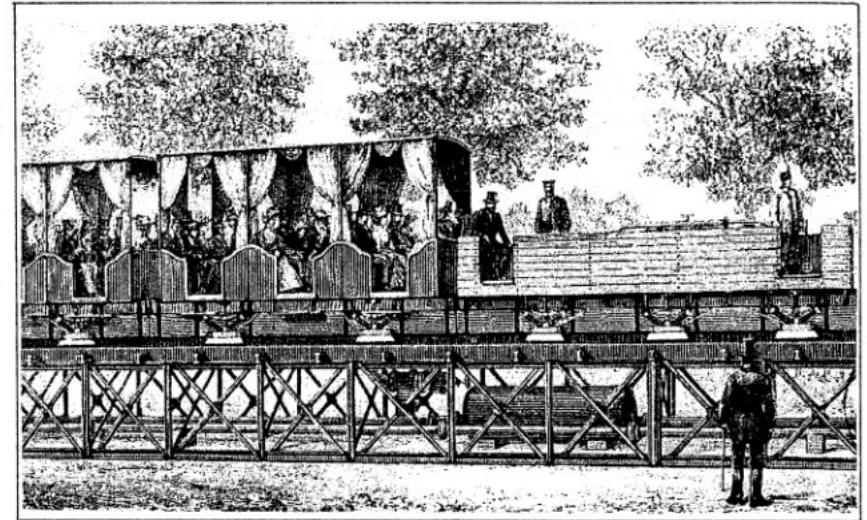


Bild 2.4.7/2: Personenbeförderungssystem mit Gleitschienen von Girard in Paris (1889)

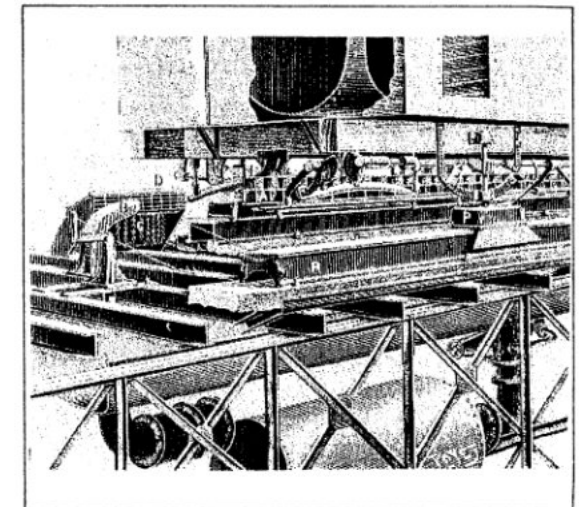


Bild 2.4.7/3:  
Die Gleitschienen des  
Systems von  
Girard

Auf der oben erwähnten Ausstellung wurde ferner das Konzept einer Stufenbahn (vermutlich von dem Ingenieur Henard entworfen) vorgestellt. Die „Bahn“ sollte mit zwei Geschwindigkeitsstufen betrieben werden. Die beiden Außenbahnen dienten zur Beschleunigung. Auf der schweren Mittelbahn war die Möglichkeit eingeplant, z. B. zweistöckige Kabinen zu montieren.

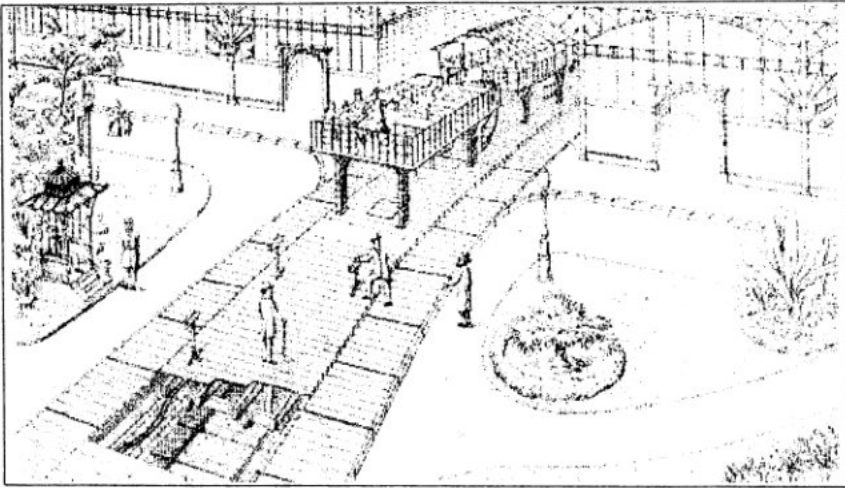


Bild 2.4.7/4: Konzept einer großen Stufenbahn (1889)

Die Idee, kleine Höhenunterschiede im Fußgängerverkehr nicht durch Treppen, sondern mit Hilfe von schrägen Förderbändern zu überwinden, die mit Maschinenkraft angetrieben werden konnten, stammt aus der Zeit Ende des 19. Jahrhunderts. In der untenstehenden Skizze ist ein Übergang an der Cordland Street in New York aus dem Jahr 1893 wiedergegeben.

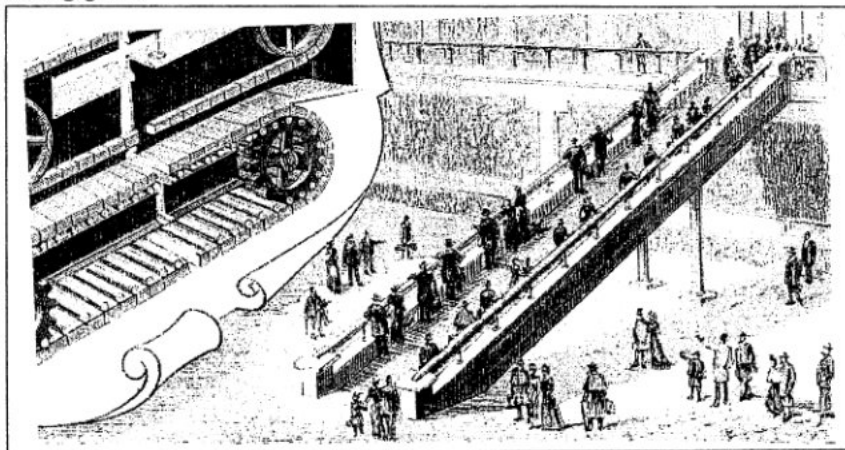


Bild 2.4.7/5: „Rolltreppe“ in New York (1893)

Bemerkung:

Die kurze Darstellung der schienengebundenen Systeme des öffentlichen Personennahverkehrs kann an dieser Stelle abgebrochen werden. Eine Verbindung mit dem Selbstfahrwesen, insbesondere in den wesentlichen technischen Merkmalen, ist nicht mehr gegeben. Die zur Bewältigung der wachsenden Verkehrsströme in den großen Städten gebauten Hochbahnen, Schnell- und Stadtbahnen sowie die Untergrundbahnen waren zumeist sehr eigenständige Konstruktionen.

Bemerkung:

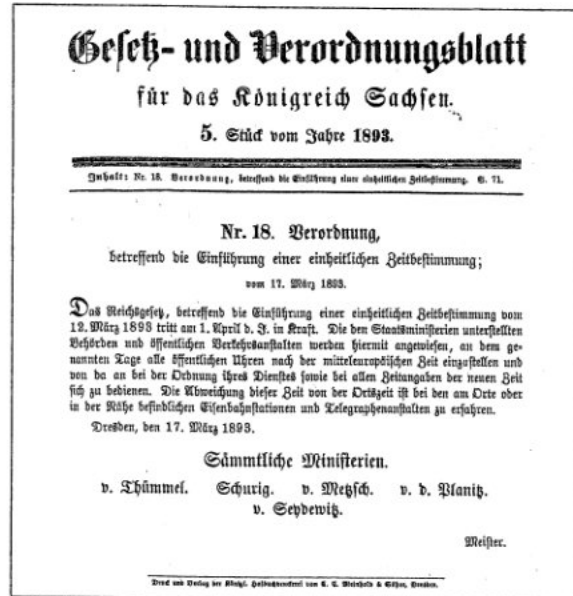
Nachzutragen bleibt noch, dass die Pferdebahnen und insbesondere auch die Straßenbahnen nicht nur zur Beförderung von Personen eingesetzt wurden. In regional unterschiedlicher Ausprägung sind mit diesen öffentlichen Verkehrsmitteln auch Güter aller Art und Postsendungen transportiert worden. Schon 1842 sind beispielsweise in Hamburg die Wagen der „Brasson'schen Aktiengesellschaft“ (Omnibus- und Straßenbahnbetrieb) für den Postverkehr mit eingesetzt worden. Die systematische Nutzung der Straßenbahnen zur Beförderung von „Postversandte“ setzte dann Mitte der 60er Jahre in vielen Städten ein. Insbesondere dort, wo in den städtischen Zentren keine Rohrpostsysteme installiert waren. Der Versand von Paketen folgte einige Jahre später. Transportiert wurden größere Postaufkommen in so genannten Packwagen oder Postloren. Das waren zumeist umgebaute einfache Beiwagen. Bei stärkerem Postaufkommen war es üblich, den Transport mit Hilfe separat fahrender Straßenbahnen durchzuführen.

Der Transport von allgemeinen Handelsgütern wurde je nach örtlichen Anforderungen erledigt. Im Allgemeinen wurden dringende Güter mit geringem Gewicht sowie geringer Größe und leicht verderbliche Waren mit der Straßenbahn befördert. Üblich waren auch mit Boten überbrachte Waren.

## 2.5 Expressmaschinen, Triebwagen und Schienenbusse

Auch bei diesen Maschinen ist ein Blick in die historische Entwicklung dieser Technik für das weitere Verständnis hilfreich. Zu Beginn des 19. Jahrhunderts war durch die Dampfmaschine ein entscheidender Impuls für die Weiterentwicklung des gesamten landgebundenen Verkehrswesens ausgegangen. In England stellte 1803 Richard Trevithick seinen ersten Dampfwagen auf Schienen vor. Eine Verbreitung scheiterte aus vielerlei Gründen. Ein Haupthindernis war das mangelhafte Schienenmaterial. Die gusseisernen Schienen hielten den Belastungen nicht stand. Erst 1820 gelang es John Biskinshaw brauchbare schmiedeeiserne Schienen entsprechender Länge in einer Walzmühle in Northumberland herzustellen. Die erste öffentliche „Eisenbahn mit Dampfswagen“ auf diesen Schienen fuhr in England 1825. Georg Stephenson's *Locomotion* fuhr von Darlington nach Stockton-on-Tees. Transportiert wurden in erster Linie Steinkohle, aber auch schon Personen. In Deutschland, genauer dem Deutschen Bund mit seinen 39 souveränen Königreichen, Fürstentümern und freien Städten, fuhr die erste eiserne Bahn bekanntlich 1835 zwischen Nürnberg und Fürth. Das System der eisernen Bahnen mit Dampfmaschinen verbreitete sich im überregionalen Verkehr rasch. Den Stand der eingesetzten Technik zeigt beispielhaft die Tafel 2.5/1. Dargestellt ist ein aktueller englischer „Dampfswagen für eiserne Schienen“ aus dem Jahr 1840. Vielleicht ist es eine der großen Errungenschaften jener Zeit das es überhaupt gelang, die divergierenden Interessen der Kleinstaaten in einem gemeinsamen Plan und einigen gemeinsamen technischen Merkmalen zu konzentrieren. Die Namen List, von Baader, Scharrer und Plattner werden wohl für immer mit dieser Leistung verbunden sein. Es ist aus heutiger Sicht kaum vorstellbar, welche Probleme zu überwinden waren. Es gab kaum etwas, was nicht von Kleinstaat zu Kleinstaat unterschiedlich geregelt war. Beispielsweise musste erst ein Vereinheitlichung der Zeitsysteme herbeigeführt werden, eine Grundvoraussetzung für ein überregionales Verkehrssystem. Die Vereinheitlichung auf die mitteleuropäische Zeit, die für den internationalen Verkehr entscheidend war, dauerte dann noch mal fast 60 Jahre.

Bild 2.5/1:  
Verordnung  
von 1893  
zur Einführung  
der mitteleuropäischen Zeit  
(am Beispiel  
des Königreich Sachsen)



Beim Transport von Personen und Gütern über größere Entfernungen war die „Eiserne Bahn“ seinerzeit wirtschaftlich konkurrenzlos. Es gab Länder in Europa, die bei ihrer verkehrspolitischen Entwicklung ganz auf dieses System setzten und den restlichen Landverkehr stark vernachlässigten. Eine Abgrenzung zwischen den vielen Ausführungen der Eisenbahnen zu den Varianten der im innerstädtischen Raum eingesetzten Fahrzeuge auf Schienen ist in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts nicht immer eindeutig möglich. Insbesondere bei den Fahrzeugen mit Dampftrieb gibt es große Überschneidungen zwischen den kleinen „Eisernen Bahnen“, den „Straßenbahnlokomotiven“ und den Expressmaschinen. Im innerstädtischen und stadtnahen Verkehr leisteten sie zumeist nur Zubringerfunktionen im Personenverkehr vom Umland zu den großen Bahnhöfen. Die heute bekannten Fahrzeugkategorien bei den „Eisenbahnen“ haben sich erst im Verlauf der Zeit herausgebildet.

Entstanden waren diese „flexibel nutzbaren Motorwagen für eiserne Bahnen“ aus der Idee, die Vorteile des Selbstfahrwesens mit denen der Eisenbahn zu verbinden. Die ersten Versuche mit derartigen Fahrzeugen fanden in den 40er Jahren statt. Man bezeichnete sie damals als Lokomotivwagen, Eisenbahn-Motorwagen, Expressmaschinen oder auch als Dampfdräsinen. Die eingesetzten Wagen waren am Anfang der Entwicklung kleinere, einfach gebaute Motorwagen für 4 bis 8 Personen. An Stelle der straßentauglichen Räder besaßen sie Räder für den Lauf auf Schienen. Eine Lenkung war natürlich nicht erforderlich. Einen dieser frühen, flexibel einsetzbaren, kleinen, zweiachsigen Wagen zeigt das Bild 2.5/2. Mit dieser Expressmaschine konnten 7 Personen befördert werden. Zur Bedienung reichte eine Person aus.

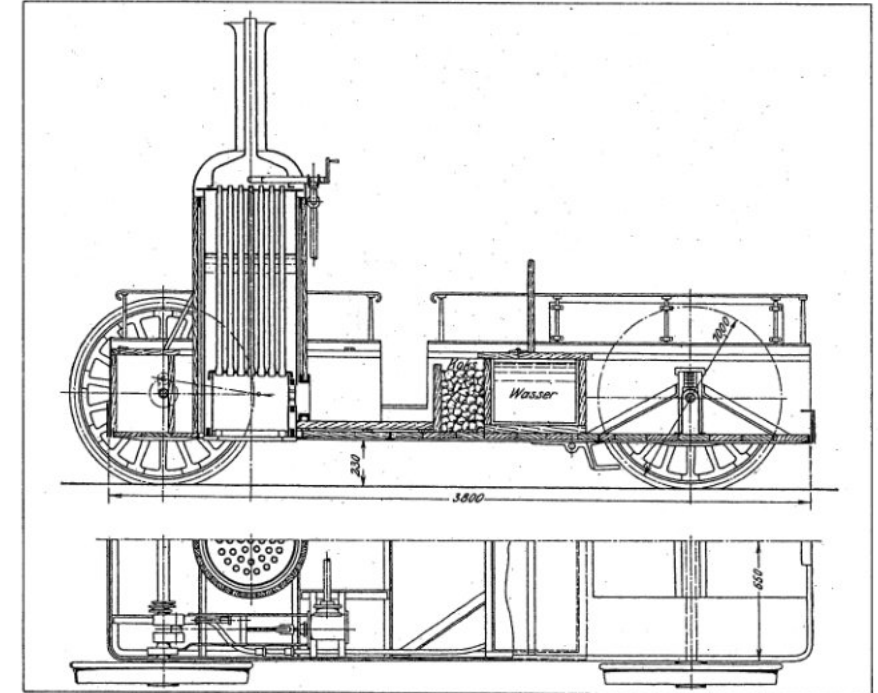
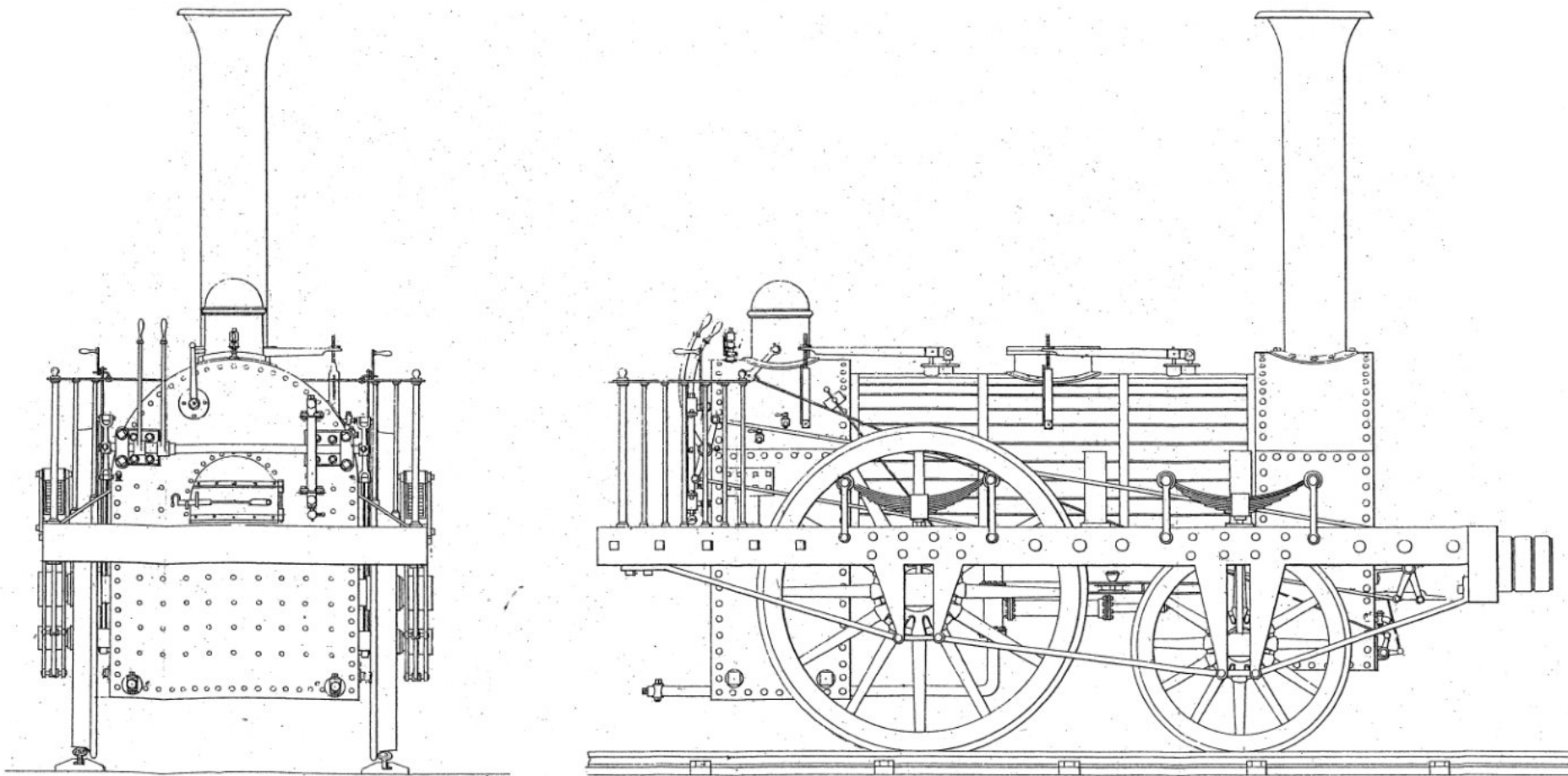


Bild 2.5/2: Englische Expressmaschine von Samuel (1847)



Tafel 2.5/1: Dampfwagen für eiserne Schienen  
(England, um 1840)



Bei dem geringen Verkehrsaufkommen und den niedrigen Geschwindigkeiten auf den frühen Eisenbahnlinien hätte eine grob abgestimmte Fahrtenplanung ausgereicht. Durchgesetzt hat sich die Idee nicht. Der Betrieb war nicht wirtschaftlich. Es hat in den folgenden Jahrzehnten immer wieder Versuche gegeben, die prinzipielle Flexibilität eines einfachen Personenbeförderungsmittels auf Schienen mit kleineren Fahrzeugen zu nutzen und einen Betrieb zu wagen. Aber erst ab den 70er Jahren, nach dem die Hauptlinien des Eisenbahnsystems ausgebaut waren, haben sie auf den Nebenstrecken eine größere Verbreitung gefunden. Allerdings in etwas anderer Form.

Die angesprochenen Motorwagen wurden im Laufe der Zeit immer größerer und leistungsfähiger. Es gab Eisenbahn-Motorwagen mit fest eingebauten, sehr kompakten Dampftrieben, die sich in ihrer Technik stark an den schnelllaufenden Hochdruck-Triebwerken der großen Selbstfahrer des Landverkehrs orientierten. Weiterhin gab es Fahrzeuge mit wechselbaren Antriebseinheiten, die einen speziell konstruierten Eisenbahn-Personenwagen zogen. Der Wagen wurde aufgesattelt. Aus den kleinen, flexiblen „Selbstfahrern auf eisernen Bahnen“ sind im Laufe der Entwicklung große Fahrzeuge geworden, die nach üblicher Manier nach festen Plänen fahren.

Eisenbahn-Motorwagen gab es in den unterschiedlichsten Ausführungen und Größen. Auch zweistöckige Wagen, wie sie in ihrem Grundkonzept schon bei Pferdebahnen eingesetzt wurden, waren darunter. Die großen Fahrzeuge der 80er und 90er Jahre wurden als doppelstöckige Großraumwagen ausgeführt. Die Passagierbereiche waren in zwei Klassen getrennt; einfache Sitze und Ausstattungen in der 3. Klasse, etwas komfortabler und großzügiger in der 2. Klasse. Die Wagen konnten mehr als 100 Personen befördert werden. Aus diesen Ansätzen entwickelten sich später die bekannten Triebwagen und Schienenbusse des 20. Jahrhunderts. Bei den größeren Fahrzeugen wurde häufig wechselbare Antriebseinheit verwendet. Der Kabinenwagen war aufgesattelt. Es gab diese kompakten Antriebseinheiten mit Dampfmaschinen, mit elektrischem Motor und später auch mit Explosionsmotoren.

Einige Ausführungen dieser Eisenbahn-Motorwagen sollen hier etwas genauer betrachtet werden. Es gibt bei ihnen einige deutliche Bezüge zu den dampfgetriebenen Selbstfahrern des Landverkehrs, besonders bei den Antriebseinheiten. Die Anforderungen an die Technik waren ähnlich. Die Fahrzeuge mussten schnell einsatzbereit sein, man setzte daher kompakte, schnellverdampfende Sicherheitskessel oder Durchlaufkessel ein. Die Antriebsmaschinen sollten so klein wie möglich bauen. Das führte zur Übernahme der schnelllaufenden Hochdruck-Dampfmaschinen in Unterflurbauweise. Es sollte daher nicht verwundern, wenn man als Hersteller dieser Eisenbahn-Motorwagen mit Dampftrieb die führenden französischen Dampfselfahrer-Hersteller jener Jahre wieder findet; z. B. die Unternehmen Serpollet, De Dion und Bouton, Purrey u. a. m.

#### Bemerkung:

In „Umland's Verkehrszeitung“, XVII. Jahrgang, vom 2. Juli 1903, S.52 sind Versuche mit so einem einfachen System aus „Selbstfahrern auf Eisenbahnen“ beschrieben.

*„Die österreichischen Eisenbahnbehörden haben in richtiger Erkenntnis der Vorteile, welche die Verwendung von Selbstfahrern für den Verkehrsdienst der Lokalbahnen und weniger frequentierten Staatsbahnlagen mit sich bringt, die Einstellung solcher Fahrzeuge in größerem Umfang in Aussicht genommen, nachdem die angestellten Versuche befriedigende Ergebnisse hatten. ...*

*Je geringer der Verkehr einer Bahn ist, desto schwieriger wird eine wirtschaftliche Betriebsführung. Die dann gebotene Einschränkung bei der Dichtigkeit der Zugfolge macht sich namentlich im Personenverkehr unangenehm fühlbar.*

Einige Jahre später meinten Spitzer und Krakauer in ihrer Untersuchung zum wirtschaftlichen Einsatz von Selbstfahrern auf Schienen (Motorwagen und Lokomotive. Verlag Alfred Holder. Wien 1907) dazu:

*Völlig unbeachtet von der großen Öffentlichkeit, zu wenig beachtet von der Mehrheit der Fachmänner, vollzieht sich im modernen Eisenbahngetriebe ein höchst interessanter, nur dem scharf blickenden Zuschauer wahrnehmbares Schauspiel. Das Automobil, der Unreife seiner Technik kaum erwachsen, begnügt sich nicht bloß damit, den Eisenbahnen Konkurrenz zu betreiben, durch „ständige Automobilinien“ den Bau gewisser Lokalbahnen überflüssig zu machen. Viel weiter geht sein Streben. Auf dem Geleise selbst, der ureigensten Domäne der Bahnen, will das Automobil – unter der Bezeichnung Motorwagen – ein weiteres Tätigkeitsfeld erringen. Will in vielen Fällen der Lokomotive den Platz streitig machen, der jetzt im Zenite ihrer Entwicklung stehenden Lokomotive, die ähnliche Versuche früherer Zeiten im Keime zu ersticken vermochte und die, seit den hundert Jahren ihres Bestandes mit den Eisenbahnen schier unlösbar verknüpft, dem Jahrhundert ihr unverwischbares Gepräge aufgedrückt hat. Diese zuerst nur sporadisch und vereinzelt auftretende Erscheinung wird immer häufiger. Eine immer größer werdende Zahl von Motorwagentypen tritt auf den Plan. Eine immer größer werdende Zahl von Eisenbahnen verwendet diese Typen, teils probeweise, teils dauernd. Es entspinnt sich ein zäher Wettkampf ...*

In der Tafel 2.5/2 ist die Expressmaschine (Eisenbahn-Motorwagen) Bauart Brunner, Schweiz, wiedergegeben. Gebaut wurde das Fahrzeug 1876 von der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik in Winterthur. Regulär konnten 64 Passagiere befördert werden. Der Doppelstockwagen besaß oben einen offenen Decksitzbereich (Imperiale) mit längs angeordneten Reihen, dos-a-dos. Das Gewicht der Antriebseinheit (Lokomotive) lag bei nur 6 Tonnen. Der aufgesattelte Wagenteil wog 5,5 Tonnen. Die Dampfmaschine hatte eine Leistung von 25 PS. Der Dampfdruck betrug 12 at, die Kesselheizfläche 13,6 m<sup>2</sup>. Der Dampferzeuger war als verkürzter Lokomotivkessel gebaut. Die beiden außenliegenden Zylinder waren, um Kollisionen mit der Umgebung zu vermeiden, sehr hoch angeordnet. Die Übertragung der Zylinderkraft erfolgte durch einen zweiarmigen Hebel. Der Durchmesser des Zylinders betrug 160 mm, der Hub 300 mm. Der Triebraddurchmesser lag bei 700 mm. Die Beiden Treibachsen waren außen gekuppelt. Mit dem Dampfomnibus wurden durchschnittliche Reisegeschwindigkeiten von etwa 20 km/h erreicht. Konzept, Aussehen, Kapazität und Leistung des Fahrzeugs entsprachen dem Stand der neuesten Technik der 70er Jahre.

Einen kleineren zweiachsigen Eisenbahn-Motorwagen zeigt die Tafel 2.5/3. Gebaut wurde er kurz vor der Jahrhundertwende in verschiedenen Ausführungen von der Waggonfabrik Ganz & Co in Budapest und von der Hannoverschen Waggonfabrik in Linden bei Hannover. Kessel und Dampfmaschine entsprachen der Bauart De Dion und Bouton. Der Wagen hatte 38 Sitzplätze (8 Plätze in der II. Klasse, 30 Plätze in der III. Klasse) und 6 Stehplätze und wog leer nur 12,8 Tonnen. Das Fahrzeug konnte mit Anhängewagen gefahren werden. Die Maschine leistete 35 PS. Die Fahrgeschwindigkeit für den gesamten Zug lag bei 20 km/h. Leer erreichte der Wagen maximal 55km/h. Dem auch aus heutiger Sicht modern anmutendem Wagen sah man von außen den Dampftrieb kaum an. Der gesamte Antrieb war vollständig integriert.

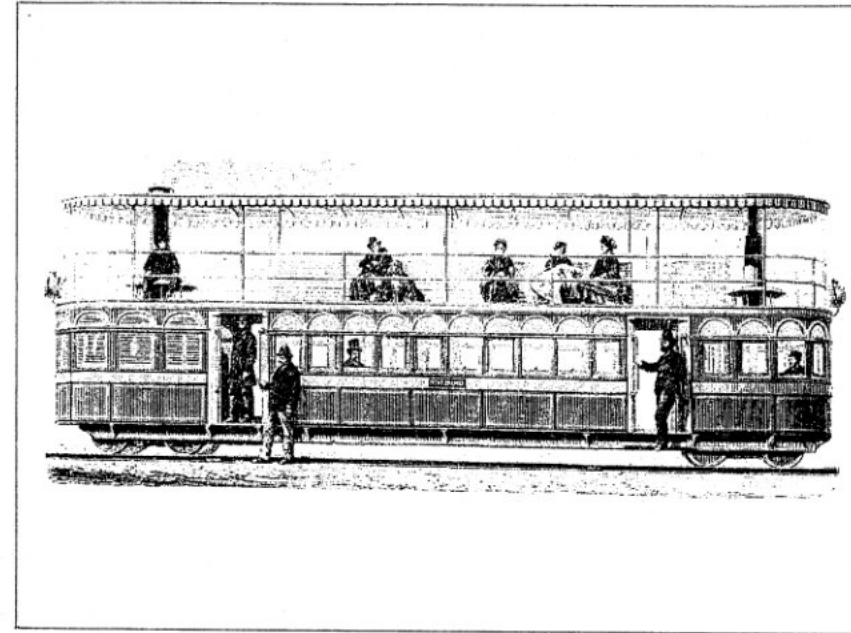
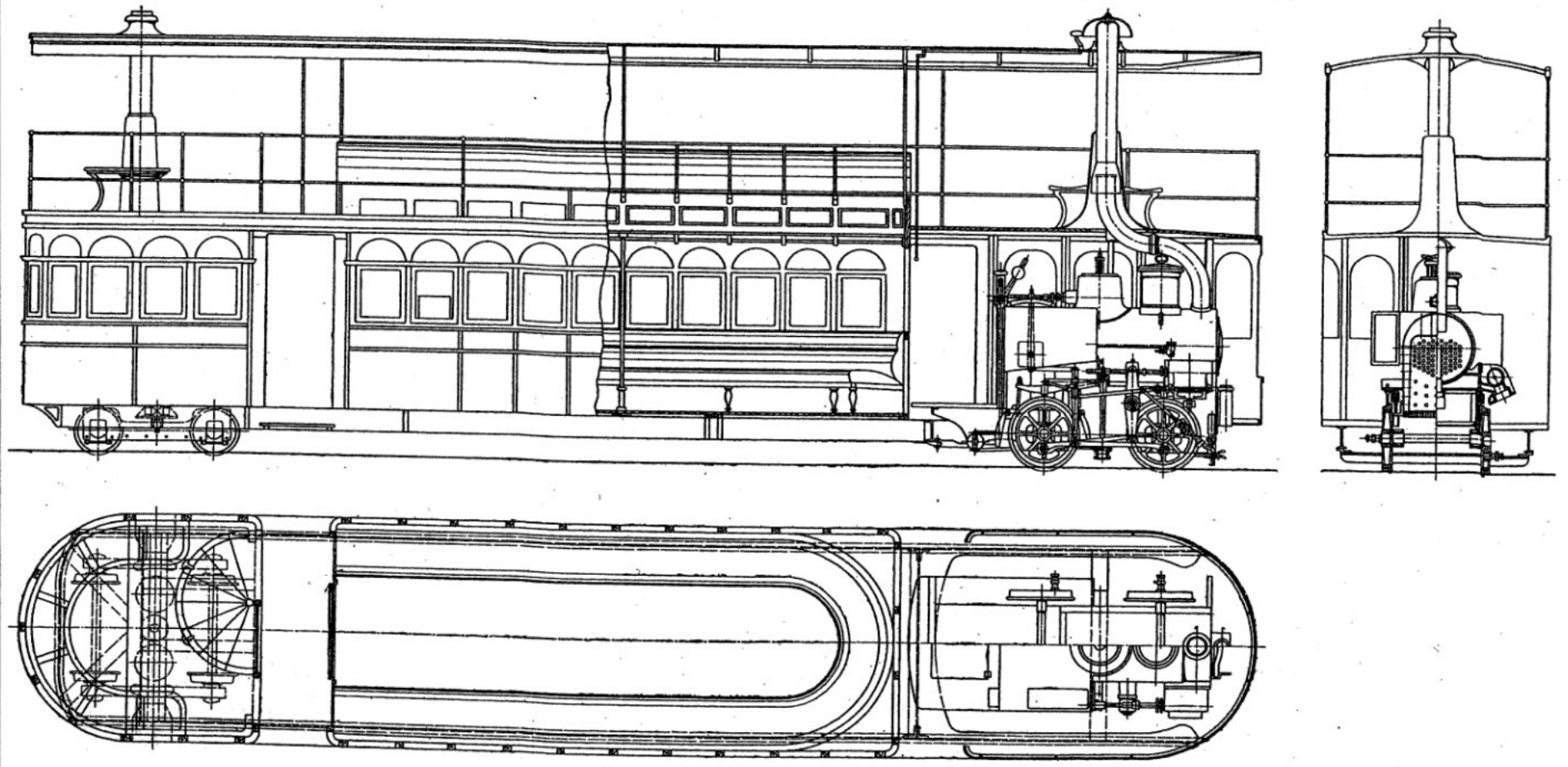


Bild 2.5/3: Die Expressmaschine von Brunner im Einsatz auf der Linie Lausanne – Echalles (um 1878)

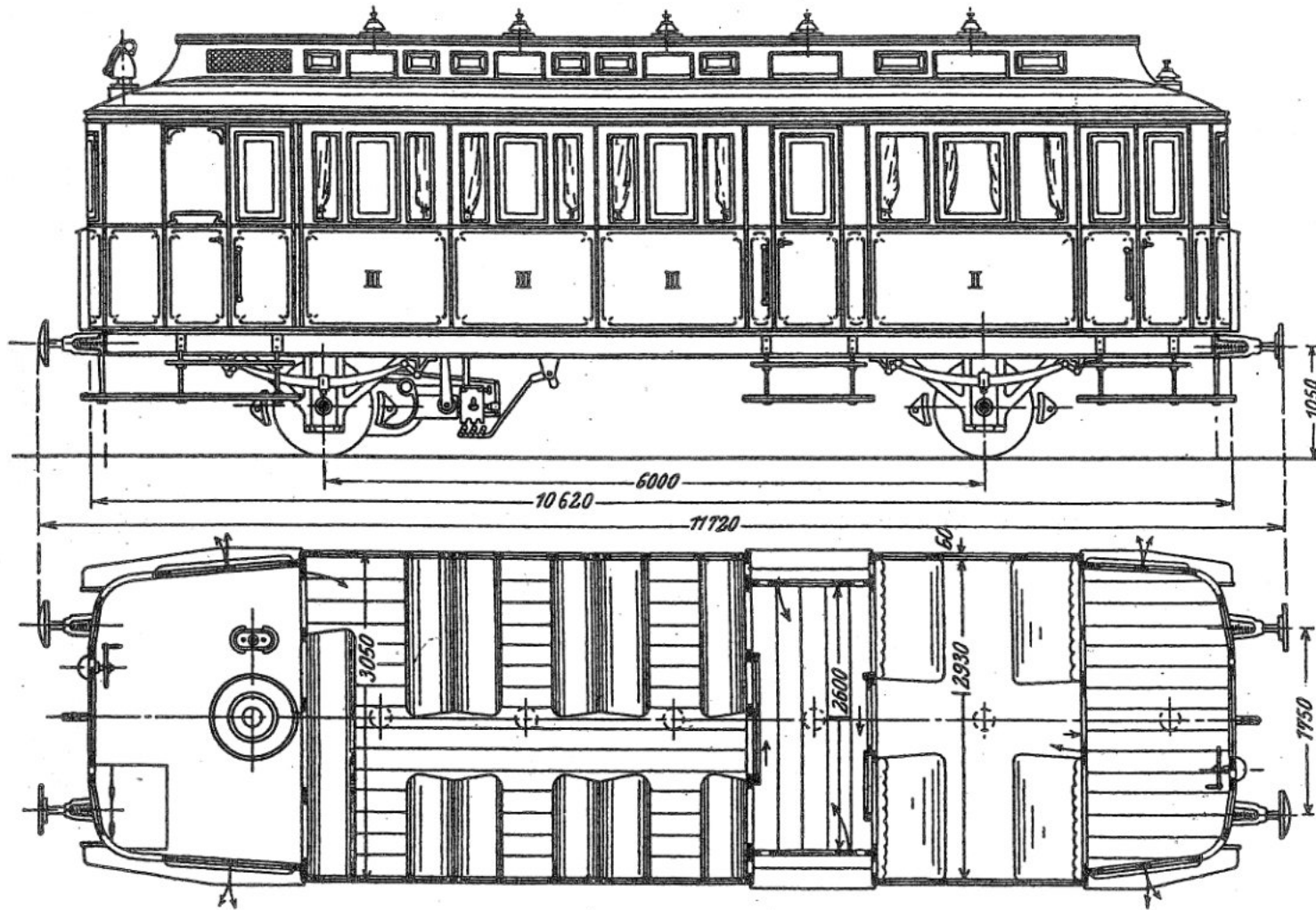
**Bemerkung:**

Die Expressmaschinen von Brunner aus dem Jahre 1876 sind nicht nur technisch interessant. Auch die Einsatzbedingungen dieser Maschinen sind bemerkenswert. Sie wurden nicht nur als Fahrzeuge für Normalbahnen eingesetzt, sondern auch im innerstädtischen Betrieb. Ein „Dampfomnibus“ dieses Typs fuhr beispielsweise im Linienbetrieb als Straßenbahn in Lausanne/Schweiz. Mit einem weiteren Fahrzeug wurde längere Zeit die Straßenbahnlinie Lausanne – Echalles bedient.

Eine exakte Trennung der Fahrzeuge in Wagen für den Betrieb auf Normalbahnen und solche für Straßenbahnen u.ä. oder eine Einteilung in andere Kategorien lässt sich in den 70er Jahren des 19. Jahrhunderts noch nicht vornehmen. Es wurde – unabhängig von der ursprünglichen Bestimmung – das eingesetzt, was unter den gegebenen Verhältnissen einen wirtschaftlichen Betrieb ermöglichte.



Tafel 2.5/2: Expressmaschine Bauart Brunner  
(Schweiz, 1876)



Tafel 2.5/3: Kleiner zweiachsiger Eisenbahn-Motorwagen  
 (Hersteller: Ganz & Co, Budapest, 1902)

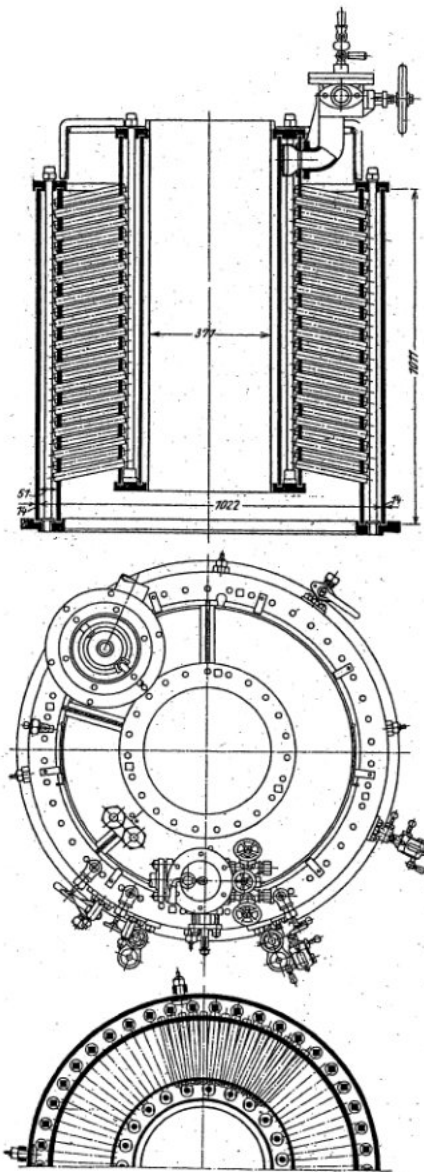
Als Beispiel für die technische Konzeption eines kompakten Hochleistungs-Antriebs für Eisenbahn-Motorwagen ist in den Tafeln 2.5/4 und 2.5/5 die Bauart De Dion und Bouton wiedergegeben.

In der Tafel 2.5/5 zeigt Figur 1 den zum Antrieb gehörenden Dampfkessel in der für De Dion und Bouton typischen Bauart. Der innere und äußere Ring sind durch eine sehr große Zahl schräg angeordneter Wasserrohre verbunden. Gefeuert wurde der Kessel mit Koks durch den inneren Ring. Er diente als Füllschacht. Es brauchte nur gelegentlich nachgefüllt werden. Der Eisenbahn-Motorwagen konnte bei einfachen Betriebsbedingungen ohne separaten Heizer gefahren werden. Der Kesseldruck lag bei etwa 20 at.

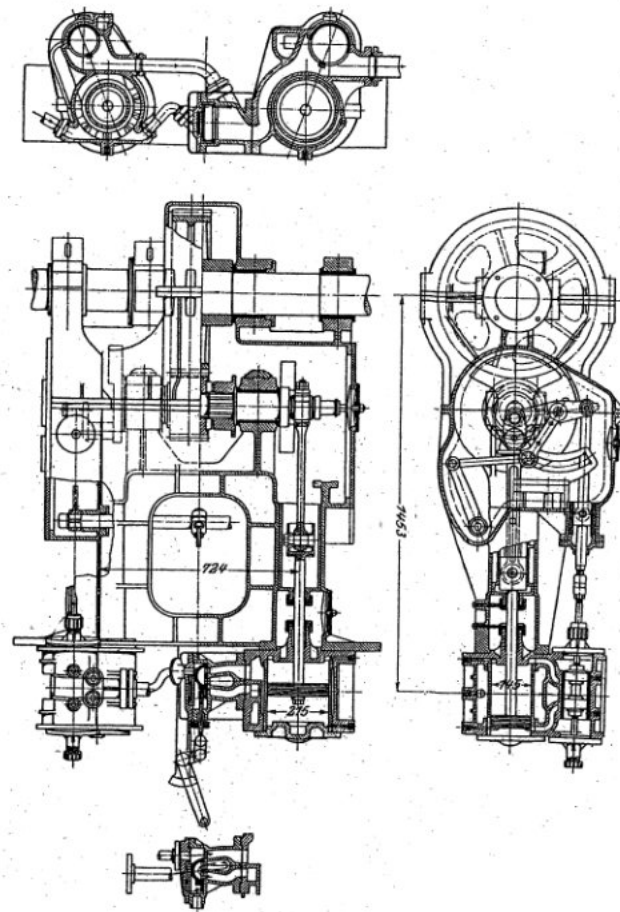
Figur 2 zeigt die dazugehörige Maschine etwas genauer. Es handelt sich bei ihr um eine zweizylindrische Verbundmaschine mit Lifu-Steuerung. Bei dieser sehr kompakten Unterflurmaschine war das Untersetzungsgetriebe mit angeflanscht. Das Untersetzungsverhältnis konnte in Grenzen an die verschiedenen Einsatzbedingungen beim Betrieb angepasst werden.

Figur 3 zeigt im Detail die Lifu-Steuerung der Maschine.

Die detaillierte Konstruktion in der Tafel 2.5/5 zeigt die kompakte Antriebseinheit eines größeren vierachsigen Eisenbahn-Motorwagens, gebaut von der Lokomotivfabrik Ganz in Budapest. Abgebildet ist das gesamte Drehgestell mit der integrierten Dampfmaschine. Der Antrieb zeigt den aktuellen Stand der Technik um die Jahrhundertwende. Die liegende Zweizylinder-Verbundmaschine leistete 80 PS. Sie war vollständig gekapselt.

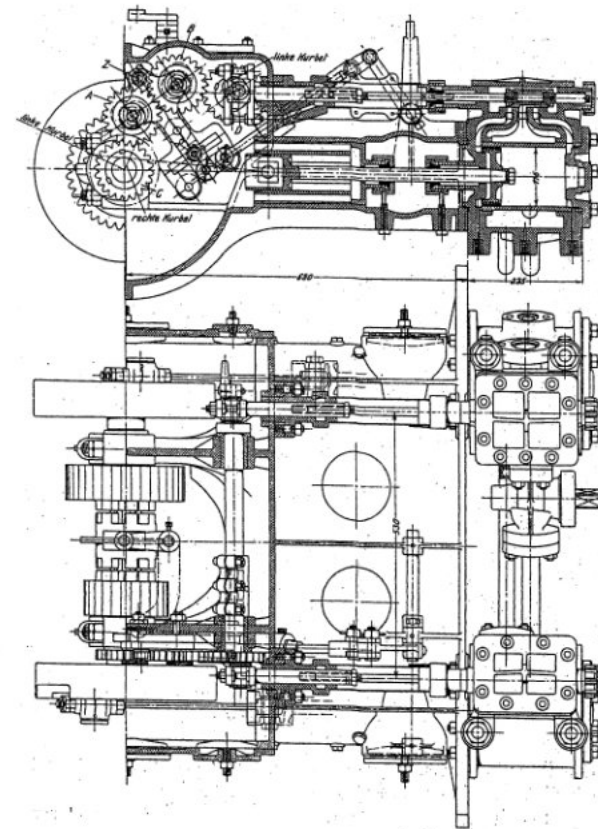


Figur 1: Dampfkessel

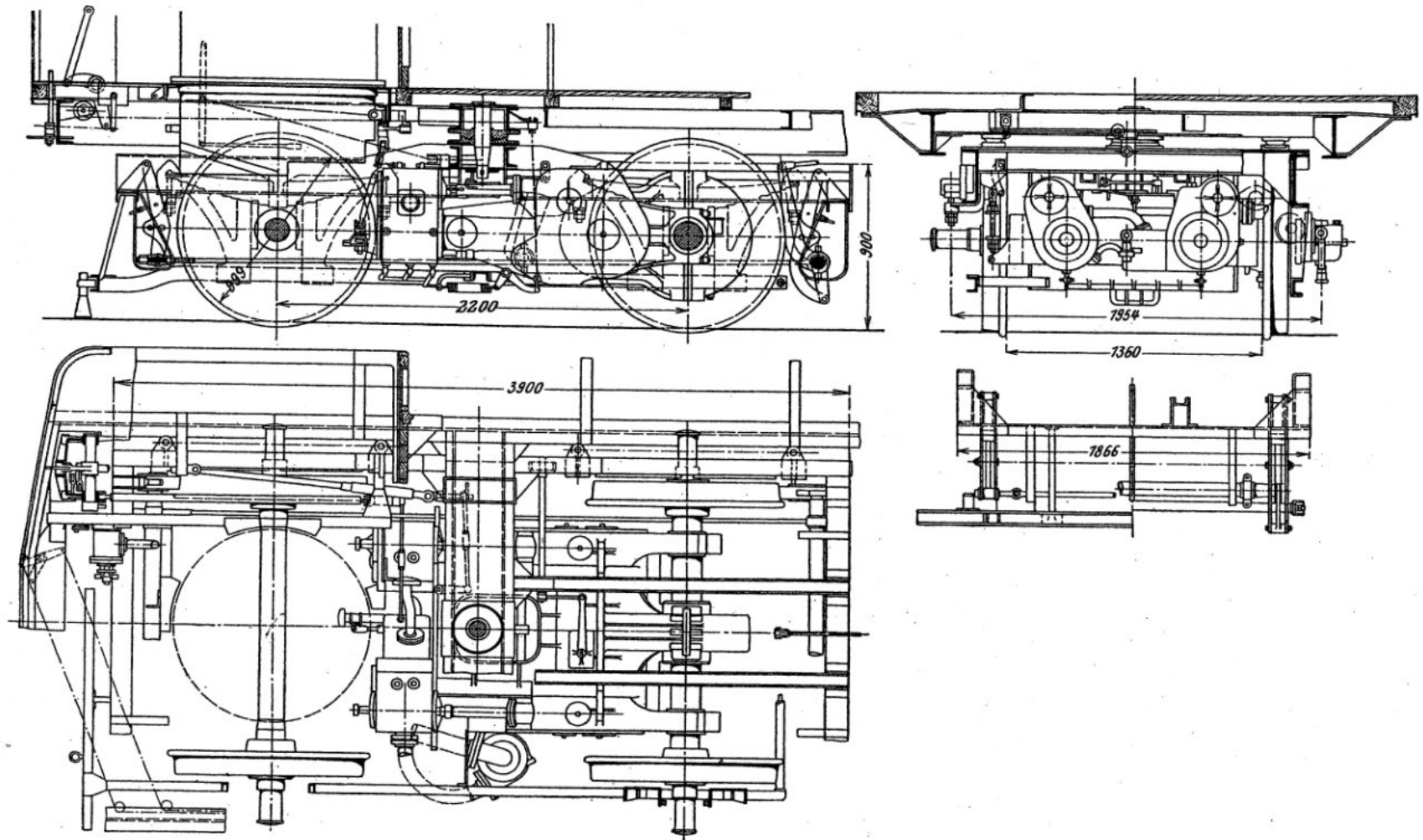


Figur 2: Unterflur-Dampfmaschine (Zweizylinder-Verbundmaschine)

Figur 3: Lifu-Steuerung der Dampfmaschine



Tafel 2.5/4: Kessel und Antrieb eines großen Motorwagens  
( Bauart: De Dion und Bouton; Hersteller: Ganz & Co, 1904)



Tafel 2.5/5: Antriebseinheit eines vierachsigen Motorwagens  
 ( Bauart: De Dion und Bouton; Hersteller: Ganz & Co, 1904)

Der Dampfmotorwagen eines deutschen Herstellers ist in der Tafel 2.5/6 dargestellt. Die Maschinenfabrik Eßlingen baute das Fahrzeug, Bauart Kittel, 1904. Der zweiachsige Wagen weist eine ganze Reihe technisch interessanter Merkmale auf.

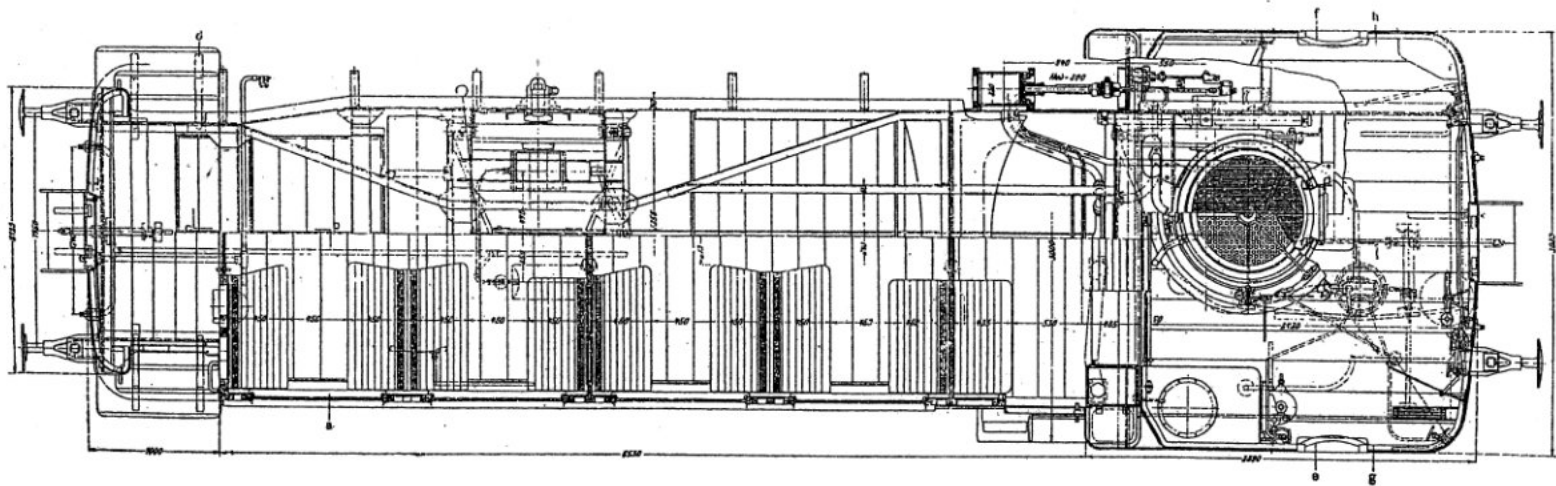
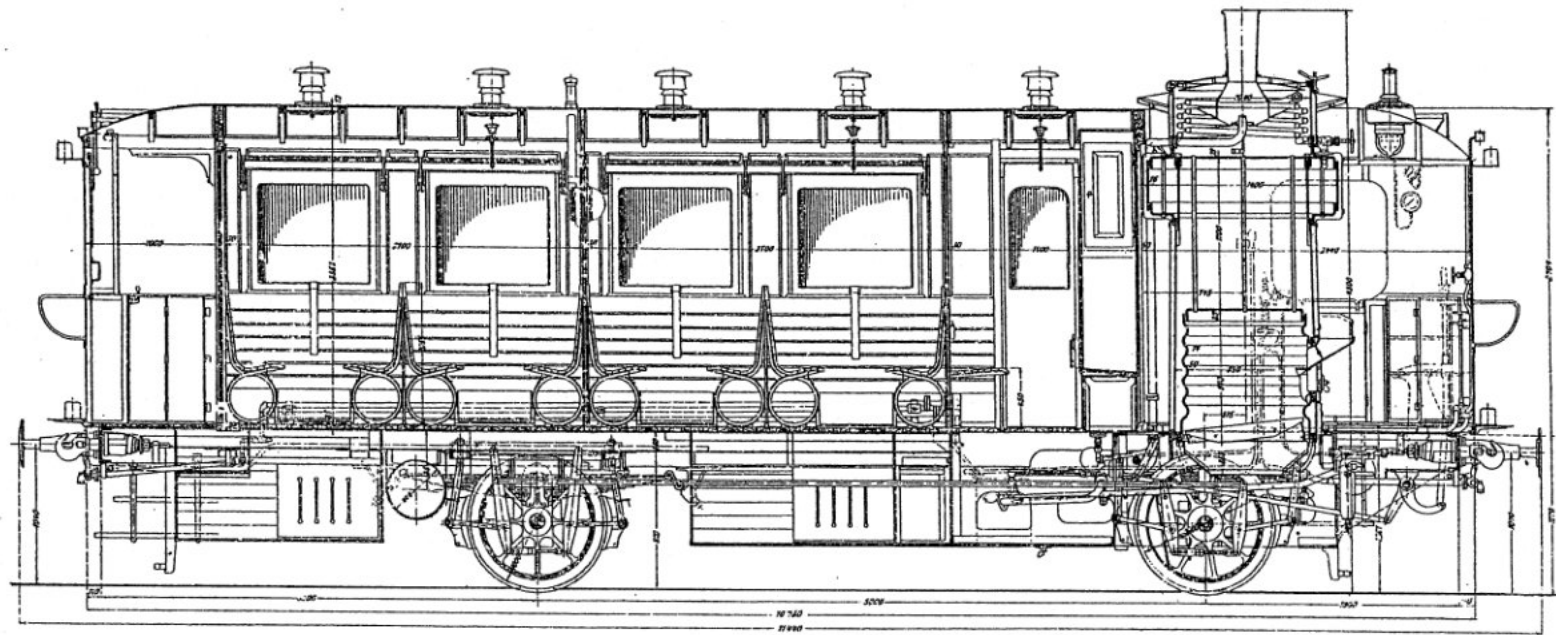
Der Raum für den Wagenführer war deutlich breiter gehalten als der Passagierbereich. Eine entsprechende Fensteranordnung erlaute dem Führer bei Rückwärtsfahrt einen guten Blick auf die Strecke.

Der etwas aus der Mittelachse des Fahrzeugs versetzte Stehkessel war ebenfalls eine Besonderheit. Ein sehr niedrig bauender kombinierter Box- und Röhrenkessel mit Überhitzer diente als Dampferzeuger. Die Feuerbüchse bestand aus gewelltem Blech. In der Decke waren die Rauchrohre eingewalzt. Zur Vergrößerung des Wasservolumens war nur der obere Teil des Kessels ringförmig vergrößert. Man sparte dadurch Bodenfläche. Darüber war die zylindrische Rauchkammer mit dem Überhitzer angeordnet.

Der Antrieb war bewährte Lokomotivtechnik. Zwei seitliche, unmittelbar auf die Räder der Treibachse wirkende Zylinder setzten den Dampfmotorwagen in Bewegung. Die Steuerung arbeitete nach dem Prinzip von Heusinger-Walschaert und besaß Flachschieber.

Hinter dem Raum für den Wagenführer lag ein Gepäckraum, der auch als Passagierraum genutzt werden konnte. Dahinter war die große Kabine für 40 Personen mit zwei getrennten Abteilungen angeordnet. Von einem kleinen, geschlossenen Abteil an der Rückseite des Fahrzeugs konnte bei Rückwärtsfahrt vom Wagenführer einige Wagenfunktionen gesteuert werden; beispielsweise die Notbremse, Dampfpfeife u.a.m.





Tafel 2.5/6: Dampfmotorwagen (Maschinenfabrik Eßlingen)  
 Bauart Kittel  
 (1904)

Es wurde schon erwähnt, dass auch bei den Eisenbahn-Motorwagen die Entwicklung in sehr breiten Bahnen verlief. Das betrifft insbesondere die verwendeten Antriebsarten. In der Tafel 2.5/7 ist ein Motorwagen mit Explosionsmotor, System Daimler, dargestellt. Die Bemühungen, den Daimler'schen Explosionsmotor bei Schienenfahrzeugen einzusetzen begannen schon 1893. Sieben Jahre später hatte man einen Stand erreicht, der im Linienbetrieb hinreichend zuverlässig und wirtschaftlich war. Seit 1900 verkehrten einige Fahrzeuge im Liniendienst auf Strecken der Württembergischen und Sächsischen Staatseisenbahn.

Zum Antrieb des dargestellten Wagens diente ein Vierzylinder-Viertakt- Benzinmotor von 30 PS. Die mittlere Drehzahl lag bei 700 U/min. Die stehende Maschine war etwa in der Wagenmitte angeordnet und nahm einen Teil des Passagierraumes ein. Die notwendige Motorverkleidung war als hölzerner Kasten um die Maschine gebaut. Sie hatte eine beträchtliche Größe.

Motor und Antriebsstrang konnten durch eine Kupplung getrennt werden. Beim Explosionsmotor war die Veränderung der Fahrgeschwindigkeit nicht so einfach wie bei der Dampfmaschine zu erreichen. Im Gestell des Wagens war daher ein Getriebe untergebracht, mit dem vier Geschwindigkeitsstufen eingelegt werden konnten. Der Wechsel der Geschwindigkeitsstufen während der Fahrt bereitete aufgrund der großen bewegten Massen noch erheblichere Probleme als bei den ersten Benzin-Selbstfahrern für den Landverkehr. Auch bei gelöster Kupplung war ein Wechsel nur bei mäßiger Geschwindigkeit möglich. Ohne „knatternde und kreischende“ Geräusche verlief auch der geübteste Wechsellvorgang nicht und ein größerer „Ruck“ ging durch das ganze Fahrzeug. Das reichte an Mechanik für den Betrieb aber noch nicht aus. Das Fahrzeug musste vorwärts und rückwärts fahren können. Dazu diente eine „Reversiervorrichtung“. Sie ist in der Tafel 2.5/7 als Kegelradgetriebe mit einem Ritzel mit zwei Kegelrädern vor der Antriebsachse zu erkennen. Je nach dem, ob man das rechte oder linke Kegelrad in Eingriff brachte, fuhr der Wagen vorwärts oder rückwärts. Damit war aber der Mechanik immer noch nicht genüge getan: die hohe Motordrehzahl musste noch durch ein Untersetzungsgetriebe vor der Antriebsachse verringert werden.

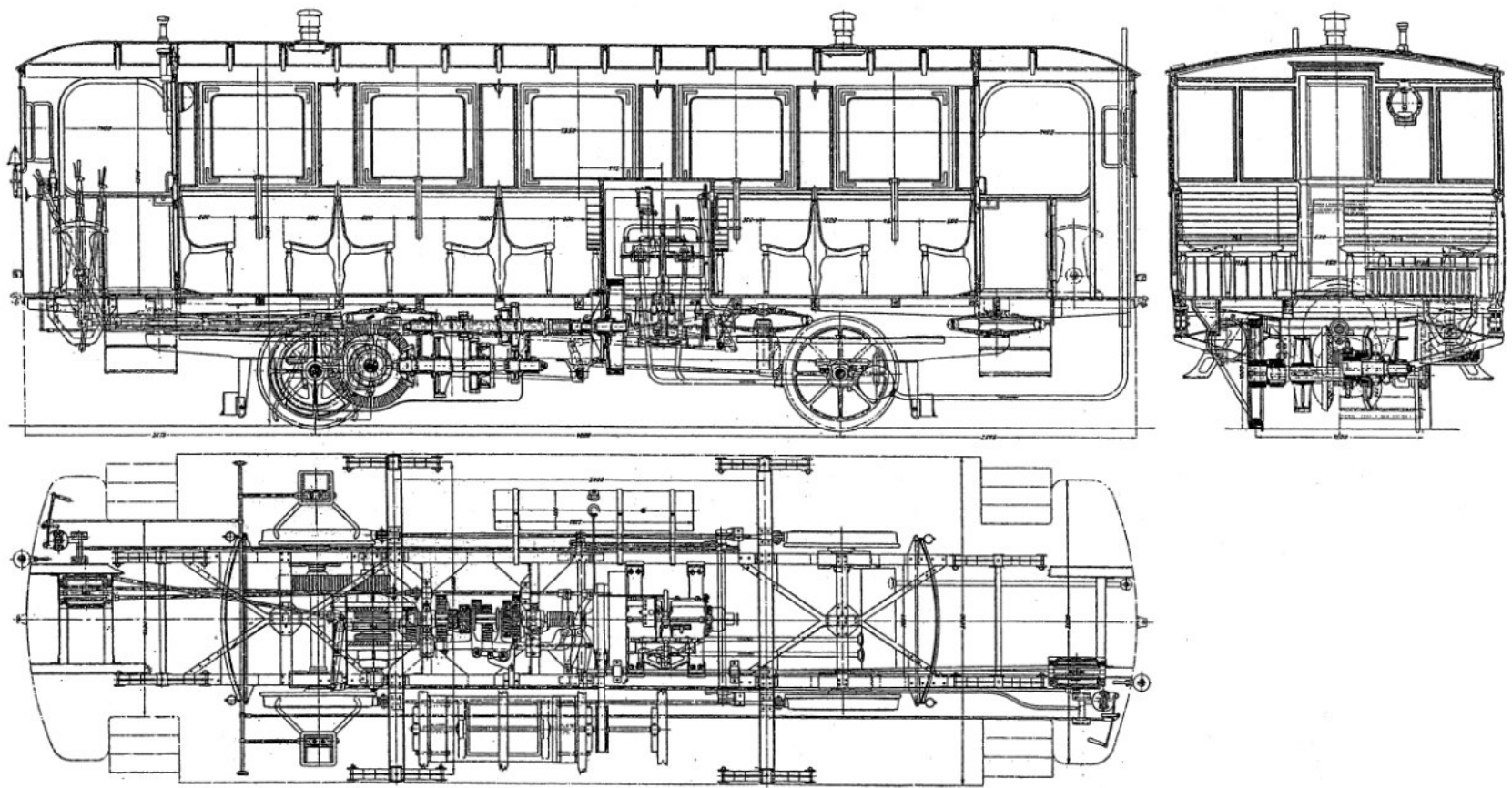
Die Kabine des Motorwagens fasste 44 Passagiere im Inneren. 8 Personen konnten auf den Plattformen stehen.

Die maximale Geschwindigkeit lag bei 32 km/h.

Das Gesamtgewicht betrug 18,5 Tonnen.

Der Motorwagen wurde von einer Person gefahren.

Für den Betrieb sehr vorteilhaft war, dass der Wagen zwei komplette Fahrstände besaß, einen an jedem Ende, mit allen für den Betrieb notwendigen Steuerungsorganen. Weiterhin hatte der Wagenführer, wenn das Fahrzeug mit der gewünschten Geschwindigkeit lief, nur noch Überwachungsaufgaben. Es brauchte weder nachgespeist noch Heizmaterial ergänzt werden, beim Benzinwagen lief das selbsttätig ab. Auch die Einhaltung der gewählten Geschwindigkeit wurde automatisch geregelt.



Tafel 2.5/7: Motorwagen mit Explosionsmotor  
System Daimler  
(1900)

#### Bemerkung:

Um 1900 gab es zwar eine ganze Reihe gesetzlicher Regelungen zur den Definitionen üblicher Bahnsysteme. Aber der dynamischen technischen Entwicklung hinkten sie ihn vielen Fällen hinterher. Das wird besonders am Zeitpunkt des Inkrafttretens des Gesetzes für Kleinbahnen deutlich. Am Beispiel Preußens soll die Gesetzeslage kurz aufgezeigt werden. In Preußen unterschied man:

#### a) Haupt- und Nebeneisenbahnen

Diese Bahnen unterstanden dem Eisenbahngesetz vom 3. November 1838.

#### b) Kleinbahnen und Privatanschlussbahnen

Sie unterstanden dem Gesetz vom 28. Juli 1892.

#### c) Bahnen, die lediglich für Privatzwecke genutzt wurden und keinen Anschluss an die öffentliche Eisenbahn besaßen (bzw. einen Anschluss hatten, aber keinen Maschinenbetrieb)

Diese Bahnen unterstanden dem allgemeinen Recht.

Das für den innerstädtischen Verkehr mit „Bahnen“ wichtigste Gesetz ist das vom 28. Juli 1892. Die technisch entscheidenden Bestimmungen werden nachfolgend wiedergegeben:

#### 1. Kleinbahnen.

**K. Gz. § 1.** Kleinbahnen sind die dem öffentlichen Verkehre dienenden Eisenbahnen, welche wegen ihrer geringen Bedeutung für den allgemeinen Eisenbahnverkehr dem Gesetze über die Eisenbahn-Unternehmungen vom 3. November 1838 nicht unterliegen.

Insbesondere sind Kleinbahnen der Regel nach solche Bahnen, welche hauptsächlich den örtlichen Verkehr innerhalb eines Gemeindefestbesirkes oder benachbarter Gemeindefestbesirke vermitteln, sowie die Bahnen, welche nicht mit Lokomotiven betrieben werden.

Ob die Voraussetzung für die Anwendbarkeit des Gesetzes vom 3. November 1838 vorliegt, entscheidet auf Anrufen der Beteiligten das Staatsministerium.

[Bemerkungen: Die in Art. 4 und Art. 41 bis 47 der Verfassung des Deutschen Reiches erwähnten und der Beaufichtigung und Gesetgebung des Reiches vorbehalten Eisenbahnen dienen dem allgemeinen Verkehre; nur auf sie findet das Gesetz vom 3. November 1838 Anwendung. Der Begriff der Kleinbahnen ist also nur negativ und dehnbarer. Für die rechtliche Eigenschaft einer Bahn als Kleinbahn ist es ohne Belang, ob sie einen eigenen Bahnkörper hat oder öffentliche Wege benutzt, ob sie vollspurig oder schmalspurig angelegt ist, ob sie mit Dampfkraft, mit elektrischer, mit pneumatischer, mit Gasleucht oder mit sonstiger Kraft betrieben wird; ebensowenig aber auch, ob sie zur Beförderung von Offizieren oder Personen, oder von Personen und Gütern bestimmt ist, ob sie eine große oder geringe Ausdehnung hat, ob sie sich auf den Bezirk einer Stadt oder ländlichen Gemeinde beschränkt oder nicht, sofern sie nur für den örtlichen, nicht aber für den allgemeinen Verkehr Bedeutung hat. Der Kreis der dem Gesetze vom 28. Juli 1892 unterstehenden Bahnen ist demnach ein sehr umfangreicher; er umschließt Bahnen der verschiedensten Art: Dampf-, Zahnrad-, elektrische Bahnen, Drahtseilbahnen, Schwebebahnen, Pferdebahnen usw., welche in ihrer Gestaltung und in ihrem Betriebe nichts weiter gemein haben, als dass sie sich eines Schienenweges bedienen.]

**K. Gz. § 2.** Zur Herstellung und zum Betriebe einer Kleinbahn bedarf es der Genehmigung der zuständigen Behörde (§ 3). Dasselbe gilt für wesentliche Erweiterungen oder sonstige wesentliche Änderungen des Unternehmens, der Anlage und des Betriebes. Diese Genehmigung ist zu verweigern, wenn die Erweiterung oder Änderung die Unterordnung des Unternehmens unter das Gesetz vom 3. November 1838 zur Folge haben würde.

**K. Gz. § 3.** Zur Erteilung der Genehmigung ist zuständig:

1. wenn der Betrieb ganz oder teilweise mit Maschinenkraft beabsichtigt wird: der Regierungspräsident, für den Stadtkreis Berlin der Polizeipräsident, im Einvernehmen mit der von dem Minister der öffentlichen Arbeiten benannten Eisenbahnbehörde;

2. in allen übrigen Fällen, u. zw. a) sofern Kunststraßen, welche nicht als städtische Straßen in der Unterhaltung und Verwaltung von Stadtkreisen stehen, benutzt oder von der Bahn mehrere Kreise oder nicht preussische Landesteile berührt werden sollen: der Regierungspräsident, im ersten Falle für den Stadtkreis Berlin der Polizeipräsident; b) sofern mehrere Polizeibezirke desselben Landkreises berührt werden: der Landrat; c) sofern das Unternehmen innerhalb eines Polizeibezirkes verbleibt: die Ortspolizeibehörde.

**K. Gz. § 4.** Die Genehmigung wird aufgrund vorgängiger, polizeilicher Prüfung erteilt. Diese Prüfung beschränkt sich auf:

1. Die betriebsbereite Beschaffenheit der Bahn und der Betriebsmittel,
2. den Schutz gegen schädliche Einwirkungen der Anlage und des Betriebes,
3. die technische Befähigung und Zuverlässigkeit der in dem äußeren Betriebsdienste anzustellenden Bediensteten,
4. die Wahrung der Interessen des öffentlichen Verkehrs.

**K. Gz. § 5.** Dem Antrage auf Erteilung der Genehmigung sind die zur Beurteilung des Unternehmens in technischer Hinsicht erforderlichen Unterlagen, insbesondere ein Bauplan, beizufügen.

**K. Gz. § 6.** Soweit ein öffentlicher Weg benutzt werden soll, hat der Unternehmer die Zustimmung der aus Gründen des öffentlichen Rechtes zur Unterhaltung des Weges Verpflichteten beizubringen.

**K. Gz. § 8.** Vor Erteilung der Genehmigung ist die zuständige Wegpolizeibehörde und, wenn die Eisenbahnanlage sich dem Bereiche einer Festung nähert (bis auf etwa 15 km nach K. Gz. A. vom 19. November 1892), die zuständige Festungsbefehle zu hören. In diesem Falle darf die Genehmigung nur im Einverständnisse mit der Festungsbefehle erteilt werden.

Wenn die Bahn sich dem Bereiche einer Reichstelegraphenanlage nähert, so ist die zuständige Telegraphenbehörde vor der Genehmigung zu hören.

Soll das Gleis einer dem Gesetze vom 3. November 1838 unterworfenen Eisenbahn gekreuzt werden, so darf auch in den Fällen, in denen die Eisenbahnbehörde im Übrigen nicht mitwirkt (§ 3), die Genehmigung nur mit ihrem Einverständnisse erteilt werden.

**K. Gz. § 9.** Außer den durch die polizeilichen Rückichten (§ 4) gebotenen sind in der Genehmigung auch die Verpflichtungen zu bestimmen, welchen der Unternehmer im Interesse der Landesverteidigung und der Reichspostverwaltung (§ 42) zu genügen hat. — Hierzu bestimmt K. Gz. A. vom 19. November 1892:

Bei allen für den Maschinenbetrieb eingerichteten Bahnen sind im Interesse der Landesverteidigung folgende Bestimmungen bei der Erteilung der Genehmigung zu beachten:

#### I. Gleise.

a) Es sind außer der Vollerpe von 1,435 m nur Spurrweiten von 0,60, 0,75 und 1,00 m zuzulassen.

b) Sofern Querschwellenbau angewendet wird, soll das Mindestgewicht der Schienen 9,8 kg/m betragen.

c) Bei einer Spurrweite von 0,60 m soll der kleinste Krümmungshalbmesser 30 m betragen.

d) Die Lichte Weite der Spurrinnen bei Weichen, Kreuzungen, Ueberwegen usw. soll nicht unter 0,035 m betragen.

Die Bestimmungen unter c) und d) gelten nicht für Straßenbahnen.

#### II. Rollendes Material.

a) Für Bahnen mit einer Spurrweite von 0,60 m sollen Lokomotiven und Wagen derartig gebaut sein, dass sie Krümmungen von 30 m Halbmesser anstandslos durchfahren können.

b) Es sind nur einachsige Räder zu verwenden.

c) Die Betriebsmittel der Bahnen mit 0,60 m Spurrweite sollen Mittelpuffer in einer Höhe von 0,30 bis 0,34 m über S.-O. erhalten.

d) Das Ladegewicht der Wagen, in kg ausgedrückt, soll durch 500 teilbar sein.

#### III. Bahnhofsanlagen.

Sofern die Kleinbahnen an andere Bahnen anschließen und ein Uebergang der Wagen nicht möglich ist, sind zweckentsprechende Vorrichtungen zum Umladen herzustellen.

Sofern es sich lediglich um die Erweiterung eines bestehenden Bahnunternehmens handelt, kann die Beibehaltung der bisherigen Spurrweite und des bisherigen Schienengewichtes für die Erweiterungstrasse auch dann genehmigt werden, wenn beides den Bestimmungen zu 1a) und b) nicht entspricht.

Falls im übrigen ausnahmsweise aus besonderen Gründen eine Abweichung von den vorstehenden Bestimmungen für notwendig erachtet werden sollte, ist an den Minister der öffentlichen Arbeiten behufs der im Einverständnisse mit dem Kriegsminister zu treffenden Entscheidung Bericht zu erstatten.

Bezüglich aller Kleinbahnen, welche ganz oder teilweise in Kreisen, welche an einen nicht zum Deutschen Reiche gehörigen Staat grenzen, oder in einem Gelände, welches seiner besonderen militärischen Bedeutung wegen den Grenzkreisen gleichgestellt ist, liegen, ist vor Erteilung der Genehmigung dem Kriegsminister durch Vermittlung der General-Kommandos Anzeige zu erstatten. Der Anzeige ist bei jeder für den Betrieb mit Maschinenkraft einzurichtenden Bahn der Bauplan, im übrigen, selbst den für das Unternehmen wichtigsten tatsächlichen Angaben, ein Lageplan beizufügen.

Falls ausnahmsweise die für die Genehmigung zuständige Behörde den im Interesse der Landesverteidigung gestellten Forderungen bei der Beschlussfassung über den Genehmigungsantrag zu entsprechen Bedenken tragen sollte, so sind dem Minister der öffentlichen Arbeiten die Bedenken vorzutragen.

Das Vorstehende gilt auch von wesentlichen Erweiterungen oder Änderungen des Unternehmens, der Anlage oder des Betriebes solcher Bahnen.

**K. Gz. § 10.** Bei der Genehmigung von Bahnen, auf welchen die Beförderung von Offizieren stattfinden soll, kann vorbehaltlich der Genehmigung des Ministers zur Gestattung der Einführung von Anschlussgleisen für den Privatverkehr anzuhalten. Art und Ort des Anschlusses unterliegen der Genehmigung der eisenbahntechnischen Aufsichtsbehörde.

**K. Gz. § 20.** Die Betriebsmaschinen sind vor ihrer Einstellung in den Betrieb und nach Verhabe erheblicher Änderungen, außerdem aber zeitweilig der Prüfung durch die zur eisenbahntechnischen Aufsicht über die Bahn zuständige Behörde zu unterwerfen.

[Bemerkung: Für die Betriebsmaschinen gilt B. O. § 11 (a. S. 628), dagegen für die feststehenden Maschinen die „Anweisung des Ministers für Handel und Gewerbe vom 15. März 1897“ (a. Abteil. I, VII. Abschn., Kraftmaschinen, Gestalt. Bestimmungen über Dampfkesel).]

**K. Gz. § 25.** Unternehmer von Kleinbahnen sind verpflichtet, sich den Anschluss anderer Bahnen gefallen zu lassen, sofern er zulässig erachtet wird von der Behörde, welche die Genehmigung für die Bahn, an die der Anschluss erfolgen soll, erteilt hat.

[Bemerkung: Nur Weichenanschlüsse bei gleichem Spurrweiten ist hierbei gemeint. Die Einlegung einer Anschlussweiche, nicht aber die Benutzung einer Gleise muss der Unternehmer gestatten.]

**K. Gz. § 29.** Unternehmer der Kleinbahnen können die Gestattung des Anschlusses (a. vorhin) ihrer Bahnen an Eisenbahnen verlangen, welche dem Gesetze vom 3. November 1838 unterliegen, sofern es der Minister der öffentlichen Arbeiten für zulässig erachtet.

**K. Gz. § 30.** Haben Kleinbahnen nach Entscheidung des Staatsministeriums eine solche Bedeutung für den öffentlichen Verkehr gewonnen, dass sie als Teil des allgemeinen Eisenbahnnetzes zu behandeln sind, so kann der Staat ihren eigentümlichen Erwerb beanspruchen, gegen Entschädigung des vollen Wertes nach einer mit einjähriger Frist voranzugehenden Ankündigung.

**K. Gz. § 39.** Zur Anlage von Straßenbahnen in Berlin und Potsdam bedarf es königlicher Genehmigung.

**K. Gz. § 42** regelt die Verpflichtungen der Kleinbahnen gegenüber der Reichspostverwaltung. Diese Verpflichtungen sind weit geringer als die den Hauptbahnen nach dem Eisenbahngesetz vom 20. Dezember 1875 und als die den Nebenbahnen nach den Bestimmungen des Reichskassiers vom 28. Mai 1879 obliegenden.

## 2.6 Die Dampfwagen und Dampfbusse

Ob es von Anfang so geplant war, ist ungewiss. Lässt man die Fahrzeuge der frühen Pioniere, die Wagen von Cugnot aus Frankreich (1769 und 1770), das verkleinerte Modell von Murdoch (1784), dem Mechaniker Watt's und anderen außer acht, so waren die ersten begrenzt einsatzfähigen Dampfwagen Fahrzeuge zur Beförderung von Personen. Vermutlich erwarteten die Erfinder beim Einsatz zur Personenbeförderung ein kleines Geschäft. Im Vergleich zu Pferdeutschen aller Art war man schneller, konnte mehr Personen befördern und brauchte keine aufwendige und teure Infrastruktur mit vielen Wechselstationen und einer Futterbevorratung. Auch wenn ein Pferd nicht im Einsatz war, Futter und Pflege brauchte es trotzdem. Die frühen Dampfwagen waren zumeist kutschenähnliche Vehikel in Mischbauweise. Das Fahrgestell und der Wagenkasten waren in der bewährten Technik des Kutschenbaus aus Holz gefertigt. Der „Maschinenteil“ mit dem Kessel, der Dampfmaschine und dem Antrieb war größtenteils aus Eisen und nach den neuen Techniken der Metallhandwerker ausgeführt. Der Maschinenteil war an den unterschiedlichen Stellen im Wagen untergebracht. Dem Erfindergeist waren keine Grenzen gesetzt. Befördert werden konnten bis zu zwanzig Personen.

Bei der Entwicklung von Dampfwagen lassen sich grob fünf Entwicklungsphasen unterscheiden.

In der **ersten Entwicklungsphase** der Dampfwagen, etwa von 1770 (davor gab es nur vage Ideenskizzen) bis 1820, wurden die frühen Pionierfahrzeuge gebaut. Der Nachweis der Machbarkeit der Selbstbewegung durch Dampfkraft stand im Vordergrund. Einzelne Dampfwagen fahren.

In der **zweiten Entwicklungsphase** von 1820 bis 1860 wurden die ersten im praktischen Betrieb einsetzbaren Dampfwagen entwickelt. Es sind häufig große, schwere, kutschenähnliche Wagen für die Beförderung von Personen. Der Maschinenteil nahm bei vielen von ihnen noch mehr als die Hälfte des gesamten Fahrzeugraumes ein. Englische Konstruktionen dominieren. Einige Dampfutschen fahren in England bis in die 40er Jahre des 19. Jahrhunderts im Linienbetrieb.

Die **dritte Phase** dauerte von 1860 bis 1880. In dieser Zeit tauchen wesentlich kleinere und schneller fahrende Dampfwagen auf. Die hölzernen Fahrgestelle und Räder werden nach und nach durch metallische Konstruktionen abgelöst. Leistungsstarke Hochdruck-Dampfmaschinen mit höheren Drehzahlen kamen zum Einsatz. Der gesamte Antrieb nahm nur noch wenig Platz im Fahrzeug ein. Die Entwicklung verlagert sich von England auf den Kontinent, vornehmlich nach Frankreich.

In der **vierten Entwicklungsphase** von 1880 bis 1900 wurden die ersten individuell nutzbaren Dampfwagen gebaut. Die Bedienung und Inbetriebhaltung sind soweit vereinfacht, dass sie von einer Person beim Fahren ausgeführt werden können. Es waren die Vorläufer unserer heutigen Automobile. Die Dampfwagen werden noch leichter und schneller. Leichte Ganzmetallkonstruktionen überwiegen. Französische Konstruktionen waren führend.

In der **fünften Phase der Entwicklung**, ab 1900, verlieren Dampfwagen rasch an Bedeutung. Der Siegeszug der Motorwagen mit Verbrennungsmotor beginnt. Fahrzeuge mit Dampftrieb werden noch bis in die 40er Jahre des 20. Jahrhunderts gebaut. Trotz des Einsatzes moderner Technologien haben sie keine größere Bedeutung mehr erlangt. Die Herstellung ist über einzelne Fahrzeuge für Versuchs- und Demonstrationszwecke nicht hinaus gekommen.

Die ersten „Dampfbusse“ stammen aus der Phase zwischen 1820 und 1860. Führend beim Bau dampfgetriebener Fahrzeuge war in dieser Zeit England. 1830 fuhren in London 26 Dampfwagen im Straßenverkehr. Ein Jahr später wurde der erste überregionale Linienverkehr

mit Dampfbussen aufgenommen. Kutschen mit Dampftrieb im innerstädtischen Verkehr zur öffentlichen Personenbeförderung führen in London ab 1833. Die Aufzählung darf nicht darüber hinweg täuschen, dass der Anteil der Dampfbusse an der Personenbeförderung im Vergleich zu den traditionellen Beförderungsmitteln der Kutschen aller Art verschwindend gering war. Unumstritten war der Betrieb der Fahrzeuge in dieser Zeit nicht. Aber letztendlich bestimmten nicht rationale Überlegungen die weitere Entwicklung in England sondern die politische Machtverhältnisse. Vertretern der Eisenbahngesellschaften und der traditionellen Fuhrunternehmen gelang es ein Gesetz einzubringen, welches einen sinnvollen Betrieb dampfgetriebener Fahrzeuge fast unmöglich machte. Das Gesetz (Locomotiv Act) wurde verabschiedet und ging als „Red Flag Act“ in die Analen ein. Danach durften Dampfwagen u.a. nur mit einer sehr geringen Geschwindigkeit auf den Landstraßen fahren (in der Stadt nur 3km/h) und eine Person musste am Tage zu Fuß mit einer roten Flagge (nachts mit einer Laterne) vorangehen um andere zu warnen. Als Besatzung der Fahrzeuge waren mindestens 3 Personen gefordert. Tragisch war, dass dieses Gesetz bis 1896 in Kraft blieb. Das war das Ende einer anfänglich so euphorisch begonnenen Entwicklung leistungsfähiger dampfgetriebener Straßenfahrzeuge. Die Entwicklung in England nahm die bekannte Richtung. Entwickelt und mit einigem Erfolg in größeren Stückzahlen gebaut wurden nur langsamfahrende, schwere Dampfschlepper aller Art. Der Fortschritt zog auf das europäische Festland und natürlich in die USA. Für die führenden französischen Konstruktionen war eine eigenständige, fortschrittliche Bauweise typisch. Es gab zwar einige Entwicklungslinien, die sich an englischen Konstruktionen orientierten. Bekannte Hersteller dieser Richtung waren Revon, Galy, Cazalat, Dietz u. a. (Die Wagen von Carl Dietz sind ein Beispiel für die schweren, lokomotivähnlichen Konstruktionen. 1834 fuhr ein derartiger Straßenzug eine Zeit lang im regelmäßigen Personenverkehr zwischen Paris und Versailles.) Charakteristisch für französische Konstruktionen aber waren die leichten und schnellen Selbstfahrer mit „Hochdruck-Dampferzeugern“ und schnelllaufenden Maschinen. Péqueur entwickelte schon 1827 einen leichten Dampf-Frachtwagen, dessen fortschrittliches Konzept im Prinzip bis heute beim LKW-Bau geblieben ist. Vorne im Wagen war ein kompaktes Dampfaggregat untergebracht, angetrieben wurde die Hinterachse. Sie besaß schon ein Differential.

Französische Dampfbusse fuhren ab Mitte der 30er Jahre, zumeist zu Demonstrations- und Versuchszwecken. Im Linienbetrieb zur Personenbeförderung wurden einige dieser weiterentwickelten Wagen dann in den 40er Jahren mit Erfolg eingesetzt. Ein Beispiel hierfür ist der Dampfbus von Osmont. Er wurde von 1840 bis 1850 im Linienbetrieb zur Personenbeförderung eingesetzt.

### Bemerkung:

1831 kam eine unabhängige Kommission des englischen Unterhauses noch zu folgendem Urteil: „Sie (die Dampfwagen) lassen sich auf den Landstraßen mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 10 Meilen stündlich betreiben. Sie können bei dieser Geschwindigkeit 14 Fahrgäste befördern. Das betriebsfertige Gewicht liegt bei unter 3 Tons. Bedeutende Steigungen können in beiden Richtungen leicht und sicher überwunden werden. Die Fahrgäste sind in keiner Weise gefährdet. Die Dampfwagen, wenn richtig gebaut, stören oder belästigen durchaus nicht das Publikum. Der Dampftrieb ist schneller und billiger als der Pferdebetrieb. Die Wege werden durch die hier angewandten breiten Radkränze mehr geschont.“

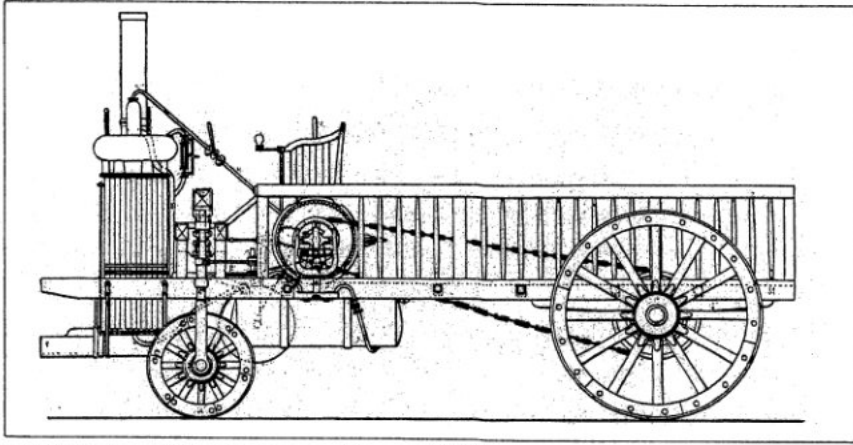


Bild 2.6/1: Dampf-Frachtwagen von Pécqueur (1827)

Moderne, leichte, schnellfahrende Dampfswagen wurden ab den 60er Jahren gebaut. Die fortschrittlichsten Wagen besaßen keine trägen und explosionsgefährdeten Dampfkessel mehr. Mit Hilfe ihrer Hochdruck-Schnellverdampfer mit Flüssigbrennstoff-Feuerung waren die Fahrzeuge innerhalb weniger Minuten fahrbereit. Als Antriebsaggregat dienten leichte, schnelllaufende Hochdruckdampfmaschinen.

Die Erfinder und Unternehmen in Deutschland, die sich mit dem Bau von Dampfswagen auseinander gesetzt haben, orientierten sich am Anfang stark an den englischen Vorbildern. Gebaut wurden zumeist langsamfahrende, schwere Fahrzeuge. Ab den 60er Jahren des 19. Jahrhunderts ging man allerdings auch eigene Wege. Man blieb aber zumeist in der Fahrzeugkategorie „schwere, langsamfahrende Dampfschlepper“ als Zugmaschinen für den Lastentransport auf Straßen und als Pfluglokomotiven mit Winden für die Landwirtschaft. Man baute mit einigem Erfolg. Die Herstellung von modernen, leichten und leistungsfähigen Dampfswagen wurde hierzulande „wahrscheinlich“ nur von einzelnen Personen oder kleineren Unternehmen betrieben. „Wahrscheinlich“ deshalb, weil dieser Teil der eigenen Technikgeschichte leider - weitgehend in Vergessenheit geraten ist. Vielleicht ist „Vergessenheit“ auch der falsche Begriff. Die Leistungen dieser frühen Pioniere sind gar nicht wahrgenommen worden. Im Kapitel 3 dieses Buches wird ein beschränkter Versuch unternommen, wenigstens einige Hersteller und ihre Fahrzeuge wieder ins Bewusstsein zu rufen. Die Dampfswagen der Maschinenfabrik von Hermann Michaelis, sie sind Gegenstand dieses Buches, werden im Kapitel 5 genauer behandelt. Das waren solche eigenständige Konstruktionen. Die Wagen verbanden das Antriebsprinzip der Expressmaschinen und Lokomotiven mit einem im Landverkehr einsetzbaren Fahrzeug zum Transport schwerer Güter oder von Personen. Den Hersteller kennt heute kaum noch jemand.

Die frühen Dampfbusse hatten sowohl im Überlandverkehr als auch im Personenverkehr der Städte eine verschwindend geringe Bedeutung. Im Verkehrsgeschehen der Städte dominierte die Pferdeeisenbahn. Das Bild änderte sich in den 70er Jahren des 19. Jahrhunderts. In den 80er Jahren tauchten diese Fahrzeuge dann schon vermehrt in den großen Zentren auf, vornehmlich in Frankreich. Dank der hoch entwickelten Technik der Dampftriebe waren zu jener Zeit schon Fahrzeuge im Einsatz, mit denen bis zu 40 Personen (mit Anhängewagen

entsprechend mehr) befördert werden konnten. Diese Dampfbusse waren die Vorläufer der heutigen Omnibusse. Nach der Jahrhundertwende waren die drei damals bekannten Antriebsarten: der Dampftrieb, der elektrische Antrieb mit Oberleitung oder Akkumulator und der Explosionsmotor eine Zeit lang parallel im Einsatz. Letztendlich durchgesetzt hat sich der Omnibus mit modernem Verbrennungsmotor.

Um den technischen Stand der Fahrzeuge und den Verlauf der technischen Entwicklung deutlich zu machen, sind in den nachfolgenden Bildern und Tafeln - entsprechend der Ausrichtung dieses Buches - einige dieser frühen Dampfbusse anhand von Skizzen oder Zeichnungen genauer dargestellt. Die Reihenfolge der Darstellungen orientiert sich an den vorgenannten Entwicklungsphasen der Dampfswagen.

**Bemerkung:**

Zu den ersten Einsätzen von Straßenlokomotiven in Deutschland gibt es eine Vielzahl von Berichten. Im „Jahrbuch der Erfindungen“, Leipzig 1865, S. 229 ff. wird beispielsweise zu dem Thema berichtet. Bei dem im Beitrag erwähnten Straßenlokomotiven handelt es sich um englische Maschinen von Aveling und Porter aus Rochester, die 1862 auf der Kunst- und Industrieausstellung in London einem breiten Publikum präsentiert worden sind und große Beachtung gefunden haben.

Schon früher war eine derartige Maschine in Deutschland ausgestellt und geprüft worden, nämlich auf der Schweriner Maschinen-Ausstellung im Jahre 1861. Nach Kahlmann's Urtheile waren ihre Leistungen aber nicht gerade glänzend. Bei der Probefahrt auf der Straße zwischen Schwerin und Ranzow führte hauptsächlich das Schwenken der Räder und Rupperte, welches auch beim Stillhalten der Maschine, ja selbst beim Absteigen des Rauch- und Dampfabflusses nicht aufhörte.

Im Ganzen hat sich indessen diese Maschine anfangs viele Freunde erworben und man hat vielfach, auch in Deutschland versucht, sie zur Bewegung von Wagenzügen auf Chausseen zu benutzen. So schaffte sich z. B. die Gesellschaft „Beichelsheim“ eine solche Lokomotive an, welche zum Transport von Braunkohlen aus der 2,6 Meilen von Bromberg entfernten Marienruhe bei Gotsierah nach Bromberg verwendet wurde. Diese Maschine, welche mit Inbegriff des (beträchtlich ermäßigten) Eingangsholzes auf 6790 Pfund zu stehen kommt, hat 10 nominelle Pferdekräfte, 9 1/4 Zoll Zylinderdurchmesser, 14 Zoll Kolbenhub, der Dampfüberdruck beträgt 80 bis 120 Pfund pro Quadratzoll, und sie macht bei 1/2 Meilen Geschwindigkeit in der Stunde etwa 90 Kolbenstriche per Minute. Auf ziemlich ebener Chaussee zieht sie 5 Lastwagen mit etwa 600 Pfd. Centner Ladung, bei Steigungen von 1:12 ist aber diese Last auf 3—400 Centner zu reduciren; das eigene Gewicht der Maschine beträgt 160 Centner. Nach Angabe des Betriebsdirectors Schwidtal behält die Maschine diese Leistung auch bei, wenn der schlechteste Wetter die Straße 4 bis 6 Zoll hoch mit Roth bedeckt ist. Der Steinkohlenverbrauch der Maschine beträgt etwa 1/2 Tonne pro Meile; man kann auch Braunkohlen feuern, namentlich Preßbraunkohlen, nur keine klaren Braunkohlen, da diese zu viel Asche geben. Nach einer Mittheilung des Bergmeisters Kange kamen im Jahre 1863 die Transportkosten der Braunkohle auf 3,28 preuß. Pfennige für den Centner und die Meile zu stehen. Der Verkehr soll nach günstigen Nachrichten durch die Maschine nicht wesentlich gestört worden sein, auch die Beschädigungen der Chaussee sollen nicht nennenswerth sein. Indessen liegen hierüber auch ganz gegentheilige Nachrichten vor und die Maschine soll diesen zufolge viel theurer arbeiten als Pferde.

Richard Hartmann in Chemnitz schaffte sich eine solche Aveling-Porter'sche Maschine an, um den Verkehr zwischen seinem Etablissement und dem Bahnhofe zu vermitteln. Beim ersten Versuche schleppte dieselbe einen 150 Centner schweren Dampfessel auf einem 100 Centner schweren Schlepptwagen und außerdem noch eine 50 Centner schwere Last von der Fabrik nach dem Bahnhofe und fuhr dann mit einer Eisenladung zurück. Indessen scheint diese Maschine den an sie gestellten Forderungen nicht ganz entsprechen zu haben und sie wurde deshalb außer Dienst gestellt.

## 1. Entwicklungsphase: Dampfbusse aus der Zeit bis 1820

Im Bild 2.6/2 ist die Dampfkutsche von William Symington dargestellt. Das Konzept stammt aus dem Jahre 1786! Das vierrädrige Fahrzeug erinnert sehr stark an den Bau der Kutschen. Vorder- und Hinterteil des Fahrzeugs sollten durch Langbäume verbunden werden. Als Passagierraum war ein üblicher, federnd aufgehängter Kutschenkasten vorgesehen. Kessel und Dampfmaschine waren im hinteren Teil des Fahrzeugs zusammengefasst. Mit etwas Phantasie kann man in der Anordnung die Idee des kompakten Heckantriebs erkennen. Der Antrieb der Hinterräder sollte durch ein Zahnrad/Zahnstangengetriebe mit Freilauf erfolgen. Die Zahnstange wurde vom Dampfzylinder direkt angetrieben. Das Fahrzeug konnte mit den damaligen Mitteln natürlich nicht gebaut werden. Das Konzept war richtungweisend. Es war technisch seiner Zeit weit voraus.

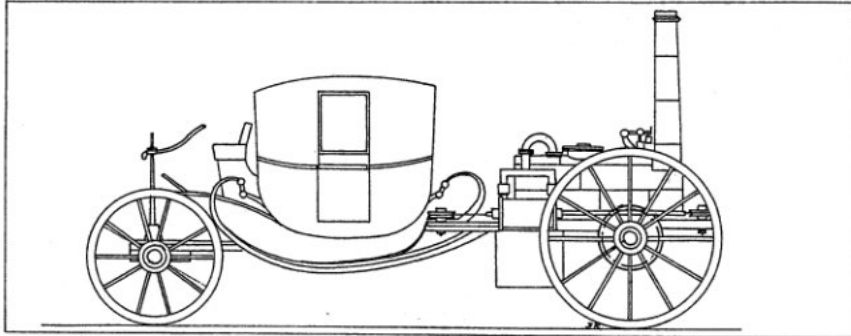


Bild 2.6/2: Dampfkutsche von Symington (1786)

Fast 20 Jahre später fuhr die erste Dampfkutsche tatsächlich. Nach vielen Versuchen stellte Richard Trevithick seine große Dampfkutsche vor. Sie besaß drei Räder. Die beiden Hinterräder waren über 2 Meter groß. Der Kessel im Heck war liegend angeordnet. Der Zylinder war im Kessel integriert. Der Kesseldruck betrug schon 4 at. Die Hinterräder wurden über ein Zahnradvorgelege von der Kurbelwelle angetrieben. Auch bei diesem Fahrzeug wurde noch ein üblicher Kutschenkasten verwendet.

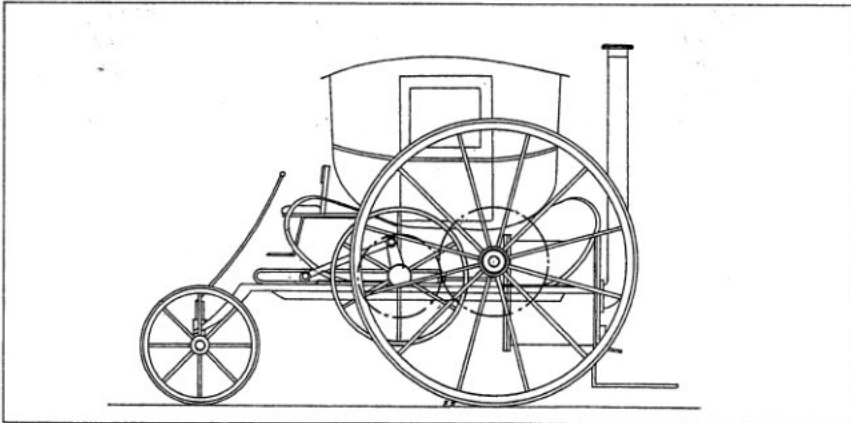


Bild 2.6/3: Dampfkutsche von Trevithick (1803)

## 2. Entwicklungsphase: Dampfbusse aus der Zeit von 1820 bis 1860

Die Skizze zeigt einen Dampfbus aus der Anfangszeit dieser Phase. Das Fahrzeug wurde 1821 von Julius Griffith aus Brompton entworfen und bei Bramah & Sons gebaut. Es diente ausschließlich der Personenbeförderung und lag damit im unmittelbaren Wettbewerb mit den Pferdekutschen. Vorder- und Heckteil des Wagens waren durch zwei massive Langbäume verbunden. Auch bei diesem Dampfbus war der gesamte Antrieb nebst Kessel im Heck untergebracht. Die etwas vergrößerten Hinterräder wurden durch eine liegende Zweizylindermaschine über mehrstufige Zahnräder angetrieben. Der Abdampf wurde durch einen Kondensator geführt. Ein Teil des Speisewassers wurde (erstmal bei einem Straßenfahrzeug) so zurückgewonnen. Der Maschinenteil nahm über 1/3 der Fahrzeuglänge ein. Zur Unterbringung der Passagiere waren zwei Kutschenkästen hintereinander angeordnet. Es war Platz für 12 Personen vorhanden. Trotz einiger Umbauten ist der Dampfbus von Griffith über Probefahrten nicht hinaus gekommen.

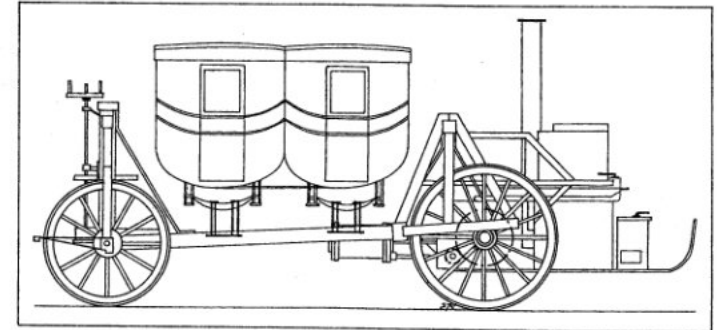


Bild 2.6/4:  
Dampfkutsche  
von Griffith  
(1821)

Gegen Ende des Jahrzehnts, um 1828, baute Goldsworthy Gurney eine schon deutlich kompaktere Dampfkutsche. Ein von den Kutschen übernommener Berline-Kasten mit einigen zusätzlichen, offenen Sitzbänken bot Platz für 16 Personen. Die Hinterachse war gekröpft und als Kurbelwelle ausgebildet. Die Achse wurde direkt von einer Zweizylindermaschine mit einer Leistung von 12 PS angetrieben. Ein Pilotrad diente zur Lenkunterstützung des schweren Fahrzeugs. Die Dampfkutsche erreichte eine Durchschnittsgeschwindigkeit von bis zu 16 km/h. Es wurden einige Versuchsfahrten erfolgreich absolviert. Unter anderem eine Fernfahrt von London nach Bath. Längere Zeit im Linienbetrieb war die Kutsche nicht. Es gab in jenen Jahren noch einige weitere Personen, die ähnliche Dampfkutschen bauten, Burstall & Hill, William James, Walter Hancock, Macerone und Squire u. a. m.

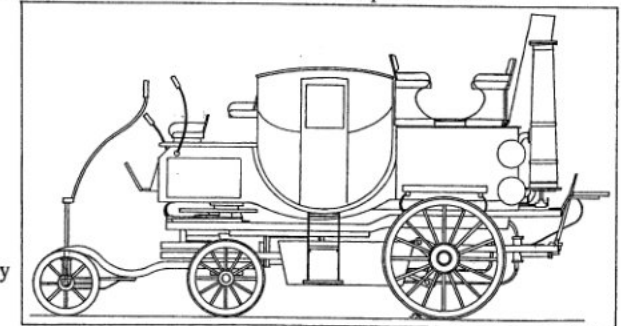


Bild 2.6/5:  
Dampfkutsche von Gurney  
(1828)

Noch einmal knapp 10 Jahre später nahmen die Dampfwagen zur Personenbeförderung schon mehr den Charakter von „Omnibussen“ an. Die Unterbringung der Passagiere in von Kutschen übernommenen Kästen wurde aufgegeben. Es entstanden die Vorformen der heute noch üblichen Busse mit durchgehendem Boden und oft schon quer zur Fahrtrichtung angeordneten Sitzreihen. Der gesamte Sitzbereich wurde überdacht und bei einigen Fahrzeugen auch schon vollständig geschlossen. Walter Hancock aus Stratford leistete bei der Entwicklung dieser Busformen Pionierarbeit. Bei allen seinen Fahrzeugen war der Maschinen- und Kesselbereich nicht getrennt. Er lag in einem Block zusammengefasst hinten. Nahm bei seinem ersten Dampfbus noch dieser Block über ein Drittel der gesamten Wagenlänge ein, so änderte sich das Bild rasch. Einige Jahre später und einige Entwicklungsschritte weiter hatte dieser Bereich nur noch die Dimensionen eines kompakten Heckantriebs – jedenfalls für „Dampfverhältnisse“. Die ab Anfang der 30 Jahre von Hancock gebauten Dampfbusse „Autopsy“ und „Enterprise“ waren Vertreter dieser Bauweise. Der Dampfbus „Enterprise“ war eines der ersten Fahrzeuge zur öffentlichen Beförderung von Personen im innerstädtischen Bereich, also der erste Stadtbus, der im Linienbetrieb eingesetzt worden ist. 14 Personen konnten mit ihm befördert werden. Im Bild 2.6/6 ist der Dampfbus „Autopsy“ dargestellt. Das Fahrzeug besaß eine Zweizylinder-Maschine und einen kompakten Kessel. Ein Teil des Antriebs war unter dem Rahmen angeordnet. Der Heckantrieb nahm nur noch etwa ¼ der gesamten Länge des Wagens ein. Das Fahrzeug war für den Betrieb als Zugmaschine ausgelegt. Bis zu drei Personenanhänger konnten gezogen werden.

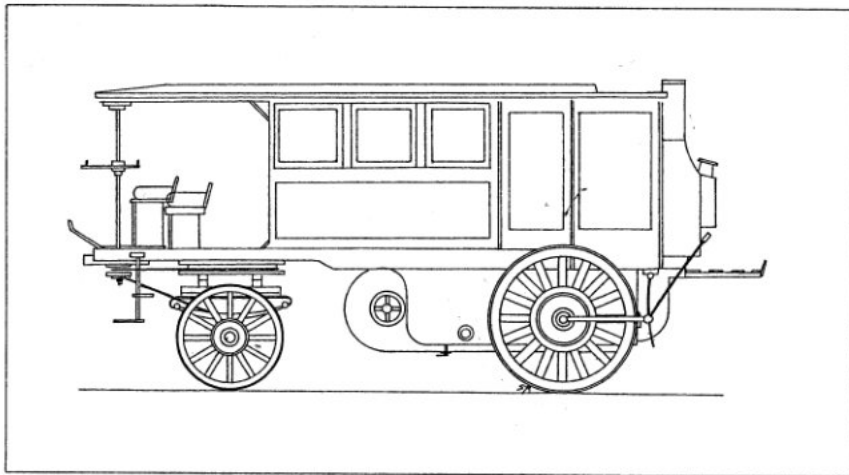


Bild 2.6/6: Dampfbus „Autopsy“ von Hancock

#### Bemerkung:

Ein Fahrzeug aus dieser frühen Phase des Selbstfahrwesens soll an dieser Stelle etwas genauer betrachtet werden, und zwar eine Dampfkutsche von Goldsworthy Gurney (1793 – 1875). Ein Mann, dem man in zeitgenössischen Quellen nachsagt, er habe ein gesunde Selbstbewusstsein, eine gehörige Portion Durchsetzungsvermögen und gute Verbindungen zu den vermögenden Kreisen besessen. Gurney stammte aus Cornwall und war Arzt und Chemiker. Er begann mit den ersten Versuchen einen Wagen mit Dampfkraft anzutreiben im Jahr 1824. Am Anfang noch in Zusammenarbeit mit Maceroni. Sein erster Wagen wurde 1826 oder 1827 fertig gestellt. Zur Fortbewegung diente ein Schreitmechanismus. Die Idee war nicht neu. 1824 hatte David Gordon ein Patent auf einen Wagenantrieb mit „künstlichen Beinen“ erhalten. Ähnlich wie bei den Dampfwagen auf eisernen Bahnen war man in jener Zeit noch der Meinung, dass die Reibung zwischen den Rädern und der Fahrbahn nicht ausreichen würde, in jeder Belastungssituation den Vortrieb zu gewährleisten.

1825 hatte Gurney ein Patent auf einen Antriebsmechanismus genommen, bei dem ein auf Rädern laufender Wagen von einem Schreitmechanismus unterstützt wurde, falls die Räder durchdrehten sollten. Bei den weiteren Versuchen stellte sich aber heraus, dass die künstlichen Beine überflüssig waren. Es ist typisch für diese frühen technischen Entwicklungen, dass sich die Pioniere in kleinen Schritten an die Lösung der vielen Probleme herantasteten.

Die große Dampfkutsche im Bild 2.6/5 war seiner Zeit ein sehr modernes Fahrzeug mit einer Vielzahl richtungweisender Innovationen. Die technische Ausführung dieser Kutsche wird im Folgenden etwas detailliert beschrieben.

Gurney hat nicht nur Dampfkutschen gebaut, sondern auch so genannte „Drugs“. Gemeint sind damit dampfgetriebene Zugmaschinen, an die beliebige Wagen für den Personen- oder Lastentransport angehängt werden konnten.

Die Meinungen zu der Anzahl der von Gurney insgesamt gebauten Fahrzeuge gehen auseinander. Wahrscheinlich sind 6 bis 7 Dampfwagen in seinem Auftrag gebaut worden.

Das bekannteste und auch erfolgreichste Modell war die große Dampfkutsche von 1828. Mit ihr wurden, wie erwähnt, auch Fernfahrten mit Passagieren durchgeführt. Zwischen London und Bath ging eine wiederholt befahrene Strecke.

Die Dampfkutsche von Gurney war das erste öffentliche Personenbeförderungsmittel, das von einer Maschine angetrieben worden ist und einige Zeit praktisch im Einsatz war.

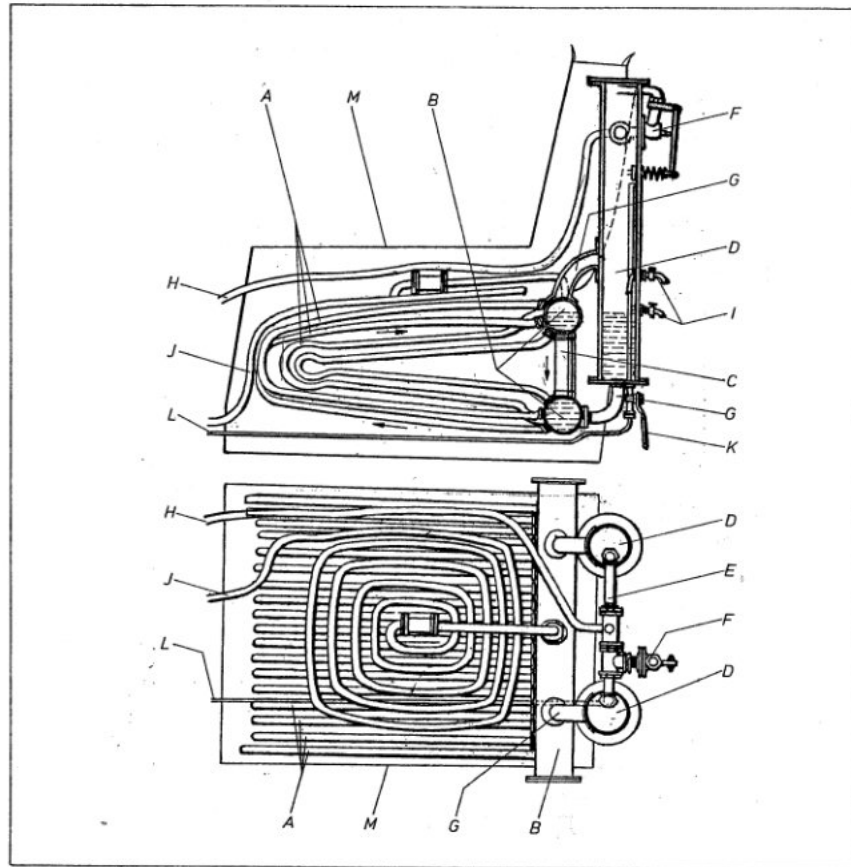
Der prinzipielle Aufbau war an den der Kutschen angelehnt. Ein üblicher, hoch gesetzter Kutschenkasten diente als Kabine für die Passagiere. Zusätzlich waren zwei offene Sitzreihen erhöht hinter der Kabine und eine vor der Kabine angeordnet. Ganz vorne lag die Sitzbank für den Fahrer. Hier hatten noch mal zwei Personen Platz. Insgesamt konnten mit der Dampfkutsche 16 bis höchstens 18 Personen befördert werden. Der Fahrzeugaufbau war geschickt gewählt. Die gesamte Wagenlänge war durch den hochgesetzten Passagierbereich nutzbar. Das hölzerne Rahmengestell brauchte nur im Bereich der Hinterachse leicht nach oben versetzt werden, ansonsten waren die Hauptholme gerade. Das Gesamtgewicht der Dampfkutsche lag bei 3,5 Tonnen. Zur Bedienung waren nur zwei Personen erforderlich, vorne der Fahrer und hinten auf einer kleinen Bank der Heizer.

Ein großes Problem bereitete am Anfang der Entwicklung der Bau leichter Dampfkessel. Die von den stationären Maschinen bekannten Kesselbauarten (Kofferkessel, Walzenkessel etc.) waren nicht brauchbar. Sie waren zu schwer und die spezifische Kesselleistung war auch viel zu gering. Die frühen Dampfwagen hatten einen immensen Dampfverbrauch. Der Wasservorrat reichte meist nur für ein paar Meilen. Die Wagen wären schon unter dem Gewicht des Kessels zusammengebrochen. Des Weiteren mussten die Kessel sicher sein. Eine Explosion bei einem großen Fahrzeug hätte verheerende Wirkung. Gurney kehrte bei seinem Kessel das übliche Prinzip mit großem Wasserreservoir, Rauchrohren und einem großen Dampfraum um. Er verwendete Kesselkonstruktionen mit kleinem Wasservolumen und Wasserrohren im Feuerraum, einen so genannten Wasserrohrkessel. Das war keine neue Idee. Neu war die geschickte Anordnung der Wasserrohre und der Wasser- und Dampfspeicher. Der Kessel war, auch wegen des geringen Dampfraums, relativ sicher.

Die nebenstehende Skizze zeigt den prinzipiellen Aufbau. Der Kessel hatte 18 nebeneinander angeordnete Rohrschleifen (A), die in zwei größeren zylindrischen Behältern (B) mündeten. Sie waren untereinander durch die Rohre (C) verbunden. Hinter diesen Behältern standen zwei große Dampf-Separatoren (D) als Sammelräume für den Dampf und zum Abscheiden von mitgerissenem Wasser. Auch diese Separatoren waren untereinander durch ein Rohr (E) verbunden. An dieses Verbindungsrohr war das Sicherheitsventil (F) angeflanscht. Weiterhin war der Separator durch die Leitungen (G) mit den Behältern (B) verbunden. Der Wasserstand in den Behältern (B) und den Separatoren (D) war immer gleich. Mit den Probierhähnen (I) konnte der Wasserstand im Kessel überprüft werden. Die Dampfleitung (H) führte zur Maschine. Sogar das Speisewasser (Rohrleitung J) wurde vorgeheizt. Eine flache Leitungsspirale lag oben im Feuerraum. Mit dem Hahn (K) konnte Dampf über die Leitung (L) zur vorne liegende Hilfsdampfmaschine geleitet werden. Die Hilfsdampfmaschine trieb die Speisepumpe an. Die unteren Partien der Rohrschleifen (A) lagen unmittelbar im Feuer. Am Anfang führte das zu vielen Problemen. Die Dampfentwicklung in diesen Partien war so stark, dass fast das ganze Wasser



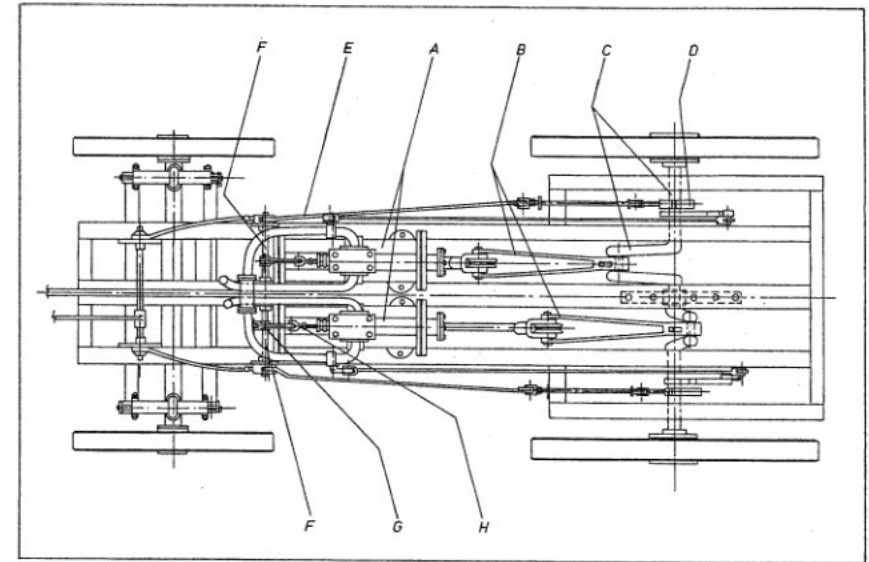
mitgerissen wurde. Die Rohre brannten leicht durch. Der Kessel war mit einer gut isolierenden Verkleidung (K) versehen. Das Bedienkonzept der Dampfkutsche macht einen sehr gut durchdachten Eindruck. Der hinten sitzende Heizer hatte alle notwendigen Funktionselemente in seinem unmittelbaren Arbeitsbereich, um den Kessel zu überwachen und zu „steuern“.



Wasserrohrkessel der Dampfkutsche von Gurney aus dem Jahr 1828

Das Antriebsprinzip der Dampfkutsche geht aus der nachfolgenden Zeichnung hervor. Zum Antrieb dienten zwei Zylinder. Die liegenden Zylinder (A) trieben über geteilte Pleuelstangen (B) direkt die hintere Achse (C) an. Sie war doppelt gekröpft. Der Kurbelversatz von 90° erlaubte ein Anfahren in jeder Kurbelstellung. Einen Kurvenausgleich gab es nicht; er war noch nicht erfunden worden. Die Steuerung der Zylinder erfolgte durch Exzenter (D), über die Exzenterstange (E), Welle (F), Hebel (G) auf einen Ventilschieber (H). Die doppelt wirkenden Zylinder hatten einen Durchmesser von 9 Inches und einen Hub von 18. Die Leistung der Maschine betrug etwa 12 PS.

Eine weitere Innovation war das Lenksystem der Kutsche mit einem Pilotrad. Bei dem Gewicht des Fahrzeugs wäre eine direkte Lenkung schwer möglich gewesen. Der Wagenführer lenkte nur das wenig belastete Pilotrad. Der filigrane Lenkhebel zeigt schon, dass die Lenkkräfte sehr gering gewesen sein müssen. Auch die Lenkung der Vorderachse war sehr fortschrittlich. Gurney verwendete keinen Drehschemel, sondern eine einfache Form der „Achsschenkellenkung“. Georg Lenkensperger hatte sie 1816 zuerst bei einer Kutsche eingebaut. Bei Dampfwagen war diese Lenkung ein Novum.



Antriebssystem der Dampfkutsche

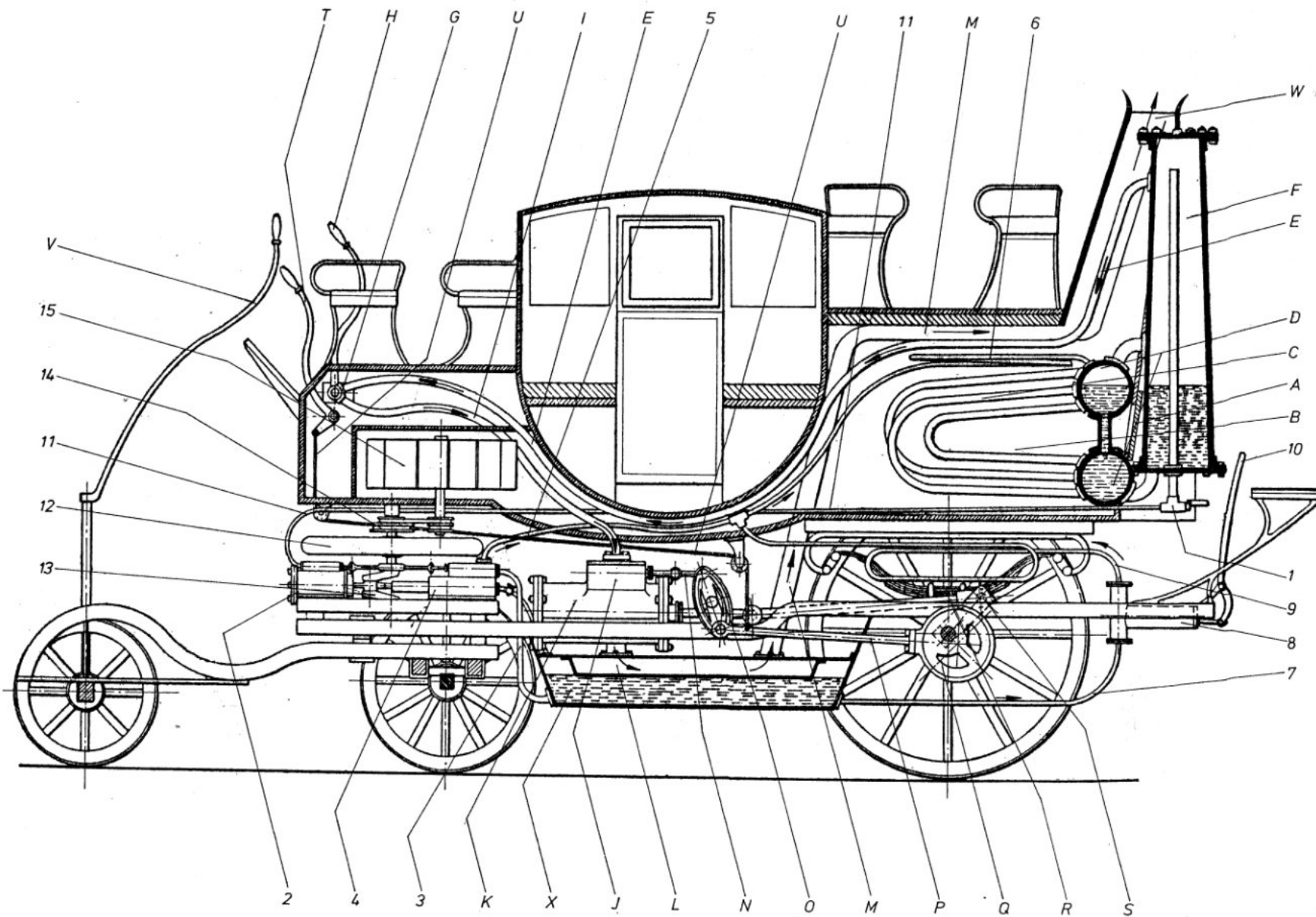
In der nebenstehenden Tafel ist der Aufbau der gesamten Kutsche dargestellt. Die Skizze ist nicht maßstäblich. Nur die wichtigsten Funktions- und Bedienelemente sind wiedergegeben. Zum Verständnis der Funktionsweise reicht die Darstellung aber aus. Dieses von Gurney 1828 gebaute Fahrzeug hatte schon alle funktionsrelevanten Baugruppen, die auch noch 50 Jahre später bei den modernen Dampfwagen vorhanden waren. Der Wagen besaß zwei Maschinen. Eine zweizylindrige Antriebsmaschine und vorne eine kleine Hilfsdampfmaschine mit vertikaler Achse und einem Zylinder. Sie diente zum Antrieb einer Speisepumpe und eines Gebläses zur Unterstützung des Kesselzuges. Die folgenden Funktionselemente sind in zwei Gruppen gegliedert worden: primäre Funktionselemente (Hauptfunktionen) und sekundäre Funktionselemente (Nebenfunktionen).

Hauptfunktionen:

- A Feuertür
- B Feuerraum
- C Wasserrohre (Rohrschleifen)
- D Zylindrische Wasserbehälter
- E Haupt-Dampfleitung
- F Separatoren (Dampfraum)
- G Haupt-Dampfventil
- H Handhebel für Haupt-Dampfventil
- I Haupt-Dampfleitung: H-Dampfventil - Zylinder
- J Schieberkasten des Zylinders
- K Dampfzylinder der Antriebsmaschine
- L Leitblech für Abdampf des Zylinders (Kond.)
- M Abdampfkana
- N Ventilstange
- O Wiegehebel (Kulisse)
- P Exzenterstange
- Q Exzenter auf der Kurbelwelle (Achse)
- R Pleuelstange
- S Kurbel
- T Umsteuerhebel
- U Seilzug zur Exzenterstange
- V Lenkhebel für Pilotrad
- W Kamin
- X Wasserbehälter

Nebenfunktionen:

- 1 Ventil für Hilfsdampfmaschine
- 2 Zylinder der Hilfsdampfmaschine
- 3 Saugleitung: Wassertank - Speisepumpe
- 4 Speisepumpe
- 5 Druckleitung: Speisepumpe - Kessel
- 6 Vorwärmspirale für Speisewasser
- 7 Saugleitung: Wasserbehälter - Handspeisepumpe
- 8 Handspeisepumpe
- 9 Druckleitung: Handspeisepumpe - Kessel
- 10 Hebel für Handspeisepumpe
- 11 Dampfleitung: Kessel - Hilfsdampfmaschine
- 12 Schwungrad der Hilfsdampfmaschine
- 13 Kurbelwelle der Hilfsdampfmaschine
- 14 Riemtrieb zum Gebläse
- 15 Gebläse



Tafel 2.6.1/1: Funktionsschema des Dampfbusses von Gurney

### 3. Entwicklungsphase: Dampfbusse aus der Zeit von 1860 bis 1880

Die Dampfwagen dieser Phase wurden zusehend leichter gebaut. Der 1862 von Yarrow & Hildtich, einem bekannten Kesselbauer und Schiffsmaschinenhersteller, vorgestellte Wagen für 11 Personen besaß zwar noch einen direkten Antrieb der hinteren Achse, war aber deutlich graziler als die schweren Dampfbusse der 40er und 50er Jahre. Die empfindlichen Maschinenteile waren verkleidet. Ein Faktor für die Anfälligkeit der Wagen war damit deutlich verringert.

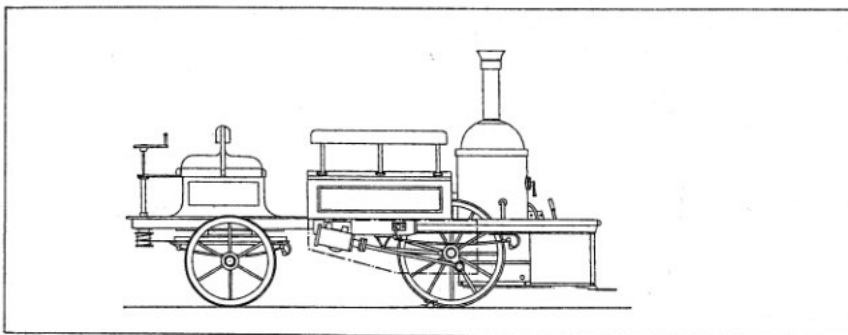


Bild 2.6/7: Dampfwagen von Yarrow & Hildtich (1862)

Es wurden aber auch ganz andere Konzepte verfolgt. Thomson aus Schottland baute beispielsweise einen Dampfomnibus mit einachsigen Personenanhänger (Bild 2.6/8). Man kann sich darüber streiten, ob es sich bei dem unten dargestellten Fahrzeug um einen Dampfbus oder einen Schlepper mit Personenanhänger handelt. Da der „Schlepper“ speziell für diese Aufgabe zugeschnitten war, kann man das gesamte Fahrzeug als Dampfbusse ansehen. Das Fahrzeug wurde 1871 gebaut. Die schwere, dreirädrige Zugmaschine hatte einen Stehkessel. Der Antrieb der großen Hinterräder erfolgte wahrscheinlich indirekt. Der einachsige Personenanhänger hatte Platz für etwa 30 Passagiere. Der Anhänger besaß zwei Etagen mit Einstieg von hinten.

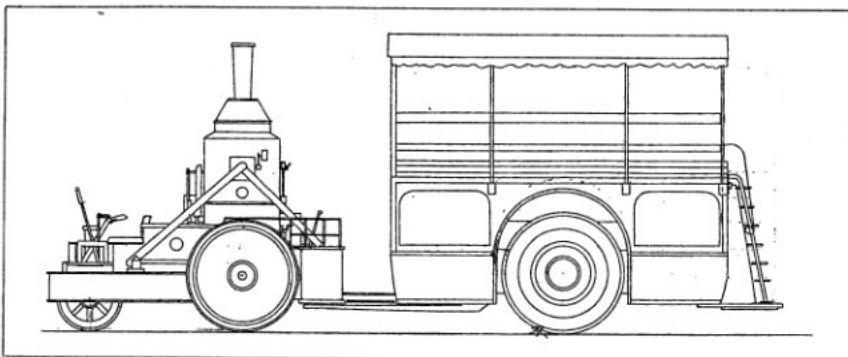


Bild 2.6/8: Dampfomnibus von Thomson (1871)

1873 macht Amédée Bollée seine Vorstellung eines Dampfwagens zu Personenbeförderung publik (Bild 2.6/9). Der Typ „L'Obeissante“ (die Gehorsame) machte die ersten Fahrten in Paris. Es sollten noch viele weitere Fahrzeuge folgen. Der Wagen hatte Platz für 12 Personen und war im Aufbau einem Break ähnlich. Die Konstruktion war richtungweisend. Einige Merkmale in Stichworten:

- an den Maschinenbetrieb angepasster, neuartiger Rahmen,
- Vorderräder einzeln gefedert,
- Einzelrad-Lenkung durch in schwenkbare Gabeln geführte Räder,
- Lenkung nach Ackermann,
- Dampfmaschine unterflur in der Wagenmitte untergebracht (wartungsgünstig),
- schnelllaufende 2-Zylindermaschine in V-Form (10 PS je Hinterrad),
- Antrieb der Hinterräder über Ketten,
- Federung: vorne Volllelliptikfedern, hinten Halbelliptikfedern,
- schnell aufheizbarer Kessel gut zugänglich im Heck,
- Gewicht des Busses etwa 4,5 Tonnen (wenig für die Zeit),
- sehr schnelles Fahrzeug (bis zu 40 km/h konnten erreicht werden),
- hohe Wirtschaftlichkeit (Wasserverbrauch 14 Liter/km, Kohleverbrauch 2,5 kg/km, das waren bei dem technischen Stand der Fahrzeuge sehr gute Werte).

Von Bollée wurden in den folgenden Jahren noch eine Vielzahl fortschrittlicher Dampfbusse und Dampfwagen gebaut. 1878 beispielsweise der Typ „La Mancelle“, der in Deutschland von der Maschinenfabrik Wöhlert ab 1879 in kleinen Stückzahlen in Lizenz gebaut worden ist. Es war ein als Viktoria gebauter Dampfwagen für 7 Personen. In einigen Quellen wird der Wagen als das fortschrittlichste Fahrzeug des 19. Jahrhunderts bezeichnet. Die wichtigsten Merkmale: Lankensperger-Lenkung (Achsschenkelenkung) mit Betätigung durch ein Lenkrad, Einzelradaufhängung, Maschine in Längsanordnung vor der Vorderachse, Längswelle („Kardanwelle“) unter dem Wagen zur hinteren Achse (Vorgelegewelle), Differential, Verwendung einer ausrückbaren Kupplung hinter der Dampfmaschine, u. a. m.

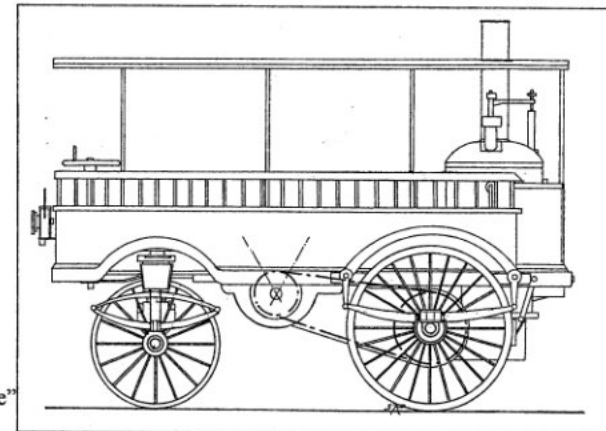


Bild 2.6/9:  
Dampfbus „L' Obeissante“  
von Bollée (1873)

#### Bemerkung:

In diese Entwicklungsphase fällt auch der Bau der ersten Dampfbusse von Hermann Michaelis aus Chemnitz. Michaelis stellt eine Reihe von Dampfbussen unterschiedlicher Größe her. Es waren sehr fortschrittliche Fahrzeuge mit bewerteten technischen Elementen. Charakteristisch war das Bedienkonzept, alle Fahrzeuge hatten eine „Einmannbedienung“, und der einfache, direkte Antrieb der Triebachse. Im Kapitel 5 werden die Fahrzeuge von Michaelis detailliert beschrieben.

#### 4. Entwicklungsphase: Dampfbusse aus der Zeit von 1880 bis 1900

Die Dampfbusse dieser Phase waren noch größer und leistungsfähiger. Es waren, unter Berücksichtigung ihrer Beförderungskapazität, leichte Konstruktionen. Die tragenden Teile, insbesondere im Rahmenbau, wurden durch gewalzte Profile ersetzt. Wenn Holz verwendet wurde, war es, um den hohen Belastungen standzuhalten, durch eiserne Bleche armiert. Die ersten leichten Rohrrahmen kamen auf. Die Bedienung der Fahrzeuge wurde weiter vereinfacht. Die großen Dampfkessel wurden nach und nach durch kleine Hochdruck-Schnellverdampfer (Durchlaufkessel) ersetzt. Der stark überhitzte Dampf entwich beim Betrieb der Fahrzeuge fast unsichtbar. Im Verkehr der Städte war das wichtig. Bei der Begegnung mit Fuhrwerken scheuten viele Pferde beim sichtbaren Entweichen des Dampfes und es kam zu Unfällen. Flüssige Brennstoffe verdrängten die festen. Selbsttätige Regelungen übernahmen die Überwachung durch den Menschen (Brennstoffzufuhr, automatische Nachspeisung, Dampfbedarf nach Betriebszuständen u. a. m.). Die letzten Jahrzehnte vor der Jahrhundertwende waren die Blütezeit der großen Dampfbusse. Gebaut wurden vier verschiedene Typenreihen.

##### 1. Einzelfahrzeuge als Selbstfahrer mit Aufbauten für die Passagiere

Das waren die Vorläufer der heutigen Omnibusse. Der Passagierbereich hatte einen hoch über der Achse liegenden, durchgehenden Boden; wie bei den Pferdeomnibussen. Eingestiegen wurde seitlich oder von hinten. Der Führerstand mit Dampfkessel lag vorne. Die Hochdruck-Dampfmaschine war vorne oder unterflur vor der Hinterachse untergebracht. Der Antrieb erfolgte meist über Ketten (selten über Riemen) auf die hintere Achse. Es gab diese Selbstfahrer auch als Doppelstockwagen.

##### 2. Fahrzeuge mit Passagieraufbauten ausgelegt für den Betrieb mit Anhängern

Der ziehende Selbstfahrer war ähnlich gebaut wie der unter 1. geschilderte. Er besaß nur einen leistungsfähigeren Antrieb. Gezogen wurde im Allgemeinen ein Anhänger, selten zwei.

##### 3. Zugfahrzeuge für den Betrieb mit aufgesattelten Anhängern.

Diese Selbstfahrer für die Personenbeförderung besaßen einen speziell auf diesen Betrieb zugeschnittenen Zugwagen mit Dampfkesseln und Dampfmaschinen unterschiedlichster Konstruktion und Anordnung. Der Sattelaufleger hatte meist einen durchgehenden Boden. Eingestiegen wurde von hinten. Es gab diese Auflieger auch als doppelstöckige Wagen.

##### 4. Zugfahrzeuge für den Betrieb als Straßenzug mit vielen Anhängern

Auch diese alte Art des Selbstfahrers auf Straßen hat es in einzelnen Ausführungen noch gegeben. In der ersten Hälfte des Jahrhunderts hatte man ja versucht, das Konzept der „Eisenbahn“ mit ihren vielen Wagen auf die Straße zu bringen. Damals mit wenig Erfolg. Mit den moderneren Mitteln am Ende des Jahrhunderts hat man es wieder versucht. Auch diesmal ohne großen Erfolg.

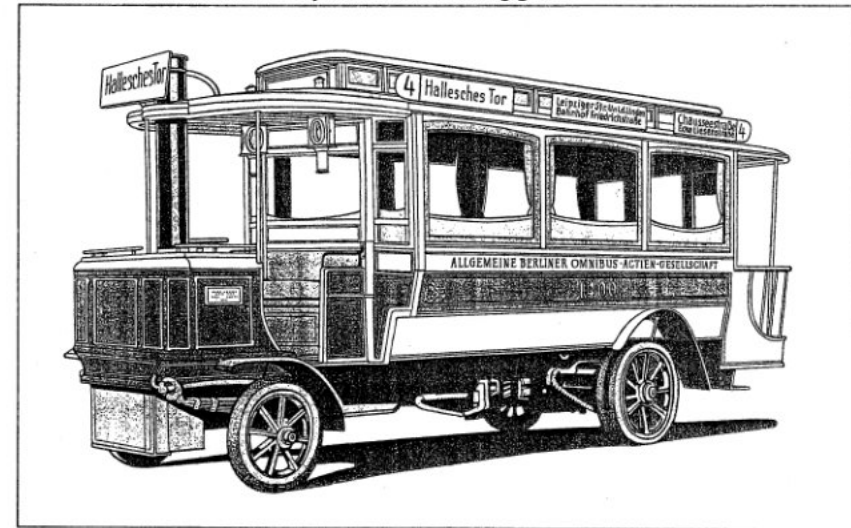
##### Bemerkung:

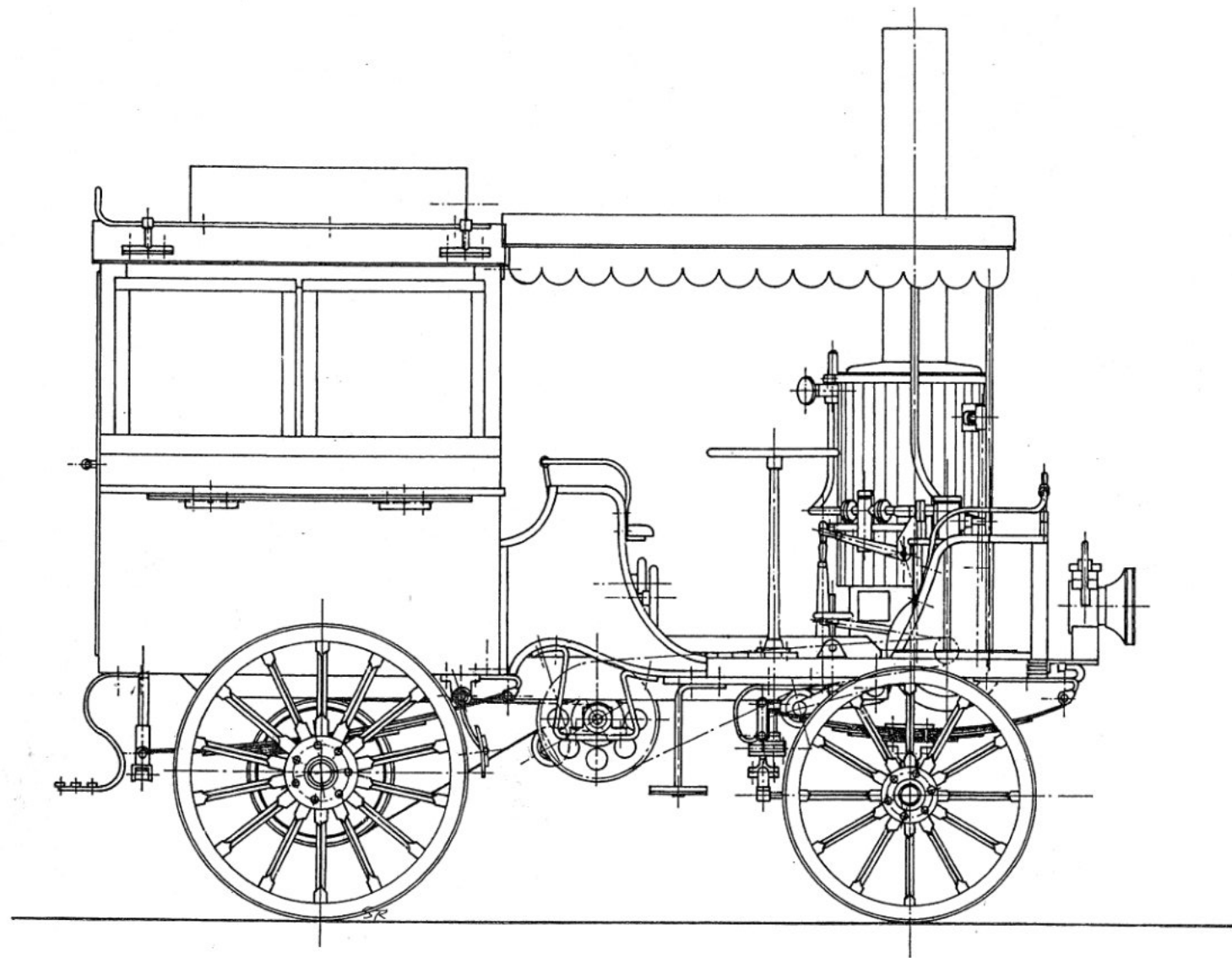
Auch einige Zeit nach der Jahrhundertwende, als sich die Omnibusse mit Explosionsmotor schon weitgehend etabliert hatten, wurde in Deutschland immer wieder versucht, dampfgetriebene Busse zum Einsatz zu bringen. Ein Beispiel dafür ist der 1908 von der „Allgemeinen Berliner Omnibus-Aktien-Gesellschaft“ im Probebetrieb eingesetzte Dampfbus der „Hannoverschen Maschinenbau AG“. Das Fahrzeug war nach dem System Stoltz gebaut (siehe Abschnitt 3.2; Bild 3.2/7). Es besaß als Dampfkessel einen Sicherheits-Schnellverdampfer in Rohrplattenbauweise. Gefeuert wurde mit Petroleum. Zum Antrieb diente eine 4-Zylinder-Compound-Maschine. Die Hinterräder wurden über ein Vorgelege und zwei seitliche Kettentriebe angetrieben. In der Kabine war Platz für 14 Personen, auf der Plattform waren 6 Stehplätze. Obwohl das Fahrzeug Einmann-Bedienung hatte und die

#### Dampfselbstfahrer von Scotte

Eine sehr ursprüngliche Ausführung eines Dampfbusses als Einzelfahrzeug mit Passagieraufbau zeigt die Tafel 2.6/1. Es ist ein Fahrzeug des französischen Herstellers Scotte, etwa aus dem Jahr 1882. Wie nachhaltig die Technik des Kutschenbaus beim Bau von Motorwagen gewirkt hat, ist deutlich zu sehen. Die tragenden Fahrgestellteile waren weitgehend aus Holz. Die Konstruktion des Rahmens und der Kabine weisen deutliche Bezüge zu den alten Pferdeomnibussen auf. Der Stehkessel und die stehende Dampfmaschine waren der Kabine einfach vorgesetzt worden. Der Stehkessel war eine Standardkonstruktion mit Rauchrohren und Quer-Siederrohren, also kein „Schnellverdampfer“. Gefeuert wurde mit Koks. Bei diesem Brennmaterial gab es kaum einen Funkenflug. Auch die Maschine entsprach der üblichen, tausendfach bewährten Ausführung stationärer Dampfmaschinen. Es war eine Zweizylindermaschine mit Stephenson-Umsteuerung. Einzig die modernere Vorderachskonstruktion mit Achsschenkeln und Lenkung mittels Lenkrad und Zahnstangen/Zahnradgetriebe weist auf die Technik zum Ende des Jahrhunderts hin. Angetrieben wurde die Hinterachse (unter Zwischenschaltung einer Vorgelegewelle) über einen traditionellen Riementrieb, eine seltene Lösung. Die Kabine mit längs angeordneten Sitzreihen war von hinten zugänglich. Sie war völlig geschlossen. Im Bus war Platz für 8 Personen. Der Omnibus erreichte eine Geschwindigkeit von 12 km/h.

wesentlichen Funktionen selbsttätig gesteuert wurden, bewährte sich der Betrieb nicht. Zwar war der Fahrkomfort für die Passagiere im Vergleich zu den „Benzinern“ durch die nicht notwendigen Schaltvorgänge besser, aber das hohe Eigengewicht, die geringeren Fahrleistungen und der Verbrauch von zwei verschiedenen Betriebsstoffen (Wasser und Petroleum) verringerten die Wirtschaftlichkeit und machten den Betrieb letztendlich unwirtschaftlich. Eine Skizze des Dampfbusses ist unten wiedergegeben.





Tafel 2.6/1: Dampfbus von Scotte (Rekonstruktionszeichnung)  
(1882)

### Selbstfahrer von Le Blant

In der Tafel 2.6/2 ist ein Selbstfahrer gleichen Typs wie der von Scotte (Tafel 2.6/1) dargestellt, also ein Einzelfahrzeug mit Passagierkasten. Zwischen beiden Fahrzeugen liegen knapp 10 Jahre Entwicklung und eine andere Konstruktionsphilosophie. Le Blant baute diese Selbstfahrer in Ganzmetallbauweise. Es gab noch andere französische Hersteller die ähnlich bauten. Die für den öffentlichen Personenverkehr bestimmten Dampfomnibusse von Le Blant waren für damalige Verhältnisse sehr groß und leistungsstark. Es wurden Einzelfahrzeuge mit Kapazitäten von 40 Personen gebaut. Bei Anhängerbetrieb konnten entsprechend mehr befördert werden.

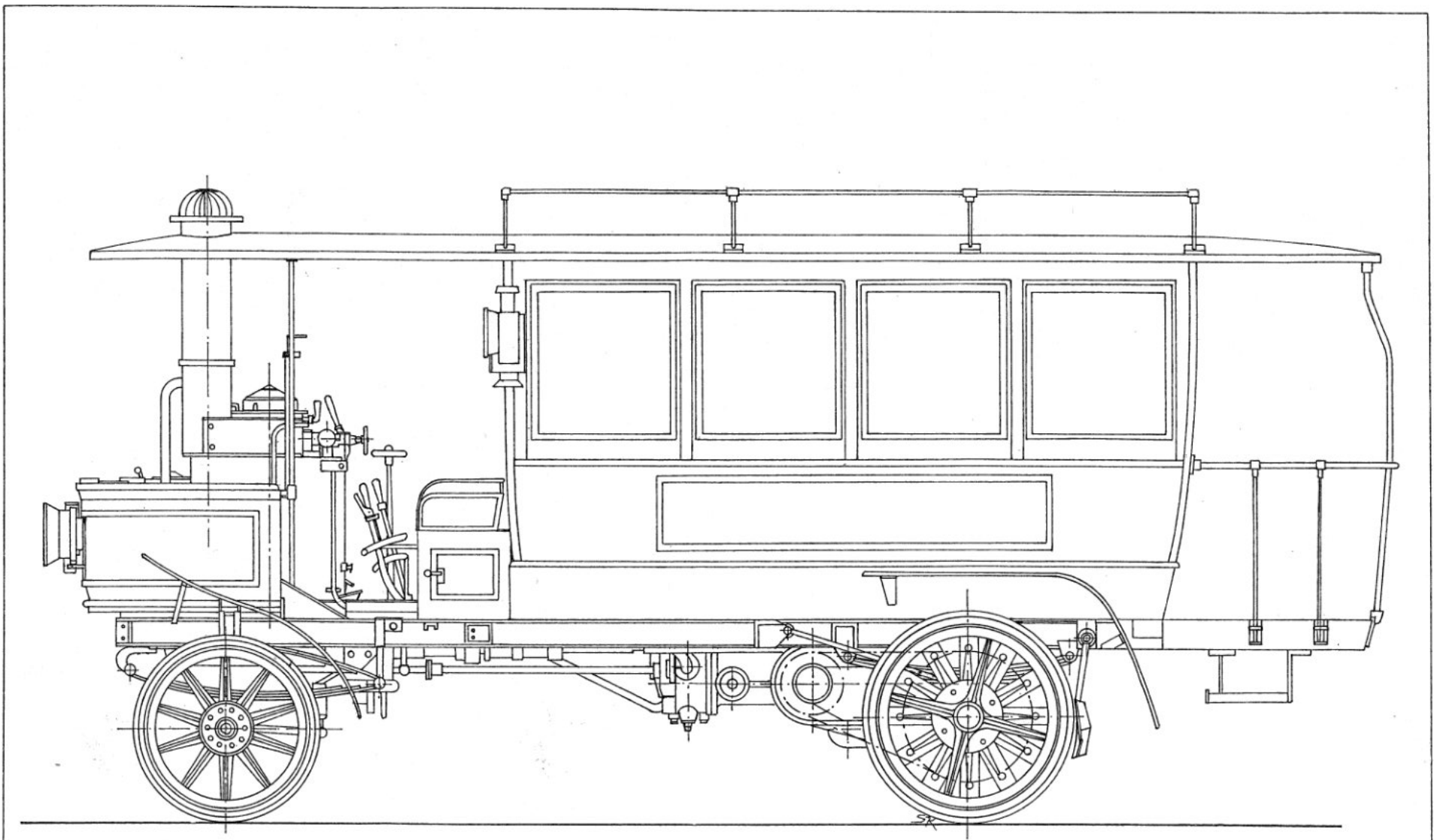
Zum Betrieb des Omnibusses reichte ein Fahrer aus. Ein Heizer und Kesselwärter war nicht notwendig. Das ganze Bedienkonzept war auf einen Einmann-Betrieb zugeschnitten.

Das Fahrgestell des Selbstfahrers war komplett aus Stahlprofilen und Blechen gebaut. Die Achsen waren in Blattfedern gehalten. Die hinteren Räder wurden einzeln über Ketten angetrieben. Das Ausgleichsgetriebe lag in der Vorgelegewelle. Die starre Vorderachse besaß Achsschenkellenkung.

Der „Kessel“ lag vor dem Fahrer. Es war ein schnellverdampfender Durchlaufkessel eigener Konstruktion (Bauart Le Blant). Er besaß keine üblichen Sicherheitsapparate, er war, wie man damals sagte, „unexplodierbar“. Der besondere Vorteil war, dass man bei großer Zuladung und bei schwierigem Gelände den Dampfdruck „fast ohne Begrenzung“ steigern konnte. Der Kessel erzeugte natürlich stark überhitzten Dampf. Das hatte wiederum den Vorteil, dass er vollständig unsichtbar entwich und scheuende Pferde und sonstige Probleme mit anderen Verkehrsteilnehmern nicht auftreten konnten. Geheizt wurde noch mit festen Brennmaterialien, und zwar Koks oder Kohle. Zum Anfahren pumpte der Fahrer mit einer kleinen Handpumpe etwas Wasser in den Dampferhitzer. Nach dem Anfahren übernahm eine von der Maschine angetriebene Pumpe die Einspeisung des Wassers je nach Belastung des Fahrzeugs.

Die vollständig gekapselte Dampfmaschine lag vor der Hinterachse. Es wurden zwei Ausführungen verwendet. Je nach Größe des Omnibusses entweder eine Zweizylinder- oder eine Dreizylindermaschine. Schon die kleineren Maschinen leisteten 30 PS bei Drehzahlen von 180 U/min. Zur Geschwindigkeitsveränderung wurde nur die Menge des eingespeisten Wasser verändert. Dazu diente ein Fußhebel, einer dem heutigen Gaspedal ähnlichen Lösung. Die Dampfomnibusse erreichten Geschwindigkeiten von 20 km/h.

Die sichere Kesselbauart erlaubte einen öffentlichen Betrieb in den Städten ohne größere polizeiliche Auflagen.



Tafel 2.6/2: Dampfbus von Le Blant  
(1899)

## Dampfselbstfahrer mit Anhängewagen von Scotte

Einen speziell für den Anhängerbetrieb entwickelten Dampfselbstfahrer zur Beförderung von 38 Personen zeigt die Tafel 2.6/3. Es handelt sich dabei um ein Fahrzeug von Scotte aus dem Jahr 1896. Zur Bedienung waren zwei Personen erforderlich, der Fahrer und ein Heizer. Der Zugwagen war 5,2 m lang, 1,8 m breit und wog 4,2 t. Auf einem Untergestell lag eine durchgehende Plattform, die vorne den Kessel und Maschinenteil trug und hinten einen geschlossenen Wagenkasten mit Plattform. 14 Personen konnten befördert werden, davon 6 auf der Plattform. Der Maschinenteil war durch eine große Verkleidung geschützt. Der senkrechte Röhrenkessel, ähnlich der Bauart von Field, war für 12 at zugelassen. Das Brennmaterial wurde in einem Kasten vor der Maschine aufbewahrt. Etwa ½ qm konnte geladen werden. Die senkrechte Zweizylinder-Maschine mit veränderlicher Expansion und Umsteuerung leistete 16 PS. Bei 400 U/min und 75% Dampfzulassung waren bis 25 PS erreichbar. Zylinderdurchmesser betrug 115 mm, der Hub 120mm. Maschine und Antrieb konnten durch eine Kupplung getrennt werden.

Der Selbstfahrer besaß eine Achsschenkelenkung. An einem am Wagenuntergestell befestigten Querbaum waren die beiden senkrechten Gelenkbolzen befestigt. Die Lenkgeometrie hatte noch Parallelogrammform, beim Lenkeinschlag blieben die Räder parallel. Gelenkt wurde vom Führerstand mit Hilfe eines Lenkrades, das über ein Kegelradgetriebe und ein Schraubenradgetriebe die Verstellbewegung übertrug. Die Betriebsbremse wirkte auf die hintere Achse. Sie wurde vom Fahrer mit einem Fußhebel betätigt. Als zweite Bremse zum Feststellen und zum Bremsen bei Gefahr war noch eine Schraubenbremse vorhanden, die vom Heizer bedient wurde. Der Anhängewagen lief ungebremst.

Die Hinterachse wurde von einer Vorgelegewelle über einen Kettentrieb angetrieben. Der Antrieb der Vorgelegewelle erfolgte von der Kurbelwelle, über ein Getriebe mit Kupplung und einen Kettentrieb. Zwei Fahrgeschwindigkeiten konnten gewählt werden.

An Wasservorrat konnten 680 l mitgeführt werden. Die Behälter lagen unter den Sitzen der Passagiere.

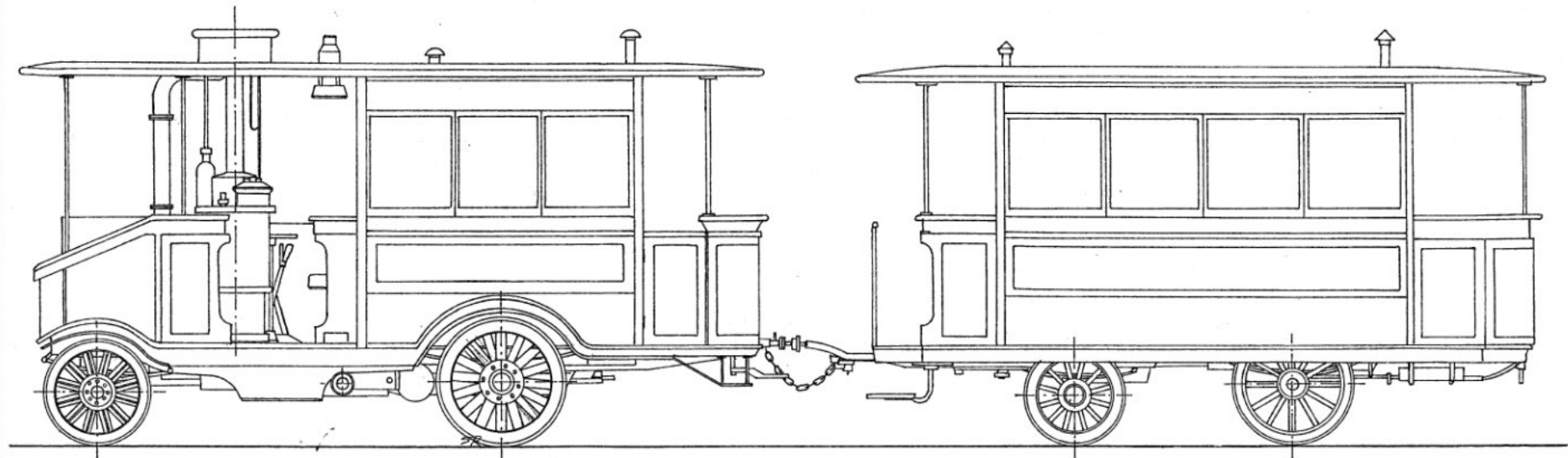
Der Anhängewagen mit zwei Plattformen und einem Wagenkasten war 4,5 m lang und ebenfalls 1,8 m breit. Er war an der Zugmaschine mit einer Schraubekupplung befestigt. Zusätzlich waren noch Sicherheitsketten vorhanden. Mit dem Wagen konnten 24 Personen befördert werden; davon 12 in der geschlossenen Kabine

### Bemerkung:

Die Dampfbusse von Scotte unterschieden sich bei gleicher Bauweise leicht von Fahrzeug zu Fahrzeug. Von einer anderen Ausführung des Dampfselbstfahrers mit Anhängewagen sind folgende Daten bekannt:

Kapazität des Motorwagens:	11 Personen
Kapazität des Anhängewagens:	15 Personen
Max. Fahrgeschwindigkeit:	12 km/h
Kesseldruck:	12 at Überdruck
Dampfmaschine:	2 Zylinder 115 mm Zylinderdurchmesser 120 mm Hub
Drehzahl der Maschine:	400 U/min
Leistung:	16 PS
Leergewicht (ges. Zug):	5980 kp
Betriebsgewicht (ges. Zug):	7000 kp
Nutzlast:	2500 kp
Gesamtgewicht (ges. Zug):	9500 kp
Maße:	
Breite des Motorwagens:	1,75 m
Länge des Motorwagens:	5,4 m (0,85 m für hintere Plattform)
Vorderraddurchm. (Motorw.):	770 mm
Hinterraddurchm. (Motorw.):	900 mm
Vorderraddurchm. (Anhängew.):	800 mm
Hinterradd. (Anhängew.):	900 mm.





Tafel 2.6/3: Dampfbus mit Anhängewagen von Scotte  
(1898)

### Dampfselbstfahrer als Schlepper mit aufgesatteltem Anhänger von De Dion und Bouton

Die Firma De Dion und Bouton war um die Jahrhundertwende einer der größten Fahrzeughersteller in Europa. 1890 hatte man begonnen Sattelaufleger sehr eigenständiger Bauweise für die Personenbeförderung zu entwickeln (Bild 2.6/10). Man bezeichnete diese Konstruktion damals auch als Nachläuferwagen. Zuerst wurden kleinere Wagen mit der Sitzanordnung eines Breaks für 6 bis 8 Passagiere gebaut. Später dann auch größere. Es gab sie in vielen Ausführungsvarianten

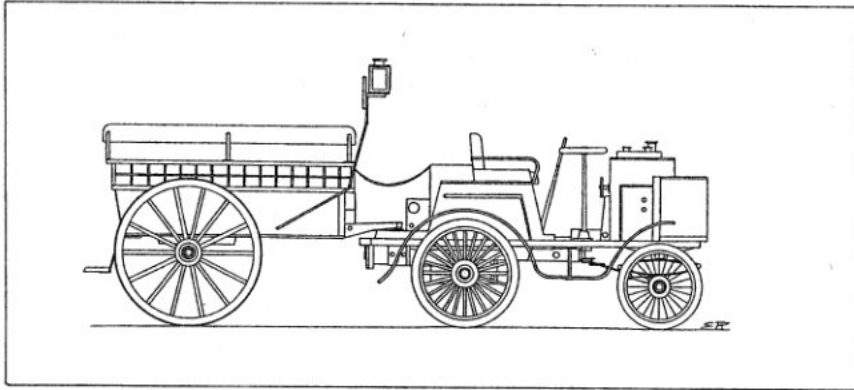


Bild 2.6/10: Dampfselbstfahrer mit Sattelaufleger von De Dion und Bouton (1890)

Einen großen Dampfselbstfahrer mit Sattelaufleger aus dem Jahr 1898 zeigt die Tafel 2.6/4. Diese Ausführung gab es bis zu einer Beförderungskapazität von 40 Personen. Sie waren besonders für einen Betrieb in den Städten ausgelegt. Die sehr-kompakte Zugmaschine war eine typische Konstruktion des Herstellers. Der Kessel war ein bewährter Schnellverdampfer, der in fast allen Dampfwagen von De Dion und Bouton eingesetzt wurde. Er lag unmittelbar vor dem Fahrer. Der Wagen besaß einen Unterflur-Heckantrieb. Eine Zweizylindermaschine trieb die hintere Achse. Lenkung und Federung entsprachen dem neuesten Stand der Technik.

Den Sattelaufleger gab es in unterschiedlichen Ausführungen. In der Tafel 2.6/4 ist die Variante eines Doppelstockwagens für den Omnibusbetrieb in Paris dargestellt. Der obere Bereich mit durchgehenden Längsitzbänken doß a doß war offen. Eine im innerstädtischen Verkehr damals übliche Lösung.

#### Bemerkung:

Von der Zugmaschine von De Dion und Bouton liegen einige genaue technische Daten vor. Vorne in der Maschine befinden sich die Kokskästen. Sie umschließen den Kessel halb. Hinter dem Kessel befinden sich die beiden Sitze für den Wagenführer und den Heizer. Der Wasserbehälter liegt unter den Sitzen.

Der Motor ist liegend im Boden untergebracht. Er leistet 35 PS. Die Verbundmaschine macht 600 U/min. Die Zylinderdurchmesser betragen 115 und 195 mm.

Die Fahrgeschwindigkeit beträgt 14 km/h.

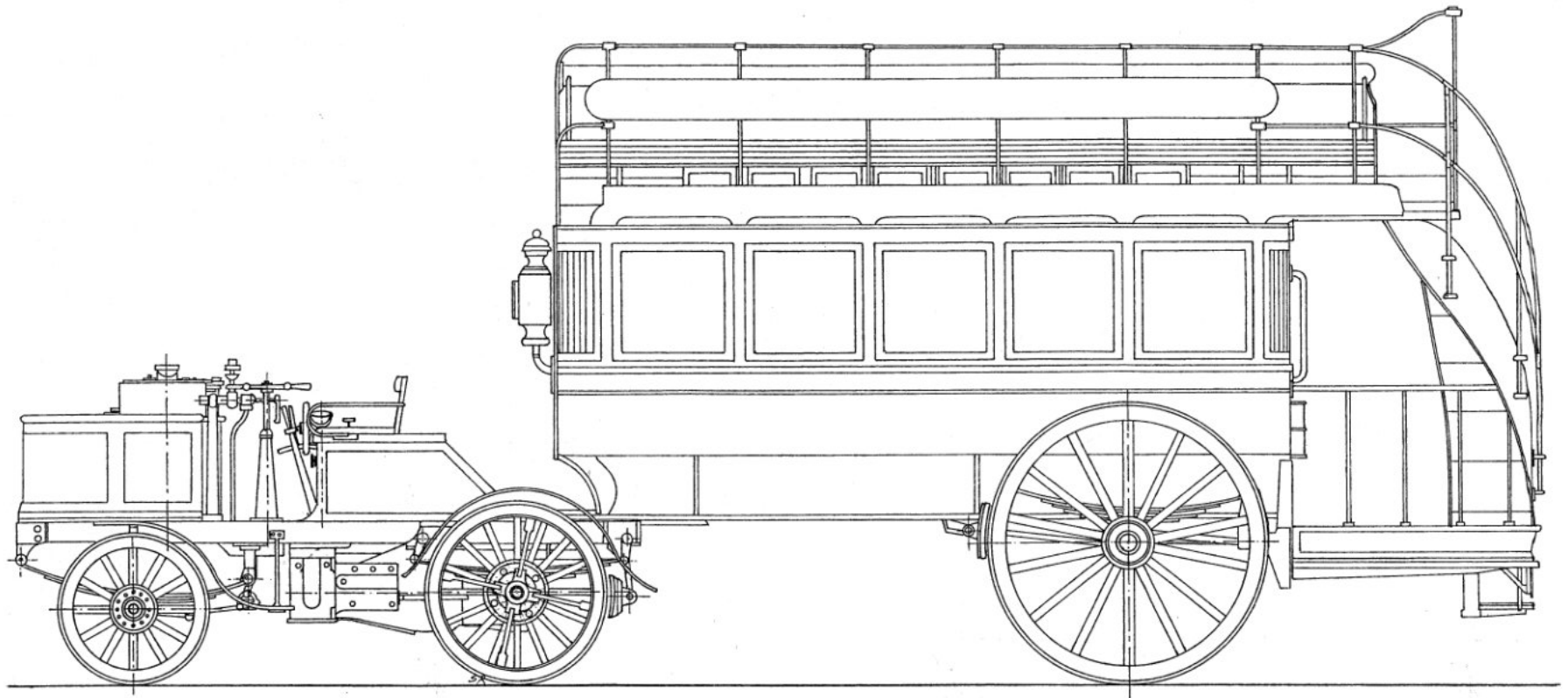
Der Vorrat an Kokos und Wasser reichte für eine Strecke von mindestens 25 km.

#### Maße:

- Breite des Wagens:	2 m
- Achsabstand:	1800 mm
- Vorderraddurchm.:	800 mm
- Hinterraddurchm.:	1000 mm
- Gesamte Länge:	3400 mm

#### Gewichte:

- Leergewicht (ges.):	6400 kp
- Betriebsgewicht (ges.):	7410 kp
- Nutzlast:	2500 kp
- Gesamtgewicht:	9910 kp



Tafel 2.6/4: Dampfbus mit aufgesatteltem Anhänger  
von De Dion und Bouton  
(1900)

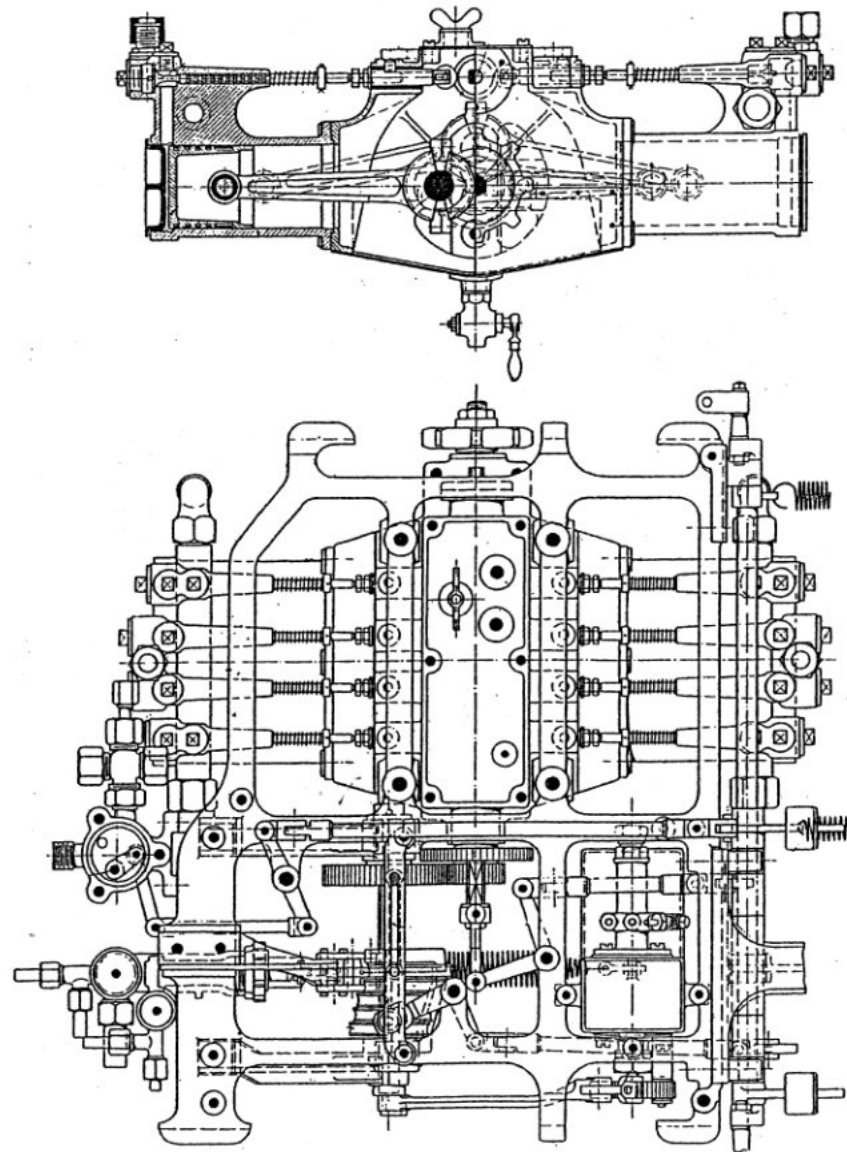
### Dampfnibus von Gardner-Serpollet

Einen kleinen Entwicklungsschritt weiter ist die Konstruktion des Omnibusses von Gardner-Serpollet aus Paris. Selbstfahrer dieser Bauart führen mit Erfolg ab 1905 in Südfrankreich und in Paris. Der Doppelstockwagen hatte ein geschlossenes Oberdeck, allerdings noch ohne seitliche Fenster. Dampfnibusse und Omnibusse mit Verbrennungsmotor unterschieden sich zu dieser Zeit in ihrem Package, d. h. der Anordnung ihrer funktional wichtigen Elemente innerhalb der Baustruktur, nur unwesentlich. Bei einem zweiachsigen Omnibus bestimmten die Anforderungen der Personenbeförderung die Anordnung. Da sich die Anforderungen bis heute nicht wesentlich geändert haben, ist das Package bei den heute gebräuchlichen Fahrzeugen dieser Bauart fast unverändert geblieben.

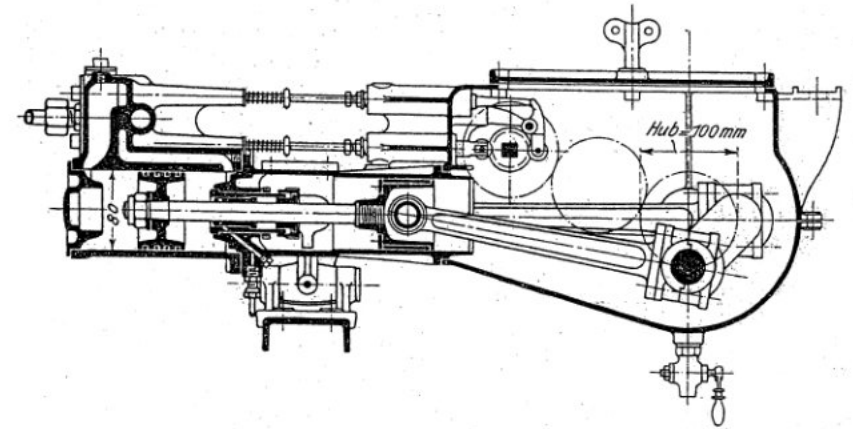
Der Dampfnibus von Serpollet wog voll besetzt 6,2 Tonnen. Das Gewicht war nicht höher als das eines vergleichbaren Benzin-Omnibusses. Als Antrieb wurde ein liegender Vierzylinder-Dampfmotor in „Boxer-Bauart“ verwendet. Die Maschine war einfach wirkend und leistete 40 PS. In der Tafel 2.6/5 ist ein vergleichbares Aggregat in der Figur 1 dargestellt. Die Konstruktion war typisch für die Dampfmotoren von Serpollet. Einige Jahre später rüstete man den Dampfnibus mit einer doppelwirkenden, liegenden Maschine aus (Figur 2). Bei dem Motor nach Figur 1 war das Problem des Dampf- und Wassereintritts in das Kurbelgehäuse nur schwer zu lösen. Bei der neuen Maschine verwendete man eine sehr lange aufwendig gebaute Stopfbüchse. Weiterhin war die Kreuzkopfführung geschlossen zylindrisch. Damit wurde der Öleintrag in den Stopfbuchsenraum vermieden.

Der „Dampfkessel“ war ein Durchlaufkessel mit „Augenblicksverdampfung“, eine Eigenentwicklung von Serpollet. Gefeuert wurde mit flüssigen Brennstoffen (z. B. schweres Teeröl). Die gesamte Steuerung des Kessels erfolgte automatisch in Abhängigkeit von der Fahrsituation und der Beladung. D. h., dass beispielsweise Dampfmenge und Druck ohne zeitlichen Verzug selbsttätig der momentan vorliegenden Belastung angepasst wurden. Zur Reduzierung des Wasserverbrauchs war unter dem Wagenboden ein großer Kondensator untergebracht.

Der gesamte Dampfnibus mit seinen Baugruppen ist in der Tafel 2.6/6 wiedergegeben. Die wesentlichen Hauptmaßen sind eingetragen.

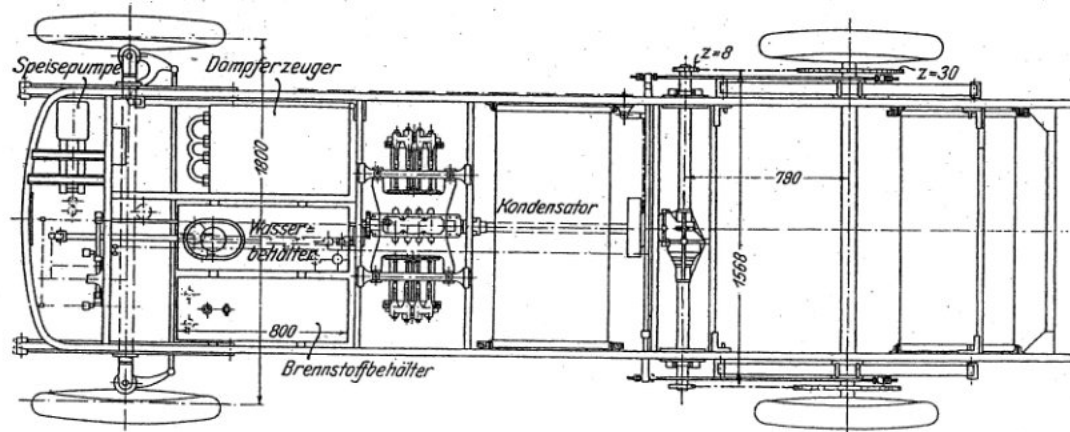
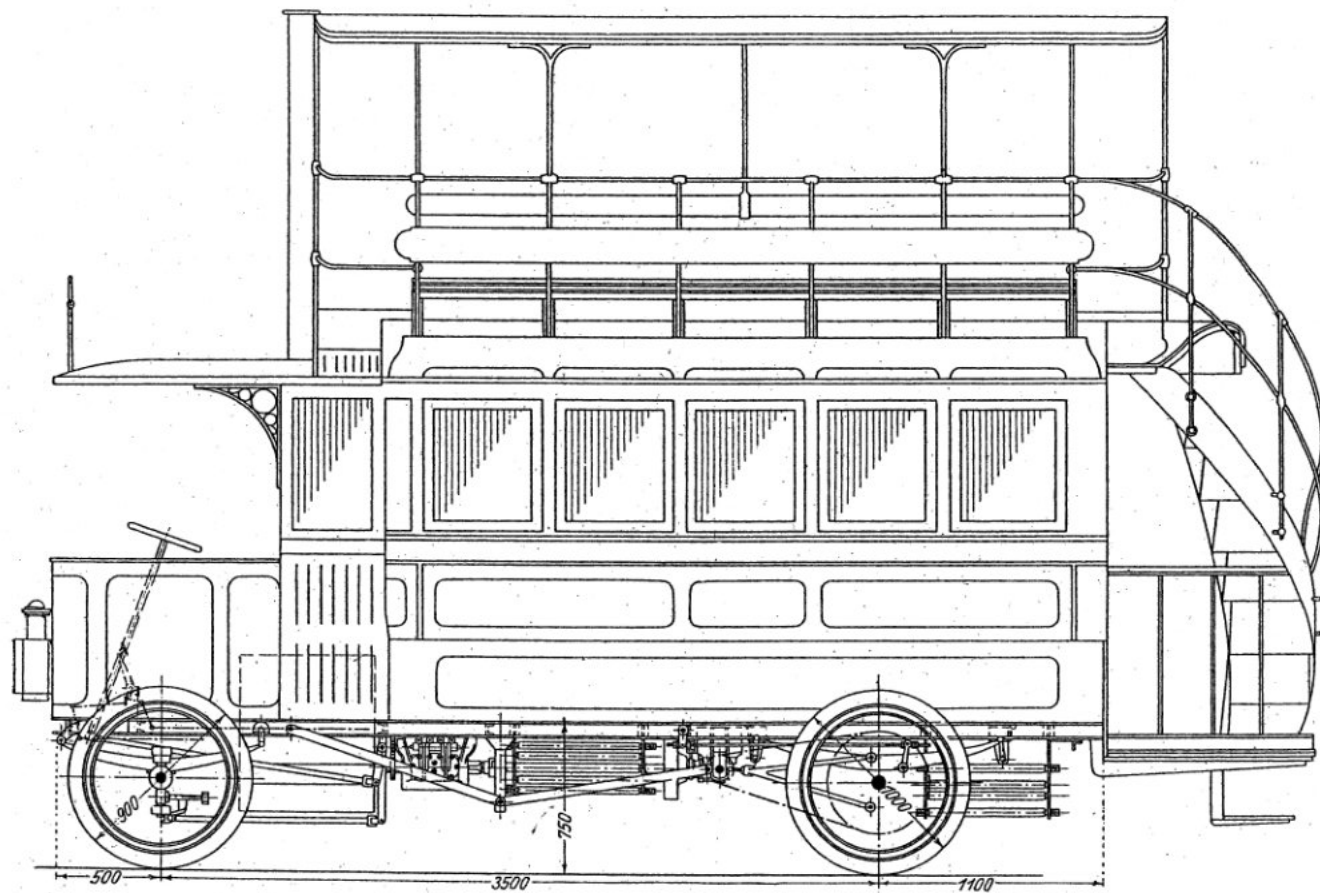


Figur 1: Vierzylinder-Dampfmotor Bauart Serpollet (Ausführung bis 1905)



Figur 2: Querschnitt des Dampfmotors neuerer Bauart (ab 1906)

Tafel 2.6/5: Dampfbus von Gardner-Serpollet (Teil 1)  
(1905)



Tafel 2.6/6:  
 Dampfbus von Gardner-Serpollet (Teil 2)  
 (1905)

### Dampfselbstfahrer für den Betrieb als Zugmaschine für Omnibusanhänger von Le Blant

Die Konstruktion mutet aus heutiger Sicht etwas kurios an, aber auch dieser Selbstfahrer war zur Jahrhundertwende im Einsatz. Man muss zweimal hinsehen, um ihn nicht mit einer kleinen Straßenbahnlokomotive zu verwechseln. Deutlich wird das Einsatzgebiet als Straßenfahrzeug an der Vorderachse. Die Vorderräder waren über einen Drehschemel lenkbar. Das Transportprinzip mit Dampfschleppern und angehängten Personenanhängern hatte eine lange Tradition. Nur waren die Schlepper zumeist schwere, langsamfahrende englische Maschinen. Die Dampfzugmaschine von Le Blant war ein Versuch, mit neuerer Technik diesem Prinzip noch einmal zum Durchbruch zu verhelfen. Die Fahrzeuge waren deutlich leichter und leistungsfähiger als die schweren Dampfschlepper und Straßenlokomotiven. Die gesamte Technik war natürlich, wie bei den dampfgetriebenen Schienenfahrzeugen für den innerstädtischen Betrieb, vollständig verkleidet. Das Scheuen der Pferde und die Belästigung der anderen Verkehrsteilnehmer sollte dadurch vermieden werden. Le Blant stellte diese Zugmaschine in zwei Größen her. Die Maschinen wurden auch zum Lastentransport verwendet. Einen großen Erfolg hatten die Fahrzeuge nicht. Die verwendeten Dampfkessel und Maschinen entsprachen denen der in Tafel 2.6/2 vorgestellten Dampfbusse. Die kleinere Dampfzugmaschine konnte einen geschlossenen Omnibusanhänger mit 20 Plätzen mit einer Geschwindigkeit von 16 km/h ziehen. Für die großen Zugmaschinen mit Dreizylindermaschinen gab es Anhänger für bis zu 50 Personen. Von den kleineren Omnibusanhängern konnten an die große Zugmaschine auch mehrere Wagen angehängt werden. Die Transportkapazität eines Zuges lag dann bei 80 Personen. Die Durchschnittsgeschwindigkeit betrug allerdings nur 10 -14 km/h. Vier Zugmaschinen waren eine Zeit lang in Frankreich zwischen St. Brioux und St. Quay Portrieux im Einsatz.

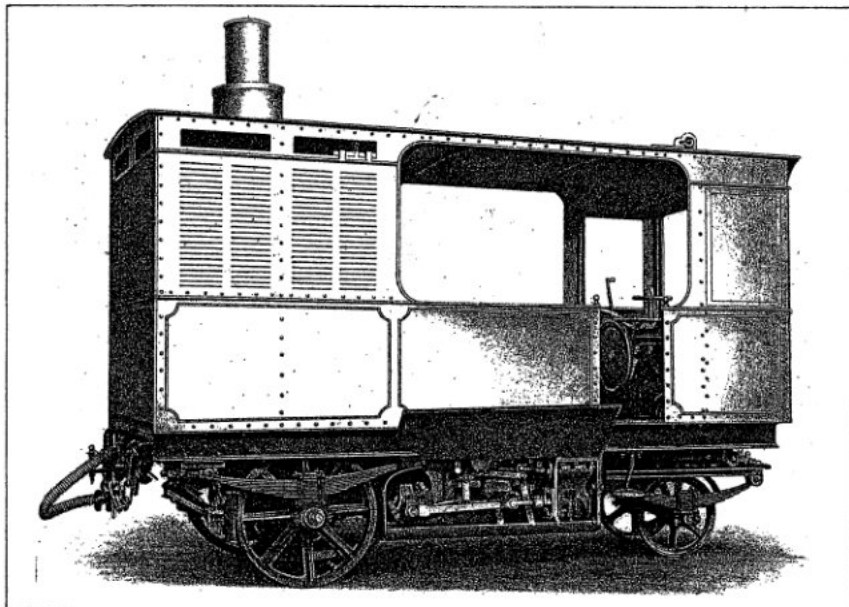


Bild 2.6/11: Dampfzugmaschine von Le Blant (1887)

Einen Einblick in die eingesetzte Technik von Le Blant vermittelt das Bild 2.6/12. Links, im Heck des Fahrzeugs, ist der patentierte, schnellverdampfende Kessel untergebracht. In der Mitte der Skizze ist die liegende Dampfmaschine als Unterflurmaschine im Rahmen zu erkennen. Von der Kurbelwelle werden die hinteren Räder über eine Kette angetrieben. Die Vorderachse mit den etwas enger zusammengestellten Rädern ist lenkbar. Die Ausführungen der einzelnen Zugmaschinen unterschieden sich in den Details.

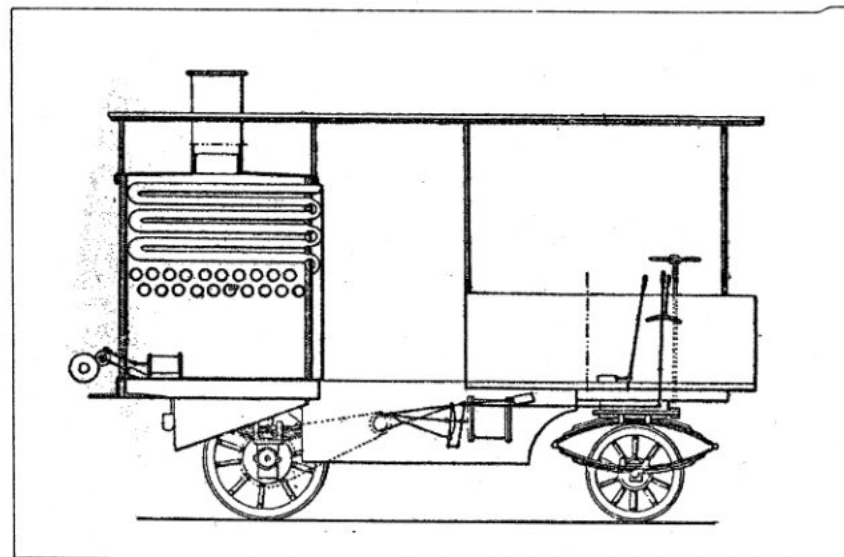
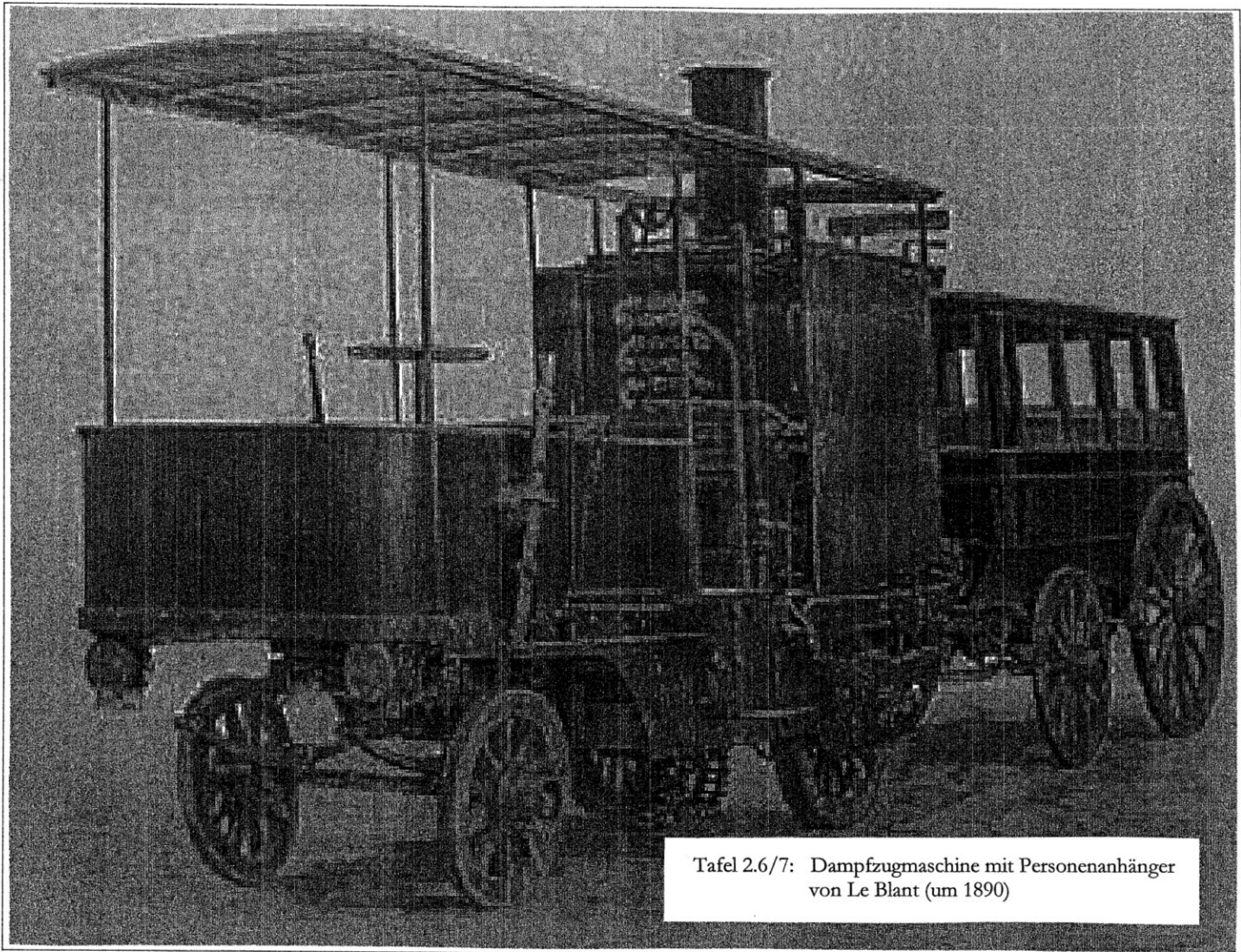


Bild 2.6/12: Technisches Prinzip der Dampfzugmaschine von Le Blant

Die Tafel 2.6/7 zeigt eine kleinere Zugmaschine im Einsatz mit einem angekoppelten Personenanhänger. Die historische Ausgangsfotografie ist leider von schlechter Qualität. Das Prinzip von Le Blant ist trotzdem zu erkennen.



Tafel 2.6/7: Dampfzugmaschine mit Personenanhänger  
von Le Blant (um 1890)



### Dampfnimbus der Hanomag

Die Hannoversche Maschinenbau-Aktiengesellschaft, Linden vor Hannover, baute ab 1905 moderne Nutzfahrzeuge mit Dampftrieb. Die Fahrzeuge wurden in Lizenz nach dem „System Stoltz“ gebaut. Peter Stoltz, Berlin, hatte 1901 ein Patent auf einen Hochdruck-Sicherheitsdampfzylinder erhalten, der als „unexplodierbar“ galt und sehr leicht war. Er eignete sich ideal für Straßenfahrzeuge. Der Dampfzylinder, ein sogenannter Rohrplattenkessel, konnte mit Festbrennstoffen oder flüssigen Medien gefeuert werden. Die einzelnen Rohrplatten konnten wie in einem Baukastensystem zu Dampfzylindern unterschiedlicher Leistung zusammen gesetzt werden. Die Berstdrücke der einzelnen Elemente lagen bei über 600 at. Betrieben wurde der Dampfzylinder bei Drücken von ca. 60 at.

Als Antrieb diente eine „unterflur“ eingebaute Zweizylinder-Verbunddampfmaschine. Die Leistungen gingen bis zu 35 PS.

Stoltz entwickelte seine Antriebe und Fahrzeuge nur bis zur Serienreife. Er baute nicht selbst, sondern vergab Lizenzen für seine Konstruktion an andere Unternehmen. Lizenzen besaßen u.a. Krupp (Germaniawerft), SLM in der Schweiz und die Hanomag. Die Hanomag baute nach diesem Patent moderne Dampfplattwagen und auch einige Dampfbusse. Die Dampfbusse fuhren in Hannover im Linienbetrieb und eine Zeit lang in Berlin im Versuchsbetrieb.

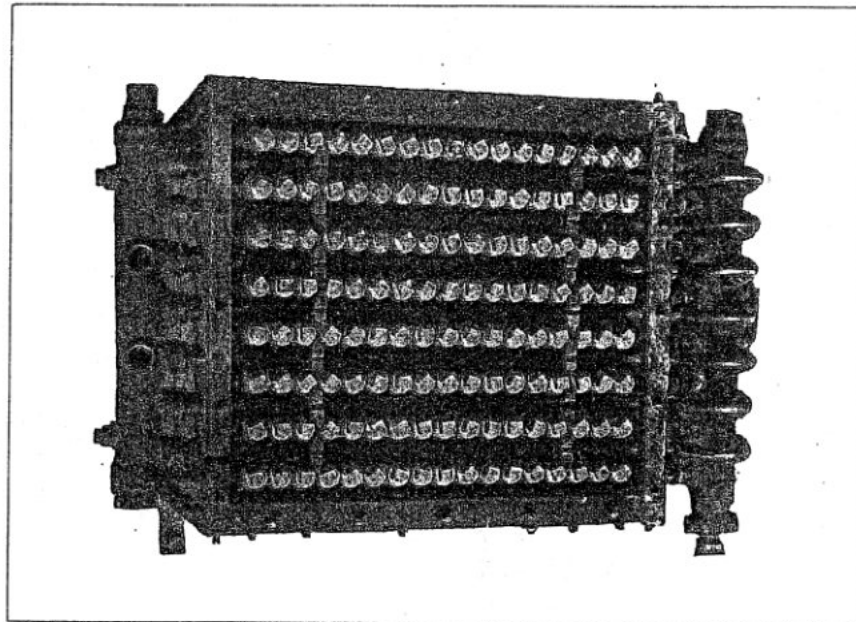


Bild 2.6/13: Rohrplatten-Dampfzylinder (von oben gesehen) für eine Maschinenleistung von 20/25 PS.

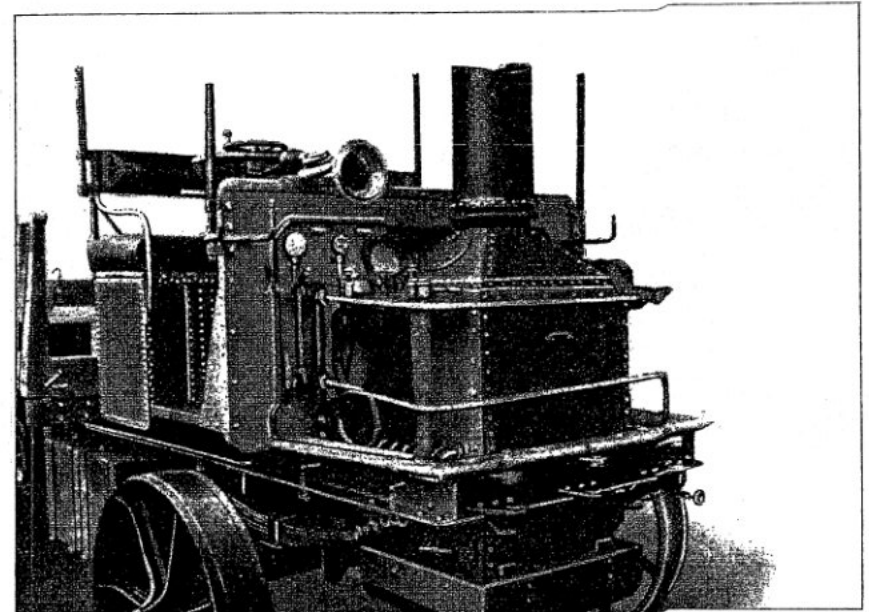


Bild 2.6/14: Kompakter Rohrplatten-Dampfzylinder „System Stoltz“ in einem Hanomag-Dampfbus (1907)

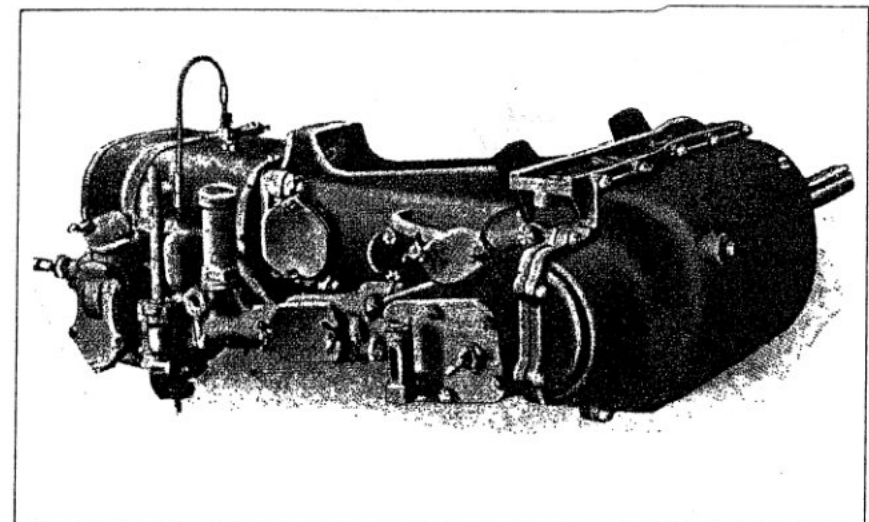


Bild 2.6/15: Liegende Zweizylinder-Verbunddampfmaschine

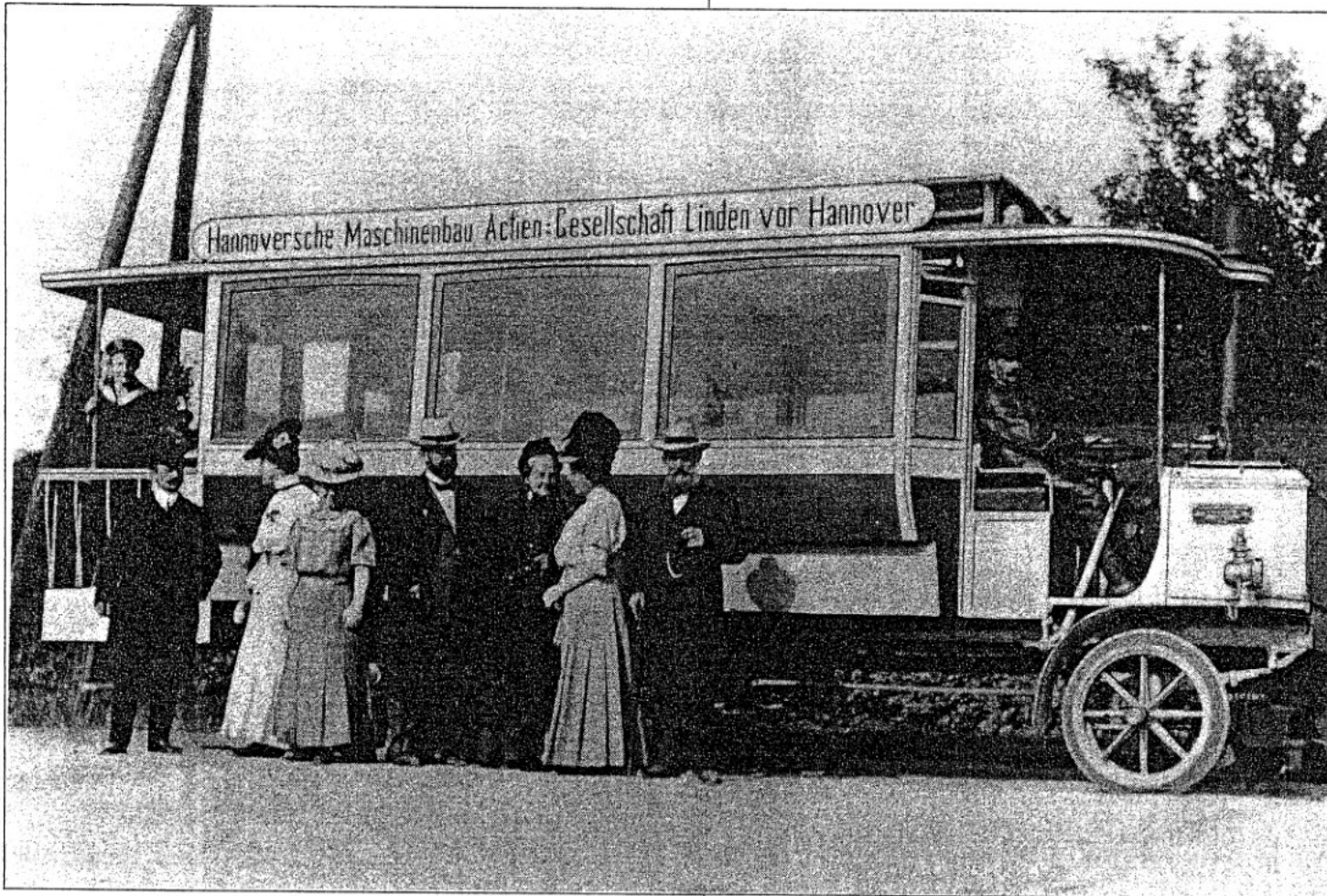


Bild 2.6/16: Moderner Dampfbus der Hanomag „System Stoltz“ (um 1908)

## Dampfnibus von Henschel

Um 1930 begann die Maschinenfabrik Henschel & Sohn in Kassel mit der Entwicklung und dem Bau von Nutzfahrzeugen mit Dampftrieb. Hergestellt wurden große Lastkraftwagen, u.a. der erste dreiachsige Lastkraftwagen mit Dampftrieb für den Fernverkehr auf den neuen Autobahnen, und Dampfbusse. Auslöser der Entwicklung war der sich abzeichnende Mangel bei den hochwertigen Fahrzeugtreibstoffen auf Erdölbasis. Innerhalb Deutschlands gab es nur Erdölförderstätten mit sehr geringen Kapazitäten. Die staatlichen Planungen sahen einen bevorzugten Einsatz dieser Treibstoffe beim Militär vor. Die Versorgung ziviler Nutzfahrzeuge war ein Problem. Es war zwingend notwendig, auf einheimische Festbrennstoffe auszuweichen bzw. minderwertige flüssige Brennstoffe zu verwenden, die in ihrem Fließ- und Zündverhalten für übliche Verbrennungsmotoren nicht in Frage kamen. Diese „Abfallstoffe“ gab es reichlich z.B. in der chemischen Industrie oder in Kokereien. Henschel setzte bei seinen Dampfwagen Teeröle ein, die z.T. so zähflüssig waren, dass sie vorgewärmt werden mussten.

Basis der Entwicklungen von Henschel war ein Patent von Doble Steam Motors aus den USA. Doble baute dort erfolgreich sehr leistungsstarke, luxuriöse Personenkraftwagen nach diesem Patent. Henschel hatte eine Lizenz für den Bau von Dampfmaschinen und Dampfbussen erworben.

Die Fahrzeuge nach dem Doble-Patent besaßen keinen Dampfkessel, sondern einen „Verdampfer“. Das technische Prinzip entsprach dem eines Hochdruck-Sofortverdampfers mit Überhitzer. Der Verdampfer besaß nur eine einzige, wellenförmig gebogene Rohrschlange mit einer Länge von über 200 Metern. Die übliche Bezeichnung für diese Konstruktion war „Schlangenrohrkessel“. Der gesamte Wasserinhalt war mit ca. 16 Litern äußerst gering. Der Betriebsdruck lag bei 100 at. Der Abdampf wurde kondensiert.

Die Zweizylindermaschine war liegend eingebaut und direkt mit der Hinterachse verbunden. Die Maschinenleistungen bei den Bussen gingen bis 110 PS, bei den Lastwagen bei einer Maschine bis 150 PS, bei zwei Maschinen bis 2 x 120 PS (je Antriebsrad eine Maschine). Sowohl von den Dampfbussen, als auch von den Dampfmaschinen wurde eine Vielzahl an Ausführungen gebaut. Die Ausführungen bei den Bussen unterschieden sich, je nach Lage des Verdampfers im Fahrzeug, optisch deutlich voneinander. Bei einigen war der Verdampfer vorne, unter der „Motorhaube“ untergebracht, bei anderen in einem Anbau im Heck. Die Omnibusaufbauten stammten von unterschiedlichen Herstellern.

1933 fuhren die ersten Henschel-Dampfbusse im Linienbetrieb. Ab 1940 in mehreren Städten, u.a. in Wuppertal, Bielefeld, Bremen und Dresden.

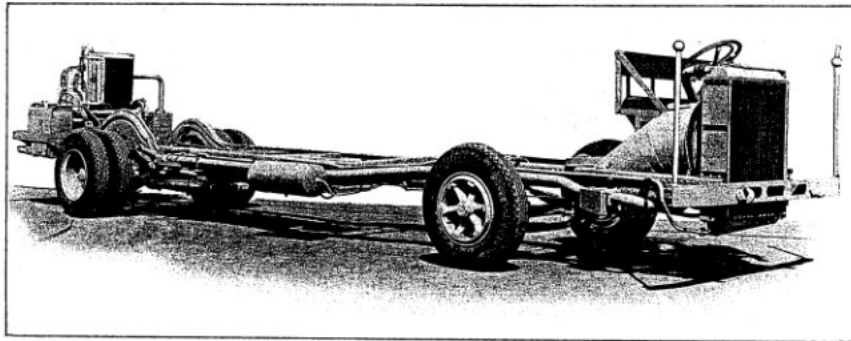


Bild 2.6/17: Dampfbus-Fahrgestell (1934)

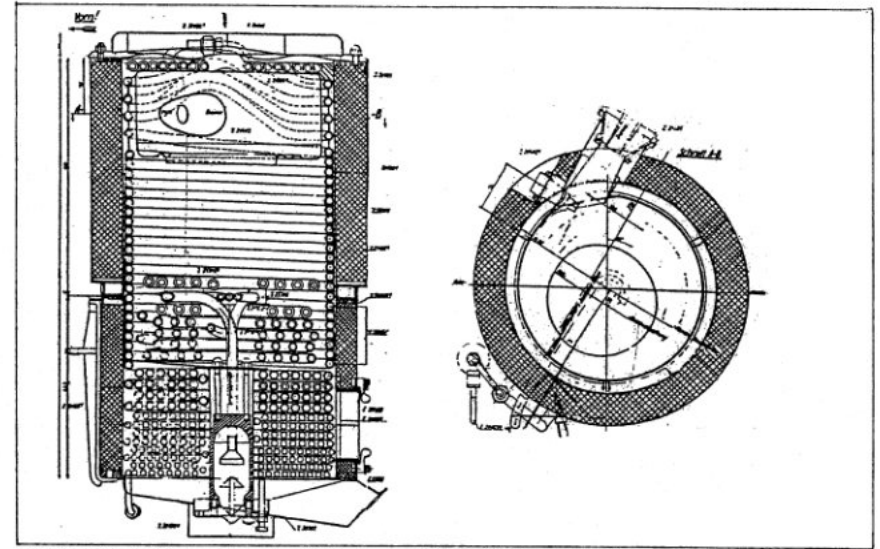
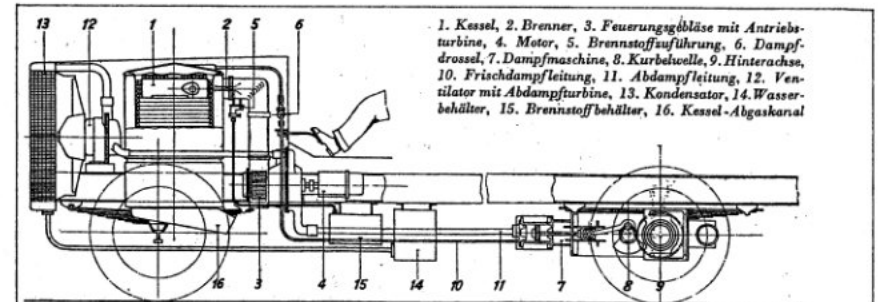
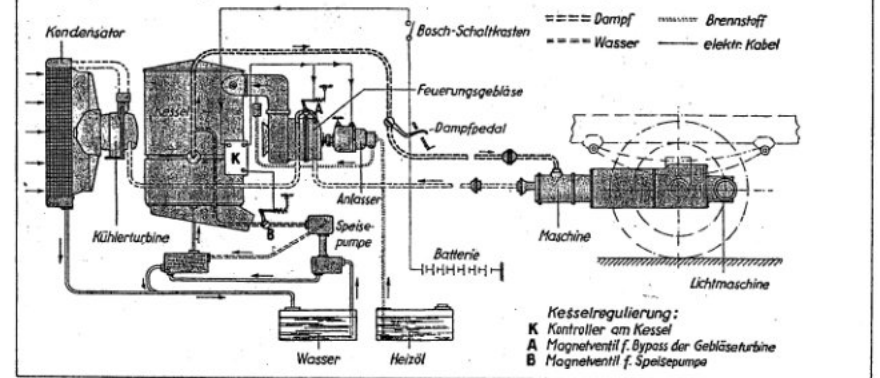


Bild 2.6/18: Sofortverdampfer (Schlangenrohrkessel) eines Dampfbusses



1. Kessel, 2. Brenner, 3. Feuerungsbläse mit Antriebsturbine, 4. Motor, 5. Brennstoffzuführung, 6. Dampfdrossel, 7. Dampfmaschine, 8. Kurbelwelle, 9. Hinterachse, 10. Frischdampfleitung, 11. Abdampfleitung, 12. Ventilator mit Abdampfturbine, 13. Kondensator, 14. Wasserbehälter, 15. Brennstoffbehälter, 16. Kessel-Abgaskanal



Kesselregulierung:  
K. Controller am Kessel  
A. Magnetventil f. Bypass der Gebläseturbine  
B. Magnetventil f. Speisepumpe

Bild 2.6/19: Beispiel für die Anordnung einer Dampfanlage im Fahrzeug

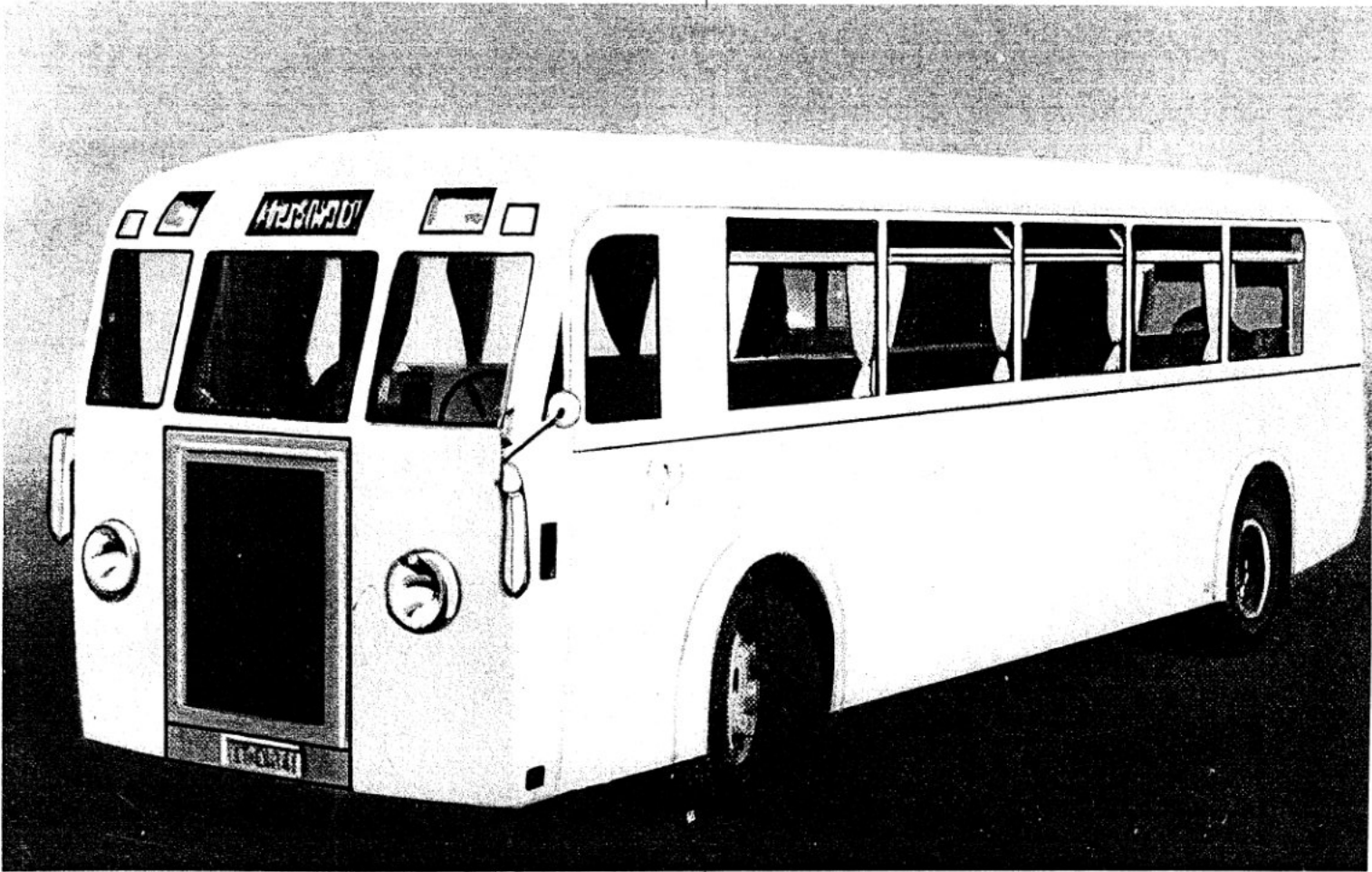


Bild 2.6/20: Henschel-Dampfbus mit Maschinenanlage im Heck (120 PS)  
der Bremer Vorortbahnen, 1936