1. BEMERKUNG

Die technische und wirtschaftliche Überlegenheit der Nutzfahrzeuge mit Antrieb durch Explosionsmotoren zeichnete sich schon vor dem 1. Weltkrieg ab. Das Entwicklungspotential dieses Antriebs war immens und die Entwicklung von immer leistungsstärkeren und zuverlässigeren Fahrzeugen mit diesem Antrieb verlief sehr schnell. Der Erfolg führte dazu, dass man die Phase des Nebeneinanders verschiedenen Antriebssysteme fast vergessen hat. Es existierten im kontinentaleuropäischen Raum alle technisch verfügbaren Antriebsprinzipien vom Dampfantrieb bis zu den unterschiedlichsten Arten des elektrischen Antriebs über 30 Jahre nebeneinander.

Bei vielen Historikern und Museologen beginnt die Geschichte der „Selbstfahrer", wie man damals zu diesen Wagen sagte, mit dem Fahrzeugenantrieb durch die modernen Verbrennungsmotoren. Historisch gesehen ist diese Fokussierung verständlich. In den stark national geprägten Gesellschaften zu Beginn des 20. Jahrhunderts war die Zuordnung einer Erfindung zum eigenen Land ein nicht zu unterschätzendes Kriterium für deren Nutzung. Der Dampfantrieb war unweigerlich mit England verbunden. Bei den elektrischen Maschinen teilte man sich den Ruhm mit den unterschiedlichsten Nationen. Namen wie Pixii (Fr.), Edison (USA), Wilde (Engl.), Siemens (D) usw. stehen dafür. Der moderne Verbrennungsmotor war mit den Namen von Daimler, Otto, Diesel u.a. verbunden. Es ist verwunderlich, dass man hierzulande die anfängliche Fixierung bis heute beibehalten hat. Aus technikgeschichtlicher Sicht ist das allerdings bedauerlich, da die anderen Antriebsarten einige Jahrzehnte lang dem Verbrennungsmotor überlegen oder zumindest ebenbürtig waren. Ein Faktum, das bei näherer Betrachtung der fahrzeugtechnischen Entwicklung in einer anderen entwickelten Industrienation deutlich wird, den USA. Am Anfang des 20. Jahrhunderts besaßen dort der Dampfantrieb, der elektrische Antrieb und der Verbrennungsmotor lange Zeit fast gleiche Marktanteile. Man kann mit Sicherheit davon ausgehen, dass dieses Nebeneinander technisch und ökonomisch sinnvoll war. Jedes Antriebssystem hatte sich ein spezifisches Segment erobert, in denen die jeweiligen Vorteile im praktischen Betrieb deutlich hervortraten und es wettbewerbsfähig war. Der elektrische Antrieb bei kurzen Strecken in den Ballungsgebieten (Abgasfrei, geräuscharm, hinreichende Reichweite, wirtschaftlich), der Dampfantrieb (bei größeren und schweren Fahrzeugen, überlastsicher, einfache Bedienung, geringe Betriebskosten) und der Verbrennungsmotor (leichtere Fahrzeuge, große Reichweiten, flexibel, großes Entwicklungspotential).

Die Fokussierung des Interesses auf Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren führte hierzulande auch dazu, dass an Informationen zur Vielfalt der gebauten Selbstfahrer, den unterschiedlichen Fahrzeugkategorien und Fahrzeugarten, wenig geblieben ist. Der Verbrennungsmotor war am Anfang seiner Entwicklung nur als Antrieb für Personenwagen und leichte Nutzfahrzeuge geeignet. Entsprechend verlief die Entwicklung der Fahrzeugsegmente mit diesem Antrieb. Mit dem zunehmenden Erfolg des Verbrennungsmotors gerieten die anderen Entwicklungen mehr und mehr in Vergessenheit. Dass parallel dazu völlig andere Fahrzeugkategorien existierten und auch weiterentwickelt worden sind ist selbst vielen Fachleuten kaum bekannt.
In der nebenstehenden Tabelle (Bild 1/1) sind exemplarisch die wichtigsten Fahrzeugkategorien nur für das Gebiet der Dampfselbstfahrer zusammengestellt. Wenn man berücksichtigt, dass es in jeder Kategorie eine Reihe von Herstellern gab und viele Hersteller in den besetzten Fahrzeugkategorien unterschiedliche Varianten bauten, kann man eine Vorstellung davon bekommen, was alles parallel entwickelt und hergestellt worden ist und zum Teil auch im praktischen Einsatz war.

Lfd. Nr.	Bezeichnung der Fahrzeugkategorie	Kurzbeschreibung
1	Dampfschlepper	Dampfselbstfahrer, zweiachsig mit allg. vier Rädern. Vorderachse gefedert (hintere Achse selten). Vorderräder deutlich kleiner als angetriebene Hinterräder. Meist Einzylinder-Maschinen. Allgemein liegende. Lokomotivkessel (selten Stehkessel).Niedrige Fahrgeschw. Gewicht: bis 15 Tonnen. Einsatzzweck: Ziehen von Anhängewagen auf unterschiedlichen Wegen und Straßen.
2	Dampfkutschen	Früher Dampfselbstfahrer auf Basis traditioneller Kutschen. Räder und Fahrgestell aus Holz. Meist zweiachsig. Hinterräder im Allg. größer als die Vorderräder. Vordere Achse lenkbar. Kessel und Maschine meist im Heck. Langsame Fahrzeuge. Einsatzzweck: Beförderung von Personen.
3	Dampftraktoren	Kleinere, leichtere Dampfselbstfahrer. Zweiachsig, meist vier Räder. Hintere Räder (mit Traktionshilfen) deutlich größer als vordere Räder. Allgemein beide Achsen gefedert. Oft Zweizylindermaschinen. Liegende Lokomotivkessel. Mit Riemenscheibe und häufig Seilwinde ausgestattet. Einsatzzweck: Universell einsetzbare Maschine für landwirtschaftliche Betriebe. Kurze Transportarbeiten auf Wegen und Straßen.
4	Dampf-Straßenlokomotive	Große Dampfselbstfahrer, zweiachsig mit meist vier Rädern. Vorderräder deutlich kleiner als Hinterräder. Hinterräder angetrieben (bis zu 2 m Durchmesser, oft mit Hartgummiauflagen). Beide Achsen gefedert. Mehrzylindermaschinen. Liegende Lokomotivkessel (sehr selten Stehkessel). Meist überdachter Fahrerplatz. Höhere Fahrgeschwindigkeit. Einsatzzweck: Für schwere Transporte auf geeigneten Straßen mit meist mehreren Anhängern.
5	Dampfzugmaschinen	Dampfselbstfahrer, meist zwei-oder dreiachsig mit allgemein unterschiedlich großen Rädern. Eine Achse angetrieben (bei dreiachsigen Maschinen auch zwei angetriebene Achsen). Mehrzylindermaschinen. Unterschiedliche Kesselkonstruktionen (auch Stehkessel und schnell verdampfende Kessel). Feuerung auch mit flüssigen Brennstoffen. Höhere Leistungen. Höhere Fahrgeschwindigkeit. Einsatzzweck: Ziehen von allgemein mehreren (vielen) schweren Anhängewagen auf Straßen und befestigten Wegen.
6	Automobiler Dampf-Straßenzug	Schwere Dampfselbstfahrer in spezieller Ausrichtung auf den Betrieb als Straßenzug. Zugmaschine und Anhängewagen sind ein aufeinander abgestimmt System. Zugmaschine im Allgemeinen zweiachsig. Gezogen werden 4 bis 10 Anhängewagen. Unterschiedliche Antriebskonzepte (Kopfantrieb, verteilter Antrieb u.a.m.). Verschiedene Kesselbauarten und Antriebsmaschinen. Einsatzzweck: Massentransport von Gütern aller Art. Massenbeförderung von Personen.
7	Dampf-Vorspannschlepper	Dampfselbstfahrer, meist zweiachsig, mit vier allg. gleich großen Rädern. Zugmaschine und Anhänger getrennt. Anhängewagen werden „aufgesattelt". Üblich sind Mehrzyl.-Maschinen höherer Leistung. Unterschiedliche Kesselkonstrukt. Höhere Fahrgeschw. Einsatzzweck: Spezialfahrzeug zum Ziehen von Sattelaufliegern für Lastentransport und Personenbeförderung. Vorspannschlepper sind auch als einachsige Wagen (mit Stützrad zum Rangieren) gebaut worden.
8	Dampflastwagen	Dampfselbstfahrer, zweiachsig (selten dreiachsig) mit in etwa gleich großen Rädern. Allgemein Antrieb der Hinterräder. Fahrzeug und durchgehende Ladefläche bilden eine Einheit. Verschiedene Ladeflächeaufbauten. Anhängerbetrieb üblich. Meist Mehrzylindermaschinen, häufig in Unterfluranordnung. Höhere Fahrgeschwindigkeiten. Leichtere Fahrzeuge. Unterschiedliche Kesselkonstr. (Schnellkessel, Durchlaufkessel). Einsatzzweck: Transport von Gütern aller Art.
9	Dampfbus	Dampfselbstfahrer, meist zweiachsig mit in etwa gleich großen Rädern an der Vorder- und Hinterachse. Allg. Hinterradantrieb. Fahrzeug und Passagierkabine (auch doppelstöckig) bilden eine Einheit. Anhängerbetrieb üblich. Meist Mehrzylindermaschinen, häufig in Unterfluranordnung oder vorgesetzt. Unterschiedliche Kesselkonstruktionen. Einsatzzweck: Transport von Personen meist im innerstädtischen oder stadtnahen Verkehr.
10	Lokomobile	Antriebsmaschine für unterschiedliche Antriebsaufgaben. Meist zweiachsig, Vorderräder etwas kleiner als Hinterräder. Im Allgemeinen nicht selbstfahrende, ggf. Hilfsantrieb zum Selbstfahren an der Hinterachse. Einsatzzweck: flexibel einsetzbare, einfache Antriebsmaschine für alle landwirtschaftlichen Aufgaben u. dem Einsatz in Gewerbebetrieben.
11	Dampfwalzen	Schwere Dampfselbstfahrer. Zweiachsig, zwei- oder dreirädrig (Zweiradwalzen, Dreiradwalzen). Allgemein liegende Lokomotivkessel. Dreiradwalzen: vordere Walze kleiner als hintere. Zweiradwalzen: Walzendurchmesser vorne u. hinten gleich. Einsatzzweck: Bodenverdichtung, Glättung von Straßenbelägen, Einwalzen von Schotter.
12	Dampfpflug-Lokomotiven	Große, zweiachsige Dampfselbstfahrer für Bodenkulturarbeiten im „indirekten" Zug. Hintere Achse angetrieben. Große verbreiterte Hinterräder mit Traktionshilfen zum Fahren auf unbefestigten Wegen und auf dem Acker. Meist große Zweizylindermaschinen. Verlängerte, liegende Lokomotivkessel. Fahrzeug mit leistungsfähigen Windesystemen zum Ziehen des Pfluges ausgerüstet. Einmaschinen- und Zweimaschinen-Systeme. Einsatzzweck: Bodenkulturarbeiten (z.B. Pflügen, Grubbern, Walzen, Schleifen etc.) im indirekten Zug.
13	Dampf-Automobil	Leichtere, kleinere zweiachsiger Dampfselbstfahrer für den Personenverkehr auf öffentlichen Straßen. Drei- oder vierrädrig. Antrieb meist auf die Hinterräder. Fahrzeugachsen gefedert. Hohe Geschwindigkeiten. Häufig Hochdruckmaschinen als Antrieb. Sehr unterschiedliche Kesselbauarten. Oft Feuerung mit flüssigen Brennstoffen. Einmann-Bedienung bei französischen Fahrzeugen ab 1880. Einsatzzweck: Beförderung einzelner oder weniger Personen.
14	Dampf-Feuerwehr (Dampf-Spritze)	Dampfselbstfahrer für die Bekämpfung von Bränden. Zweiachsig. Unterschiedlichste Konstruktionen. Sowohl für Gespannzug als auch selbstfahrend.
15	Dampf-Bodenbearbeitungsmaschinen	Dampfselbstfahrer zur Durchführung von Bodenkulturarbeiten in der Landwirtschaft. Sehr unterschiedliche Konstruktionen mit rotierenden oder schwingenden Werkzeugen.
16	Dampf-Raupenfahrzeuge	Dampfselbstfahrer mit Raupenfahrwerken. Auch als Halb-Raupen (Lenkung durch vordere Lenkachse mit normalen Rädern) gebaut. Einsatzzweck: Zugarbeiten in schwierigem Gelände.
17	Dampfselbstfahrer mit besonderer Radkonstruktion	Dampfselbstfahrer, deren Räder eine spezielle Konstruktion zur Vergrößerung der Aufstandsfläche und zur Verbesserung der Traktion aufweisen. Einsatzzweck: Zugarbeiten in schwierigem Gelände.

Bild 1/1: Unterschiedliche Fahrzeugkategorien bei Dampfselbstfahrern (um 1900)

Relativieren muss man allerdings die technische und wirtschaftliche Bedeutung des „industriellen" Segments des Fahrzeugbaus. Im Deutschen Reich hatte das Reichsamt des Inneren beispielsweise in den Jahren 1901, 1903 und 1906 (und in Teilbereichen 1907 bis 1910) Erhebungen zur Entwicklung der deutschen Automobilindustrie durchgeführt. Die Ergebnisse für die Fahrzeugproduktion sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

		1901	1903	1906	1907	1908	1909	1910
1	Anzahl der Fahrzeugfabriken	12	18	34	-	-	-	56
2	Anzahl der Arbeiter	1589	3289	10347	-	-	-	20331
3	Durchschnittliche Betriebsgröße (Arbeiter/Betrieb)	132	183	304	-	-	-	363
4	Produktion von Personenwagen (Kraftwagen und Untergestelle)	845	1310	4866	4647	5054	8723	13113 (11992?)
	davon für Privatgebrauch	832	1258	3924	-	-	-	-
	davon für Gewerbebetriebe	13	52	942	-	-	-	-
5	Produktion von Lastwagen (Kraftwagen und Untergestelle)	39	140	352	504	493	721	1121
	Lieferungswagen	26	82	160	-	-	-	-
	Schwere Lastwagen	13	56	155	-	-	-	-
	Andere Wagen für besondere Zwecke	-	2	37	-	-	-	-
6	Gesamte Fahrzeugproduktion	884	1450	5218	5151	5547	9444	14234

Bild 1/2: Bedeutung der deutschen Fahrzeugproduktion zu Beginn des 20. Jahrhunderts

Der Umfang und die Bedeutung der gesamten Fahrzeugtechnik sind zu Beginn des 20. Jahrhunderts im Vergleich zu anderen Industriezweigen ernüchternd. Das Produktionsvolumen bei den Selbstfahrern stieg zwar kontinuierlich, allerdings ausgehend von einem sehr niedrigen Niveau. Bei den Herstellerbetrieben dominierten klein- und mittelständische Unternehmen. Ein ähnliches Bild zeigt die Entwicklung bei den Automobilausstellungen in Deutschland. Die erste wurde 1897 mit 4 Ausstellern in einem Hotel in Berlin veranstaltet. Die Anzahl der Aussteller im Bild 1/3 ist dabei nicht mit der Anzahl der Automobilhersteller gleichzusetzen. Es nahmen schon einige Automobil-Zulieferfirmen an den Veranstaltungen teil.

Lfd. Nr.	Jahr	Datum	Ort	Anzahl d. Aussteller	Fläche (m^2)	Bemerkung
1	1897	30. Sept.	Berlin, Hotel Bristol	4		
2	1898	24. Mai	Berlin, Landesausst,-Park	13		
3	1899	3.-28. Sept.	Berlin, Exerzierhalle	134	2300	100000 Besucher
4	1902	14.-25. Mai	Berlin, Bhf. Friedrichstr.	111		
5	1903	8.-22. März	Berlin Palmengarten	115		
6	1904	19.-27. März	Frankfurt/M., Landw. Halle	170	6400	
7	1905	4.- 19. Febr.	Berlin, Landesausst.-Park	297	12000	300000 Besucher
8	1905	20.-29. Okt.	Frankfurt/M., Landw. Halle	153	6400	
9	1906	3.- 18. Febr.	Berlin, Landesausst.-Park	384	12000	
10		1.- 13. Nov.	Berlin, Zoohallen	382	15000	
11	1907	5.- 15. Dez.	Berlin, Zoohallen	381	15000	Nur PKW
12		19.-22. Dez.	Berlin, Zoohallen	395	15000	Nur LKW
13	1910	19. März- 3.April	Berlin, Zoohallen	200	15000	Motore u. Motorboote

Bild 1/3: Die ersten Automobilausstellungen in Deutschland

In der Automobilindustrie führend war in dieser Zeit Frankreich, und zwar in allen Belangen. Frankreich war auch führend in Europa bei der privaten und gewerblichen Nutzung der neuen Fahrzeuge. Der kleine Benz-Motorwagen wurde beispielsweise zwischen 1894 und 1902 gut 1200-mal gebaut. Der größte Teil der Produktion ging in den ersten Jahren nach Frankreich. Die herausragende Stellung Frankreichs lässt sich auch in den amtlichen Handelsstatistiken im Wert der aus- und eingeführten Fahrzeuge (Motorwagen und Motorräder) ablesen.

Land		1902	1903	1904
Frankreich	Einfuhr (Mill. Mark)	0,87	1,04	3,15
	Ausfuhr (Mill. Mark)	24,70	41,50	58,75
Deutschland	Einfuhr (Mill. Mark)	3,87	5,64	8,38
	Ausfuhr (Mill. Mark)	5,45	6,61	14,39
England (einschl. Irland)	Einfuhr (Mill. Mark)	22,06	39,77	49,43
	Ausfuhr (Mill. Mark)	4,60	9,73	11,21
Belgien	Einfuhr (Mill. Mark)	0,79	1,42	1,65
	Ausfuhr (Mill. Mark)	2,42	4,65	4,60

Bild 1/4: Entwicklung der Automobilindustrie der wichtigsten Industrieländer Europas

Deutschland erwirtschaftete mit seiner Automobilproduktion zwar einen Exportüberschuss, im Vergleich zu Frankreich war er aber gering. England, im 19. Jahrhundert die führende Industrienation, war auf dem Fahrzeugsektor weit zurückgefallen und einfuhrabhängig geworden. Zum größten Automobilhersteller Europas entwickelte sich zur Jahrhundertwende die Automobilfabrik des französischen Herstellers De Dion & Bouton. Das Unternehmen hatte von Dampfwagen, Fahrzeugen mit elektrischen Antrieben bis zu den Wagen mit Verbrennungsmotoren alles in seinem Programm. Zwischen 1895 und 1901 stellte De Dion & Bouton von seinem absatzstärksten, einfach aufgebauten und preiswerten Tricycle mit Verbrennungsmotor die für deutsche Verhältnisse fast unglaubliche Menge von 15000 Stück her.

In diese technikgeschichtlich außerordentlich interessante und innovative Phase des Selbstfahrwesens war die Freibahngesellschaft m. b. H. aus Seegefeld bei Spandau eingebettet. Sie stellte Straßenfahrzeuge in der Kategorie „automobile Straßenzüge" her. Sie waren eine Variante bei der Übertragung des Prinzips der Eisenbahn auf den Verkehr auf üblichen Straßen. Die Grundidee dabei war: eine große, schwere, vierrädrige Zugmaschine, mit Antrieb mindestens einer (bei großen Transportaufgaben von beiden Achsen) zog eine Vielzahl von Anhängewagen. Im Gegensatz zum Betrieb mit den üblichen Straßenlokomotiven und Dampfzugmaschinen, die alles an „rollendem Material" ziehen konnten was Räder besaß, waren die automobilen Straßenzüge Fahrzeuge, bei denen die Zugmaschine und die Anhängewagen als ein zusammengehörendes System entwickelt worden waren. Eine spezielle Zugmaschine zog speziell für den Straßenzug entwickelte Anhängewagen. Diese Selbstfahrer gab es von verschiedenen Herstellern mit Dampfantrieb, mit elektrischem Antrieb, mit Antrieb durch Verbrennungsmotor und mit kombinierten Antrieben (Dampfmotor und elektrischer Antrieb, Verbrennungsmotor und elektrischer Antrieb etc.). Die Freibahngesellschaft baute in erster Linie automobile Straßenzüge mit Dampfantrieb. Ursprünglich sollte mit diesen Fahrzeugen ein Transportproblem beim Militär gelöst werden. Die frontnahe Versorgung der Truppen mit Nachschub war zu einem Engpass geworden. Die eingeführten Feldbahnen lösten das Problem nur teilweise. Bei schnellen Vormärschen kam die Verlegung der Gleise nicht nach. Die Freibahnzüge bewährten sich beim militärischen Einsatz aber nur mäßig. Sie fanden aber verschiedene Einsatzgebiete im zivilen Bereich beim Massentransport von Gütern aller Art.

Die Freibahngesellschaft war ein sehr kleiner Hersteller der heute nur noch wenigen Nutzfahrzeuginteressenten bekannt ist. Der Hersteller hat vermutlich nur in der Anfangsphase einige Fahrzeuge selbst gebaut bzw. komplettiert, das meiste ist bei größeren Berliner Maschinenfabriken entstanden. Die Gesellschaft existierte auch nur einige Jahre und die produzierten Stückzahlen waren sogar im Vergleich mit den geringen im Bild 1/2 aufgeführten Fahrzeug-Produktionsmengen deutscher Hersteller nur von geringer Bedeutung. Die Bedeutung des Herstellers liegt ausschließlich in seiner Innovationskraft. Das außergewöhnliche an den Entwicklungen der Freibahngesellschaft ist die Radikalität, mit der man das System des automobilen Straßenzugs „neu gedacht" hat - technisch gesehen blieb bei den Fahrzeugen „kein Stein auf dem anderen". Ziel war es, alle Nachteile von langen Wagenzügen zu vermeiden, die durch übliche Straßenlokomotiven gezogen wurden. Und man erreichte das Ziel – aber mit immensem technischem Aufwand. Derartig intensive Innovationsphasen bei einem Hersteller und einem Produkt sind technikgeschichtlich außerordentlich selten. Bei der Freibahngesellschaft sind dabei als Ergebnis Selbstfahrer entstanden, die mit ihren Dimensionen alles bis dato bekannte in den Schatten stellten. Die Freibahnzüge waren technisch überaus komplexe Systeme. Von den Rädern, über den Antrieb, das Lenksystem und den Anhängewagen – es wurde fast alles neu entwickelt.
Der begrenzte Erfolg der Freibahnzüge ist zum einen ein Ergebnis der anspruchsvollen und empfindlichen Technik. Die Zuverlässigkeit war selbst im Vergleich mit den sehr „ausfallintensiven Motorwagen" nicht wesentlich verbessert. Die anspruchsvolle Technik verlangte auch ihren Preis. Hinzu kommt noch, dass der Freibahnzug nur als ganzes System sinnvoll eingesetzt werden konnte. Zu einem Freibahnzug gehörten u. U. mehrere Wagenzüge, da die Zugmaschine möglichst ununterbrochen in Betrieb gehalten werden musste. Auch das verteuerte die Anschaffung. Zum anderen machte die Motor- und Fahrzeugtechnik bei den Nutzfahrzeugen mit Verbrennungsmotoren enorme Fortschritte. Kurz vor dem 1. Weltkrieg gelang es, größere und leistungsstärkere Lastwagen zu bauen. Als Vorteil beim Freibahnzug blieb die Wirtschaftlich beim Transport von Massengütern. Vergleicht man zum Beispiel die Kosten je Tonnenkilometer, so war der Freibahnzug absolut konkurrenzfähig. Die Selbstfahrer der Freibahngesellschaft waren hierzulande der letzte Versuch automobile Straßenzüge mit Dampfantrieb zu bauen. Danach gab es diese Straßenzüge nur noch mit elektrischen Antrieben, mit Verbrennungsmotoren oder kombinierten Antrieben.

Es wurde zu Anfang erwähnt, dass es die Fahrzeugkategorie der automobilen Straßenzüge heute nicht mehr gibt. Die Idee das Prinzip der „eisernen Bahnen" auf die Straße zu übertragen lebt aber nach wie vor weiter. Es sind auch in Europa in neuerer Zeit einzelne größere Lastkraftzüge für Versuchszwecke gebaut worden. Allerdings ist bei dem aktuellen Verkehrsaufkommen in den entwickelten Industrieländern mit einem Einsatz sehr großer Züge nicht zu rechnen. Das ist nicht nur eine Frage der Wirtschaftlichkeit oder gesetzlicher Regelungen, die im Bedarfsfall angepasst werden könnten. Der Einsatz ist einfach nicht praktikabel. Die gesamte verkehrstechnische Infrastruktur müsste angepasst werden, die großen Fahrzeuge würden mit der verkehrstechnisch üblichen Geschwindigkeit fahren und besäßen ein entsprechendes Gefährdungspotential und Selbstfahrer mit einer Zuglänge von 50 und mehr Metern sind einfach im dichten heutigen Verkehrsgeschehen ein zu großes Hindernisse. Das ist auch ein Grund dafür, dass man bei den neueren Straßenzugkonzepten oft einen Einsatz auf wenig frequentierten Trassen oder abseits der Straßen anstrebt. Insbesondere abseits von öffentlichen Straßen werden sehr große Fahrzeugzüge zum Transport unterschiedlicher Massengüter eingesetzt. Die Straßenzüge erreichen in Tagebauen und in Betrieben, bei denen auf eigenem Wegenetz sehr große Gütermengen bewegt werden müssen, Längen von bis zu 100 Metern.

Mit etwas Phantasie lassen sich noch Spuren der Grundidee des automobilen Straßenzugs bei einigen heutigen Fahrzeugen erkennen, die in einigen Ländern auf öffentlichen Straßen unterwegs sind. Am bekanntesten sind wohl die australischen „Road Trains". Überlange Fahrzeuge bestehend aus einer schweren Zugmaschine, meist einer Sattelzugmaschine, mit einer Vielzahl an Anhängern für die Güterbeförderung im wenig erschlossenen „Outback". Die Fahrzeuglängen gehen bis 53,5 Meter. Das Gesamtgewicht eines Road Trains kann bis zu 150 Tonnen betragen. Die Höchstgeschwindigkeit liegt bei 100 km/h. Im Gegensatz zu den ursprünglichen automobilen Straßenzügen und ihren „als ein System optimierten Technik" können die neueren Züge aus unterschiedlichen Anhängewagen oder Aufliegern zusammengestellt werden. Die Manövrierfähigkeit hat keine große Bedeutung. Es geht auf den für Road Trains zugelassenen Routen fast nur „geradeaus".

2. DIE FAHRZEUGKATEGORIE: AUTOMOBILE STRASSENZÜGE

Definition: Automobile Straßenzüge sind schwere Selbstfahrer, die aus einer Antriebseinheit (Triebkopf, Maschinenwagen etc.) und einer Vielzahl gekoppelter Anhängewagen bestehen. Die Anhängewagen können gezogen werden oder aufgesattelt sein. Das besondere Merkmal automobiler Straßenzüge ist, dass die Antriebseinheit und alle Anhängewagen ein aufeinander abgestimmtes und zusammengehörendes Fahrzeugsystem darstellen. Die Antriebseinheit ist allein nur begrenzt einsetzbar. Die Anhängewagen können nur sinnvoll im Verband eines Straßenzuges verwendet werden. Automobile Straßenzüge stellen eines der Konzepte zur Umsetzung des Prinzips der „eisernen Bahnen" auf die Straße dar. Bei den automobilen Straßenzügen unterscheidet man zwei Bauweisen:

1. Straßenzüge mit aufgeteiltem Antrieb
2. Straßenzüge mit Kopfantrieb.

Bei den Zügen mit aufgeteiltem Antrieb werden die zur Fortbewegung erforderlichen Traktionskräfte von mehreren im Zug verteilten oder allen Rädern des Zuges aufgebracht. Bei den Zügen mit Kopfantrieb werden mindestens zwei Räder (häufig auch alle vier Räder) des Triebkopfes angetrieben. Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal der Straßenzüge ist die Art der eingesetzten Antriebsmaschinen. Es gibt Straßenzüge mit Dampfantrieb, elektrischem Antrieb, Antrieb durch Explosionsmotoren und kombinierte Antriebe.
Automobile Straßenzüge werden zum Transport von Massengütern aller Art eingesetzt. Antriebseinheit und Anhängewagen bilden ein hinsichtlich Transportleistung und Transportkosten optimiertes System. Die Einsatzorganisation wird oft so gestaltet, dass die Antriebseinheit ununterbrochen im Betrieb ist und mit mehreren Wagensätzen gefahren wird.
In der historischen Literatur findet man die unterschiedlichsten Bezeichnungen für diese Fahrzeugkategorie. Sie wurden auch nicht einheitlich verwendet. Üblich waren die Bezeichnungen:

- Selbstfahrerzug, Selbstfahrer-Straßenzug
- Motorzug, Dampf-Motorzug, Elektro-Motorzug etc.
- Motorlastzug, Motorlastwagen
- Lastkraftzug
- Automobilzug
- mechanischer Zug, mechanischer Straßenzug
- Straßen-Anhängerzug
- Zugkraftwagen
- Vorspannwagen, Vorspann-Zugwagen
- Zugkraftwagen
- Straßenzug,
- automobiler Straßenzug, automobiler Zug
- Lokomotivzug
- u. a. m.

In diesem Buch wird einheitlich die Bezeichnung „automobiler Straßenzug" verwendet. Sie beschreibt diese Fahrzeugkategorie in kurzer Form am Besten. Automobile Straßenzüge sind aus den Wagenzügen entwickelt worden, die von Dampfschleppern, Dampfzugmaschinen und Dampf-Straßenlokomotiven gezogen wurden. In der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts waren dem Straßentransport von Lasten mit Maschinenkraft enge Grenzen gesetzt. Aufgrund der geringen Maschinenleistungen und des hohen Eigengewichts der „Straßenlokomotiven" war es unmöglich, sehr große Lasten zu bewegen. Die Maschinenleistungen wurden in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts rasch gesteigert (siehe Abschnitt 6.1). Mit diesen Zugmaschinen war es nun möglich und auch sinnvoll, mehrere Anhängewagen zu ziehen. Die Entwicklung beim „rollenden Material" war in dieser Zeit allerdings noch von den Bedingungen des Gespannbetriebes bestimmt. Eine eigenständige Weiterentwicklung hinsichtlich des Einsatzes in maschinengezogenen Verbänden hatte es nicht gegeben. Das hatte zur Folge, dass „Straßenzüge" aus beispielsweise einer Straßenlokomotive und einigen Anhängewagen kaum zu manövrieren waren. Enge Kurven konnten nicht gefahren werden. Die Wagen mussten einzeln oder in kleinen Gruppen um die Kurve gefahren werden. Ein Rückwärtsfahren war unmöglich. Dabei schob sich der ganze Zugverband unkontrolliert ineinander. Selbst kurze Strecken konnten nicht zurück gestoßen werden. Das Bremsen, insbesondere bei Bergabfahrten, war ein sehr großes Problem. Durch ungenügende und überlastete Bremsen gab es bei stark abfallenden Passagen viele Unfälle. Sollte die Fahrtrichtung gewechselt werden, so musste in den meisten Fällen jeder Wagen einzeln gedreht werden. Die Wendung eines ganzen Zuges erforderte zu viel Platz. Aufgrund der vielen Räder waren die Fahrwiderstände sehr hoch. Um die üblichen Wagen lenken zu können, mussten die Vorderräder unter die Wagenkästen einschwenken können. Das war nur mit relativ kleinen Vorderrädern möglich. Diese Räder sanken sehr tief ein und erhöhten die Rollwiderstände zusätzlich. Das ist nur eine unvollständige Aufzählung der Nachteile dieses Transportsystems.
Es war naheliegend, dass sich einige Unternehmen Ende des 19. Jahrhunderts daran machten, diese Nachteile zu beseitigen. Eines dieser Transportsysteme, das fast alle Nachteile beim Gütertransport mit herkömmlichen Zugmaschinen vermied, waren die automobilen Straßenzüge. Um einen ersten Eindruck von diesem Transportsystem zu vermitteln, zeigen die nachfolgenden Bilder beispielhaft einige Selbstfahrer in der Bauart „automobiler Straßenzüge mit Kopfantrieb" sowie ein Beispiel eines „automobilen Straßenzugs mit aufgeteiltem Antrieb". Im letzten Beispiel ist ein Straßenzug mit „ottoelektrischem Antrieb" wiedergegeben.

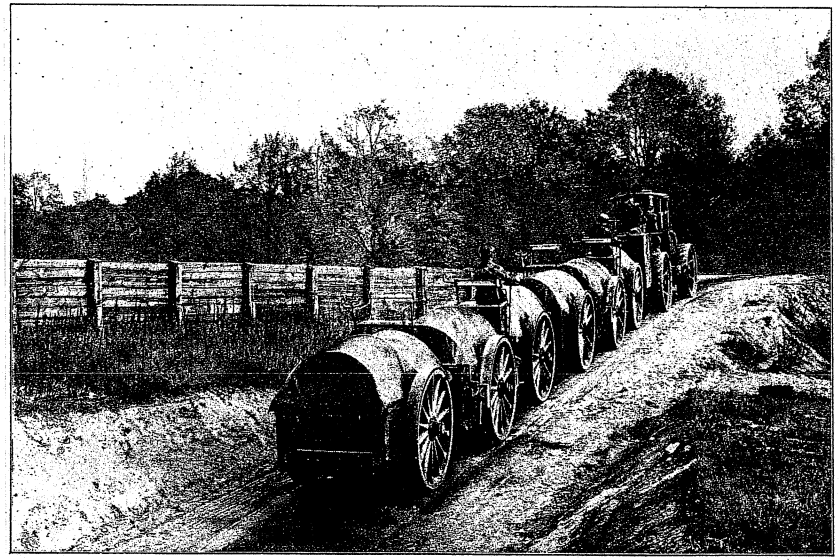


Bild 2/1: Dampfgetriebener automobiler Straßenzug mit Kopfantrieb (Freibahngesellschaft m. b. H. Seegefeld, um 1909,)

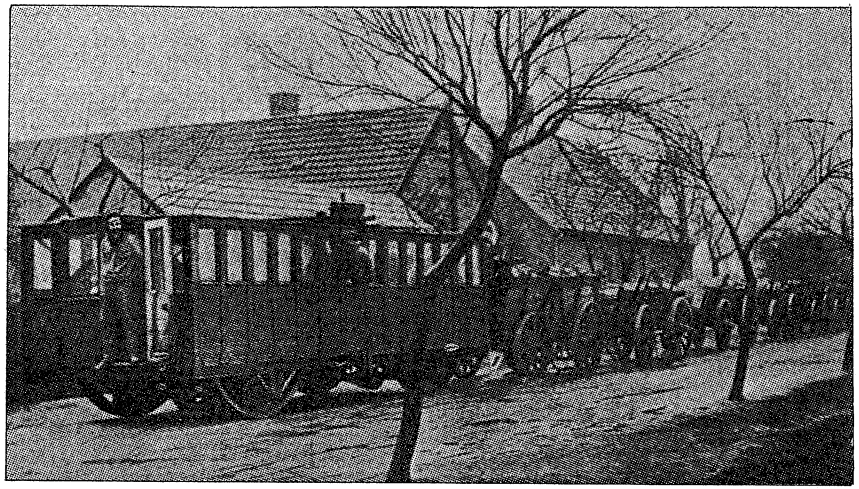


Bild 2/2: Von einem Explosionsmotor angetriebener automobiler Straßenzug mit Kopfantrieb (Carl Keller, Laggenbeck i. Westf., um 1900)

Bild 2/3: Straßenzug mit aufgeteiltem ottoelektrischem Antrieb für den Einsatz in den Tropen mit zwei Motoren, ges. Maschinenleistung 250 PS, Nutzlast bis 60 to (W. A. Th. Müller, 1910)

3. GESCHICHTE DER AUTOMOBILEN STRASSENZÜGE

3.1 Die Anfänge des Güterverkehrs mit Lastenfuhrwerken

Die technikgeschichtlichen Wurzeln der automobilen Straßenzüge gehen auf die von Zugvieh bewegten Lastenfuhrwerke zurück. Bis zum Einsatz der „eisernen Bahnen" gab es keine andere Möglichkeit zum Transport von Gütern über Land als die Lastenfuhrwerke. Noch bis weit ins 20. Jahrhundert hinein wurde ein erheblicher Teil des Gütertransports von Fuhrwerken bewältigt. Der Anteil an maschinengetriebenen Nutzfahrzeugen war, wie im Abschnitt 1 kurz dargelegt, am Anfang des 20. Jahrhunderts noch verschwindend gering. Die Eisenbahn und in begrenztem Umfang vorher schon die Kanalschifffahrt, hatte seit den 50er Jahren des 19. Jahrhunderts zwar den Transport auf längeren Strecken übernommen, aber die Versorgung von Dörfern und Gehöften, die Anbindung abgelegener Städte, die Verteilung in den Städten und im Umland wurde von Lastenfuhrwerken unterschiedlicher Art geleistet. Im Gegensatz zu den automobilen Straßenzügen, bei denen immer eine größere Zahl von Anhängewagen gezogen wurde, war es bei Fuhrwerken aus nahe liegenden Gründen unüblich, mehr als einen Wagen zu ziehen.
Bei den Lastenfuhrwerken gab es zwei Arten, die sich deutlich unterschieden:
1. Einfache Lastenfuhrwerke
2. Schwerlastfuhrwerke.

Eine Sonderstellung hatten die schienengebundenen Transportsysteme, die mit Gespannen gearbeitet haben. Im Bild 3.1/1 ist als Beispiel ein einspänniger Wagen dargestellt, mit dem der Kohletransport von einer Grube zur Verladestelle eines Hafens bewerkstelligt wurde. Diese Fuhrwerke waren nur innerhalb eng begrenzter Areale von Bedeutung. Typische Einsatzgebiete fanden diese Transportsysteme in großen Industrieunternehmen, Bergwerken, Kraftstationen, Tagebaue, Steinbrüchen, etc.

Bild 3.1/1: Schienengebundener Wagen mit Pferdezug (um 1800)

Bei den einfachen Lastenfuhrwerken kamen fast ausschließlich vierrädrige Wagen zum Einsatz. Die gleichen Wagen wurden (mit veränderter Deichsel) später auch beim maschinellen Zug mit Dampfschleppern eingesetzt. Die Wagen waren selten gefedert. Sie bestanden aus einem Unterwagen (Untergestell) mit dem Hinter- und Vordergestell und dem Oberwagen. Der sogenannte Langbaum verband das Hinter- mit dem Vordergestell. Die Oberwagen gab es für alle erdenklichen Transportaufgaben. Gelenkt wurde das Vordergestell des Unterwagens mit Hilfe eines einfachen Drehschemels, an dem die Deichsel befestigt war. Nachteilig war, dass beim Einschlagen der Deichsel die Vorderräder schnell den Wagenkasten des Oberwagens streiften. Die Wagen waren nicht sehr wendig. Aus diesem Grund baute man die Vorderräder etwas kleiner als die Hinterräder und stellte die Seitenwände des Oberwagens schräg. Holz war das überwiegend verwendete Material beim Bau dieser Lastenfuhrwerke. Nur die Achsen, einige Verstärkungen und Bolzen waren aus Eisen. Gefahren wurde im Allgemeinen zweispännig, selten drei bzw. vierspännig. Als Zugtiere kamen schwere Pferde zum Einsatz. Die Nutzlast war sehr unterschiedlich. Sie ging aber selten über 3 Tonnen hinaus. Bei guten Bedingungen legte ein Lastfuhrwerk 30 km am Tag zurück. Gefahren wurde das Fuhrwerk durch einen Wagenführer, sehr selten kamen zwei zum Einsatz. Die Bauform der Wagen war seit langem kaum verändert worden. Nur bei den Achslagerungen und Bremsen hatte es eine Weiterentwicklung gegeben. Die Lastenfuhrwerke waren leicht, flexibel einsetzbar, robust und billig in der Anschaffung. Allerdings war der Rollwiederstand dieser Wagen durch die relativ kleinen Räder sehr hoch. Diese einfachen, um nicht zu sagen primitiven Wagen waren die fahrzeugtechnische Basis eines großen Teils des Güterverkehrs. Bei großem Güteraufkommen wurde einfach die Anzahl der eingesetzten Fuhrwerke erhöht. Der andere Weg, nämlich die Wagengröße zu erhöhen oder mehrere Wagen in einem Zug einzusetzen, war aus verschiedenen Gründen unüblich. Ein Vorspann aus dutzenden von Zugtieren vor einem größeren Wagen war unwirtschaftlich. Die Zugkraft nahm nicht proportional mit der Zahl der Zugtiere zu. Der Verband war ferner schwer zu steuern und die Straßenverhältnisse erschwerten den Einsatz derartiger Wagen. Bei mehreren Wagen im Zug waren die Probleme ähnlich.

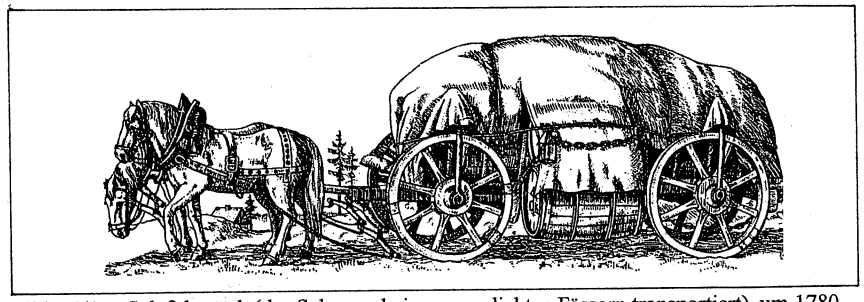


Bild 3.1/1a: Salzfuhrwerk (das Salz wurde in wasserdichten Fässern transportiert), um 1780

Bei den Schwerlastfuhrwerken wurden speziell an die Transportaufgabe angepasste Wagen verwendet. Es waren sehr stabile und schwere Wagen. Das Problem eines großen Vorspanns ließ sich nicht vermeiden. Die Wagen besaßen meist zwei Achsen. Die Räder waren entsprechend groß und sehr breit gehalten. Es kamen die unterschiedlichsten Lenksysteme zum Einsatz. Hoch belastete Teile waren zumeist aus Eisen. Als Zugtiere verwendete man Ochsen oder Pferde, in manchen Fällen auch beides. Für die Spännigkeit gab es keine festen Grenzen. Auch das Anschirren und die Art des Gruppierens der Zugtiere im Verband wurden von Fall zu Fall festgelegt. Um den Aufwand eines derartigen Schwertransportes deutlich zu machen muss man sich vor Augen halten, dass bei sehr großen Lasten der Einsatz von 60 und mehr Zugtieren keine Seltenheit war. Allerdings konnte man, wie oben erwähnt, die Gesamtzugkraft des Gespannes nicht einfach durch erhöhen der Zahl der eingespannten Tiere anpassen. Die Gesamtzugkraft entwickelte sich stark unterproportional zur Zahl der eingesetzten Zugtiere. Praktische Messungen hatten ergeben, dass schon bei 8 – 10 Zugtieren rechnerisch eines leer mitging. Gefahren wurde der Transport von einer Fuhrmannschaft die aus den Gespannlenkern, Fuhrleuten, Pferdeknechten und Bremsern bestand. Zusätzlich

kamen oft nach Schlosser, Wagner u.a. dazu, die im Bedarfsfall sofort kleinere Reparaturen erledigen konnten. Es lag in der Kunst der Fuhrleute, eine so große Einheit überhaupt in Bewegung zu setzen und zu steuern. Die gesamte Zugkraft der Tiere musste gut koordiniert eingesetzt werden. Wenn mit sehr vielen Ochsen gearbeitet werden musste, waren Richtungsänderungen schwierig. Es kamen dann Lenkgespanne mit Pferden als zusätzlicher Vorspann zum Einsatz. Bis zu 20 Pferde zogen vor und leiteten die Richtungsänderungen ein. Die befahrenen Wege und Straßen mussten häufig speziell für das Schwerlastgespann hergerichtet werden. Welcher Aufwand getrieben werden musste und welche Schwierigkeiten bei einem Transport großer, schwerer Lasten mit Gespannen auftraten, kann am besten mit Hilfe einiger Bilder verdeutlicht werden.

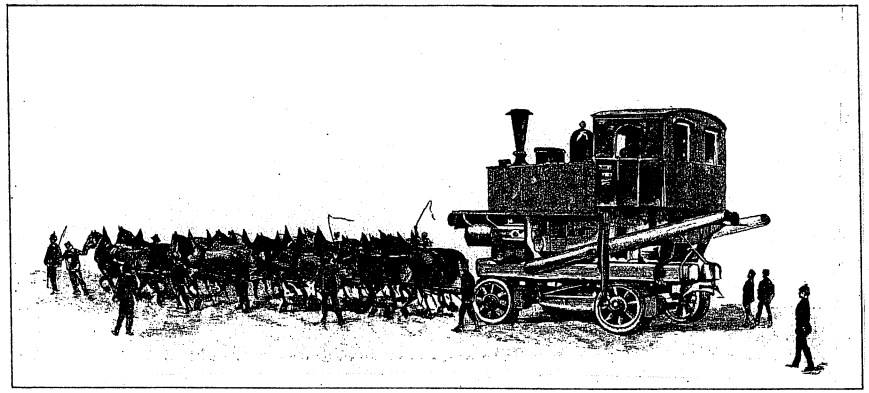


Bild 3.1/2: Transport einer Lokomotive von der Fabrik zum Bahnhof mit Pferdegespannen (Maschinenfabrik Richard Hartmann, Chemnitz um 1860)

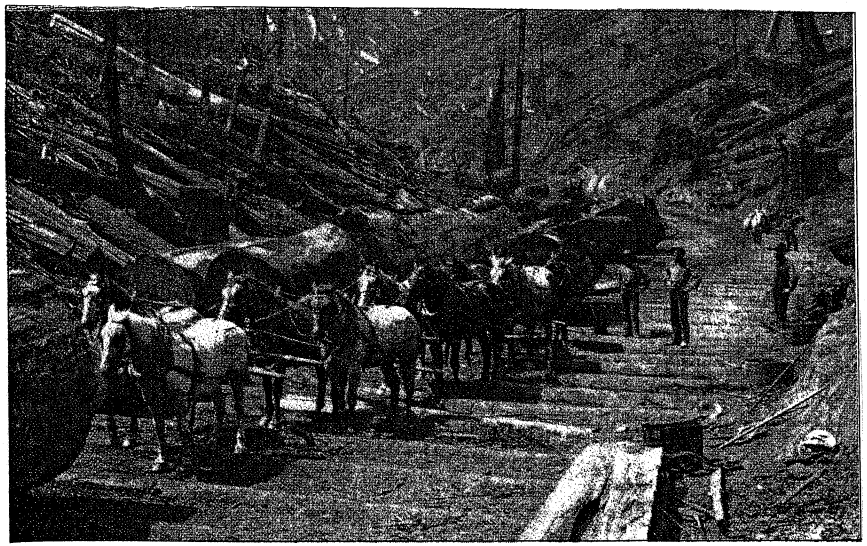


Bild 3.1/3: Achtspänniger Transport von Holzstämmen

Bild 3.1/4: Sechszehnspänniges Schwerlastfuhrwerk mit Ochsen

Anmerkung:
Einige wichtige Kenngrößen bei Fuhrwerken waren von staatlichen Behörden festgelegt bzw. durch Empfehlungen eingeschränkt. Diese Größen repräsentieren meist Erfahrungswerte, die sich beim Befahren fiskalischer Straßen herausgebildet hatten. Im Deutschen Reich waren diese Festlegungen nicht einheitlich. Regionale Unterschiede resultierten im Allgemeinen aus unterschiedlichen Techniken der Wagenbauer und den Besonderheiten der Wege und Straßen. Kenngrößen waren beispielsweise Raddurchmesser, Felgenbreiten, Spurweiten, spezifische Belastungen je cm Felgenbreite u.a.m.
Anfang des 20. Jahrhunderts waren folgende Festlegungen gebräuchlich:
- Vorderrad kleiner als Hinterrad (bessere Beweglichkeit), Federung der Achsen empfohlen,
- Raddurchmesser:

	Vorderräder	Hinterräder
Zweirädrige Frachtkarren	1,6 – 1,75 m	
Gewöhnliche Land- und Frachtfuhrwerke	0,9 – 1,4 m	1,1 – 1,5 m
Kutschen, Omnibusse etc.	0,8 – 1,0 m	1,1 – 1,4 m
Roll- und Möbelwagen	0,7 m	0,9 m

- Felgenbreite für Lastwagen 8 – 12 cm, größte Felgenbreite 15 cm.
In den altpreußischen Provinzen (Gesetz vom 20. Juni 1887) war z.B. die Mindestfelgenbreite beim Befahren von Kunststraßen von 5 cm vorgeschrieben.
- spezifische Belastungen der Straßen waren sehr unterschiedlich, verbreitet war 125 kg pro cm Felgenbreite.
Bei Schwerlastfuhrwerken galten diese Festlegungen und Empfehlungen nicht. Sie wurden behördlich einzeln genehmigt.
Anmerkung:
Die Überlandstraßen in den deutschen Ländern befanden sich bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts in einem erbärmlichen Zustand. Zeitliche Planungen von Transporten waren wetterabhängig und nahezu unmöglich. Mit der Zunahme des Güterverkehrs, insbesondere in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, wurde die Verbesserung der Straßenverhältnisse immer dringender. In Frankreich war schon Anfang des Jahrhunderts der Ausbau von Kunststraßen für den Überlandverkehr (Chausseen) massiv vorangetrieben worden. In den deutschen Ländern wurden die großen Land- oder Reichsstraßen für den Verkehr zwischen den Provinzen und Ländern meist von staatlichen Behörden geplant und gebaut. Durch die kleinstaatliche Zersplitterung des Landes war das ein mühsamer und langwieriger Prozess. In manchen Ländern wurde für die Benutzung der Staatsstraßen ein Chausseegeld erhoben. In Preußen wurde es erst 1875 abgeschafft. Die Art und Weise des Bauens dauerhaft haltbarer Straßen hat sich in den Jahrhunderten stark gewandelt. Die entscheidenden Neuerungen kamen aus Frankreich. Gautier hatte zu Beginn des 18. Jahrhunderts die Idee, Kunststraßen über dem Geländeniveau liegend zu bauen, bei denen der Straßenkörper durch den Straßenaufbau und die gewölbte Form der Straßendecke trocken gehalten wurde. Das Wasser wurde durch Gräben abgeführt. Die Chausseebauweise war entstanden. Die Entwicklung ging dann schnell voran. Tresaguet, ebenfalls aus Frankreich, vereinfachte Ende des 18. Jahrhunderts die sehr aufwendige Chausseebauweise und machte erste allgemeine Vorgaben für eine zweckmäßige Trassierung. In England schlug McAdam eine veränderte Bauweise vor. Beim Bau der Chausseen achtete man auf gute Wasserdurchlässigkeit und rasche Abfuhr des Wassers. McAdam baute Mitte des 19. Jahrhunderts dauerhaft haltbare Straßen unter Verwendung einer wasserundurchlässigen Decklage ohne Packlagen durch schwere Steine. Alle Straßen waren für den Verkehr mit Pferden oder Pferdefuhrwerken ausgelegt. Für schwere Wagen, die durch Motorkraft angetrieben wurden, waren sie nicht geeignet. Ende des Jahrhunderts wurden die ersten Straßen mit Asphaltdecke gebaut. Ihre Vorteile waren immens. Sie waren haltbarer, die Fahrwiderstände waren geringer, es gab fast keine Lärmentwicklung, Schmutz und Staub gehörten nahezu der Vergangenheit an und es konnte schneller gefahren werden.

3.2 Neue Ansätze der „Fortschaffenden Mechanik“ im 18. und zu Beginn des 19. Jahrhunderts

Mit diesen Ansätzen waren „Mechanismen“ gemeint, die einen Transport von Gütern weitgehend ohne den Einsatz von Zugtiere ermöglichten sollten. Die Vielzahl an Ideen zur Mechanisierung des Gütertransports, die mit Privilegien belegten Erfindungen und die Zahl der durchgeführten Versuche war riesig. Zum praktischen Einsatz gekommen ist wenig. Ein Teil der Ideen konnte mit den produktionstechnischen Mitteln der Zeit gar nicht umgesetzt werden, ein anderer Teil war technisch zu kompliziert oder zu teuer und vieles bewährte sich schon bei den ersten Versuchen nicht.
Um „Mechanismen“ betreiben zu können braucht man Energie. Zu Beginn des 19. Jahrhunderts standen nur wenige Energiearten zur Verfügung, mit denen man Transporte auf Landstraßen hätte bewerkstelligen können. Im Wesentlichen waren das die kinetische Energie des Windes, die potentielle und kinetische Energie des Wassers sowie alle Formen anderer potentieller Energien. Wenn man unabhängig von der Jahreszeit und dem Wetter „Mechanismen“ für den Gütertransport einsetzen wollte, war man schnell wieder bei der Energie aller Arten von Zugtieren (und dem Menschen). Der Einsatz der Wasserkraft war eng an die regionalen Gegebenheiten gekoppelt. Die Nutzung der Dampfkraft zur Fortbewegung von Straßenfahrzeugen steckte Anfang des 19. Jahrhunderts noch in den Anfängen (siehe Abschnitt 3.3). Es ist erstaunlich, dass trotz dieser Einschränkungen in dieser Phase eine außerordentlich breite Palette von kreativen Lösungen entwickelt worden ist. Ein Teil davon wird heute noch verwendet. Folgende Ansätze bei der „Fortschaffenden Mechanik“, die hier nur kurz in Stichworten angegeben werden, können unterschieden werden:

1. Transportsysteme, bei denen die zur Fortbewegung erforderliche Energie im Lastenfahrzeug mitgeführt wird
1.1 Prinzip: offenes Herdfeuer, Dampfkessel, Dampfmaschine, Antrieb des Lastenfahrzeugs
1.2 Prinzip: komprimierte Luft, Druckluftmotor, Antrieb des Lastenfahrzeugs
1.3 Prinzip: gespannte Feder, Federmotor, Antrieb des Lastenfahrzeugs
1.4 u.a.m.

2. Transportsysteme, bei denen die zur Fortbewegung erforderliche Energie frei von außen zugeführt wird
2.1 Prinzip: Windrad, Motor, Antrieb des Lastenfahrzeugs
2.2 Prinzip: Segel, direkter Antrieb des Lastenfahrzeugs

3. Transportsysteme, bei denen die zur Fortbewegung erforderliche Energie durch *direkten Zug* von außen dem Lastenfahrzeug zugeführt wird
3.1 Prinzip: mechanische Zugmaschine, Lastenanhänger
3.2 Prinzip: Dampfzugmaschine, Lastenanhänger (siehe Abschnitt 3.3)
3.3 Prinzip: pneumatische Zugmaschine, Lastenanhänger
3.4 u.a.m.

4. Transportsysteme, bei denen die zur Fortbewegung erforderliche Energie durch *indirekten Zug* von außen dem Lastenfahrzeug zugeführt wird
4.1 Prinzip: hydraulische Kraftstation, Winde, Zugmittel, Lastenanhänger
4.2 Prinzip: Windenergie (Windmühle), Winde, Zugmittel, Lastenanhänger
4.3 Prinzip: Dampf-Kraftstation, Winde, Zugmittel, Lastenanhänger
4.4 Mechanismen nach dem „Compensations-Prinzip“
4.5 u.a.m.

Natürlich darf an dieser Stelle die Vielzahl der Mechanismen nicht fehlen, die wieder die Kraft von Tieren (und Menschen) nutzten:

5. Transportsysteme, bei denen die zur Fortbewegung erforderliche tierische Energie im Lastenfahrzeug mitgeführt wird

6. Transportsysteme, bei denen die zur Fortbewegung erforderliche tierische Energie durch *direkten Zug* von außen dem Lastenfahrzeug zugeführt wird

7. Transportsysteme, bei denen die zur Fortbewegung erforderliche tierische Energie durch *indirekten Zug* von außen dem Lastenfahrzeug zugeführt wird
7.1 Prinzip: Göpelstation, Winde, Zugmittel, Lastenanhänger
7.2 Prinzip: Zugtier, Flaschenzug, Zugmittel, Lastenanhänger
7.3 Mechanismen nach dem „Compensations-Prinzip“
7.4 u.a.m.

Es ist nicht möglich im Rahmen dieses Buches auch nur ansatzweise die wesentlichen „Mechanismen“ darzustellen. Einige Beispiele müssen daher genügen. In den nachfolgenden Bildern und Tafeln sind die Beispiele mit kurzen Erläuterungen und der Zuordnung zum oben angegebenen Ordnungssystems wiedergegeben. Einige „Mechanismen“ sind funktional einfach und selbsterklärend, die Funktion der anderen kann mit technischen Grundkenntnissen verstanden werden. Auf eine tiefergehende, detaillierte Beschreibung wurde verzichtet.

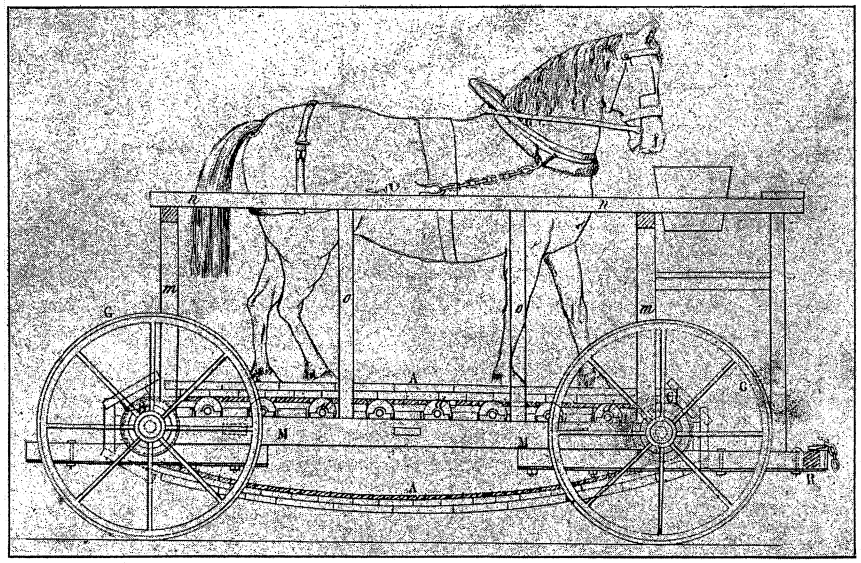


Bild 3.2/1: Konzept eines Wagens mit „innerem Antrieb“ durch ein Zugtier (1829) Umsetzung des bekannten Prinzips des „Laufgöpels“ für einen Wagen (Beispiel zu Position 5)

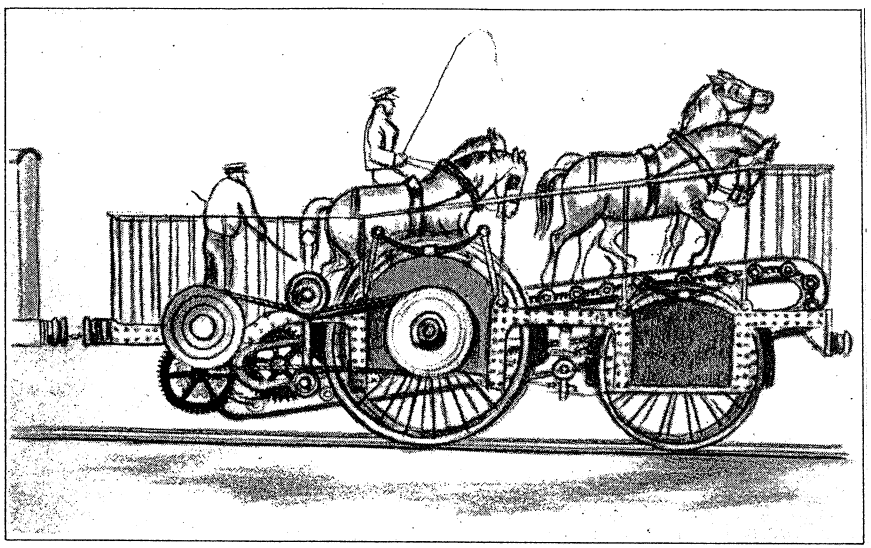
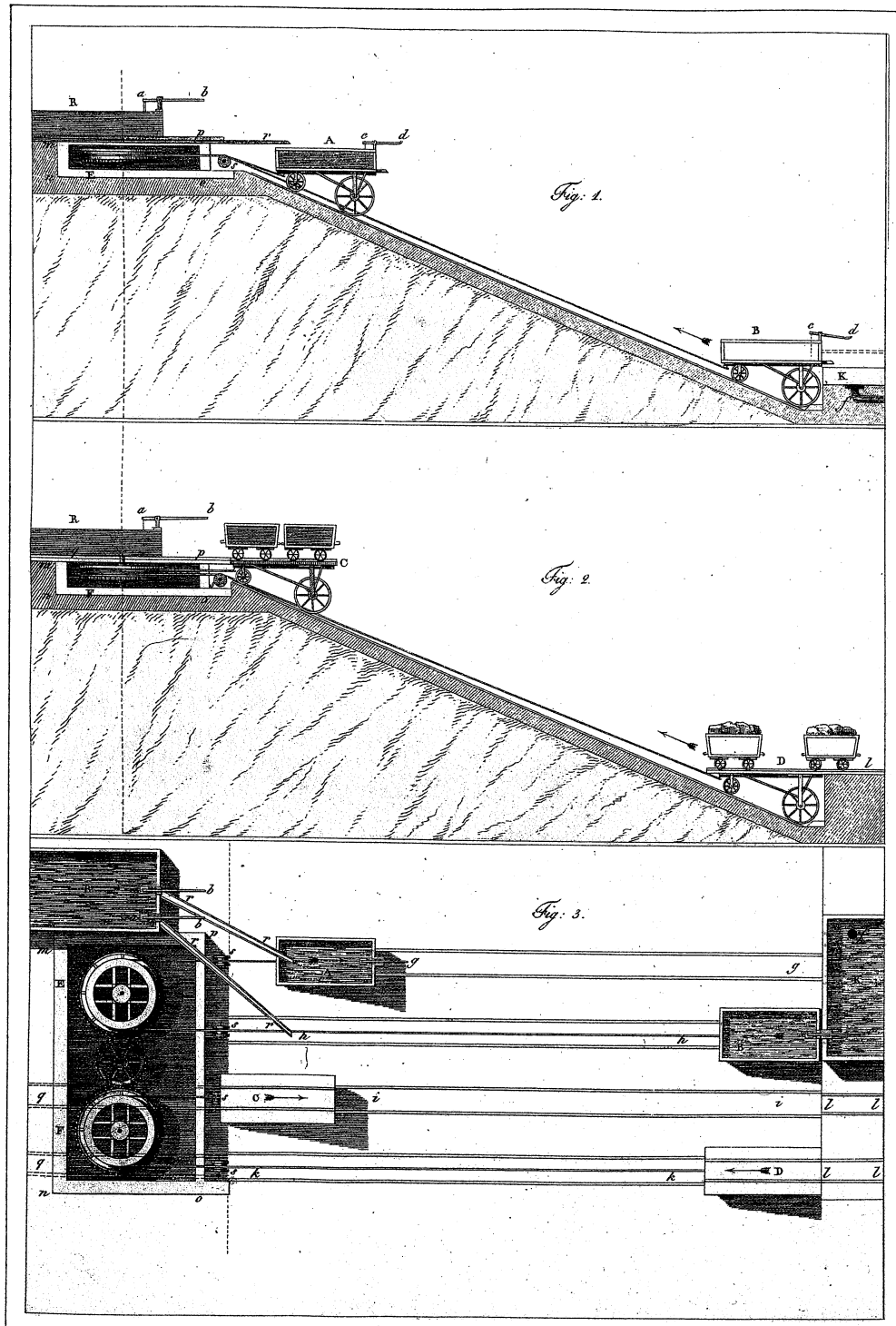


Bild 3.2/2: Großer selbstfahrender Wagen (das Bild zeigt beispielhaft einen Wagen für eiserne Bahnen) mit „innerem Antrieb“ nach dem „Laufgöpel-Prinzip“ durch vier Zugtiere (1853)
(Beispiel zu Position 5)

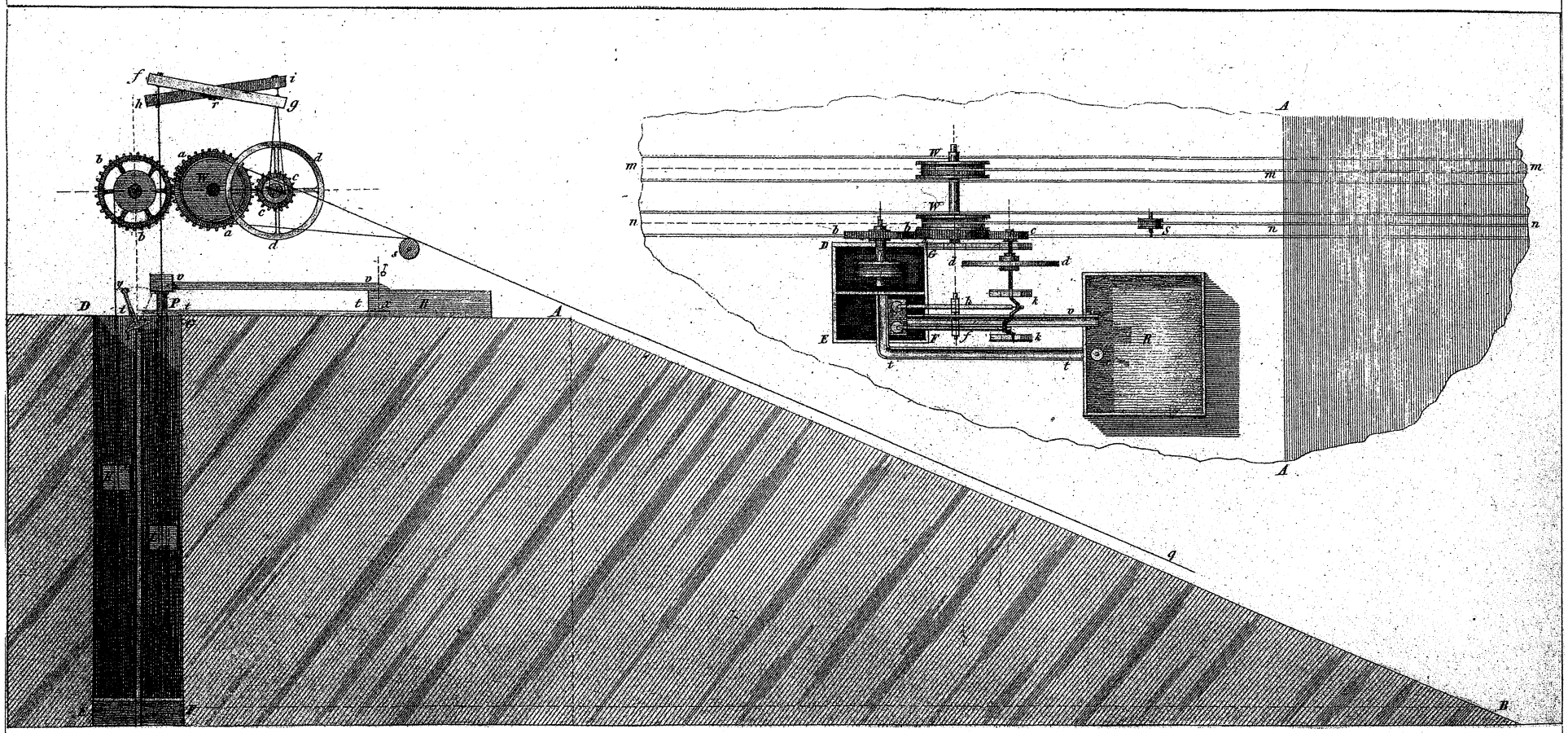


Tafel 3.2/1: Vorschlag zur Überwindung steiler Rampen mit Hilfe des „Compensations-Prinzips", 1822 (Beispiel zu Position 4.4)

Fig. 1: Wassergefüllte „Compensations-Wagen"
Wagen A: voll
Wagen B: leer

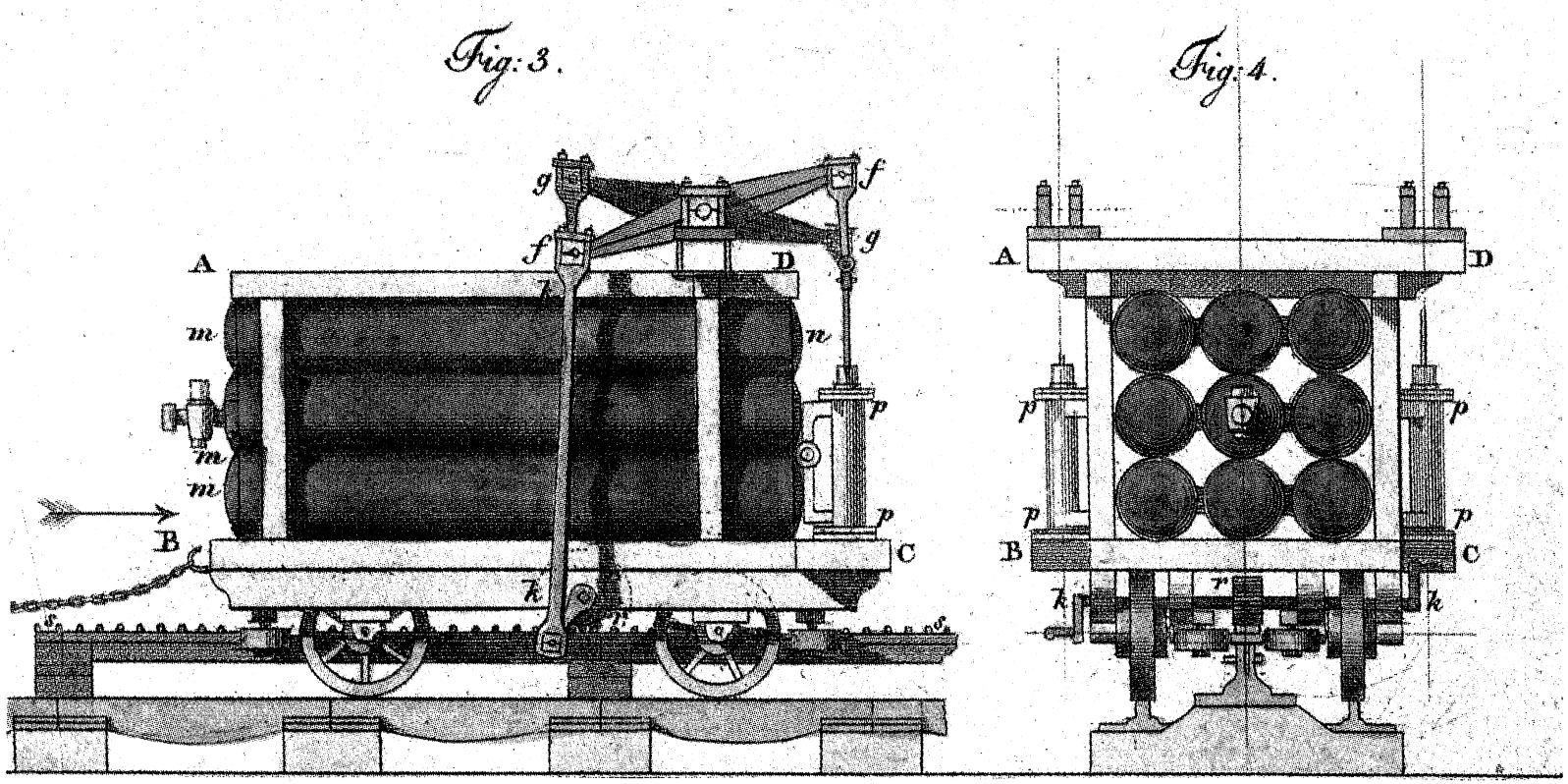
Fig. 2: Lastenwagen

Fig. 3: Ansicht von oben mit den durch ein Zahnradgetriebe gekoppelten Seilwinden E und F.



Tafel 3.2/2: Vorschlag zur Überwindung von Steigungen mit Hilfe einer hydraulischen Kraftstation, 1822 (Beispiel zu Position 4.1)

Eine Wassersäulenmaschine treibt Winden für den auf- und abgehenden Wagenverkehr.



Tafel 3.2/3: Vorschlag für ein Fahrzeug mit Antrieb durch komprimierte Luft, 1822
(Beispiel zu Position 1.2)
Füllung der Luftspeicher des Fahrzeugs mit Wasser- oder Dampfkraft.
Erstmalige Darstellung eines einfachen „Druckluftmotors".
„Traktion" noch über Zahnrad/Zahnstangen-Getriebe.

3.3 Gütertransport mit Dampfzugmaschinen (Straßenlokomotiven)

Die ersten mit Dampfkraft betriebenen Nutzfahrzeuge baute Cugnot 1769 und 1770 in Frankreich. Sie kamen nur bei einigen Versuchsfahrten zum Einsatz. Eine Weiterentwicklung hat nicht stattgefunden. 1801 brachte in England Trevithick eine kleine Dampfzugmaschine zum Einsatz und 1803 eine große dreirädrige Dampfkutsche, mit der er auch Demonstrationsfahrten durchführte. In den USA baute Evans 1805 ein amphibisches, vierrädriges „Nutzfahrzeug", das durch eine „Hochdruck-Dampfmaschine" angetrieben wurde. Es ist in Philadelphia gefahren und war für die Reinigung des Hafenbeckens vorgesehen, es ist aber nie zum Einsatz gekommen. In den nächsten 30 Jahren wurde die Weiterentwicklung dampfgetriebener Straßenfahrzeuge vornehmlich in England fortgesetzt. Gebaut wurden zumeist Fahrzeuge zur Beförderung von Personen. Bekannt geworden sind die Dampfbusse von Burstall & Hill, Gurney und Hancock. Einige fuhren kurze Zeit im Linienbetrieb. Dauerhaft erfolgreich war keines dieser Fahrzeuge. Das hatte nicht nur technische Gründe. Negative Erfahrungen gab es zwar am Anfang mit der Sicherheit der Dampftechnik, aber entscheidender waren die Einwände der Straßengesellschaften und der Transportunternehmen. Die Mautgesellschaften befürchteten den Ruin ihrer Straßen durch das Befahren mit den schweren Maschinen. Sie verlangten horrende Gebühren. Die traditionellen Fuhrunternehmer, Eisenbahn- und Kanalgesellschaften wollten die zusätzliche Konkurrenz vermeiden und setzten alle politischen Möglichkeiten ein, den Betrieb mit Dampfselbstfahrern so unattraktiv und teuer wie möglich zu machen. In der Summe führte das zu einer sehr restriktiven Gesetzgebung, die die weitere Entwicklung stark behinderte und in eine bestimmte Richtung lenkte. In England wurden bis zum Ende des 19. Jahrhunderts fast ausnahmslos sehr langsam fahrende, schwere Dampfzugmaschinen gebaut. Selbst die einfache Technik dieser Dampfschlepper war weitgehend standardisiert. Der Kessel wurde von den Lokomotiven übernommen, oben auf dem Kessel war die liegende Dampfmaschine aufgesattelt, hinten wurde eine Achse für die übergroßen Treibräder angebaut, vorne gab es eine Lenkachse mit kleineren Rädern. Diese Grundbauweise gab es bei Dampfschleppern, Straßenlokomotiven, Dampfwalzen u.a.m.

Aber nicht nur in England gab es Widerstände gegen diese neuen dampfgetriebenen Selbstfahrer. In den deutschen Ländern wurde in den 20er und 30er Jahren des 19. Jahrhunderts eine sehr kontroverse und in Teilen polemische Diskussion über den Sinn oder Unsinn des Verkehrs von Selbstfahrern auf Straßen geführt. Es gab zwei Lager, eines, das mit Vehemenz die Vorteile der „eisernen Bahnen" pries und eines, das im „Selbstfahrerverkehr auf Chausseen" die bessere und flexiblere Lösung beim Gütertransport sah. Es musste eine grundlegende Entscheidung von nationaler Bedeutung getroffen werden und die Tragweite war allen beteiligten Institutionen klar. Beide Lager wurden von ausgewiesenen Fachleuten vertreten und die Gegensätze waren unversöhnlich. Das Lager der Vertreter der „eisernen Bahnen" war allerdings deutlich größer und konnte schon über einige positive Einsatzerfahrungen berichten. Es gab Traktate zur *„Unmöglichkeit Dampfwagen auf gewöhnlichen Straßen mit Vortheil als allgemeines Transportmittel einzusetzen"* u.ä. Schriften. Gängige Formulierungen waren: *„...unglücklichste Idee im Gebiet der Technik"; „... irre geleiteten und verblendeten Individuen und Gesellschaften"; „...Verhöhnung des Verstandes"; „...Rückschritt nach den Anforderungen der Zeit"* ... u.a.m. In den 20er Jahren war für viele Fachleute beim Güterverkehr auf Straßen selbst der Ersatz von Zugtieren durch eine Maschinenkraft eine Unvorstellbarkeit. Wenn Güterverkehr auf Chausseen – dann nur durch große Gespanne. Eine verbreitete Meinung dazu war: *„... Denn es ist wohl keinem Zweifel unterworfen, daß ein einziger sechsspänniger Güterwagen jede Straße mehr zu Grunde richtet, als 30 Reisewagen oder Postchaisen, welche zehnmal den selben Weg zurücklegen."*

Nachweislich war die Eisenbahn auf längeren Strecken für den Personen- und Güterverkehr die bessere Lösung. Die finanziellen Mittel flossen jahrzehntelang vornehmlich in den Ausbau der „eisernen Bahnen", das Schienennetz wurde rasch dichter. 1840 waren in den deutschen Ländern erst 550 km fertiggestellt, 1860 waren es etwa 12000 km und 1880 erreichte der Umfang des Schienennetzes 33840 km. Der industrielle Aufschwung ganzer Regionen hatte seinen Ausgangspunkt in der Anbindung an die Eisenbahn. Es zeigte sich aber bei der regionalen Verteilung der Güter und der Versorgung abgelegener Gebiete eine nicht zu beseitigende Diskrepanz. Auf der einen Seite die moderne Maschinentechnik der Eisenbahn und auf der anderen die rückständige Technik des Gütertransports mit Gespannen. Es dauerte noch bis in des 20. Jahrhundert, bis man das Problem durch den breiten Einsatz von Lastwagen mit Verbrennungsmotoren löste. Das, was an Lösungen dazwischen lag, waren einzelne Etappen bei der Entwicklung der modernen Nutzfahrzeugarten. Das gilt sowohl für die in diesem Abschnitt behandelten Straßenlokomotiven als auch für die später dargestellten automobilen Straßenzüge.

Die ersten Dampfzugmaschinen für den Gütertransport wurden in den 30er Jahren in England gebaut. Die damals entwickelten Zugmaschinen sollten einfach nur die Gespanne ersetzen und den Transport größerer Gütermengen „in einem Gang" ermöglichen. Man nahm also die vorhandenen Wagen der Fuhrwerke und nahm als „Vorspann" einen dampfgetriebenen Selbstfahrer. Die Differenzierung in die verschiedenen Arten von Dampfselbstfahrern, beispielsweise Dampftraktoren, Straßenlokomotiven, Dampfzugmaschinen, Dampf-Vorspannschleppern u.a.m., gab es noch nicht. Das Spektrum der versuchten technischen Lösungen war in dieser Phase noch sehr breit. Es wurde alles gebaut, was technisch möglich war. Einen großen Einfluss auf die Entwicklung der Straßenfahrzeuge hatten auch die Bemühungen, die Dampfkraft für fahrbare Antriebsmaschinen in der Landwirtschaft einzusetzen. Im Folgenden wird für die entstandenen unterschiedlichen Arten an Dampfselbstfahrern für Zugzwecke der Begriff „Dampfzugmaschine" verwendet. Am Anfang der Entwicklung waren die Maschinen so schwer und sie besaßen eine so geringe Leistung, dass sie nur mit Mühe sich selbst fortbewegen konnten, bestenfalls eine geringe Nutzlast. Das änderte sich rasch. Ab 1870 standen Dampfzugmaschinen zur Verfügung, die beim Gütertransport und beim Transport sehr schwerer Lasten eingesetzt werden konnten.

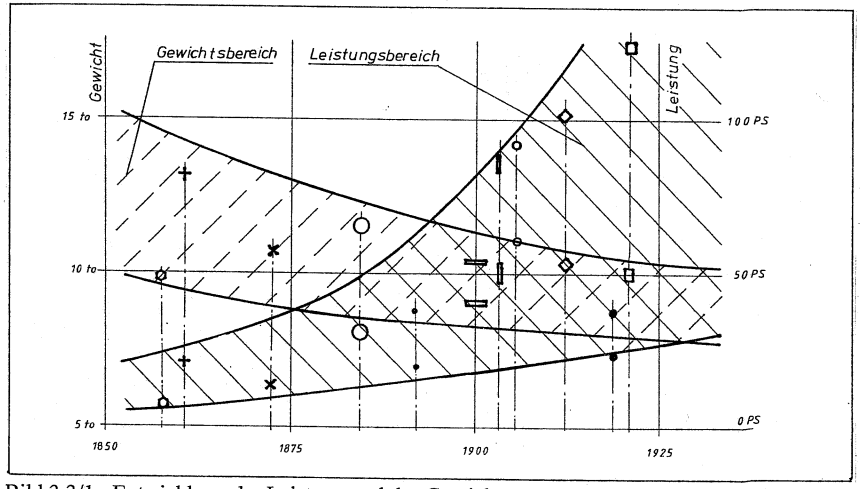
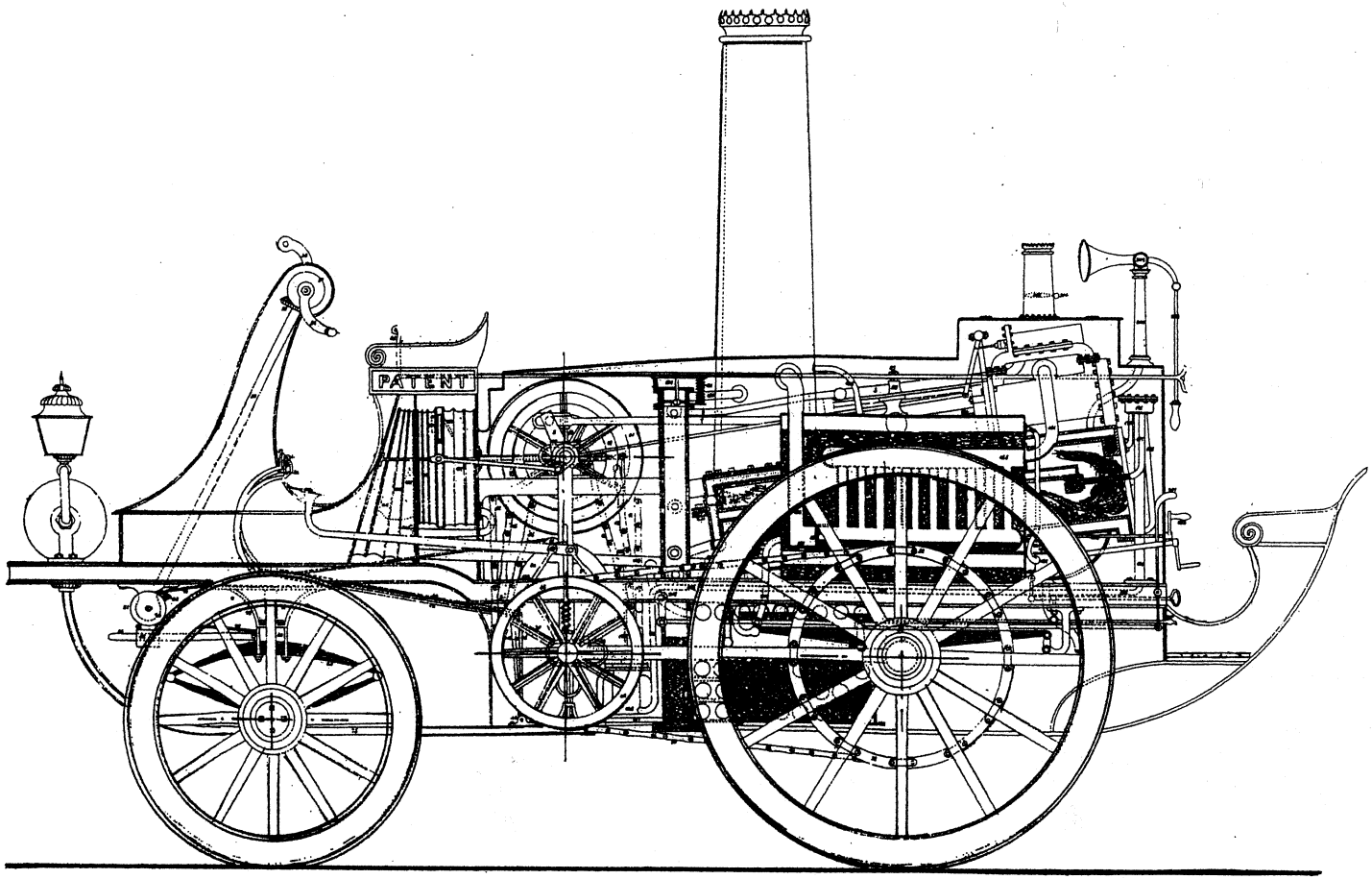


Bild 3.3/1: Entwicklung der Leistung und des Gewichts von Dampfzugmaschinen ab 1860

Beim Gütertransport wurden zumeist mehrere einfache, vierrädrige Wagen gezogen. Die wesentlichen tragenden Teile waren noch aus Holz. Bei Schwerlasttransporten kamen speziell für die jeweilige Last ausgelegte Anhängewagen zum Einsatz. Diese Wagen besaßen oft mehr als vier Räder und die tragenden Teile waren aus Eisen. Das mit Maschinenkraft geleistete Transportvolumen beim allgemeinen Gütertransport war im Vergleich zu dem von Fuhrwerken geleisteten verschwindend gering. Einzig beim Transport sehr schwerer Lasten war ein nennenswerter Beitrag zu verzeichnen.

Im Folgenden soll nur anhand einiger Abbildungen von Dampfzugmaschinen ein kurzer Überblick gegeben werden, was alles an Dampfselbstfahrer für Zugzwecke entwickelt worden ist. Auf eine detailliertere Beschreibung wurde verzichtet. Vieles ist bekannt und das Verstehen der anderen Beispiele ist durch die Darstellungen und technischen Skizzen relativ einfach möglich. Die Beispiele sind chronologisch geordnet. Sie umfassen den gesamten Endwicklungszeitraum von den ersten nutzbaren Dampfzugmaschinen bis zum Ende der Endwicklung in den 50er Jahren des 20. Jahrhunderts.

- Tafel 3.3/1: Dampfzugmaschine von Anderson & James (England 1832)
- Tafel 3.3/2: Dampfzugmaschine von Carl Dietz (Frankreich, Deutschland 1839)
- Tafel 3.3/3: Lastenwagen von Carl Dietz (1839)
- Tafel 3.3/4: Dampfzugmaschine nach dem System von Boydell (England 1858)
- Tafel 3.3/5: Dampfzugmaschine von Garrett, Lizenz Aveling & Porter (England 1860)
- Tafel 3.3/6: Dampfzugmaschine von Louis Schwartzkopff (Deutschland 1863)
- Tafel 3.3/7: Dampfzugmaschine von Louis Schwartzkopff (Deutschland 1865)
- Tafel 3.3/8: Dampfzugmaschine von J. A. Maffei (Deutschland 1864)
- Tafel 3.3/9: Dampfzugmaschine mit Laufringfahrwerk von Kroh (Deutschland 1886)
- Tafel 3.3/10: Dampfzugmaschine von Henschel (Deutschland 1927)
- Tafel 3.3/11: Dampfzugmaschine der LOWA (DDR 1952)

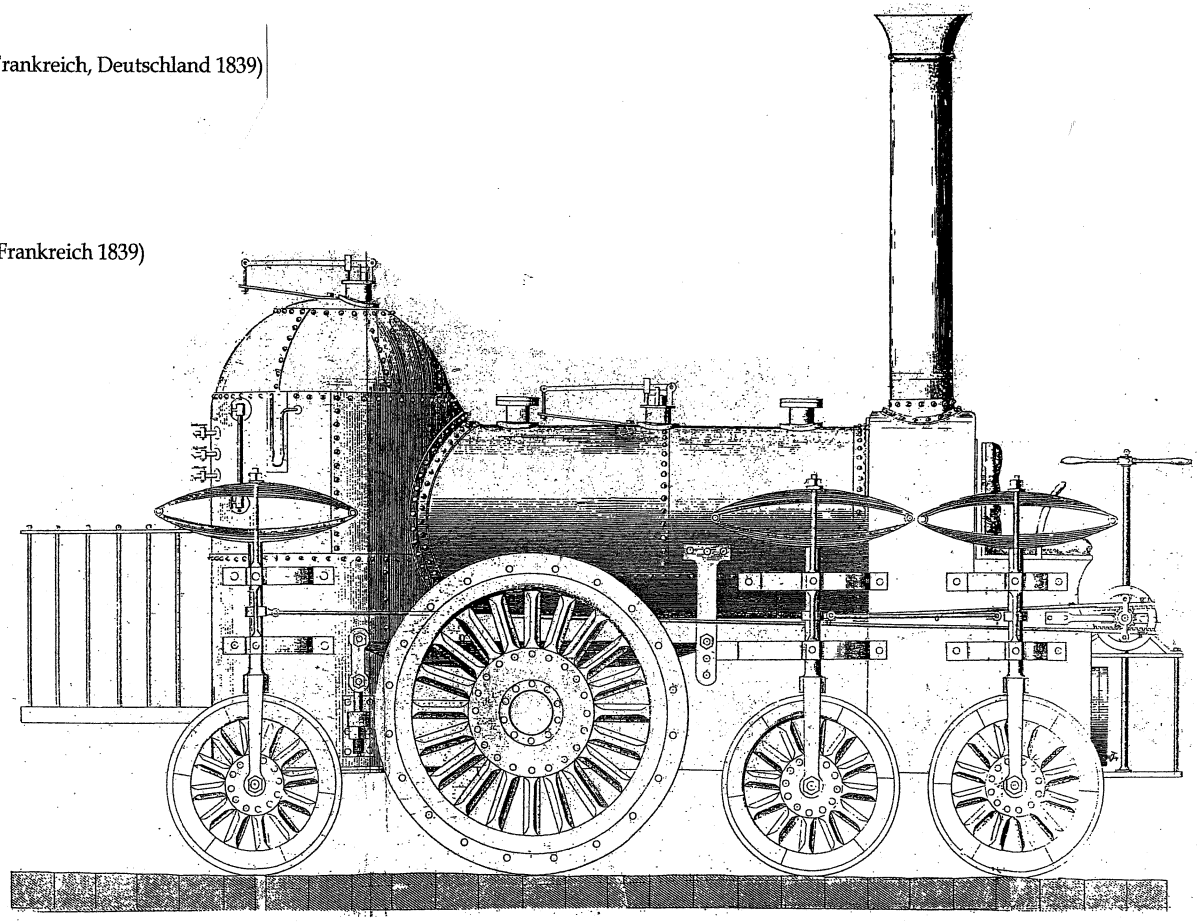


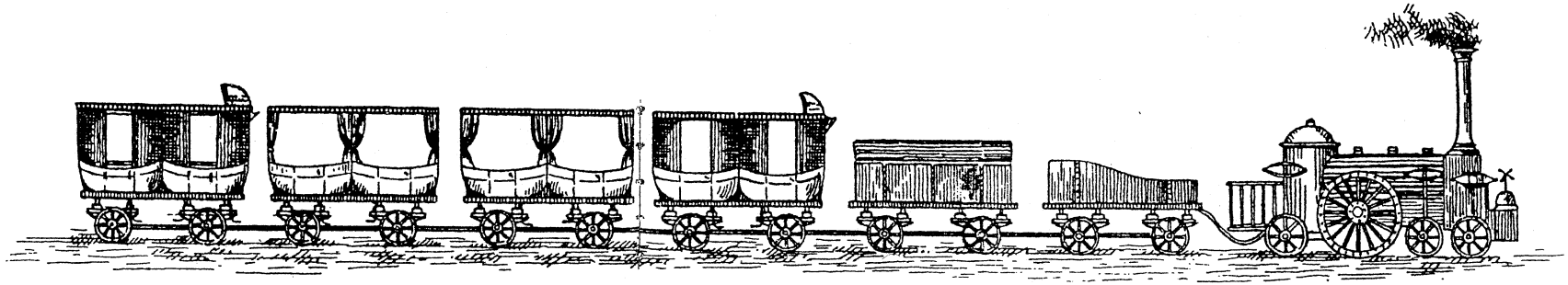
Tafel 3.3/1: Dampfzugmaschine von Anderson & James (England 1832)

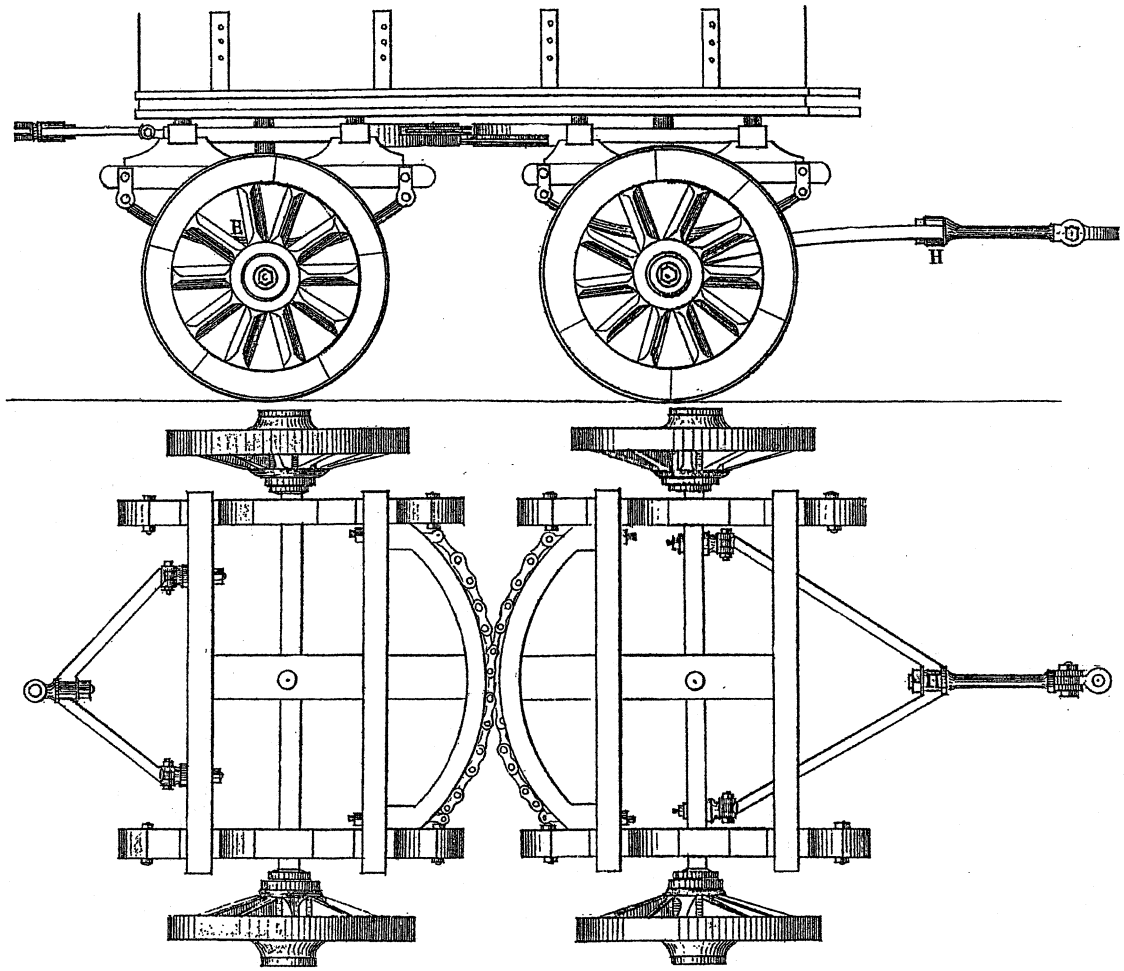
Tafel 3.3/2: Dampfzugmaschine von Carl Dietz (Frankreich, Deutschland 1839)

Fig. 1: Dampfzugmaschine mit 8 Rädern

Fig. 2: Maschine beim Zug von Personenwagen (Frankreich 1839)





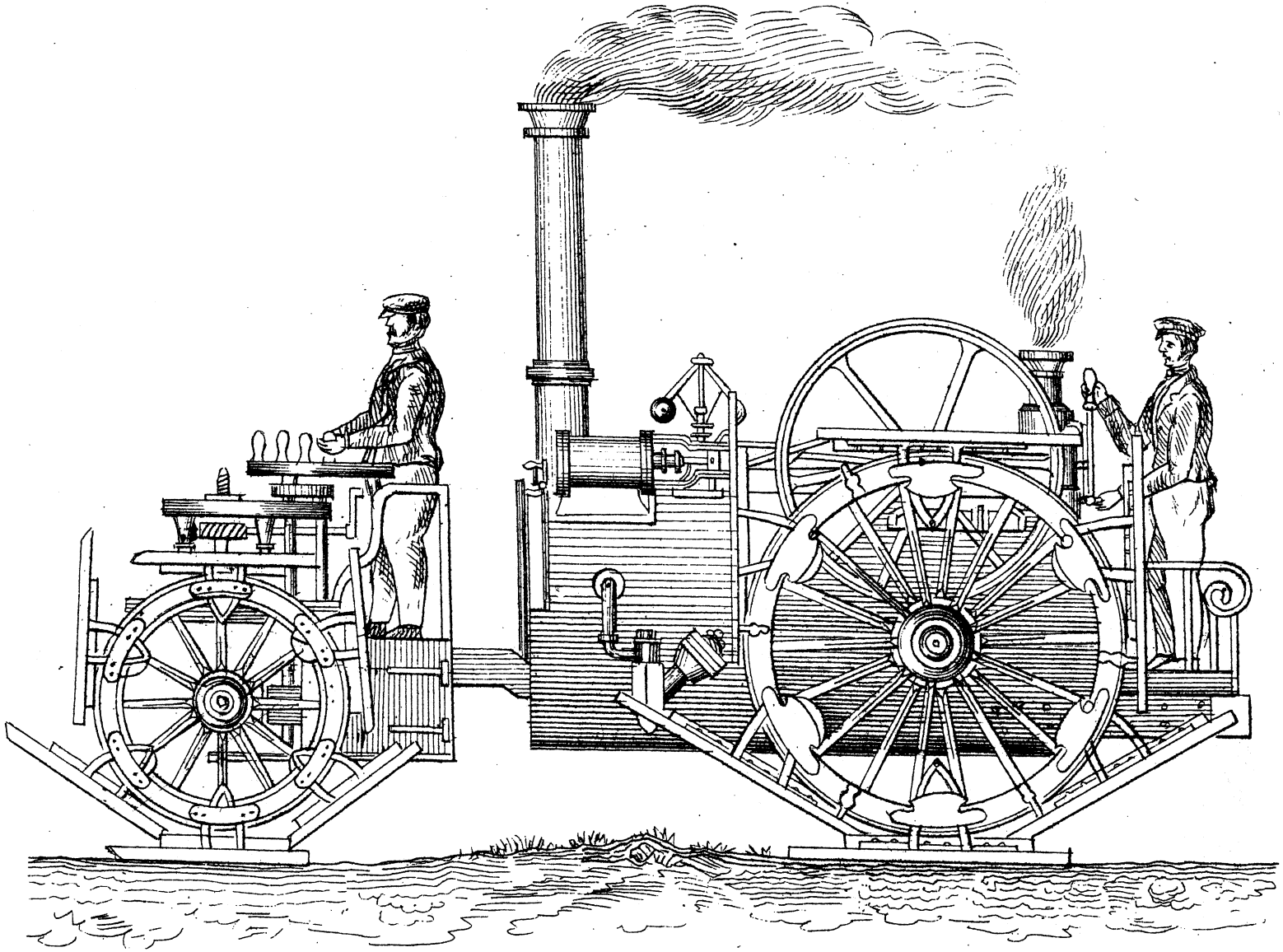


Tafel 3.3/3: Anhängewagen von Carl Dietz für seine Dampfzugmaschine

(Frankreich, Deutschland 1839)

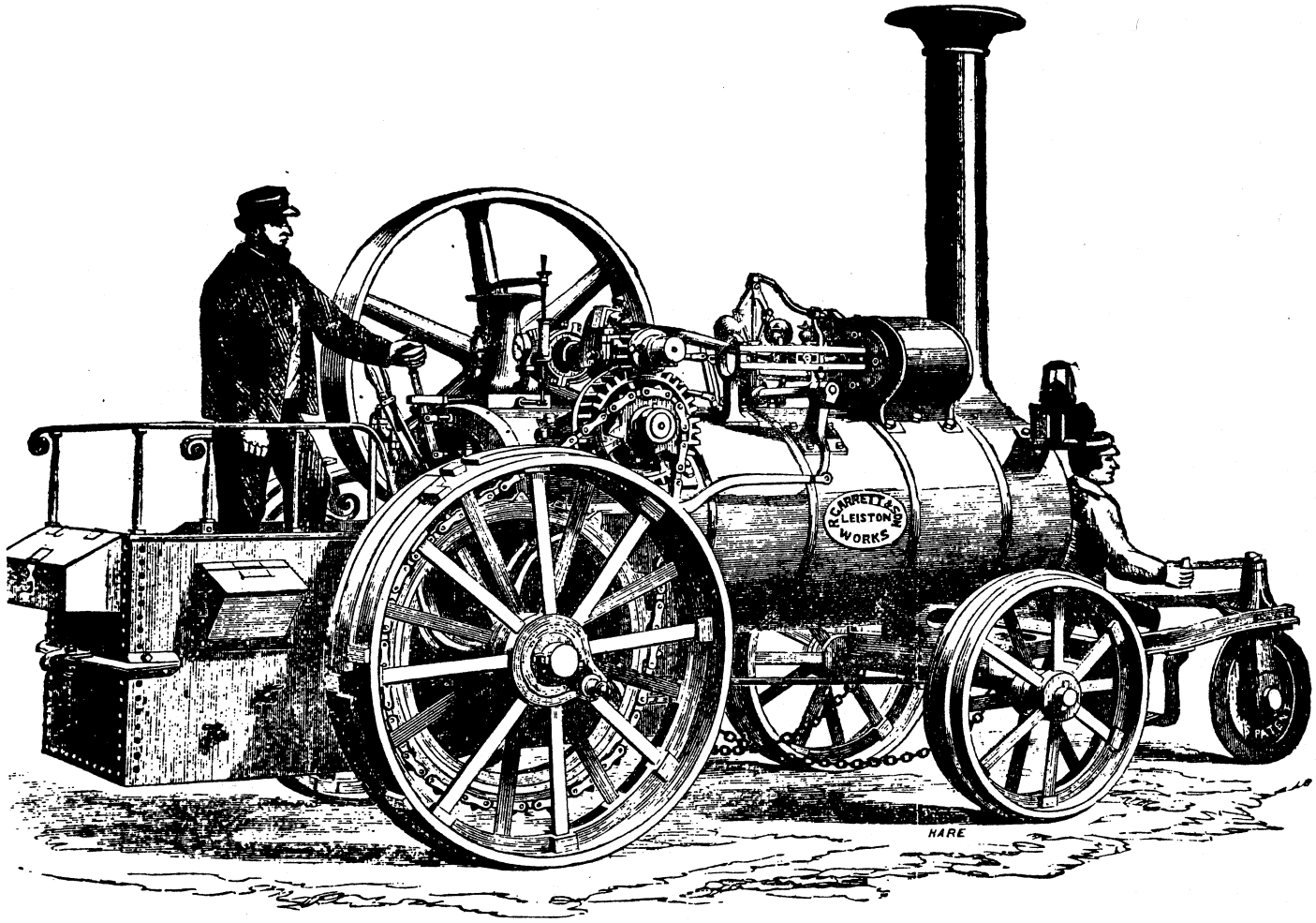
Wagen mit zwei gelenkten Achsen und neuartiger Übertragung der Lenkschemelbewegung durch doppelte Gliederkette.

Ein Wagenzug aus derartigen Wagen konnte enge Kurvenradien befahren.



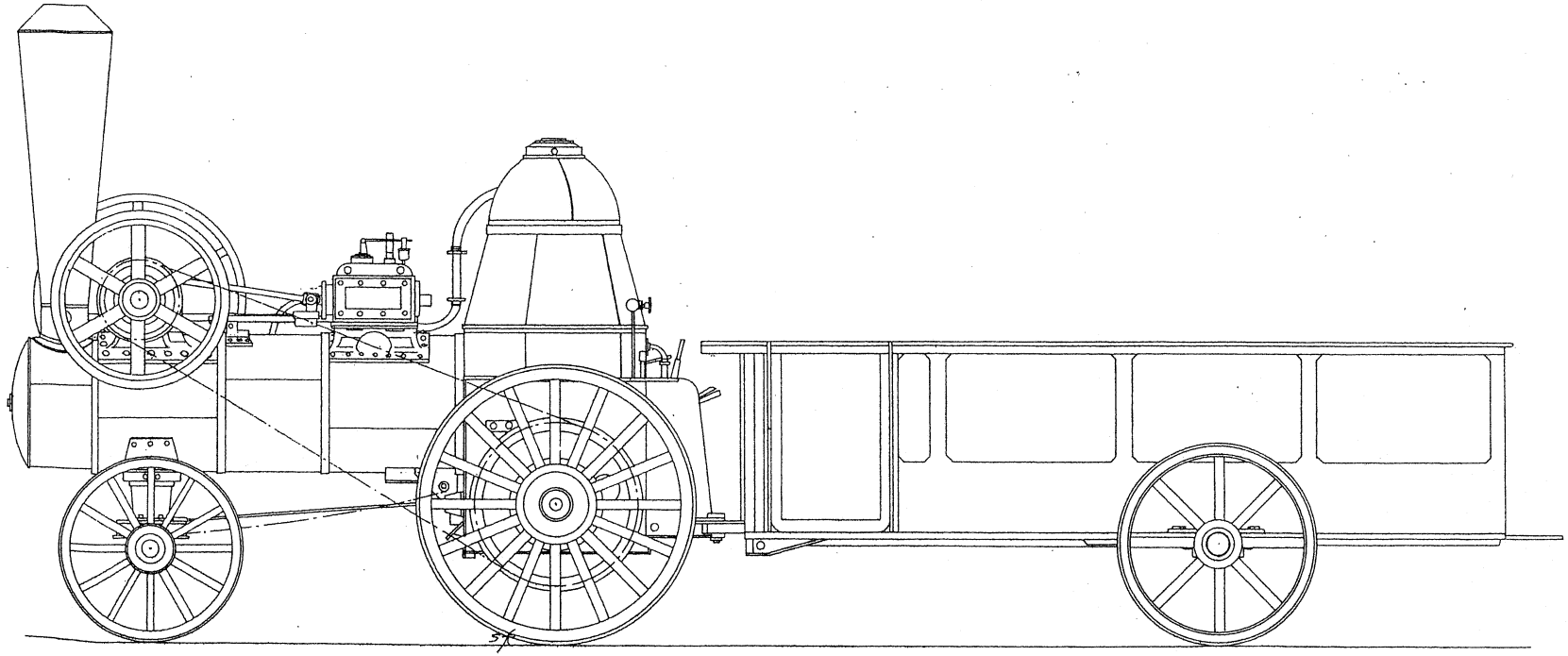
Tafel 3.3/4: Dampfzugmaschine nach dem System von Boydell (England 1858)

Die Radkonstruktion mit „Schienenschuhen" verhinderte ein Einsinken der Maschine bei weichen Böden.

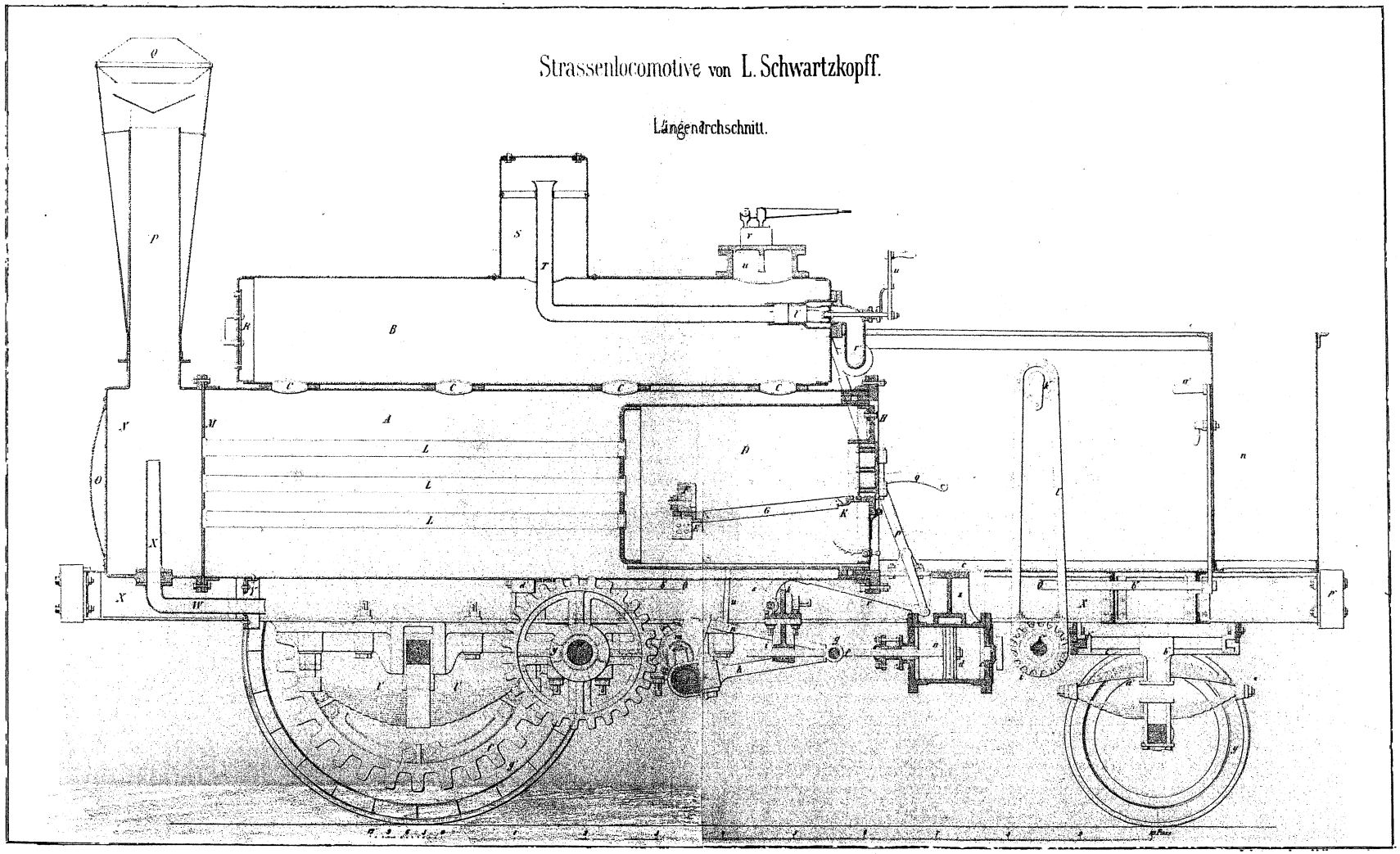


Tafel 3.3/5: Dampfzugmaschine von Garrett; Lizenz Aveling & Porter (England 1860)

Typische Bauweise vieler englischer Maschinen mit Lokomotivkessel und aufgesattelter Dampfmaschine.



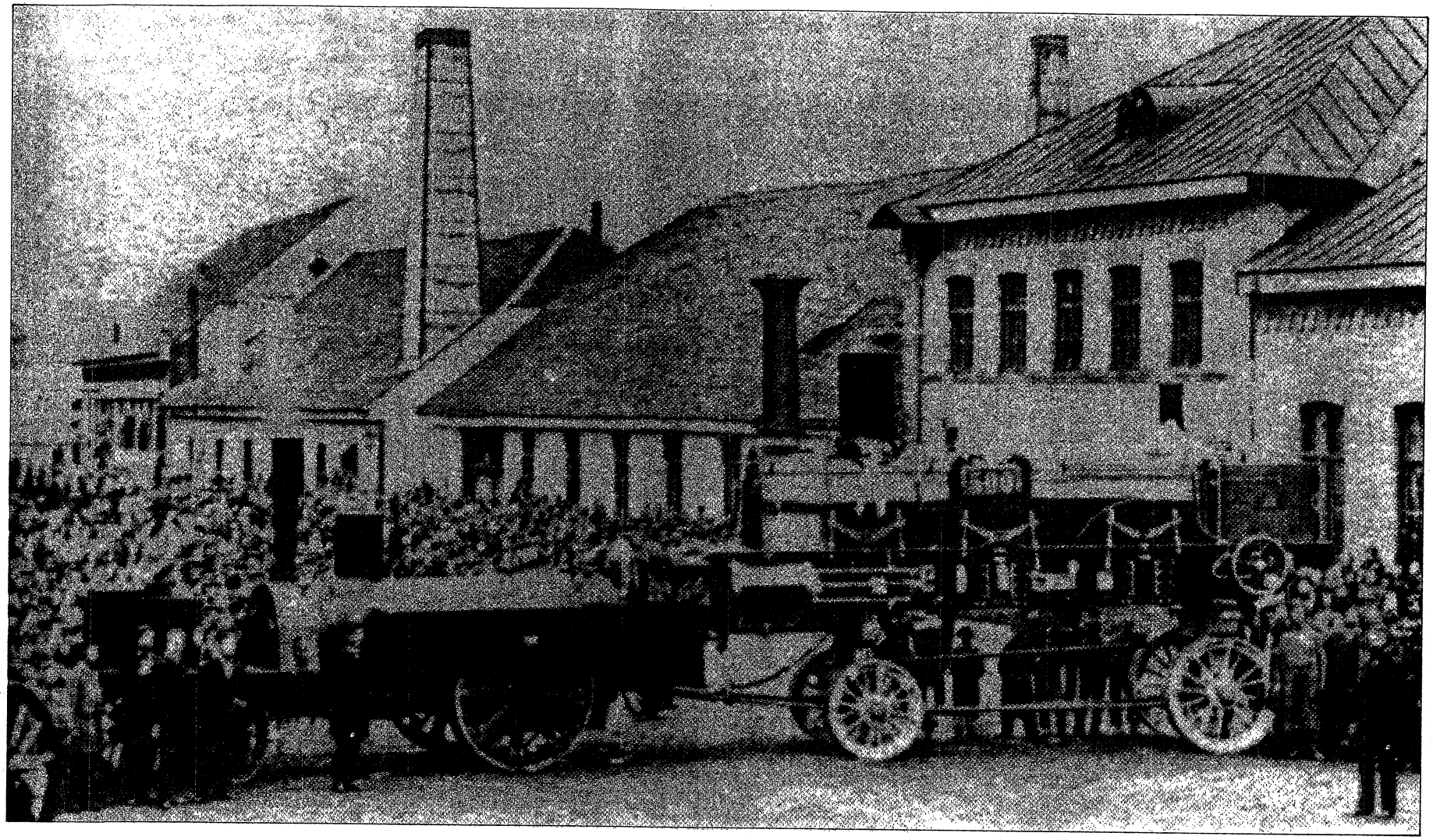
Tafel 3.3/6: Dampfzugmaschine von Louis Schwartzkopff (Deutschland 1863)



Tafel 3.3/7: Dampfzugmaschine von Louis Schwartzkopff (Deutschland 1865)

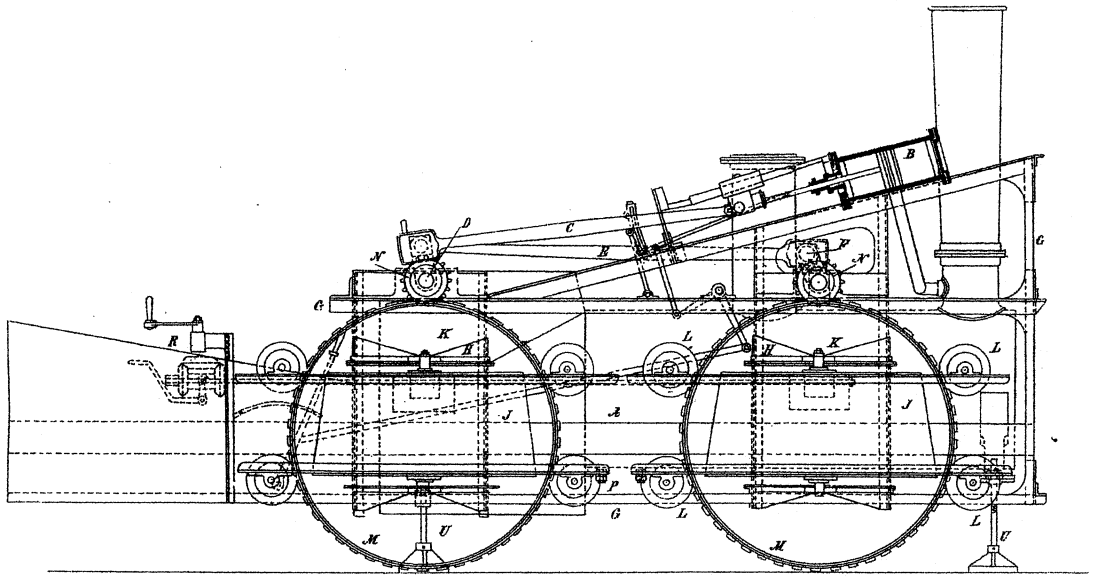
Eigenständige Konstruktion von Schwartzkopff.

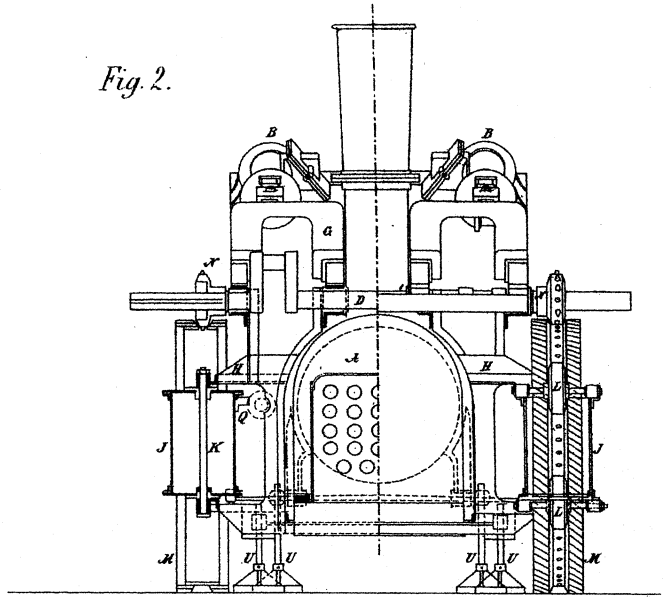
Erste vollständig gefederte Dampfzugmaschine.

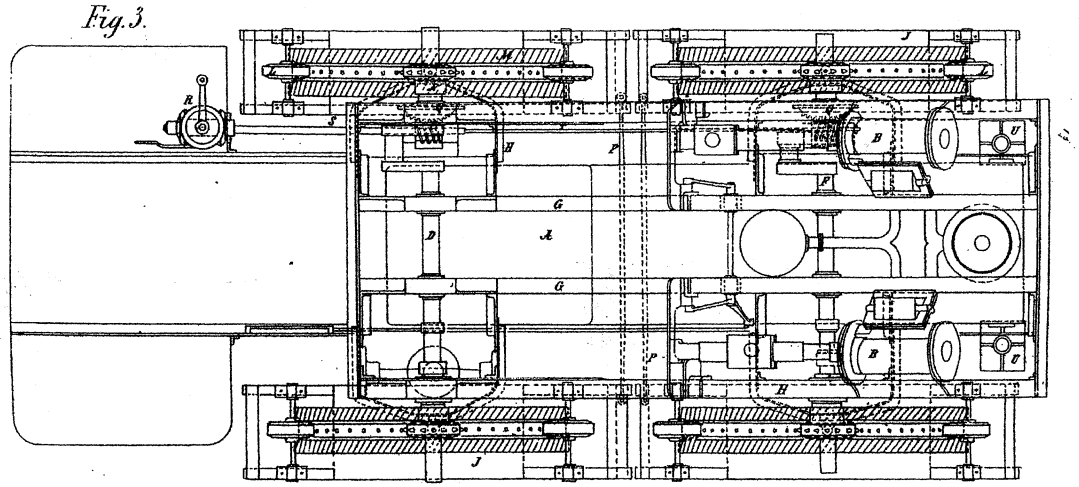


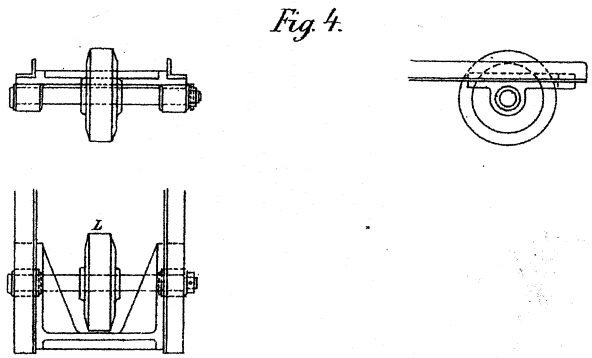
Tafel 3.3/8: Dampfzugmaschine von J. A. Maffei (Deutschland 1864)

Straßentransport der 500. von Maffei gebauten Lokomotive mit einer Dampfzugmaschine von Maffei.









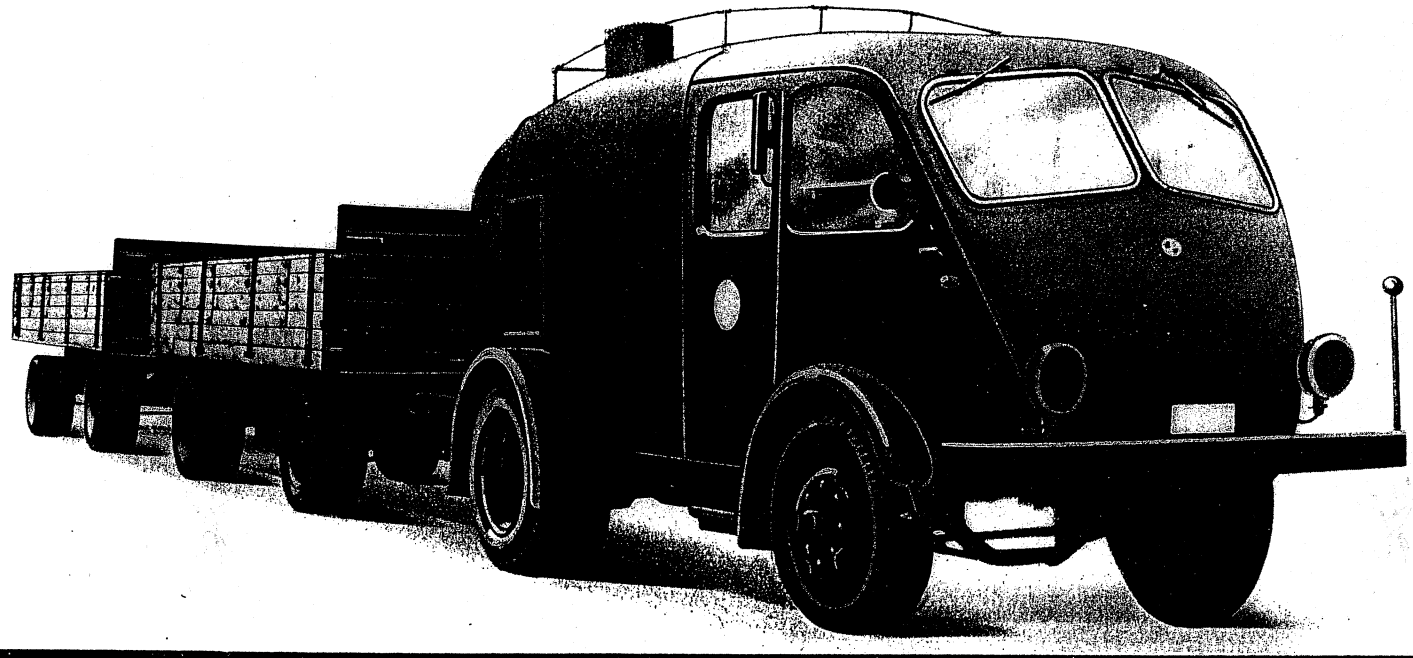
(Zeichnung aus dem Patent Nr. 37216 vom 8. Januar 1886)

Tafel 3.3/9: Dampfzugmaschine mit Laufringfahrwerk von Kroh (Deutschland 1886)

Konzept einer sehr starken Vergrößerung der nabenlosen Laufräder mit Umfangsantrieb über Daumenräder.

STRASSENDAMPFZUGMASCHINE

Die Straßendampfzugmaschine ist bestimmt für die Durchführung von Schwerlasttransporten. Sie wird mit Heißdampf von 25 atü Spannung betrieben, der in einem Wasserrohrkessel von 500 kg/h Dampfleistung erzeugt wird. Die Zweizylinderdampfmaschine entwickelt eine Leistung von 65 PS bei einer Höchstdrehzahl von 800 Umdrehungen je Minute. Als Brennstoff kommen Schwelkoks oder Braunkohlenbriketts in Frage. Die Höchstzugkraft beträgt 4000 kg, die Dauerzugkraft 2300 kg. Die Höchstgeschwindigkeit beträgt 30 km/h; ein Geländegang ermöglicht die Ausübung großer Zugkräfte auch bei niedriger Geschwindigkeit. Das Dienstgewicht beträgt etwa 9 t. Der Vorteil des Dampfantriebes gegenüber Zugmaschinen mit Dieselantrieb liegt in den wesentlich niedrigeren Brennstoffkosten. — Für schwierigen Dienst wird eine Straßendampfzugmaschine mit 120 PS Leistung entwickelt.

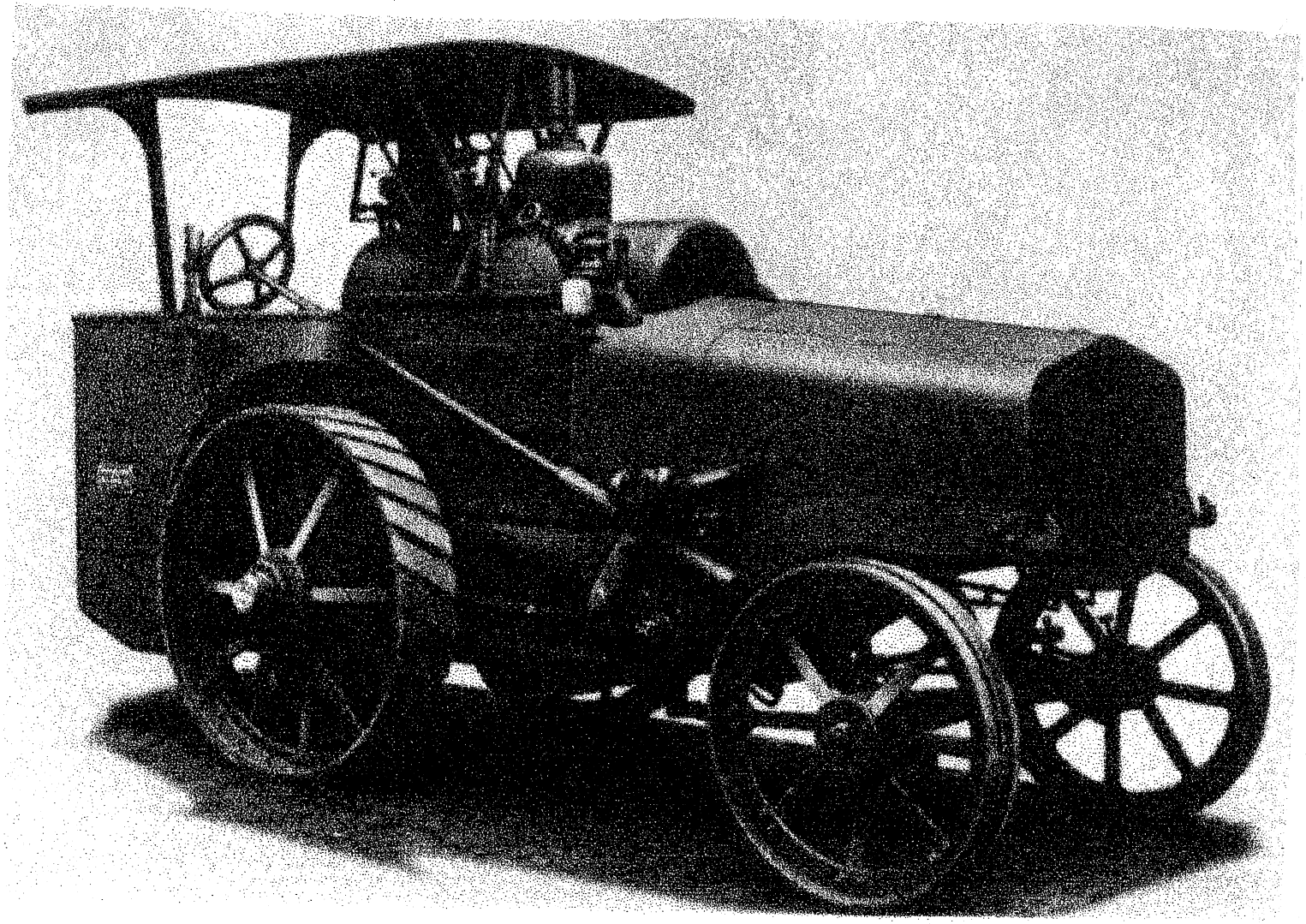


VEREINIGUNG VOLKSEIGENER BETRIEBE LOKOMOTIV- UND WAGGONBAU WILDAU

VEB LOWA

Tafel 3.3/11: Dampfzugmaschine der LOWA (DDR 1952)

Die moderne Dampfzugmaschine in Frontlenkerbauart stellt den Endpunkt der Entwicklung bei den dampfgetriebener Zugmaschinen in Deutschland dar.



Tafel 3.3/10: Dampfzugmaschine von Henschel (Deutschland 1927)

Die Maschine weist deutliche Bezüge zu den Zugmaschinen mit Explosionsmotoren auf.

Vom praktischen Einsatz der Dampfzugmaschinen mögen einige zeitgenössische Fotografien genügen. Die nachfolgenden Bilder zeigen nur einen kleinen Teil des umfangreichen Bildmaterials. Transporte mit diesen Maschinen waren damals große Ereignisse, über die in den Gazetten gebührend berichtet wurde.

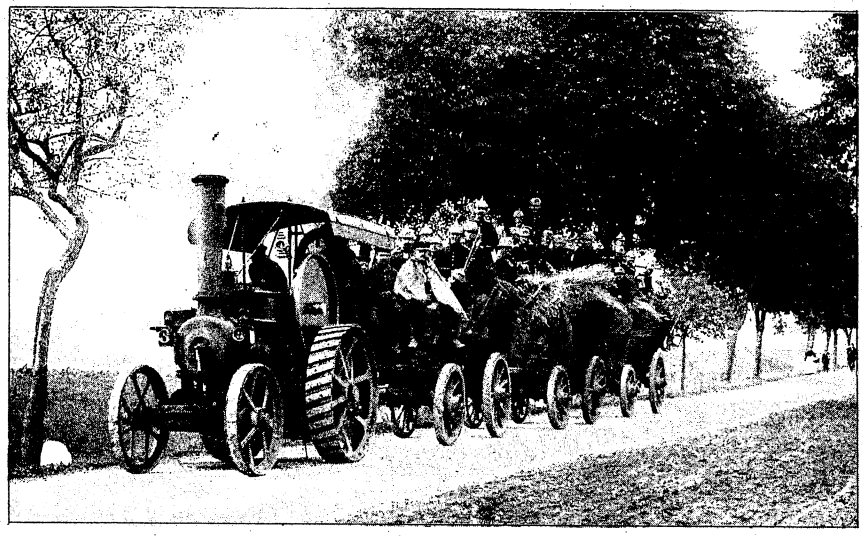


Bild 3.3/2: Straßenlokomotive (Typ „Malta") von Fowler, Magdeburg (1906)

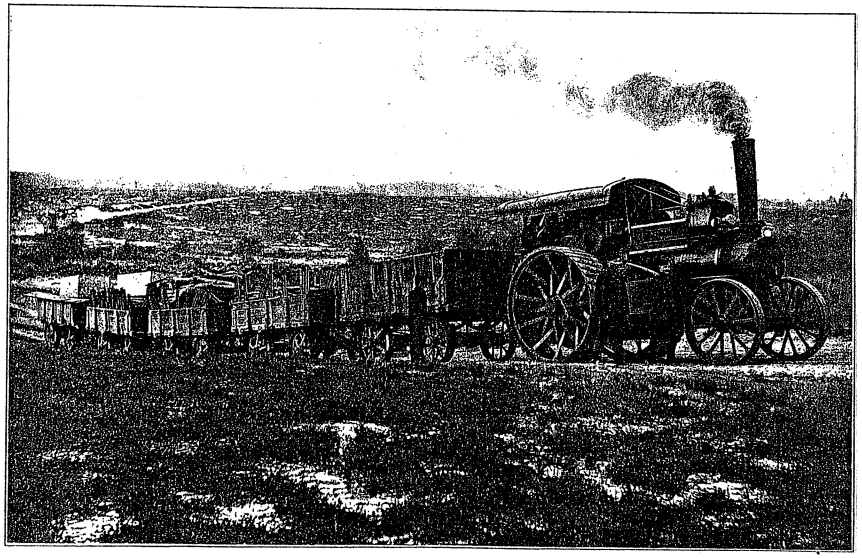


Bild 3.3/3: Straßenlokomotive (Typ „Florence") von Fowler, Magdeburg, beim Transport von Eisenbahnmaterial (1902)

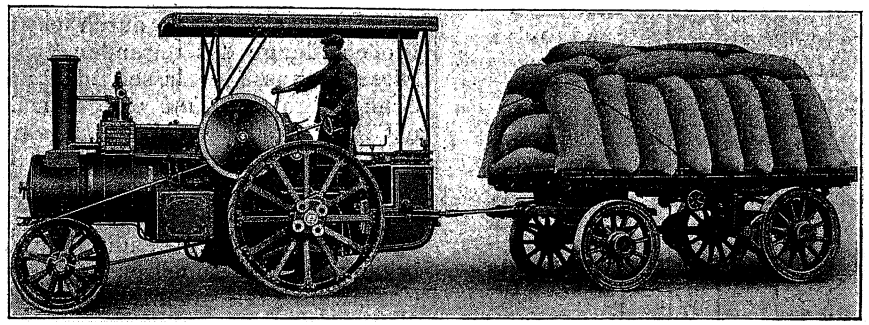


Bild 3.3/4: Leichte Dampfzugmaschine von Mann's Patent Steam Cart & Wagons Company mit einem Anhänger (England 1911)

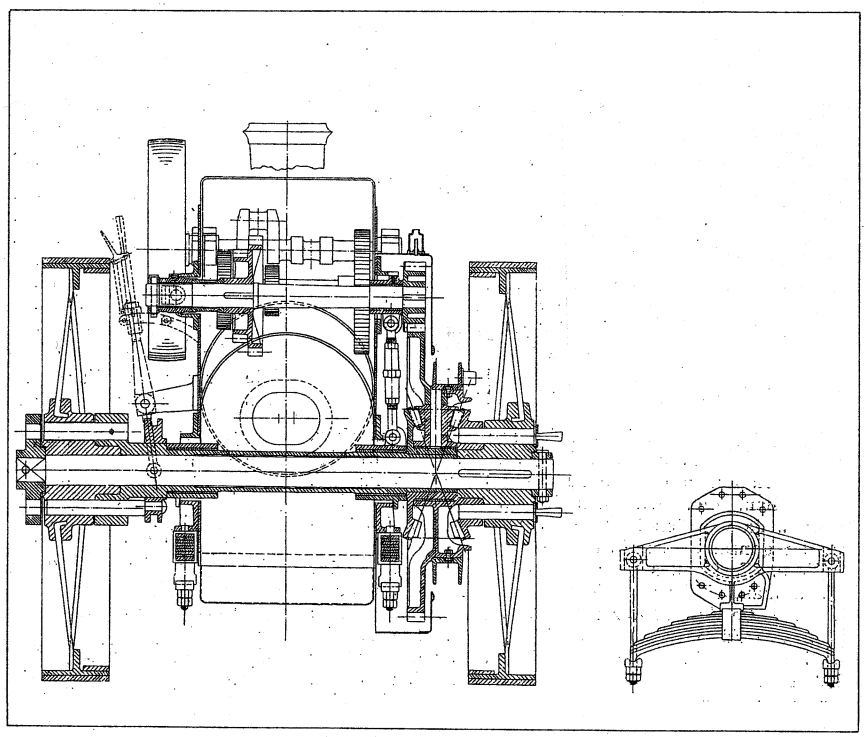


Bild 3.3/5: Schnitt durch die gefederte Hinterachse der Maschine von Bild 3.3/4

Der Gütertransport mit Dampfzugmaschinen, insbesondere der von „Massengütern", hatte eine Reihe prinzipieller Nachteile, auf zum Teil die im Vorangegangenen schon aufmerksam gemacht worden ist. Folgende Probleme traten beim Gütertransport mit Dampfzugmaschinen auf:

- Durchfahren von engeren Kurven mit mehreren Wagen
  In „einem Zug" konnten enge Kurven nicht befahren werden. Da die Lenkgeometrie der Anhängewagen für den Gespannbetrieb mit Einzelanhängern ausgelegt war, musste bei engen Kurven der ganze Zug in Wagengruppen oder einzelne Wagen aufgeteilt werden. Diese wurden dann einzeln von der Zugmaschine oder von Hilfsgespannen um die Kurve gefahren.

- Rückwärtsfahren des gesamten Zuges
  Das Rückwärtsfahren war unmöglich. Der Zug schob sich dabei unkontrolliert ineinander. Selbst das Zurückstoßen eines kurzen Stückes war nicht möglich.

- Wechseln der Fahrtrichtung
  Wenn die Fahrtrichtung gewechselt werden sollte, musste der gesamte Zug gewendet werden. Für das Wenden eines Zuges „im Ganzen" wurde eine sehr große Fläche benötigt. Diese stand in den seltensten Fällen zur Verfügung. Der Zug musste wieder aufgeteilt werden. Die Teile wurden dann einzeln von der Zugmaschine oder von Hilfsgespannen gewendet.

- Bremsen bei Talfahrten
  Das Bremsen bei Talfahrten war ein großes Problem. Die Zugmaschine trug die Haupt-Bremslast. Die Anhängewagen besaßen, wenn überhaupt, sehr einfache Klotzbremsen. Deren Wirkung, insbesondere bei verschmutzten Radreifen, war unsicher. Bei starkem Gefälle geriet der Zug leicht außer Kontrolle und die hinteren Wagen schoben sich in den Zug.

- Spurhaltung
  Bei „erhöhter" Fahrgeschwindigkeit neigte der gesamte Zug zu Instabilität. Die hinteren Wagen hielten nicht die Spur. Sie pendelten seitlich und gefährdeten andere Verkehrsteilnehmer.

- Ungleiche Belastung der Wagen
  Die vorderen Wagen des Zuges waren stark belastet. An ihnen hingen alle anderen Wagen. Die einfachen Wagen waren dafür häufig nicht ausgelegt. Rahmen- und Fahrwerksteile brachen.

- Problem bei der „Traktion"
  Da nur zwei Räder der Zugmaschine zur „Traktion" eingesetzt wurden, neigten die Räder bei schlechten Straßenverhältnissen zum Durchdrehen. Man setzte dann zusätzliche (z. B. einsteckbare Traktionshilfen ein oder nahm die maschineneigene Winde zur Hilfe. Bei „schärferen" Traktionsleisten kam es nach kurzem Einsatz zu Straßenschäden.

- Rollwiderstand
  Der Rollwiderstand war durch die vielen und relativ kleinen Wagenräder sehr groß. Bei schlechten Straßenverhältnissen gruben sich die Räder tief in das Planum ein und es entstanden tiefe Spurrillen, die sich in kürzester Zeit mit Staub und Unrat füllten und den Rollwiderstand zusätzlich erhöhten.

- Beladen der Wagen
  Zum Beladen mussten die Wagen rangiert werden. Die geringe Manövrierfähigkeit machte das Rangieren zeitaufwendig und umständlich. Bei engen Platzverhältnissen musste mit Gespannen rangiert werden.

- Einsatzorganisation der Dampfzugmaschinen
  Üblicherweise wurden Gütertransporte dann durchgeführt, wenn ein entsprechendes Transportvolumen angesammelt worden war. Eine Einsatzorganisation mit besserer Auslastung der teuren Zugmaschinen gab es nur in Ausnahmefällen.

- Nutzlastverhältnis
  Das Verhältnis von Nutzlast zum Leergewicht des gesamten Zuges war ungünstig. Bei schweren Zugmaschinen und schweren Anhängewagen konnte das Verhältnis bis zu 1 : 2 betragen.

Es verwundert daher nicht, das findige Unternehmer, auch in Deutschland, damit begannen, die Transportsysteme für Güter zu verbessern. Die Wege, die hierzulande beschritten wurden, waren sehr unterschiedlich. Die Maschinenfabrik und Eisengießerei von Hermann Michaelis aus Chemnitz baute beispielsweise schon sehr früh, weit vor dem Einsatz der automobilen Straßenzüge, den ersten deutschen Lastkraftwagen. Michaelis bezeichnete seinen patentierten Wagen seinerzeit als „Frachtwagen". Das erste Fahrzeug, natürlich noch mit Dampfantrieb, entstand 1877. Weitere Frachtwagen folgten.
Andere Hersteller gingen andere Wege. Die Freibahngesellschaft in Seegefeld spezialisierte sich seit der Jahrhundertwende auf den Bau von automobilen Straßenzügen.

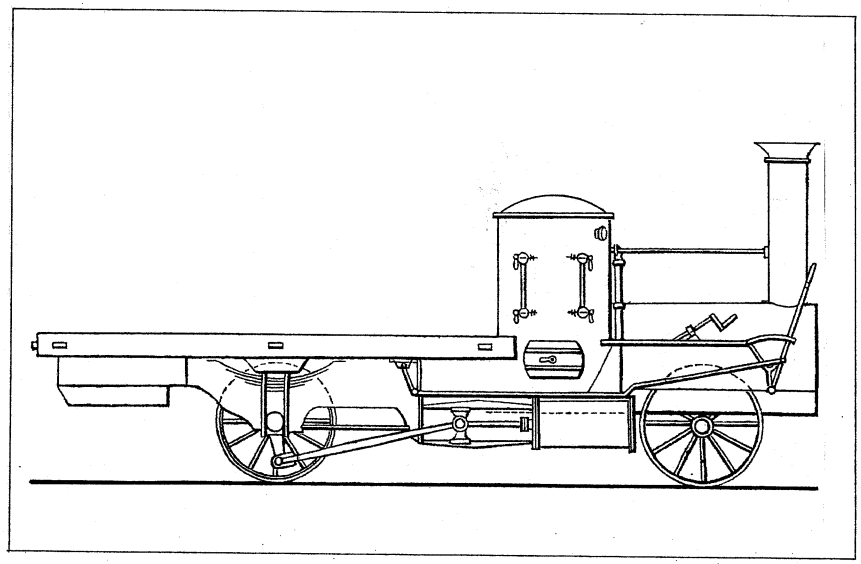


Bild 3.3/6: Der fünfte von Michaelis gebaute „Frachtwagen" (1879/80)

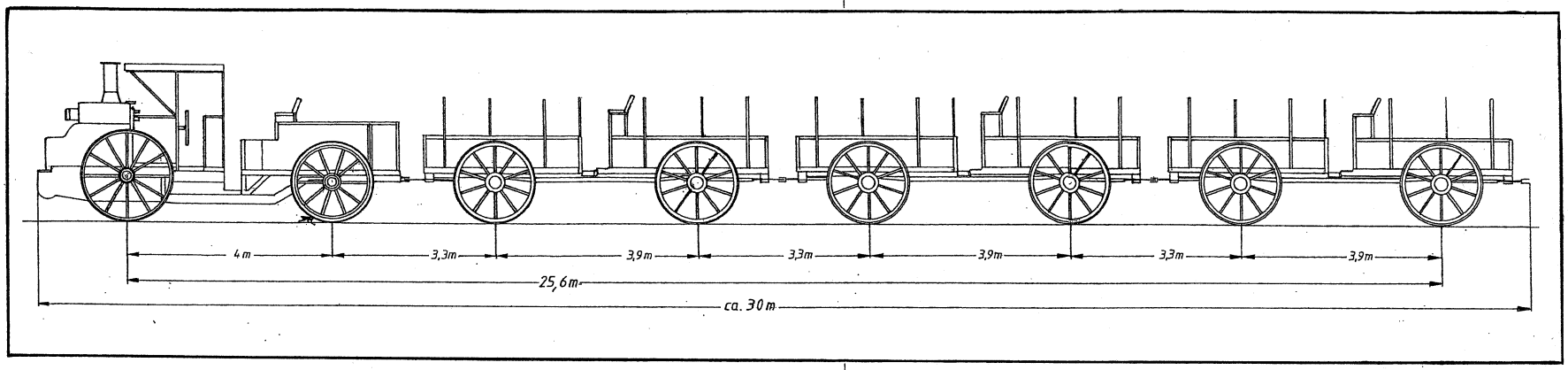


Bild 3.3/7: Automobiler Straßenzug der Freibahngesellschaft Seegefeld (um 1906)

3.4 Automobile Straßenzüge

3.4.1 Bemerkung

Man hatte früh erkannt, dass einer einfachen Übernahme des Prinzips der „eisernen Bahnen“ auf die Straße sehr enge Grenzen gesetzt waren. Die „rollende Reibung“ auf eisernen Bahnen betrug weniger als 1/10-tel der Reibung auf den besten Kunststraßen. Gute Kunststraßen waren in Deutschland allerdings auch noch in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts als Überlandstraßen eine Seltenheit. Eine Straßenzugmaschine, vor mehrere Wagen gespannt, kam schnell an ihre „Traktions-“ oder wie man auch sagte „Adhäsionsgrenze“. Die Vielzahl an kleinen Anhängerrädern erforderte zur Überwindung der Fahrwiderstände große Zugkräfte. Diese Kräfte konnten von den beiden angetriebenen Rädern der üblichen Zugmaschinen insbesondere bei ungünstigen Straßenverhältnissen nicht übertragen werden. Das Wissen um die physikalischen Grundlagen der „rollenden Reibung“ war zu Beginn des 19. Jahrhunderts noch sehr lückenhaft. Bei den „eisernen Bahnen“ traute man am Anfang der Entwicklung dem „Traktionsvermögen“ der Lokomotiven nicht. Es gab Konstruktionen (Beispiel siehe Tafel 3.2/3), bei denen der Vortrieb durch Zahnrad und Zahnstange erfolgen sollte. Bei maschinengetriebenen Straßenfahrzeugen war es ähnlich. Es gab eine ganze Reihe von Vorschlägen mit „Schreitantrieben“, die im Grunde die Schrittbewegungen der Zugtiere nachahmten, um die Fortbewegung sicherzustellen. Erst die positiven Erfahrungen beim ausschließlichen Einsatz von Radantrieben in Fahrzeugen führten zum allgemeinen Durchbruch dieses Prinzips.

Es war seit langem bekannt, dass man durch höhere Gewichte an einer Antriebsachse bei sonst gleichen Bedingungen mehr Zugkraft übertragen konnte. Bei Straßenlokomotiven ging man im Laufe der Entwicklung den Weg, das Gewicht heraufzusetzen, die Radreifen zur Verminderung der Fahrbahnbelastung möglichst groß und breit zu machen und sie ggf. mit „Traktionsleisten“ und später dann Hartgummiauflagen zu belegen. Das Problem bei den Maschinenwagen für Straßenzüge war allerdings so nicht zu lösen. Die Belastbarkeit der Straßen war begrenzt und das grundlegende „Traktionsproblem“ blieb unverändert bestehen. Es mussten in zwei Bereichen Verbesserungen erreicht werden, und zwar bei der „Traktion“ und beim Rollwiderstand des gesamten Zuges. Ohne völlig neue Anhängewagen war keine Lösung möglich.

Aus diesen Überlegungen und den praktischen Einsatzerfahrungen mit Dampfzugmaschinen entstanden bei den automobilen Straßenzügen zwei Entwicklungsrichtungen:

- Straßenzüge, bei denen die Antriebskräfte von vielen (oder allen) Rädern übertragen wurden, eine aufwendige und teure Technik und
- Straßenzüge mit Kopfantrieb, bei denen alle Komponenten auf minimalen Rollwiderstand ausgelegt waren. Das war eine einfachere Lösung.

Ende des 19. Jahrhunderts hatte sich das Wissen um die physikalischen Zusammenhänge beim Fahrwiderstand von Straßenfahrzeugen in den Grundzügen konsolidiert und für die Erfahrungen aus dem praktischen Betrieb der Fahrzeuge gab es Richtwerte. Das Wissen jener Zeit ist in den bekannten technischen Fachbüchern des Maschinenbaus nachzulesen.

Im Bild 3.4.1/1 ist als Beispiel zu diesem Thema ein Auszug aus den bekannten Maschinenbaubücher des „Akademischen Vereins Hütte, E. V.“ wiedergegeben („Hütte“, II. Band, 1915, Automobilbau) wiedergegeben. Viel mehr gab es zu dem Thema „Fahrwiderstand“ nicht.

Der **Gesamtwiderstand** W, der bei der Förderung mit Motorwagen auf Strafsen (III. Bd. Abschn. Strafsenbau) zu überwinden ist, setzt sich zusammen aus a) dem Rollwiderstand w_r,
b) dem Steigungswiderstand w_s,
c) dem Luftwiderstand w_l.

Zu a) Der Rollwiderstand ist von der Art der befahrenen Strafse, dem Raddurchmesser und der Art der Bereifung abhängig.

Fahrversuche auf hartem Stadtpflaster*) haben ergeben, dafs auf Asphaltpflaster die Luftreifen, auf Kopfsteinpflaster die Vollreifen etwas höheren Kraftverbrauch aufweisen.

Versuche von Michelin**) mit einem Wagen von 570 kg Gesamtgewicht sowie 920 mm Durchm. der Vorder- und 1120 mm Durchm. der Hinterräder haben folgende Werte des Gesamtwiderstandes in kg/t ergeben:

Art der Strafse	Fahrgeschwindigkeit km/st	Art der Bereifung		
		Eisen	Vollgummi	Luftreifen
Gute, trockene, staubige Macadam-Strafse	11,7 gegen den Wind	27,2	24,5	22,3
	11,7 mit dem Wind	25,3	22,8	20,8
	19,7 gegen den Wind	34,4	29,9	24,8
	19,7 mit dem Wind	27,6	25,2	23,8
Gute, harte, aber feuchte Macadam-Strafse	11,0	27,4	26,5	24,0
	20,0	39,9	35,6	37,8
Gute, aufgeweichte Macadam-Strafse	21,0	45,6	42,6	35,0
Etwas aufgefahrene Macadam-Strafse	22,0	33,8	28,0	22,5

Zu b) Bei geringen Steigungen und verhältnismäfsig kleinen Raddurchmessern ist annähernd

$$w_s = Q \cdot \frac{h}{l},$$

worin h die Höhe und l die Länge der Steigung ist.

Ist die Steigung $\frac{h}{l}$ in ‰ gegeben, so ist für jedes ‰ Steigung und für je 1000 kg Wagengewicht 1 kg Widerstand zu rechnen.

Zu c) Auf Grund der Ergebnisse der Schnellbahnversuche*) kann man

$$w_l = \frac{P}{F} = 0{,}0052\, V^2$$

setzen, worin w_l der Luftwiderstand auf 1 qm Widerstandsfläche in kg/qm,
P der gesamte Luftwiderstand in kg,
V die Geschwindigkeit in km/st,
F die Widerstandsfläche in qm ist.

Für diese Fläche kann man annähernd das aus der Spurweite und der Wagenhöhe über den Rädern gebildete Rechteck einsetzen.

Bei der Formgebung ist zu beachten, dafs bei schnellfahrenden Wagen ein grofser Teil des Gesamtwiderstandes auf den Luftwiderstand entfällt und daher möglichst solche Form anzustreben ist, die den geringsten Widerstand ergibt.

Adhäsion. Damit der Wagen fahren kann, mufs die Summe dieser Widerstände kleiner sein als die Adhäsion

$$W < \mu \cdot Q_r.$$

Q_r (Reibungsgewicht) ist der auf die Hinterachse entfallende Teil des Wagengewichtes, der annähernd $^2/_3\, Q$ beträgt.

Nach Lutz**) kann man für $\frac{Q_r}{Q}$ setzen:

bei normalen Personenwagen 0,56 bis 0,62,
„ Lieferungswagen . . . 0,60 „ 0,64,
„ Motoromnibussen . . . 0,64 „ 0,68,
„ Motorlastwagen . . . . 0,66 „ 0,68.

Für μ gibt es bei Gummibereifung keine zuverlässigen Angaben. Der Wert hängt von der Beschaffenheit der Strafse ab und kann nach Arnoux***) zwischen 0,67 für trockene Macadam-Strafsen, 0,715 für trockenes Asphaltpflaster, 0,81 für nasses Asphaltpflaster und 0,17 bis 0,062 auf weichen, schlüpfrigen Strafsen schwanken.

Für schwere Motorwagen, bei denen auch noch Anhängerlast mitzuführen ist und die auch bei schlechtem Wetter fahren müssen, empfiehlt es sich, höchstens $\mu = 0{,}15$ einzusetzen.

Bild 3.4.1/1: Gesamtwiderstand von Motorwagen auf Straßen (Hütte, II. Band, 1915, S. 792)

Im Laufe des 19. Jahrhunderts wurden von den automobilen Straßenzügen, entweder als Konzept oder als realisierte Maschine, die Probleme, die beim Betrieb von Straßenlokomotiven auftraten, nach und nach gelöst. Es gab eine Vielzahl an Erfindungen zur Verbesserung der Lenkbarkeit der Straßenzüge, Verbesserung der Bremsen, das Problem des Rückwärtsfahrens wurde durch starre Verbindungen spezieller Zugteile gelöst, das große Problem des immensen Rollwiderstandes der üblichen Wagen konnte durch verbesserte Rad- und Wagenkonstruktionen reduziert werden u. s. w. Die in diesem Buch vorgestellte Freibahngesellschaft m.b.H. aus Seegefeld baute automobile Straßenzüge mit Kopfantrieb.

In den folgenden Abschnitten werden die einzelnen Bauarten der automobilen Straßenzüge und ihre Entwicklung dargestellt. Für jede Bauart wurde nur ein (möglichst typisches) Beispiel ausgewählt. Dabei wird nachstehende Systematik verwendet:

	Bauarten automobiler Straßenzüge	Hersteller (Beispiele)
1	Straßenzüge mit Dampfantrieb	
1.1	Dampfgetriebene Straßenzüge mit auf mehrere Räder aufgeteiltem Antrieb	Freibahngesellschaft
1.2	Dampfgetriebene Straßenzüge mit Kopfantrieb	Freibahngesellschaft Scotte (Frankreich) (viele andere Ausführungen)
2.	Straßenzüge mit Antrieb durch Explosionsmotor	
2.1	Straßenzüge mit Explosionsmotor und auf mehrere Räder aufgeteiltem Antrieb	„Train-Renard" (Frankreich)
2.2	Straßenzüge mit Explosionsmotor und Kopfantrieb	Carl Keller Victor Kroh (viele andere Ausführungen)
3	Straßenzüge mit elektrischem Antrieb	
3.1	Straßenzüge mit elektrischem Antrieb und auf mehrere Räder aufgeteiltem Antrieb	Einsatz nur auf nicht öffentlichen Straßen.
3.2	Straßenzüge mit elektrischem Antrieb und Kopfantrieb	Straßenzug von Schiermann Straßenzug von Strobowa (viele andere Ausführungen)
4	Straßenzüge mit kombiniertem Antrieb (Explosionsmotor und elektrischem Motor)	
4.1	Straßenzüge mit kombiniertem Antrieb und auf mehrere Räder aufgeteiltem Antrieb	Siemens-Schukert-Zug Müller-Zug Austro-Daimler-Zug (viele andere Ausführungen)
4.2	Straßenzüge mit kombiniertem Antrieb und Kopfantrieb	Schuckert & Co

Bild 3.4.1/2: Systematik der Arten automobiler Straßenzüge

3.4.2 Straßenzüge mit Dampfantrieb

1. Dampfgetriebene automobile Straßenzüge mit aufgeteiltem Antrieb

Der Engländer William Henry James entwickelte schon 1825 die Idee eines Straßenzuges bestehend aus einer Zugmaschine und mehreren Anhängewagen, bei dem alle Räder angetrieben werden sollten. James erhielt auch ein Patent auf seine Erfindung. Jeder Wagen hatte eine starre Vorderachse mit einem Antrieb über ein Vorgelege und eine mit Hilfe eines Drehschemels lenkbare Hinterachse. Eine unter den Wagen durchgehende Längswelle mit Gelenken übernahm die Leistungsübertragung zu den Wagen. Ein Fahrzeug ist vermutlich nicht gebaut worden.
Die Idee wurde zu Beginn des 20. Jahrhunderts von Charles Renard, einem französischen Oberst, wieder aufgenommen. Er baute 1903 einen Straßenzug mit Dampfantrieb, bei dem nicht nur die Zugmaschine, sondern auch jeder Anhängewagen auf mechanischem Weg angetrieben wurde. Die Dampfmaschine trieb eine unter dem gesamten Zug durchlaufende Welle an, deren einzelne Stücke mittels Kardangelenken gekoppelt waren. Von diesen Wellenteilen wurden über wagenfestes Vorgelege je eine Wagenachse angetrieben. Die Ausführung bewährte sich nicht. Renard entwickelte danach einen ähnlichen, aber erfolgreicheren Straßenzug mit Antrieb durch einen Verbrennungsmotor.

2. Dampfgetriebene automobile Straßenzüge mit Kopfantrieb

Diese Ausführung wurde als „System Straßenzug" nur wenige Jahre gebaut. Ein Beispiel für diese Variante ist der in diesem Buch eingehend behandelte Straßenzug der **Freibahngesellschaft aus Seegefeld**. Eine Maschine, als Zugmaschine (Triebkopf), zog mehrere Anhängewagen ohne eigenen Antrieb. Im Gegensatz zu dem Transport von Massengütern mit herkömmlichen Straßenlokomotiven wurden die Wagen speziell für den Zug entwickelt. Triebkopf und Wagen waren „ein aufeinander abgestimmtes System". Die Entwicklungsrichtungen bei diesen Zügen waren immer gleich: größeres Transportvolumen, weniger Rollwiderstand, bessere Wendigkeit, höhere Sicherheit beim Fahren. Freibahnzüge kamen beim Militär nur bei einigen Transport-Übungen zum Einsatz. Einige Züge fuhren im zivilen Bereich landwirtschaftliche Massengüter und Massengüter für den Straßen- und Städtebau in der Umgebung von Berlin. Überraschenderweise fanden einige der Züge auch innerhalb Berlins Einsatzfelder. Die Manövrierbarkeit der großen Maschinen muss für den Betrieb in den oft engen Straßen der Stadt ausgereicht haben.

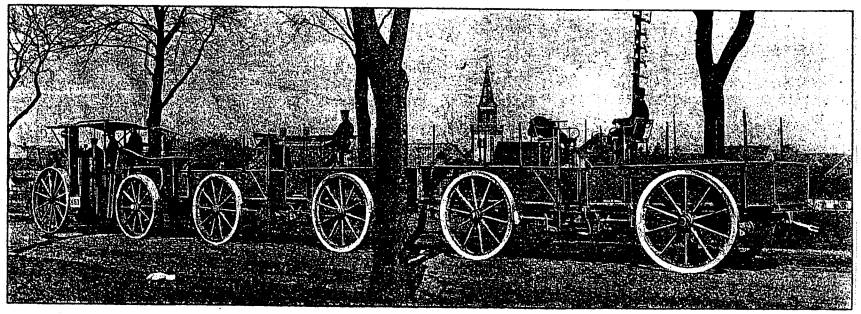


Bild 3.4.2/1: Freibahnzug der Freibahngesellschaft Seegefeld (um 1906)

Eine Reihe französischer Hersteller baute ebenfalls automobile Straßenzüge mit Kopfantrieb durch Dampfmotoren für zivile und militärische Zwecke. Größere Verbreitung fanden u. a. die Züge von Le Blant und Scotte. Beide Hersteller bauten unterschiedliche Zugausführungen und Zuggrößen. Die französischen Züge stellen wieder Grenzfälle dar. Als ein abgestimmtes System aus Zugmaschine und speziellen Wagen kann man sie nur begrenzt ansehen. Der große Straßenzug von Scotte (Bild 3.4.2/2) aus dem Jahr 1904 zeichnet sich durch eine sehr moderne und leistungsstarke Zugmaschine aus, die bis zu fünf Wagen ziehen konnte. Die Anhängewagen waren zwar speziell für die Zugmaschine entwickelt worden, hatten aber im Vergleich zu den üblichen Wagen der Fuhrwerke nur sehr stark vergrößerte Räder und die vordere, sehr weit nach vorne gesetzte Achse gestattete größere Einschlagwinkel.

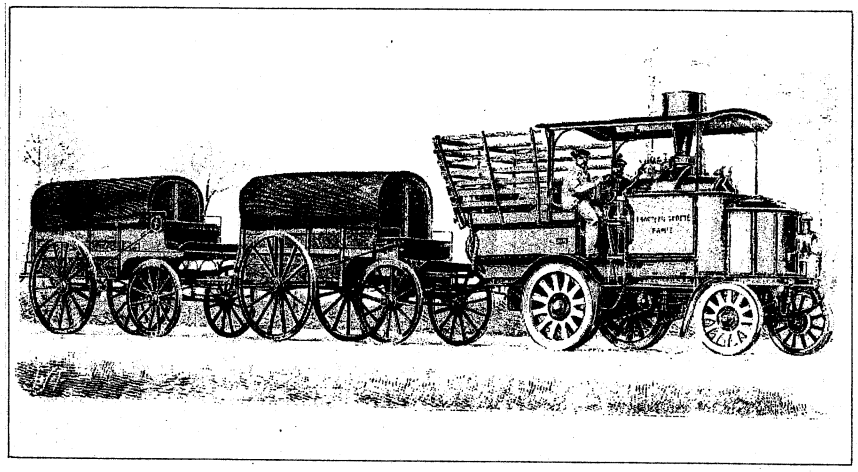
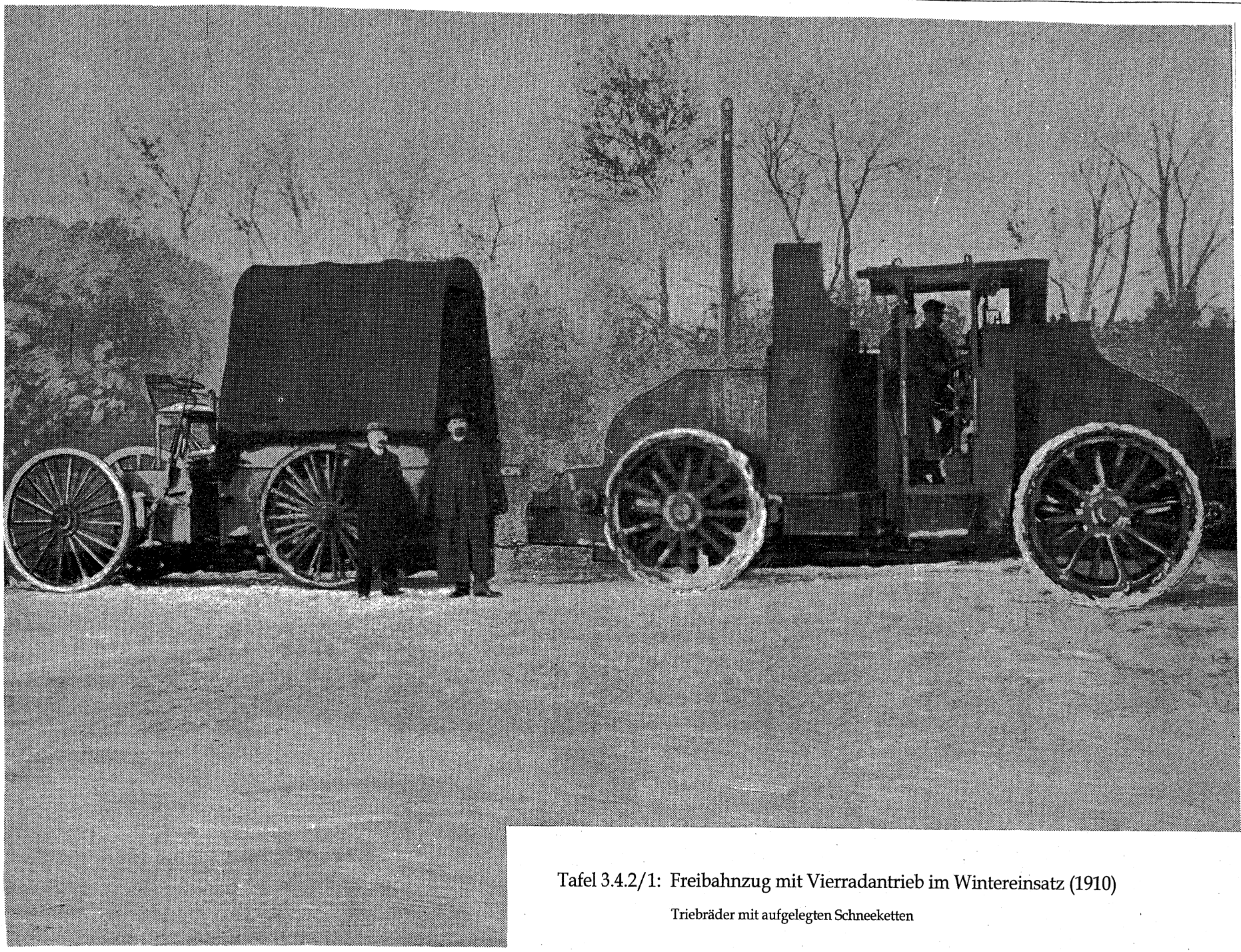


Bild 3.4.2/2: Straßenzug von Scotte für den Einsatz in den Kolonien (Frankreich 1904)



Tafel 3.4.2/1: Freibahnzug mit Vierradantrieb im Wintereinsatz (1910)

Triebräder mit aufgelegten Schneeketten

3.4.3 Straßenzüge mit Antrieb durch Explosionsmotoren

1. Straßenzüge mit Antrieb durch Explosionsmotoren und aufgeteiltem Antrieb

Es gab zur Jahrhundertwende eine ganze Reihe an Straßenzügen mit Antrieb durch Explosionsmotoren unterschiedlicher Art und dem Antrieb einer Vielzahl im Zug verteilter Räder. Die meisten Konstruktionen übertrugen die Antriebsmomente auf mechanischem Weg. Ausgangspunkt dieser Entwicklung war die praktische Erfahrung bei Zügen mit Kopfantrieb, die bei schweren Bedingungen schnell an ihre „Traktionsgrenzen" kamen, es sei denn, es wurden Anhängewagen mit minimiertem Rollwiderstand eingesetzt. Es gab Fachleute, die generell beim Antrieb von nur zwei Treibrädern in einem Straßenzug keine befriedigende Lösung des Traktionsproblem für möglich hielten. Man erhöhte also die Anzahl der angetriebenen Räder, lies im Übrigen die Räder in Bezug auf den Durchmesser und die Laufflächenausführung im üblichen Bereich. Ein prägnantes Beispiel eines solchen Straßenzuges, der Anfang des Jahrhunderts sehr große Beachtung gefunden hatte, war der des französischen Colonel Renard, eines Pionieroffiziers im aktiven Dienst. Er wurde im Jahr 1904 in Deutschland den Militär- und Staatsbehörden, vielen hohen Vertretern aus der Industrie und einigen Ministern vorgeführt. Der „Train-Renard" besaß eine rein mechanische Lösung zur permanenten der Übertragung der Antriebsenergie und als Besonderheit ein verbessertes Lenksystem. An jedem Anhängewagen wurden mindestens zwei Räder als Treibräder verwendet. Charakteristisch für den „Train-Renard" war, dass ein relativ leichter Motorwagen eine große Nutzlast bewegen konnte, anders formuliert: das Nutzlastverhältnis war für die damalige Zeit sehr günstig. Über 30 Tonnen Nutzlast konnten mit einer Geschwindigkeit von 16 km/h gezogen werden. Hergestellt wurden die Züge in Frankreich bei der Firma Ed. Surcouf et Cie. in Billancourt.

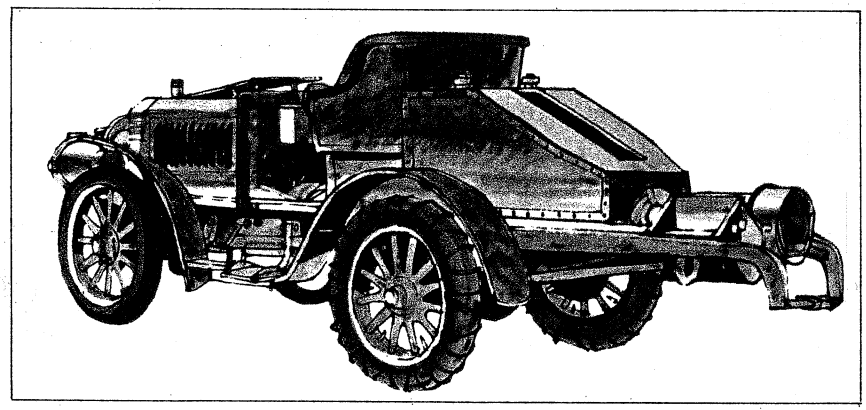


Bild 3.4.3/1: Skizze des Motorwagens („Lokomoteur") des „Train-Renard" (1905)

Renard setzte sowohl bei seinem Motorwagen als auch bei den Anhängewagen eine Achsschenkellenkung ein. Bei den Anhängewagen wurden die Achsschenkel der vorderen Achse mit Hilfe einer Deichsel und doppelter Gelenkvierecke entsprechend dem Kurvenradius eingestellt (Bilder 3.4.3/2). Die Winkel α und α` sowie β und β` waren in üblicher Weise derart gewählt, dass die Verlängerung der geometrischen Achsen der beiden Achsschenkel sich jederzeit nahe bei ein und demselben Punkt der Hinterachsen-Verlängerung trafen.

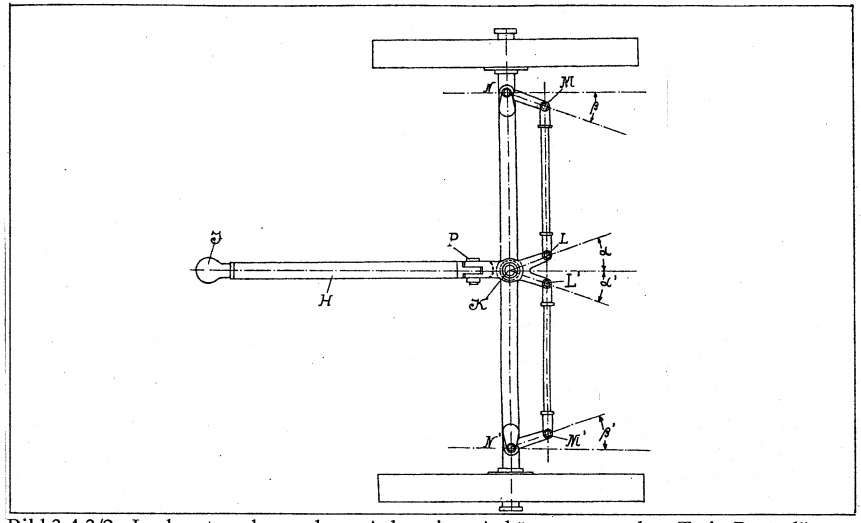


Bild 3.4.3/2: Lenksystem der vorderen Achse eines Anhängewagens des „Train-Renard"

Das Konzept des kompletten Straßenzuges ist beispielhaft im Bilde 3.4.3/3 dargestellt. Es zeigt die schematische Darstellung eines Zuges beim Durchfahren eines Kreisbogens. An den Motorwagen sind mehrere zweiachsige Anhängewagen angeschlossen. Die hintere Achse des Motorwagens ist Treibachse. Ein mit dem Motor verbundenes Wellenteil wird als Verlängerung der Kurbelwelle am Heck des Motorwagens nach außen gelegt (Prinzip „Zapfwelle"). Unter den Anhängewagen wird in ganzer Länge des Zuges eine durch Gelenke verbundene Welle durchgeführt. Jeder Wagen hat einen Eingangs- und Ausgangswellenteil. Jede Treibachse hat ein Differential. Die einzelnen Wagenteile sind durch doppelte Kreuzgelenke miteinander verbunden.

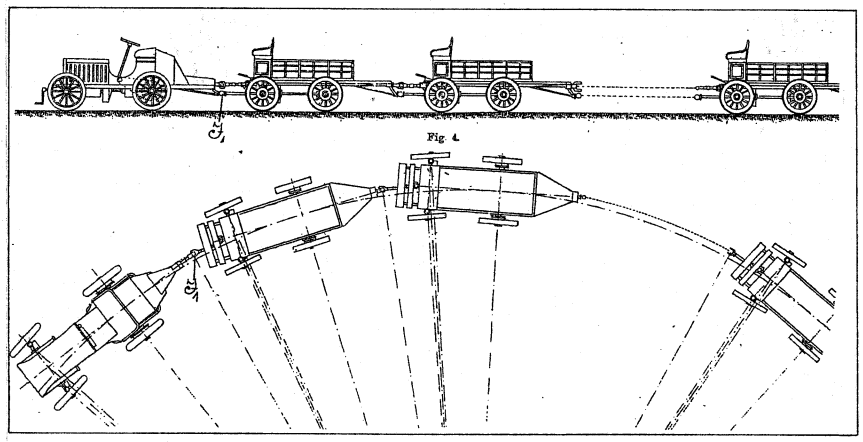


Bild 3.4.3/3: Schematische Darstellung des „Train-Renard" (1907)

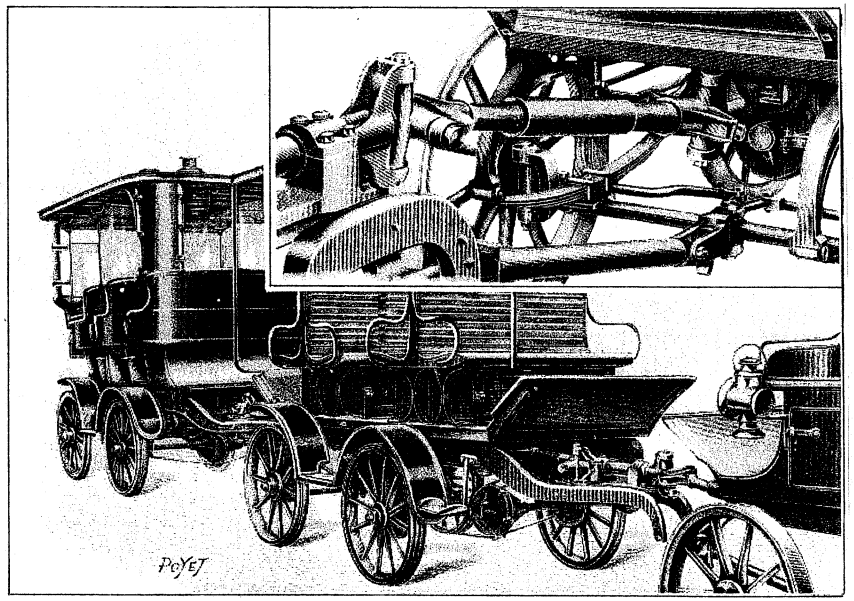
Für den „Train-Renard“ gab es die unterschiedlichsten Anhängewagen sowohl in zweiachsiger Ausführung mit angetriebenen Hinterrädern als auch dreiachsig mit angetriebenen mittleren Rädern. Es gab Wagen für die verschiedenen Güter und für die Beförderung von Personen. In den Tafeln 3.4.3/1 und 3.4.3/2 sind die technischen Einzelheiten einiger Konstruktionen wiedergegeben.

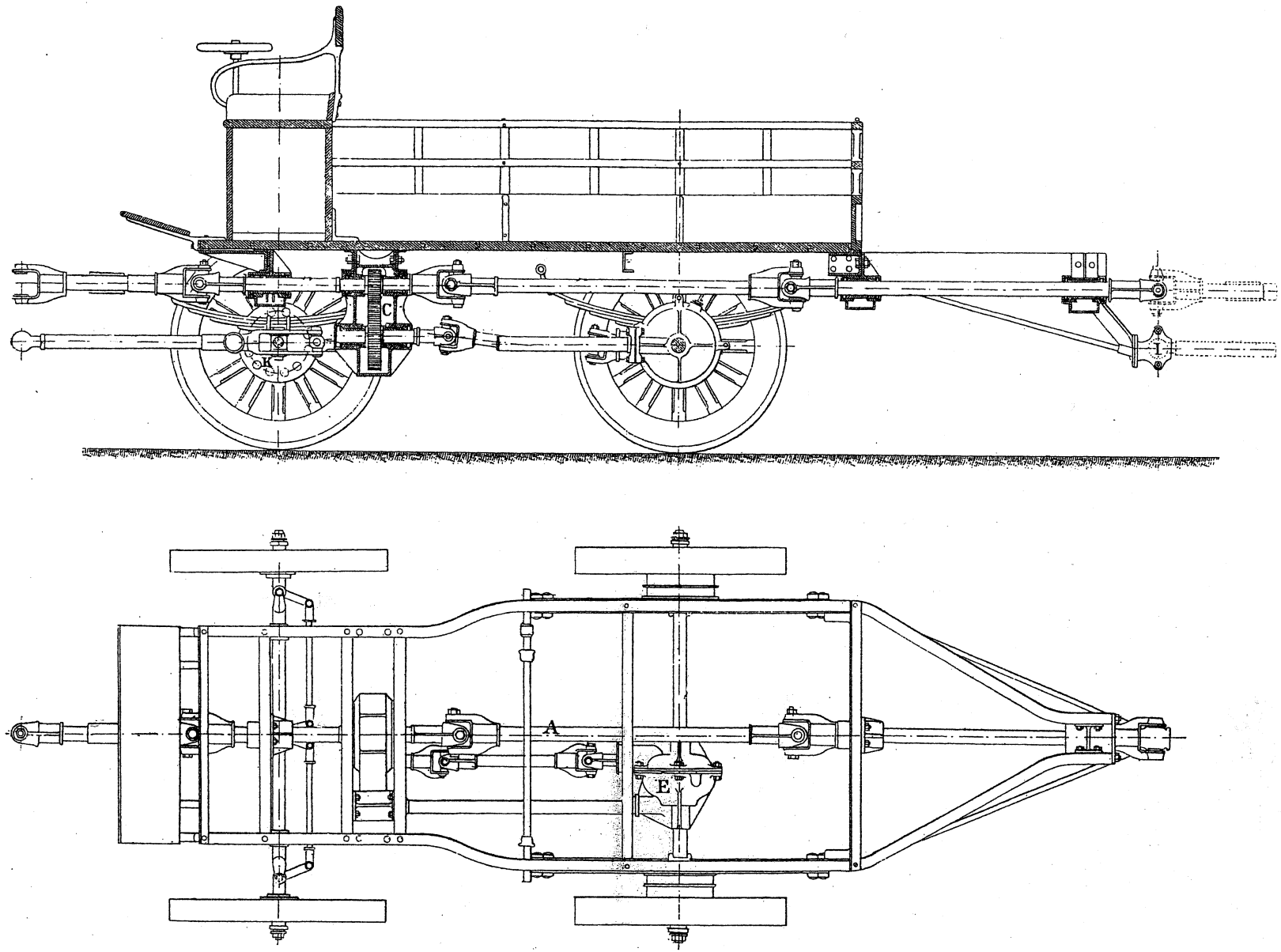
Ein großes Problem bei derartigen Straßenzügen mit rein mechanischer Lösung der Drehmomentverteilung auf die Treibräder war die kinematische Unbestimmtheit des Antriebs. Hatte ein Rad einen geringeren Reibungswiderstand neigte es zum Durchdrehen. Die gesamte Energie verpuffte als nutzlose „Wühlarbeit“. Wurde das betroffene Rad z. B. blockiert, folgte das mit dem nächst geringerem Reibungswiderstand. Der Straßenzug funktionierte nur einwandfrei bei nahezu gleichen Reibungsverhältnissen zwischen allen Treibrädern und dem Straßenoberbau. Diese physikalische Grenze ließ sich auch durch zusätzliche mechanische Ausgleichselemente nicht beseitigen.

Weitere Nachteile waren der hohe Preis aufgrund des komplizierten Antriebs und die Unmöglichkeit, enge Kurven ohne Trennung der längs durchgeführten Wellenteile fahren zu können.

In Deutschland wurden drei Züge nach dem Prinzip von Renard auf Basis von Daimler Lastkraftwagen einschließlich Anhängewagen gebaut. Sie waren für den Einsatz in den Kolonien, speziell Deutsch-Südwestafrika, vorgesehen.

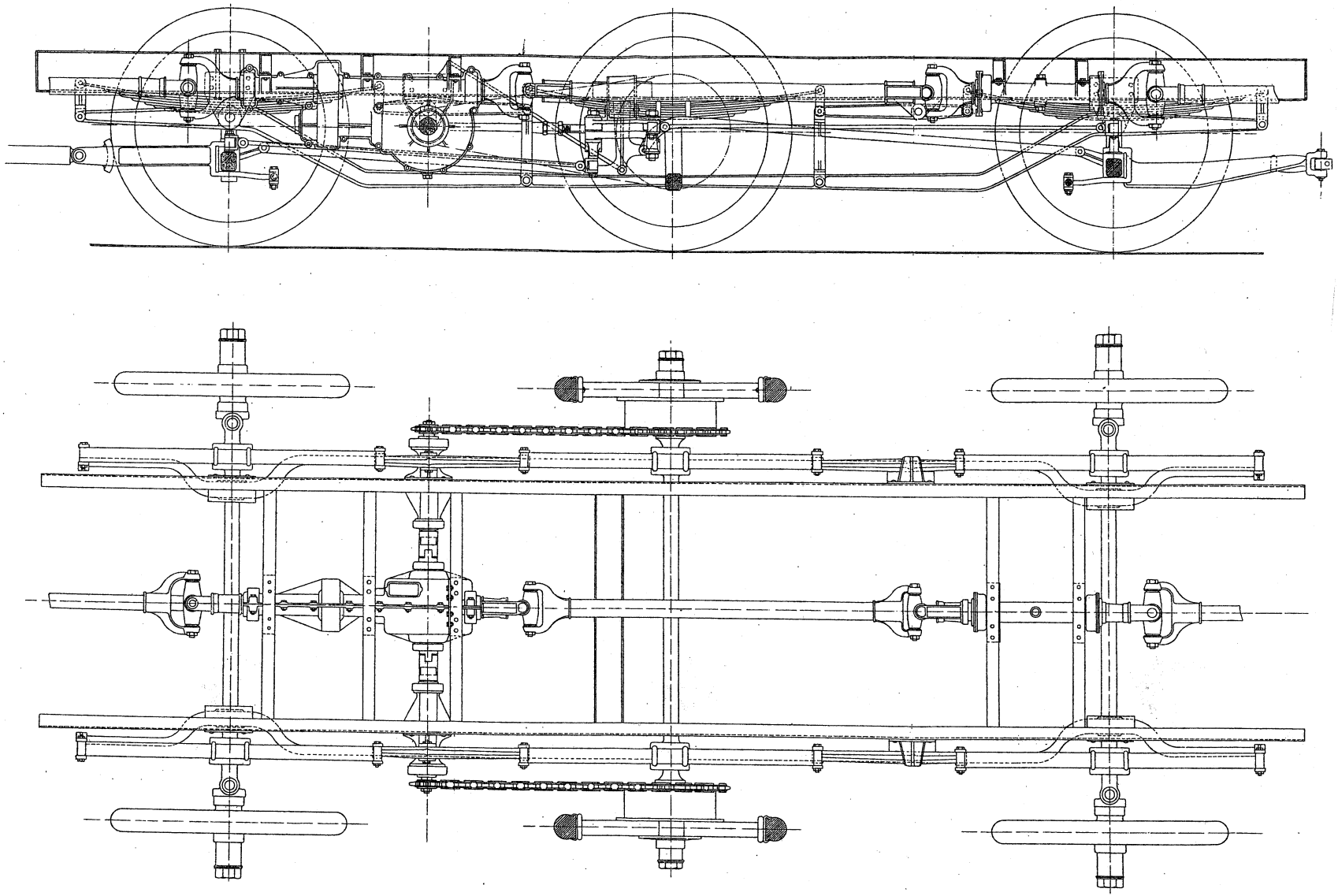
Anmerkung:
Einige Einzelheiten des Koppelmechanismus der einzelnen Wagen des „Train Renard's“ und die Übertragung des Antriebsmomentes mittels Gelenkwellen ist im folgenden Bild dargestellt (Quelle: La Nature. 1904, S. 92 ff.)





Tafel 3.4.3/1: Zweiachsiger Anhängewagen für den „Train-Renard“ (1907)

Allgemeiner Lastenanhänger mit Achsschenkellenkung der Vorderachse und angetriebenen hinteren Rädern.



Tafel 3.4.3/2: Dreiachsiger Anhängewagen für den „Train-Renard“ (1907)

Untergestell mit angetriebenen mittleren Rädern.

2. Straßenzüge mit Antrieb durch Explosionsmotoren und Kopfantrieb

Diese Straßenzüge, bei denen die Anhängewagen ohne Antrieb liefen, bauten eine ganze Reihe an Herstellern. Z. B. in England Milnes-Daimler, Thornycroft, Broom & Wade, Fosten-Daimler u.a. und in Frankreich Scotte, Genty Panhard, Chatillion-Panhard, Lcfcbvrc, Holt, Renault u.a. Im Einzelfall kann man streiten, ob es sich bei einigen Maschinen um automobile Straßenzüge oder herkömmliche Zugmaschinen handelt, da sie auch zum Ziehen beliebiger Anhängewagen eingesetzt werden konnten.
In Deutschland entwickelte Carl Keller aus Laggenbeck in Westfalen mit dem Ingenieur Reinhardt einen „reinrassigen" automobilen Straßenzug, bei dem der Maschinenwagen und die Anhängewagen „ein aufeinander abgestimmtes System" darstellten. Er wurde in verschiedenen Ausführungen gebaut. Der Straßenzug wies so viele technische Besonderheiten auf, dass er hier etwas genauer dargestellt werden soll. Keller bezeichnete sein Fahrzeug als „Gleisringwagen". Es war ein Wagen, bei dem Allradantrieb, Vierradlenkung, Geländegängigkeit und Manövrierbarkeit gleichermaßen verwirklicht waren. Die Zugmaschine bestand aus zwei fast symmetrischen Fahrzeughälften mit zwei Steuerständen. Der Wagen hatte keine Knicklenkung, sondern Einzellenkung der vier „Gleisringräder". Keller erhielt 1896 ein Patent (Patent Nr. 11513) auf seine Erfindung. Die Tafel 3.4.3/3 zeigt die Originalzeichnung aus dem Patent mit vielen technischen Details. Im nachfolgenden Bild ist eine Ausführung des Straßenzugs, bestehend aus dem Maschinenwagen, einem Personenwagen und einen Lastenwagen wiedergegeben. Alle Wagen haben „Gleisringräder".

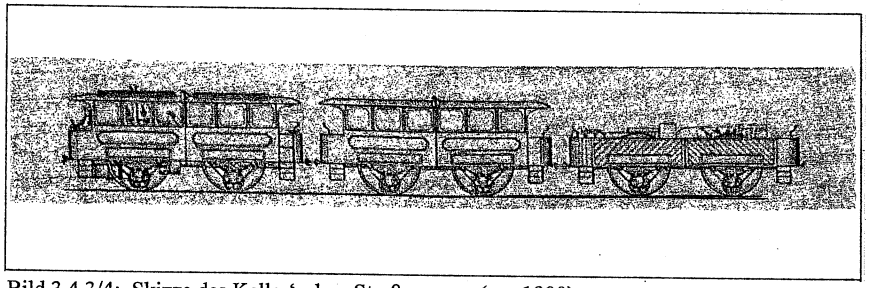


Bild 3.4.3/4: Skizze des Keller'schen Straßenzuges (um 1900)

Das Besondere an dem Straßenzug waren die 240 cm großen und fast 25 cm breiten Räder. Sie hatten keine Naben sondern sie bestanden aus großen stählernen Ringen, die außen die Lauffläche trugen und innen ein Schienenprofil. Die Räder stützten sich innen an kleineren Rollen ab. Diese Rollen liefen innen im „Gleisringrad" auf einem Schienenprofil, einer Art Laufrille, mit einem Durchmesser von 225 cm und einer Laufrillenbreite von 16,5 cm. Jedes Rad wurde von drei Rollen geführt. Die untere Antriebsrolle lief auf einer Pendelachse und hatte einen Durchmesser von 65 cm. Sie war in senkrechter Richtung gefedert. Zwei waagerecht gefederte kleine Führungsrollen in der Radmitte sorgten für die Führung in der Senkrechten und in Fahrtrichtung. Bei Überquerung eines größeren Hindernisses wurde die Antriebsrolle gegen die Federkraft nach oben und die beiden kleinen seitlichen Führungsrollen etwas in die waagerechten Federn gedrückt. Die Konstruktion führte zu einer sehr guten Dämpfung von Fahrbahnunebenheiten. Der extrem große Raddurchmesser verhalf dem Maschinenwagen ferner zu einer hervorragenden Geländegängigkeit. Die beiden Fahrzeughälften waren gegeneinander in der Längsachse des Fahrzeugs schwenkbar. In den unteren Rahmenteilen lag eine massive in Fahrtrichtung durchgehende Achse, um diese Achse konnten Schwenkbewegungen aufgrund von Fahrbahnunebenheiten ausgeglichen werden. Des Weiteren stützten sich die beiden Fahrzeughälften im oberen Dachbereich über Gleitschuhe gegeneinander ab. Die Lenkung erfolgte über die beiden Führungsrollen an jedem Rad. Die Rollen waren an einem Träger je Rad befestigt und die Träger durch einen Querträger verbunden. Die Steuerbewegung wurde über Hebel auf die Querträger und damit auch die Führungsrollen aller vier Räder übertragen. Das Fahrzeug hatte in den beiden Fahrständen kein Steuerrad sondern einen langen Steuerhebel, der an die Ruderpinnen einfacher Boote erinnerte. Als Antriebsmaschine wurden unterschiedliche Explosionsmotoren eingesetzt. Z. B. ein 20 PS-Petroleummotor von der Motor-Fahrzeug und Maschinenfabrik Marienfelde bei Berlin (früher Maschinenfabrik von Adolf Altmann), zwei 12,5 PS-Motoren der Maschinenfabrik Schwiderski aus Leipzig-Plagwitz oder auch ein englischer 20 PS-Capitaine-Motor. Die Antriebsrollen wurden am Anfang durch einen ein- und ausrückbaren Riementrieb angetrieben, später durch Zahnradwechselgetriebe. Der Maschinenwagen eines Keller-Zuges für militärischen Einsatz hatte beispielsweise folgende technische Daten:

- Länge 7500 mm,
- Breite 2100 mm,
- Höhe 3000 mm,
- Eigengewicht 5 to,
- Nutzlast des Wagenzuges ca. 30 to,
- Gesamtgewicht des Zuges ca. 55 to,
- Fahrgeschwindigkeiten (Zweigang-Wechselgetriebe) 4 und 7,8 km/h,
- Antriebsleistung 20 PS.

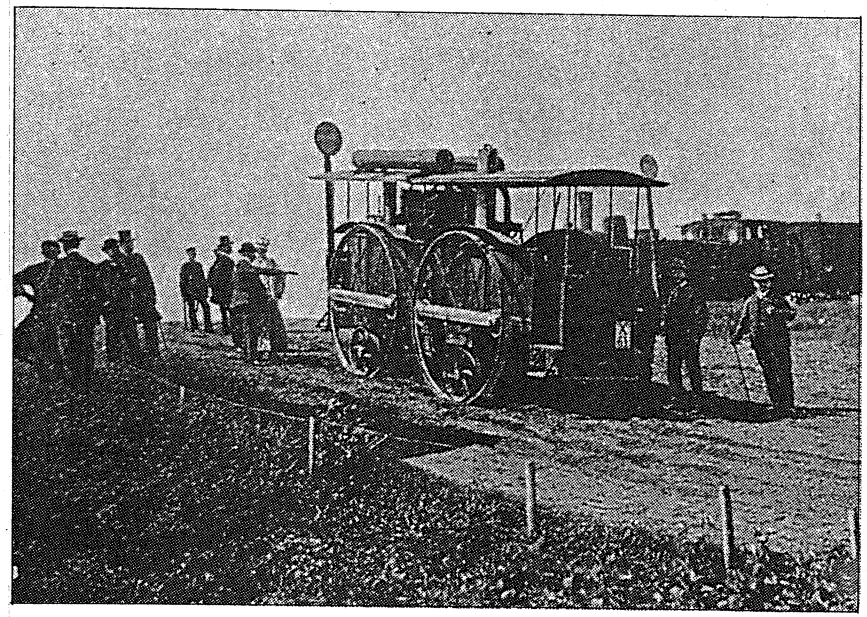


Bild 3.4.3/5: Keller-Zug in der Version für das Militär

Vom Keller-Zug wurden vier Ausführungen gebaut, und zwar sowohl für zivile als auch militärische Zwecke. Das Gewicht des Maschinenwagens lag bei max. 5,5 to. Die größte Fahrgeschwindigkeit bei 10 km/h. Die Keller-Züge wurden im Wesentlichen in der Maschinenfabrik von Adolf Altmann gebaut. Carl Keller vergab eine Lizenz zum Bau seiner Straßenzüge nach England an Charles Crowden aus Leamington. Ein Zug wurde in England gebaut und dem Kriegsministerium für Versuchsfahrten zur Verfügung gestellt. Der Straßenzug ist 18 Monate im Versuchsbetrieb gewesen. Zu einem Auftrag vom Militär ist es in England und auch in Deutschland nicht gekommen.

Bild 3.4.3/6: Keller-Zug mit 7 einfachen Anhängewagen im zivilen Einsatz (um 1900)

Die „Österreichische Daimler Motoren A. G." in Wien/Neustadt baute Anfang des 20. Jahrhunderts ebenfalls Straßenzüge mit Explosionsmotoren und Kopfantrieb. Es sind unterschiedliche Ausführungen und Größen bis in die 1920er Jahre hergestellt worden. Es waren außerordentlich moderne Fahrzeuge mit Antrieb durch 4- bzw. 6-Zylinder-Motoren hoher Leistung (bis etwa 100 PS). Um die Leistung übertragen zu können wurden sehr große und breite Antriebsräder verwendet. Die Fahrzeuge wurden unter der Bezeichnung „Zugwagen" oder „Benzin-Zugwagen" angeboten.
Die nebenstehende Anzeige zeigt einen großen Motorwagen des Herstellers. Er besaß vermutlich einen Vierradantrieb. Gebaut wurde er um 1918.

Der Hersteller baute auch große Straßenzüge mit kombinierten benzin-elektrischen Antrieben (siehe Abschnitt 3.4.5). Austro-Daimler bezeichnete Fahrzeuge dieser Kategorie nicht als „Zugwagen" sondern als „Transportzüge".

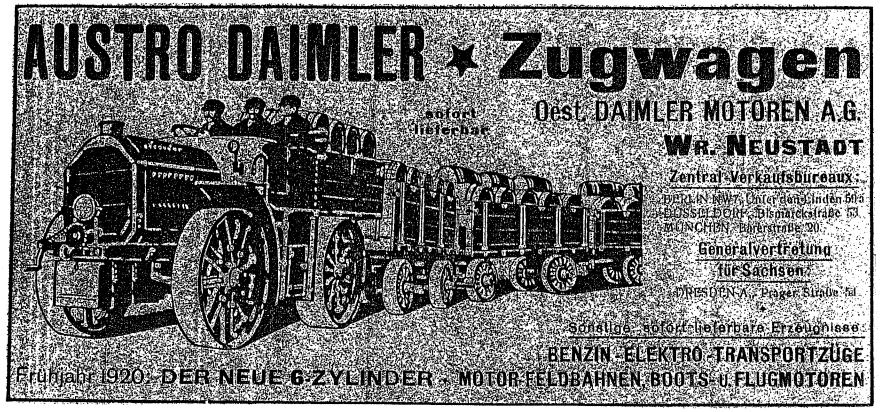
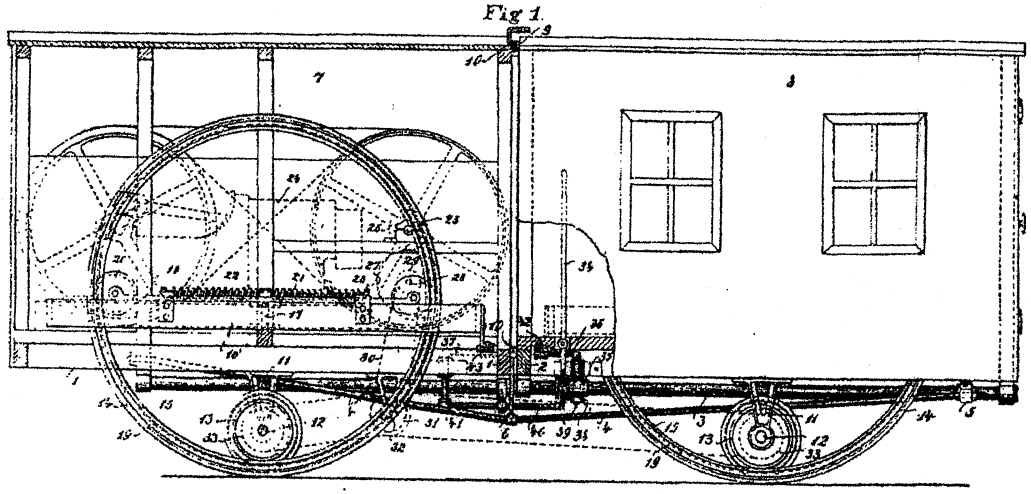
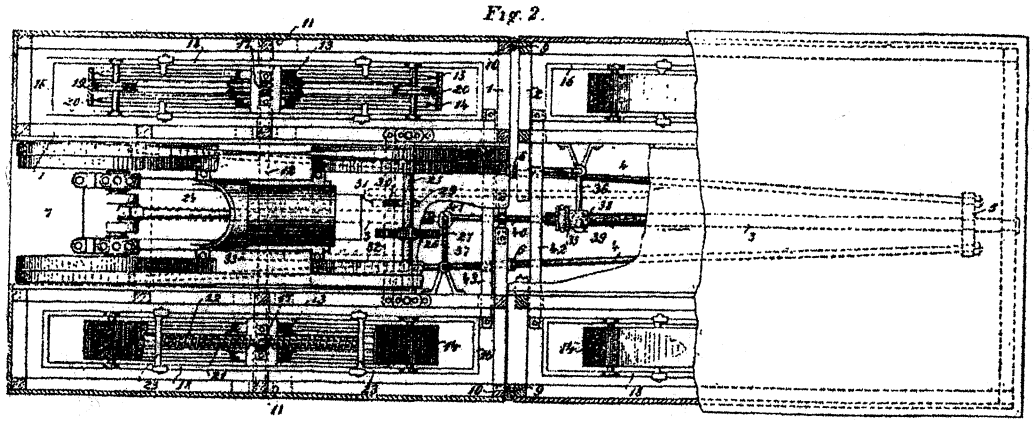
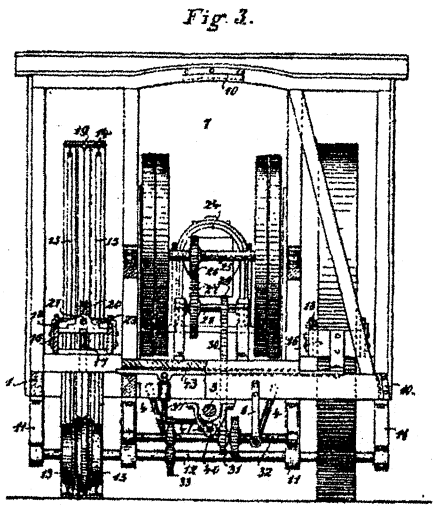
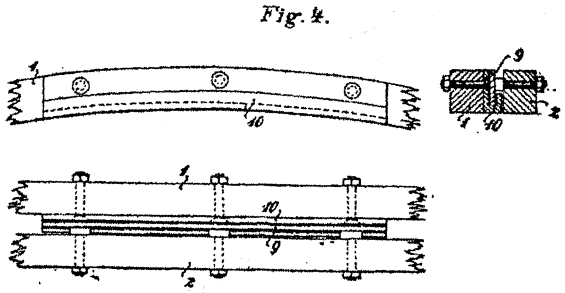


Bild 3.4.3/7: Werbeanzeige für einen „Austro-Daimler Zugwagen" (um 1920)



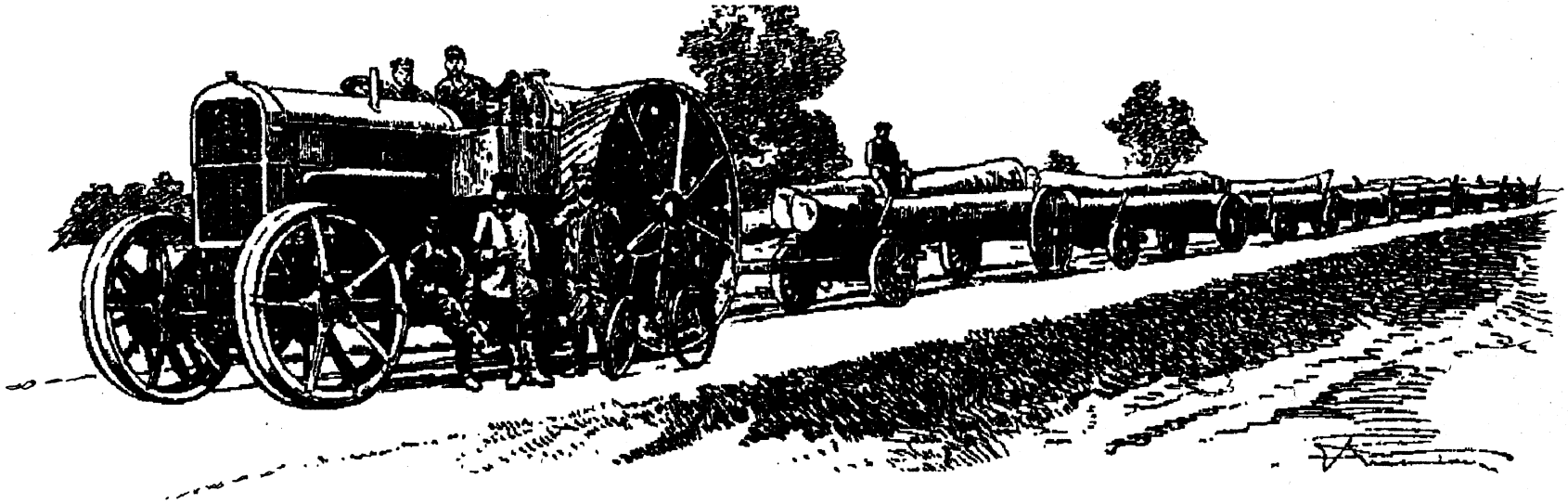






Tafel 3.4.3/3: „Keller-Zug", Maschinenwagen mit Gleisringrädern (1896)

Ausschnitt aus dem Patent Nr. 11513 des Eidgen. Amts für geistiges Eigentum vom 6. Januar 1896.



Tafel 3.4.3/4: Podeus-Zug mit sieben Langholzanhängern (um 1912)

Großer Straßenzug mit Kopfantrieb, Antrieb durch Explosionsmotor

Hersteller: Paul Heinrich Podeus, Wismar

3.4.4 Straßenzüge mit elektrischem Antrieb

1. Straßenzüge mit aufgeteiltem elektrischen Antrieb

Elektrische Straßenzüge, bei denen neben dem Triebkopf auch alle (oder einige) Räder der Anhängewagen angetrieben wurden, sind nur mit Oberleitungsbetrieb und für den Einsatz außerhalb öffentlicher Straßen gebaut worden. Die Maschinen waren im Allgemeinen sehr groß und auf ein bestimmtes Gelände und ein spezielles Transportgut ausgelegt. Die technische Ausführung war der der „Müller-Züge" ähnlich (siehe Abschnitt 3.4.5).

2. Straßenzüge mit elektrischem Kopfantrieb

Die Drehzahl-Drehmoment-Charakteristik einiger elektrischer Maschinen ist für den Fahrzeugantrieb gut geeignet. Selbst bei niedrigen Drehzahlen entwickeln sie hohe Drehmomente. Damit werden Antriebe ohne Schaltgetriebe möglich. Erste Bemühungen, elektrischen Motoren auch in Selbstfahrern für den Transport von Massengütern einzusetzen, begannen schon Ende des 19. Jahrhunderts. Es gab aber bei elektrischen Antrieben von Straßenzügen ein großes Problem, das bis heute bei allen elektrisch angetriebenen Fahrzeugen nicht befriedigend gelöst werden konnte, und zwar das der Versorgung mit elektrischer Energie.
Alle Arten von Speichern (Akkumulatoren) schieden wegen des hohen Energiebedarfs der Züge und der hohen Einsatzdauer aus. Was blieb waren Systeme, die eine Versorgung der Züge über fest verlegte Oberleitungen oder Versorgungssystemen neben oder in der Fahrbahn mit entsprechenden Abnehmern am Fahrzeug ermöglichten. Derartige Systeme wurden in allen erdenklichen Ausführungen gebaut. In der überwiegenden Zahl der Fälle wurden Systeme mit Oberleitungsbetrieb eingesetzt. Das Anlegen einer Oberleitung war allerdings teuer. Für einen rentablen Betrieb musste ein entsprechend hohes und nach Möglichkeit auch gleichmäßig verteiltes Güteraufkommen vorliegen. Automobile Straßenzüge mit elektrischem Kopfantrieb wurden auf öffentlichen Straßen und in privaten Geländen betrieben. Bei Betrieb auf öffentlichen Straßen galten natürlich die fahrzeugbezogenen gesetzlichen Regelungen und die Verkehrsordnungen. Die elektrischen Straßenzüge waren zwar streckengebunden, konnten aber im Gegensatz zu den spurgeführten „eisernen Bahnen" in gewissem Umfang flexibel „ausweichen". Das war ein immenser Vorteil. Des Weiteren bestand die Möglichkeit mit Hilfe von Rangierkabeln auch kleinere Wegstrecken abseits der Oberleitungen zurückzulegen. Diese Rangierkabel konnten einige hundert Meter lang sein. Die Zugmaschine führte sie auf speziellen Trommeln mit.
Die gebauten elektrischen Straßenzüge mit Kopfantrieben stellen hinsichtlich der Zuordnung zu den hier behandelten automobilen Straßenzügen einen Grenzfall dar. Eine freie Fahrt war mit ihnen nicht möglich, sie waren, wie erwähnt, streckengebunden. Weiterhin sind einige Ausführungen nicht oder nur in geringem Umfang als „ein System" entwickelt worden. Bei ihnen waren die Anhängewagen weder hinsichtlich ihrer Lenksysteme noch ihrer Radkonstruktionen speziell auf den Betrieb „im Zug" angepasst worden.

<u>Straßenzüge mit elektrischem Kopfantrieb auf öffentlichen Straßen</u>
In Deutschland fuhr der erste automobile Straßenzug mit elektrischem Kopfantrieb und Oberleitungsversorgung von 1901 bis 1904 in Sachsen. Der Ingenieur Max Schiermann aus Dresden hatte um 1900 die Idee, eine gleislose Bahn zu bauen, bei der in der Oberleitung neben dem Fahrdraht ein zweiter Draht angebaut war, der die Aufgabe der Stromrückleitung durch die Schienen übernehmen sollte. In der Nähe Dresdens, in der Sächsischen Schweiz, führte eine Strecke vom Königstein ins Bielathal. Die Bielathal-Linie war nur 2,8 km lang. Sie wurde zuerst nur für den Personenverkehr eingesetzt - später dann für den Gütertransport u. a. wurde Holz für die anliegenden Papierfabriken befördert. Die erste von Schiermann entworfene „gleislose elektrische Bahn" war ein sehr einfacher Straßenzug mit Kopfantrieb. Eine Zugmaschine mit Oberleitungsabnehmer und einem elektrischen Antrieb an der hinteren Achse zog einige Anhängewagen. Die Wagen waren wenig veränderte Fuhrwerkswagen mit hochgesetzter Ladefläche ohne einen eigenen Antrieb und ohne besondere Lenkung.
Eine ähnliche Bahn fuhr von 1903 bis 1907 in der Nähe von Grevenbrück in Westfalen. Sie wurde von dem Zivilingenieur M. Strobowa entworfen und in nur drei Monaten gebaut. Am 6. Februar 1903 war die Eröffnung. Der Weg führte über 1,5 km vom Hüttenheinischen Kalkbruch zur Bahnstation in Grevenbrück. Die Terrainverhältnisse waren schwierig. Es ging über eine ausgefahrene Provinzialchaussee, über Kopfsteinpflaster in engen Kurven über Steigungen zur Verladestelle. Zwanzig Wagen Steine wurden täglich transportiert. Die Oberleitungen (Spannung: 550 Volt) waren an seitlich aufgestellten Holzmasten mit einem Abstand von 33 m in 5,5 m Höhe aufgehängt. Eine Beeinträchtigung des übrigen Verkehrs gab es nicht. Die äußere Form des patentierten Motorwagens hatte Ähnlichkeit mit den elektrischen Lokomotiven. Der Motorwagen war symmetrisch. Der überdachte Führerstand mit doppelten Bedienelementen lag in der Mitte. Der Motorwagen brauchte bei Rückwärtsfahrt nicht gewendet werden, ein großer Vorteil beim Oberleitungsbetrieb. Der Oberleitungsabnehmer war auf dem Dach des Motorwagens angebracht. Er erlaubte ein seitliches Ausweichen des Zuges bis zu 3,5 m aus der Mitte der Oberleitung. Der vierädrige Motowagen war 4,8 m lang und 1,9 m breit. Angetrieben wurde jede Achse durch einen Elektromotor mit einer Leistung von 17,5 bis 25 PS. Die Anhängewagen hatten eine Nutzlast von 5 bis 6 to. Die Lenkvorrichtung gestattete das Befahren von engen Kurven. Die Zugleistung der Maschine betrug max. 35 to. Die Fahrgeschwindigkeit der „gleislosen elektrischen Bahn" lag bei 6 km/h für den beladenen Zug und 8 km/h für den leeren.

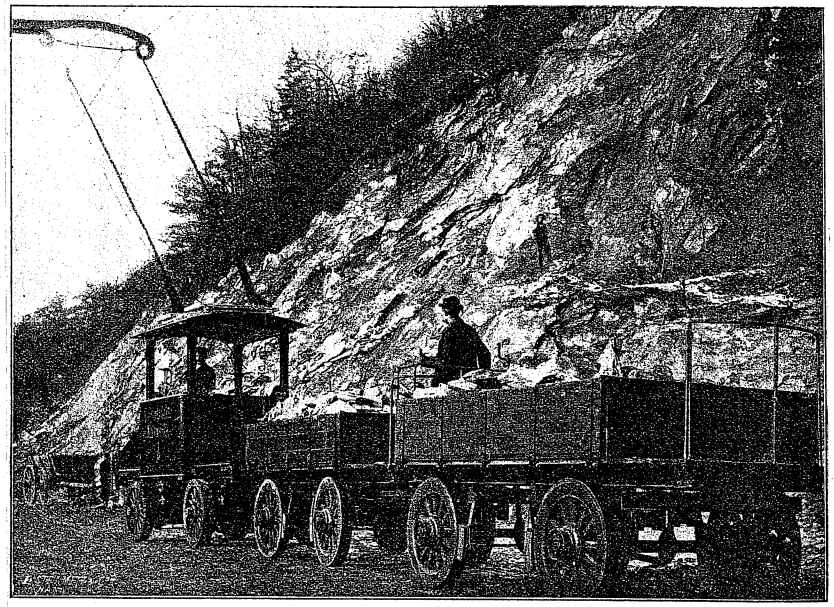


Bild 3.4.4/1: Straßenzug mit elektrischem Kopfantrieb für den Lastentransport von Strobowa (1903)

Es gibt noch eine Vielzahl weiterer Einsatzbeispiele für Straßenzüge mit elektrischem Kopfantrieb. Von 1904 bis 1908 beförderte beispielsweise ein Straßenzug Güter (und Personen) zwischen Monheim und Langenfeld. Nach 1905 beförderte ein Zug einige Jahre Güter in der Nähe von Döbeln.
Wichtig ist ferner, dass die gleislosen elektrischen Bahnen nicht dem Kleinbahngesetz unterlagen. Sie benötigten nur eine landespolizeiliche Genehmigung und ggf. die Zustimmung des Wegeeigentümers.

Straßenzüge mit elektrischem Kopfantrieb auf nicht öffentlichen Straßen

Das Einsatzgebiet der Züge war in diesen Fällen sehr viel breiter. Es wurden Güter aller Art in Tagebauen, Bergwerken, Hütten, Großbetrieben, Minen aller Art u.a.m. transportiert. Da es keine gesetzlichen Grenzen für die Ausführung der Züge gab, kamen auch sehr große Maschinen zum Einsatz, die speziell für ihren Einsatzzweck entwickelte Anhängewagen zogen – also typische automobile Straßenzüge.

Anmerkung:
Einen guten Überblick über den Stand des Einsatzes „Gleisloser elektrischer Bahnen" liefert ein Artikel aus einer zeitgenössischen Publikation (Quelle: Prometheus, Illustr. Wochenschrift über die Fortschr. in Gewere, Industrie und Wissenschaft. 1906, No. 867, S. 551 ff.). Der Artikel wird im Folgenden ungekürzt wiedergegeben.

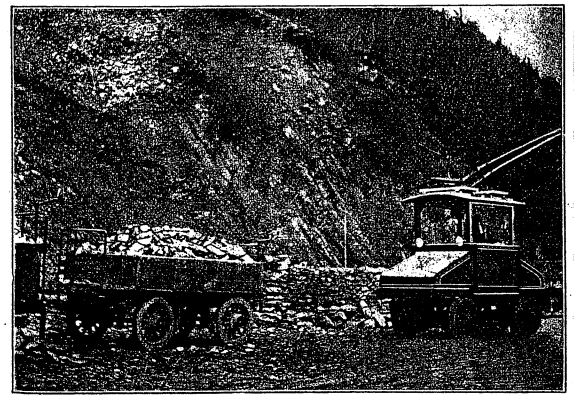
Gleislose elektrische Bahnen.

Von W. Butz.

Mit fünf Abbildungen.

Die fast märchenhaft zu nennende Entwickelung des Verkehrswesens seit der Einführung der motorischen Kraft hat auch die Anforderungen, die man an die modernen Verkehrsmittel stellt, in gleicher Weise gesteigert, und die Fortschritte, die besonders hinsichtlich der Schnelligkeit und des Fassungsvermögens gemacht worden sind, müssen selbst dem Fachmann gewaltig erscheinen. Während man nun einerseits auf dem eingeschlagenen Wege mit Riesenschritten vorwärts eilt, macht sich andererseits das Bestreben geltend, den Motor auch dort zu verwenden, wo bisher selbst im Zeitalter der Eisenbahnen das Zugthier noch ohne Concurrenz war, das heisst, wo der Verkehr noch nicht eine solche Höhe erreicht hat, dass eine Gleisbahn mit wirthschaftlichem Nutzen arbeiten kann. Die Kostspieligkeit des Schienengleises, seine Verzinsung, Amortisation und Instandhaltung erfordern eine starke Benutzung der Bahn, wenn nicht die Fahrpreise und Frachtsätze eine zu bedeutende Höhe erreichen sollen, und aus diesem Grunde sind verschiedene Erfinder vor einer Reihe von Jahren auf den glücklichen Gedanken gekommen, eine „Bahn ohne Gleis" zu bauen.*)

Abb. 440.



Zusammenstellen eines Zuges am Kalksteinbruch in Grevenbrück i. W.

In Deutschland hat sich besonders die Gesellschaft für gleislose Bahnen Max Schiemann & Co., Wurzen i. S., mit Weiterbildung des Systems der gleislosen Bahnen beschäftigt, und es ist ihr gelungen, eine Anzahl Anlagen zu schaffen, die in technischer sowie wirthschaftlicher Hinsicht gute Erfolge aufzuweisen haben.

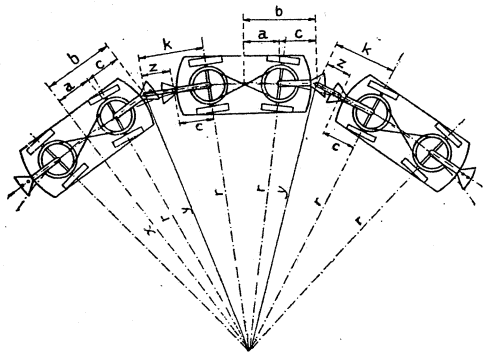
Im Juli 1901 wurde die erste dieser Bahnen im Bielathal eröffnet und war hier drei Jahre lang als Versuchsbahn in Betrieb, wurde dann aber, weil der erwartete Güterverkehr ausblieb, entfernt und nach Wurzen überführt.

Das Wesen eines solchen Transportmittels besteht darin, dass lenkbare Wagen, die auf jeder Fahrstrasse verkehren können, mit Elektromotoren versehen sind und den erforderlichen elektrischen Strom von einer Kraftstation vermittelst einer Oberleitung erhalten. Während aber bei den üblichen Strassenbahnen nur ein Draht erforderlich ist, weil die Fahrschienen zur Rückleitung des Stromes benutzt werden, braucht die gleislose Bahn zwei Drähte, von denen der eine für die Zuleitung, der andere für die Rückleitung dient. Diese Drähte sind in einer Höhe von 5 — 6 m über der Strassenoberfläche parallel zu einander in einem Abstande von 500 mm aufgehängt. Den beiden Drähten entsprechend hat jeder Motorwagen zwei Kontaktstangen, die meistens aus elastischem Holze hergestellt und ausserdem noch gut abgesondert auf dem Wagendach angebracht sind und sich leicht nach allen Seiten drehen können. An Stelle des bei einem lenkbaren Wagen nicht anwendbaren Rollen- oder Bügelcontactes ist ein Schleifschuh mit langer Gleitfläche gewählt, der auf dem oberen Ende der Stange ebenfalls leicht drehbar befestigt ist. Der Motorwagen hat durch diese Anordnung so viel Bewegungsfreiheit, dass er etwa 3,5 m nach jeder Seite ausweichen, also begegnenden oder überholten Fuhrwerken leicht Platz machen kann. Begegnen sich zwei Wagen, so werden die Contactstangen des einen so lange von den Drähten abgezogen, bis der andere vorbeigefahren ist, und auf gleiche Weise erfolgt das Ueberholen eines Wagens durch einen anderen. Das Fortfallen aller Luftweichen macht die ganze Anlage billiger und erhöht auch noch die Betriebssicherheit. Weil nun ein solches Ausweichen oder Ueberholen an jeder beliebigen Stelle stattfinden kann, ist auf derselben Strecke eine regelmässige und schnelle Personenbeförderung gleichzeitig mit unregelmässigem und langsamerem Gütertransport möglich, ein Vortheil, auf den man bei einer Gleisbahn selbst dann verzichten muss, wenn durchweg zwei Gleise vorhanden sind.

Für einen solchen gemischten Verkehr war die schon erwähnte Bielathalbahn eingerichtet, während die nächste, im Februar 1903 in Betrieb gesetzte Anlage nur dazu dient, für die Grevenbrücker Kalkwerke die Kalksteine aus den Brüchen nach der 1,5 km entfernten Eisenbahn zu befördern. In Zügen von zwei bis drei Anhängewagen werden täglich etwa 20 Doppelwaggons Rohmaterial transportirt, wobei sich gegenüber Pferdebetrieb eine sehr erhebliche Ersparniss ergeben hat. Die hier benutzten Zugwagen ähneln den auf Gleisbahnen gebräuchlichen elektrischen Locomotiven, sind wie diese symmetrisch gebaut und brauchen beim Wechsel der Fahrtrichtung nicht zu wenden, was besonders das Rangiren erleichtert. Bei einem Eigengewicht von etwa 6000 kg können sie je nach den Steigungsverhältnissen und dem Zustand der Strasse zwei bis vier Anhängewagen mit je 5500 kg Nutzlast mit einer Geschwindigkeit von 6—10 km in der Stunde schleppen und ausserdem noch auf den Plattformen eine Ladung von 1200 kg tragen. Eine sehr gute Ausnutzung des Wagengewichtes für die Leistungsfähigkeit ist dadurch erreicht, dass alle vier Räder angetrieben werden. Jedes der beiden Drehgestelle trägt einen Elektromotor, der bei 500 Volt Gleichstrom 25—40 PS leistet, und der durch Stahl-Grisson-Getriebe in einfacher Uebersetzung auf die beiden lose auf den Achselschenkeln sitzenden Wagenräder wirkt. Durch Freilaufkuppelungen ist es ermöglicht, dass die Räder in den Curven verschieden lange Wege zurücklegen, wodurch eine leichte Lenkung erzielt wird. Die Steuerung arbeitet in der Weise, dass vom Führerstand aus mittels Handrad, Kettenübertragung und Schraubenspindel die beiden Drehgestelle mit den Achsen radial nach dem Mittelpunkte des zu befahrenden Bogens eingestellt werden. Die Achsen sind mit doppelter Federung versehen und die Motoren im Untergestell ebenfalls federnd aufgehängt. Sämmtliche Lager sind als Kugellager ausgebildet, und alle beweglichen Theile sorgfältig gegen Staub und Wasser geschützt.

Die Anhängewagen sind ebenfalls symmetrisch gebaut mit zwei Drehgestellen und doppelter Federung. Die Lenkung der Gestelle erfolgt selbstthätig vom voraufgehenden Wagen aus mittels einer Kuppelstange, die deichselartig am Vordergestell angreift und am Kastenrahmen des voraufgehenden Wagens ihren Kuppelungspunkt hat. Dadurch dass die Längen der einzelnen Kuppelungsglieder in einem ganz bestimmten Verhältniss zu einander stehen, wird ein genaues Spurhalten sämmtlicher zu einem Zuge vereinigten Wagen erreicht; wird jedoch die Deichsel neben der Mitte des Vorderwagens gekuppelt, so laufen die Spuren der auf einander folgenden Wagen neben einander her. Diese letztere Kuppelungsweise wird angewendet, wenn man bei aufgeweichter Strasse ein zu tiefes Eindrücken der Räder befürchtet.

Abb. 441.



Schema für die spurhaltende Kuppelung der Anhängewagen.

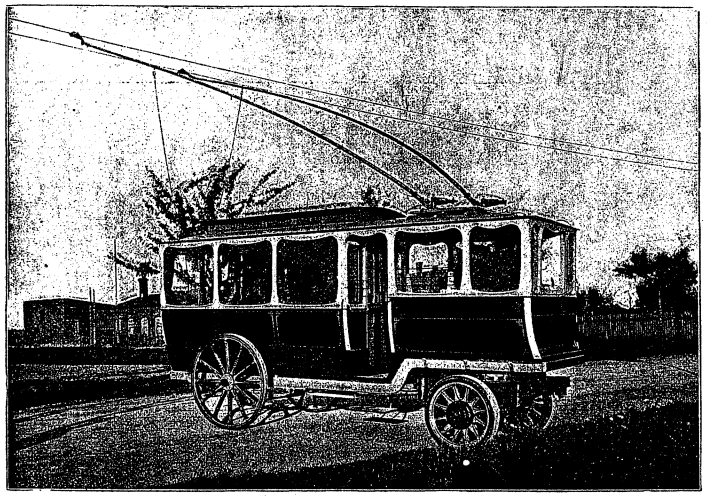
Die im Mai 1904 eröffnete $4^1/_2$ km lange Strecke zwischen Monheim a. R. und der Eisenbahnstation Langenfeld ist für Personen- und Güterverkehr eingerichtet und hat sich sowohl in technischer Hinsicht bewährt, als auch ein gutes wirthschaftliches Ergebniss geliefert. Die hier verwendeten Omnibusse sind so eingerichtet, dass der Motor und das ganze Vordergestell mit einem Drehgestell des eben beschriebenen Zugwagens genau übereinstimmt, so dass eine geringere Anzahl von Reservetheilen nothwendig ist, da beide Wagentypen auf derselben Strecke im Betriebe sind. Um bei der etwas grösseren Geschwindigkeit des Personenwagens, die bis zu 18 km in der Stunde beträgt, zu starke Erschütterungen zu vermeiden, sind die Vorderräder mit Vollgummireifen versehen, während die Zugwagen eiserne Reifen haben. Die Lenkung erfolgt durch Drehen des ganzen Vordergestelles vom Führersitz auf der vorderen Plattform aus mittels gesperrten Getriebes und Kettentrieb. Die Hinterräder, die beim Personenwagen nicht angetrieben sind, haben nur den Wagenkasten zu tragen und sind so gross, dass sie in sich genügend Elasticität besitzen, also die theuren Gummireifen entbehren können. Bei den älteren

*) S. *Prometheus* XIII. Jahrg. 1902, S. 171.

Wagen unterscheidet sich der Wagenkasten nicht wesentlich von den üblichen Pferdeomnibussen, der Einstieg befindet sich an der Rückseite und an beiden Enden sind Plattformen angebracht, die für Stehplätze oder Gepäck Verwendung finden.

Anders ist der neueste Wagen, Modell 1906, gebaut. Hier ist der Einstieg etwas vor der Mitte seitlich angeordnet und theilt den Wagen in zwei Theile, von denen der hintere die eigentlichen Sitzplätze enthält und nach vorn durch eine Querwand mit einer Schiebethür abgeschlossen ist. Der vordere Theil enthält ausser dem Führersitz noch einige Steh- oder Sitzplätze und ziemlich viel Raum für Gepäck. Durch diese Anordnung erreicht man den Vortheil, dass das Innere des Wagens mehr als bei jeder anderen Bauart zug- und staubfrei bleibt.

Abb. 442.



Personenwagen, Modell 1906.

Im Juni 1904 wurde die bei Grevenbrück beginnende Anlage des „Elektrischen Kraftwagenbetriebes mit Oberleitung für das Veischedethal, G. m. b. H. zu Bilstein" eröffnet, die ebenso wie die Monheim-Langenfelder Bahn der Personen-, Stückgüter- und Massengüterbeförderung dient. Für die technische Gestaltung, sowie für die erzielten Ergebnisse gilt ganz dasselbe, was über die soeben genannte Strecke angegeben ist.

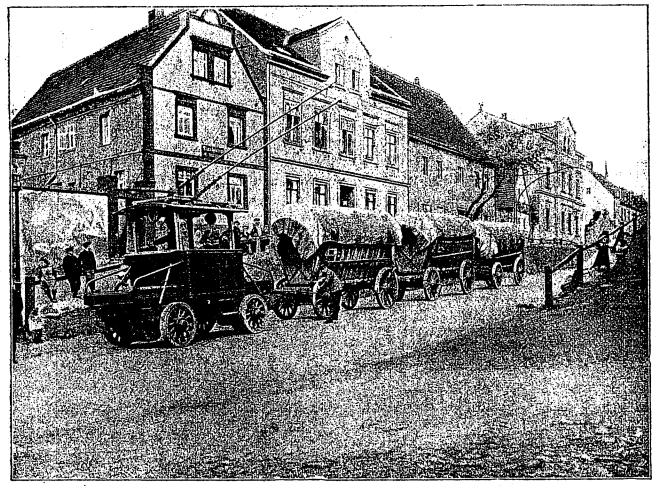
Am 7. April 1905 fand nach kurzem Probebetrieb die behördliche Abnahme der Wurzener Industriebahn statt, die seit dieser Zeit die Güter der Wurzener Kunstmühlen und Bisquitfabriken vorm. F. Krietsch A.-G. nach bezw. von dem Staatsbahnhofe auf eine Entfernung von 1,5 km durch die Stadt befördert. Die tägliche Fördermenge beträgt hier etwa 30 Doppelwaggons. Der Zugwagen ist vom gleichen Typ wie der oben beschriebene, zur Aufnahme der Ladung dienen hier die alten Wagen der Mühle, die je 5000 kg laden und früher von vier Pferden gezogen wurden. Diese Wagen werden durch kurze Kuppelungsdeichseln zu Zügen von drei Stück vereinigt, der letzte Wagen wird auch wohl einfach mit seiner langen Deichsel angehängt, aber trotzdem hier von einem Spurhalten keine Rede sein kann, bewegen sich die Schleppzüge doch ohne Schwierigkeit durch die nicht gerade breiten Strassen des Ortes und um ziemlich scharfe Ecken. Die stärkste Steigung dieser Strecke beträgt 6 v. H., und wird mit der fast unverminderten Geschwindigkeit von etwa 5 km in der Stunde genommen, die auch sonst nicht wesentlich überschritten werden darf, weil die Lastwagen nicht gefedert sind.

Die Möglichkeit, jeden beliebigen Wagen anhängen zu können, gewährt den grossen Vortheil, dass man die Güter durch Zugthierbetrieb an die Linie heranbringen oder von dort aus weiter befördern kann, ohne dass eine Umladung erforderlich wird.

Die unvermeidliche Umladung an der Bahn wird dadurch erleichtert, dass die Lastwagen an jeder beliebigen Stelle des Eisenbahngleises, soweit eine Obenleitung vorhanden ist, unmittelbar an die Waggons herangebracht werden können.

Die Wurzener Bahn hat im Laufe des Jahres 1906 eine Erweiterung bis zu einer 2 km entfernten Braunkohlengrube erfahren, deren Erzeugnisse in besonders für diesen Zweck gebauten Specialwagen befördert werden. Ausserdem dient diese Anlage, die mit den Montagewerkstätten in Verbindung steht, zu Versuchszwecken, auf ihr werden alle constructiven Neuerungen, sowie alle Wagen vor ihrer Ablieferung eingehenden Erprobungen unterzogen.

Abb. 443.



Industriebahn Wurzen. Zug im Gefälle am Crostigall.

Eine kleinere Mühlenbahn befindet sich in Grossbauchlitz bei Döbeln und dient dem Getreide- und Mehltransport der Güntherschen Mühle. Hier zieht ein kleinerer, symmetrisch gebauter Motorwagen von 3400 kg Eigengewicht einen Lastwagen mit 5000 kg Nutzlast, wobei eine Steigung von 5 v. H. und in Curven von 5 m Halbmesser noch eine Steigung von 3 v. H. überwunden wird. Auch diese Anlage wird noch vergrössert.

Hier in Grossbauchlitz ist mit Erfolg versucht worden, eine kurze Strecke mit einer Spannung von nur 130 Volt zu betreiben, während sich für grössere Entfernungen ein Strom von 500 Volt Spannung als der geeignetste erwiesen hat.

Bei Lyon (Frankreich) ist seit kurzer Zeit eine Vorortbahn von St. Rénard nach Charbonnières in Betrieb, die ausschliesslich dem Personenverkehr dient und bisher in technischer Hinsicht den Anforderungen entsprochen hat; wie der wirthschaftliche Erfolg sich gestalten wird, ist bei der Kürze der Betriebsdauer vorläufig noch nicht zu übersehen.

Eine Anlage ebenfalls für Personenbeförderung, die neben der Eisenbahn her läuft und mit dieser die gleichen Haltestellen hat, wird demnächst im Ahrthal eröffnet werden.

Die verschiedenen Vortheile, die dieses System der gleislosen Bahnen bietet, machen es wahrscheinlich, dass im Laufe der nächsten Jahre die Zahl derartiger Anlagen nicht unerheblich steigen wird, besonders auf solchen Strecken, für die kein anderes motorisch angetriebenes Verkehrsmittel geeignet ist. Wenn auch die „gleislose Bahn" einem starken Verkehr, der die gute Ausnutzung einer Gleisbahn ermöglicht, nicht genügen kann, so arbeitet sie doch bei einem mittelstarken, nicht zu unregelmässigen Verkehr ganz erheblich billiger als Pferde- oder Automobilbetrieb, vorzüglich dann, wenn es sich ausschliesslich oder theilweise um Gütertransport handelt. Da nun bekanntlich der Verkehr schnell und stark anzuwachsen pflegt, sobald ihm die Wege geebnet werden, so kann die gleislose Bahn häufig Pionierdienste leisten und die spätere Verwendung leistungsfähigerer Verkehrsmittel ermöglichen.

Wenn auch der Betrieb einer Gleisbahn im Verhältniss zur Leistungsfähigkeit billiger ist, als der einer gleislosen, so erfordert doch die Anlage ein doppelt bis vierfach so grosses Capital, und um dessen Versinsung und Amortisation, sowie die Kosten für Instandhaltung des Gleises aufzubringen, muss die Benutzung der Bahn sehr stark sein.

Wenn der gleislosen Bahn zum Vorwurf gemacht wird, dass der Stromverbrauch zu stark ist, so ist dies nur dann richtig, wenn sich die benutzte Strasse in sehr schlechtem Zustande befindet. Auf einer gut gebauten und instand gehaltenen Strasse wird etwa doppelt so viel elektrische Energie verbraucht, wie bei einer Strassenbahn, jedoch sind die Kosten hierfür so gering, dass sie gegenüber den Aufwendungen für die Gleisanlagen kaum in Betracht kommen.

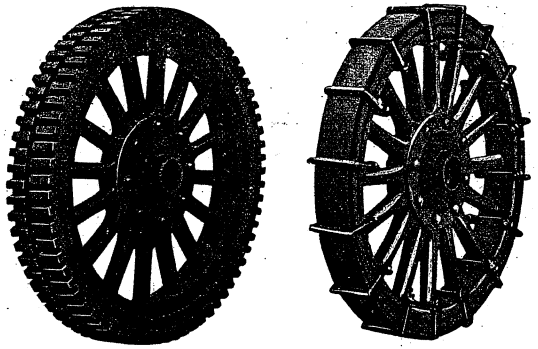
Ein Automobilbetrieb ist zwar mit einem geringeren Anlagecapital als eine gleislose Bahn einzurichten, dafür werden aber die eigentlichen Betriebskosten in erster Linie durch die Abnutzung der Gummireifen sehr hoch, und ausserdem muss ein hoher Betrag für Amortisation gerechnet werden, weil der empfindliche und complicirte Mechanismus bei starker Beanspruchung keine lange Lebensdauer hat.

Wenn trotzdem Automobil-Omnibusse und -Lastwagen eine Daseinsberechtigung haben, so liegt das daran, dass bei dem scharfen Concurrenzkampf der heutigen Zeit ein Verkehrsmittel, das wirthschaftlichen Vortheil bringen soll, den örtlichen Verhältnissen sehr genau angepasst sein muss, und bei der Mannigfaltigkeit dieser Verhältnisse können eben die verschiedenartigsten Fahrzeuge mit Erfolg neben einander bestehen.

Verzichtet man auf die Benutzung von Schienen, so ist natürlich die an deren Stelle benutzte Fahrbahn, die Schotterstrasse oder das Pflaster, einer entsprechenden Abnutzung unterworfen, und dass diese durch den Verkehr der schweren Motorwagen sehr stark werden würde, konnte man wohl befürchten. Es zeigte sich jedoch bald, dass einerseits die gefürchtete schädliche Einwirkung sehr gering war oder auch ganz ausblieb, während andererseits durch die Verminderung des Pferdebetriebes die Strassen geschont wurden. Durch den Hufschlag der Pferde nämlich lösen sich einzelne Steine oder abgeschlagene Stücke derselben, und die entstandenen Lücken bieten den mechanischen Einwirkungen sowie den atmosphärischen Einflüssen die besten Angriffspunkte für weitere Zerstörungen, so dass hierin die grösste Gefahr für den guten Zustand der Strassendecke liegt. Die 15—18 cm breiten Räder der Motorwagen dagegen wirken geradezu wie Walzen und können kleinere Beschädigungen beseitigen, bevor Wasser, Frost oder sonstige Kräfte das Zerstörungswerk fortgesetzt haben. Voraussetzung ist allerdings hier, wie in allen Fällen, in denen schwere Fuhrwerke zur Verwendung kommen, dass die Strasse gut und tragfähig gebaut ist und dass das Material genügende Härte besitzt, um dem Druck der Räder widerstehen zu können, der übrigens bei einer gleislosen Bahn im Verhältniss zur tragenden Fläche nicht grösser ist als bei anderen Lastfuhrwerken, die wesentlich schmälere Felgen zu haben pflegen.

Ist im Winter die Strasse mit Schnee oder Glatteis bedeckt, so werden die Räder der Motorzugwagen mit Eisstollen besetzt oder gegen andere mit geriefter Felge ausgewechselt; die Anhängewagen können auf leicht anzubringende Kufen gesetzt werden, damit die Leistungsfähigkeit nicht beeinträchtigt wird. Ist frischer Schnee gefallen, so schiebt der Motorwagen eine Walze vor sich her, die eine genügend glatte und feste Fahrbahn herstellt.

Abb. 444.



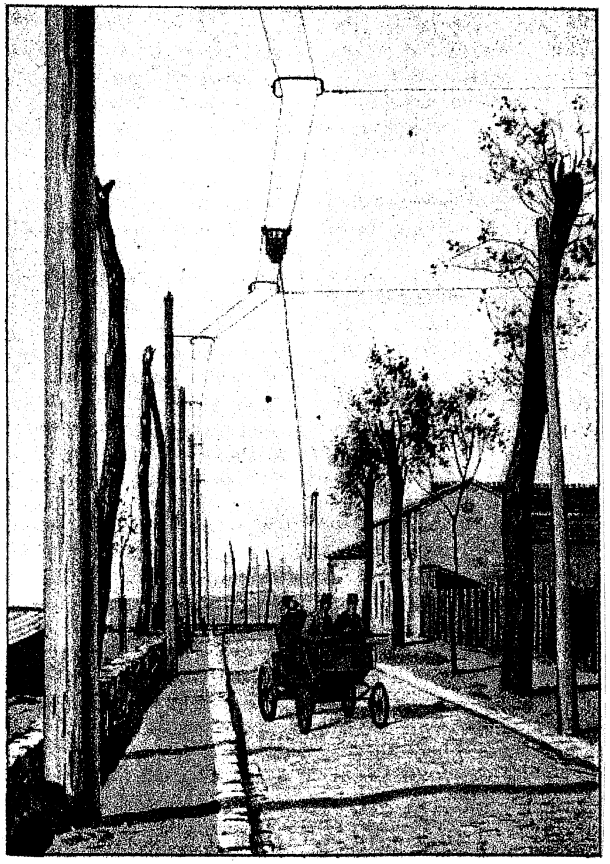
Winterbewehrung für Triebräder.

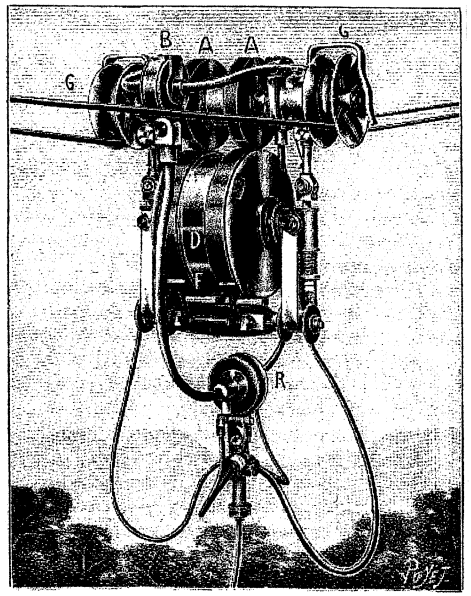
In kleineren und mittleren Städten tritt sehr häufig der Fall ein, dass ein Elektricitätswerk in den Tagesstunden nur ungenügend ausgenutzt wird, dass man aber für den schwachen Verkehr keine Gleisbahn bauen kann; lässt sich die Anlage einer gleislosen Bahn ermöglichen, so kann man gleichzeitig den Betrieb des Elektricitätswerkes wirthschaftlicher gestalten und durch Verbesserung der Verkehrsverhältnisse dem allgemeinen Nutzen dienen.

Ist nun auch die gleislose Bahn nicht im Stande, hinsichtlich der Schnelligkeit oder der Fördermenge mit unserem modernsten Verkehrsmittel zu concurriren, so darf sie doch als Culturfactor nicht unterschätzt werden, denn gerade dort, wo bisher der Verkehr mit den primitivsten Mitteln betrieben wurde, wo Niemand eine kostspielige Bahn bauen würde, weil eine solche nur mit grossen Verlusten arbeiten könnte, und wo daher die wirthschaftliche sowie culturelle Entwickelung nur langsame Fortschritte macht, da kann die gleislose Bahn eine Lücke ausfüllen, vermöge ihrer Anpassungsfähigkeit auch dem Kleinen dienen und es gross machen helfen.

[9789]

Anmerkung:
Ideen zum elektrischen Antrieb von Fahrzeugen aller Art mit externer Energieversorgung über Leitungssysteme waren Anfang des 20. Jahrhunderts weit verbreitet. Auch bei kleineren Fahrzeugen für die Beförderung von Personen. Ein Beispiel aus Frankreich (La Nature. 1900, No. (?), S. 232 ff.) zeigt einen kleinen Personenwagen, der seine elektrische Energie über Oberleitungen (zwei Leitungen notwendig) bezieht. Ein Rollenabnehmer (Trolley) mit flexibler Leitung gestattet ein freies Manövrieren auf der gesamten Straßenbreite.



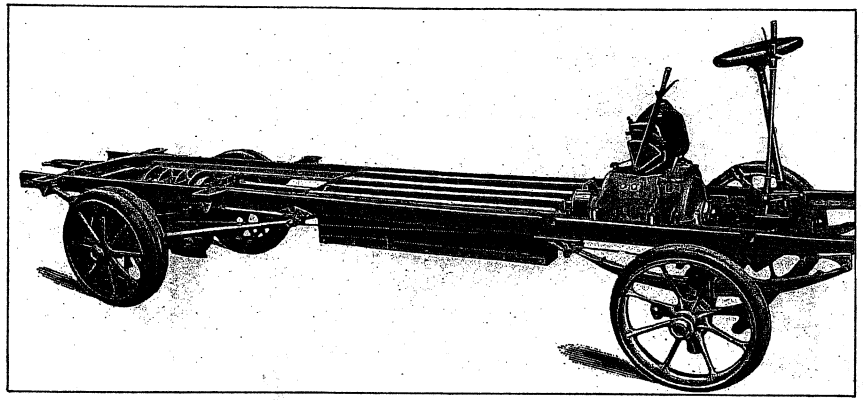


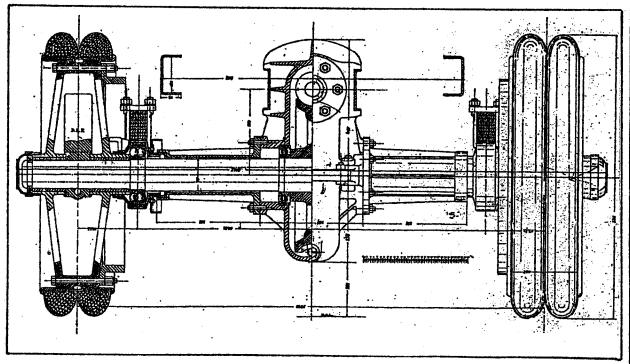
Anmerkung:
Die Übergänge bei den „Gleislosen Bahnen" für den Transport von Lasten und den von Personen waren fließend. Die Systeme für die Personenbeförderung waren vor dem 1. Weltkrieg allerdings verbreiteter. Maschinen mit elektrischem Kopfantrieb waren üblich, häufig konnte aber nur mit wenigen Anhängewagen gefahren werden. Den Begriff „Straßenzug" muss man etwas weiter fassen. Es hatten sich eine Reihe unterschiedlicher Systeme etabliert. Ihre Technik war sehr unterschiedlich und nicht kompatibel. Einige Beispiele für diese „gleislose Bahnen" werden hier in Kurzform behandelt. Ihre Erwähnung ist wichtig, da bei ihnen ausdrücklich auch auf die Möglichkeit des Gütertransports mit mehreren Anhängewagen hingewiesen wird.

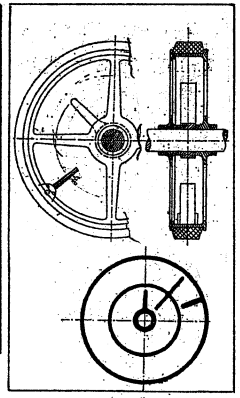
„Gleislose Bahnen nach dem System Schiemann" (siehe auch S. 46.1 ff.)

Hersteller war die Gesellschaft für gleislose Bahnen Max Schiemann & Co in Wurzen/Sachsen. Bahnen dieses Herstellers wurden beispielsweise zwischen dem Staatsbahnhof Blankenese und der Kolonie Marienhöhe eingesetzt. Die Strecke war 3 km lang. Die behördliche Abnahme fand am 12. August 1911 statt.

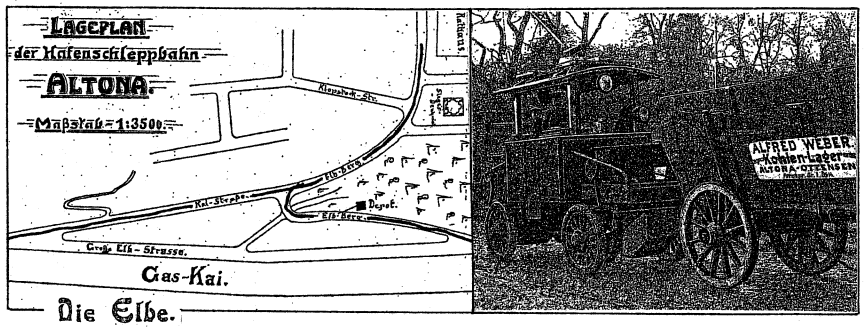
Die Räder der „Bahn" nach dem „System Schiemann" liefen auf Vollgummireifen. Die Fahrleitung lag oben und war doppelpolig. Für den Stromabnehmer hatte die Firma ein eigenes Patent. Die Abnahme erfolgte durch eine auf dem Fahrzeugdach angebrachte, gefederte und nach allen Seiten drehbar gelagerte Stange, die von unten angedrückt wurde. Die Beweglichkeit des Abnehmers gestattete den Fahrzeugen, zum Ausweichen oder Überholen je drei Meter von der Achse der Leitung seitlich auszuweichen. Die Fahrleitungen hatten 15 cm Abstand. Die Masten mit Auslegern hatten ca. 50 m Abstand. Gefahren wurde mit Gleichstrom von 440 V. Der Motorwagen hatte einen 15 PS Wendepol-Gleichstrommotor mit 1200 U/min. Angetrieben wurde über eine Gelenkwelle ein Schneckengetriebe an der hinteren Achse. Interessant ist der Achsantrieb ohne Differentialgetriebe. Die hintere Laufachse war ungeteilt und innen hohl. Den Kurvenausgleich übernahmen zwei Freilauf-Mitnehmerkupplungen, eine in jedem Rad. Die nachfolgenden Bilder zeigen das Wagengestell, die Antriebsachse und das Prinzip der Freilauf-Mitnehmerkupplung.

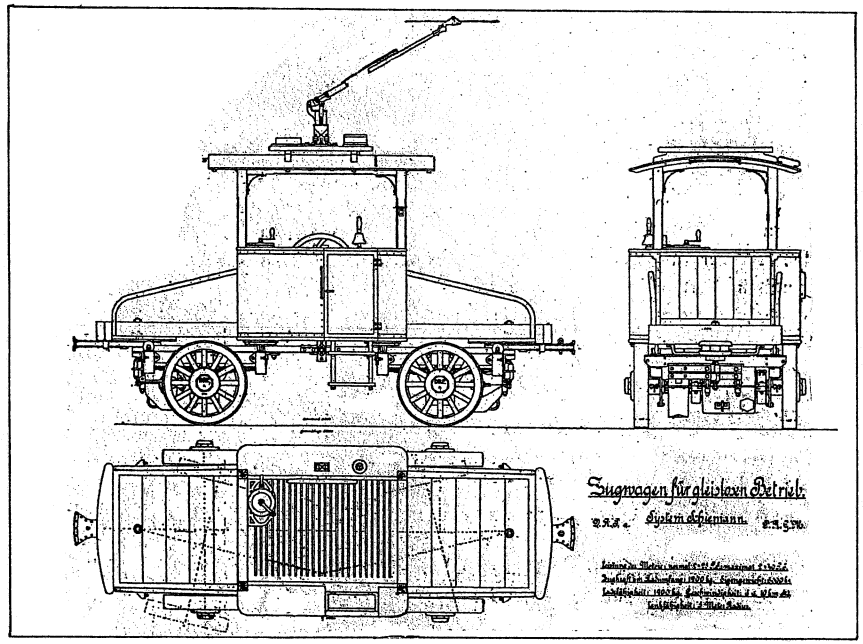






Eine andere Bahn des gleichen Herstellers fuhr in Hamburg als „Altonaer Schleppbahn" vom Hafen über den Elbberg bis zum Rathaus. Eröffnet wurde die Bahn am 2. Januar 1912. Sie ersetzte zum Teil den bis dahin üblichen Pferdevorspann. Die tägliche Kapazität lag bei 200 Fuhrwerkswagen mit je 5 – 7 Tonnen Beladung. Die Zugmaschine hatte Ähnlichkeiten mit Kleinbahnlokomotiven. Sie war für den Zug- und Schiebebetrieb vorgesehen, also symmetrisch gebaut. Die Energieversorgung erfolgte über eine doppelpolige Oberleitung mit 550 V. Es konnten zwei bis drei Wagen gleichzeitig durch Schieben oder Ziehen bewegt werden. Durch die Besonderheiten der Strecke wurde durch die Bahn im Wesentlichen nur die schwere Bergfahrt mit Maschinenkraft absolviert. Am Rathaus übernahmen wieder die Pferde. Die nachfolgenden Bilder zeigen den Lageplan der Strecke, den eingesetzten Zugwagen und die Fotografie einer Fahrt.

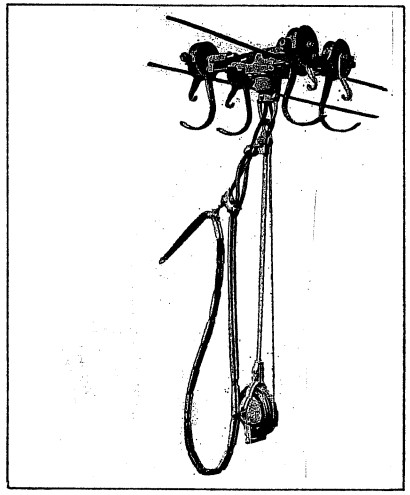


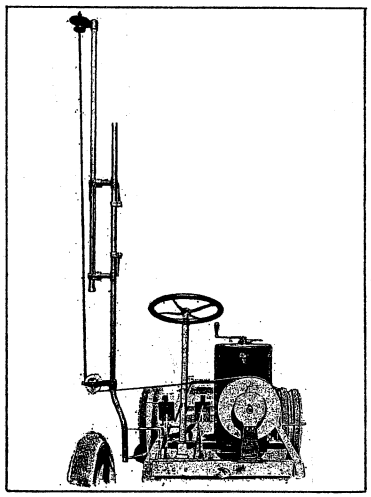


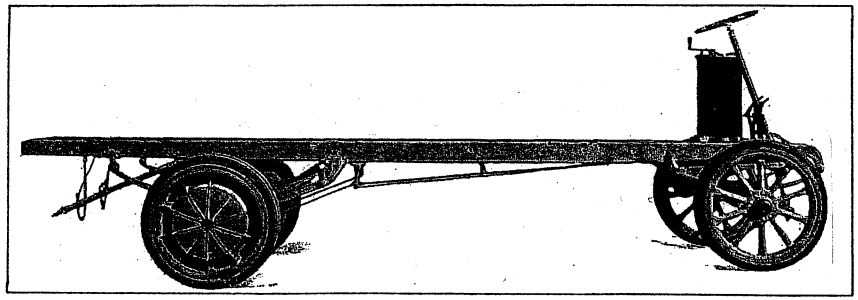
„Gleislose Bahnen nach dem System Elektro-Daimler-Stoll"

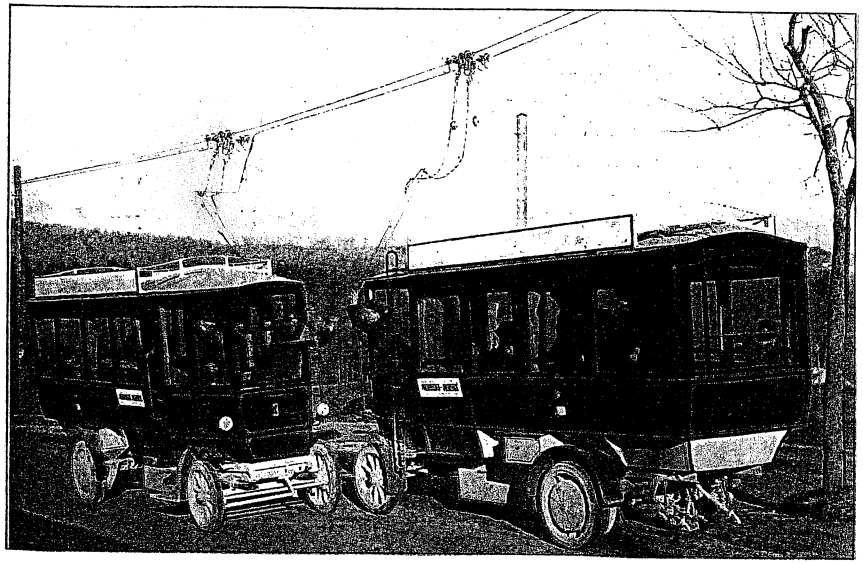
Bahnen nach diesem System waren in mehreren europäischen Ländern im Einsatz, vornehmlich für den Personenverkehr als „elektrische Oberleitungs-Automobillinien". Gebaut wurden sie von der „Österreichischen Daimler-Motoren A.-G." in Wien-Neustadt. Die Gesellschaft war im Besitz aller einschlägigen Patente des Systems. In Deutschland wurden die Bahnen ab etwa 1910 (?) von der Daimler-Motorengesellschaft, Zweigniederlassung Berlin-Marienfelde, gebaut. In Österreich waren bis 1912 acht Linien nach diesem System in Betrieb, u.a. in Wien (mehrere Linien, z.B. zwischen Pötzleinsdorf und Salmannsdorf), Gmünd, Karlsburg, Weidling und in der Steiermark. In Deutschland gab es Linien in Heilbronn, Berlin u.a.m. In der Schweiz z.B in Freiburg, in Frankreich z.B. in Paris.

Die Oberleitung bei dem System „Elektro-Daimler-Stoll" war wieder doppelpolig (eine positive Leitung, eine negative). Die Fahrdrähte lagen horizontal mit einem Abstand von 300 mm ca. 5,5 – 5,8 m über der Straßenoberfläche. Auf den Fahrdrähten lief der Stromabnehmer System „Stoll" auf vier Metallrollen. Durch die zwei Rollen je Leitung war ein funkenfreier Lauf sichergestellt. Der Abgriff zum Wagen lag fast in der Ebene der beiden Leitungen. Auch bei starkem seitlichem Zug blieb der Abnehmer auf der Leitung. Bügel verhindern im Notfall ein Herabstürzen. Gefahren wurde mit Gleichstrom von ca. 550 V. Das Besondere an dem System war die außerordentlich hohe Beweglichkeit der Wagen. Eine automatische Kabeltrommel mit bis zu 12 m Kabel gestattete den Wagen auf der gesamten Straßenbreite und darüber hinaus zu manövrieren. Beim Begegnen zweier Wagen tauschten die Wagenführer einfach ihre Stromabnehmer mittels Steckdosen. Der Antrieb erfolgte über zwei Radnabenmotoren in den Hinterrädern. Sie arbeiteten nach dem System „Elektro-Daimler" direkt, ohne jegliche Übertragungsmechanismen. Bei Linien mit großen Steigungen oder schwierigen Passagen konnten auch die Vorderräder mit Radnabenmotoren ausgestattet werden. Bei längeren Talfahrten wurden dann alle vier Räder elektrisch gebremst. Die Wagen waren sehr leicht und einfach im Aufbau. Das nackte Chassis wog nur 1700 kg. Die nachfolgenden Bilder zeigen den Stromabnehmerwagen System „Stoll", den gesamten Stromabnehmer mit Kabeltrommel, die Begegnung zweier Wagen und den Wechsel der Stromabnehmer und das nackte Chassis eines Wagens.



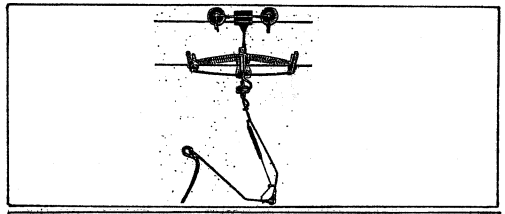


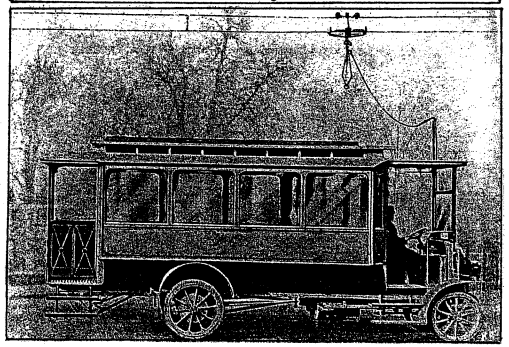




„Gleislose Bahnen nach dem System Lloyd-Köhler"

Bei dem System nach Lloyd-Köhler wurden übereinander liegende, doppelpolige Fahrleitungen verwendet. Man versprach sich von dieser Anordnung eine höhere Funktionssicherheit beim Abnehmer und das Straßenbild wurde weniger beeinträchtigt. Die Oberleitungen wurden in Anlehnung an Straßenbahn-Normen gebaut. Das Fahren mit diesem System war fast unabhängig von der Führung der Oberleitungen möglich. Die Ausweichfähigkeit lag bei 10 bis zu 20 m seitlich vom Fahrdraht. Der Stromabnehmer hatte einen kombinierten Aufbau aus Rollen und Bügel. „Llöyd-Köhler-Bahnen" gab es in Deutschland in Bremen, Ludwigsburg, Arsten, Hoheneck und anderen Städten. Sie waren ausdrücklich auch für den Frachtverkehr geeignet. Die nachfolgenden Bilder zeigen den Stromabnehmer des Systems, einen Motorwagen zur Beförderung von 28 Personen und die Begegnung zweier Wagen mit Austausch der Stromabnehmer über „Steckdosen". Siehe hierzu: Zeitschr. d. Mitteleurop. Motorwagen-Vereins. 1912, H.5 u. H. 6.





3.4.5 Straßenzüge mit kombiniertem Antrieb (Explosionsmotor, Generator und elektrische Antriebsmotoren)

1. Straßenzüge mit kombiniertem und aufgeteiltem Antrieb

Die „Siemens-Schuckert-Züge"

Die fahrzeugbezogenen Geschäftsfelder von Siemens und Schuckert wurden 1902 zusammengelegt. Ab 1905 baute die Siemens-Schuckert GmbH in Berlin auf Basis der 1902 von Schuckert entwickelten hybriden Zugmaschine einen vollständig neuen Straßenzug. Die Konstruktionsarbeiten leitete wieder, wie bei Schuckert, Wilhelm A. Th. Müller. Man löste sich vom kombinierten Kopfantrieb und baute einen Zug, bei dem auch die Anhängewagen angetrieben wurden. Bis zu fünf Anhängewagen mit einer Gesamtnutzlast von 15 Tonnen konnten gezogen werden. Sie besaßen Drehschemellenkungen und im Wagenrahmen untergebrachte Elektromotoren, die über Zahnräder und Ketten die hinteren Wagenachsen antrieben. Die Züge waren für den Einsatz beim Militär zur Versorgung frontnaher Truppenteile mit Nachschub und für einen zivilen Einsatz vorgesehen. Der Bau von Feldbahnen war in manchen Fällen zu aufwendig und bei über längere Zeit schnell vorrückenden Truppenverbänden konnte die Feldbahn nicht folgen. Die königlich-preußische Versuchsabteilung der Verkehrstruppen des Heeres war sehr an der Lösung des Transportproblems beim Nachschub interessiert und bestellte 1909 einen Siemens-Schuckert-Zug für Versuchszwecke.

Zu den Einsatzerfahrungen in einer zeitgenössischen Quelle heißt es: ... *„Das Jahr 1906 brachte in der Entwicklung des mechanischen Transportwesens einen bemerkenswerten Fortschritt durch die Lieferung des nach den Entwürfen von W. A. Th. Müller von den Siemens-Schuckertwerken gebauten Lastzuges, bestehend aus einem Maschinenwagen mit 5 Anhängern, von denen jeder einzelne durch elektrische Kraftübertragung selbständig angetrieben wurde. Die großen Erwartungen, die an diese Konstruktion geknüpft wurden, haben sich indessen in der Praxis infolge der Kompliziertheit ihrer Einrichtung nicht vollständig erfüllt. Es ist, ... , 1908 noch ein neuer elektrischer Zug mit einer Tragfähigkeit von 30 Tonnen und einer Geschwindigkeit bis zu 15 km in der Stunde bestellt worden, der demnächst zur Auslieferung gelangen dürfte. ...* "

Die „Müller-Züge"

W. A. Th. Müller hatte 1902 für Schuckert & Co in Nürnberg eine hybride Zugmaschine konstruiert und danach, nach dem Zusammenschluss von Siemens und Schuckert, in Berlin an der Technik der Straßenzüge mit kombiniertem Antrieb weitergearbeitet. 1908 gründete Wilhelm A. Th. Müller (der vollständige Name lautet: Wilhelm Adolf Theodor Müller-Neuhaus) mit einigen Gesellschaftern ein eigenes Unternehmen, die Straßenzug-Gesellschaft mbH in Steglitz bei Berlin. Geschäftszweck war die Entwicklung von Straßenzügen für den Transport von Massengütern. Gebaut wurden die insgesamt 7 Züge von der Aktien-Gesellschaft für Eisenbahnwagenbau und Maschinenbauanstalt in Breslau. Als Abnehmer waren auch hier in erster Linie die Verkehrstruppen des Heeres ins Auge gefasst worden. Ein ziviler Einsatz und ein Einsatz in den Kolonien war ebenfalls vorgesehen.

Die von dem Unternehmen entwickelten und ab 1910 gebauten „Müller-Züge" hatten ein unverwechselbares Äußeres. Die zweiachsigen Triebköpfe (Maschinenwagen) waren symmetrisch gebaut. Bei dem großen „Müller-Zug" mit einer Nutzlast von 50 Tonnen war in jeder Fahrzeughälfte ein Sechszylinder-Benzolmotor des österreichischen Herstellers Austro-Daimler mit einer Leistung von 90 PS eingebaut, der direkt mit den beiden Gleichstromgeneratoren gekuppelt werden konnte. Der Generator speiste sowohl die elektrischen Motoren des Triebkopfes, als auch die in den Anhängewagen. Es waren zwei Führerstände, einer für jede Fahrtrichtung, vorhanden. Der Triebkopf brauchte bei einem Richtungswechsel nicht gewendet werden. Die Maschine war vollständig gefedert. Die Radreifen der eisernen Räder hatten zur Verringerung des Rollwiderstandes und zur Verbesserung der „Traktion" einen Durchmesser von etwa 1 Meter und eine Breite von 20 Zentimetern. Der Zug erreichte bei guten Streckenverhältnissen eine Geschwindigkeit von 12 km/h (max. 16 km/h bei geringerer Beladung). Gelenkt wurde üblicherweise der vordere Drehschemel der Anhängewagen. Mussten sehr enge Kurven genommen werden, konnte der hintere Drehschemel über einen Hebelmechanismus in entgegengesetzte Auslenkung versetzt werden. Bei guten Straßenverhältnissen reichte zur Fortbewegung der Antrieb mit einem Motor aus. Bei Bergfahrten oder im schweren Gelände wurde der zweite Motor dazu genommen. Mit dem Straßenzug konnten 6 Anhängewagen mit 5 Tonnen Nutzlast gezogen werden. Die Anhängewagen waren zweiachsig, jede Achse war in einem Drehschemel untergebracht. Jeder Drehschemel hatte einen eigenen Elektromotor. Die Motoren waren elektrisch parallel geschaltet. Damit erübrigte sich ein Ausgleichsgetriebe. Die Leistung wurde über Kettengetriebe auf die Radachse übertragen. Einige „Müller-Züge" besaß ein patentiertes System aus Hebeln, Zahnrädern und Zahnstangen für die spurtreue Lenkung der Anhängewagen. Beide Drehgestelle der Wagen wurden dabei so gegeneinander verdreht, dass sie praktisch der Spur der Zugmaschine folgten. Zum Betrieb des Zuges reichten ein Fahrzeugführer und ein Bremser auf dem hinteren Anhängewagen aus. Separate Bremser waren bei Straßenzügen mit Anhängewagen in jener Zeit üblich. Durch den Antrieb jedes einzelnen Wagens war es möglich, diesen auch ohne Zugmaschine alleine zu bewegen. Maschinenwagen und Anhänger wurde mit einem langen Kabel verbunden, bis zu 300 m konnten auf einer Trommel am Maschinenwagen mitgeführt werden. Gelenkt wurde der einzelne Wagen über eine ausziehbare Deichsel von Hand oder mit Pferdevorspann. Das war beispielsweise beim Rangieren hilfreich oder beim Überfahren von Brücken mit geringer Tragfähigkeit. Die kleineren Müller-Züge fanden eine Zeit lang Verwendung beim zivilen Transport von Massengütern. U. a. waren einige Züge in Ziegeleien in Schlesien im Einsatz.

Müller baute 1913 noch einen automobilen Straßenzug mit kombiniertem und aufgeteiltem Antrieb in wesentlich größere Ausführung für ein Unternehmen in Australien. Der Zug konnte zehn Anhänger mit jeweils 6 Tonnen Nutzlast mit einer Geschwindigkeit von 16 km/h ziehen. Zwei 125 PS-Motoren sorgten für den Antrieb. Dieser „Austral-Zug" hatte eine Länge von etwa 80 Metern. Es war gut 10 Jahre lang erfolgreich in Betrieb.

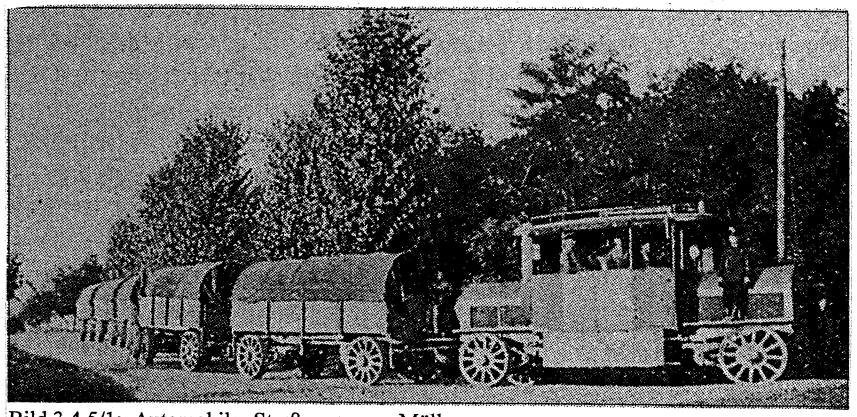


Bild 3.4.5/1: Automobiler Straßenzug von Müller

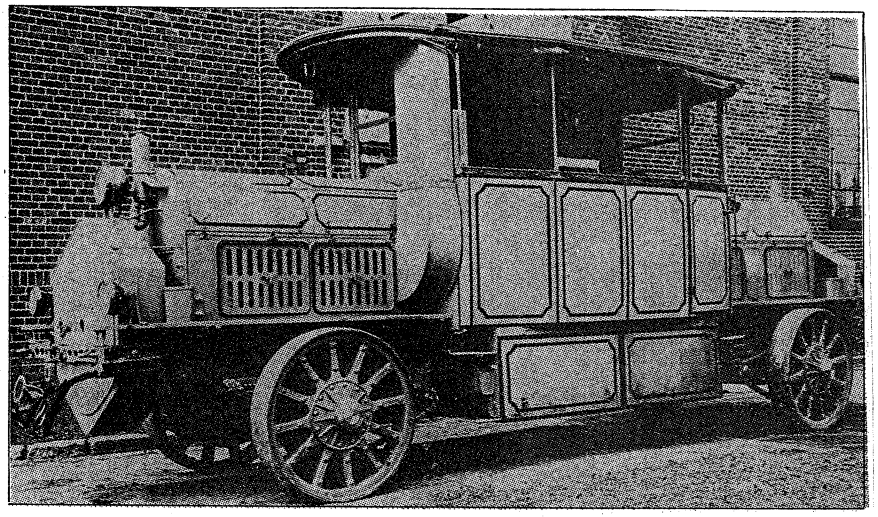


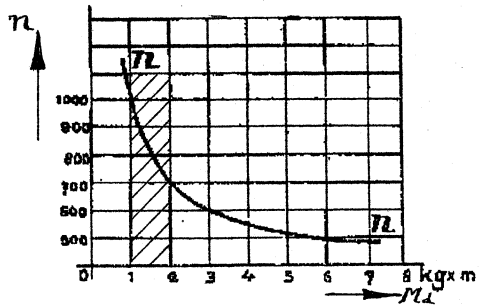
Bild 3.4.5/2: Triebkopf des „Müller-Zuges“

Bemerkung

W. A. Th. Müller besaß eine Reihe an Patenten zu seinen Straßenzügen. Der Fahrbetrieb elektrischer Straßenzüge mit auf mehrere Achsen aufgeteiltem Antrieb bereitete eine Reihe von Problemen. Bei üblichem Einzelantrieb der Räder kam es oft vor, dass die ganze Energie des Generators in einen oder wenige Radmotoren ging. Die anderen liefen fast ohne Antriebsmoment. Die Antriebskräfte an den Rädern wurden dadurch sehr ungleich und die Lenkung der einzelnen Wagen war erschwert. Das trat besonders dann auf, wenn die Reibungsverhältnisse quer zur Fahrbahn stark unterschiedlich waren. In einzelnen Fällen führte dieser Effekt zur Überlastung der betroffenen Elektromotoren und zu deren Verbrennen. Ein weiteres Problem war der große Unterschied in den Umdrehungszahlen der Räder einer Achse. Auch bei gerader Fahrt gab es durch die unterschiedlichen Erhöhungen und Vertiefungen in den Spuren Drehzahlunterschiede. In Kurven wurden diese Unterschiede besonders groß. Die Züge besaßen keine genügende Betriebssicherheit und die Wagen standen oft zickzackförmig gegeneinander. Müller besaß beispielsweise ein Patent, erteilt im Jahr 1908, in welchem er ein System vorschlug, dass an allen Treibrädern eines Zuges auf elektrischem Wege annähernd die gleichen Umfangskräfte erzeugte. Die Treibräder sollten einzeln durch je einen Hauptstrommotor angetrieben werden, wobei das Übersetzungsverhältnis zwischen Elektromotor und Treibrad so gewählt werden musste, dass der Elektromotor vorwiegend mit schwach gesättigtem Feld arbeiteten konnte. Die Drehzahl-Drehmoment-Charakteristik eines Hauptstrommotors ist im untenstehenden Diagramm wiedergegeben. Der Elektromotor wird nur im steilen Teil der Charakteristik, beispielsweise im schraffierten Feld betrieben. Das hatte zur Folge, dass Unterschiede in den Umdrehungszahlen der einzelnen Elektromotoren eines Zuges, selbst wenn sie 10 % betrugen, nur einen geringen Einfluss auf die entwickelte Zugkraft hatten.

Drehzahl-Drehmoment-Charakteristik

eines Hauptstrommotors



Der Renard-Zug von 1904

Der französische Oberst Renard entwickelte 1904 einen Straßenzug mit kombiniertem Antrieb für den militärischen Einsatz. Der Zug sollte britische Truppen in Indien versorgen. Der Zug war vermutlich schon mit einem Verbrennungsmotor ausgerüstet. Vier dreiachsige Anhängewagen konnten bewegt werden. Bei den Anhängern wurde die jeweils mittlere Achse mechanisch angetrieben. Gebaut wurde der Straßenzug bei dem englischen Hersteller Anglo-Daimler.

Die „Austro-Daimler Züge" („Porsche-Züge", Landwehr-Züge)

In der k. und k. Monarchie begann die Austro-Daimler- Gesellschaft 1909 mit der Herstellung von hybriden Straßenzügen für den Gütertransport. Der Ausgangspunkt für die Entwicklung war im Wesentlichen der Wunsch hoher Militärs nach einem großen Selbstfahrer für die Nachschubversorgung von Truppen. Der Industrielle Karl Ritter von Škoda unterstützte das Unternehmen. Ferdinand Porsche, technischer Direktor bei Austro-Daimler, entwickelte den Antrieb, bei dem ein Ottomotor einen Generator antrieb, von dem über lösbare Kabel elektrische Motoren in den Rädern der Anhängewagen versorgt wurden. Diesen Antrieb mit elektrischen Radnabenmotoren findet man auch in PKWs, die von Porsche konstruiert worden sind.

Zuerst wurde ein Straßenzug mit ottoelektrischer Zugmaschine und zehn einachsigen Wagen entwickelt – der sogenannte „A-Zug". Die Fertigstellung war im Jahr 1909. Je zwei einachsige Wagen wurden zu einem Zweiverbund gekoppelt. Die Nutzlast lag bei 4 Tonnen; der gesamte Zug konnte 20 Tonnen Nutzlast befördern. Die Zugmaschine hatte einen Ottomotor mit einer Leistung von 100 PS und einen direkt gekuppelten Generator mit einer Leistung von 70 kW. Bei jedem Anhängewagen wurde eine Achse elektrisch angetrieben.

1911 entstand der sogenannte „B-Zug" oder „Landwehr-Train". Er war deutlich größer als die erste Ausführung. Die Zugmaschine hatte einen 150 PS-Vergasermotor mit sechs Zylindern und einen Generator von 93 kW. Es konnten bis zu zehn zweiachsige Anhängewagen mit einer Nutzlast von 4 bis 5 Tonnen gezogen werden – gesamte Nutzlast des Zuges: maximal 50 Tonnen. Vorgesehen war der Straßenzug primär für den Einsatz bei den Verkehrstruppen. Die Räder wurden durch Radnabenmotoren angetrieben, typisch für die Fahrzeugkonstruktionen von F. Porsche in jenen Jahren. Im Straßenzug wurden die Hinterräder der Zugmaschine und die Räder der Anhänger angetrieben. Um bei einem so langen Zug die Spur halten zu können und ein Manövrieren in engen Kurven zu ermöglichen besaßen die Anhängewagen zwei Drehkränze. Die Einlenkbewegung der vorderen Achse wurde durch eine „Gegendeichsel" auf die hintere Achse übertragen. Das war auch eine Erfindung von Porsche. Eine Besonderheit wies der „B-Zug" noch auf. Nach dem Wechseln der Straßenräder auf Bahnräder konnte er auch auf Schienen mit einer Spurweite von 700 mm bis 1435 mm (Normalspurweite) fahren.

Von Austro-Daimler/Škoda wurde 1914 der „C-Zug" gebaut, eine etwas veränderte Version des „Landwehr-Trains". Die Zugmaschine entsprach der des „B-Zuges". Verändert wurden die Anhängewagen. Um sehr schwere militärische Einrichtungen transportieren zu können mussten größere Anhängewagen eingesetzt werden. Es entstanden vierachsige Wagen mit gelenkten Achsen und elektrischen Radnabenmotoren. Die Nutzlast lag bei 27 Tonnen.

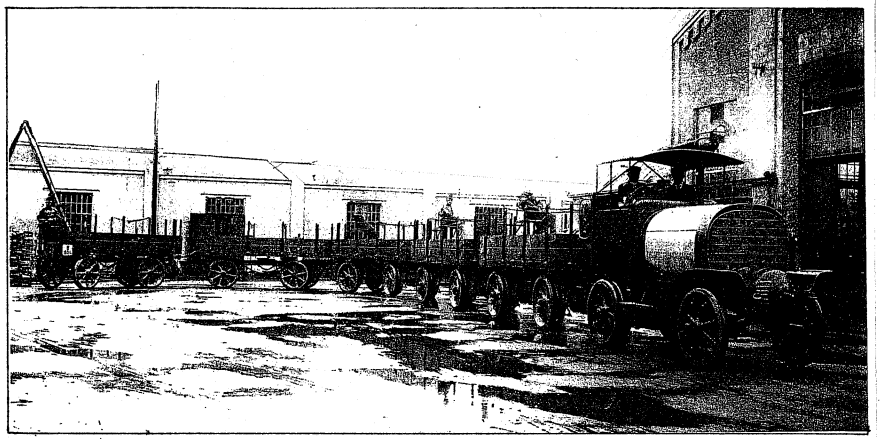


Bild 3.4.5/3: Der „B-Zug" von Austro-Daimler (1911)

2. Straßenzüge mit kombiniertem Kopfantrieb

Auch diese Variante wurde gebaut. Ein Beispiel ist die hybride Zugmaschine der Firma Schuckert & Co in Nürnberg (später Elektrizitäts-Aktiengesellschaft). Sie stellte 1902 einen großer „Trakteur" her, der u. a. für den Betrieb als Zugmaschine von Straßenzügen vorgesehen war. Ein Explosionsmotor von 40 PS trieb bei der Maschine einen Generator, der vier elektrische Motoren versorgte (System Piper). Der Explosionsmotor wurde mit Spiritus betrieben. Die elektrischen Motoren sorgten für den Antrieb jedes einzelnen Rades. Die vier gleichgroßen Räder waren mit fast 2 Meter im Durchmesser sehr groß und mit etwa 0,3 Meter auch außergewöhnlich breit ausgeführt. Der Fahrwiderstand des Fahrzeugs sollte so gering wie möglich sein und die Traktion durch die Verteilung der Antriebskräfte auf vier Räder verbessert werden. Der Triebkopf hatte eine einfache Knicklenkung und wog 10 Tonnen. Der „Trakteur" von Schuckert & Co stellt, wenn man ihn den automobilen Straßenzügen zuordnen will, allerdings einen Grenzfall da. Die Anhängewagen, es konnten maximal 5 gezogen werden, waren nur wenig veränderte Lastenwagen mit leicht vergrößerten Rädern. Zugmaschine und Anhängewagen waren nur in geringem Maße aufeinander abgestimmt. Die Schuckert'sche Zugmaschine wurde von dem bekannten Nutzfahrzeugkonstrukteur W. A. Th. Müller entworfen.

Die Geschäftsfelder der Firmen Schuckert und Siemens für diese Maschinen wurden 1902 zusammen gelegt. Man firmierte ab 1902 unter dem Namen Siemens & Schuckert GmbH und betrieb eine gemeinsame Weiterentwicklung an diesen Fahrzeugen.

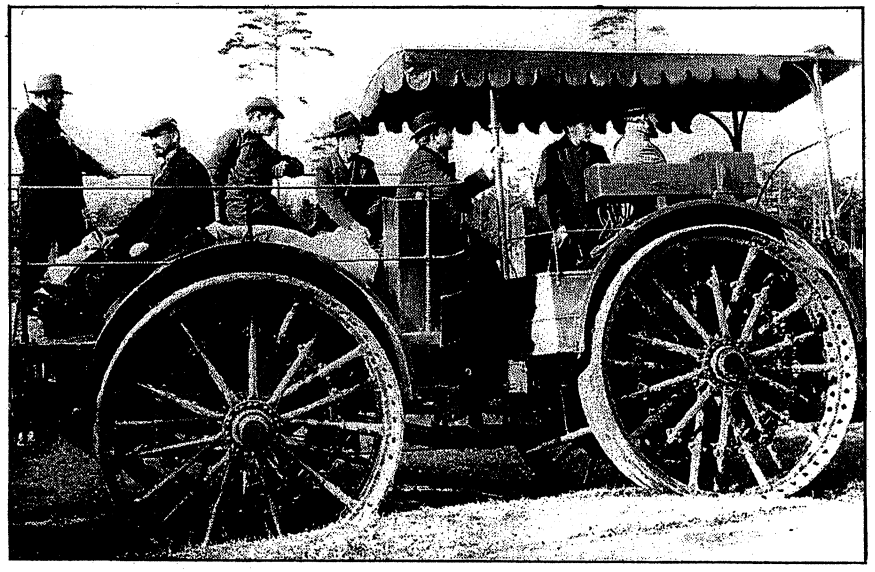


Bild 3.4.5/4: Zugmaschine von Schuckert bzw. Siemens & Schuckert (1902)

Bemerkung
Automobile Straßenzüge haben auf dem militärischen Sektor keinen Erfolg gehabt. Für die anvisierte Nachschubversorgung frontnaher Truppen waren sie zu wenig zuverlässig, zu aufwendig im Betrieb und ihr Aktionsradius war zu gering. Zwar hatten die im Wettbewerb befindlichen Lastkraftwagen mit Verbrennungsmotor selbst mit Anhängerbetrieb eine deutlich geringere Nutzlast, aber sie waren flexibler einsetzbar und insgesamt besser geeignet. Beim maschinellen Zug schwerer militärischer Güter konnten die Zugmaschinen der Straßenzüge ihre spezifischen Vorteile nicht nutzen. Für diese Einsatzfälle hatte die Heeresverwaltung „normale" Dampfschlepper geordert. Zum Einsatz kam eine Maschine der Maschinenfabrik Kemna aus Breslau. Dieser Dampfschlepper ist unter der Bezeichnung „Typ EM" - für Einheitsmilitärmaschine - bekannt geworden. Er ist in über 300 Exemplaren gebaut worden. Da die Kapazitäten bei Kemna nicht ausreichten, wurde dieser Dampfschlepper bei einem guten Dutzend weitere Hersteller in Lizenz gebaut.
Unterschiedliche automobile Straßenzüge haben an verschiedenen Vergleichsfahrten und Heeresübungen teilgenommen. Einen Einsatz im Krieg hat es nicht gegeben.
An den Transport-Übungen der Verkehrstruppen des deutschen Heeres, Kraftfahr-Abteilung, nahmen 1908/1909 in Verbindung mit der großen Posener Festungsübung beispielsweise folgende Fahrzeuge in der schweren Kolonne teil:
- 1 Siemens-Schuckert-Lastzug mit 5 Anhängern,
- 2 Freibahnzüge mit je 4 Anhängern,
- 1 Fowler-Lastzug „Mongo" mit 2 Anhängern,
- 1 N.A.G.-Lastwagen, Baujahr 1905, als fahrbare Werkstatt.

3.4.6 Straßenzüge für den Einsatz in unwegsamen Gelände

Einen besonderen Entwicklungsbereich stellen die automobilen Straßenzüge dar, die ausschließlich für den Einsatz abseits von Straßen und Wegen gebaut worden sind. Sie waren ausschließlich für ein Fortkommen im freien Gelände gedacht und der Begriff „Straßenzug" ist für diese Fahrzeugkategorie nicht ganz zutreffend. Ein großes Problem im 19. und auch noch am Anfang des 20. Jahrhunderts war der Güterverkehr in Bereichen, die verkehrstechnisch schlecht oder gar nicht erschlossen waren. Der Bau von Eisenbahnen rentierte sich in vielen Fällen nicht und das Anlegen von Straßen war zu aufwendig. Als Alternative blieb nur der Bau von „landgängigen Fahrzeugen", die selbst unter schwierigsten Bedingungen einsetzbar waren. Der große Vorteil derartiger Fahrzeuge war, dass sie völlig flexibel an wechselnden Orten eingesetzt werden und auf beliebigen Wegen ihre Ziele erreichen konnten. Länder mit ungünstigen Verkehrsverhältnissen gab es genug. Nicht nur in den Kolonien gab es nicht erschlossene Gebiete auch in den unwegsamen Wildnissen Kanadas, Alaskas und Russlands gab es große Probleme abgelegene Siedlungen zu versorgen und beispielsweise Bodenschätze, Holz etc. abzutransportieren. Einige der Lösungen, die man damals gefunden hatte, wirken aus heutiger Sicht vielleicht kurios. Sie zeigen aber deutlich, mit welchem Einfallsreichtum und wie intensiv man sich mit der Lösung beschäftigt hat. Da keine Straßen vorhanden waren, besaßen die Fahrzeuge oft spezielle Radkonstruktionen, Schienenschuhe oder Gleisketten. Ein frühes Beispiel einer dampfgetriebenen Zugmaschine ist in der Tafel 3.3/4 dargestellt. Die Maschine mit „Boydell'schen Schienenschuhen" aus dem Jahr 1858 ist wirklich im Einsatz gewesen.
Im Folgenden soll anhand weniger Beispiele ein kurzer Einblick in die Breite der Entwickelung gegeben werden. Dargestellt sind nur Konstruktionen mit Raupenfahrwerken.

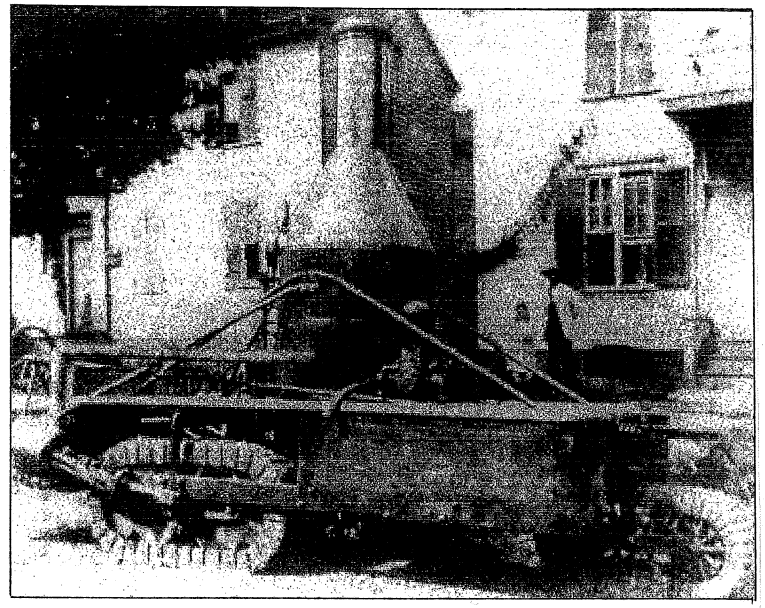


Bild 3.4.6/1: Dampfgetriebene Zugmaschine mit drei Rauben (USA, 1869)

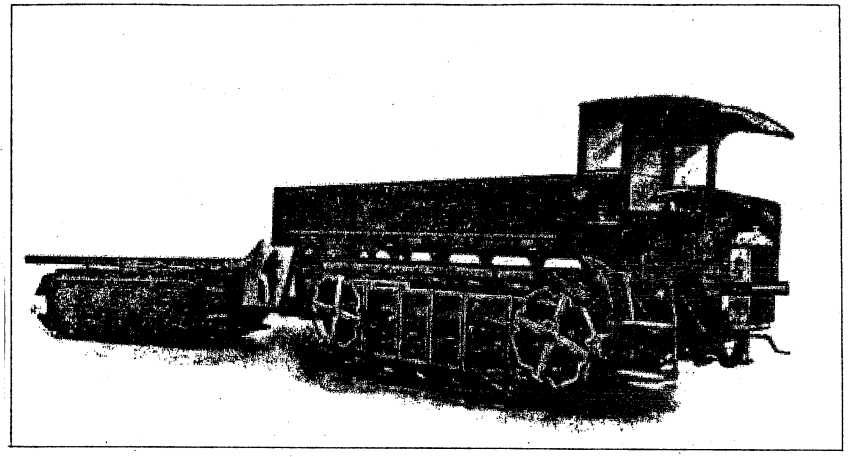


Bild 3.4.6/2: Raupenschlepper mit Antrieb durch Verbrennungsmotor und Raupenanhänger (USA, 1893)

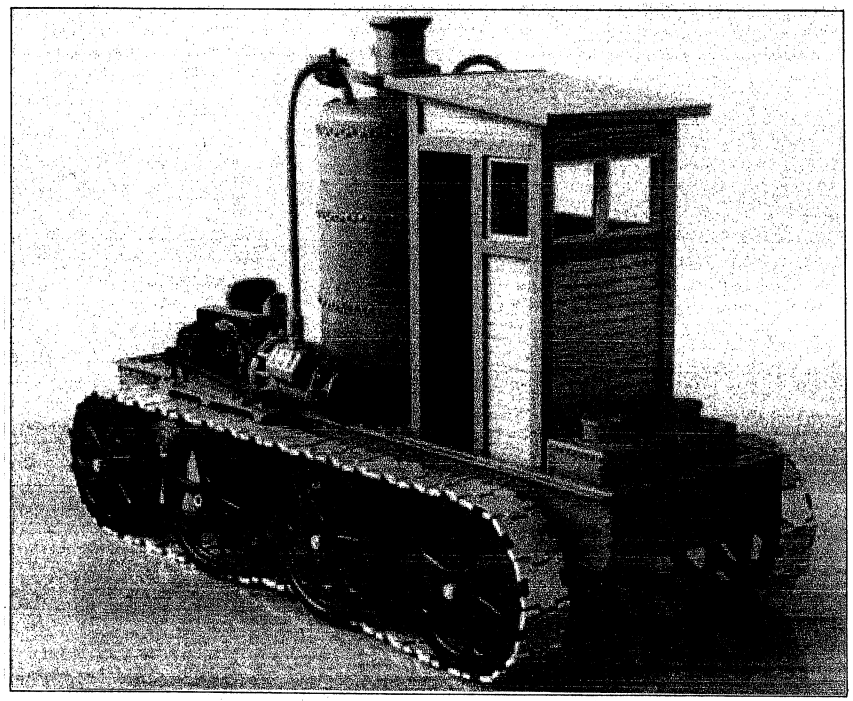


Bild 3.4.6/3: Modell des dampfgetriebenen Raupenschleppers von Abramoitsch (Russland, 1896)
Jede Raupe wird von einer eigenen Dampfmaschine angetrieben.

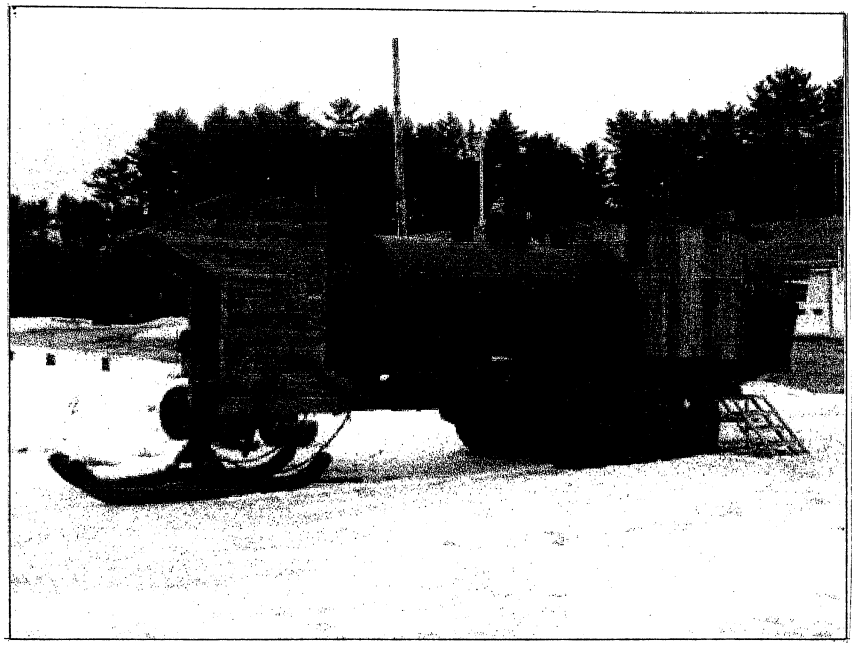


Bild 3.4.6/4: Dampfgetriebene große Zugraupe mit Kufenlenkung (USA 1901)
Gewicht 20 to, Geschwindigkeit 7 km/h, es konnten ca. 20 Schlitten gezogen werden, Einsatzgebiet: Holztransport im Winter, Nutzlast bis 250 to.

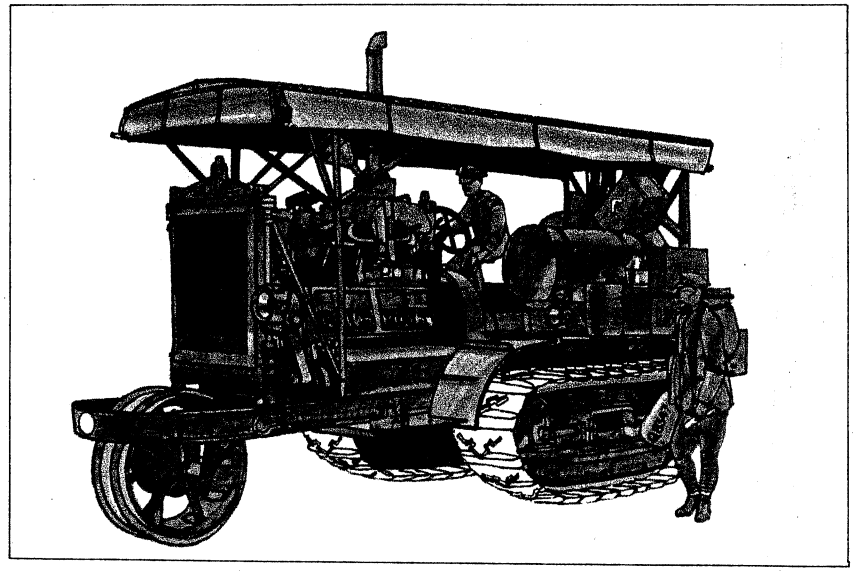


Bild 3.4.6/5: Zugraupe mit Radlenkung („Halb-Raupe") von Hold (England, USA 1914)

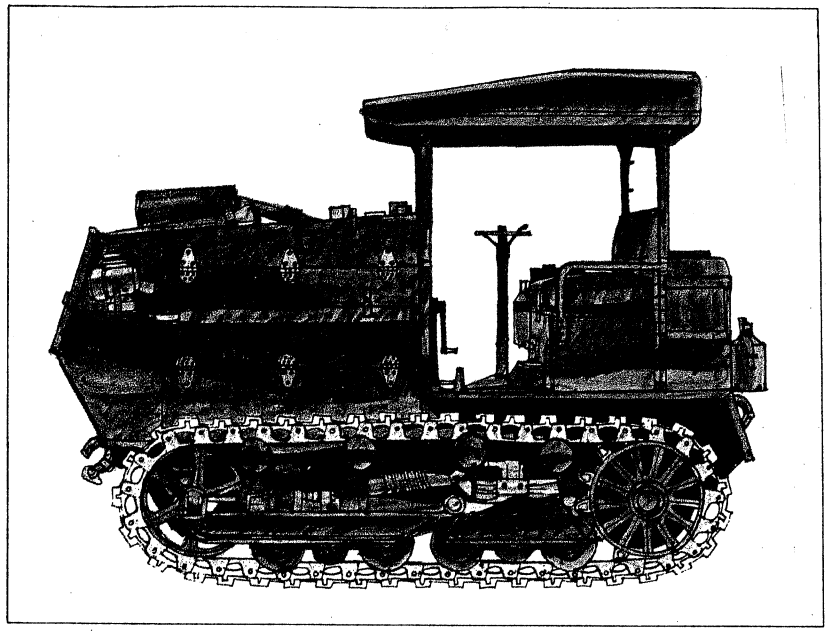


Bild 3.4.6/6: Voll-Raupen Zugmaschine von Hold (USA 1919)
Für die Zugmaschine waren auch Anhänger mit Gleiskettenfahrwerk vorgesehen.

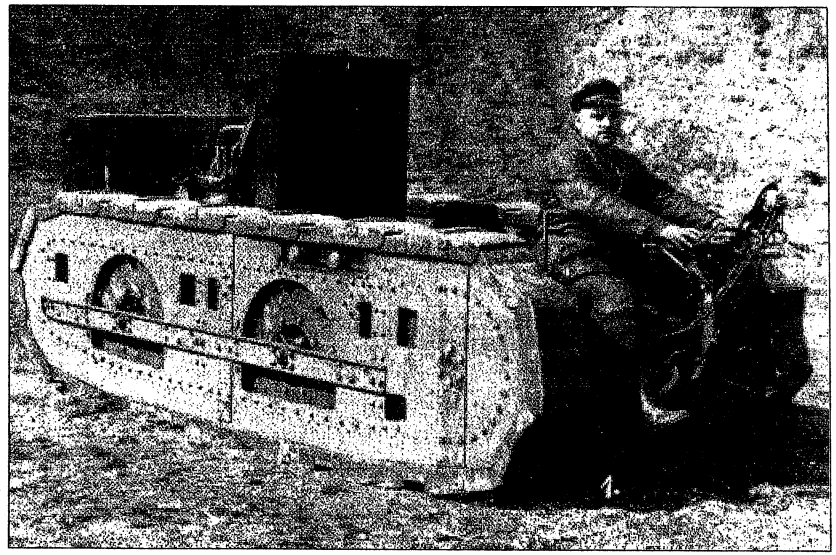
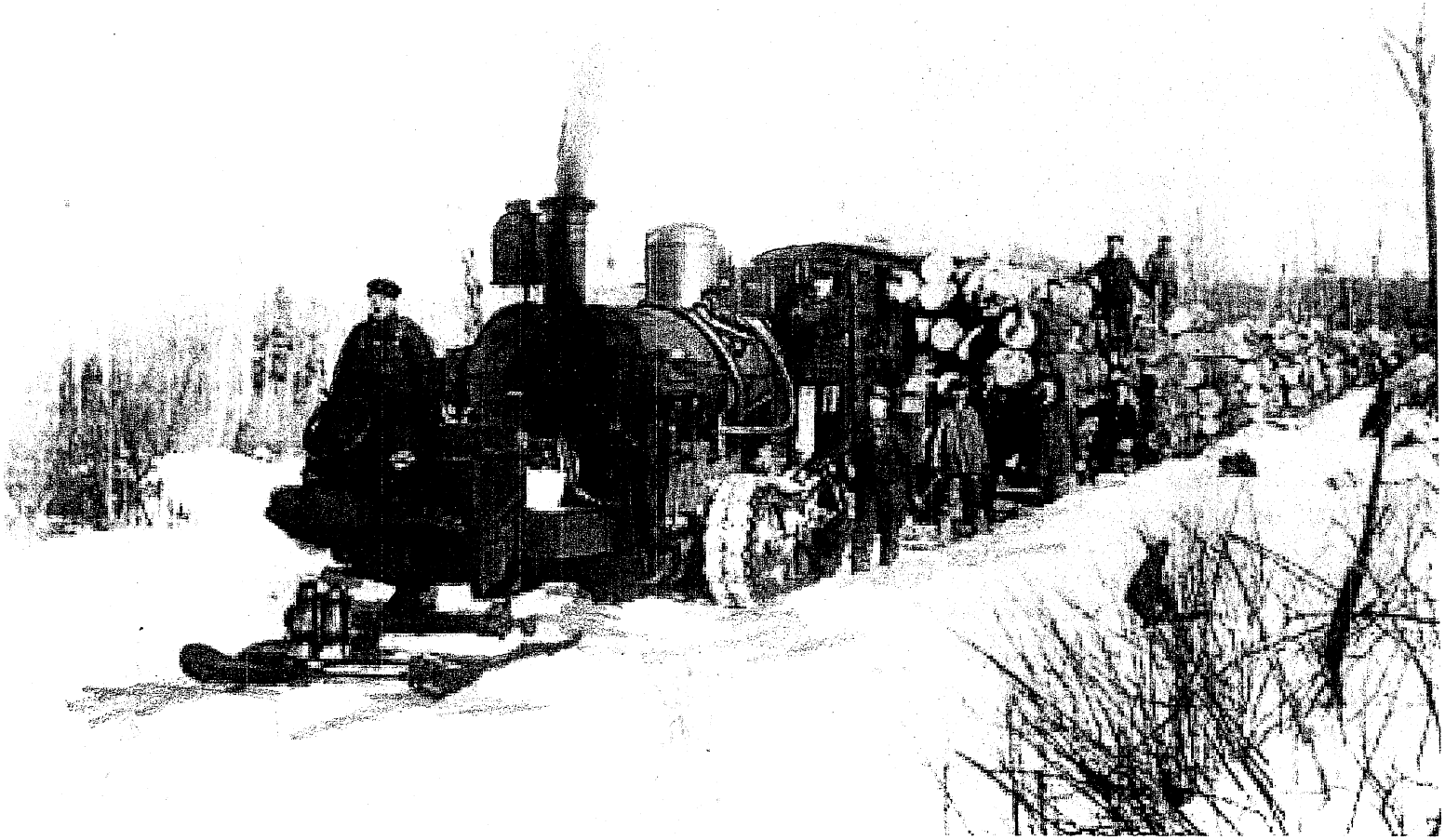


Bild 3.4.6/7: Raupen-Vorspannmaschine für Aufsattelbetrieb (Deutschland 1926)
Wotan-Werke, Leipzig und Daimler-Benz, Marienfelde (Berlin), Versuchsfahrzeug



Tafel 3.4.6/1: Dampfraupe mit Kufenlenkung im Wintereinsatz beim Holztransport mit sieben Anhängeschlitten

(Unbekannter Hersteller, um 1900)