



LÖWY
Das
Elektromobil
und seine 
Behandlung

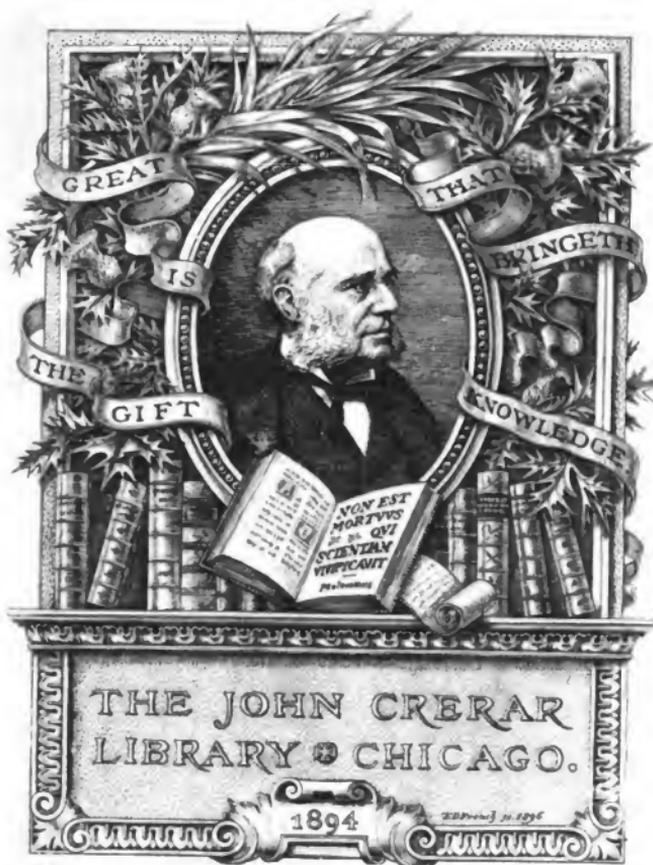
Soeben beginnt zu erscheinen:

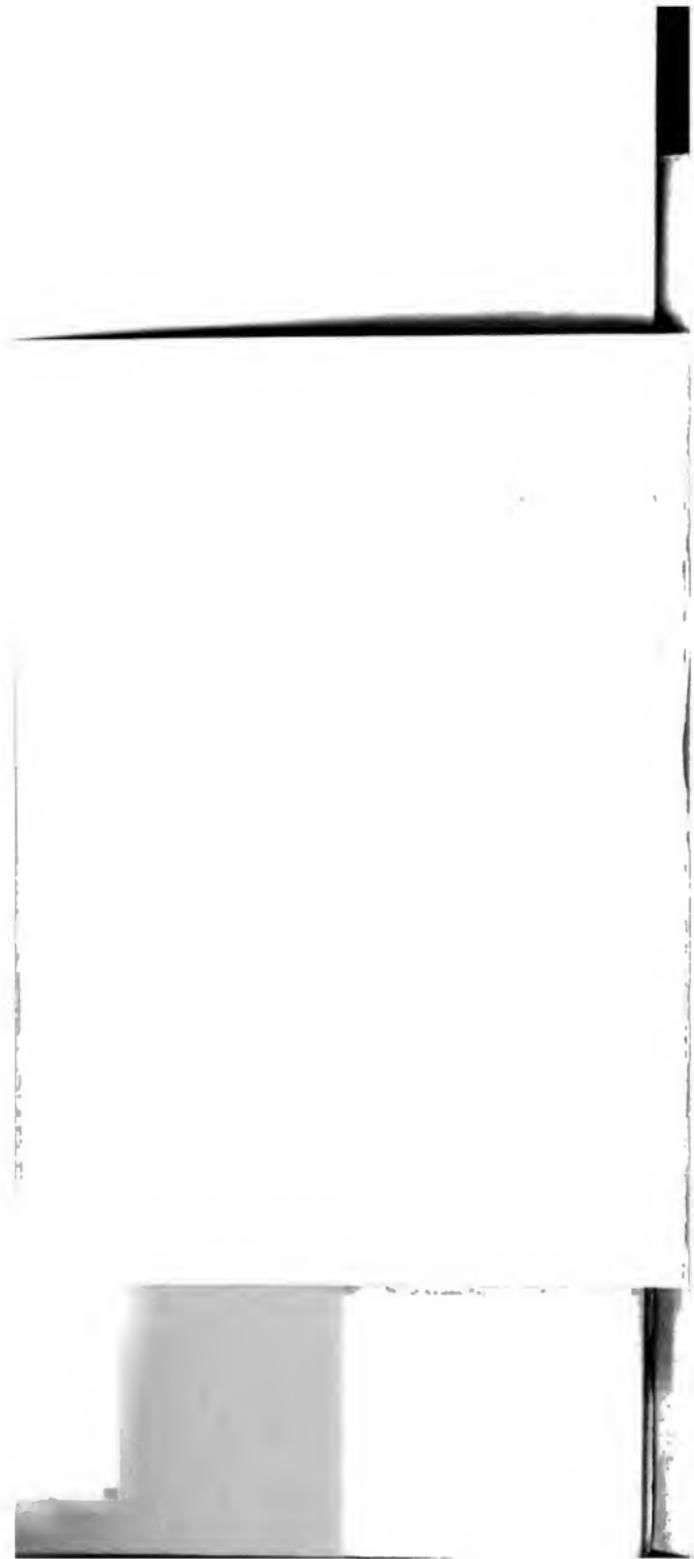
Küster's Autotechnische Bibliothek

Herausgeber: Civilingenieur Jul. Küster in Berlin

Preis pro Band, elegant in Leinen gebunden, M. 2.80.

- Bd. 1. **Auto-Taschen-Kalender, 1906/07.** Von Ing. Walter Isendahl, Chefredakteur der Allgem. Automobil-Zeitung in Berlin.
- Bd. 2. **Automobil-A. B. C.** Von B. von Lengerke und R. Schmidt.
- Bd. 3. **Der Kraftwagen als Verkehrsmittel. — Seine Bedeutung als solches. — Das Fahren im Winter. — Behördliche Kontrolle und Geschwindigkeitsfrage.** Von Dr. phil. Karl Dietrich, Direktor in Helfenberg i. S.
- Bd. 4. **Das Tourenfahren im Automobil.** Von Oberingenieur Ernst Valentin in Berlin.
- Bd. 5. **Automobil-Carosserien.** Von W. Romeiser, Automobil-Ingenieur und Wagenbau-Techniker in Frankfurt a. M.
- Bd. 6. **Das Automobil und seine Behandlung (II. Auflage).** Von Jul. Küster, Civil-Ing. in Berlin
- Bd. 7. **Der Automobil-Motor.** Von Ing. Joh. Menzel, Regierungsbauführer in Charlottenburg.
- Bd. 8. **Automobil-Getriebe und -Kuppelungen.** Von Max Buch, Ingenieur in Schnellweide-Mülheim a. Rh.





- Bd. 9. **Die Zündung bei Automobilen u. Motorfahrern.** Von Ingenieur Josef Löwy, k. k. Kommissar im Patentamte in Wien.
- Bd. 10. **Vergaser, Kühler und Anlasser.** Von Ingenieur Joh. Menzel, Regierungsbauführer in Charlottenburg.
- Bd. 11. **Automobil-Steuerungs-, Brems- und -Kontrollvorrichtungen.** Von Ingenieur Max Buch in Schnellweide-Mülheim a. Rh.
- Bd. 12. **Automobil-Lastwagen.** Von Dipl.-Ing. M. Albrecht, Dozent an der techn. Akademie in Friedberg i. H.
- Bd. 13. **Automobil-Rahmen, -Achsen, -Räder und -Bereifung.** Von Ing. M. Buch in Schnellweide-Mülheim a. Rh.
- Bd. 14. **Das Nutz-Automobil.** Von Ober-Ing. Alf. H. Simon in Berlin.
- Bd. 15. **Das Motorboot des Privatmannes.** Von M. H. Bauer, Spezial-Ingenieur für Motorboote in Hamburg.
- Bd. 16. **Das Elektromobil und seine Behandlung.** Von Ingenieur Josef Löwy, k. k. Kommissar im Patentamte in Wien.
- Bd. 17. **Personen- und Lasten-Dampfwagen.** Von Jul. Küster, Civil-Ingenieur in Berlin.
- Bd. 18. **Das Motorrad und seine Behandlung.** Von Ingenieur Walter Schuricht, Redakteur des „Deutschen Motorfahrer“ in München.
- Bd. 19. **Automobilmotor und Landwirtschaft.** Von Theodor Lehmbeck, Ing. in Friedenau-Berlin.
- Bd. 20. **Der Automobilmotor im Eisenbahnbetriebe.** Von Ingenieur Arnold Heller.

Viersprachiges Autotechnisches Wörterbuch:

- Bd. 21. **Deutsch-Französisch-Englisch-Italienisch.**
Bd. 22. **Französisch-Deutsch-Englisch-Italienisch.**
Bd. 23. **Englisch-Deutsch-Französisch-Italienisch.**
Bd. 24. **Italienisch-Deutsch-Französisch-Englisch.**
Bd. 25. **Auto-Recht, -Steuer- und -Haftpflcht.** Von
Dr. Martin Isaac, Rechtsanwalt in Berlin.
Bd. 26. **Automobil-Rennen und Wettbewerbe.** Von
B. von Lengerke, Leiter des Einfahrwesens
der Daimler-Motoren-Gesellschaft in Unter-
türkheim.
Bd. 27. **Auto-Kauf.** Von Julius Küster, Civil-Ing. in
Berlin, und W. Michaelis, Ing. in Berlin.
Bd. 28. **Chauffeur-Schule.** Von Jul. Küster, Civil-Ing.
in Berlin, und W. Michaelis, Ing. in Berlin.
Bd. 29. **Wagenbautechnik im Automobilbau.** Von
Wilh. Romeiser, Automobil-Ingenieur in
Frankfurt a. M.
Bd. 30. **Grundsätze in d. Automobilrechtsprechung
des In- u. Auslandes.** Von Dr. jur. A. Klein,
Syndikus, u. Jul. Küster, Civ.-Ing. in Berlin.
Bd. 31. **Der Motorwagen im Kriegsdienst.** Von
Oberleutnant a. D. W. Oertel.

Die Bibliothek wird fortgesetzt.

*Jede Buchhandlung, sowie die Verlagsbuchhandlung nimmt Be-
stellungen auf einzelne Bände, sowie auf die ganze Bibliothek
entgegen.*



Küster's Autotechnische Bibliothek

Band 16

Das Elektromobil

und

seine Behandlung

von

Ingenieur **Josef Löwy**

k. k. Kommissär u. fachtechnisches Mitglied des k. k. Patentamtes, Wien

Mit 69 Abbildungen im Text



LEIPZIG 1906

Richard Carl Schmidt & Co.

(G. Schönfeld's Verlagsbuchhandlung)

317
PATENT BUREAU
VIA

Patent-Bureau Jul. Küster

Civilingenieur

früher Konstrukteur u. Redakteur im Automobilfach

Berlin SW. 12,

Großbeerenstraße 87 (a. Hall, Ufer)

Fernspr. VI a 10114 Telegr.: Autotechnik, Berlin

Alle Rechte, auch das der Übersetzung, vorbehalten.

Spamersche Buchdruckerei in Leipzig-R.

1917

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
<u>Einleitung</u>	<u>5</u>
<u>Die Energiequellen</u>	<u>10</u>
<u>I. Die Akkumulatoren</u>	<u>10</u>
a) Allgemeines	10
b) Wirkungsweise	13
c) Beispiele von ausgeführten Akkumulatoren . .	16
<u>II. Die Dynamomaschine (Generator).</u>	<u>23</u>
a) Bau und Wirkungsweise	23
b) Regelung	32
<u>Der Elektromotor</u>	<u>35</u>
a) Bau und Wirkungsweise	35
b) Beispiele von Elektromobilmotoren	44
c) Lagerung des Elektromotors und die Übertragung seiner Bewegung auf die Wagenräder	48
d) Regelung des Elektromotors und Regelungs- einrichtungen	53
<u>Elektromobile mit reinem Batteriebetrieb</u>	<u>64</u>
<u>Elektromobile mit gemischtem Betrieb.</u>	<u>87</u>
<u>Elektromobile mit elektrischer Arbeitsüber- tragung</u>	<u>93</u>
<u>Elektromobile mit elektro-mechanischem An- trieb</u>	<u>103</u>

625,6
Q 621

467067^{1*}

	Seite
Behandlung des Elektromobils	114
a) Behandlung der Akkumulatoren	114
b) Behandlung der Dynamomaschinen	119
c) Behandlung der übrigen maschinellen Teile und des Wagens	121
Führung des Elektromobils	123

Einleitung.

Der große Fortschritt, den die praktische Anwendung von Automobilen und die dadurch bewirkte konstruktive Vervollkommnung derselben in den letzten Jahren machte, beschränkte sich bis auf die jüngste Zeit, unter Vernachlässigung des Elektromobils, fast ausschließlich auf den Benzinwagen, obwohl das elektrisch betriebene Automobil, infolge der bekannten vorzüglichen Betriebseigenschaften des Elektromotors, wie kein anderer Selbstfahrer alle jene Vorzüge in sich vereinigt, welche von einem praktischen Verkehrszwecken dienenden Automobil gefordert werden. Die Ursache für diese Vernachlässigung mag darin zu finden sein, daß bis in die jüngste Zeit der Automobilismus fast völlig auf die Pflege jener Kreise angewiesen war, für die das Automobil ein reines Sportfahrzeug ist. Die Ansprüche, die man nämlich an ein solches Fahrzeug zu stellen berechtigt ist, fallen zum Teil nicht mit jenen zusammen, welche man an ein für praktische Verkehrszwecke taugliches stellt. Zu den ersteren gehören insbesondere eine außerordentlich hohe (Renn-) Geschwindigkeit und eine große Wegleistung mit einmaliger Energieaufnahme.

Die Umstände, welche bewirkten, daß die Elektromobile bis in die jüngere Zeit diesbezüglich nicht konkurrieren konnten, waren das große Gewicht, die geringe

Kapazität und die konstruktiven Mängel der Traktionsakkumulatoren, sowie die geringe Durchbildung der Elektromobile mit einem Benzinmotor als primäre Energiequelle. Diese Hindernisse sind jedoch heute zum großen Teile als überwunden zu betrachten, und insbesondere wurden Typen von Akkulatoren geschaffen, welche weitgehenden Ansprüchen genügen.

Das am meisten verwendete Elektromobil ist jenes mit reinem Akkulatorenbetrieb. Die Vorzüge, welche dieses Automobil in sich vereinigt, sind gegenüber seinen Schwächen so überwiegend, daß man es als das für den praktischen Verkehr, insbesondere innerhalb der Grenzen einer Stadt, geeignetste erklären kann. Zu den großen Vorzügen dieses Elektromobils gehören: der einfache, leicht zu übersehende Aufbau, die einfache Wartung und Betriebsführung, die leichte Geschwindigkeitsregelung, die Dauerhaftigkeit und Verlässlichkeit seiner relativ geringen Zahl von Antriebsorganen sowie der ruhige Gang und der geruchlose Betrieb. Die Mängel dieses Automobils sind das noch immer relativ hohe Gewicht der Batterie und die Umständlichkeit des Nachladens.

Während aber einerseits die Bestrebungen, das Batteriegewicht herabzusetzen, von Erfolg begleitet waren, schuf man andererseits Elektromobilkonstruktionen, bei denen nur eine kleine Batterie in Verbindung mit einer Dynamomaschine als Stromquelle zur Verwendung kommt, und Konstruktionen, bei denen die Batterie ganz wegfällt und die gesamte Energielieferung durch die Dynamomaschine stattfindet.

Man kann die Elektromobile in folgende vier Gruppen teilen:

1. Elektromobile mit reinem Batteriebetrieb;

2. Elektromobile mit gemischtem Betrieb;
3. Elektromobile mit elektrischer Arbeitsübertragung;
4. Elektromobile mit elektro-mechanischem Antrieb.

Die Automobile der ersten Gruppe besitzen als Energiequelle lediglich eine Batterie, welche nach ihrer Entladung entweder im Wagen wieder aufgeladen oder durch eine aufgeladene Batterie ersetzt wird und welche ihren Strom in die Antriebselektromotoren sendet.

Bei den Automobilen der zweiten Gruppe ist als Energiequelle ein Explosionsmotor vorhanden, welcher eine Dynamomaschine antreibt, an deren Klemmen in Parallelschaltung eine Akkumulatorenbatterie und die Elektromotoren liegen. Bei dieser Betriebsanordnung spielt die Akkumulatorenbatterie, welche von der Dynamo geladen wird, nur die Rolle einer Pufferbatterie oder Energiereserve, wodurch sie kleiner gewählt werden kann als in dem Falle, wenn sie alleinige Energiequelle ist. Dieser Umstand bedeutet für die Wagen eine Gewichtserleichterung.

Die Elektromobile der dritten Gruppe besitzen den gleichen Antriebsmechanismus wie die der zweiten, nur fällt die Batterie weg, so daß die vom Explosionsmotor gelieferte Energie in Form des von der Dynamo erzeugten Stromes nur in die Elektromotoren geschickt wird.

Die Wagen der vierten Gruppe besitzen teilweise elektrische und teilweise mechanische Energieübertragung. Bei diesen Elektromobilen treibt ein Benzinmotor, zumeist mittels eines mechanischen Vorgeleges, die Wagenräder an. Auf der Achse des Benzinmotors sitzt eine Dynamomaschine, welche den von ihr erzeugten Strom in eine Akkumulatorenbatterie sendet. Bei höherem Energiebedarf schickt die Batterie Strom in die Dynamo, so

daß diese, als Elektromotor wirkend, den Benzinmotor in seiner Leistung unterstützt.

Es ist klar, daß die Elektromobile der zweiten, dritten und vierten Gruppe in ihrer Wegleistung, soweit diese vom Energievorrat bedingt ist, nur von der mitgenommenen Benzinmenge abhängig sind. Wenn auch diese Wagen, infolge der Anordnung eines Benzinmotors, nicht mehr so einfach aufgebaut sind wie die Elektromobile mit reinem Batteriebetrieb, so besitzen doch die Elektromobile der zweiten und dritten Gruppe gegenüber den gewöhnlichen Benzinwagen alle Vorteile des elektromotorischen Antriebes. Wagen der vierten Gruppe mit teilweiser elektrischer und teilweiser mechanischer Energieübertragung stellen sich gegenüber den Wagen mit nur elektrischer Energieübertragung wohl als Verschlechterung dar, wegen der Anordnung eines mechanischen Geschwindigkeitswechsels, jedoch in gewisser Hinsicht als eine Verbesserung des gewöhnlichen Benzinwagens durch die Anordnung einer Energiereserve, welche eine gleichmäßigere Ausnützung und eine schwächere Dimensionierung des Benzinmotors gestattet, denn die Höchstleistung muß bei dieser Konstruktion nicht vom Benzinmotor allein geliefert werden.

Die Elektromobile stehen heute in allen Zweigen des Verkehrs in ausgedehnter Verwendung. Die Elektromobildroschke gewinnt insbesondere für den großstädtischen Verkehr immer mehr an Bedeutung, und auch der Lasten-transport verwendet in immer ausgedehnterem Maße elektrisch betriebene Fahrzeuge. Im praktischen Amerika, in dem das Automobil eine große Rolle spielt, und die schlechten Landstraßen ein Bevorzugen der rein sportlichen Seiten des Automobilismus verhindern, werden

überwiegend Elektromobile gebaut und verwendet, die für den Verkehr innerhalb des Bereiches einer Stadt sicherlich das geeignetste Vehikel sind.

Wir wollen im folgenden an der Hand moderner Konstruktionsbeispiele zunächst die wichtigsten Einzelheiten der Elektromobile besprechen, um dann zur Darstellung einiger Wagentypen überzugehen, wobei jene Konstruktionsteile, welche auch bei den Benzinwagen vorkommen, weniger eingehend erörtert werden und bezüglich welcher auf die einschlägige Literatur verwiesen wird.

Die Energiequellen.

I. Die Akkumulatoren.

a) Allgemeines.

Von größter Bedeutung für den Elektromobilbau sind die Akkumulatoren, welche zahlreichen Anforderungen genügen müssen. Sie müssen relativ leicht sein, geringen Raum beanspruchen, eine große Kapazität und große Widerstandskraft gegen mechanische Erschütterungen und starke Strombeanspruchung besitzen und eine lange Lebensdauer bei möglichst geringen Kosten aufweisen. Trotz der eifrigsten und vieljährigen Bemühungen zahlreicher Forscher gelang es bis heute noch nicht, ohne das schwere Blei einen Akkumulator herzustellen, der den Anforderungen des praktischen Gebrauches ganz gewachsen wäre, doch machte der Bau von Bleiakkumulatoren in Deutschland und insbesondere in Amerika in den letzten Jahren bedeutende Fortschritte und lieferte eine Reihe von Typen, die sich im Elektromobilbau bestens bewährten.

Soll ein Personenfuhrwerk für vier Personen, dessen Leergewicht zwei Drittel der gesamten Last und dessen Fahrgeschwindigkeit 15—18 km in der Stunde beträgt, mit einer Ladung mindestens drei Stunden laufen können, entsprechend einer täglichen Fahrleistung von etwas über 50 km, dann gelangt man nach einer Berechnung von Dr. E. Sieg zur Forderung, daß die

Batterie per Kilogramm ihres Gewichtes mindestens 10,5 W./Std. (Watt-Stunden) oder bei etwa 1,9 V. (Volt) mittlerer Entladespannung mindestens 5,5 A./Std. (Ampère-Stunden) bei dreistündiger Entladung leisten muß. Da jedoch die Batterie, um eine leichte Lenkung des Wagens zu ermöglichen, nicht schwerer als 700 kg sein darf, entsprechend einem Wagenesamtgewicht unter 2 t, muß tatsächlich die Batterie bei dreistündiger Entladung 15,5 W./Std. oder etwa 8 A./Std. per Kilogramm ihres Gewichtes leisten. Demgegenüber beträgt bei stationären Batterien die Kapazität per Kilogramm nur zwischen 3 und 5 A./Std.

Die so wichtige Verringerung des Akkumulatoren- gewichtes wird zunächst erzielt durch Verwendung von Hartgummikästen an Stelle der bei stationären Batterien üblichen Glas- und Holzbleigefäßen. Das Säuregewicht verringert man durch Verkleinerung der Abstände zwischen den Platten sowie zwischen Platten und Kasten, wobei man jedoch Vorsorge zu treffen hat, daß sich die Platten bei dieser gedrängten Anordnung, infolge geringer Durchbiegungen, nicht berühren, weil dadurch Kurzschlüsse entstehen würden, welche die Zelle zerstören. Gewöhnlich werden zur Verhinderung dieser Kurzschlüsse zwischen den Platten gewellte und perforierte Zwischenwände aus Hartgummi angeordnet. Das Gewicht der Elektroden, das etwa 50—60% des Zellengewichtes beträgt, wird durch die Wahl schwacher Platten und Gitter verringert, womit allerdings eine Verringerung der Haltbarkeit der Elektroden Hand in Hand geht.

Die Akkumulatoren werden nach dem Planté- oder dem Fauretypus gebaut. Bei den Akkumulatoren, welche dem ersten Typus angehören, werden Platten

aus geripptem oder aufgerauhtem Blei mit möglichst großer Oberfläche verwendet, und wird die chemisch wirksame Masse an der Plattenoberfläche durch eine wiederholte Ladung und Entladung, die sogenannte Formierung, also auf elektrischem Wege durch Umwandlung des Bleies der Platten, erzielt.

Im Gegensatze hierzu bestehen die Faureplatten aus einem Bleigitter, in welches die chemisch wirksame Masse (Bleiglätte, Mennige) in Form einer Paste eingestrichen wird. Die Faureplatten sind darum auch leichter als die Plantéplatten und gestatten keine so starke Beanspruchung bei der Entladung wie die letzteren, weshalb man die Faureplatten für Automobile verwendet, die ihre Kilometerleistung in längerer Zeit absolvieren können, während man die Plantéplatten für Automobile mit kurzer Fahrtlänge benützt.

Die Unterbringung der Akkumulatorenzellen erfolgt am Wagen in einem einzigen oder in mehreren Holzkästen. Insbesondere bei Lastwagen ist gewöhnlich ein im Wagenuntergestell befestigter ein- oder mehrteiliger und leicht entfernbarer Kasten angeordnet. Bei Luxusfahrzeugen wird, um dem Wagen ein gefälliges Aussehen zu geben, die Batterie in mehreren, an verschiedenen Stellen des Wagens angeordneten Kästen untergebracht, und zwar befinden sich solche Kästen an der Stirnwand des Kutschsitzes, unter dem Kutschsitz und unter den Passagiersitzen. Manchmal findet man auch den Batteriekasten über der Hinterradachse angebracht, welche Lagerung bei Hinterradantrieb die Erhöhung des Adhäsionsgewichtes bewirkt. Selbstverständlich muß unter allen Umständen die Unterbringung der Zellen eine solche sein, daß die Fahrenden

von den den Zellen entweichenden Gasen nicht belästigt werden.

b) Wirkungsweise.

Der Akkumulator hat die Aufgabe, elektrische Energie aufzuspeichern. Dieses Aufspeichern erfolgt dadurch, daß der in den Akkumulator gesandte Strom chemische Zersetzungen an der Oberfläche der Platten, oder in der von letzteren getragenen aktiven Masse, und im Elektrolyten des Akkumulators bewirkt. Der Elektrolyt ist beim Bleiakkumulator verdünnte Schwefelsäure von etwa 1,23 spezifischem Gewicht. Wird nun der durch den elektrischen Strom so veränderte Akkumulator an einen Verbrauchsstromkreis gelegt, dann gibt er elektrische Energie ab, wobei sich die chemischen Veränderungen wieder rückbilden. Beim Laden bildet sich an der Platte (oder Platten) jeder Zelle, an welcher der Strom die Zelle verläßt, d. i. die negative Platte, Blei, welches als silbergraue, schwammige Masse ausgeschieden wird. An der positiven Platte wird dunkelbraunes Bleisuperoxyd ausgeschieden. Gleichzeitig tritt im Elektrolyten eine Vermehrung des Schwefelsäuregehaltes ein. Schon bei Beginn des Ladens steigen in geringem Maße an den Platten Gasblasen auf, und zwar an den negativen Platten Wasserstoff und an den positiven Platten Sauerstoff, welche Gase von der Zersetzung des Wassers herühren. Der größte Teil der sich entwickelnden Gase nimmt an den vor sich gehenden chemischen Veränderungen teil. Gegen das Ende der Ladung jedoch, wenn keine chemischen Neubildungen mehr stattfinden, steigen die Gase unter Bildung reichlicher und großer Blasen auf, man sagt dann: der Akkumulator „kocht“. Dieses

Kochen ist eine Mahnung, mit dem Laden aufzuhören. Die Stärke des Ladestromes ist bei jedem Akkumulator vorgeschrieben, und zwar darf der Strom nur so stark sein, daß die entstehende Sauerstoffmenge fast vollständig an der Bildung des Bleisuperoxydes teilnimmt.

Die Spannung einer Zelle nimmt beim Laden von ungefähr 2,1 V. beginnend rasch bis etwa 2,16 V. zu, sinkt hierauf etwas, um sodann langsam bis 2,2 V. zu steigen. Unter zunehmender Gasentwicklung steigt jetzt die Spannung rasch auf 2,5 V. Beim Überschreiten dieser Spannung beginnt das vorhin erwähnte „Kochen“. Man unterbricht das Laden am besten schon bei 2,49 V.

Beginnt man die Zelle bald nach ihrer Ladung zu entladen, dann hat sie eine Klemmenspannung von fast 2 V. Diese Spannung sinkt rasch auf 1,94 V. und von da ab allmählich. Die Entladung wird unterbrochen, wenn die Klemmenspannung der Zelle nur mehr ungefähr 1,82 V. beträgt.

Um eine Akkumulatorenbatterie zu laden, schaltet man sie an eine Stromquelle konstanter Spannung, wobei man pro Zelle eine erforderliche Ladespannung von 2,5 V. rechnet, damit nämlich während des ganzen Ladevorganges, der ja eine fortwährende Spannungserhöhung der Zellen bewirkt, die Ladespannung pro Zelle die eigene Spannung derselben überwiegt. Da die Spannung der Zelle der Ladespannung entgegenwirkt, kann nur unter der eben erörterten Bedingung Ladestrom in den Akkumulator treten. Weil zu Beginn der Ladung die Gegenspannung des Akkumulators am geringsten ist, ist zu dieser Zeit der Ladestrom am größten. Mit steigender Ladung nimmt wegen der wachsenden Akkumulatorenspannung der Ladestrom ab. Zum Zwecke der Schonung

des Plattenmaterials darf sowohl der Lade- als auch der Entladestrom eine gewisse Größe nicht überschreiten, was beim Laden durch entsprechende, in die Leitungen geschaltete Widerstände erreicht wird. Man rechnet für Akkumulatoren mit mindestens dreistündiger Entladezeit eine Höchstladestromstärke von 0,7—1,3 A. und eine höchste Entladestromstärke von 0,75—1,3 A. pro 1 qdcm Oberfläche der positiven Platte. Bei Akkumulatoren mit etwa einstündiger Entladung geht man mit der Ladestromstärke auf 1,6 A. und mit der Entladestromstärke auf etwa 2 A. pro 1 qdcm Plattenoberfläche.

Das Aufspeicherungsvermögen oder die Kapazität des Akkumulators hängt von der Anzahl und Größe der Platten pro Zelle ab, wobei in jeder Zelle die positiven und negativen Platten je unter sich verbunden sind. Die in den Akkumulator gesandte sowie die von ihm abgegebene Elektrizitätsmenge, seine Kapazität, bestimmt man durch das Produkt aus mittlerem Lade(Entlade-)strom in Ampères (A.) mal Lade(Entlade-)zeit in Stunden (A./Std.), wobei dieses Produkt, auf die Entladung bezogen, bei jedem Akkumulator einen um so größeren Wert liefert, in je längerer Zeit er entladen wird. Multipliziert man in dem angegebenen Produkt die Ampèrezahl mit der herrschenden mittleren Spannung in Volt (V.), dann erhält man die Kapazität des Akkumulators in Wattstunden (W./Std.). Das Produkt $A. \times V.$ stellt die vom Akkumulator in jeder Sekunde aufgenommene oder abgegebene Energiemenge dar. Die vom Akkumulator abgegebene Energiemenge beträgt 75—90% der in ihn geleiteten.

Die Maßeinheiten Volt (V.) für Spannungen, Ampère (A.) für Ströme und Ohm (Ω) für Widerstände sind

aus physikalischen Beziehungen abgeleitete, technische Einheiten. Zwischen diesen Größen besteht der Zusammenhang, daß jener Widerstand die Größe 1Ω besitzt, durch den dann der Strom 1 A. fließt, wenn er an eine Spannung 1 V. gelegt wird.

Bezüglich der Behandlung der Akkumulatoren sei auf das Kapitel „Behandlung des Elektromobils“ verwiesen.

c) Beispiele von ausgeführten Akkumulatoren.

Die Kölner Akkumulatorenwerke Gottfried Hagen verwenden bei ihren Automobilakkumulatoren Gitterplatten, welche aus zwei Gittern bestehen, die durch Stege oder Niete miteinander verbunden sind. Figur 1 zeigt eine solche Platte in Ansicht und zwei Schnitten nach den Linien ab und cd . Die aktive Masse wird von beiden Seiten her zwischen die beiden Gitter gepreßt, so daß sie bündig zur Oberfläche der Gitter liegt. Die Figur 2 zeigt den Aufbau einer Zelle. Parallel zu den Schmalseiten der Elektrodenplatten sind Platten aus Isoliermaterial mit Nuten angeordnet, welche letztere erheblich über dem Boden des Gefäßes endigen. Die Bleiplatten ruhen auf den so gebildeten Vorsprüngen in den Nuten. Das Auseinanderhalten der Platten geschieht durch Glasröhren. Zwischen den äußeren negativen Platten und der Gefäßwand befinden sich Tafeln aus Isoliermaterial.

Die Kölner Akkumulatorenwerke verwenden neuerdings auch einfache Gitter aus Hartblei von 3 mm Stärke mit Maschen, deren Weite $15 \times 15 \text{ mm}$ beträgt. Die Platten sind 130 mm breit, 200 mm hoch und werden

mit etwa 3 mm Abstand eingebaut. Die negativen Platten stehen mit 25 mm hohen Beinen auf dem Kastenboden, und die positiven Platten hängen an Hartgummi-

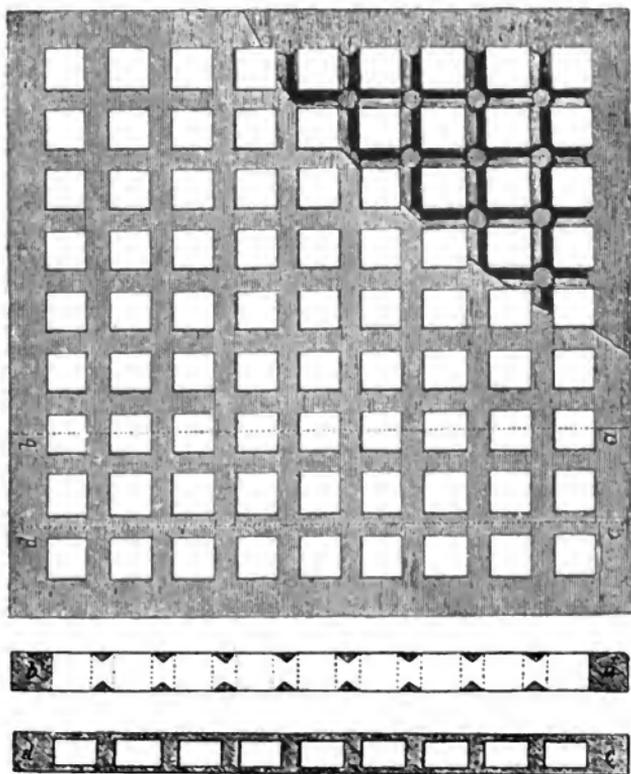


Fig. 1. Gitterplatte
der Kölner Akkumulatorenwerke Gottfried Hagen.

stäben auf den negativen, damit sie sich nach unten frei ausdehnen können. Der Akkumulator besitzt bei fünfständiger Entladung eine Kapazität von 10 A./Std. per Kilogramm Zellengewicht. Zwischen den Elektrodenplatten liegen gewellte und gelochte Hartgummiplatten von $\frac{1}{2}$ mm Dicke. Die Verbindungsleisten der gleich-

namigen Platten sind aus Hartblei gegossen und tragen oben einen Gewindeteil mit Doppelmutter zur Aufnahme der Zellenverbindungen. Die Gewindeteile sind mittels Weichgummipfropfen durch den aus Hartgummi bestehenden Deckel geführt. Ein kleines Loch im Deckel dient zum Entweichen der Gase und ein größeres, durch einen Gummipfropfen geschlossenes, zum Nachfüllen der Säure.

Die neueste Type der Firma besitzt pro Zelle eine größere Anzahl von Platten als üblich, die jedoch nur 2 mm dick sind. Durch die Steigerung der Plattenzahl pro Zelle wird die Kapazität der Zelle erhöht, dafür ist aber die Haltbarkeit der Platten, insbesondere die der positiven, infolge ihrer geringen Stärke herabgesetzt. Die Zellen dieser Type besitzen pro kg Zellengewicht eine Kapazität von 34 W./Std.

Entsprechend der großen Verbreitung des Elektromobils in Amerika, wird in diesem Lande eine große Anzahl verschiedenartiger Akkumulatoren gebaut, von denen wir einige beschreiben wollen.

Der Sperryakkumulator ist nach dem Plantétypus gebaut. Die dünnen Bleiplatten besitzen trapezoidische Löcher, welche die aus Bleipulver, Bleioxyd und Alkalisalzen bestehende aktive Masse aufnehmen. Um zu verhindern, daß bei Erschütterungen aktive Masse abfällt, was zu Kurzschlüssen zwischen den Platten Anlaß geben kann, wird jede Platte zunächst mit einer Hülle aus Baumwollgewebe bekleidet, welches mit Pyroxilin getränkt ist, das mit Nitrobenzol versetzt ist. Über diese Hülle kommt eine Decke aus reiner Zellulose, die durch Druckwirkung mit dem Pyroxilingewebe und der Platte verbunden wird. Diese Decke besitzt Durchbrechungen, die das Zutreten des Elektrolyten zur Platte ermög-

lichen. Auf 1 kg Zellengewicht kommen nach Angaben der Firma bei einer Entladezeit von $5\frac{1}{4}$ Stunden 20 A./Std. oder 40 W./Std.

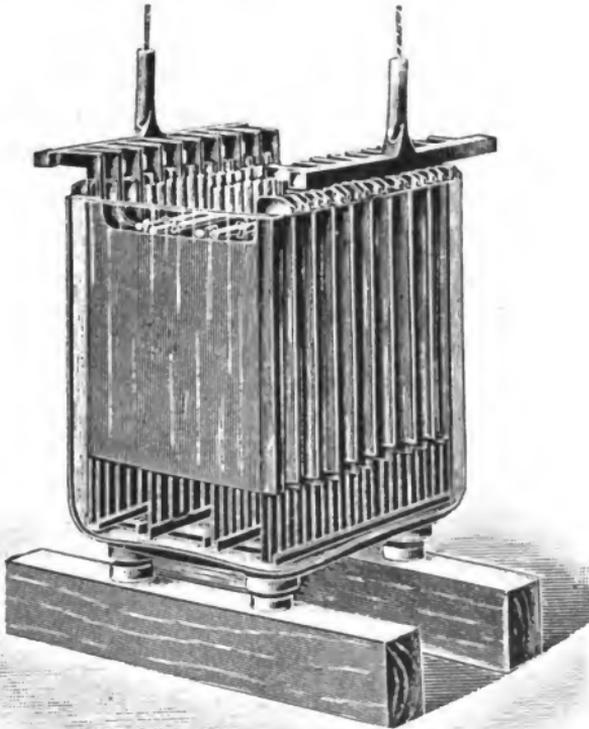


Fig. 2. Akkumulatorenzelle
der Kölner Akkumulatorenwerke Gottfried Hagen.

Die Bleiplatten der Villardbatterie, welche den Plantétypus besitzt, sind sehr dünn und mit Rippen versehen, die fischgrätenartig angeordnet sind und zwischen welchen sich bei der Formierung die Oxyde der aktiven Masse bilden. Durch diese Rippen wird die Plattenoberfläche 16 mal so groß als sie im ungerippten Zustande

war. Dieser Akkumulator gestattet eine ungemein rasche Aufladung, was für den Automobilbetrieb von großem Vorteil ist. Beim Laden wird 20 Minuten lang die doppelte normale Ladestromstärke verwendet, hierauf während 10 Minuten die $1\frac{1}{2}$ fache und schließlich durch 20 Minuten hindurch die $\frac{1}{4}$ fache. Wie die den Akkumulator bauende Firma berichtet, kann das Laden auch in 30 Minuten erfolgen. Zwischen den Platten sind gerippte und mit Löchern versehene Hartgummiplatten angeordnet. Die Standardtype besitzt pro 1 kg Gesamtgewicht bei dreistündiger Entladung eine Leistung von 6,4 A./Std. oder 12 W./Std. Die Type Spezial ergibt für 1 kg Gesamtgewicht und dreistündiger Entladung 6,7 A./Std. oder 12,8 W./Std.

Besonders bemerkenswert ist die Osburnbatterie, die sehr leicht und billig, jedoch von so geringer Lebensdauer ist, daß sie ein- bis zweimal im Jahre erneuert werden muß. Die Platten des Akkumulators werden aus dünn gewalztem Blei herausgestanzt. In diese Platten werden viereckige Löcher gestanzt, die Ecken dieser Löcher diagonal eingeschnitten und die dadurch entstehenden dreieckigen Blechlamellen senkrecht zur Oberfläche der Platte aufgebogen. Die auf die ganze Oberfläche der Platte aufgebrachte aktive Masse, die aus elektrolytisch gefällttem Blei, das mit Bleioxyd und einigen anderen chemischen Stoffen vermengt ist, besteht, wird von diesen Lamellen festgehalten. Nach dem Aufbringen der aktiven Masse wird die Platte einem starken Druck unterworfen. Die negativen Platten sind dünner und leichter als die positiven Platten. Zwischen den Elektrodenplatten befinden sich 0,4 mm dicke Hartgummiplatten, die paarweise angeordnete Schlitze be-

sitzen, durch welche dünne Hartgummistäbchen geflochten sind. Diese Stäbchen schützen einerseits die Hartgummiplatten vor dem Verbiegen und erhöhen andererseits die Dicke derselben auf 3 mm. Die Hartgummiplatten reichen bis unter die Enden der Elektrodenplatten und werden durch Hartgummistäbe zusammengehalten, welche durch die unteren Enden der Hartgummiplatten gehen. Jede Zelle besitzt neun negative und acht positive Platten und ein Gewicht von 16,75 kg. Die Plattengröße beträgt 19×7 cm. Der Elektrolyt ist verdünnte Schwefelsäure und geht noch 3 cm über den oberen Plattenrand hinweg. Bei dreistündiger Entladung erhält man für 1 kg Batteriegewicht 11,6 A./Std. oder 23 W./Std. Einzelne solcher Batterien haben schon 3000 km zurückgelegt, bevor sie reparaturbedürftig wurden.

Von neueren englischen Akkumulatoren sei die Fulmenbatterie erwähnt, die so wie ein vorhin besprochener Akkumulator der Kölner Akkumulatorenwerke Platten aus zwei leichten Gittern besitzt, die durch mehrere Quernietungen miteinander verbunden und Träger der aktiven Masse sind.

Die Platten des französischen, von Dion-Bouton verwendeten Termitakkumulators sind doppelte Bleigitter, die in einem Guß hergestellt werden. Ein Versuchselement, dessen Platten 7 kg wogen, wurde mit 15 A. entladen und dabei blieb die Spannung während 9 Stunden über 2 V. und fiel erst nach $11\frac{1}{2}$ Stunden auf 1,8 V.

Schließlich seien noch die alkalischen Akkumulatoren von Jungner und von Edison erwähnt, an deren Vervollkommnung rüstig gearbeitet wird, die jedoch noch

nicht jene Stufe der Vollendung erreicht haben, um den Bleiakкумуляtor verdrängen zu können.

Beim Jungnerakkumulator bestehen die Elektrodenplatten aus vernickeltem Stahl, und die positive Platte besitzt Löcher, welche mit metallischem Nickel ausgefüllt werden. Die negative Platte besteht aus einem netzartigen Gitter, in dessen Maschen pulverisiertes Eisen mit einem Zusatz von Graphit eingepreßt wird, welche Platte in ein perforiertes Nickelblech gewickelt wird. Der Elektrolyt ist eine konzentrierte Ätzkalilösung. Eine Zelle wiegt 31 kg und enthält fünf positive und vier negative Platten. Bei einer Entladungsstromstärke von 65 A. beträgt die Kapazität 130 A./Std. und kommen 20 bis 24 W./Std. auf 1 kg Zellengewicht.

Die Elektrodenplatten der Edisonzelle besitzen ein vernickeltes Stahlgerippe. Bei den positiven Platten besteht die aktive Masse aus einer Mischung von Nickelperoxyd und Graphit, bei den negativen Platten aus schwammigem Eisen und Graphit. Die aktive Masse wird mit einer Ätzkalilösung angerührt und mittels einer hydraulischen Presse zu einem Block verdichtet. Teile dieses Blockes werden in Taschen aus perforiertem und vernickeltem Stahlblech geschoben und diese Taschen hierauf in die Öffnungen der Plattengitter gebracht und in ihnen befestigt. Die Platten werden in einem vernickelten Stahlblechkasten untergebracht. Das Gewicht einer Zelle beträgt 7,77 kg, und die Anfangsspannung derselben ist 1,6 V., während die mittlere Entladungsspannung 1,25 V. beträgt. Die Kapazität der Zelle, welche pro Kilogramm Totalgewicht im Durchschnitt 27 A./Std. beträgt, ist in viel geringerem Maße von der Entladungsstromstärke abhängig als die einer Bleizelle.

Die Edisonzelle kann ohne Schaden so lange entladen werden als noch Spuren von Ladung vorhanden sind. Die Zelle gestattet große Überlastungen, und die Spannung derselben erholt sich nach sehr starken Entladungen ungemein rasch.

II. Die Dynamomaschine (Generator).

a) Bau und Wirkungsweise.

Wir haben im ersten Abschnitte erwähnt, daß bei vielen Elektromobilen zur Energielieferung Dynamomaschinen herangezogen werden, die ihren Antrieb von Benzinmotoren erhalten.

Wir wollen nun in aller Kürze die Wirkungsweise einer Dynamomaschine resp. eines Stromerzeugers besprechen. Man verwendet in der Elektrotechnik den Ausdruck Dynamomaschine sowohl zur Bezeichnung eines Stromerzeugers als auch eines Elektromotors und nennt den Stromerzeuger zum Unterschiede vom Elektromotor auch Generator.

Denken wir uns, wie in Figur 3 gezeichnet, einen elektrisch leitenden Stab, etwa einen Kupferstab, im Kreise herum durch ein Magnetfeld bewegt. Von dem mit N bezeichneten magnetischen Nordpol gehen Kraftlinien aus, welche in den mit S bezeichneten magnetischen Südpol eintreten. Zwischen diesen Polen bewegt sich der senkrecht zur Papierebene angeordnet gedachte Kupferstab in der punktiert gezeichneten Kreislinie. Der Kupferstab ist durch einen kleinen Kreis angedeutet. Wenn nun dieser Stab vor der Stirnfläche des Nordpols vorbeigeht, dann schneidet er die Kraftlinien und dadurch wird in ihm eine elektromotorische Kraft (EMK.)

erzeugt oder induziert, deren Richtung man, wie nachstehend angegeben, leicht bestimmen kann. Bewegt sich der Kupferstab auf seinem Kreiswege vor der Stirnfläche des Südpoles, dann wird in ihm ebenfalls eine

elektromotorische Kraft erzeugt, die jedoch der vorher in ihm induzierten entgegengerichtet ist.

Zur Bestimmung der Richtung der EMK. denkt man sich, daß durch die Bewegung des Leiters in dem früher geradlinigen Kraftlinienbündel eine Welle im Sinne der Bewegung aufgeworfen wird, wie dies die Figur 4 zeigt. Schaut man nun in die Richtung des sich bewegenden Leiters, also senkrecht auf die Papieren ebene, und denkt man sich in dieser Richtung einen Pfropfenzieher, der so gedreht wird, wie es die Pfeilrichtung der um

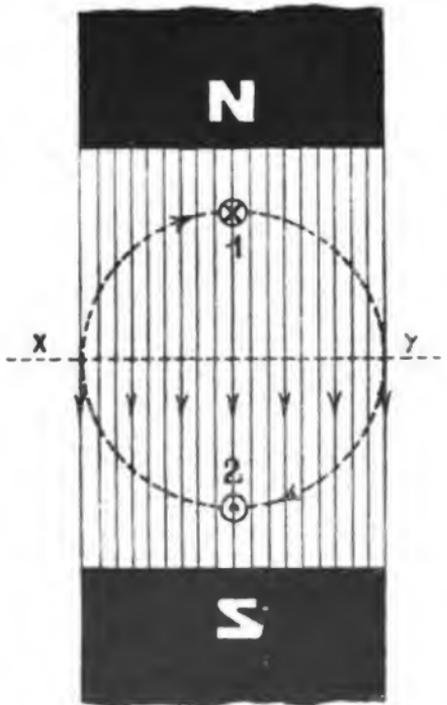


Fig. 3. In einem Magnetfeld rotierender Kupferstab.

den Leiter kreisenden Kraftlinien angibt, dann hat die in dem Leiter induzierte elektromotorische Kraft jene Richtung, in welcher sich der Pfropfenzieher bei der angegebenen Drehung bewegt, wenn man sich vorstellt, daß der Pfropfenzieher dabei in einem festen Körper gebettet ist. In dem in Figur 4 gezeichneten Falle

bewegt sich der Pfropfenzieher in der Richtung hinter die Papierebene, und dieselbe Richtung hat auch die induzierte EMK. Wir bezeichnen diese Richtung im Querschnitt des Leiters mit einem Kreuz: \times . Dementsprechend ist auch die Richtung der elektromotorischen Kraft in der mit 1 bezeichneten Stellung des Leiters in Figur 3 die gleiche. Wenn sich der Leiter in der Stellung 2 befindet, dann ergibt die Anwendung der vorhin besprochenen Regel, daß in ihm eine gegen den Beschauer gerichtete elektromotorische Kraft induziert wird, was wir durch Anbringung eines Punktes im Querschnitte des Leiters hervorheben wollen.

Die Größe der induzierten EMK. ist proportional der von dem Leiter während seiner Bewegung in der Zeiteinheit geschnittenen Kraftlinien, also um so größer, je dichter das Kraftlinienbündel ist, je länger der Leiter ist und je schneller er sich bewegt.

Aus den obigen Erörterungen folgt, daß bei der Bewegung des Leiters gemäß der Anordnung in Figur 3 in ihm eine in ihrer Richtung und Größe fortwährend wechselnde, durch eine Wellenlinie mit positiven und negativen Maxima darstellbare EMK. induziert wird. Der Richtungswechsel vollzieht sich, sobald der Leiter bei seiner Bewegung die Richtungslinie xy passiert. Beim Passieren der Achse xy selbst, der neutralen Achse, wird keine EMK. induziert, weil dabei der be-

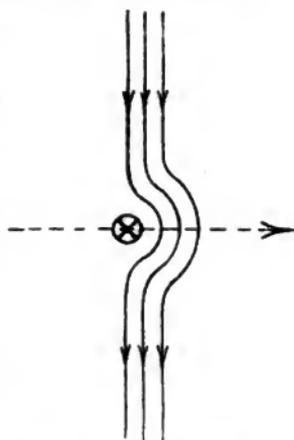


Fig. 4. Bestimmung der Richtung der induzierten EMK.

wegte Leiter keine Kraftlinien schneidet, sondern sich in der Richtung der Kraftlinien bewegt. Beim Passieren der Magnetfeldachse wird der größte Wert der EMK induziert, weil der bewegte Leiter dabei in der Zeit-

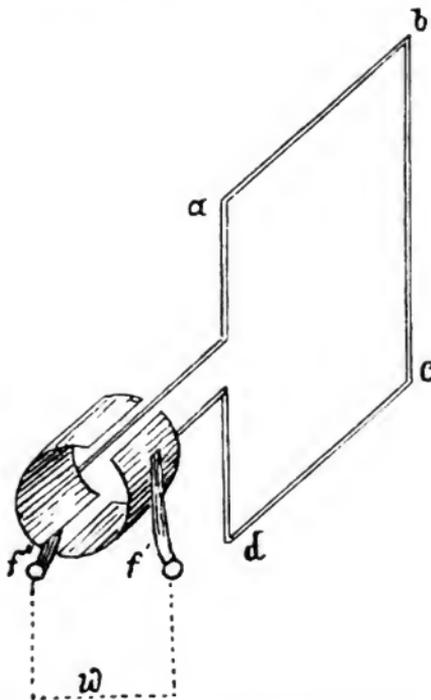


Fig. 5. Zwei zu einer Schleife verbundene induzierte Leiter.

einheit die größte Anzahl von Kraftlinien schneidet.

Die EMK. haben wir uns wie einen im Leiter herrschenden Druck vorzustellen. Verbinden wir die Enden des Leiters durch einen zweiten Leiter miteinander, bilden wir also einen geschlossenen Leiterkreis, dann entsteht durch die Druckwirkung der EMK. ein elektrischer Strom, der im allgemeinen mit der Richtung der EMK. seine Richtung ändert. Bei der Anordnung gemäß

Figur 3 erhalten wir also in dem zu einem geschlossenen Kreise ergänzten und sich in einem Kreise bewegenden Leiter einen elektrischen Wechselstrom.

Man kann nun die Einrichtung so treffen, daß nur in dem induzierten Leiter Wechselstrom fließt, während in dem äußeren Schließungskreise ein Strom von beständig gleicher Richtung, also ein sogenannter Gleich-

strom, fließt. Denkt man sich in Figur 3 statt eines Leiters, der abwechselnd die Stellungen 1 oder 2 einnimmt, zwei diametral zueinander liegende Leiter 1 und 2, welche im Sinne des Pfeiles gleichzeitig in einem Kreise umlaufen, dann haben die elektromotorischen Kräfte in den beiden Leitern jederzeit untereinander verschiedene Richtung. In jedem der beiden Leiter bleibt das Vorzeichen der EMK. so lange dasselbe, als sich der Leiter von der Achse xy aus über einen Pol bis wieder zur xy -Achse bewegt. Wenn sich beide Leiter in der Achse xy befinden, dann wird in keinem der beiden eine EMK. induziert. Denken wir uns nun nach Figur 5 beide Leiter zu einer Schleife verbunden, deren Enden je an einen Halbzylinder aus leitendem Material angeschlossen sind. In dieser Schleife addieren sich jeweilig die beiden induzierten elektromotorischen Kräfte und ergeben eine ihre Richtung fortwährend wechselnde, wellenförmige Summen-EMK. Auf dem Umfange des von den beiden Halbzylindern gebildeten Zylinders, der mit den Leitern umläuft, schleifen zwei ruhende Bürsten f' und f'' , an die der äußere Verbrauchstromkreis w angeschlossen ist. Jede der beiden Bürsten ist mit einem der Halbzylinder nur so lange in Berührung, als die Summen-EMK. in der Schleife eine unveränderte Richtung hat. In dem Augenblicke jedoch, in dem diese EMK. ihre Richtung ändert, kommt diese Bürste in Berührung mit dem zweiten Halbzylinder. Wenn demnach vor dem Richtungswechsel der durch die wirkende Summen-EMK. erzeugte Strom von der Schleife in die Bürste f' eintrat, wird jetzt, nach erfolgtem Richtungswechsel, der Strom wieder von der Schleife zur Bürste f' fließen und dadurch im Verbrauchstromkreise w immer in derselben Rich-

tung. Die beiden Halbzylinder verändern also fortwährend die Art des Anschlusses der Schleife an den Verbrauchsstromkreis. Einen derartigen Apparat nennt man einen Kollektor oder Kommutator. Dieser im Kreise w fließende Strom ist kein Gleichstrom konstanter Stärke, sondern einer, dessen Stärke fortwährend zwischen einem positiven Maximum und 0 variiert, da er aus dem wellenförmigen Wechselstrom

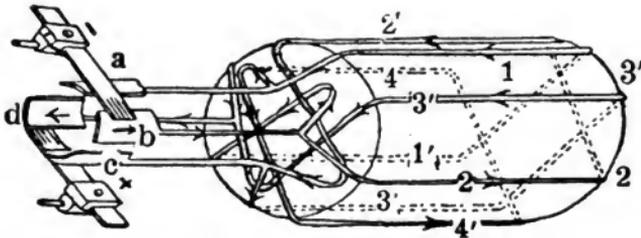


Fig. 6. Schema eines Dynamoankers mit Kommutator.

durch Umrichtung jeder zweiten (negativen) Halbwelle entstanden ist.

Statt zweier Leiter verwendet man nun eine ganze Anzahl solcher um den Umfang eines Zylinders verteilter Leiter, welche alle untereinander und mit Segmenten eines Zylinders (Kommutators) in Verbindung stehen, wie es die Figur 6 zeigt. In dieser Figur sind acht Leiter gezeichnet, die zu vier Schleifen verbunden sind. Die Leiter sind an vier Kommutatorsegmente angeschlossen, da je zwei Leiter ein gemeinsames Segment besitzen. Man ersieht aus der Figur, daß sich die in je vier Leitern induzierten elektromotorischen Kräfte addieren. Die beiden Leitergruppen sind durch die Bürsten parallel geschaltet gemäß Figur 7, wobei die Spannung zwischen den gemeinsamen Enden + — der beiden Gruppen die

Bürsten- oder Klemmenspannung der Maschine ist. Die Klemmenspannung der Maschine ist also im vorliegenden Falle gleich der Summe der in der halben Zahl der Ankerleiter induzierten elektromotorischen Kräfte. In dieser Figur sind die Leiter, resp. die in ihnen induzierten elektromotorischen Kräfte, durch galvanische Elemente veranschaulicht. In dem Momente, in welchem die EMK. eines Leiters ihre Richtung wechselt, passiert die mit demselben verbundene Kollektorlamelle die Bürstenlinie oder neutrale Linie und es ist, als ob in der in Figur 7 gezeichneten Leiterkette das Element 1 an die Stelle 2 gerückt wäre, so daß trotz des vom Element in Bezug auf die Leiterkette gelieferten entgegengerichteten Stromes dieser Strom doch in der gewünschten Richtung in den äußeren Kreis übertritt. Man erhält bei dieser Einrichtung im Gegensatz zu der durch die Figur 5 dargestellten einen Gleichstrom fast konstanter Stärke, weil sich die zwischen den Klemmen + — ergebende Spannung als fast konstante Summe

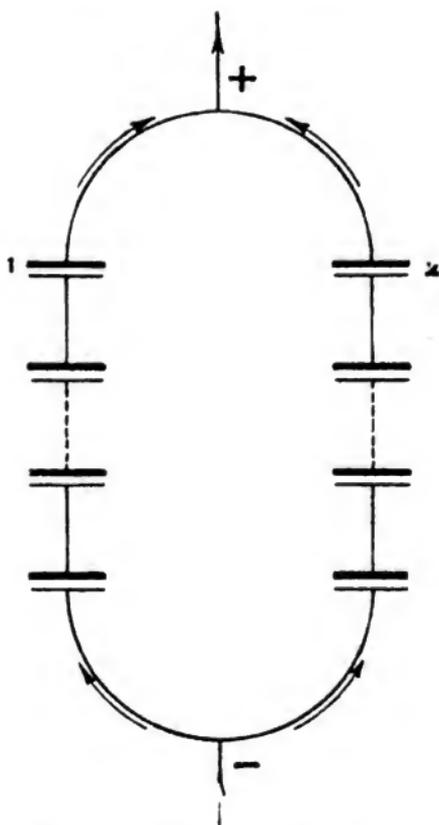


Fig. 7. Darstellung der Schaltung in einem Dynamoanker.

mehrerer, untereinander verschieden großer Einzelspannungen ergibt.

Die Figur 6 zeigt das Schema des in der Praxis zu meist verwendeten Trommelankers. Die induzierten Leiter können auch auf einem Ringe aufgewickelt sein, in welchem Falle man von einem Ringanker spricht.

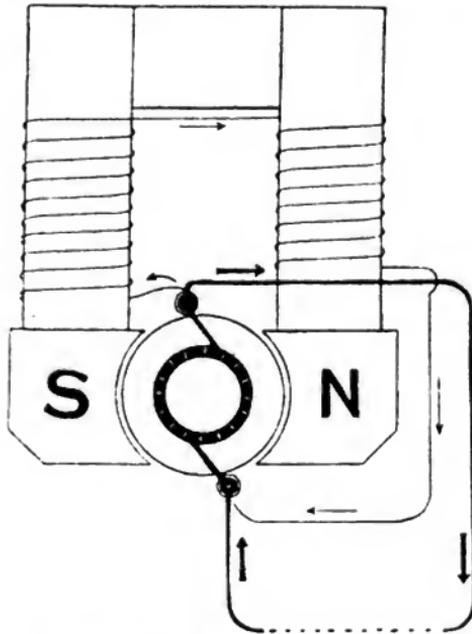


Fig. 8. Schema einer Nebenschluß-Dynamomaschine.

Die Figur 8 gibt das Schema einer nach den besprochenen Prinzipien gebauten Dynamomaschine. Man sieht in der Figur einen hufeisenförmigen Eisenkörper, den Feldmagneten, in dem das induzierende Magnetfeld durch einen die Schenkel des Eisenkörpers umkreisenden Erregerstrom erzeugt wird. Zwischen den Polen *NS* dieses Feldmagneten dreht sich der durch einen Kreis dargestellte Trommelanker, der mit einem Kollektor ver-

bunden ist, auf welchem Bürsten schleifen. Von den Bürsten wird sowohl der Nutzstrom als auch der vorhin erwähnte Erregerstrom abgenommen. Die induzierten Windungen liegen gewöhnlich in Nuten des aus Eisen hergestellten Ankers, der an seiner Umfläche Bandagen zum Schutze der Ankerwicklung trägt. Die Figur 9 zeigt die Ansicht eines solchen Ankers.

Dadurch, daß sowohl der Feldmagnet als auch der Anker aus Eisen bestehen, also aus einem Material, das den Kraftlinien einen geringen Widerstand entgegen-

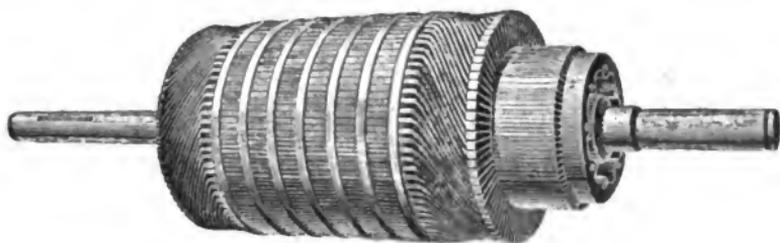


Fig. 9. Dynamoanker.

setzt, kann man mit dem gleichen Erregerstrom bedeutend mehr Kraftlinien erzeugen als in dem Falle, wenn die Ankerwicklungen auf einem eisenlosen Körper angebracht wären.

Wir haben bis jetzt nur von Maschinen gesprochen, bei denen der Feldmagnet zwei einander diametral gegenüberliegende Pole besitzt. Statt zweier Pole kann nun der Feldmagnet auch ein Mehrfaches von zwei Polen besitzen, die im Kreise um den Anker herum angeordnet sind. Auf dem Kollektor solcher Maschinen schleifen sovielmals zwei Bürsten als Feldpolpaare vorhanden sind, wobei die gleichnamigen Bürsten je untereinander verbunden sind. Solche mehrpolige Maschinen stellen be-

züglich ihrer Leistungsfähigkeit im wesentlichen eine Vereinigung mehrerer zweipoliger Maschinen dar, wobei sämtliche, der Feldpolzahl entsprechenden Ankerleitungsgruppen, durch bestimmte Schaltung der Ankerwicklung, zu zwei parallel geschalteten Gruppen vereinigt oder aber sämtliche Gruppen untereinander parallel geschaltet sein können. Im ersteren Falle ist die Klemmenspannung der Maschine gleich der Summe der in der halben Anzahl der Ankerleiter induzierten EMK., während sie im letzteren Falle nur gleich der EMK. einer Ankerleitungsgruppe ist, d. i. der Ankerleiterzahl $\frac{N}{P}$, wenn N die Anzahl sämtlicher Ankerleiter und P die Polzahl der Maschine bedeutet.*)

b) Regelung.

Bezüglich der Regelung der Dynamomaschinen während des Betriebes wollen wir an dieser Stelle nur auf die allgemeinen Prinzipien der Regelung verweisen und spezielle Methoden bei der späteren Besprechung praktischer Beispiele erörtern.

Wir haben durch die Figur 8 das Schema einer Dynamomaschine veranschaulicht, wie sie im Elektromobilbau allgemein angewendet wird. Die Maschine ist eine sogenannte Nebenschlußmaschine, d. h. die den Feldmagnet erregende Wicklung ist von den Kollektorbürsten in Parallel- oder Nebenschlußschaltung zum äußeren Verbrauchsstromkreis abgezweigt. Der Erregerstrom ist dadurch vom Verbrauchsstrom unabhängig. Die Spannung an den Kollektorbürsten, deren Größe

*) Bezüglich der Induktion rotierender Leiter siehe auch das in der Autotechnischen Bibliothek erschienene Buch des Verfassers über „Die elektrische Zündung bei Automobilen und Motorfahrrädern“.

für die Größe der genannten Ströme bestimmend ist, wird nun gewöhnlich konstant gehalten.

Es sei an dieser Stelle erwähnt, daß, wenn in einem geschlossenen Leiterkreis eine EMK. = E Volt wirkt, der durch diese EMK. im Leiterkreis erzeugte Strom eine Größe in Ampères besitzt: $J = \frac{E}{W}$, wobei W den Widerstand des Leiterkreises in Ohm bedeutet (Ohm'sches Gesetz). Bei der Nebenschlußdynamo fließt durch die Ankerwicklung ein Strom, der gleich ist der Summe aus Erreger- und Verbrauchsstrom. Dieser Summenstrom teilt sich an den Bürsten in die zwei genannten Einzelströme. An den Bürsten herrscht nun eine Spannung E_1 , welche um einen gewissen Betrag e kleiner ist als die elektromotorische Kraft E , welche im Anker induziert wird. Dieser Betrag e ist das Produkt: Ankerstrom \times Ankerwiderstand. Leiten wir die Größe des Erreger- und des Verbrauchsstromes von der Bürstenspannung E_1 ab, dann beträgt der Erregerstrom $i = \frac{E_1}{w}$ und der Verbrauchsstrom $J = \frac{E_1}{W}$, in welchen Gleichungen w den Widerstand des Erregerkreises und W den Widerstand des Verbrauchskreises bedeutet.

Es sei bemerkt, daß man zum Unterschiede von der in einem Leiter induzierten, oder auf chemischem Wege erzeugten, elektromotorischen Kraft den zwischen zwei beliebigen Punkten des Leiters herrschenden elektrischen Druck als Spannung bezeichnet. Unter der Spannung einer Batterie versteht man die Spannung zwischen ihren Polklemmen und unter der Spannung eines Generators die Spannung zwischen den Enden der Ankerwicklung. Solange eine Stromquelle nicht geschlossen ist, ist ihre Spannung gleich ihrer elektro-

motorischen Kraft. Wird die Stromquelle durch einen Leiter geschlossen, dann fließt durch dieselbe und den Leiter ein Strom. Dieser Strom bedingt durch die Überwindung des Leitungswiderstandes der Stromquelle einen Spannungsverlust im Innern derselben, sodaß die Klemmenspannung der Stromquelle kleiner wird als die im Innern derselben herrschende elektromotorische Kraft.

Die Größe der im Anker einer zweipoligen Maschine induzierten EMK., und somit auch die Größe der Bürstenspannung, ist nach dem Vorhergehenden proportional der Summenlänge der halben Anzahl der bewegten induzierten Leiter (Anzahl der Leiter), der Geschwindigkeit der Bewegung (Tourenzahls des Ankers) und der Dichte des Kraftlinienfeldes (Gesamtzahl der Kraftlinien).

Zur Regelung der Spannung an den Bürsten der Dynamo kann man demnach die Antriebstourenzahl verändern; gewöhnlich wirkt man jedoch zur Änderung der Bürstenspannung auf die Größe des Erregerstromes ein, indem man in den Erregerkreis mehr oder weniger zusätzlichen Widerstand schaltet. Mit der Größe des Erregerstromes steigt oder fällt, wenn auch nicht proportional, die Anzahl der erzeugten Kraftlinien.

Die von einer Dynamomaschine pro Sekunde abgegebene Leistung wird durch das Produkt $J \times E$ Watt, d. i. abgegebener Strom in Ampère mal Bürstenspannung in Volt gemessen, wobei 736 W. einer Pferdekraft (PS.) äquivalent sind.

Bezüglich der Behandlung der Generatoren sei auf den bezüglichen Abschnitt bei der Besprechung der Behandlung des Elektromobils verwiesen.

Der Elektromotor.

a) Bau und Wirkungsweise.

Wir besprachen im vorigen Abschnitt die Tatsache, daß in einem geschlossenen Leiter, der bei seiner Bewegung ein Kraftlinienfeld schneidet, ein Strom induziert wird. Schickt man nun durch einen beweglichen, sich in einem Kraftlinienfeld befindenden Leiter einen Strom, dann wird der stromdurchflossene Leiter von dem Felde abgestoßen. Denken wir uns in dem durch die Figur 3 veranschaulichten Falle durch den Leiter in der Stellung 1 einen Strom geschickt, der hinter die Papierebene fließt, also einen Strom, der dieselbe Richtung besitzt, wie der im Leiter, wie früher besprochen, induzierte Strom, dann wird der Leiter entgegen der Richtung des in der Kreisbahn eingezeichneten Pfeiles in Bewegung gesetzt. Es ist leicht einzusehen, warum tatsächlich diese Bewegung eintritt. Bewegt man nämlich den Leiter durch das Feld, dann wird man zur Durchführung dieser Bewegung eine Arbeit brauchen, welche aufgewendet werden muß, um den Gegendruck des stromdurchflossenen Leiters zu überwinden. Diese aufgewendete Arbeit ist nicht verloren, sondern setzt sich um in den Arbeitsinhalt des im Leiter fließenden Stromes. Der Gegendruck des Leiters rührt von der die Bewegung desselben zu hemmen suchenden Wechselwirkung zwischen Feld und Strom her. Schickt man nun durch den Leiter einen Strom von der Richtung der induzierten EMK. und überläßt man den Leiter sich selbst, dann wird der Leiter dieser Wechselwirkung folgen und sich in der seiner früheren Bewegungsrichtung entgegengesetzten Richtung von selbst bewegen. Damit ist die Ursache der

Rotation des Ankers eines Elektromotors im Prinzip erklärt. Statt eines einzigen Leiters verwendet man nun ebenso wie bei einer Stromerzeugmaschine eine ganze Anzahl auf einem Ankerkörper angeordneter Leiter, die mit einem Kollektor verbunden sind.

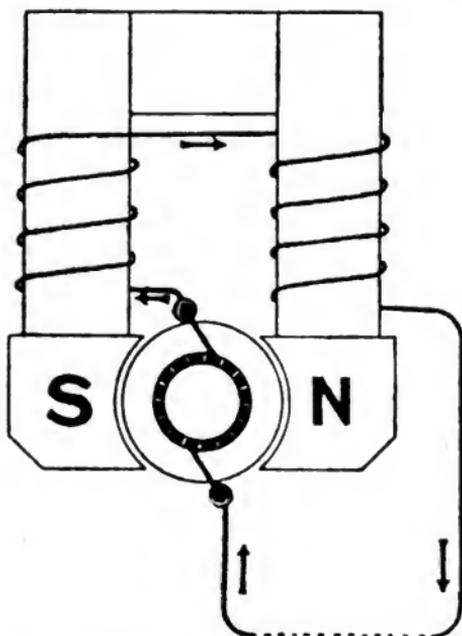


Fig. 10. Schema eines Serien-Elektromotors.

Die Figur 10 stellt das allgemeine Schema eines Elektromotors dar, wie er für Traktionszwecke verwendet wird. Wir sehen, daß bei diesem Elektromotor der Erregerstrom nicht wie bei der Nebenschlußdynamo (Fig. 8) unabhängig vom äußeren Strom ist, sondern daß ein und derselbe Strom hintereinander (in Serie) durch den Anker, die Feldmagnetwicklung und den äußeren Kreis fließt, in welchem letzterem wir uns die Stromquelle

angeordnet zu denken haben. Einen solchen Elektromotor nennt man einen Serienelektromotor.

Die Figur 11 gibt das Schema jener Form des Serienelektromotors wieder, die im Elektromobilbau allgemein

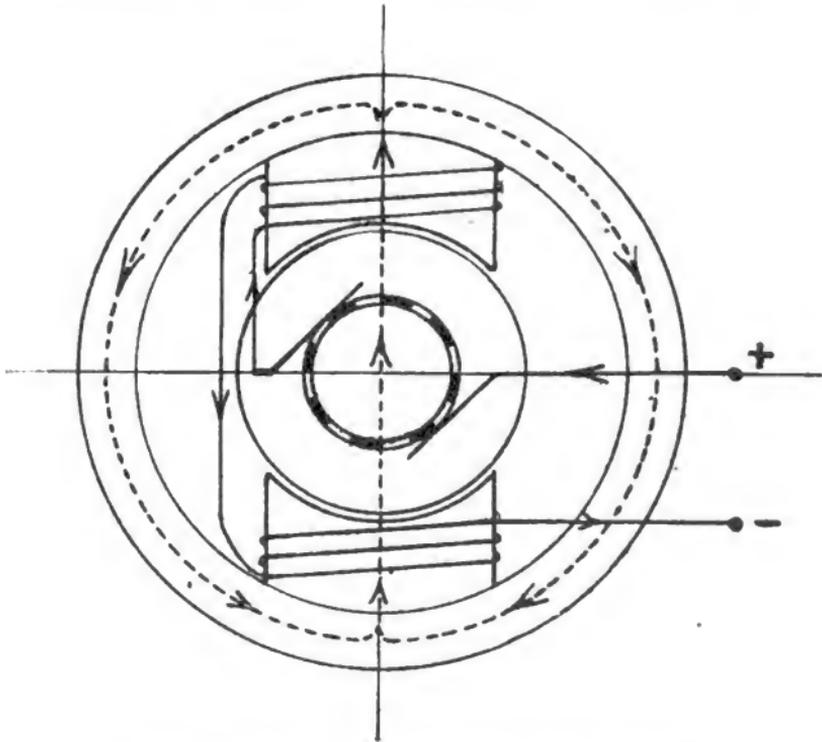


Fig. 11. Schema eines Elektromobil-Elektromotors.

verwendet wird. Wir sehen, daß der Motor ein zylinderförmiges Feldmagnetgehäuse besitzt und daß das die Feldmagnetpole und den Anker durchsetzende Kraftlinienbündel das Feldmagnetgehäuse selbst in zwei Teilen durchsetzt.

Es gibt auch sogenannte Nebenschlußmotoren, welche den gleichen Aufbau wie die Nebenschlußgeneratoren

besitzen, doch spielt diese Art von Motoren in der Elektromobiltechnik keine Rolle.

Der Strom tritt beim Serienmotor (Fig. 10) bei der unteren Bürste in den Anker ein und teilt sich in zwei Zweigströme, wie es das Schema Figur 7 zeigt, wobei die beiden Ströme sich bei der zweiten Bürste wieder vereinen. Der Kollektor hat die Aufgabe, zu bewirken, daß in den jeweilig vor einem und demselben Pole sich befindenden Leitern der Strom immer in derselben Richtung fließt, so daß auf den Anker immer ein Drehmoment gleicher Richtung ausgeübt wird. Die Funktion des Kollektors ist also beim Elektromotor dieselbe wie beim Stromerzeuger oder Generator, nur ist sozusagen die Reihenfolge der Vorgänge eine umgekehrte. Beim Generator wird der in jedem Leiter induzierte Wechselstrom durch den Kommutator in Gleichstrom verwandelt, während beim Elektromotor der von außen zugeführte Gleichstrom in jedem einzelnen Leiter als Wechselstrom auftritt, und zwar findet der Richtungswechsel des Stromes wie beim Generator in dem Augenblicke statt, in dem der betreffende Leiter, resp. die mit ihm verbundene Kollektorlamelle, die neutrale Linie passiert.

Wir wollen nun auf Grund des bisher Besprochenen und der Figuren 3 und 10 die Wirkungsweise des Elektromotors im allgemeinen erläutern.

Wir haben gesehen, daß sich ein stromdurchflossener Leiter, der in den Bereich eines magnetischen Kraftfeldes gebracht wird, in bestimmter Richtung in Bewegung setzt. Bei dieser Bewegung schneidet aber der Leiter die Kraftlinien und infolgedessen wird in ihm eine EMK. induziert, welche entgegengerichtet ist der EMK., die das Fließen des in den Leiter gesandten

Stromes bewirkt. Man nennt diese induzierte EMK. auch die Gegen-EMK. Da diese EMK. der ursprünglich in dem Leiter allein wirkenden entgegengerichtet ist, wird letztere geschwächt, und dadurch wird auch der Strom schwächer. Schließlich stellt sich eine Stromstärke ein, die gerade jene Größe hat, daß sie in Wechselwirkung mit dem Magnetfeld ein Drehmoment ergibt, das ebenso groß ist wie jenes Drehmoment, welches die Bewegung des Leiters mechanisch zu hemmen sucht, also beim Elektromotor der Praxis die an der Ankerwelle angehängte Last. Würde dieses die Bewegung hemmende Drehmoment absolut gleich 0 sein, d. h. wären nicht einmal Reibungswiderstände zu überwinden, ein praktisch unmöglicher Fall, dann würde sich der Leiter, resp. der bewickelte Anker, so rasch drehen, daß die durch die Bewegung induzierte Gegen-EMK. ebenso groß wäre wie die dem Leiter aufgedrückte EMK., so daß kein Strom und damit kein Drehmoment entstehen würde.

Stellen wir uns vor, die Ankerwelle hätte dauernd ein bestimmtes Drehmoment zu überwinden und der resp. die Ankerleiter seien an eine bestimmte Spannung angelegt, dann wird gemäß dem Vorhergesagten der Anker mit einer bestimmten Geschwindigkeit und bei einem gegebenen Felde mit einem bestimmten Ankerstrom umlaufen. Soll nun der Anker rascher umlaufen, dann können wir zweierlei machen: entweder wir vergrößern die den Ankerleitern von außen zugeführte Spannung oder wir schwächen das Magnetfeld. Steigt die dem Anker zugeführte Spannung, dann muß der Anker, infolge des momentan ansteigenden Stromes, rascher laufen, und damit steigt die Gegen-EMK., welche die im Leiter wirkende Spannung wieder herabdrückt.

Wird das Magnetfeld geschwächt, dann muß der Anker, infolge des momentanen Sinkens der Gegen-EMK. und des dadurch bewirkten Anwachsens des Ankerstromes, rascher laufen, und damit steigt trotz des schwächeren Feldes die Gegen-EMK. wieder auf den notwendigen Betrag. In der Praxis erfolgt die Vergrößerung der zugeführten Ankerspannung durch das Verringern der dem Elektromotor eventuell vorgeschalteten Widerstände oder durch Vergrößerung der EMK. der Stromquelle und die Schwächung des Feldes durch Verringerung der das Magnetfeld erzeugenden Ampèrewindungen, d. h. des Produktes aus Erregerstrom und Zahl der auf dem Feldmagneten angeordneten wirksamen Erregerwindungen, was durch Umschaltungen an der Erregerwicklung geschieht. Selbstverständlich sinkt die Tourenzahl des Ankers, wenn man die ihm zugeführte Spannung verringert oder das Magnetfeld verstärkt. Denken wir uns, daß die Belastung des Elektromotors ansteigt, dann sinkt die Tourenzahl des stärker belasteten Ankers, dadurch sinkt die Gegen-EMK. und der Ankerstrom kann auf die der größeren Belastung entsprechende Größe anwachsen.

Die eben besprochenen Regelungsvorgänge werden beim Serienelektromotor davon beeinflußt, daß der dem Elektromotor zugeführte Strom hintereinander durch die Anker- und die Feldwicklung fließt, d. h. mit dem Steigen und Sinken des Ankerstromes steigt oder sinkt gleichmäßig der Erregerstrom. Die Feldstärke wächst aber nicht gleichmäßig mit dem Erregerstrom, sondern langsamer und zwar um so langsamer, je größer der Erregerstrom ist. Wenn man die dem Elektromotor zugeführte Spannung erhöht, dann steigt nicht nur die den

Ankerleitern, sondern immer auch die der Feldwicklung aufgedrückte Spannung und daher auch die Feldstärke.

Bei steigender Belastung, aber konstanter zugeführter Spannung, wird die Tourenzahl eines Elektromotors um so mehr abfallen, je mehr mit ansteigendem Ankerstrom auch das Feld ansteigt, weil dann der Anker schon bei geringeren Tourenzahlen die notwendige Gegen-EMK. entwickeln kann. Den größten Tourenabfall mit steigender Belastung wird demnach der Serieelektromotor aufweisen, weil ja bei ihm, wie vorhin hervorgehoben, der Erregerstrom mit dem Ankerstrom identisch ist. Der letztere Umstand macht aber den Serienmotor für Traktionszwecke besonders geeignet, weil er bei großer Belastung, etwa beim Anfahren, nicht nur einen großen Ankerstrom, sondern auch ein starkes Feld besitzt. Im Gegensatze hierzu bleibt beim Nebenschlußmotor, wegen des konstant bleibenden Feldes, die Tourenzahl bei Änderung der Belastung fast konstant.

Während beim Serieelektromotor die zugeführte Spannung teils auf die Ankerwicklung und teils auf die Feldwicklung entfällt, liegen beim Nebenschlußmotor die Feldwicklung und die Ankerwicklung, resp. die Bürsten, beide an der vollen zugeführten Spannung.

Die an die äußeren Leitungen anzuschließenden Motorpunkte sind demnach beim Serienmotor eine Bürste und ein mit einer Klemme verbundener Endpunkt der Feldwicklung beim Nebenschlußmotor jedoch die beiden Bürsten.

Erwähnt sei noch, daß beim Serienmotor die Feldwicklung, da sie denselben Strom führt wie die Ankerleiter, aus demselben starken Draht gefertigt sein muß wie die letzteren. Eine Nebenschlußfeldwicklung besteht aus viel mehr Windungen schwächeren Drahtes.

Beim Anlassen des Motors darf man nie die Stromquelle direkt an die Klemmen des Elektromotors legen, weil beim Anlassen im ruhenden Anker noch keine, die zugeführte Spannung herabmindernde Gegen-EMK. erzeugt wird; infolgedessen würde der Strom so stark anwachsen, daß die Wicklungen des Motors gefährdet würden. Zur Vermeidung dieses Umstandes müssen beim Anlassen immer in die Leitung zwischen Elektromotor und Stromquelle Widerstände eingeschaltet werden, die in dem Maße als die Ankergeschwindigkeit wächst, abgeschaltet werden. Zur Erzeugung eines genügend großen Anlaßdrehmomentes wird beim Anlassen der Ankerstrom nicht zu sehr geschwächt.

Wenn man die Drehrichtung des Ankers umkehren will, dann darf man nicht etwa die Zuleitungen an den Hauptklemmen des Motors miteinander vertauschen, denn dadurch würde sowohl die Richtung des Magnetfeldes als auch die Richtung des Ankerstromes umgekehrt und infolgedessen bliebe die Richtung des Drehmomentes ungeändert. Man muß vielmehr entweder bloß die Richtung des Ankerstromes oder bloß die Richtung des Magnetfeldes ändern. In Figur 12 a, b, c sind diese Regelungsvorgänge dargestellt. In dieser Figur bedeutet *A* den Anker mit den auf dem Kollektor schleifenden Bürsten *ff'*, *W* die Erregerwicklung und + — die Hauptklemmen des Elektromotors. In Figur 12a sei der Motor mit im Sinne des Uhrzeigers laufendem Anker dargestellt. In Figur 12b ist die Umkehrung der Ankerdrehrichtung durch Umkehrung des Erregerstromes und in Figur 12c durch Umkehrung der Ankerstromrichtung bewirkt.

Schließlich sei noch bemerkt, daß man den im Lauf befindlichen Serien-Elektromotor dadurch elektrisch

bremsen kann, daß man ihn von der Stromquelle abschaltet und an die Enden eines Widerstandes legt (Kurzschlußbremse). Dabei muß der Anker oder die Feldmagnetwicklung umgeschaltet werden, damit der Feld-

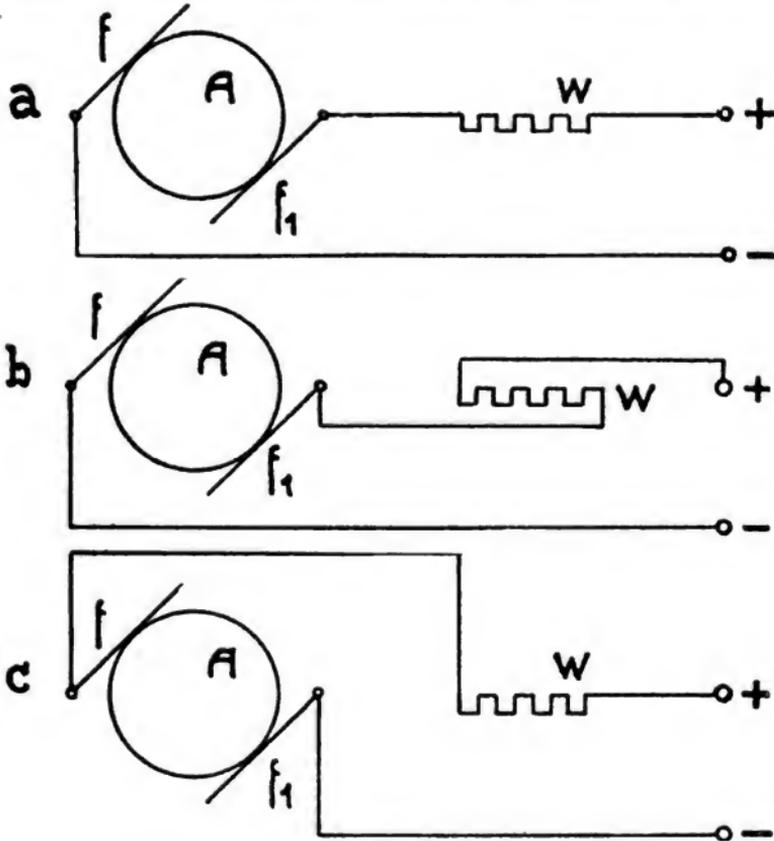


Fig. 12.

Schaltungen zur Umkehrung der Drehrichtung eines Serien-Elektromotors.

magnet nicht durch den Bremsstrom entmagnetisiert wird, was ein Aufhören der Bremswirkung zur Folge hätte. Der weiterlaufende Elektromotor wirkt jetzt als Stromerzeuger, dessen Strom sich im angeschlossenen

Widerstand in Wärme umsetzt. Dieser Strom fließt im Anker der Maschine in der Richtung der bei der Motorwirkung herrschenden Gegen-EMK. Der Stromerzeuger entnimmt seine Antriebsenergie der Energie des sich in Bewegung befindlichen Wagens und bringt ihn dadurch allmählich zum Stillstande*).

Die zahlreichen im Elektromobilbau üblichen Regelungseinrichtungen beruhen alle auf den wenigen eben erörterten Prinzipien.

Die Leistung eines Elektromotors in PS. beträgt inklusive der Verluste im Motor $\frac{J E}{736}$, wobei J der dem Motor zugeführte Strom in Ampère und E die an die Klemmen des Elektromotors angelegte Spannung in Volt bedeutet.

b) Beispiele von Elektromobilmotoren.

Die Figur 13 zeigt ein typisches Beispiel eines Elektromotors, wie er von der Waverley Company in Amerika gebaut wird. Der dargestellte dreipferdige Motor ist sechspolig und besitzt infolge bestimmter Verbindungen zwischen den Ankerleitern nur zwei Kollektorbürsten. Er ist vollkommen eingekapselt gebaut und hat sehr lange Lagerschalen sowie Kettenölung. Auf der Motorachse sitzen Ölfänger, welche das zu ihnen gelangende Öl weg-schleudern, wobei letzteres durch einen Kanal wieder in den Ölbehälter zurückgelangt. Der Bürstenhalter

*) Neuestens werden, wie z. B. beim Védrine-Wagen, mit einer Serien- und einer Nebenschlußerregewicklung ausgestattete Motoren verwendet, die ohne weitere Umschaltung als Generatoren arbeiten können, weil die Nebenschlußwicklung derselben vom Bremsstrom in derselben Richtung durchflossen wird wie vom Arbeitsstrom. Siehe diesbezüglich den Aufsatz des Verfassers über „Die Elektromobilen“ im „Jahrbuch der Automobilindustrie“, Berlin, Band IV.

(Fig. 14) ist am Motorgehäuse isoliert befestigt, und die Kohlenbürsten sind an einem schwingenden Arm des Bürstenträgers angeordnet, welcher Arm, zum Zwecke des Auswechslens der Bürsten, um 90° aus dem geöffneten Gehäuse gedreht werden kann.

Eine besondere Art eines Elektromotors ist der von der Firma Jacob Lohner & Co. in Wien mit dem

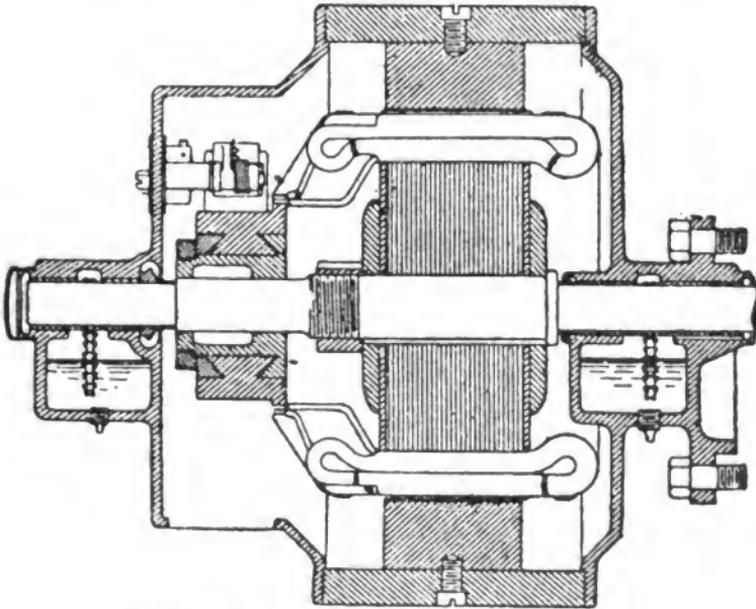


Fig. 13. Elektromotor der Waverley Company.

Wagenrad zusammengebaute Motor. Bei Anwendung dieses Motors entfällt jede Übersetzung zwischen dem Motor und den angetriebenen Rädern, was eine Energieersparnis bedeutet. Die Figuren 15 und 16 zeigen einen Querschnitt und eine Ansicht des vollständig eingekapselten Elektromotors. Da bei Anwendung dieses Elektromotors jedes die Geschwindigkeit gewöhnlicher

Elektromotoren herabmindernde Getriebe entfällt, muß der Elektromotor so gebaut sein, daß er an und für sich mit geringen Tourenzahlen läuft. Der Motor wird darum mit einer bedeutend größeren Zahl von Feldpolen als üblich ausgestattet. Wie leicht begreiflich, entwickelt eine vielpolige Maschine mit einer Ankerschaltung gemäß Fig. 7 schon bei kleineren Tourenzahlen die gleiche Gegen-

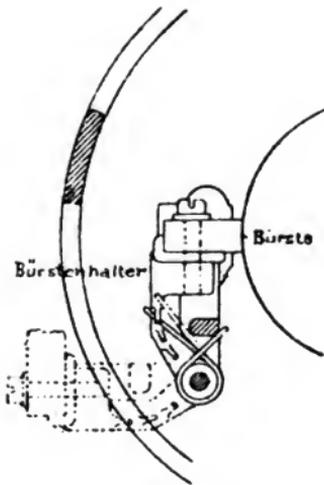


Fig. 14.

Bürstenhalter des Elektromotors
der Waverley Company.

EMK. wie eine zweipolige Maschine, denn bei ersterer beteiligen sich gleichzeitig mehr stark induzierte Ankerdrähte an der Erzeugung der Gegen-EMK. als bei letzterer. Der Feldmagnet 7 ist darum bei dem erwähnten Elektromotor vierzehnpolig. Er sitzt fest auf dem mit der Vorderachse 12 gelenkig verbundenen Lenkstummel 4, während der Anker 6 mit dem umlaufenden Radkörper 1 verbunden ist. Der Radkörper ist auf dem Lenkstummel

mittels Kugellager 11 gelagert. Der Kollektor 8, der Bürstenträger 9 und die acht Kohlenbürsten 10 sind durch die Anordnung einer abnehmbaren Kappe leicht zugänglich. Bei der neueren Ausführung des „elektromobilen Rades“ befindet sich der Kollektor mit den Bürsten an der Außenseite des Rades, so daß die genannten Konstruktionsteile des Motors leichter zugänglich sind.

Die normal mit 150 Umdrehungen pro Minute laufenden Motoren, welche dauernd eine zweifache und vorüber-

gehend eine dreifache Überlastung vertragen, werden in drei Größen, und zwar für 3—8 PS., 5—12 PS. und 10—24 PS. gebaut. Die beiden ersten Typen erfordern eine Betriebsspannung von 80 V., während die dritte Type mit 160 V. betrieben werden muß.

Wie wir später näher ausführen werden, können bei einem Elektromobil die beiden angetriebenen Wagenräder entweder von einem Elektromotor mit Zuhilfenahme eines Differentialgetriebes angetrieben werden, oder aber es ist für jedes der beiden Wagenräder ein besonderer Elektromotor vorgesehen. Statt nun in letzterem Falle zwei voneinander getrennte Elektromotoren zu verwenden, kann man sogenannte Doppelmotoren vorsehen, welche zwei voneinander unabhängig drehbare Anker besitzen, die mit den anzutreibenden Rädern verbunden sind. Ein solcher Doppelmotor der Elektrizitäts-A.-G. vormals W. Lahmeyer & Co. (Fig. 17) besitzt ein Mittelstück (Fig. 20), das die beiden Lager für die zwei Motorachsen enthält und einen hebelartigen Anfluß, welcher zur Befestigung des Motors am Wagengestell dient. An beiden Seiten des Mittelstückes sind vierpolige

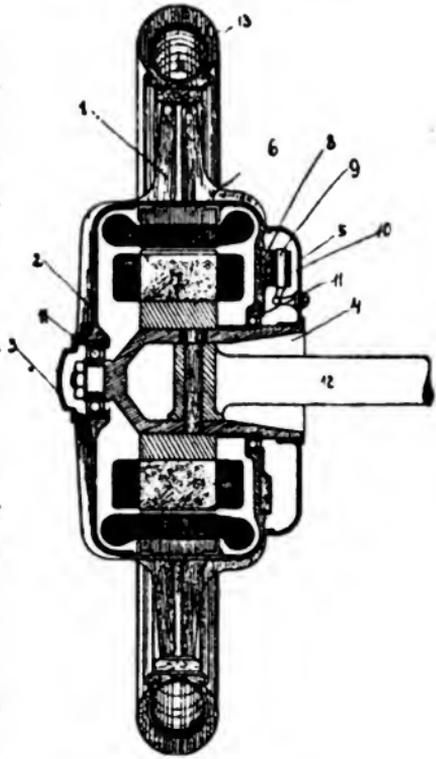


Fig. 15.
Querschnitt durch den Elektromotor
der Firma Jacob Lohner & Co.

Magnetgehäuse (Fig. 19) befestigt, welche nach außen durch Lagerschilder (Fig. 18) abgeschlossen sind, die ebenfalls Befestigungsknaggen tragen. Jeder Einzelmotor

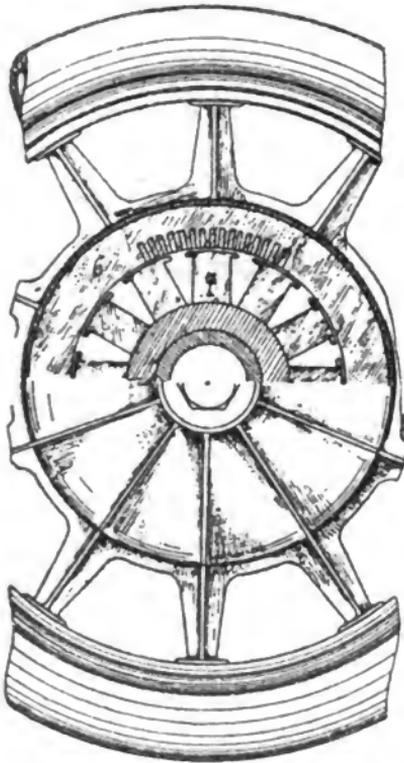


Fig. 16. Ansicht des Elektromotors der Firma Jacob Lohner & Co.

der gebräuchlichen Type leistet bei 80 V. Batteriespannung und 600 Umdrehungen pro Minute 2,5 PS. und besitzt ein Gewicht von 200 kg. Das Mittelstück und der größere Teil der Seitenschilder bestehen aus Aluminiumguß und die Pole aus geblättertem Eisen. Jeder der Anker (Fig. 21) ist ein gezahnter Trommelanker, sämtliche Teile des Motors sind auswechselbar und auf den Kollektoren schleifen Kohlenbürsten. Die Übersetzung von den Motorachsen auf die Wagenachsen erfolgt durch einfache Zahn- oder Kettengetriebe.

c) Die Lagerung des Elektromotors und die Übertragung seiner Bewegung auf die Wagenräder.

Bei kleineren Wagen ordnet man einen Elektromotor an, der mittels eines bei den Benzinwagen allgemein verwendeten Differentialgetriebes die Wagenvorder- oder -hinterräder antreibt (Fig. 22), während bei größeren

Wagen jedes dieser beiden angetriebenen Räder von einem besonderen Elektromotor mit Hilfe einer Zahn-

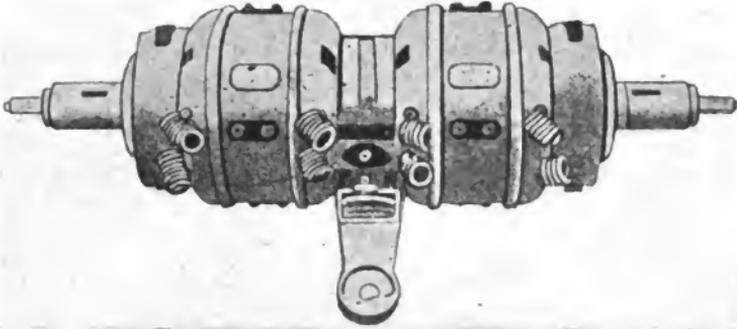


Fig. 17.

Doppelmotor der Elektrizitäts-A.-G. vormalig W. Lahmeyer & Co.



Fig. 18, 19, 20. Einzelheiten des Lahmeyer-Doppelmotors.



Fig. 21. Anker des Lahmeyer-Doppelmotors.

radübersetzung angetrieben wird (Fig. 23). Statt der Zahnradübersetzung wird oft auch eine Kettenüber-

tragung angewendet. Durch beide genannten Anordnungen können sich die angetriebenen Räder unabhängig voneinander drehen, was ja für das Fahren in der Kurve unbedingte Notwendigkeit ist.

Zahnradgerichte erfordern, um stoßfrei zu arbeiten, eine genaue Herstellung der Zähne sowie einen unveränderlichen Abstand der Zahnradachsen voneinander. Um ein geräuschloses Arbeiten der Getriebe zu be-

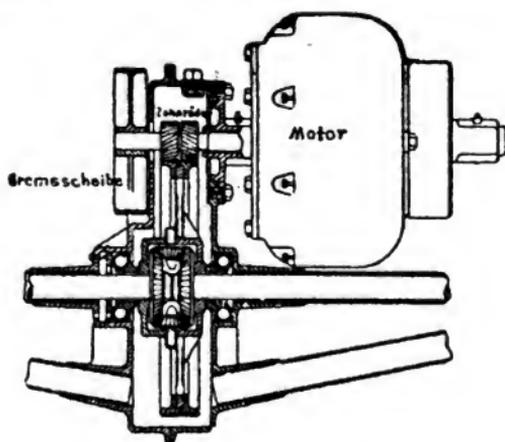


Fig. 22. Antrieb mittels eines Elektromotors und eines Differentialgetriebes.

wirken, fertigt man die kleineren Räder gewöhnlich aus Rohhaut und die größeren Räder aus Guß oder Stahlguß. Die Kettenübersetzung hat den Vorteil, daß der Abstand der Kettenradachsen nicht so unveränderlich zu sein braucht wie der der Zahnradachsen bei Zahnradgetrieben, jedoch hat die Kettenübersetzung einen geringeren Wirkungsgrad als die Zahnradübersetzung.

In neuerer Zeit wird der Vorderradantrieb dem Hinterradantrieb entschieden vorgezogen. Beim Vorderradantrieb wird der Wagen gezogen, beim Hinterradantrieb

jedoch gestoßen, was leicht ein Schleudern des Wagens zur Folge haben kann. Da die angetriebene Achse durch das Adhäsionsgewicht des Wagens belastet sein muß, und im modernen Elektromobilbau ausschließlich die Vorderradachse Lenkachse ist, hat der Vorderradantrieb, eben infolge der stärkeren Belastung der Vorderradachse, unter Umständen den Nachteil, daß die Lenkung etwas erschwert ist.

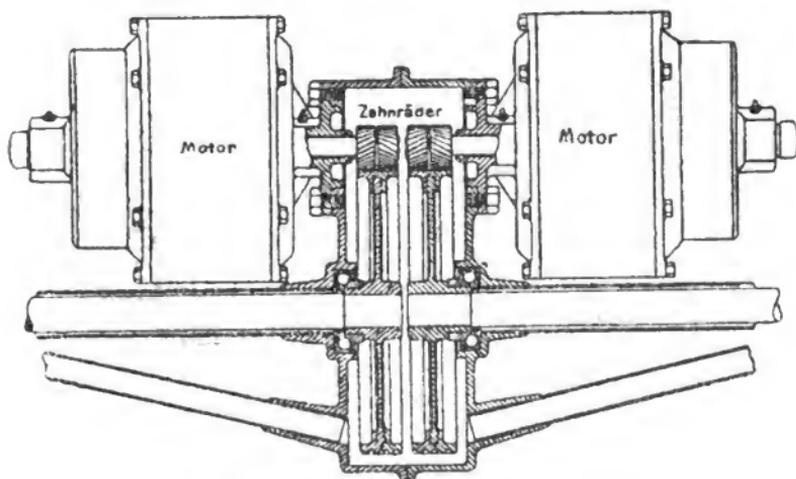


Fig. 23. Antrieb mittels zweier Elektromotoren.

Die Lenkung erfolgt nur auf mechanischem Wege, ganz wie bei den Benzinautomobilen. Es wurden zwar auch elektrische Lenkungen vorgeschlagen, die darauf beruhen, daß bei Anordnung zweier Antriebselektromotoren denselben verschiedene Tourenzahlen erteilt werden, so daß der Wagen gezwungen wird, eine Kurve zu beschreiben, allein alle diese Lenkungen haben sich nicht bewährt.

Die Elektromotoren müssen so gelagert sein, daß sie unter den Stößen, denen der Wagen ausgesetzt ist, mög-

lichst wenig leiden. Zu diesem Zwecke werden die Motoren federnd gelagert. Ein Beispiel für eine solche Lagerung geben die Figuren 24a und 24b, die den Einbau eines Doppelmotors der Union-E.-G. veranschaulichen. Wir sehen am Gehäuse des Motors zwei Angüsse angeordnet, mittels welcher der Motor federnd sowohl an der Wagenachse als auch am Wagenrahmen aufgehängt ist. Außer-

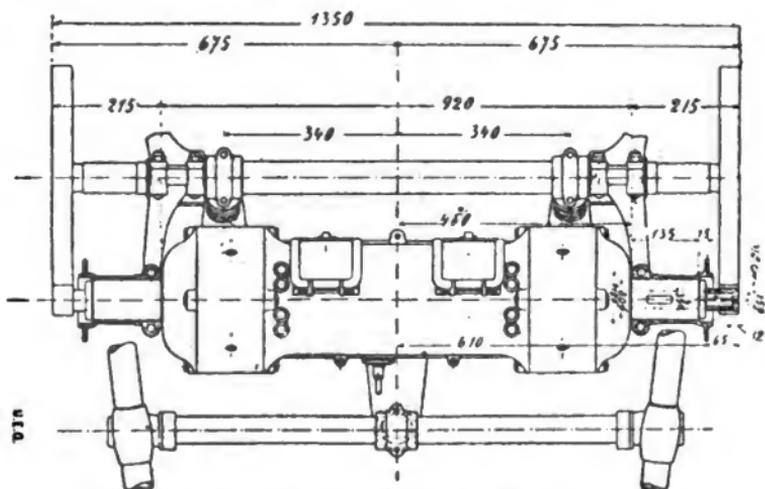


Fig. 24a. Lagerung des Doppelmotors der Union-E.-G.

dem umfassen zwei Schwingen die äußeren Lager des Motors und die angetriebene Wagenachse. Dadurch ist die Bewegung des Motorgehäuses gegenüber der angetriebenen Achse auf eine kreisförmige Bahn mit konstantem Radius beschränkt und ein sicherer Eingriff der Zahnräder gewährleistet.

Eine besondere Art der Lagerung des Elektromotors wendet die Firma De Dion et Bouton an (Fig. 25). Der Motor ist in der Mitte des Wagens in der Längsachse desselben angeordnet. Die verlängerte Ankerwelle

treibt mittels konischer Zahnräder, Cardanscher Gelenke und eines Differentialgetriebes die Wagenhinterräder an.

d) Regelung des Elektromotors und Regelungseinrichtungen.

Als erstes Beispiel wollen wir die Regelung eines Elektromotors besprechen, der mittels eines Differentialgetriebes die Wagenräder antreibt. Die Regelung eines

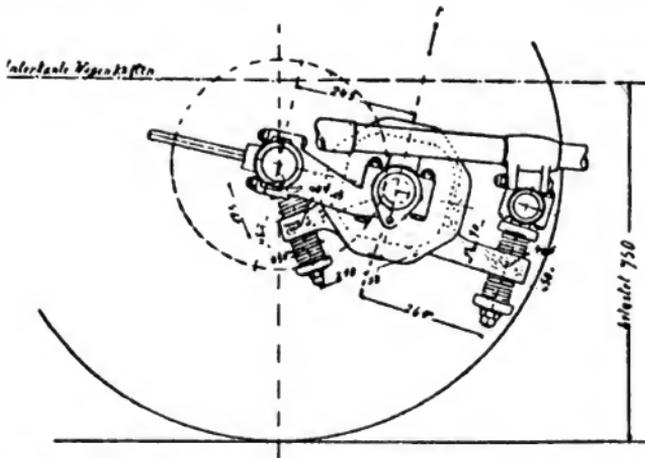


Fig. 24 b. Lagerung des Doppelmotors der Union-E.-G.

einzigem Antriebsmotors geschieht gewöhnlich durch Änderung der dem Motor zugeführten Spannung. So schaltet die Westinghouse Company bei der größten Geschwindigkeit sämtliche Zellen der Batterie in Serie. Bei dieser Schaltung ist die Batteriespannung am größten, nämlich gleich dem Produkte aus der Spannung einer Zelle und der Anzahl der Zellen. Wird die Batterie in zwei Gruppen parallel geschaltet, dann beträgt die Batteriespannung nur die Hälfte der größten Spannung, und dementsprechend läuft der Motor und somit auch

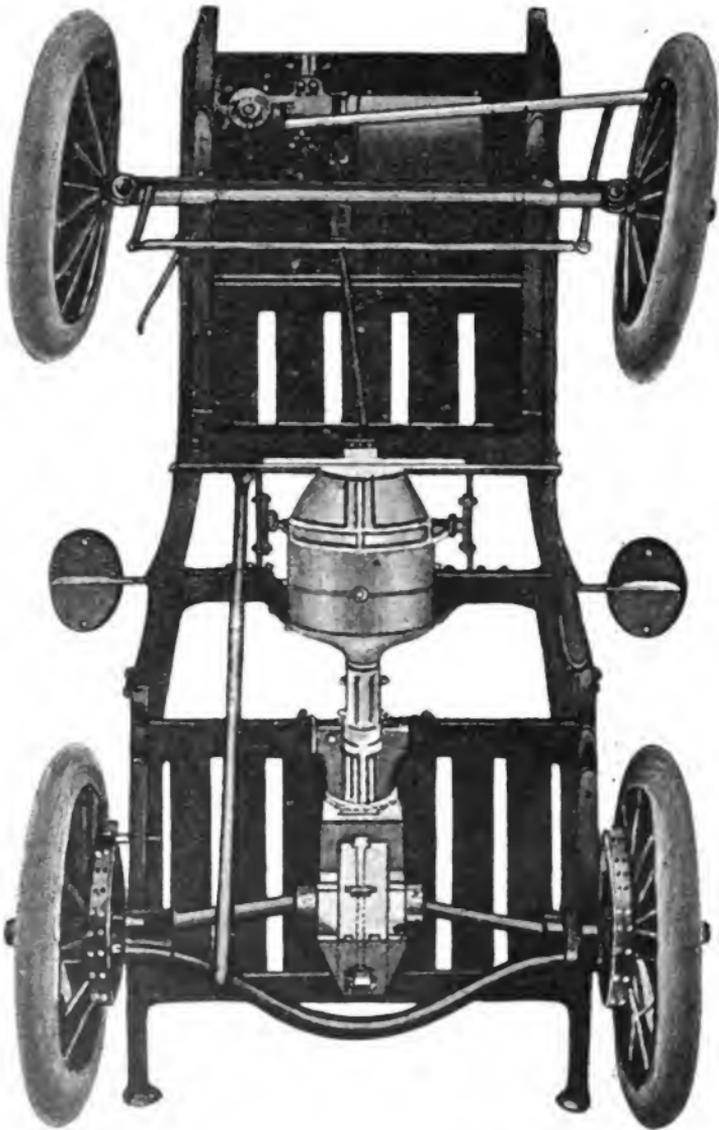


Fig. 25. Lagerung des Elektromotors von De Dion et Bouton.

der Wagen langsamer. Zur Herstellung der geringsten Tourenzahl wird die Batterie in vier Gruppen parallel geschaltet. Die Batteriespannung beträgt in diesem Falle nur ein Viertel der größten Spannung. Beim Anfahren wird dem Motor die kleinste Spannung zugeführt und diese sodann gesteigert.

Wenn zwei Antriebsmotoren vorhanden sind, dann bleiben sämtliche Zellen der Batterie dauernd in Serie geschaltet, so daß die Betriebsspannung immer dieselbe bleibt, und die Regelung der Geschwindigkeit der Elektromotoren erfolgt durch Vorschaltwiderstände und durch Umschaltungen an den Elektromotoren. Die ständige Serienschaltung der Batterie ist sehr vorteilhaft, weil bei einer Parallelschaltung, durch Kurzschluß einer oder mehrerer Zellen in einem Zweig, dieser nicht nur weniger Strom gibt als die anderen Zweige, sondern sogar bei schwacher Belastung von den anderen Zweigen geladen wird.

Als Beispiel der Regelung zweier Antriebsselektromotoren sei zunächst die Regelungseinrichtung der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft besprochen. In den Figuren 26a und 26b sind die verschiedenen Schaltungen schematisch dargestellt. In diesen Schaltungen bedeutet B die Batterie, A und A_1 die beiden Anker, F und F_1 die beiden Feldwicklungen, W einen Vorschaltwiderstand und w einen dauernd eingeschalteten Widerstand. Bei stehendem Wagen (in der Figur „Halt“) ist die Batterie abgeschaltet.

Beim Anfahren (I) sind die Anker- und Feldmagnetwicklungen je untereinander und beide Gruppen nebst einem Vorschaltwiderstand in Serie geschaltet. Bei dieser Schaltung wird also die Batteriespannung durch

die Vorschaltwiderstände und die Feldwicklungen herabgedrückt und auf jeden Motoranker entfällt nur die

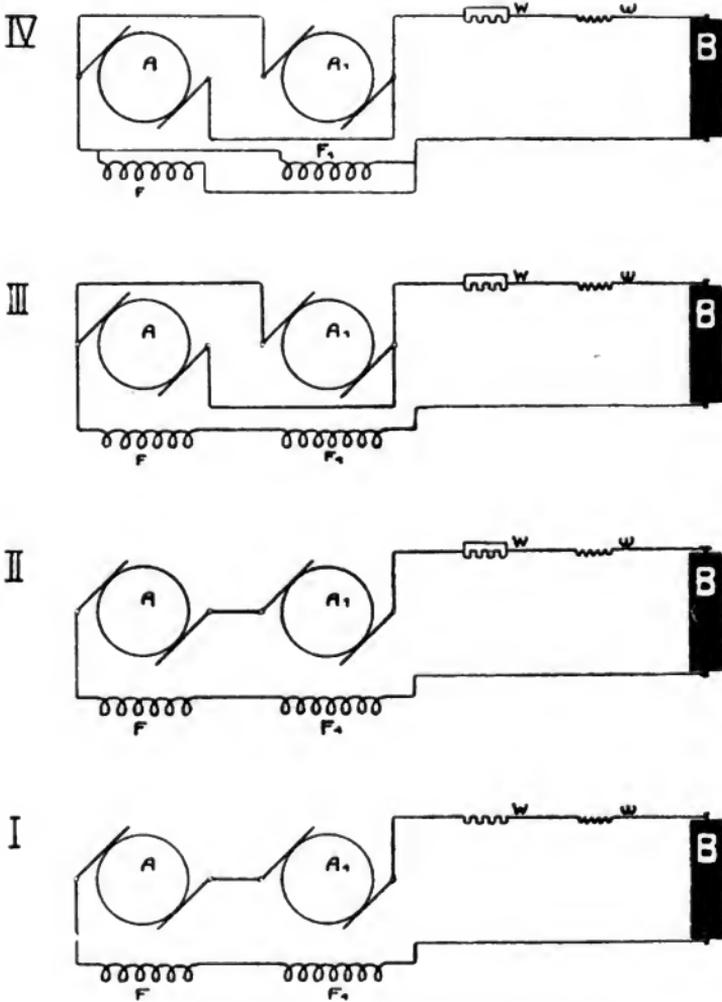


Fig. 26 a. Regelung zweier Antriebselektromotoren.

Hälfte der übrigbleibenden Spannung. Der eine Anker wirkt also bezüglich des anderen gewissermaßen als ein

die Spannung vermindern der Vorschaltwiderstand. Die Tourenzahl der Motoren wird jetzt allmählich gesteigert durch die allmähliche Steigerung der auf die Motorenanker entfallenden Spannung.

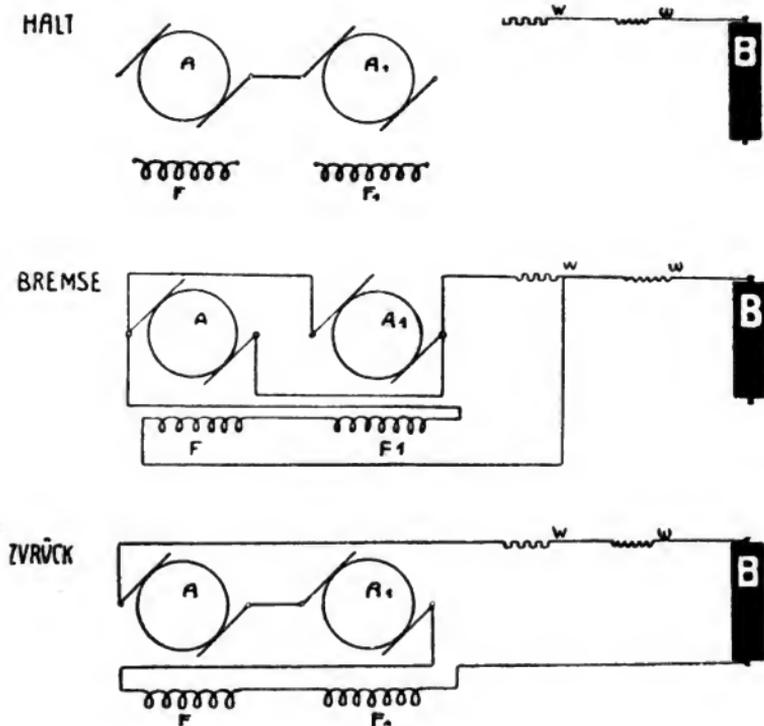


Fig. 26 b. Regelung zweier Antriebselektromotoren.

Bei der nächsten Fahrstellung (II) bleibt die Schaltung I bis auf den Unterschied aufrecht, daß der Vorschaltwiderstand mittels eines sehr geringen Widerstandes kurzgeschlossen ist. Die Kurzschließung des Widerstandes ist gleichbedeutend mit einer Abschaltung desselben aus dem Stromkreise. Man zieht jedoch eine

Kurzschließung der Abschaltung vor, weil man dadurch ein Unterbrechen des Stromkreises und damit eine Funkenbildung vermeidet. Bei der eben beschriebenen Schaltung II wird die Batteriespannung durch keinen besonderen Vorschaltwiderstand herabgemindert, so daß der auf jeden Motoranker entfallende Spannungsbetrag größer ist als im Schaltungsfalle I.

Bei der Fahrschaltung III sind die Anker parallel geschaltet und mit dieser Gruppe sind die hintereinander geschalteten Feldmagnetwicklungen in Serie verbunden. Infolge der Parallelschaltung der Anker kommt auf jeden die ganze und nicht mehr wie früher die Hälfte der auf die Anker entfallenden Spannung.

Bei der Fahrschaltung IV sind die Anker- und Feldmagnetwicklungen je untereinander parallel und beide Gruppen hintereinander geschaltet. Die beiden parallel geschalteten Feldmagnetwicklungen setzen dem Strom nur die Hälfte des Widerstandes entgegen als in dem Falle, wenn sie in Serie geschaltet sind. Dadurch verringern sie auch im ersteren Falle die Batteriespannung nur um halb soviel als im letzteren Falle, und infolgedessen steigt wieder die auf die Anker entfallende Spannung.

Zur Einleitung der elektrischen Bremsung werden, bei Abschaltung der Batterie, beide Anker parallel und beide Feldwicklungen hintereinander geschaltet sowie beide Gruppen in Serie über den Vorschaltwiderstand verbunden. Dabei sind zur Vermeidung des Entmagnetisierens der Feldmagnete die Verbindungen zwischen den Ankern und den Feldmagnetwicklungen gegenüber den Vorwärtsfahrtschaltungen vertauscht. Die Bremswirkung kann durch Kurzschließung des

Vorschaltwiderstandes verstärkt werden, da infolge der dadurch bewirkten Verringerung des äußeren Widerstandes die als Generatoren wirkenden Elektromotoren mehr Energie abgeben können. Die elektrische Bremsung wirkt nur bei größeren Tourenzahlen der Elektromotoren kräftig, wegen der bei diesen Tourenzahlen auftretenden größeren Generatorwirkungen.

Zur vollständigen Abbremsung des Wagens und auch aus Gründen erhöhter Sicherheit sind



Fig. 27. Seitenansicht eines Fahr Schalters.

an jedem Wagen auch mechanische Bremsen vorgesehen, und zwar gewöhnlich eine auf die Ankerwellen und eine auf die angetriebenen Räder wirkende.

Um die Drehrichtung der Motoren umzukehren und damit den Rückwärtsgang des Wagens zu bewirken, wird die vorhin besprochene Schaltung I hergestellt mit der Abänderung, daß der Strom durch die Anker in umgekehrter Richtung fließt. Es sei bemerkt, daß man während der raschen Vorwärtsfahrt nicht auf Rückwärtsfahrt schalten darf, um etwa, analog der Gegendampfwirkung

bei Lokomotiven, eine kräftige Bremsung zu erzielen. Die Folge eines solchen Schaltvorganges wäre im allgemeinen eine Zerstörung der Ankerwicklung, da ja jetzt der Betriebsstrom im Sinne der herrschenden, großen Gegen-EMK. in den Anker tritt und dadurch zu unerlaubter Höhe anwächst. Zur Erschwerung eines solchen Schaltvorganges geschieht das Reversieren des Motors

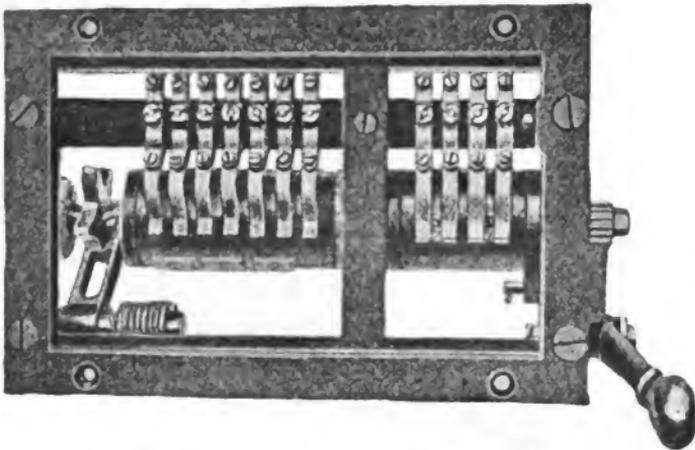


Fig. 28. Draufsicht eines Fahrschalters.

gewöhnlich unter Zuhilfenahme eines vom Fahrschalter getrennten, besonderen Schalters, und zwar nach Abschaltung des Betriebsstromes, eventuell nach Einleiten der elektrischen Bremsung mit Hilfe des Fahrschalters.

Es gibt auch Schaltmethoden für zwei Elektromotoren, bei denen sowohl die Elektromotoren als auch die Batteriezellen bei allen Schaltungen je untereinander in Serie verbunden bleiben. Die Regelung der Geschwindigkeit der Motoren erfolgt dabei durch Vorschaltwiderstände und durch Umschaltungen der Feldwicklungs-

spulen jedes Motors, so daß dem Stromdurchgang durch die Motoren verschiedene Widerstände geboten werden und die Zahl der das Feld erregenden Ampèrewindungen geändert wird.

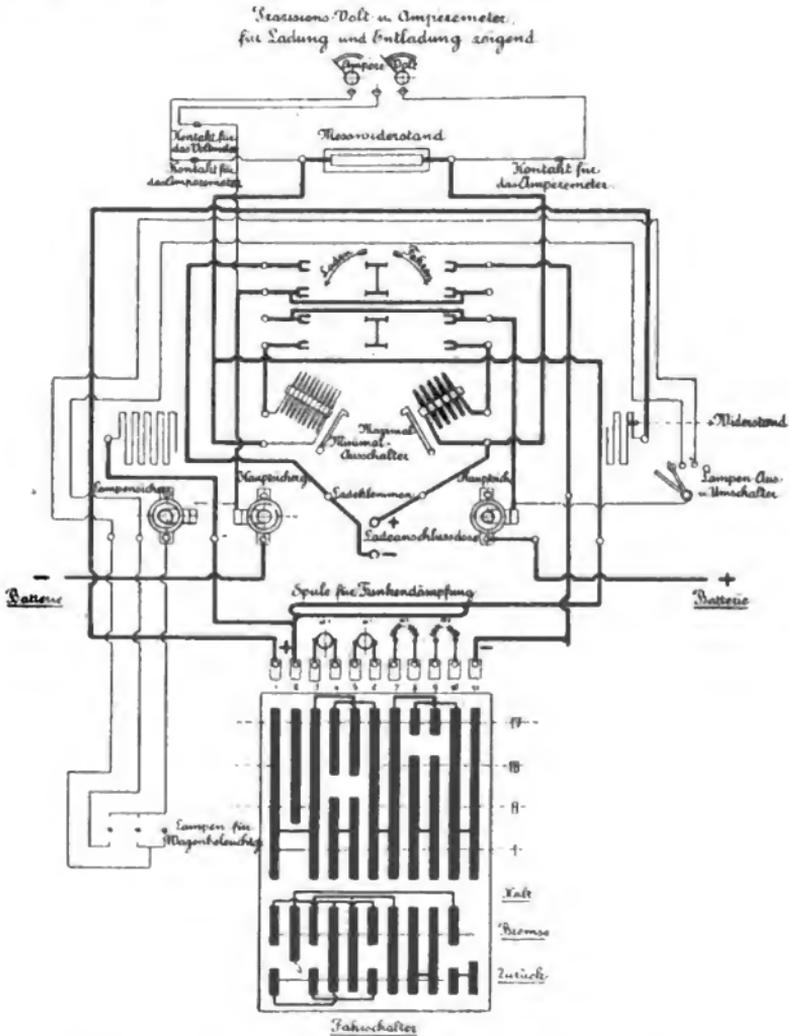


Fig. 29. Schaltungsschema des Elektromobils der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft.

Zur Durchführung der notwendigen Schaltungen ist am Wagen ein sogenannter Fahrschalter oder Kontroller angebracht, wie ein solcher durch die Figuren 27 und 28 in zwei Ansichten dargestellt ist. Der Fahrschalter besitzt ruhende Kontaktteile, die in einer Reihe am Gestell des Fahrschalters isoliert befestigt und durch Kabeln mit der Batterie und den Motoren verbunden sind. Auf der rotierenden, aus Isoliermaterial bestehenden Kontrollerwalze sind die beweglichen Kontakte in mehreren zur Walzenachse parallelen Reihen angeordnet. Die Kontakte jeder Reihe sind verschiedenartig untereinander verbunden und stellen so im Vereine mit den festen Kontakten beim Drehen der Walze die verschiedenen Stromwege her. Die Drehung der Walze erfolgt durch einen mittels eines Handhebels gedrehten Zahnsektor, der in ein auf der Walzenachse sitzendes Zahnrad eingreift. Um eine genaue Gegenüberstellung der fixen und beweglichen Kontakte zu sichern, ist gewöhnlich auf der Walzenachse ein Sternrad befestigt, gegen dessen Mittelpunkt eine Rolle gedrückt wird. Bei sicherem Kontakt befindet sich die Rolle zwischen zweien der Zähne des Sternrades.

Die Figur 29, welche sich auf die Schaltungen Figuren 26a und 26b bezieht, zeigt in einem Schema, in welcher Weise die Verbindungen der Apparate mit den Kontrollerkontakten geschieht. Die Kontrollerwalze ist in der Figur unten abgewickelt gezeichnet. Die schwarzen Bänder bedeuten die Kontakte, die untereinander in bestimmter Weise durch als Linien dargestellte Leitungen verbunden sind. Die horizontalen Linien IV, III us f. bedeuten die bei Besprechung der Figuren 26a und 26b hervorgehobenen Schaltstellungen der Walze. Über der abgewickelten Schaltwalze sind die ruhenden Kontakte 1—11 dargestellt.

Wir sehen die Anschlüsse der + und — Leitung, ferner die Anschlüsse der Anker und der Feldmagnetwicklungen. In der Figur ist auch unter anderem dargestellt: ein Brems- und Fahrschaltwiderstand, Ladekontakte, ein Umschalter für Ladung und Entladung, ein Minimalausschalter, der im Ladestromkreis liegt und bei be-

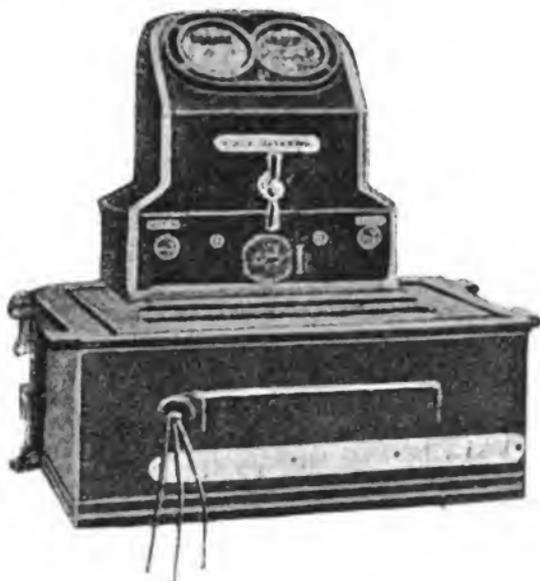


Fig. 30.

Apparatekasten der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft.

endigter Ladung die Batterie abschaltet, ein Maximalausschalter, der im Motorstromkreis liegt und diesen bei zu großen Betriebsstromstärken unterbricht, ein Schalter für die Wagenbeleuchtung und ein kombiniertes Volt- und Ampèremeter für Ladung und Entladung. Alle erwähnten Apparate sind in einem Kasten (Fig. 30) untergebracht, der sich am Führerstand vor dem Sitz des Führers befindet. Im linken oberen Teil des Kastens ist

ein knopfartiger Hebel angeordnet, welcher ein plötzliches Schalten des Fahrschalthebels über die Bremsstellungen hinweg nach der Rückwärtsfahrtstellung verhindert. Erst bis der ebenerwähnte Hebel, etwa durch einen Fußtritt, heruntergedrückt ist, kann der Fahrschalthebel in die Rückwärtsfahrtstellung gebracht werden. Infolge der Notwendigkeit, den Arretierhebel herunterzudrücken, muß man nach Einschaltung der Bremsstellungen eine gewisse, wenn auch kurze Zeit verstreichen lassen, welche jedoch genügt, daß der Motor beim Einleiten des Gegenstromes so langsam läuft, daß er unter Wirkung des Gegenstromes rasch die umgekehrte Rotationsrichtung erhält und daher auch rasch eine Gegen-EMK. zur Schwächung des Ankerstromes entwickelt.

Elektromobile mit reinem Batteriebetrieb.

Das Geburtsland dieser Art von Elektromobilen ist Frankreich, wo bereits 1891 Jeantaud einen kleinen zweisitzigen, von Akkumulatoren betriebenen Wagen baute, der allerdings nur bescheidenen Ansprüchen genügte. Doch bereits für die Automobilfahrt am 11. Juni 1895 von Paris nach Bordeaux baute derselbe Konstrukteur ein für die damaligen Verhältnisse ganz vorzügliches Elektromobil, das insgesamt 600 km zurücklegte. Der Wagen besaß eine 850 kg schwere Batterie von 38 Zellen mit 70 V. Spannung sowie einen $6\frac{1}{2}$ PS.-Elektromotor, der 260 kg wog. Die Batterie hatte eine Kapazität von 300 A./Std. bei zehnstündiger Entladung. Der Wagen konnte, mit vier Personen belastet, mit einer Ladung 40—50 km bei Geschwindigkeiten von 12—24 km in der Stunde zurücklegen.

Nach Jeantaud bauten auch Kriéger und andere französische Firmen Elektromobile, die sich im Betriebe gut bewährten.

Besonders gefördert wurde der Elektromobilbau in Amerika, wo schon Ende der 90er Jahre Rennwagen



Fig. 31. Elektromobil der Waverley Company.

gebaut wurden, von denen der von Morris und Solom in Philadelphia konstruierte bei einem Automobilrennen einen Preis gewann. Dieser Wagen, der zwei $1\frac{1}{2}$ PS.-Elektromotoren und eine Batterie von 48 Zellen besaß, konnte auf ebener Straße 32 km in der Stunde und 40—50 km mit einer Ladung zurücklegen.

Diese Daten, welche sich auf die ersten Elektromobile beziehen, sind deshalb von Interesse, weil sie im Ver-

gleich mit den später anzuführenden Daten moderner Fahrzeuge die Erfolge des Elektromobilbaues deutlich erkennen lassen.

Die Elektromobile mit reinem Batteriebetrieb stehen heute in allen Zweigen des Verkehrs in Verwendung und seien im folgenden einige instruktive, moderne Beispiele angeführt.

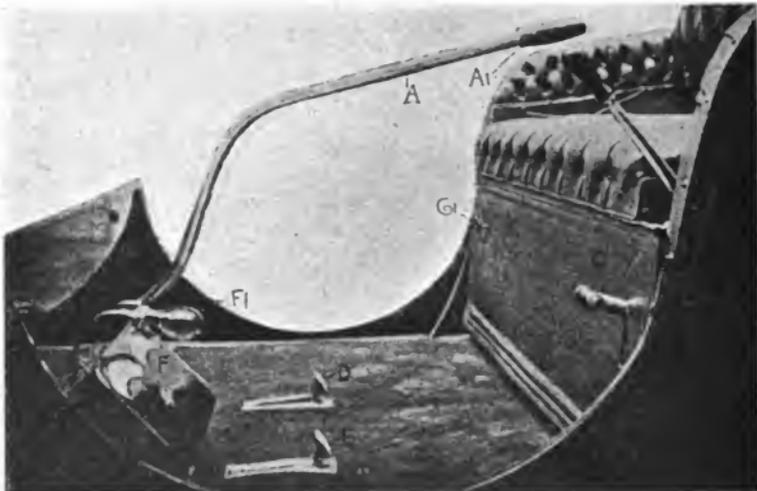


Fig. 32. Das Wageninnere des Waverley-Elektromobils.

Zunächst wollen wir einen leichten Personenwagen der Waverley Company besprechen, der in besonders guter Weise die Anordnung sämtlicher Apparate erkennen läßt. Die Figur 31 zeigt eine Ansicht des ganzen Wagens, Figur 32 eine Ansicht des Wageninnern, Figur 33 eine Druntersicht des Wagens und die Figur 34 veranschaulicht die Anordnung des Antriebsmotors. Den 3 PS.-Motor des Wagens haben wir schon auf Seite 45 beschrieben. Die Batterie besteht bei dem zweisitzigen Wagen aus

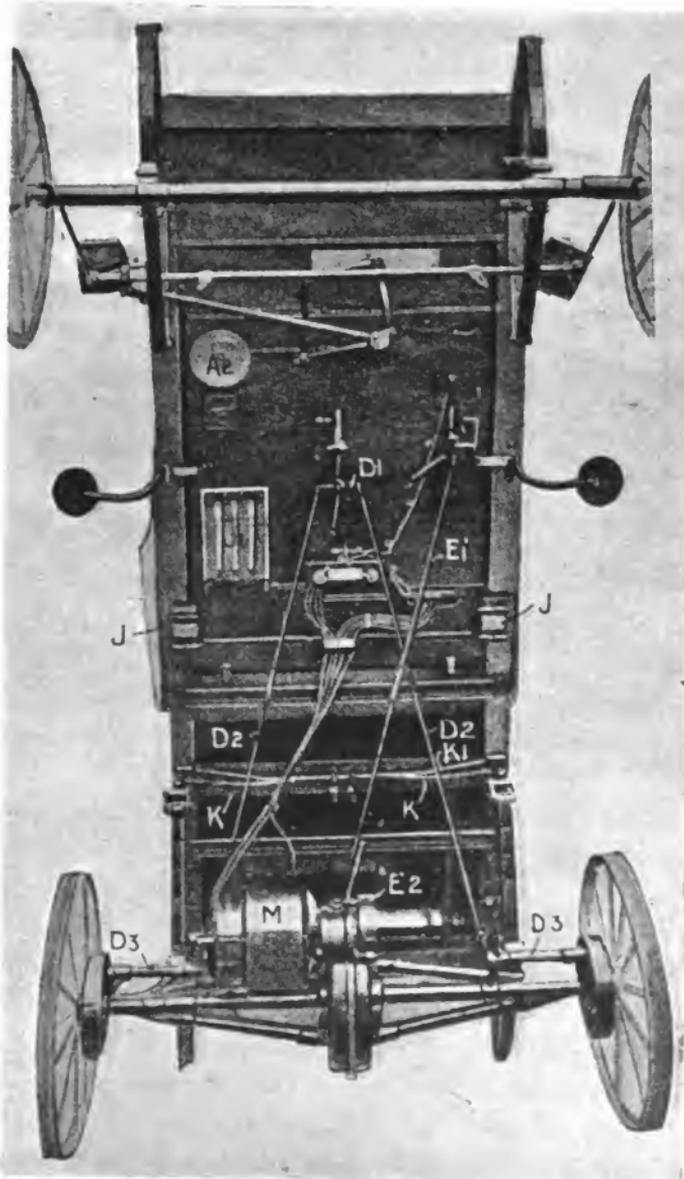


Fig. 33. Druntersicht des Waverley-Elektromobils.

24 Zellen mit je neun Platten, welche Zellen in drei Kästen über der Hinterradachse angeordnet sind. Der Wagen wiegt ohne Batterie über 270 kg. Die Batterie wiegt 202 kg und gestattet mit einer Ladung die Zurücklegung eines Weges von 65 km bei guten Straßen und bei Zulassung einer Maximalgeschwindigkeit von 24 km in der Stunde.

A ist der Lenkhebel, an dessen Ende der Druckknopf A_1 angeordnet ist, welcher mit einer elektrischen Signal-

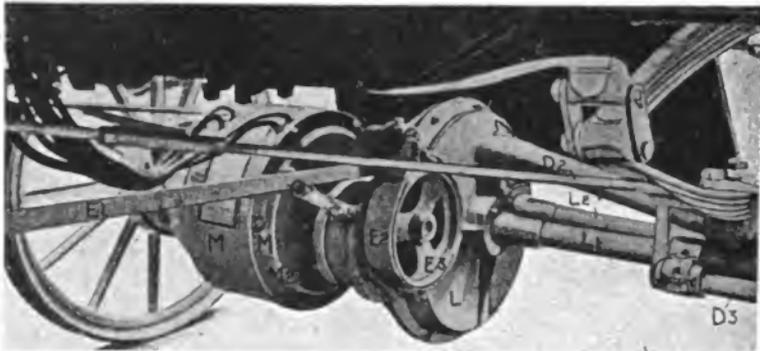


Fig. 34. Anordnung des Antriebsmotors beim Waverley-Elektromobil.

glocke in Verbindung steht. *B* ist der auf den Kontroller wirkende Geschwindigkeitsregulierhebel und *C* der Reversierhebel. Die auf die Wagenachsen wirkenden mechanischen Bremsen werden mittels des Pedals *D* betätigt, während das Pedal *E* die auf der Motorachse sitzende, sehr kräftige Bremse in Momenten der Gefahr in Tätigkeit setzt. *F* ist ein kombiniertes Ampère- und Voltmeter, welches in der Nacht von der Lampe F_1 beleuchtet wird und G_1 der Schalter für die den Wagen beleuchtenden Glühlampen. Die Seitenfedern des Wagens sind durch Querfedern *K* verbunden. Auf der Motor-

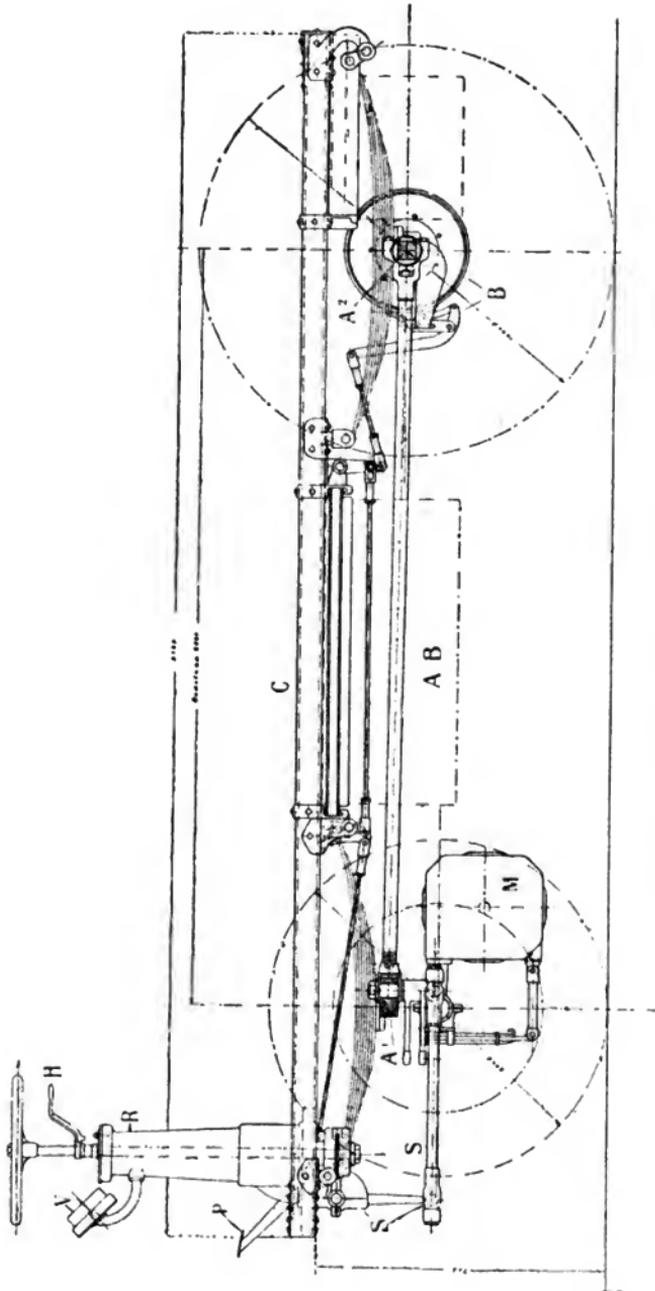


Fig. 35. Aufriß des Krieger-Electromobils.

achse sitzt die Bremsscheibe E_3 , deren Bremsband E_2 durch das Pedal E mittels der Stange E_1 betätigt wird. Weitere Bremsscheiben sitzen, wie schon erwähnt, auf den Wagenachsen und werden durch Stangen D_2 in Wirksamkeit gesetzt, wobei schwingende Teile D_3 die Bremsblöcke gegen die inneren Umfänge der Bremscheiben drücken. A_2 ist die elektrische Signalglocke, J_1 der Regulierwiderstand und J sind die auf beiden Seiten des Wagens angeordneten Ladekontakte.

Die Figuren 35 und 36 zeigen im Auf- und Grundriß das Chassis der Elektromobile für Geschäftszwecke, System Krieger, der Allgemeinen Betriebs-Aktiengesellschaft in Köln. AB ist die im Wagenuntergestell angeordnete Akkumulatorenbatterie, M sind die beiden die Wagenvorderräder mittels einer Zahnradübersetzung antreibenden, vollständig eingekapselten Elektromotoren. Die Vorderräder sind sowohl Treib- als auch Lenkräder. R ist der vertikal angeordnete Fahrschalter, dessen Walze mittels des Hebels H gedreht werden kann. V ist das an den Klemmen der Batterie liegende Voltmeter. S ist die Lenkeinrichtung, deren durch ein Handrad zu betätigender Antriebshebel axial den Fahrschalter durchsetzt. B ist die auf die Hinterachse wirkende, mechanische Bremse, welche durch das Pedal P in Tätigkeit gesetzt wird. C ist der aus U-Eisen gebaute Rahmen und Z ist ein Übersetzungszahnrad. A_1 ist die Vorderrad- und A_2 die Hinterradachse.

Ein von der genannten Firma gebauter Wagen wird durch die Figur 37 veranschaulicht. Der unbesetzt 1350 kg schwere Wagen ist für vier Personen und einen Führer bemessen. Die unter dem Führersitz angeordnete,

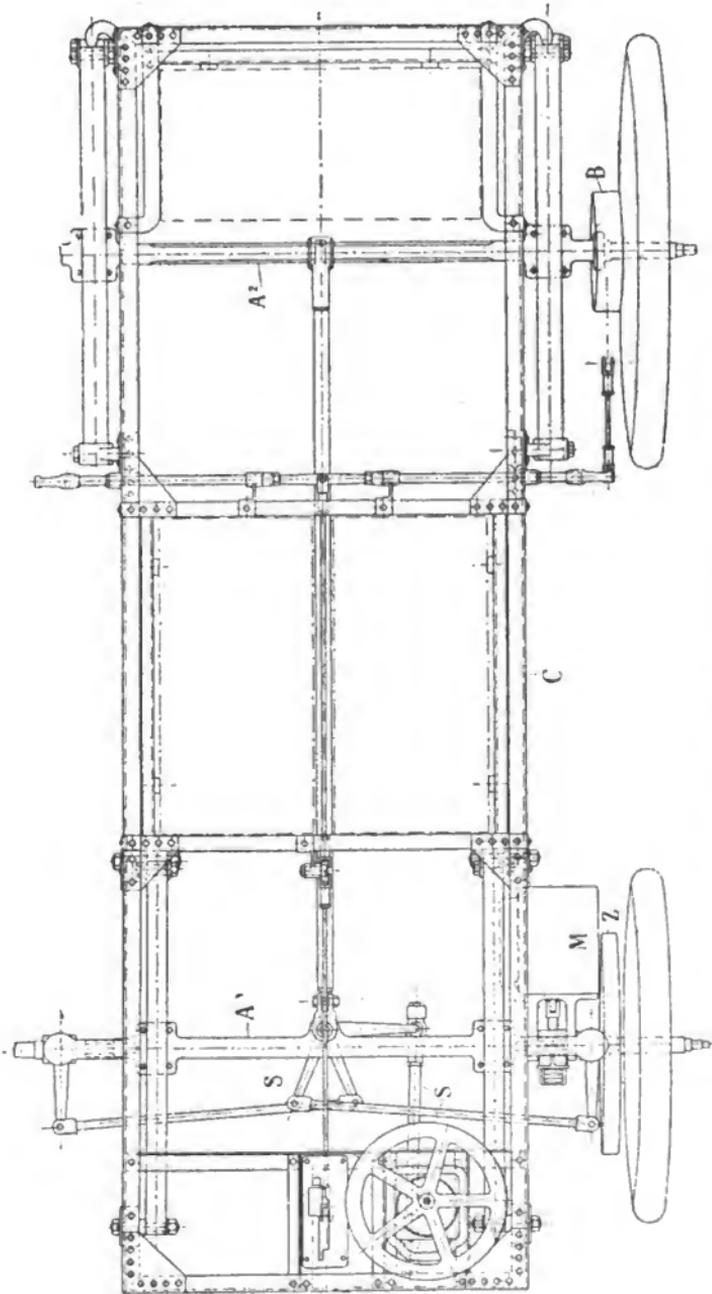


Fig. 36. Grundriß des Krieger-Elektromobil.

leicht auswechselbare Batterie der Firma Gottfried Hagen wird mit einer maximalen Stromstärke von 24 A. bei 110 V. geladen. Zu einer vollständigen Ladung, welche etwa fünf Stunden dauert, sind ungefähr 15 KW./Std. (15×1000 Watt/Std.) notwendig. Der Wagen kann mit einer Ladung 75 km in der Ebene zurücklegen, so daß auf 1 km Wagenfahrt 210 W./Std. kommen.



Fig. 37. Krieger-Elektromobil.

Dem Wagen können mittels des Fahrschalters fünf Geschwindigkeiten bis 35 km in der Stunde nach vorn und eine Geschwindigkeit nach rückwärts erteilt werden. Ebenso kann mit dem Fahrschalter die elektrische Bremsung bewirkt werden.

Die Figur 38 zeigt einen elektrischen Fiaker und die Figur 39 ein elektrisches Tonneau, System Lohner-Porsche, der Firma Jacob Lohner & Co. in Wien. Bei ersterem erkennen wir die verteilte Anordnung der Batterie teils in einem Kasten an der Wagenstirn-

wand, teils unter dem Führersitz und teils über der Hinterradachse. Bei letzterem ist die Batterie in einem dem Motorkasten der Benzinautomobile ähnlichen Kasten

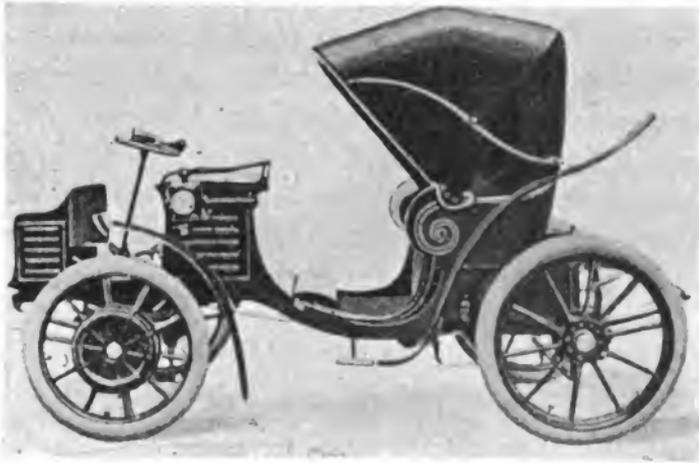


Fig. 38. Elektrischer Fiaker der Firma Jacob Lohner & Co.



Fig. 39. Elektrisches Tonneau der Firma Jacob Lohner & Co.

untergebracht, und dieser Wagen hat auch ganz das Aussehen eines Benzinautomobils. Beide Wagen zeigen die in die Wagenvorderräder eingebauten Motoren. Der Fahrshalter befindet sich unter dem Führersitz, und

der Betätigungshebel ist zur rechten Hand des Lenkers angeordnet. Mit Hilfe des Fahrschalters können, unter Vermittlung eines Vorschaltwiderstandes, mehrere Geschwindigkeiten nach vorwärts, die Stromausschaltung sowie das elektrische Bremsen erzielt werden. Zum Zwecke des Rückwärtsfahrens wird vor Betätigung des Fahrschalters die Stromrichtung im Anker des Motors umgekehrt und nicht im Feld, um den Feldmagneten nicht umzupolarisieren. Zur Schonung der Kontaktflächen ist der Fahrschalter mit einer magnetischen Funkenlöschvorrichtung versehen.

Die Wirkungsweise dieser Vorrichtung beruht auf der abstoßenden Wirkung, welche ein Magnetfeld bestimmter Richtung auf den als stromdurchflossenen, elektrischen Leiter anzusehenden Funken ausübt. Durch diese abstoßende Wirkung wird der beim Voneinanderentfernen zweier stromdurchflossener Kontakte sich bildende Funke bogenförmig verlängert und schließlich zum Abreißen, d. h. zum Verlöschen gebracht.

Jeder Wagen besitzt drei Bremsen und zwar: 1. die durch den Fahrschalter betätigte, auf die Vorderräder wirkende, elektrische Kurzschlußbremse und 2. zwei mechanische, auf die Bremsscheiben der Hinterräder wirkende Innenbremsen, welche durch ein Pedal betätigt werden, das vor Beginn der Bremswirkung den Betriebsstrom ausschaltet. Die Firma verwendet Plantéakkumulatoren bei Wagen, die mit einer Ladung eine kürzere Weglänge zurückzulegen haben, und Faureakkumulatoren für große Fahrleistungen mit einer Ladung. Die Batterie kann leicht ausgewechselt und im Wagen selbst wieder geladen werden. Die Wagen, welche mit den auf Seite 45—47 besprochenen Motortypen ausgerüstet sind,

legen mit einer Batterieladung auf ebener, guter Straße einen Weg von 30—100 km zurück, während die großen Wagen, die von Motoren der Type 3 angetrieben werden, für bei weitem größere Fahrleistungen gebaut werden können.

Von hervorragender Bedeutung sind die Akkumulatorenlastwagen, welche sowohl für kleine als auch große Nutzlasten gebaut werden.

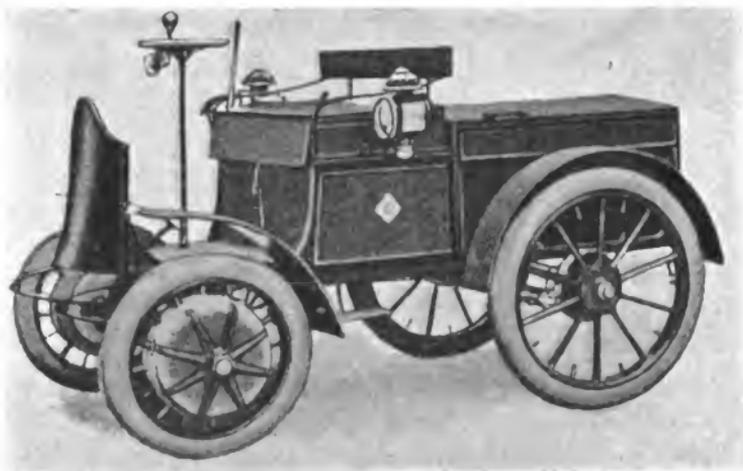


Fig. 40. Leichter Lastwagen der Firma Jacob Lohner & Co.

Die Figur 40 stellt einen leichten Lastwagen der Firma Jacob Lohner & Co. dar, der für eine Nutzlast von 200 kg gebaut ist und zwei 3—8 PS.-Motoren besitzt. Die Batterie, welche etwa 350 kg wiegt, befördert mit einer Ladung den Wagen in der Ebene etwa 50 km weit, und zwar mit einer Stundengeschwindigkeit von 5, 13 oder 22 km.

Ein schwerer Lastwagen derselben Firma für 2 t Nutzlast (Fig. 41) legte bei einer Lastwagenkonkurrenz

in Wien eine Strecke von 31,5 km in zwei Stunden 15 Minuten zurück, bei Überwindung einer Steigung von $74,9\%$. Das Eigengewicht des Wagens betrug samt der aus 120 Zellen von Gottfried Hagen bestehenden und 780 kg schweren Batterie 2425 kg, die Nutzlast 2015 kg. Die Nutzlast betrug demnach etwa 45% des 4440 kg



Fig. 41. Schwerer Lastwagen der Firma Jacob Lohner & Co.

betragenden Totalgewichtes und etwa 83% des Eigengewichtes. Der totale Verbrauch an elektrischer Energie betrug 11 140 W./Std., wobei auf den Wagenkilometer 354 W./Std., auf den Tonnenkilometer Nutzlast 175 W.-Std. und auf den Tonnenkilometer Totallast 80 W./Std. entfallen.

Die Studebaker Brothers Manufacturing Company in Amerika bringt Lastwagen in den Verkehr, die für Lasten bis 4 t bestimmt sind (Fig. 42a und 42b). Diese

Wagen besitzen Hinterradkettenantrieb und zwei mechanische Bremsen, von denen eine auf die Motorwelle und die andere, als Innenbremse ausgeführte, auf die angetriebenen Räder wirkt. Die Batterie, deren Zellen immer in Serie verbunden bleiben, ist in vier Kästen untergebracht, welche im Wagenuntergestell angeordnet sind. Ein Fahrswitcher, der die Motoren beim Anfahren in Serie und während der Fahrt in Parallelschaltung verbindet, gestattet die Einstellung von vier Geschwindigkeiten nach vorwärts und von vier Geschwindigkeiten nach rückwärts.

Schließlich sei von Lastwagen noch der Wagen der Motor Vehicle Company of Detroit in Amerika erwähnt, der für eine Nutzlast von 10 t gebaut ist. Bei diesem Wagen sind alle vier mit Holzreifen versehenen Räder angetrieben und zugleich Lenkräder, wobei auf jedes Rad eine Bandbremse wirkt. Dem 8 t schweren Wagen erteilen die vier $3\frac{1}{2}$ PS.-Motoren mit Einschaltung einer doppelten Übersetzung eine durchschnittliche Geschwindigkeit von 10 km in der Stunde. Die Batterie, welche in einem Kasten am Untergestell aufgehängt ist, besteht aus 80 Zellen, die eine Kapazität von 350 A./Std. besitzen. Bei voller Ladung und auf Asphaltstraßen beträgt der Energieverbrauch 62 W./Std. pro Tonnenkilometer.

Das von Akkumulatoren mit Strom versorgte Elektromobil hat sich heute, infolge seiner leichten Anpassungsfähigkeit an die verschiedensten Verwendungszwecke, die verschiedenartigsten Zweige des Verkehrs erobert und seien im folgenden einige Beispiele angeführt.

Die Figur 43 zeigt einen von der Allgemeinen Betriebs-Aktiengesellschaft für Motorfahrzeuge in Köln gebauten Postomnibus. Die Vorderräder dieses

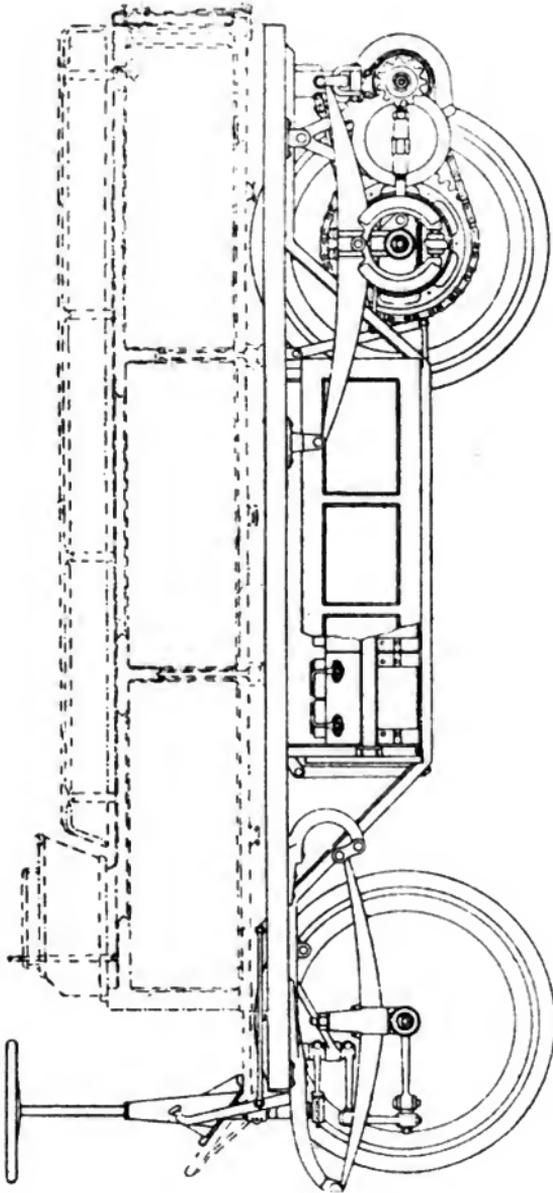


Fig. 42a. Aufriß des Lastwagens der Studebaker Brothers Manufacturing Company.

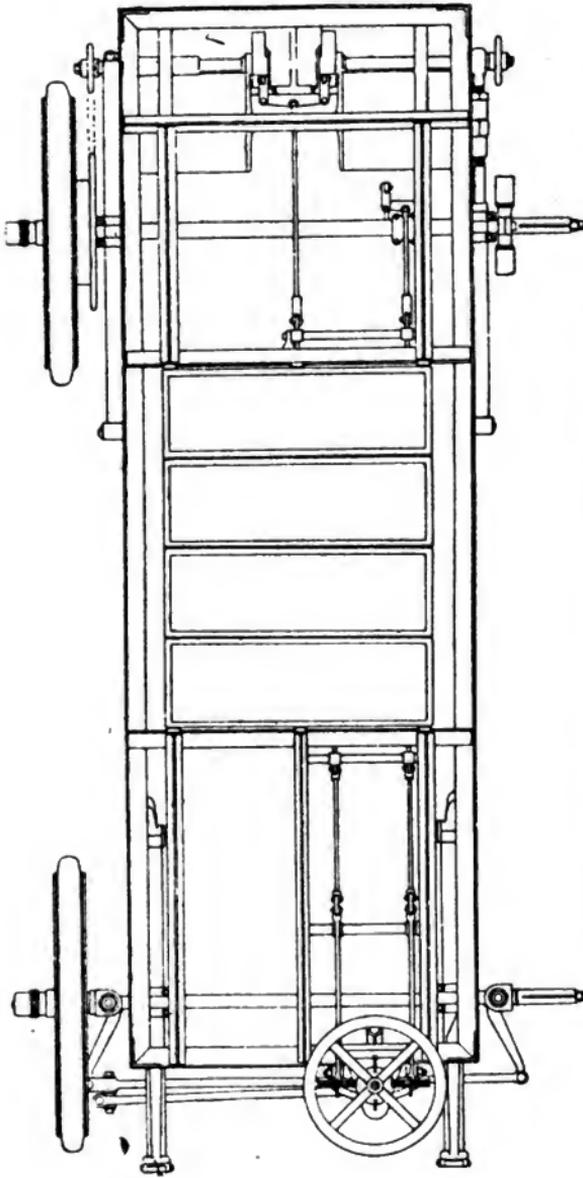


Fig. 42b. Grundriß des Lastwagens der Studebaker Brothers Manufacturing Company.

Wagens werden von zwei $2\frac{1}{2}$ PS.-Motoren angetrieben. Die Batterie ist am Wagenuntergestell aufgehängt. Der Kontroller ist um die Lenkstange herum angeordnet. Dem Wagen können vier Geschwindigkeiten nach vor-

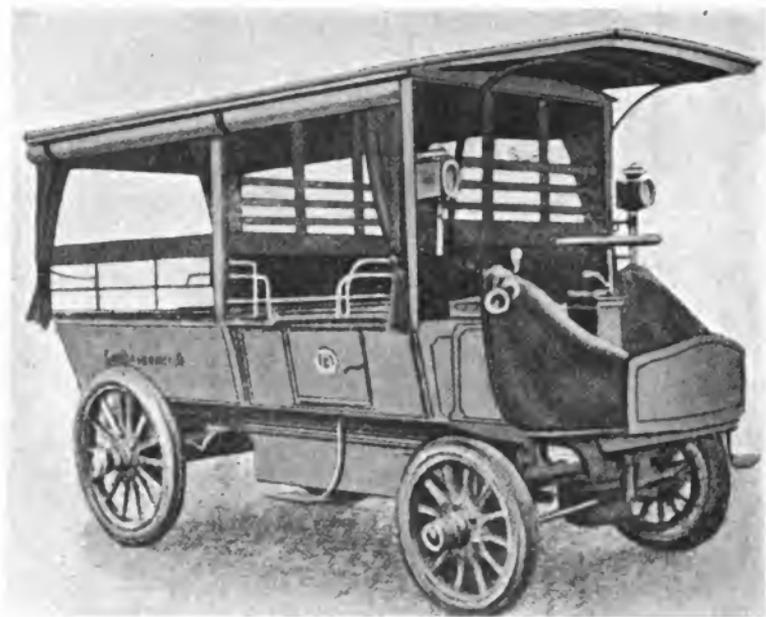


Fig. 43. Postomnibus der

Allgemeinen Betriebs-Aktiengesellschaft für Motorfahrzeuge.

wärts und eine Geschwindigkeit nach rückwärts erteilt werden.

Ein von der Firma Jacob Lohner & Co. in Wien für die Wiener Feuerwehr gebauter Spritzenwagen (Fig. 44) hat ein Gesamtgewicht von 4600 kg; davon entfallen auf den Wagen samt der 760 kg schweren Akkumulatorenbatterie 2590 kg und auf die Feuerwehrausrüstung, einschließlich fünf Mann Bedienung und 600 l

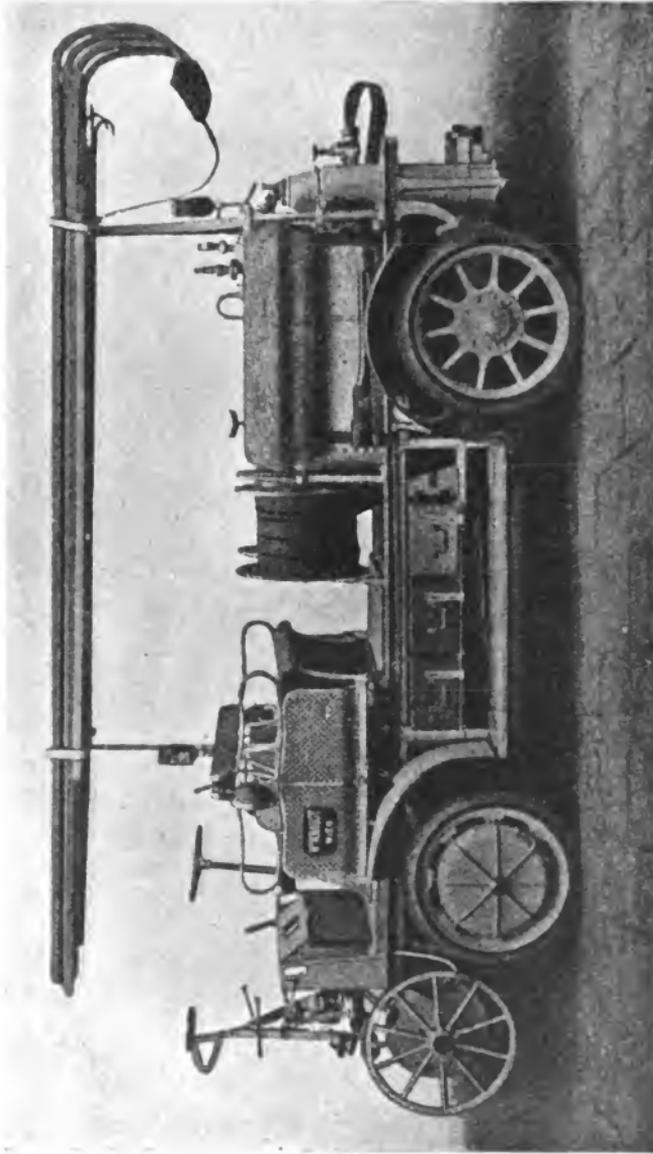


Fig. 44. Spritzenwagen der Firma Jacob Lohner & Co.

Wasser, 2010 kg. Der Wagen besitzt zwei die Vorderräder antreibende Elektromotoren. Auf die Vorderräder wirken die elektrischen Kurzschlußbremsen, während die Hinterräder mit mechanischen Bremsen versehen sind. Sämtliche Räder besitzen Vollgummireifen. Die aus 84 Faurezellen bestehende Batterie ist in vier leicht herauschiebbaren Kästen unter dem Führersitz untergebracht und besitzt bei einer Entladungsdauer von 5, 3 und 1 Stunde bzw. eine Kapazität von 105, 90 und 60 A./Std. Der Wagen kann in der Ebene maximal 35 km in der Stunde zurücklegen. Bei einer mittleren Geschwindigkeit von 17—18 km in der Stunde können mit einer Ladung 45 km gefahren werden. Der Energieverbrauch beträgt auf guter ebener Straße 55 W./Std. pro Tonnenkilometer, während er auf welligem Terrain 80 W./Std. erreicht. Die Firma baute auch einen ähnlich aufgebauten Mannschafts- und Gerätewagen für die städtische Feuerwehr in Frankfurt a. M.

Die eben genannte Firma lieferte der Wiener freiwilligen Rettungsgesellschaft einen Ambulanzwagen (Fig 45). Die Akkumulatoren sind vorn am Wagen in einem dem Motorkasten der Benzinautomobile ähnlichen Gehäuse untergebracht. Der Aktionsradius des Wagens beträgt 80 km.

In neuerer Zeit werden in den größeren Städten Amerikas vielfach Aussichtswagen benützt, welche dazu dienen, den Fremden die Sehenswürdigkeiten der Stadt zu zeigen. In Newyork allein bestehen sieben Gesellschaften als Unternehmer derartiger Fahrten. Diese Wagen haben zumeist Akkumulatorenbetrieb. Einen derartigen von der Vehicle Equipment Company gebauten Wagen zeigt die Figur 46. Dieser Wagen faßt

20—25 Personen und besitzt eine Batterie von 42 Zellen, welche an jedem Betriebstage während der Nacht und



Fig. 45. Ambulanzwagen der Firma Jacob Lohner & Co.



Fig. 46. Aussichtswagen der Vehicle Equipment Company.

zum zweitenmal am Nachmittag in $11\frac{1}{4}$ Stunden geladen werden. Die Räder besitzen Vollgummireifen. Am Abend kann der Wagen von 36 farbigen, achtkerzigen Lampen beleuchtet werden.

Von kleineren Fahrzeugen sei zunächst das Briefpostdreirad der Münchener Postverwaltung erwähnt, welches von der Elektrizitäts-A.-G. vorm. Schuckert & Comp. in Nürnberg gebaut wurde (Fig. 47). Jeder Wagen besitzt 30 Elemente, welche sich in einem im hinteren Teile des horizontalen Wagenrahmens gelagerten

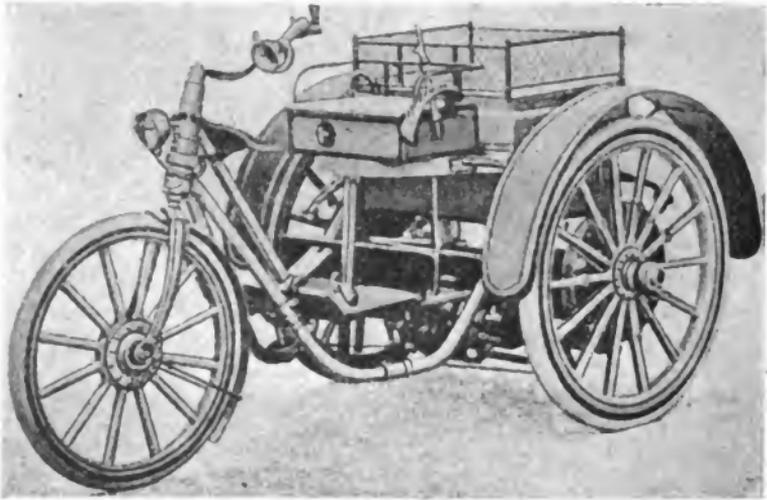


Fig. 47.

Briefpostdreirad der Elektrizitäts-A.-G. vorm. Schuckert & Comp.

Kasten befinden. Über diesem ist der Gitterkorb für die Briefe angeordnet. Der 1,5pferdige Motor, der normal 1200 Umdrehungen in der Minute macht, treibt mittels eines Differentialgetriebes und einer doppelten Übersetzung ($\frac{1}{3} \times \frac{1}{6} = \frac{1}{18}$) die beiden Hinterräder an. Das Gesamtgewicht des Wagens beträgt 700 kg, die Nutzlast maximal 100 kg und die normale Geschwindigkeit 15 km in der Stunde. Der Fahrschalter besitzt fünf Vorwärts-, zwei Brems- und zwei Rückwärtsstellungen. Die Tagesleistung eines Wagens beträgt 100 km. Nach jeder Fahrt

von etwa 6,5 km wird die Batterie ausgewechselt und stehen zu diesem Zwecke in der Ladestation immer drei Batterien mit je 30 Zellen zur Ladung angeschlossen, welche in Hintereinanderschaltung mit einer Spannung von 220 V. geladen werden. Die Stromkosten betragen pro Kilometer Fahrleistung 2,8 Pfennige.



Fig. 48. Elektrischer Fahrstuhl.

Auf der Weltausstellung in St. Louis im Jahre 1904 waren zweiseitige Fahrstühle (Fig. 48) im Gebrauch, welche von dem Fahrgast selbst gelenkt werden konnten und in der Ebene eine Maximalgeschwindigkeit von 5 km in der Stunde erreichten. Vorn am Wagengestell ist ein vorstehender Rahmen angeordnet, welcher dann, wenn der Wagen an ein Hindernis stößt, schon bei geringem Drucke zurückweicht und dadurch sowohl den Strom abschaltet als auch die Räder bremst, wodurch der Wagen sofort stillsteht. Im Rücken des Wagens

kann ein abnehmbarer Sitz für einen Führer angebracht sein.

Im Anschlusse an die Beschreibung von Akkumulatorenwagen wollen wir Berechnungen bezüglich der Anschaffungs- und jährlichen Betriebskosten solcher Wagen anführen, aus welchen Berechnungen hervorgeht, daß ein Elektromobil im allgemeinen nicht teurer kommt als ein mit Pferden betriebenes Fahrzeug.

So geben Egger und Lohner an, daß die einmaligen Anschaffungskosten eines Elektromobilfiakers 12 800 K österr. W. und die jährlichen Betriebskosten 6400 K betragen. Dem gegenüber verursacht ein eigener Fiaker in Wien jährliche Kosten von 7000 K.

Die Allgemeine Betriebs-Aktiengesellschaft für Motorfahrzeuge in Köln stellt für einen Geschäftswagen mit einer Nutzlast von etwa 800 kg, welcher an 300 Arbeitstagen im Jahre täglich durchschnittlich 50 km zurücklegt, folgende Kostenrechnung auf:

Anschaffungskosten	Mk. 6900.—
Amortisation	Mk. 690.—
Stromverbrauch bei 25 Pfg. per KW.	„ 650.—
Akkumulatorenversicherung	„ 400.—
Ersatzteile, Reparaturen, Öl usw.	„ 200.—
Lohn des Führers	„ 1200.—
Amortisation und Betriebskosten per Jahr:	
	Summa Mk. 3140.—

Für amerikanische Verhältnisse berechnet H. Eames die jährlichen Betriebskosten dreier Geschäftswagen bei Pferdebetrieb zu 3470 \$ und bei elektrischem Betrieb zu 2000 \$.

Die großen Vorteile, die der Elektromobilfiaker bietet, und seine relative Billigkeit haben auch seine große Verbreitung in den Städten bewirkt. In Berlin, Dresden, Frankfurt a. M. und Köln stehen solche Fiaker als Mietwagen im Verkehre, und in allen großen Städten gehört der Elektromobilfiaker zu den Merkmalen großstädtischen Verkehrs. Diesbezüglich ist es von Interesse, zu vernehmen, daß neuestens in Buenos Aires die *Compania Alemana Transatlántica de Electricidad* darangeht, die 3000 Droschken der Stadt durch elektrische Wagen zu ersetzen.

Elektromobile mit gemischtem Betrieb.

Die Elektromobile dieser Art leiten sich entwicklungs-geschichtlich von den Elektromobilen mit reinem Batteriebetrieb folgendermaßen her: Um zu ermöglichen, mit Wagen der letzteren Art auch längere Fahrten zu unternehmen als einer Batterieladung entsprechend, ordnete man auf dem Elektromobil eine kleine Ladestation, bestehend aus einem Explosionsmotor und einer mit letzterem gekuppelten Dynamomaschine an, welche Ladestation dann in Betrieb gesetzt wurde, wenn die Batterie erschöpft war. Später verband man die Ladestation dauernd mit der Akkumulatorenbatterie, so daß bei Fahrten in der Ebene die Ladestation nicht nur Strom in die Elektromotoren, sondern auch Ladestrom in die Akkumulatoren sendet, während bei größerem Strombedarf, etwa bei Fahrten in der Steigung, die Akkumulatoren Strom abgeben und so die Dynamomaschine in ihrer Leistung unterstützen. Die Wagen mit gemischtem Betriebe haben die Bedeutung eines Über-

gangsgliedes zwischen den Wagen mit reinem Batteriebetriebe und denen mit elektrischer Arbeitsübertragung. Diese beiden Arten von Elektromobilen wurden geschaffen, um die Akkumulatorenbatterie, die noch lange nicht am Ende ihrer Vervollkommnung angelangt ist, teilweise oder ganz entbehren zu können. Von diesem maßgebenden Gesichtspunkte aus verdienen die Wagen mit elektrischer Arbeitsübertragung ohne Batterie gegenüber jenen mit gemischtem Betriebe entschieden den Vorzug, da sie letztere überdies an Einfachheit des Aufbaues übertreffen. Da jedoch diese beiden Wagentypen in bezug auf den zuletzt erwähnten Umstand gegenüber den Elektromobilen mit reinem Batteriebetrieb entschieden im Nachteile sind, kann man ruhig die Prophezei aussprechen, daß in dem Maße, als die Traktionsakkumulatoren vervollkommen werden, sowohl die Wagen mit gemischtem Betriebe als auch die mit elektrischer Arbeitsübertragung an Bedeutung verlieren werden.

Den Typus eines Elektromobils mit gemischtem Betriebe zeigt das Schema (Fig. 49) des Elektromobils der Fischer Motor Vehicle Company in Amerika. Mit dem Benzinmotor ist eine Dynamomaschine direkt gekuppelt und der von der Dynamo erzeugte Strom wird mit Hilfe eines Kontrollers zum Teil den beiden die Hinterräder antreibenden Elektromotoren und zum Teil der Akkumulatorenbatterie zugeführt.

Bei einem für eine Nutzlast von 10 t bestimmten Wagen ordnet die genannte Gesellschaft einen 22 PS.-Benzinmotor mit vier Zylindern an, welcher mit einer 9 KW. und 110 V.-Dynamomaschine gekuppelt ist und 550 Umdrehungen in der Minute macht (Fig. 50). Der

Wagen besitzt zwei 8 PS.-Antriebsmotoren (Fig. 51). Die Batterie hat eine Kapazität von 136 A./Std. bei

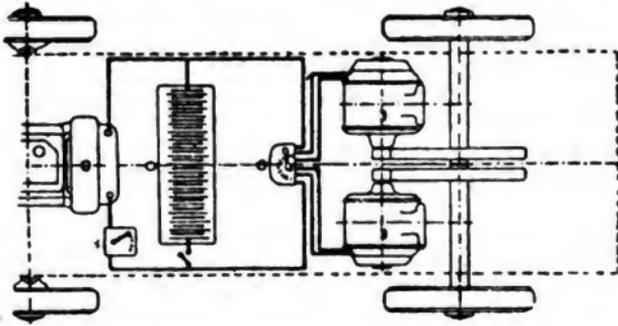


Fig. 49. Schema eines Elektromobils mit gemischtem Betrieb.

dreistündiger Entladung. Der Kontroller gestattet die Einstellung von fünf Geschwindigkeiten in jeder Fahrt-

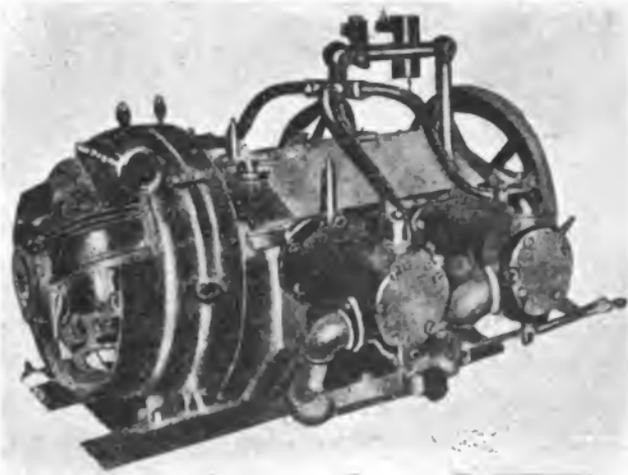


Fig. 50. Maschinenaggregat des Elektromobils der Fischer Motor Vehicle Company.

richtung und der Wagen kann mit voller Last in der Ebene 7—8 km in der Stunde zurücklegen.

Die Figur 52 zeigt einen für eine Last von 1 t gebauten Wagen der genannten Firma. Die Dynamomaschine von 5 KW. und 110 V. ist mit einem dreizylindrigen Benzinmotor gekuppelt, welcher normal 7 PS. und maximal 10 PS. bei 600 Umdrehungen in der Minute leistet. Das Maschinenaggregat ist unter dem Führersitz angebracht,

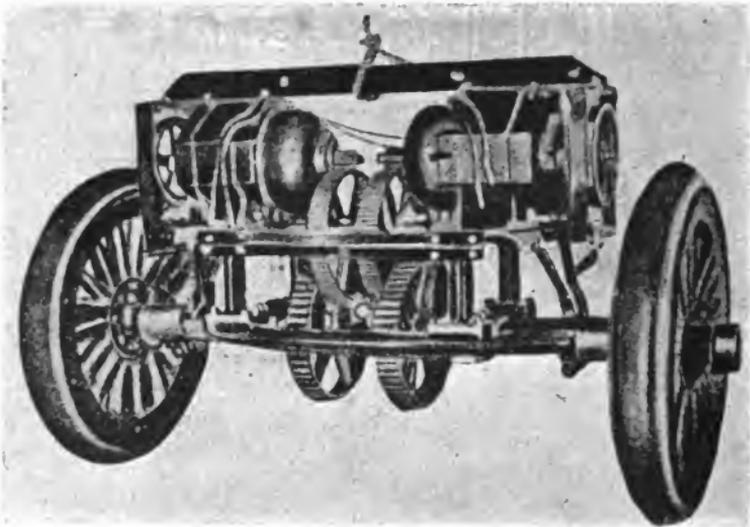


Fig. 51. Anordnung der Antriebsselektromotoren
des Elektromobils der Fischer Motor Vehicle Company.

während die aus 50 ständig in Serie geschalteten Zellen bestehende Batterie in einem in der Mitte des Wagen-
gestells angeordneten Kasten untergebracht ist. In eine
der beiden Verbindungsleitungen zwischen der Dynamo-
maschine und der Akkumulatorenbatterie ist ein mag-
netischer Regulator eingeschaltet, welcher auf ein die
Gaszufuhr zu den Zylindern des Explosionsmotors
regelndes Drosselventil wirkt. Infolge dieser Einrichtung
läuft die Maschine derart, daß der 50 A. betragende Lade-

strom der Akkumulatoren unter allen Umständen konstant bleibt. Die Batterie besitzt bei dreistündiger Entladung eine Kapazität von über $67\frac{1}{2}$ A./Std. und läßt für kurze Zeit einen Entladestrom von 150 A. zu. Jeder der beiden Antriebs Elektromotoren leistet $2\frac{1}{2}$ KW., und dieselben erteilen dem Wagen durch verschiedene Schal-



Fig. 52. Lastwagen der Fischer Motor Vehicle Company.

tungen fünf Geschwindigkeiten nach vorwärts. Bei der ersten Geschwindigkeit sind beide Motoren mit Vorschaltung eines besonderen Widerstandes hintereinander geschaltet. Bei der zweiten Geschwindigkeit sind die Motoren ebenfalls in Serie geschaltet, doch ist der Widerstand abgeschaltet. Zur Herstellung der dritten Geschwindigkeit wird die Gruppe der parallel geschalteten

Feldwicklungen beider Motoren in Serie geschaltet mit den hintereinander geschalteten Armaturwicklungen. Bei der vierten Geschwindigkeit sind die untereinander parallel geschalteten Armaturwicklungen in Serie mit den hintereinander geschalteten Feldwicklungen, während schließlich bei der fünften Geschwindigkeit die beiden Motoren parallel geschaltet sind. Zum Anlassen des Explosionsmotors wird die Akkumulatoren-batterie an die Dynamomaschine angeschlossen, so daß diese, jetzt als Motor wirkend, die Gasmaschine in Gang setzt.

Die Fischer Motor Vehicle Co. baut nach dem eben besprochenen System einen Aussichtswagen, der in seinem Äußeren dem durch die Figur 46 dargestellten gleicht. Dieser Wagen besitzt einen vierzylindrigen, liegend angeordneten Explosionsmotor, der 550 Umdrehungen in der Minute macht. Die mit ihm gekuppelte und mit ihm im Raume unter den rückwärtigen Sitzen angeordnete 120 V.-Nebenschlußdynamo leistet 10 KW. Der Zufluß zum Explosionsmotor wird durch ein automatisches, vom Betriebsstrom beeinflusstes Drosselventil geregelt. Die am Untergestell aufgehängte Batterie besteht aus 48 Zellen mit einer Kapazität von 136 A./Std. bei dreistündiger Entladung. Die beiden $7\frac{1}{2}$ PS.-Elektromotoren, welche die Hinterräder antreiben, vertragen während einer halben Stunde eine Überlastung von 200% und während einer Stunde eine Überlastung von 100%. Der Benzinbehälter faßt etwa 106 l, welche Füllung für eine Fahrt von 145—160 km ausreicht. Der ein Rohrgestell besitzende Wagen wiegt leer 5850 kg und kann bei voller Belastung mit einer Geschwindigkeit von 16 km in der Stunde fahren.

Elektromobile mit elektrischer Arbeitsübertragung.

Wir haben bei den Elektromobilen mit gemischtem Betriebe erwähnt, daß bei diesen Wagen die Batterie nur bei Fahrten in der Steigung, resp. bei Fahrten mit erhöhtem Strombedarf zur Wirkung kommt, während bei normalen Fahrten die Dynamomaschine die Stromlieferung allein übernimmt. Es ist nun naheliegend, die Akkumulatorenbatterie ganz wegzulassen und auf den Wagen als Energiequelle nur eine mit einem Explosionsmotor gekuppelte Dynamomaschine anzuwenden und beide Maschinen so zu konstruieren, daß sie für jede Fahrtleistung ausreichen. Die Elektromobile der letzten Art, die man Elektromobile mit elektrischer Arbeitsübertragung nennt, können nicht nur zum Befördern großer Lasten verwendet werden, sondern besitzen auch alle für einen Rennwagen notwendigen Eigenschaften. Während die meisten der gewöhnlichen Automobile nur etwa 50% der Leistung des Explosionsmotors bei der Fahrt nutzbar verwerten, sind bei den hier in Rede stehenden Wagen nach Versuchen 70—80% der Leistung des Explosionsmotors an den Treibrädern zur Verfügung.

Die Figur 53 zeigt das Schema eines derartigen Wagens von Champobert. Der Benzinmotor *M* ist samt der von ihm angetriebenen Dynamomaschine *G* in der vorderen Hälfte des Wagens gelagert. Der Elektromotor *R* erhält seinen Strom über einen Kontroller *C* und treibt mittels einer großen Stirnradübertragung das Differentialgetriebe *C D* an, welches auf der Hinterradachse sitzt. Die verschiedenen Geschwindigkeiten des Elektromotors werden durch verschiedene Schaltungen seiner beiden

Feldwicklungen und seiner beiden je mit einem besonderen Kollektor verbundenen Ankerwicklungen erhalten.

Einen sehr interessanten derartigen Wagen baut gegenwärtig die Wiener Firma Jacob Lohner & Co. sowie die Pariser Firma Panhard & Levassor nach dem System Lohner-Porsche. Bei diesem Wagen vollzieht sich die Anpassung des Maschinenmechanismus an die verschiedenen Fahrtverhältnisse fast durchwegs

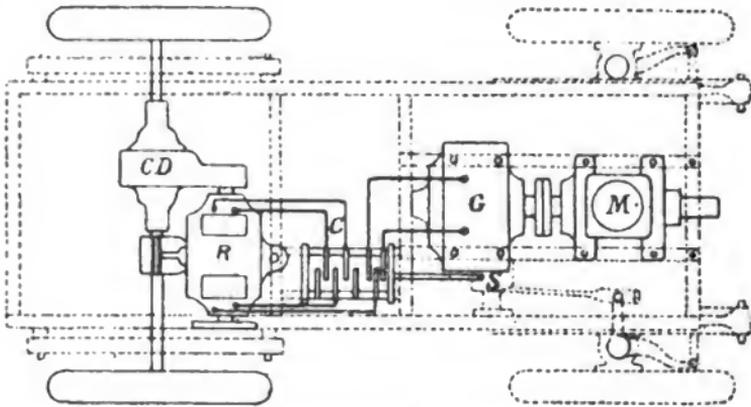


Fig. 53. Schema eines Elektromobils mit elektrischer Arbeitsübertragung.

ganz automatisch. Dem Explosionsmotor werden überhaupt nur zwei Einstellungen, entsprechend Fahrten bei Terrainverschiedenheiten unter 12% und Fahrten bei Terrainverschiedenheiten über 12%, gegeben. Alle Regulierungen, welche bezwecken, den Mechanismus einer bestimmten Steigung anzupassen, erfolgen selbsttätig durch die Dynamomaschine. Die Arbeitsleistung des Explosionsmotors ist, wie wir betont haben, nach einer Einstellung konstant. Aus diesem Grunde ist auch die Arbeitsleistung der Dynamomaschine konstant. Die letztere Arbeitsleistung kann man durch das Produkt

Klemmenspannung mal dem von der Maschine gelieferten Strom ausdrücken. Wir haben auf Seite 40 gezeigt, daß der Elektromotor dann, wenn er eine größere Arbeit

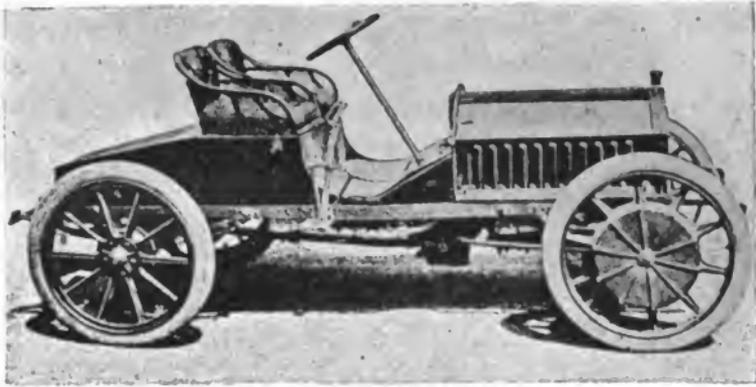


Fig. 54. Elektromobil der Firma Jacob Lohner & Co.

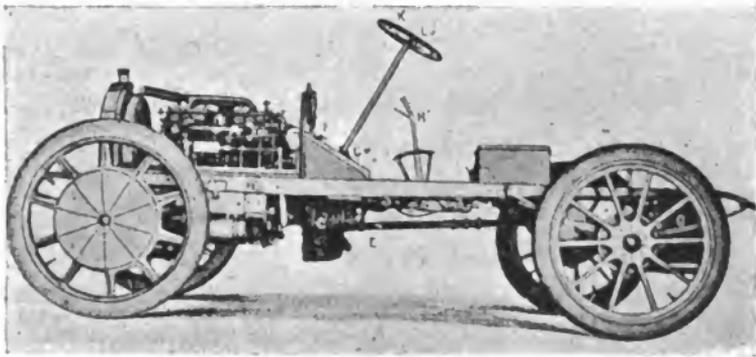


Fig. 55. Seitenansicht des Chassis des Lohner-Elektromobils.

zu leisten hat, der Stromquelle mehr Strom entnimmt. In unserem Falle muß jedoch, damit trotz gesteigerter Stromentnahme aus der Dynamo das obenbezeichnete Arbeitsprodukt seinen Wert beibehält, der zweite Faktor, die Klemmenspannung der Maschine, um so viel Ein-

heiten abnehmen als der Strom an Einheiten zunimmt. Diese Regelung der Klemmenspannung der Maschine findet durch die Verstellung des Feldmagneten von seiten eines elektro-mechanischen Regulators statt. Der große Vorteil dieser Anordnung liegt also einerseits darin, daß der Explosionsmotor fast gar nicht reguliert wird, wodurch er fortwährend mit günstigem Wirkungsgrad arbeiten kann, und andererseits in dem Umstande, daß der Wagenlenker während der Fahrt beinahe gar keine

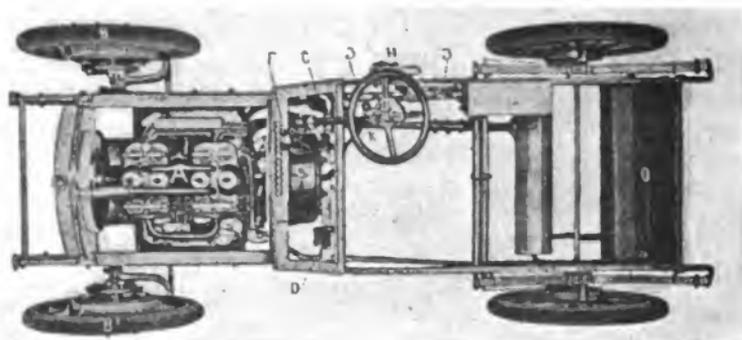


Fig. 56. Draufsicht des Chassis des Lohner-Elektromobils.

Regulierung vorzunehmen hat, daß sich vielmehr die Regulierung fast vollkommen selbsttätig abspielt.

Die Konstruktion des Wagens ist durch die Figuren 54, 55 und 56 veranschaulicht, welche den Wagen in Aufriß und Grundriß darstellen.

Der vierzylindrige Panhardbenzinmotor *A* ist an der Frontseite des Wagens angeordnet. Die mit dem Benzinmotor gekuppelte Dynamomaschine *C*, welche, wie schon erwähnt, solange die Einstellung des Benzinmotors ungeändert bleibt, bei allen Fahrtverhältnissen gleiche Leistung abgibt, ist durch die Figuren 57, 58 und 59 in zwei verschiedenen Ausführungsfor-

men dargestellt. Bei beiden ist der auf der ruhenden Welle sitzende Feldmagnet 3 auf letzterer drehbar befestigt und durch eine Feder 8 in einer der normalen Belastung der Maschine entsprechenden Stellung gehalten. Nimmt die Leistung der Elektromotoren und damit der von dem rotierenden Anker 2 der Dynamo gelieferte Strom zu, dann steigt die magnetische An-

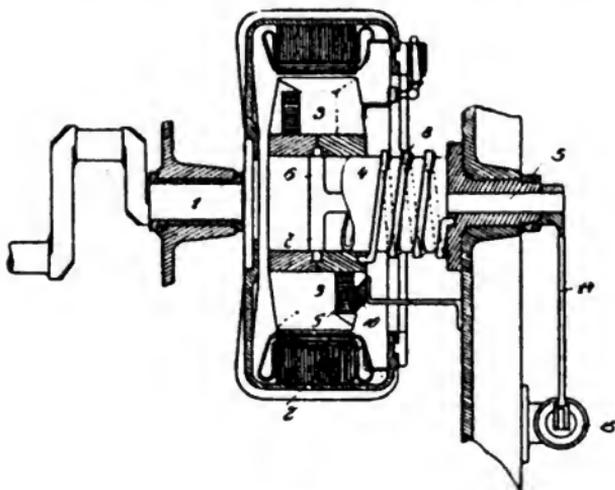


Fig. 57.

Querschnitt durch die Dynamo des Lohner-Elektromobils.

ziehungskraft zwischen Anker- und Feldmagnetkörper, und letzterer wird gegen die Wirkung der Feder auf der Welle entsprechend verdreht. Durch diese Drehung werden bei der einen Ausführungsform (Fig. 57 und 58) Feldmagnetwindungen abgeschaltet (oder parallel zu denselben ein Widerstand zugeschaltet), und bei der zweiten Ausführungsform (Fig. 59) wird der Feldmagnet auf seiner Welle, infolge Wirkung seines in eine schräge Nut der Welle ragenden Zapfens 12, nach rechts ver-

schoben, wodurch der Luftspalt zwischen Anker und Feldmagnetkörper vergrößert wird. In beiden Fällen findet durch die Drehung des Feldmagnetkörpers eine Schwächung des Magnetfeldes statt, und zwar im ersten Falle durch die Verringerung der wirksamen Feldmagnetwindungen und im zweiten Falle durch die Erhöhung

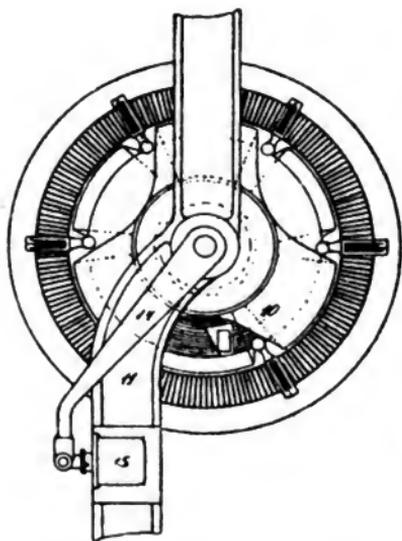


Fig. 58. Stirnansicht der Dynamo des Lohner-Elektromobils.

des magnetischen Widerstandes. Infolge dieser Schwächung des Magnetfeldes wird die Spannung der Dynamo um so viel Einheiten herabgesetzt als die Stromstärke an Einheiten zunimmt. Es ist klar, daß bei Abnahme der Ankerstromstärke und der dadurch bewirkten Abnahme der Anziehung zwischen Anker und Feldmagnet die Regelung eine entgegengesetzte ist, so daß tatsächlich die von der Maschine abgegebene Leistung konstant bleibt.

Die durch die Figuren 57 und 58 dargestellte Einrichtung zum Zu- oder Abschalten von Feldmagnetwindungen besteht darin, daß die alle Feldmagnetpole magnetisierende, konzentrisch zur Dynamoachse gewickelte Erregerspule 9, welche aus einem an den Stirnflächen nicht isolierten Kupferband besteht, an einer Stirnfläche einen nicht durch die volle Dicke der Spule reichenden, trapezförmigen Ausschnitt besitzt, über

welchem eine Bürste 10 gelagert ist, die die Stromzufuhr zu den Feldwindungen besorgt. Bei Verdrehung des Feldmagnetkörpers kommt die Bürste mit mehr oder weniger Feldwindungen in Berührung, welche sie kurzschließt.

Die Elektromotoren sind wie bei allen Elektromobilen der Firma Jacob Lohner & Co. in den Wagenvorderrädern selbst untergebracht. Der Benzinmotor wird

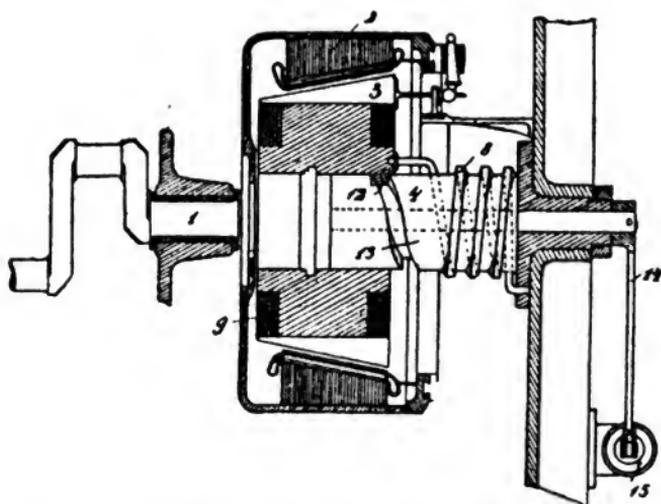


Fig. 59. Ausführungsform der Dynamo des Lohner-Elektromobils.

mit Hilfe einer kleinen Akkumulatorenbatterie und der mit ihm gekuppelten Dynamomaschine angekurbelt, wobei die Batterie auch die Zündung im Explosionsmotor und die Beleuchtung des Wagens besorgt. Die maximale Fahrgeschwindigkeit des mit einem 15 PS.-Explosionsmotor ausgestatteten Wagens beträgt etwa 80 km in der Stunde, das Gesamtgewicht des Wagens etwa 800 kg. Es werden auch Wagen mit einem 70 PS.-Explosionsmotor gebaut.

Unter den Wagen mit elektrischer Arbeitsübertragung nimmt die neue Konstruktion von Krieger einen hervorragenden Platz ein. Ähnlich wie bei dem System Lohner-Porsche arbeitet bei diesem Wagen der Explosionsmotor mit konstanter Leistung und konstanter Geschwindigkeit, also ständig mit dem besten Wirkungsgrade. Dementsprechend liefert die mit dem Explosionsmotor gekuppelte Dynamomaschine eine konstante Energiemenge. Da jedoch der Dynamo, entsprechend den Verschiedenheiten des Fahrtwiderstandes, ein verschieden starker Strom J entnommen wird, wird die Klemmenspannung E der Dynamo automatisch so geregelt, daß die von dieser Maschine abgegebene Energiemenge $J \times E$ konstant bleibt. Behufs Regelung der Klemmenspannung wird auf die Felderregung der Maschine derart eingewirkt, daß mit steigender Stromabgabe die Felderregung durch eine besondere Erregerwicklung herabgesetzt wird, die von dem von der Maschine abgegebenen Strom durchflossen wird und den Feldmagneten im umgekehrten Sinne magnetisiert wie die ebenfalls vorhandene Nebenschlußerregerwicklung. Die entmagnetisierende Wirkung steigt und sinkt also mit dem Strome, während gleichzeitig die Klemmenspannung der Maschine im umgekehrten Sinne in dem Maße sich ändert, daß das Produkt $J \times E$ konstant bleibt. Außer den beiden genannten Erregerwicklungen ist noch eine dritte Erregerwicklung vorhanden, welche den Feldmagneten im selben Sinne magnetisiert wie die Nebenschlußwicklung und ihren konstanten Strom von einer kleinen, 30—40 kg schweren Akkumulatorenbatterie empfängt, die unter dem Führersitz angeordnet ist. Diese konstante Erregung hat den Zweck, zu verhüten, daß bei großen

Stromabgaben von seiten der Maschine, infolge der dadurch bedingten großen Ankerrückwirkung, eine zu große Entmagnetisierung des Feldmagneten, also eine zu große Verminderung der Klemmenspannung der Dynamo eintritt. Jeder stromdurchflossene Anker erzeugt nämlich ein Magnetfeld, das zum Teile dem Felde des Feldmagneten entgegenwirkt.

Die kleine Akkumulatorenbatterie dient auch zum Anlassen des Maschinenaggregates, wobei die Dynamo als Motorläuft. Um die Wirkung der entmagnetisierenden Wicklung regeln zu können, ist in den Stromkreis dieser Wicklung ein kleiner Regelungswiderstand geschaltet.

Die Motoren des Wagens, die während der Fahrt gewöhnlich parallel und in Steigungen in Serie geschaltet sind, arbeiten demnach mit konstanter Leistung und mit einer vom jeweiligen Fahrtwiderstand abhängigen Geschwindigkeit.

Außer der besprochenen automatischen Regelung ist noch die Möglichkeit einer willkürlichen Regelung vorhanden, und zwar durch Regelung des Ganges des Benzinmotors resp. der mit diesem gekuppelten Dynamo. Wird durch Verlangsamung des Ganges die Klemmenspannung der Dynamo unter eine gewisse Grenze herabgedrückt, dann bleiben die Motoren und damit der Wagen stehen, während das Maschinenaggregat weiterläuft. Die Ingangsetzung des Wagens erfolgt durch bloße Steigerung der Geschwindigkeit des Benzinmotors und der damit verbundenen Steigerung der Klemmenspannung der Dynamo. Der Wirkungsgrad der Energieübertragung von der Explosionsmotorachse bis auf die Radfelge beträgt 80%.

Die Figur 60 zeigt das Chassis eines mit der besprochenen Antriebseinrichtung versehenen Wagens im Auf- und Grundriß, während die Figur 61 eine Ansicht der Anordnung des Stromerzeugerapparates und der Regelungsorgane gibt. Der vertikale, vierzylindrige 20 PS.-Benzin-

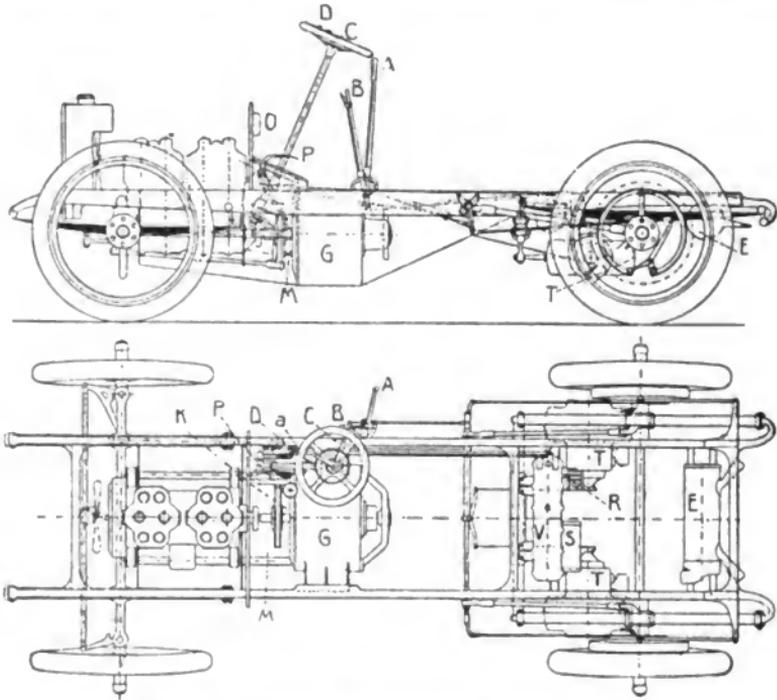


Fig. 60. Chassis des Krieger-Elektromobils.

motor macht normal 1200 Umdrehungen pro Minute. Der Motor ist mittels einer elastischen Kupplung *M* mit der Dynamo *G* verbunden, die den Betriebsstrom für zwei die Hinterräder antreibende Motoren *T* liefert. Der Kontroller *V* dient zur Inbetriebsetzung und zur Änderung der Schaltung der Elektromotoren. In der Figur 60 bedeutet noch *A* den Betätigungshebel für die

Hinterräderbremse, *B* den auf den Kontroller wirkenden Hebel, *C* die Handkurbel für die Drosselvorrichtung des Benzinmotors, mit deren Hilfe man die Wagengeschwindigkeit von 10—75 km in der Stunde ändern kann, *D* die Handkurbel für den Nebenschlußregelungswider-

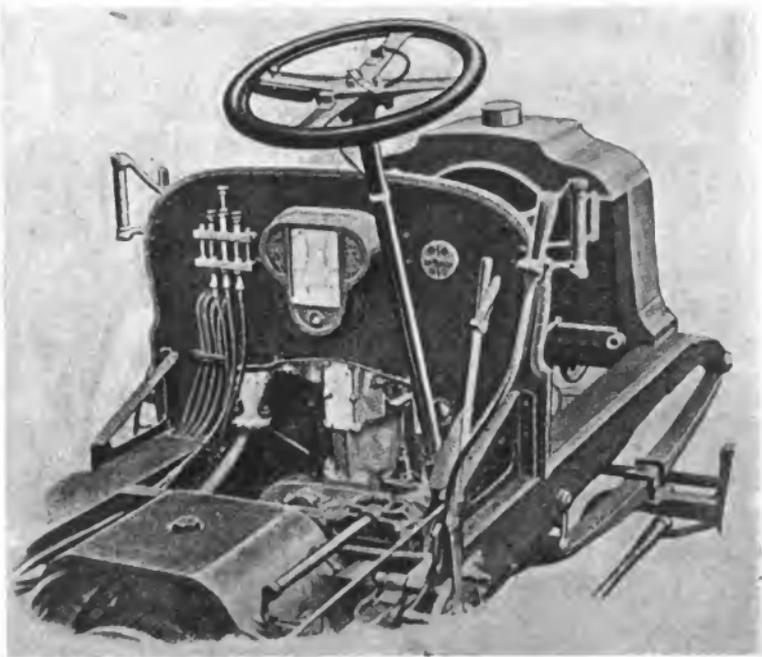


Fig. 61. Anordnung der Dynamo und der Regelungsorgane beim Krieger-Elektromobil.

stand, *E* den Schalldämpfer, *O* die Meßapparate, *P* das Pedal für die Stromunterbrechung und nachherige elektrische Bremsung, die durch allmähliches Kurzschließen der Motoren über Widerstände *R* erfolgt, *Q* das Pedal für die mechanischen Elektromotorenbremsen, und *S* bedeutet den Widerstand für die Ladung der Batterie.

Der Hebel *B* hat fünf verschiedene Stellungen: 1. Vorwärtsgang; 2. Anlaufen des Benzinmotors; 3. Stillstand; 4. Serienschaltung der Motoren und 5. Parallelschaltung der Motoren.

Beim Ingangsetzen des Maschinenaggregates wird der Hebel *B* von der Stellung 3 in die Stellung 2 bewegt. Die arbeitende Dynamo liefert nun Strom in die Akkumulatorenatterie, wie auch während des ganzen Betriebes. Jetzt wird der Hebel *B* wieder in die Stellung 3 zurückgeführt und sodann in die Stellungen 4 und 5 bewegt. Die Auspuffgase des Explosionsmotors werden bei der Schmierung verwendet. Der Wagen, der eine maximale Geschwindigkeit von 80 km erreichen kann, benötigt für eine Fahrt von 100 km ungefähr 20 l Benzin. Als Ausführungsform eines derartigen Wagens sei ein Phaeton mit seitlichem Einstieg (Fig. 62) angeführt.

Größte Beachtung verdienen die in letzter Zeit insbesondere in Amerika verwendeten, nach dem Prinzip der Elektromobile mit elektrischer Arbeitsübertragung gebauten elektromobilen Lastzüge, die nach dem Vorbilde der mit so großem Erfolge verwendeten Lastzüge gebaut sind, welche ihren Antrieb durch ein Benzinautomobil erfahren. Diesen Lastzügen gegenüber haben die elektromobilen Lastzüge den Vorteil, daß auch die Anhängewagen, ohne besondere Energiequelle, motorisch angetrieben sind, wodurch der Vorspannwagen ein geringes Adhäsionsgewicht haben kann und infolgedessen die Straßen geschont werden. Das Adhäsionsgewicht eines Wagens (Lokomotive) oder eines Wagenzuges ist bekanntlich das auf den motorisch angetriebenen Wagenachsen ruhende Gewicht. Dieses Adhäsionsgewicht darf, damit ein Fortbewegen des Zuges überhaupt möglich ist,

ein von dem Reibungsverhältnisse zwischen Fahrbahn und Wagenräder und dem Zugsgewichte abhängige Größe nicht unterschreiten.



Fig. 62. Phaeton der Firma Krieger

Das Schema eines solchen Lastzuges zeigt die Figur 63. Auf dem Vorspannwagen ist eine mit einem Explosionsmotor gekuppelte Dynamo angeordnet, die den Strom

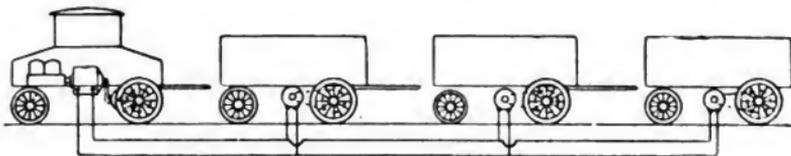


Fig. 63. Lastzug der Gibbs Engineering Company.

sowohl für die Elektromotoren der Vorspannmaschine als auch für die der angehängten Lastwagen liefert, wobei die Regelung sämtlicher Elektromotoren auf dem Vorspannwagen erfolgt.

Bei derartigen von der Gibbs Engineering Company in Amerika gebauten Lastzügen besitzt der Vorspannwagen eine vertikale, dreizylindrige Explosionsma-

schine, die eine 28 oder 100 KW.-Dynamomaschine antreibt, welche sowohl die zwei die Vorderräder antreibenden Elektromotoren als auch die Motoren der Anhängewagen mit Strom von 220 V. Spannung versorgt. Die Hinterräder sind als Lenkräder ausgebildet.

Die 28 KW.-Vorspannmaschine hat eine 40 PS.-Explosionsmaschine und eine Dynamomaschine, welche einen Strom von 130 A. bei 220 V. liefert. Die beiden $1\frac{3}{4}$ PS.-Elektromotoren des Vorspannwagens laufen mit 1100 Umdrehungen pro Minute und treiben mit doppelter Übersetzung die Wagenvorderräder an. Diese Vorspannmaschine dient zur Beförderung zweier Lastwagen, von denen jeder eine Last von 15 t aufnimmt.

Die 100 KW.-Vorspannmaschine besitzt zwei Explosionsmotoren, von denen einer für die andere als Reserve dient. Jede dieser Maschinen macht 300 Umdrehungen pro Minute und zum Anlassen derselben wird komprimierte Luft verwendet. Diese Vorspannmaschine zieht sieben Wagen mit einer Gesamtbelastung von 100 t. Ein solcher Zug wurde von der genannten Firma für die Pacific Coast Borax Company zur Beförderung von Lasten zwischen den Gruben und der Bahnstation gebaut.

Elektromobile mit elektro-mechanischem Antrieb.

Wie schon in der Einleitung ausgeführt, besitzen die Elektromobile dieser Art einen mit einer Dynamomaschine gekuppelten Explosionsmotor, der die Wagenräder mechanisch antreibt. Bei steigendem Energiebedarf unterstützt die als Elektromotor laufende Dy-

namomaschine den Explosionsmotor in seiner Leistung. Zur Ermöglichung dieses Betriebes liegt parallel zu den Klemmen der Dynamomaschine eine Akkumulatoren-batterie, welche bei normaler Fahrtleistung von der Dynamomaschine geladen wird, während sie bei erhöhtem Energiebedarf Strom in die Dynamo sendet, die dadurch als Motor läuft. Die Änderung der Fahrgeschwindigkeit erfolgt zumeist durch ein mechanisches Wechselgetriebe*). Bei diesem Elektromobilsystem dient demnach die ganze elektrische Einrichtung nicht zum dauernden Antriebe, sondern lediglich als Energiereserve. Der wesentliche Vorzug aller anderen Elektromobilsysteme, der elektromotorische Antrieb, entfällt also bei diesem System, welches in bezug auf Antrieb und Geschwindigkeitsänderung alle Nachteile des Benzinautomobils besitzt.

Als Beispiel einer derartigen Betriebseinrichtung sei zunächst der elektromobile Lastzug System Vorreiter-Kriéger erwähnt. Bei diesem System befindet sich auf dem Vorspannwagen der Benzinmotor und die Dynamomaschine, während die Akkumulatoren auf den mit Antriebs Elektromotoren ausgestatteten Anhängewagen untergebracht sind. In Zeiten geringeren Energiebedarfs sendet die Dynamomaschine sowohl Strom in die Elektromotoren der Anhängewagen als auch Ladestrom in die Akkumulatoren. In Zeiten größeren Energiebedarfs senden die Akkumulatoren sowohl in die Dynamomaschine als auch in die Elektromotoren der Anhängewagen

*) Bei einem neuen Wagen mit elektro-mechanischem Antrieb der Firma Henri Pieper in Lüttich ist kein mechanischer Geschwindigkeitswechsel vorhanden, und die Änderung der Antriebstourenzahl erfolgt lediglich durch Änderung der Erregung der Dynamomaschine. Siehe diesbezüglich den Aufsatz des Verfassers über „Die Elektromobilen“ im „Jahrbuch der Automobilindustrie“, Berlin, Band IV.

Strom. Bedingung für diese Wirkungsweise ist, daß die Akkumulatorenbatterie und die Elektromotoren jedes Anhängewagens für sich in Parallelschaltung an die Klemmen der Dynamomaschine gelegt sind. Der Umstand, der für die Art der Wirksamkeit der Dynamomaschine maßgebend ist, ist die Tourenzahl des Benzinmotors. Verlangsamt sich der Gang des Benzinmotors infolge Steigerung des Fahrtwiderstandes unter eine bestimmte Grenze, dann wird die an den Klemmen der Dynamo erzeugte Spannung so gering, daß die Spannung der Akkumulatorenbatterien überwiegt und diese demnach Strom in die Dynamo senden. Sinkt der Fahrtwiderstand, dann steigt die Tourenzahl von Benzinmotor und Dynamo. Die Klemmenspannung der Dynamo überwiegt jetzt die Spannung der Batterien, so daß sowohl letztere als auch die Elektromotoren der Anhängewagen von der Dynamo mit Strom versorgt werden.

Dieses System vereinigt die Vorzüge des Lokomotivsystems mit denjenigen des Motorwagensystems. Der Vorspannwagen kann leichter werden, weil das notwendige Adhäsionsgewicht über den ganzen Zug verteilt ist. Ein besonderer Vorteil des Systems liegt jedoch darin, daß die Motorwagen auch ohne Lokomotive für sich beweglich sind, was das Rangieren des Zuges sehr erleichtert und jeden Wagen für sich allein verwendbar macht. Dadurch, daß sich die Akkumulatoren nicht auf der Lokomotive befinden, sind sie den Erschütterungen von seiten des Explosionsmotors nicht ausgesetzt und daher geschont. Die Figur 64 veranschaulicht die Einrichtung der Lokomotive. $a a_1$ sind die Zylinder eines vierzylindrigen Benzinmotors, b ist das Schwungrad, d die Dynamo, c das Gehäuse des Wechselgetriebes,

g das Differential, k sind die durch Ketten angetriebenen Hinterräder der Lokomotive und o sind die Lenkräder. Das Wechselgetriebe gestattet die Einstellung zweier Geschwindigkeiten. Die Figur 65 zeigt einen ganzen Zug. A ist die Lokomotive, B sind die mit Akkumulatoren und Elektromotoren versehenen Motorwagen und L sind motorisch nicht angetriebene Anhängewagen. Die Motorwagen besitzen Vorderradantrieb.

Als zweites Beispiel sei eine von der Munson Gaso-Electric-Vehicle Corporation in New York gebaute Lokomotive für Lastzüge angeführt. Im Gegensatz

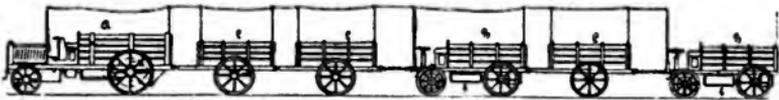


Fig. 65. Lastzug System Vorreiter-Krieger.

zum eben besprochenen System sind bei dem vorliegenden Systeme die Akkumulatoren auf der Lokomotive untergebracht und besitzen die Anhängewagen keinen motorischen Antrieb. Die daraus erwachsenden Vor- und Nachteile ergeben sich von selbst. Es entfallen die beim zuerst besprochenen System alle Anhängewagen durchziehenden Leitungen sowie die Betriebseinrichtungen auf den Anhängewagen, so daß eine Zentralisierung sämtlicher Betriebseinrichtungen und dadurch eine leichtere Wartung derselben möglich ist. Dafür ist aber der Nachteil einer schweren Lokomotive vorhanden, welcher Umstand bei Straßenfahrzeugen sehr ins Gewicht fällt. Die Figur 66 zeigt eine Ansicht der Lokomotive, während die Figur 67 die Anordnung der maschinellen Einrichtung derselben wiedergibt. Der Wagen besitzt eine zwei-

zylindrige, horizontale und 25 PS.-Explosionsmaschine mit Batteriezündung. Die Dynamomaschine ist eine sechspolige Innenpolmaschine, welche normal 5 PS. und maximal 15 PS. leistet. Der Feldmagnet besitzt nur eine einzige Erregerspule, deren Achse mit der des Magnetkörpers zusammenfällt. Außer dem rotierenden Anker der Dynamo ist keine weitere Schwungmasse für

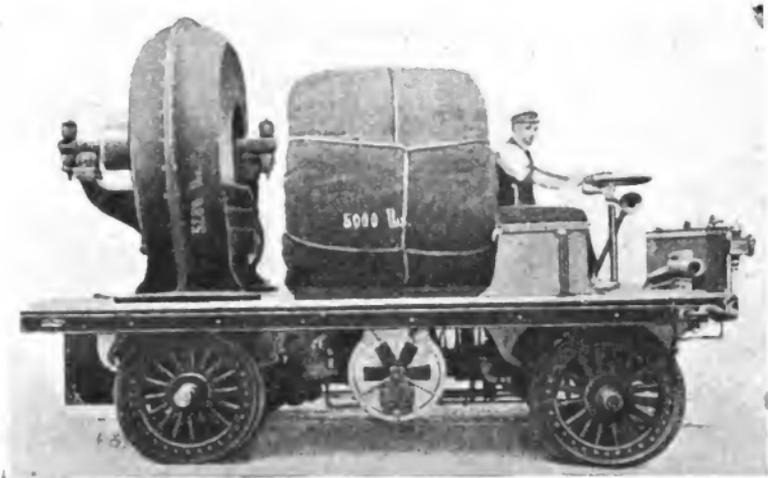


Fig. 66.

Lokomotive der Munson Gaso-Electric-Vehicle Corporation.

den Benzinmotor vorhanden. Die Kollektorlamellen der Dynamo sind, um in der Länge an Raum zu sparen, radial angeordnet. Die Batterie von 80 V. Klemmenspannung und einer Kapazität von 60 A./Std. wiegt 270 kg und ist in vier Gruppen geschaltet, die in einem Kasten unter dem Wagengestell angeordnet sind. Es ist nun die interessante Einrichtung getroffen, daß die Batterie nicht nur bei Geschwindigkeiten, die über einer bestimmten Größe liegen, geladen wird und dabei die

Dynamo als Stromerzeuger wirkt, sondern daß dieser Betriebsvorgang durch den Wagenführer bei jeder Dy-

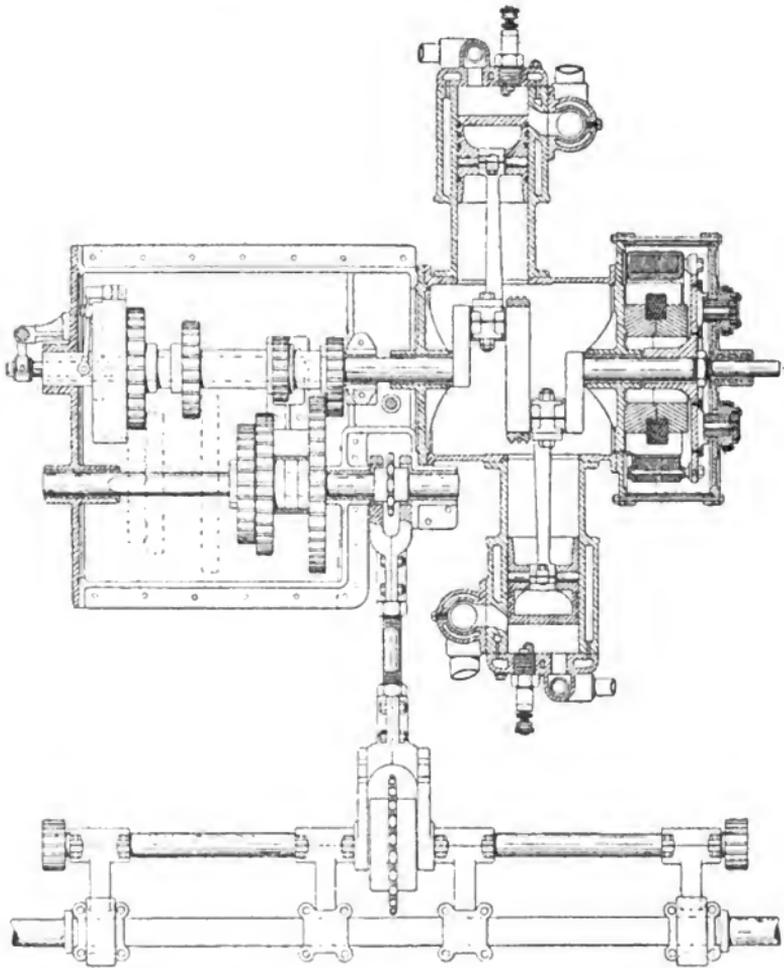


Fig. 67. Maschinelle Einrichtung
der Lokomotive der Munson Gaso-Electric-Vehicle Corporation.

namogeschwindigkeit hergestellt werden kann. Zur Erreichung dieses Zweckes kann die Batterie mit Hilfe

eines unter dem Führersitz angebrachten Kontrollers auf drei verschiedene Spannungen umgeschaltet werden, nämlich auf 20, 40 oder 80 V. Gibt man nun bei irgend einer Dynamogeschwindigkeit der Batterie eine solche Klemmenspannung, daß diese die eben herrschende Dynamospannung überwiegt, dann fließt Strom aus der Batterie in die Dynamo, und diese wirkt als Elektromotor, den Benzinmotor in seiner Leistung unterstützend. Drückt man jedoch die Batteriespannung unter die eben herrschende Klemmenspannung der Dynamo herab, dann wirkt diese als Stromerzeuger und ladet die Batterie. Der große Vorteil dieses Systems ist also der, daß man die Funktion der Batterie und ihren Ladezustand sowie die Funktion der Dynamo jederzeit willkürlich regeln kann; man kann im Gegensatze zum vorhin besprochenen System die Dynamo auch bei höheren Geschwindigkeiten als Elektromotor wirken lassen.

Beim Anlassen des Maschinenaggregates werden zuerst die beiden Auspuffventile des Benzinmotors mittels eines Hebels von ihren Sitzen abgehoben, und hierauf wird die Dynamo nacheinander an eine Batteriespannung von 20, 40 und 80 V. angeschlossen. Jetzt werden die Ventile wieder herabgelassen, und der Benzinmotor arbeitet. Gleichzeitig mit der Einschaltung der Dynamo wird auch die Zündvorrichtung an die Batterie angeschlossen. Die mit der Dynamo gekuppelte Explosionsmaschine wirkt unter Zwischenschaltung eines mechanischen Wechselgetriebes für drei Vorwärts- und eine Rückwärtsgeschwindigkeit sowie eines Differentials und eines Vorgeleges auf die Hinterräder der Lokomotive. Die totale Übersetzung von der Maschine zu den Rädern beträgt bei der größten Geschwindigkeit 24 : 1.

Dem 4000 kg schweren Wagen, der für eine Gesamtbelastung von 6 t gebaut ist, die auf sechs Anhängewagen verteilt wird, können mit Zuhilfenahme der zu Gebote stehenden Regelungsmöglichkeiten nach vorwärts Geschwindigkeiten von 14, 10, 6, 5 und 3 km in der Stunde und nach rückwärts Geschwindigkeiten von 5 und 3 km erteilt werden. Eine mechanische Bremse wirkt auf die Hinterräder, während eine zweite mechanische Bremse auf die Vorgelegewelle wirkt. Beide Bremsen sind mit dem Kupplungsmechanismus der Übersetzung in einer derartigen Verbindung, daß sie nur dann betätigt werden können, wenn die Kupplung ausgerückt ist.

Behandlung des Elektromobils.

a) Behandlung der Akkumulatoren.

Wir haben schon im Abschnitte, der die Wirkungsweise des Akkumulators erläutert, eine Reihe von Momenten angeführt, die beim Laden der Batterie beachtet werden müssen. Das Laden erfolgt gewöhnlich durch eine Stromquelle (Dynamo, stationäre Akkumulatoren-batterie) konstanter Spannung. Da der Ladestrom während des ganzen Ladevorganges am besten konstant und in der von der Akkumulatorenfabrik angegebenen Größe gehalten wird, muß man zu Beginn des Ladens, solange die Gegenwirkung des zu ladenden Akkumulators noch gering ist, in die Ladeleitung einen regelbaren Widerstand einschalten. Die Größe des Ladestromes beobachtet man mittels eines in die Ladeleitung geschalteten Strommessers. Um ein Überschreiten oder Unterschreiten des notwendigen Ladestromes zu ver-

hindern, wird auch in die Leitung ein automatischer Unterbrecher geschaltet. Vorzuziehen sind Ladeeinrichtungen, welche mit wachsender Batteriespannung eine wachsende Ladespannung liefern. Eine solche Ladegruppe, welche von der Firma Dion-Bouton in Paris gebaut wird, besteht aus einer von einem Gasmotor angetriebenen Dynamomaschine. Die Geschwindigkeit

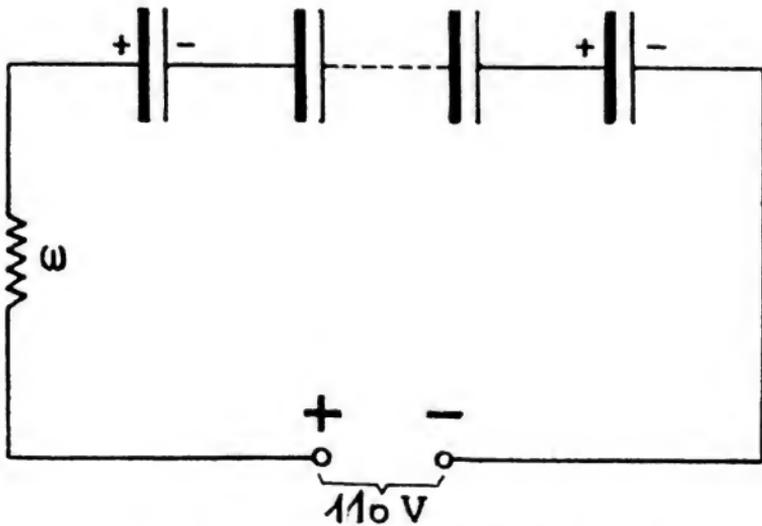


Fig. 68. Laden hintereinander geschalteter Zellen.

des Gasmotors wird so geregelt, daß die Klemmen-(Lade-)spannung der Dynamo bei Beginn der Ladung etwa 90 V. und am Schlusse der Ladung 110 V. beträgt.

Beim Laden mit konstanter Spannung wird die Batterie so geschaltet, daß auf jede zu ladende Zelle ungefähr 2,5 V. Ladespannung kommt. Sind alle Zellen hintereinander geschaltet, gemäß Figur 68, dann beträgt die erforderliche Ladespannung: Anzahl der Zellen mal 2,5 V., bei 40 Zellen also 100 V. Hat die zur Verfügung

stehende Stromquelle eine Spannung von 110 V., dann muß diese Spannung durch den in die Ladeleitung geschalteten Widerstand w auf 100 V. herabgedrückt werden. Außer diesem Widerstand, der dauernd in der Leitung bleibt, muß, insbesondere beim Beginn des Ladens, noch der vorhin erwähnte Zusatzwiderstand eingeschaltet werden. Die Größe des Widerstandes w bestimmt sich nach der Gleichung: $w = \frac{10}{J}$, wobei J der vorgeschriebene Ladestrom und 10 der im vorliegenden Falle gewünschte Spannungsverlust ist.

Hätten wir wieder 40 Zellen zu laden und stünde uns dabei nur eine Ladespannung von 60 V. zur Verfügung, dann würden wir etwa, gemäß Figur 69, die Zellen in zwei Gruppen von je 20 Zellen parallel schalten, welche Schaltung nur eine Ladespannung von $20 \times 2,5 = 50$ V. und für jede Gruppe den vollen, vorgeschriebenen Ladestrom erfordert, und würden durch einen vorgeschalteten Widerstand w die restlichen 10 V. vernichten.

Während und nach beendeter Ladung kontrolliert man mittels eines Taschenvoltmeters, ob die Spannungen der einzelnen Zellen immer untereinander gleich sind, denn nur wenn diese Spannungen gleich sind, werden alle Zellen gleichmäßig geladen und besitzen am Ende der Ladung gleiche Ladungen.

Während des Ladens sind die zum Verschlusse der Zellen dienenden Gummipfropfen abzunehmen, damit die sich entwickelnden Gase freien Abzug haben. In die Nähe der Öffnung der Zellen darf keine Flamme oder ein glimmender Gegenstand gebracht werden, weil sonst leicht eine Knallgasexplosion eintreten kann.

Besonders muß man darauf achten, daß der Ladestrom in der vorgeschriebenen Richtung durch die

Batterie fließt. Zu diesem Zwecke muß der positive Pol der Batterie mit dem positiven Pol der Stromquelle und der negative Pol der Batterie mit dem negativen Pol der Stromquelle verbunden werden. Zur Verhinderung eines falschen Anschlusses der Batterie an die Ladequelle sind gewöhnlich die Ladekontakte verschieden groß gemacht oder konzentrisch angeordnet, so daß die mit diesen Kon-

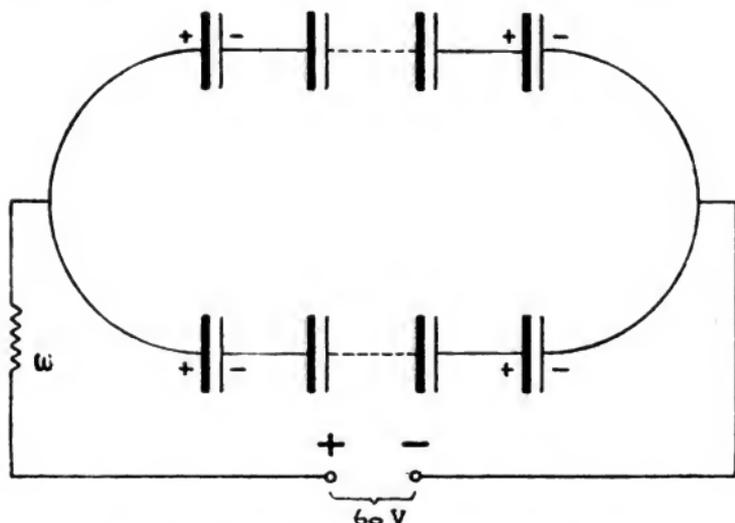


Fig. 69. Laden parallel geschalteter Zellengruppen.

takten in Verbindung zu bringenden Kontaktstüpsel nur mit den richtigen Kontakten verbunden werden können.

Die verdünnte Schwefelsäure muß in den Zellen über die Oberkanten der Platten reichen. Die Dichte resp. das spezifische Gewicht der Säure muß in allen Zellen gleich sein, und zwar zu Beginn der Ladung etwa 1,2 bis 1,23, zu Ende der Ladung 1,22—1,25 und während der Entladung 1,14—1,17. Diese Größen werden mittels eines in die Flüssigkeit getauchten Aräometers bestimmt.

Ein Element, das beim Laden nur eine geringe oder gar keine Gasentwicklung zeigt, ist fehlerhaft, und zwar besteht der Fehler zumeist in einem elektrischen Kurzschluß, d. h. der Ladestrom geht unmittelbar von Platte zu Platte, ohne durch die Flüssigkeit zu gehen, weshalb das betreffende Element auch nicht geladen wird. Diese Verbindung aller oder eines Teiles der ungleichnamigen Platten untereinander geschieht gewöhnlich durch aus den Platten gefallene Füllmasse, kann aber ihre Ursache auch in gekrümmten positiven Platten oder in Metallteilen haben, die in die Zellen fielen. Darum ist auch der am Boden der Zellen sich sammelnde Bodensatz von Zeit zu Zeit zu entfernen.

Ein ziemlich häufig auftretender Fehler ist ein Erdschluß der Batterie oder der Stromleitungen, d. h. es tritt zwischen der Batterie oder den zu ihr führenden Leitungen und dem metallenen Wagenkörper eine leitende Verbindung ein, was zu Stromübergängen durch den Wagen zur Erde führen kann. Vor diesen Stromverlusten bewahrt man sich durch sorgfältige Ausführung, Reinhaltung und öftere Kontrolle der gesamten Installation. Schließlich sei noch erwähnt, daß eine Batterie nie längere Zeit im entladenen Zustande bleiben darf.

Bezüglich der Ladeeinrichtungen sei noch bemerkt, daß das Aufladen von Akkumulatoren in Orten, in denen Gleichstromzentralen vorhanden sind, selbstverständlich am einfachsten vor sich geht. Aber auch in Wechselstromzentralen kann, wie es in Amerika oft geschieht, die Batterie mit Hilfe der Gleichstromerregemaschinen geladen werden. Hat man nur Wechselstrom zur Verfügung, dann kann man diesen mittels eines rotierenden Umformers, Motorgenerators oder Gleichrichters in

Ladegleichstrom verwandeln. Wo ein Anschluß an eine Zentrale nicht möglich ist, muß man eine Ladeeinrichtung vorsehen, die aus einer mit einem Gasmotor gekuppelten Dynamomaschine besteht. Da es heute möglich ist, mit einer Ladung 100 und mehr Kilometer zurückzulegen, erkennt man, daß man mit Akkumulatorenwagen ganz gut auch Überlandreisen unternehmen kann; man muß nur die Reiseroute so wählen, daß man immer im Bedarfsfalle in einen Ort kommt, in dem eine elektrische Zentrale, und zwar eine öffentliche oder private, vorhanden ist, die ein Aufladen der Akkumulatoren gestattet. Bei der heutigen Verbreitung der Licht- und Kraftwerke wird ein solches Bestimmen des Weges keinerlei Schwierigkeiten bereiten. Man könnte sich selbst vorstellen, daß eine eigene Unternehmung die Errichtung im Lande verteilter, kleiner Ladestationen besorgen würde, in welchen auch stets bereits geladene Akkumulatoren bereit stehen könnten, so daß nur ein Austausch der Batterien aber kein Ladeaufenthalt notwendig wäre. Doch das ist Zukunftsmusik!

b) Behandlung der Dynamomaschinen.

Die Wartung der Dynamomaschinen, also Generatoren und Elektromotoren, erstreckt sich auf die rein mechanischen und auf die elektrischen Teile derselben. Es ist notwendig, die Lager, die Zapfen und die Schmierung in gutem Zustande zu erhalten. Ferner hat man den Zutritt von Staub und anderen Verunreinigungen zu allen Teilen der Dynamomaschine möglichst zu verhindern. Sämtliche Teile der Maschine, insbesondere die freiliegenden Drähte und Drahtanschlüsse, sind öfter einer Revision und eventuell einer Reinigung zu unter-

ziehen. Insbesondere achte man darauf, daß sich der Kollektor und der Bürstenapparat in gutem Zustande befinde. Der Kollektor muß vollkommen rund sein, und die Bürsten müssen sich in der richtigen Lage (in der neutralen Linie) befinden und gut aufliegen. Nur dann erhält man einen funkenfreien Gang des Kollektors, der eine unbedingte Betriebsnotwendigkeit ist.

Die neutrale Linie weicht, infolge der Ankerrückwirkung, in ihrer Richtung von der in Figur 3 gezeichneten ab, je nachdem die Dynamomaschine als Stromerzeuger oder als Elektromotor arbeitet und je nach der Größe des Ankerstromes. Moderne Maschinen sind so gebaut, daß der Einfluß der Größe des Ankerstromes auf die Richtung der neutralen Linie ein verschwindend kleiner ist, sodaß die Bürsten ein für allemal eingestellt werden können. Bei Stromerzeugern ist die Richtung der neutralen Linie, resp. der Bürstenverbindungsline, im Drehsinn der Maschine und bei Elektromotoren entgegen dem Drehsinn der Maschine etwas gegen die in Figur 3 gezeichnete Stellung verschoben.

Der Kollektor muß von Zeit zu Zeit mit einem mit Vaseline eingefetteten Baumwollappen gereinigt werden. Die Verwendung von Öl ist zu vermeiden, weil das nach der Reinigung auf dem Kollektor verbleibende Öl bei Funkenbildungen verbrennt, wodurch zwischen den Kollektorlamellen leitende Kohenschichten entstehen können. Zeigt der Kollektor Unebenheiten, Risse usw., dann muß er mit feinsten Schmirgelleinwand abgeschliffen werden. Zumeist werden Kohlenbürsten verwendet, welche, insbesondere bei Elektromotoren, die in beiden Drehrichtungen laufen sollen, senkrecht auf dem Kollektorumfang stehen.

Beim Betriebe von Dynamomaschinen kann eine ganze Reihe von Fehlern auftreten, wie insbesondere Unterbrechungen, Kurzschlüsse und Isolationsbeschädigungen der Wicklungen. Diese Fehler machen sich bei ihrem Eintreten zumeist durch den schlechten Geruch, den die verkohlenden Isolationsmittel verbreiten, bemerkbar, dann aber auch durch abnorme Funkenbildungen am Kollektor, die sich durch Verstellen der Bürsten nicht beheben lassen, sowie durch abnorme Erhitzungen einzelner Wicklungsteile, ferner bei Generatoren durch Sinken der Bürstenspannung und bei Elektromotoren durch Sinken der mechanischen Leistung. Das Auffinden und Beheben eines Wicklungsfehlers erfordert die reiche Sachkenntnis eines erfahrenen Elektrikers, und empfiehlt es sich, beim Auftreten eines derartigen Fehlers die Reparatur der Firma zu überlassen, die den Wagen lieferte.

c) Behandlung der übrigen maschinellen Teile
und des Wagens.

Bezüglich der Wartung der Kontroller sei bemerkt, daß auch sie eine sorgsame Behandlung fordern. Insbesondere ist darauf zu achten, daß in das Kontrollergehäuse kein Schmutz eindringt und daß die Kontakte stets blank und nicht durch während des Betriebes entstandene Funkenbildungen teilweise oder ganz verbrannt sind.

Bei jenen Elektromobilen, die auch einen Benzinmotor besitzen, kommt die Wartung dieses Motors und aller mit ihm verbundener Konstruktionsteile hinzu. Eine Besprechung des Baues und der Behandlung aller dieser Maschinenteile würde jedoch über den Rahmen

des vorliegenden Buches hinausgehen und sei diesbezüglich auf die einschlägige Literatur verwiesen. Auch bezüglich der Wartung jener Teile der Elektromobile, die in gleicher Ausführung bei allen Benzinautomobilen vorkommen, wie Lenkeinrichtung, Pneumatiks usw., muß auf die Literatur des Benzinautomobils verwiesen werden.

Die Motoren, Zahnräder und Wagenachsen müssen von Zeit zu Zeit geölt werden. Man verwendet hierzu gutes Maschinenöl, Knochenöl und Schmierfett. Die Kugellager der Motoren dürfen nur mit Öl geschmiert werden. Die Räder sind öfter abzunehmen, die Achsen und Achsbüchsen gut zu reinigen und zu ölen. Zweckmäßig wird der innere, ringförmige Nabenhohlraum mit Fett gefüllt. Die Räder sind so zu befestigen, daß sie sich leicht drehen ohne zu wackeln. Zum Schmieren der Zahnräder verwendet man Fett oder Graphitschmiere, das in die Zahnücken eingetragen wird. Von Zeit zu Zeit müssen auch die Scharniere der Wagenfedern sowie die Zapfen und Gelenke der Steuerung und die Bremsgestänge geölt werden. Alle diese Teile sind nach dem Ölen rein abzuwischen, damit kein Staub an dem Öl haften bleibt. Von Zeit zu Zeit untersuche man, ob die Räder parallel zueinander stehen und ob alle Schrauben und Muttern fest sind.

Bezüglich der elektrischen Fiaker ist zu betonen, daß sie sofort nach jeder Ausfahrt zu reinigen sind, damit der Lack des Wagenanstrichs nicht leidet. Zunächst werden Fettstellen mit weicher Putzwolle abgewischt und dann der Wagen mit einer Gießkanne ohne Brause oder einem Wasserschlauch so lange abgespritzt, bis der Kot von selbst herunterfällt. Bei diesem Reinigungs-

vorgang darf kein Wasser in die Motorgehäuse dringen. Der Wagen darf weder bei Frost noch in der Sonne gewaschen werden. Muß der Wagen bei Frostwetter im Freien gewaschen werden, dann darf kein warmes Wasser verwendet werden. Am besten läßt man den Wagen einige Zeit in einem erwärmten Raume stehen und wäscht ihn sodann mit lauwarmem Wasser. Nach dem Waschen ist der Wagen in allen seinen Teilen mit reinem, sämischem Leder gut zu trocknen.

Führung des Elektromobils.

Allgemeine Fahrvorschriften lassen sich nur wenige geben, da sich diese nach der Konstruktion des Wagens richten. Bezüglich der Akkumulatorenwagen gelten folgende Vorschriften: Gewöhnlich ist in die Stromleitung des Elektromobils ein Sicherheitsausschalter in Form eines Kontaktstöpsels eingeschaltet. Dieser Stöpsel ist vom Wagenführer immer mitzunehmen, wenn er den Wagen verläßt, um zu verhindern, daß Unberufene den Wagen in Bewegung setzen. Vor dem Einsetzen des Stöpsels muß sich der Wagenführer überzeugen, ob der Kontrollerhebel auf 0 steht. Beim Anfahren ist langsam und absatzweise und mit Pausen von einigen Sekunden von der niedrigsten Fahrgeschwindigkeit auf die höheren überzugehen, damit der oder die Elektromotoren Zeit finden, durch Steigerung ihrer Tourenzahl, die nötige Gegen-EMK. zu entwickeln. Der Übergang von einer Schalterstellung in die der nächsthöheren Geschwindigkeit entsprechende ist rasch zu vollziehen, damit sich an den Kontrollerkontakten keine länger anhaltenden Funken bilden. Das Zurückgehen des Schalters auf niedrigere

Geschwindigkeitsstufen kann selbstverständlich beliebig rasch erfolgen.

Zum Zwecke des Anhaltens des Wagens schaltet man zunächst den Strom aus, geht sodann zur elektrischen Bremsung und schließlich zur mechanischen Bremsung über. Bei manchen Betriebseinrichtungen empfiehlt es sich, die elektrische Bremse nur dann zu verwenden, wenn rasch gebremst werden soll. Zum Zwecke des Reversierens ist bei der Kontrollerstellung 0 der Reversierschalter zu betätigen.

Man hat beim Fahren immer das an die Akkumulatoren-~~an~~batterie angeschaltete Volt- und Ampèremeter zu beobachten und zu verhindern, daß der Entladestrom über die vorgeschriebene Grenze wächst und die Entladespannung unter die vorgeschriebene Grenze sinkt.

Zur Schonung des Wagens, und insbesondere der Gummireifen, fahre man auf frisch geschotterten Straßen langsam und vermeide das Anfahren der Weichenzungen der Straßenbahn sowie der Fußsteige. Um leicht Reparaturen ausführen zu können, nehme man bei jeder Fahrt Werkzeuge und Ersatzteile mit.

Die meisten der im Vorangehenden angeführten Vorschriften gelten auch bezüglich der übrigen Gruppen von Elektromobilen und wurde bei der Besprechung derselben auf die wichtigsten besonderen Fahrvorschriften hingewiesen.

==== Norddeutsche ====

Automobil- & Motoren-Aktiengesellschaft

Bremen

Alleinige Konzessionäre für Deutschland der
Compagnie Parisienne des Voitures Electriques
(Procédés Kriéger)

Fabrikanten von

Rein elektrischen Automobilen:
**Luxuswagen, Droschken, Omnibusse,
Lastwagen. Kraftfahrzeuge „Système
Mixte“: Benzinwagen mit selbsttätig
regulierbarer elektrischer Kraftübertra-
gung für jeden Zweck und jede Ver-
wendung.**

Fabrik und Hauptbureaux in Bremen.
Haus in Berlin: Wilhelmstraße 131/132, SW.
Haus in Köln: Allgemeine Betriebs-Aktien-
gesellschaft für Motorfahrzeuge.

Kürzlich erschien:

Das Automobil und seine Behandlung

von

Julius Küster

Civilingenieur in Berlin

201 Seiten mit 101 Illustrationen im Text

2. verbesserte und stark vermehrte Auflage

Preis: Elegant in Leinen gebunden M. 2.80.

Wenn man sich nach Werken über Automobilindustrie und verwandte Gebiete in der Literatur umsieht, so ist man überrascht darüber, daß schon recht viel über diese Materie geschrieben worden ist.

Dennoch mußte die Frage, ob ein „Bedürfnis“ vorlag, ein Buch herauszugeben, wie das Küstersche, **bejaht** werden! Der Erfolg der ersten Auflage hat es bewiesen!

Wir wollen nicht darauf hinweisen, daß sich auch unter der Automobil-Literatur viele Bücher befinden, die besser ungeschrieben geblieben wären, sondern nur die Tatsache feststellen, daß die Autoren entweder von einem zu hohen wissenschaftlichen Standpunkte aus ihr Thema behandelt haben oder aber in das Gegenteil verfielen und für Leute schrieben, denen jegliche Kenntnis der einfachsten Grundlagen der Technik fehlt.

Schwer ist es, ein Werk zu liefern — und ein solches fehlte bisher in der Literatur —, das sowohl den Laien mit der **Konstruktion und Behandlung** des Automobils **sowie mit den Betriebsstörungen** und deren Hebung vertraut macht, als auch dem Fachmann ein ausgezeichnetes **Hand- und Hilfsbuch** bietet.

Und diese Lücke auszufüllen ist das Küstersche Buch berufen!

Das **Küstersche Buch** behandelt kurz und doch erschöpfend das schwierige Thema. Der Name des Verfassers, der als Fachschriftsteller und Fachmann bekannt ist, gab bereits für die erste Auflage die Garantie, daß es sich um ein sportlich und sachlich gleich gediegenes Buch handelt! In geradezu glänzender Weise hat Küster die in das Werk gesetzten Hoffnungen erfüllt!

Von der Fachpresse als bestes Automobilbuch anerkannt.

Das Werk enthält folgende Kapitel:

Einleitung.

- I. Einzelheiten des modernen Motorwagens:**
A. Die Kraftquelle (der Motor); 1. Der Viertakt, 2. Gasgemisch-Zu- und Ab-Leitung, 3. Zündstromkreislauf, 4. Kühlwasserkreislauf, 5. Einzelteile des Motors.
B. Die Kraftübertragung (das Getriebe). C. Das Untergestell („Chassis“). D. Carosserie.
 - II. Abweichungen vom Beschriebenen:** A. Die Kraftquelle; 1. Der Arbeitstakt, 2. Gasgemischzuleitung, 3. Zündstromkreislauf, 4. Kühlwasserkreislauf, 5. Einzelteile des Motors. B. Die Kraftübertragung. C. Untergestell.
 - III. Behandlung des Automobils:** A. Einleitende Bemerkungen. B. Schmierung. C. Kühlung. D. Betriebsstoff. E. Vergasung. F. Zündung. G. Behandlung der Getriebe. H. Bremsen. I. Allgemeines über Behandlung. K. Motorstärke und Betriebsstoffverbrauch. L. Wie kann man Benzin explosions-sicher lagern?
 - IV. Fahrkunst:** Andrehen des Motors, Fahrt-Beginn, Schnelleres Fahren, Gleiten (Schleudern), Begegnung mit Fuhrwerken, Unvorschriftsmäßig fahrende Fuhrwerke, Beleuchtung und Bremsfähigkeit.
 - V. Betriebsstörungen:** A. Am Motor; 1. Zündungsstörungen, 2. Vergasung und Ventile, 3. Kühlung, 4. Triebteile. B. Störungen an der Kraftübertragung.
- Anhang:** Elektromobil, Dampfwagen.

Küster's Autotechnische Bibliothek
(Richard Carl Schmidt & Co., Leipzig, Lindenstr. 2)

Soeben erschienen:

Automobilmotor und Landwirtschaft

von

Ingen. Theodor Lehmbeck

Mit 78 Abbildungen

Preis: Elegant in Leinen gebunden M. 2.80.

Der Automobilmotor im Eisenbahnbetriebe

von

Ingenieur Arnold Heller

Mit 82 Abbildungen

Preis: Elegant in Leinen gebunden M. 2.80.

Wagenbautechnik im Automobilbau

von

Wilhelm Romeiser

Automobil-Ingenieur in Frankfurt a. M.

Mit 64 Abbildungen

Preis: Elegant in Leinen gebunden M. 2.80.

Verlagsbuchhandlung Richard Carl Schmidt & Co., Leipzig, Lindenstr. 2

Soeben erschien:

Automobil-A. B. C.

von

B. von Lengerke und R. Schmidt.

Mit 34 Abbildungen im Text

Preis: Elegant in Leinen gebunden M. 2.80.

(Küster's Autotechnische Bibliothek Band 2.)

Ein praktisches Reparaturenbuch in alphabetischer Reihenfolge zum schnellen Auffinden und Beseitigen von Betriebsstörungen. Außerdem enthält das Werk eine große Anzahl praktischer Winke. Das Buch sollte in keinem Reparaturenkasten fehlen.

Demnächst erscheint:

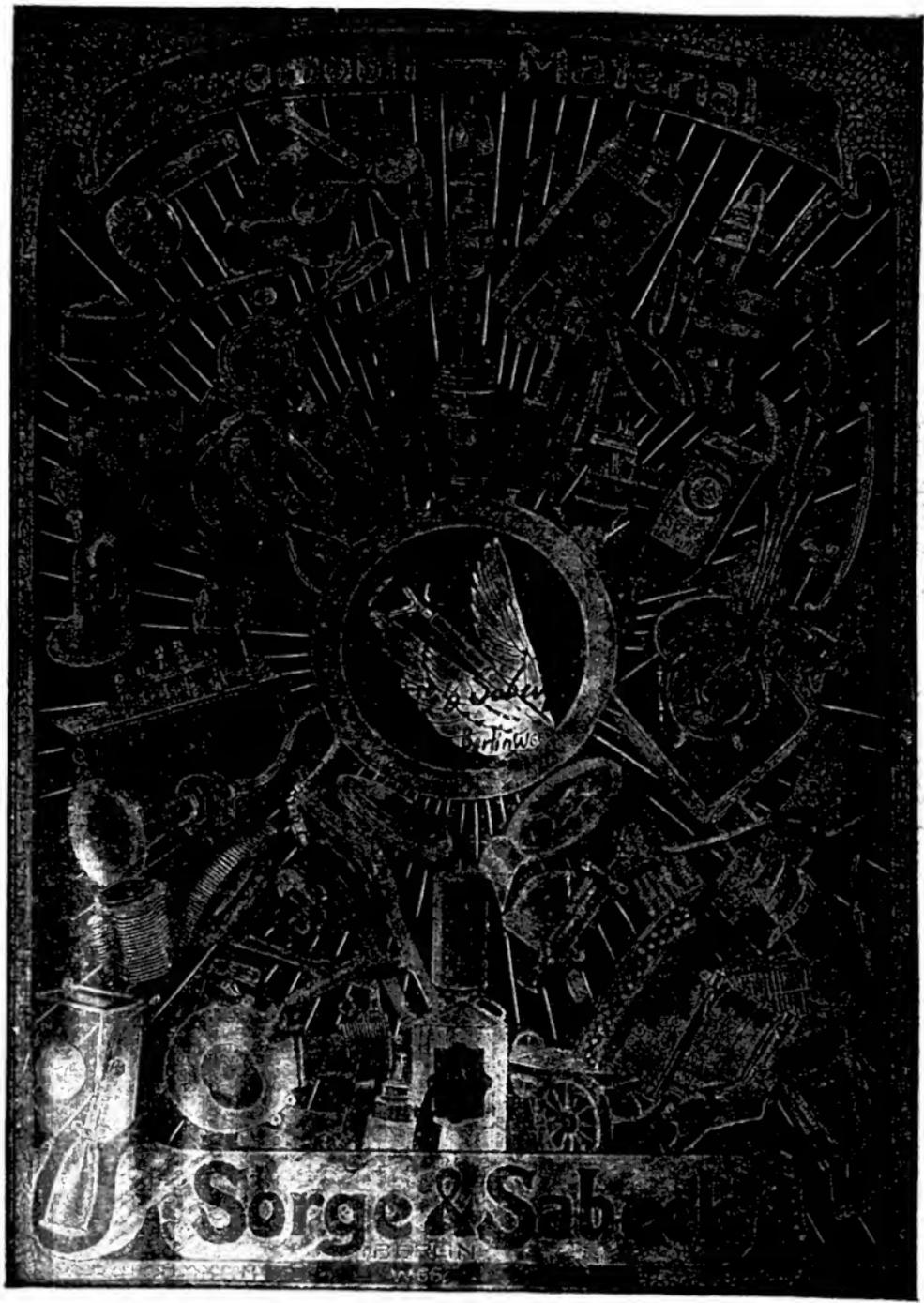
Das Tourenfahren im Automobil

von

Oberingenieur Ernst Valentin.

Mit vielen Abbildungen im Text

Preis: Elegant in Leinen gebunden M. 2.80.



Automobilhaus Louis Glück

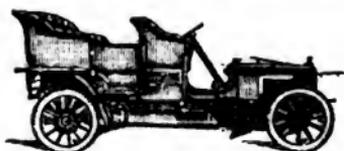
DRESDEN

Prager-Straße 49
Struvestraße 9



LEIPZIG

Georgiring vis-a-vis
Hôtel Kaiserhof



Große Einstellhalle

für ca. 50 Fahrzeuge

Verkaufsmonopole:

Benz - Motorwagen

Opel-Darracq-

Motorwagen

Automobilhaus Louis Glück

DRESDEN

Prager-Straße 49
Struvestraße 9



LEIPZIG

Georgiring vis-a-vis
Hôtel Kaiserhof

625.6 Q627 c.1

Elektromobil und seine Behandlung



087 252 777

UNIVERSITY OF CHICAGO