

Die Beleuchtung von Eisenbahn-Personenwagen

Von

Max Büttner

Vierte Auflage

Die Beleuchtung von Eisenbahn-Personenwagen

mit besonderer Berücksichtigung der
elektrischen Beleuchtung

Von

Dr. phil. Max Büttner

Vierte, umgearbeitete Auflage

Mit 128 Textabbildungen



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

1930

ISBN 978-3-662-27602-0 ISBN 978-3-662-29089-7 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-29089-7

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung
in fremde Sprachen, vorbehalten.

Softcover reprint of the hardcover 4th edition 1930

Vorwort.

Die Durchführung der elektrischen Beleuchtung in den Eisenbahn-Fahrzeugen fast aller Länder hat in den letzten Jahren außerordentliche Fortschritte gemacht. Die meisten größeren Verwaltungen, so auch die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft, haben sich auf eine bestimmte Bauart festgelegt. Die Bauarten selbst sind den Erfahrungen entsprechend weiter vervollkommnet, eine große Zahl von wichtigen Verbesserungen sind entwickelt worden, so daß eine Neubearbeitung des Buches wünschenswert geworden ist. Ich hoffe, daß das Buch in der neuen Fassung recht viele Freunde findet.

Ich sage den Verwaltungen und Firmen, welche mich mit Unterlagen bereitwillig versehen haben, sowie Herrn Oberingenieur Knippenberg und den Ingenieuren, Herrn Dipl.-Ing. Aumüller und Herrn Dipl.-Ing. Miller, für ihre Mithilfe und ihren Rat herzlichen Dank.

Berlin, Dezember 1929.

Dr. Max Büttner.

Inhaltsverzeichnis.

Einleitung.	1
---------------------	---

Erster Teil

Die Beleuchtung mit flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen.

I. Die Beleuchtung mit Kerzen, Öl und Petroleum	3
II. Die Beleuchtung mit Gas. Überblick über die Entwicklung der Gasbeleuchtung	7
1. Ölgas	8
a) Allgemeines. Eigenschaften. Die Wageneinrichtung. Helligkeit, Gasverbrauch der Lampen. — b) Mischgas. — c) Gasglühlicht für 150 mm Brenndruck, Helligkeit und Gasverbrauch. — d) Preßgasglühlicht, Brenndruck 1500 mm. Wageneinrichtung. Verteilung des Gases.	
2. Steinkohlengas	20
3. Blaugas	21
4. Azetylenbeleuchtung.	21
Bauart Piutti. — Das gelöste Azetylen: Löslichkeit des Azetylens in Aceton; Herstellung des gelösten Azetylens; Füllung der Behälter, Wageneinrichtung für Daléngas. — Erdgas.	

Zweiter Teil

Die elektrische Beleuchtung.

Einleitung.	27
I. Der elektrische Sammler und seine Verwendung für Wagenbeleuchtung.	28
1. Der Bleisammler; Beschreibung und Eigenschaften. — Die wichtigsten Plattenarten. — Elemente und Batterien für Zugbeleuchtung. — Batteriebehälter	28
2. Der alkalische Sammler	43
Der Nickel-Eisen-Sammler, der Nickel-Cadmium-Sammler; Beschreibung und Eigenschaften. — Die Elemente und Batterien für Zugbeleuchtung. — Vorzüge und Nachteile der alkalischen Sammler gegenüber den Bleisammlern.	
II. Die Beleuchtung mit Sammlern	49
Vorzüge und Nachteile. — Wagenausrüstung, Betriebsspannung. — Aufladung der Sammler außerhalb des Wagens. — Aufladung im Wagen. — Geschichtliche Entwicklung der reinen Sammlerbeleuchtung. — Anlagen mit Ladung der Sammler außerhalb des Wagens: Bahnpostwagen der Deutschen Reichspost. — Anlagen der italien. Staatsbahn. — Anlagen mit Ladung im Wagen: geschlossene Zugbeleuchtung der Dänischen Staatsbahn. — Einzelwagenbeleuchtung der Deutschen Reichsbahn.	

	Seite
III. Die Beleuchtung mit Maschinen	59
Allgemeines.	
A) Die Beleuchtung mit Maschinen, deren Antrieb durch besondere Motoren erfolgt	61
1. Aufstellung des Maschinensatzes im Gepäckwagen	61
Verbrennungsmotor mit Dynamomaschine im Gepäckwagen. — Anlage der Ostchinesischen Eisenbahn.	
2. Aufstellung des Maschinensatzes auf der Lokomotive.	
Lokomotivbeleuchtung	63
a) Lokomotivbeleuchtung	63
b) Zugbeleuchtung von der Lokomotive aus	67
Für Vorortzüge, Klein- und Nebenbahnen. — Schaltungen der Gesellschaft für elektrische Zugbeleuchtung m. b. H. und der Fahrzeugbeleuchtung m. b. H. — Für Vollbahnen: frühere Ausführung der ehem. Preuß. Staatsbahnen. — Anlagen amerikanischer Bahnen.	
B) Die Beleuchtung mit Maschinen, deren Antrieb durch die Wagenachse erfolgt	72
Bedingungen, denen eine solche Anlage entsprechen muß. Die erforderlichen Ausrüstungsteile:	
1. Aufhängung und Antrieb der Maschine	74
Die Maschine, ihre Aufhängung und ihr Antrieb. — Antrieb durch Flachriemen. — Anforderungen an den Riemen. — Riemenverbinder. — Auflegen des Riemens. — Riemenscheiben. — Roderwald-Gummikeilriemen. — Riemenspannung. — Aufhängung der Maschine am Wagenkasten und am Drehgestell. — Andere Antriebe: Kette; Antriebe der Firma Knorr-Bremse A. G. und G. J. Jäger; — Der Czaika-Krenski-Antrieb. — Der Kardanantrieb. —	
2. Der Maschinenselbstschalter.	85
3. Regelung der Maschine.	86
Anforderungen an die Regelung. — Einfluß der Ladestromstärke, Säuredichte, Reinheit der Säure und Temperatur auf die Spannung der Batterie. — Gebräuchliche Ladeweisen. — Untersuchungen von E. Dick und Woodbridge. — Aufladung bis zu 2,4 Volt je Zelle und Dauerladung mit dieser Spannung. — Aufladung bis zu einem bestimmten Höchstwert der Spannung und darauffolgende Spannungserniedrigung auf die Schwebespannung der Batterie. — Die Spannungsreglerarten: Der Dickregler, Kohlenregler, Wälzregler, Zitter- (Tirril)-Regler. — Regelung Stone auf gleichbleibende Maschinendrehzahl durch Riemengleiten. — Die Rosenberg-Maschine und ihre Regelung auf gleichbleibenden Strom. — Der Spannungsbegrenzer. — Vergleich der Ladeweisen: Aufladung mit Spannungsregelung und Aufladung mit Stromregelung und Spannungsbegrenzung. — Regelung der Rosenberg-Maschine auf gleichbleibende Spannung. — Der Einfluß alkalischer Batterien auf die Regelung. — Regelung für geschlossene Züge bei Klein- und Nebenbahnen. — Verhalten der Batterien bei langen Betriebspausen. — Entsulfatierungsschalter.	
4. Regelung der Lampenspannung	105
Einfluß der Spannungsschwankungen auf Haltbarkeit und Helligkeit der Glühlampen. — Anordnung von 2 Batterien; selbsttätige Umschaltung der Batterien. — Bei einer Batterie: selbsttätiger Regler, Eisendrahtwiderstand, fester Widerstand, Verzicht auf Regelung. — Untersuchung von E. Dick.	

	Seite
5. Polwechsler	109
6. Bemessung der Anlage. — Einzelwagenbeleuchtung; Gruppenbeleuchtung und geschlossene Zugbeleuchtung	109
Vergleich geschlossener Zugbeleuchtung und Einzelwagenbeleuchtung. — Größe der Maschine und Batterie. — Anforderungen der verschiedenen Betriebsverhältnisse an die Leistung der Maschinenanlage. — Gruppenbeleuchtung; Zugbeleuchtung bei Klein- und Nebenbahnen.	
7. Geschlossene Zugbeleuchtung	114
Ältere Ausführungen in England, Württemberg, Österreich, ehem. Preuß. Staatsbahnen. — Bestehende Anlagen: Dänische Staatsbahn; — Russische Bahnen; — Anatolische Bahn; — Französische Ostbahn, Bauart EVR; — Rumänische Staatsbahn, Bauart Dick. Beleuchtung in Vorortzügen: Chemin de fer de Ceinture und französische Staatsbahn. — Beleuchtung von Klein- und Nebenbahnen. — Amerikanische Bahnen.	
8. Einzelwagenbeleuchtung	124
Geschichtliches.	
A) Spannungsregelnde Bauarten, die entweder keinen oder einen festen Widerstand vor das Lampennetz schalten.	125
1. Bauart Dick	125
2. „ GEZ-Dick mit S-Regler	127
3. „ ESB	129
4. „ EVR mit Zitterregler	132
5. „ EVR Ausführung M	134
6. „ EVR Ausführung AJ	135
7. „ Oerlikon	136
8. „ Era	137
9. „ Vickers V 1.	141
B) Spannungsregelnde Bauarten mit Lampenregler	141
10. Einheitsbauart der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft	142
11. Die Bauarten Aga und Asea	146
12. Bauart Rotax-Leitner	148
C) Stromregelnde Bauarten ohne Spannungsregelung	150
13. Bauarten Stone	150
a) ältere Bauart Seite 150 — b) Bauart Stone-Lilliput mit 2 Batterien und mit 1 Batterie Seite 153.	
14. Bauart Mather & Platt	157
D) Stromregelnde Bauarten mit Spannungsbegrenzung.	157
15. Bauart Safety-Underframe	157
E) Stromregelnde Bauarten mit Spannungsbegrenzung und Erniedrigung der Spannung nach Aufladung bis zur Schwebe- spannung.	160
16. Bauart GEZ	160
17. Bauarten Brown-Boveri & Cie.	164
Bauart Aichele — Bauart Güttinger — a) Bauart BBC mit B-Regler oder mit verbesserter Ladecharakteristik Seite 165. — b) Bauart BBC mit M-Regler oder Regler E 16/0 S. 167. — c) Bauart BBC mit G-Regler S. 169.	
18. Bauart Simplex	172
IV. Allgemeines über die Ausführung elektrischer Wagenbeleuchtung.	174
Anordnung und Wahl der Lampen und Beleuchtungskörper. — Verdunkelungsschaltungen. — Elektrische Lüftung. — Elektrische Kocheinrichtung. — Leitungsverlegung. — Leitungskupplungen.	
V. Ausbreitung, Vor- und Nachteile, sowie Kosten der verschiedenen Beleuchtungsarten.	187

Einleitung.

Die großartige Steigerung des Verkehrs in allen Kulturländern, besonders in den letzten Jahrzehnten, stellt immer größere Ansprüche an die Eisenbahnen, welche hauptsächlich zur Bewältigung desselben dienen. Die Eisenbahngesellschaften sind gezwungen, alles aufzubieten, um dem Publikum das Reisen zu erleichtern. Die Geschwindigkeit der Züge wird erhöht, die Gelegenheiten zur Beförderung werden vermehrt und die Ausstattung der Wagen immer mehr und mehr verbessert, um die Unannehmlichkeiten des Reisens möglichst zu vermindern.

Besonders wichtig erscheint für den Reisenden eine gute und ausreichende Beleuchtung der Wagen, welche es ermöglicht, im Wagen zu lesen. Wohl alle diejenigen Reisenden, welche lange Abende oder Nächte beruflich im Eisenbahnwagen zubringen, wollen lesen; viele derselben sind sogar zur rechtzeitigen Abwicklung ihrer Geschäfte dazu gezwungen.

Es ist deshalb erklärlich, wenn im Publikum die Forderung nach einer Verbesserung der bestehenden Beleuchtungseinrichtungen immer von neuem erhoben wird, und alle bedeutenderen Eisenbahnverwaltungen bringen infolgedessen dieser Frage ein lebhaftes Interesse entgegen.

Die Beschaffung einer den jetzigen Ansprüchen genügenden Beleuchtung bot noch vor wenigen Jahrzehnten ganz besondere Schwierigkeiten; die Beleuchtungsarten, welche für ortsfeste Anlagen allen Anforderungen entsprechen, Gas oder elektrisches Licht, konnten nicht so ohne weiteres für die Beleuchtung von Personenwagen Verwendung finden, sondern bedurften hierzu besonderer Abänderungen, um sie den eigenartigen Anforderungen anzupassen. Man fand deshalb noch vielfach Kerzen-, Öl- oder Petroleumbeleuchtung für diesen Zweck in Benutzung. Diese haben immer mehr den vollkommeneren weichen müssen und schließlich nur bei Nebenbahnen mit geringerem Verkehr oder als Notbeleuchtung Verwendung gefunden und finden sie zum Teil auch heute noch.

Die ersten Eisenbahnen hatten keine Einrichtung für die Beleuchtung der Wagen. Die Züge besaßen lediglich vorn an der Lokomotive und am letzten Wagen des Zuges Signallampen. Erst verhältnismäßig spät ist die Beleuchtung auch in die Wagen selbst eingeführt worden. Die älteste Beleuchtung scheint auf der Dresden-Leipziger Bahn im Jahre 1836 eingeführt worden zu sein, und zwar mittels Kerzen.

In Preußen wurde durch Erlaß des Kabinettsministers von Bodelschwing auf Befehl des Königs Friedrich Wilhelm IV. die Einführung einer Wagenbeleuchtung angeordnet. Dieser Erlaß rührt vom 11. November 1844 her und lautet:

„Des Königs Majestät halten es der Sicherheit und des Anstandes wegen für wünschenswert, daß die Eisenbahnwagen während der nächtlichen Züge erleuchtet werden.“

Dieser Erlaß war nicht vor Mitte 1846 allgemein durchgeführt, da die meisten Eisenbahnen erst durch Androhungen von Geldstrafen gezwungen werden mußten, sich den Anforderungen zu fügen.

Nach den in Deutschland bestehenden Vorschriften soll die Beleuchtung der Personenwagen bei Dunkelheit und bei Tage in Tunneln stattfinden, in denen die Fahrt länger als 2 Minuten dauert.

In Amerika waren in der ersten Zeit die Wagen entweder nicht oder durch Kerzen beleuchtet. Ein Fahrplan der Albany & Buffalo Railroad von 1843 hebt die Beleuchtung als besondere Anziehung für das reisende Publikum hervor. Bis 1868 wurden in Amerika nur Kerzen benutzt. Noch auf der Pariser Ausstellung 1878 waren amerikanische Wagen mit Kerzen ausgestellt.

Die ursprüngliche Kerzenbeleuchtung wurde bald durch die Ölbeleuchtung zum größten Teil verdrängt. Letztere herrschte in Europa sehr lange fast ausschließlich vor. Viel später, nach der Auffindung von Petroleum in ungeheuren Mengen in Pennsylvanien im Jahre 1860, kam die Petroleumbeleuchtung auf.

In den 60er Jahren fanden in England und Amerika Versuche mit Leuchtgas statt. Allgemein wurde jedoch die Gasbeleuchtung erst eingeführt, als Anfang der 70er Jahre Julius Pintsch die ersten Wagen mit Ölgasbeleuchtung nach seiner Bauart ausrüstete.

Die Fortschritte der Beleuchtungstechnik, die Verbesserung des Gases durch Anwendung von Intensivlampen, von Auerbrennern usw., die Einführung des elektrischen Lichtes in den Wohnungen, auf den Straßen und Plätzen hatten das Publikum immer mehr an eine helle Beleuchtung gewöhnt, und die Forderung, auch in den Eisenbahnwagen ausreichendes Licht zu erhalten, trat immer entschiedener auf. Dieser Forderung mußten die Bahnverwaltungen nachkommen. Da die elektrische Beleuchtung für Eisenbahnwagen besondere Schwierigkeiten bot, so faßte auf diesem Gebiete die Gasbeleuchtung immer mehr Fuß und erhielt mit der Zeit eine sehr große Verbreitung.

Mit der Verbesserung der elektrischen Sammler und mit der Überwindung der technischen Schwierigkeiten, welche bei der Verwendung der von der Wagenachse angetriebenen Maschinen durch die erforderlichen selbst regelnden Vorrichtungen im Wege standen, faßte die elektrische Beleuchtung langsam Fuß. Doch erst nach hartem, langjährigem Kampfe mit der Gasbeleuchtung gelang es ihr, sich durchzusetzen, indem sie den wichtigsten Fortschritten der letzteren: zunächst durch Einführung des Azetylens in Form von Mischgas, dann durch das Aufkommen der Glühlichtbrenner und schließlich durch das Preßgas gleichwertige, durch die Fortschritte der Glühlampentechnik von der gewöhnlichen Kohlenfadenlampe zur metallisierten, dann zur Tantallampe, zur Wolframlampe und schließlich zur gasgefüllten Lampe entsprechend einer Verminderung des erforderlichen Kraftverbrauches auf rund ein Viertel, entgegensetzte. Gegenwärtig ist die elektrische Beleuchtung die weitaus vorherrschende; ihre Alleinherrschaft erscheint nur noch eine Frage der Zeit.

Erster Teil.

Die Beleuchtung mit flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen.

I. Die Beleuchtung mit Kerzen, Öl und Petroleum.

Die Kerzenbeleuchtung ist die älteste Eisenbahnwagenbeleuchtung. Dieselbe ist in Europa bald durch die bessere Ölbeleuchtung verdrängt worden; am längsten hat sie sich auf den russischen Bahnen gehalten. Auf der Weltausstellung in Paris 1900 war nur ein mit Kerzen beleuchteter Wagen ausgestellt, und zwar von der Moskau-Kasan-Bahn. Es finden für die Beleuchtung Paraffin- und Stearinkerzen Verwendung. Die Leuchtkraft der Flammen ist eine sehr geringe, die Kosten der Kerzen sind ziemlich hoch; die Anschaffungskosten der Beleuchtungseinrichtung und die Bedienungskosten sind jedoch gering.

Die Ausführung eines Kerzenhalters geht aus Abb. 1 hervor. Eine Schraubenfeder drückt die abbrennende Kerze gegen das obere kegelförmige Ende der Blechhülse, so daß hierdurch ein selbsttätiges Nachschieben der Kerze mit dem Abbrand erfolgt. Der in die Wagendecke eingelassene Halter ist oben mit einem Scheinwerfer versehen. Kerzenbeleuchtung findet noch vielfach als Notbeleuchtung neben anderer Beleuchtung Verwendung.

Die Beleuchtung mit Pflanzenölen war bis zum Auftreten der Gasbeleuchtung bei den europäischen Eisenbahnen die wichtigste. Nur in

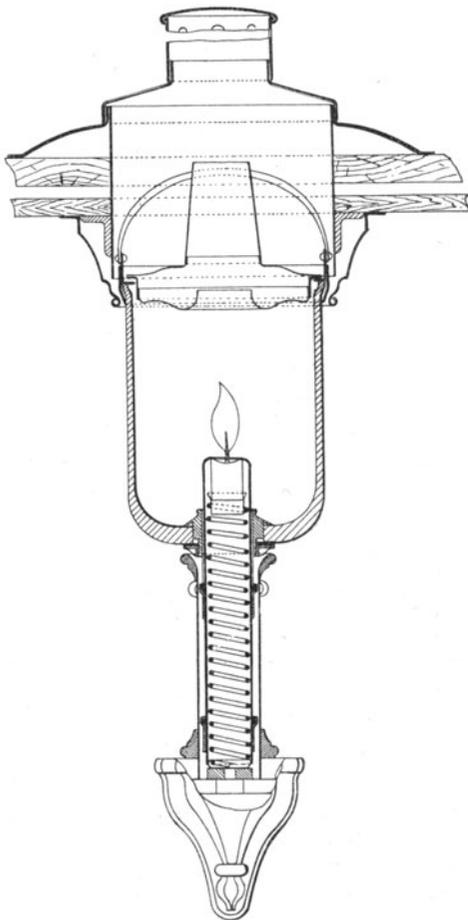


Abb. 1. Kerzenhalter.

Amerika, Rußland und der Schweiz ist kein Pflanzenöl benutzt worden. Verwendet wird fast ausschließlich Rüböl, in Spanien auch Olivenöl mit 5—10% Petroleumzusatz, in Ostindien Rizinusöl. Das Öl muß durchaus rein und völlig neutral sein; es muß eine ruhige, nicht rußende Flamme geben. Vielfach setzt man dem Öl im Winter etwas Petroleum zu, um das Erstarren bei großer Kälte zu verhindern und ein leichteres Anzünden der Lampen bei niedrigen Temperaturen zu ermöglichen. Unter -3° ist bei reinem Rüböl das Anzünden nur nach vorheriger Erwärmung möglich.

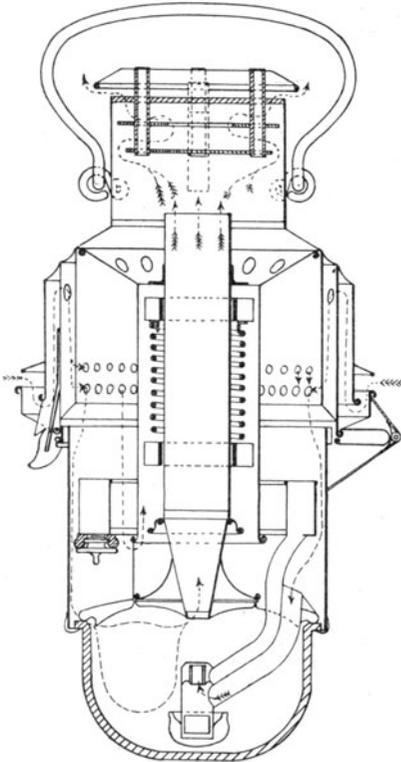


Abb. 2. Rundbrenner für Öl.
Bauart Lafaurie & Potel.

Die Anordnung der Lampen ist fast überall die gleiche. In der Wagendecke sind Öffnungen vorgesehen, durch die die Lampen vom Wagendache aus eingesetzt und behufs Reinigung und Neufüllung wieder entfernt werden können. Die Lampe besteht aus einem Ölbehälter, von welchem mittels eines Doctes durch ein oder zwei Rohre das Öl zum Brenner geführt wird. Oberhalb des Brenners ist ein Schweinwerfer angeordnet. Die Zuführung frischer und die Abführung gebrauchter Luft erfolgt durch den auf dem Blechgehäuse befindlichen Schornstein, welcher zum Schutze gegen das Eindringen von Regenwasser mit einer umlegbaren Klappe versehen ist. Die zugeführte Luft wird auf ihrem Wege mehrfach abgelenkt; es soll dadurch verhindert werden, daß die Flamme durch zu starken Luftzug flackert oder gar verlöscht.

Ursprünglich sind nur Flachbrenner in Anwendung gekommen. Später sind dieselben durch die Rundbrenner, bei welchen die Verbrennung durch bessere Luftzuführung vollkommener, die Flamme heißer und leuchtender ist, größtenteils verdrängt worden. Am verbreitetsten sind die Lampen mit Rund-

brenner von Lafaurie & Potel (Abb. 2), sowie besonders in Deutschland die Argandbrenner (Abb. 3). Letztere besitzen einen Glaszylinder, während bei ersteren ein solcher nicht erforderlich ist. Die Lampen von Lafaurie & Potel besitzen keine Nachstellvorrichtung für den Docht. Der Ölbehälter der meisten Lampen befindet sich teils oberhalb des Brenners in einem ringförmigen Gefäße wie bei Lafaurie & Potel, teils unterhalb desselben. Bei ersteren ist es erforderlich, den Behälter stets vollständig mit Öl zu füllen, damit sich oberhalb des Öles keine Luft befindet. Diese würde sich durch die Erwärmung während des Brennens ausdehnen und das Öl zu schnell durch den Brenner drängen.

Über dem Brenner befindet sich bei der Lampe von Lafaurie & Potel ein Reflektor mit einer kreisrunden Öffnung von gleichem Durchmesser wie die Brennerweite. Diese Öffnung bildet das untere Ende des anfänglich konisch erweiterten, dann aber zylindrisch nach aufwärts strebenden Rauchabzugsrohres, welches nahe an dem Rauchhute ausmündet. Dieser Abzugsrohr ist von einem weiteren Rohr umgeben, um das Ölgefäß der Wärmeinwirkung zu entziehen. Neben dem Ölzuflußrohr geht ein zweites Rohr, welches dem inneren Teile des Brenners Luft zuführt.

Die Leuchtkraft für Flachbrenner beträgt bei guter Instandhaltung 2—4 HK, für die Rundbrenner Lafaurie & Potel 6—7 HK, für Argandbrenner 3—5 HK. Der stündliche Ölverbrauch beträgt für Flachbrenner je nach der Dochtgröße 10—22 g. Der Ölvorrat ist meist für 12—25 Stunden ausreichend. Bei Lampen von Lafaurie & Potel mit einem Brennerdurchmesser von 16—20 mm ist der Ölverbrauch 20—30 g. Der Ölvorrat reicht für 15—25 Stunden. In England verwendet man meist Flachbrenner mit einem Docht von 30—35 mm Breite und einem stündlichen Ölverbrauch von 25—30 g.

Die Reinigung und Füllung der Lampen erfolgt auf bestimmten Bahnhöfen in besonderen Räumen. Diese Arbeiten müssen mit großer Sorgfalt geschehen, wenn die Lampen gut brennen sollen. Im allgemeinen kann auf 50—60 Flachbrennerlampen ein Lampenputzer gerechnet werden, während ein solcher bei Rundbrennern nur 30—40 Lampen bedienen kann. Aus letzteren Angaben geht hervor, daß die Bedienung bei der Ölbeleuchtung in den Betriebskosten eine wesentliche Rolle spielt. Zudem ist die Arbeit eine unreinliche und unbequeme, und nur mit großer Sorgfalt sind die Lampen in einem solchen Zustand zu erhalten, daß sie befriedigend brennen.

Bei Lampen mit Glaszylindern kommt der Übelstand noch hinzu, daß die Zylinder sehr zerbrechlich sind, und daß durch häufigen Bruch derselben die Betriebskosten nicht unwesentlich erhöht werden.

Ein weiterer Nachteil besteht darin, daß die Leuchtkraft während des Brennens nicht gleich bleibt, sondern sehr schnell abnimmt, und daß leicht ein Rußen des Dochtes eintritt. Ferner beschlägt sich das Glas der Lampen leicht mit Öl durch Überlaufen am Brennerrohr; es entstehen große Verluste an Öl und bei nicht sehr sorg-

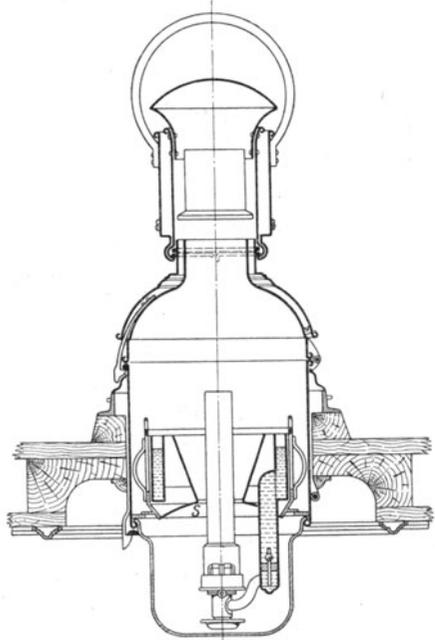


Abb. 3. Argandlampe.

fältiger Wartung werden die Sitze und der Fußboden durch Ölflecken verunreinigt.

Eine einigermaßen ausreichende Beleuchtung läßt sich nur bei dauernd außerordentlich sorgfältiger Bedienung und Beobachtung der Lampen und bei größter Sauberkeit erreichen.

Dahingegen besitzt die Ölbeleuchtung eine Reihe von Vorteilen. Diese sind vor allem folgende:

Niedrige Kosten der Einrichtung,

geringes Gewicht derselben,

Unabhängigkeit jeder einzelnen Lampe von den anderen. Hierzu kommt noch der Vorteil, daß die Beleuchtung in dem Wagen leicht anzubringen ist und mithin auf allen Linien Verwendung finden kann.

Öllampen sind vielfach für die Notbeleuchtung in Anwendung.

Die Beleuchtung mit Petroleum hat hauptsächlich in Amerika ausgedehnte Verwendung gefunden.

Auf den europäischen Bahnen wird Petroleum meist für Signallampen benutzt. Man verwendet nicht das gewöhnliche, im Haushalt gebräuchliche mit einem niedrigen Entflammungspunkt, sondern ein schweres Öl, dessen Entflammungspunkt meist nicht unter 110° liegt. In Amerika wird dieses bei der fraktionierten Destillation von Rohpetroleum erst bei entsprechend höherer Temperatur übergehende Produkt Mineral sperm oil genannt. Der Preisunterschied dieses Petroleums gegenüber dem gewöhnlichen ist nur ein geringer, die Lichtstärke jedoch die gleiche.

In früheren Zeiten ist in Amerika auch Petroleum mit einem niedrigen Entflammungspunkt von 65° verwandt worden, jedoch infolge seiner Feuergefährlichkeit bald allgemein außer Gebrauch gekommen. Nach Ansicht der Amerikaner ist das schwere Öl nicht feuergefährlicher als das Rüböl. Die wesentlichste Gefahr für Eisenbahnwagen besteht darin, daß bei Zusammenstößen das brennende Öl herumgespritzt wird, und diese Gefahr ist bei beiden Brennstoffen die gleiche. Die Anforderungen, welche seitens amerikanischer Bahnen an das Petroleum für Wagenbeleuchtung gestellt werden, sind folgende:

1. Die Farbe muß wasserhell sein; gelbliche Färbung deutet auf teerige Bestandteile, welche bei der Destillation mitgerissen sind und von welchen das Öl nicht genügend befreit worden ist. Diese würden den Docht bald unbrauchbar machen.

2. Das Petroleum soll nicht unter 110° entflammbare Gase entwickeln und erst bei 150° sich entzünden.

3. Das Aussehen darf nicht wolkig sein, und das Petroleum darf auch nicht wolkig oder undurchsichtig werden, wenn es 10 Minuten einer Temperatur von 0° ausgesetzt wird.

4. Das spez. Gewicht soll zwischen 0,835—0,816 = 38—42° B bei 15° C betragen.

Die Lampen sind Sauglampen. Der Behälter befindet sich unterhalb, seltener seitlich von dem Brenner. Bei dem Bau der Lampen wird auf gute Luftzuführung und Vorwärmung der Luft, feste Führung des Dochtes, möglichst kurzes Dochtrohr besonderer Wert gelegt. Meist finden Argandbrenner Verwendung.

Auf der französischen Orleansbahn ist eine eigenartige Lampenausführung von Shallis & Thomas mit horizontaler Flamme und ringförmigem Petroleumbehälter in Gebrauch. Letzterer besitzt einen Vorrat von 400 g. Die Lampe soll bei 18—20 g stündlichem Verbrauch eine Lichtstärke von 10 HK haben.

Die Nachteile der Petroleumbeleuchtung sind dieselben wie die der Ölbeleuchtung: hohe Bedienungskosten, schwierige Reinigung und Instandhaltung. Die Vorteile gegenüber der Ölbeleuchtung sind: bessere Leuchtkraft, sowie der Umstand, daß die Lampen sich in der Kälte leicht anzünden lassen und das Petroleum nicht so leicht gefriert wie das Öl.

II. Die Beleuchtung mit Gas.

Einen gewaltigen Fortschritt in der Wagenbeleuchtung stellt die Einführung der Gasbeleuchtung dar. Im Jahre 1871 zuerst versuchsweise eingeführt, hat sie schnell eine große Verbreitung in vielen Ländern und besonders in Deutschland, Österreich, England, Schweden und den Vereinigten Staaten von Nordamerika lange Zeit eine fast ausschließliche Verwendung gefunden.

Gas kann für Wagenbeleuchtung nur in gepreßtem Zustand in Frage kommen, es sei denn, daß die Herstellung desselben im Wagen selbst erfolgen kann, wie dies bei der Azetylenbeleuchtung zum Teil der Fall ist.

Das gepreßte Gas wird in eisernen Behältern im Wagen mitgeführt, die durch Rohrleitungen mit den Lampen in den Abteilen verbunden sind. Zwischen den Lampen und den Gasbehältern ist eine Vorrichtung vorgesehen, welche den Druck des Gases auf den für ein ruhiges, gleichmäßiges Brennen erforderlichen Druck von 25—45 mm an den Brennern herabsetzt und diesen gleichmäßig hält.

Das zunächst in Frage kommende, überall leicht erhältliche Steinkohlengas mußte vorerst für die Verwendung ausscheiden, da beim Zusammenpressen die das Leuchten der Flamme bewirkenden, kohlenstoffreichen Bestandteile sich absetzen. Es kam nur das Fett- oder Ölgas in Frage, das reich an diesen Bestandteilen ist, und das durch Zersetzen von Pflanzenfetten oder mineralischen Ölen gewonnen wird. Versuche, durch nachträgliche Zufügung von kohlenstoffreichen Dämpfen, durch Karburierung, das Kohlengas wieder leuchtend zu machen, sind zwar wiederholt angestellt worden, haben aber nur teilweise Erfolg gehabt; eine nennenswerte Verbreitung hat das Verfahren nicht gewonnen.

Der erste wesentliche Fortschritt in der Gasbeleuchtung war die Einführung des Mischgases, eine Mischung von Azetylen mit Ölgas. Der zweite und wichtigste bildete dann die Einführung der Glühstrümpfe, die wiederum das Mischgas entbehrlich machten und zum reinen Ölgas zurückführten.

Die Glühlichtbeleuchtung ermöglicht indes auch die Verwendung des Kohlegases, das während des Weltkrieges und bis 1924 auf den deutschen Bahnen an Stelle des Ölgases gebrannt worden ist.

Den letzten wesentlichen Fortschritt bildet die Einführung des Preßgases, d. h. die Verwendung eines höheren Brenndruckes des Gases.

Für Wagenbeleuchtung kommt schließlich noch das Azetylen in Betracht, es hat jedoch bis jetzt keine größere Verwendung finden können.

1. Ölgas.

a) Allgemeines.

Die Bestrebungen, Gas für die Wagenbeleuchtung zu verwenden, haben lange nicht zu einem Erfolge geführt. Erst der Firma Julius Pintsch AG. ist es gelungen, die Gasbeleuchtung für Eisenbahnwagen brauchbar zu machen und hier gebührt das Hauptverdienst dem verstorbenen Mitinhaber der Firma, Herrn Geheimrat Dr. ing. Richard-Pintsch, durch Schaffung der grundlegenden Einrichtungen, insbesondere einer Vorrichtung, den Druck des gepreßten Gases auf einen für die Brenner geeigneten niedrigen Druck zu vermindern. Die ersten Versuche fanden im Jahre 1871 bei der niederschlesisch-märkischen Bahn statt. Die Beleuchtung hat eine schnelle Ausbreitung bei den Eisenbahnen verschiedener Länder gefunden, nach Angabe von Hübner¹ sind im Jahre 1916 rund 750000 Gaslampen in Wagen und Lokomotiven in Betrieb gewesen.

Das zur Verwendung kommende Gas wird in besonderen Gasanstalten erzeugt, welche sich von den gewöhnlichen Leuchtgasanstalten im wesentlichen nur dadurch unterscheiden, daß das Gas nicht aus Kohlen, sondern aus flüssigen Ölen erzeugt wird. Dieses Öl- oder Fettgas besitzt nicht nur eine größere Helligkeit als das Kohlengas, sondern es verliert auch bei der Pressung nur wenig an Leuchtkraft, während dieser Verlust bei Steinkohlengas sehr beträchtlich ist.

In Deutschland fand besonders das bei der Gewinnung des Paraffins durch trockene Destillate der Braunkohle als Rückstand erhaltene Braunkohlenteeröl oder Paraffinöl neben Petroleumrückständen zur Gasbeleuchtung Verwendung, während in Amerika hierzu Rohpetroleum benutzt wird.

100 kg Braunkohlenteeröl liefern 50—54 cbm Gas; 100 kg Petroleumrückstände, sowie russisches Naphtha ergeben 57—58 cbm, während Rohpetroleum 48—50 cbm Gas liefern.

Die mittlere Zusammensetzung eines guten Ölgases ist nach L. Onken²:

- 25 Raunteile Kohlenwasserstoffe der Äthylenreihe C_nH_{2n} , vornehmlich Äthylen C_2H_4 , etwas Propylen C_3H_6 ;
- 55 Raunteile Kohlenwasserstoffe der Athanreihe C_nH_{2n+2} , besonders Methan CH_4 , wenig Äthan C_2H_6 , und selten höhere;
- 20 Raunteile Wasserstoff.

Benzol und Azetylen, Stickstoff, Sauerstoff, Kohlenoxyd und Kohlen-säure sind nur in unbedeutenden Mengen im Gase enthalten. Die Dichte eines solchen Gases bezogen auf Luft ist etwa 0,75. Das Ver-

¹ Dr. Otto Hübner: Verwendung des Steinkohlengases für die Beleuchtung von Eisenbahnwagen. Journ. f. Gasbeleuchtung und Wasserversorgung 1916, Nr. 33 und 34.

² L. Onken: Versandfähige Leuchtgase. Glasers Ann. 1911, S. 88.

hältnis der genannten Kohlenwasserstoffe hängt von der Eigenart des Rohstoffes ab.

Die Leuchtkraft ist wesentlich bedingt durch den Kohlenstoffgehalt des Kohlenwasserstoffes, sie ist um so höher, je höher der Gehalt an Äthylen ist. Methan und Wasserstoff brennen mit nicht leuchtender Flamme. Der Heizwert des Gases, etwa 9000 Kal., steigt mit der Zunahme des Wasserstoff- und Äthylengehaltes.

Das Ölgas wird durch Zersetzen der Öle in Retorten oder in Generatoren hergestellt. Bei der ersteren Herstellungsart erfolgt die Verdampfung des Öles in Retorten aus Gußstahl oder Gußeisen, die von außen geheizt werden, bei einer Temperatur von 750—850°. Die Vergasung geht langsam vor sich. Es werden in einer Retorte 10—12 cbm/Std. Gas erzeugt. Von den Retorten, in welchen eine möglichst vollkommene Vergasung des Öles erfolgen muß, gelangt das Gas durch Vorlagen nach Kondensatoren, Wäschern und Reinigern. Es werden hier die Teerdämpfe kondensiert und das Gas von Schwefelverbindungen gereinigt.

Die Herstellung des Ölgases in Generatoren¹ wird bei großem Jahresbedarf und beschränktem Platze für die Gasanstalt bevorzugt. Die erste große Anlage dieser Art ist die im Jahre 1908 erbaute Gasanstalt in Pankow bei Berlin mit 3 Generatoren für je 100 cbm/Std. erzeugtes Gas.

Von der Gasanstalt gelangt das Gas nach Durchlaufen einer Gasuhr in die Behälter der Füllstation, das sind große geschweißte Kessel, in welche das Gas mittels langsam laufender Druckpumpe unter Kühlung gepreßt wird, bis es unter einem Druck von 10—15 Atm. steht. Hierbei scheiden sich Kohlenwasserstoffe (Benzol usw.) in flüssiger Form aus, wodurch die Leuchtkraft des Gases etwas geschwächt wird. Nach Untersuchung von Julius Pintsch verliert das aus Rohpetroleum hergestellte Gas an Leuchtkraft bei einem Druck von

5 Atm. = 2,4%,	15 Atm. = 16,3%,
10 „ = 7,4%,	20 „ = 21,5%.

Die Ausscheidung besteht fast nur aus schweren Kohlenwasserstoffen, in der Hauptsache Benzol und leicht sich verflüssigenden Olefinen.

Aus 100 kg Braunkohlenteeröl werden 50—54 cbm Gas erhalten neben 60 kg Teer. Bei dem Generatorverfahren werden 30 kg Teer für 100 cbm Gas verbraucht, so daß ein Gewinn von 30 kg Teer verbleibt.

Die Wageneinrichtung besteht aus dem Gasbehälter mit den Füllhähnen, von dem die Hochdruckleitung zu dem Druckregler führt. Von dem Druckregler führt dann die Niederdruckleitung zu dem Haupt-hahn und zu den Lampen.

Die Gasbehälter, die meist am Wagenuntergestell angebracht sind, und in denen das Gas unter dem Druck von 6—8 Atm. steht, bestehen aus zylindrischen Kesseln von 1,5—3 m Länge und 0,4—0,5 m Durchmesser und sind aus 4,5—5 mm starkem Eisenblech gefertigt. Die Nähte sind hart verlötet, ebenso die Böden. Nach der Anzahl der Flammen eines Wagens und der Brenndauer richtet sich die Anzahl und Größe der

¹ Fr. Landsberg: Ölgasanstalt mit Generatorbetrieb. Z. V. d. I. 1909, S. 1485.

Gasbehälter, und zwar werden in Deutschland für die vierachsigen Wagen solche von 2100 l, für zwei- und dreiachsige solche von kleinerem Inhalt verwendet. Befinden sich zwei oder mehrere Behälter unter einem Wagen, so sind dieselben durch ein dickwandiges, 7 mm weites Eisenrohr miteinander verbunden. In Deutschland reichen die Behälter im Mittel für eine Brenndauer von 25—30 Stunden aus.

Die Gasbehälter sind am Wagenuntergestell mit angenieteten Blechen befestigt und liegen bei größeren Wagen längs der Gleisrichtung, bei kleineren Wagen auch quer zu ihr. Selten ist die Anordnung auf dem Wagendache.

Auf jeder Längsseite des Wagens befindet sich ein Füllkopf, welcher durch eine Blechklappe gegen eindringenden Staub und Schmutz geschützt ist, sowie ein Druckmesser, um jederzeit den Druck im Behälter ablesen zu können. Zum Füllen der Behälter dienen 10—20 m lange, an den Enden mit entsprechenden Metallverschraubungen versehene Gummischläuche. Diese werden einerseits mit den Füllständern, anderer-

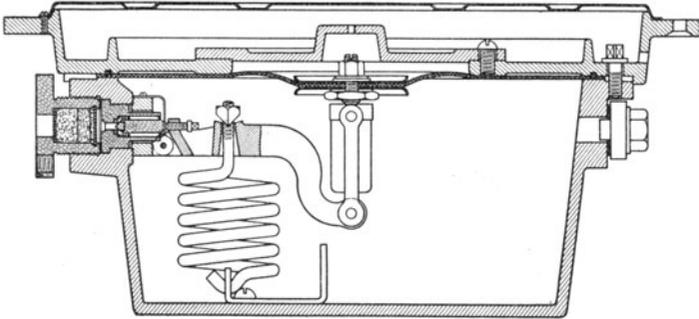


Abb. 4. Druckregler.

seits mit den Füllköpfen der Behälter durch die Verschraubung verbunden.

Vom Behälter führt die Hochdruckleitung, bestehend aus einem Eisenrohr über einen Absperrhahn hin zum Druckregler (Abb. 4), der nahe am Behälter am Wagenuntergestell befestigt ist. Durch den Regler wird eine Verminderung des Gasdruckes auf den in Betracht kommenden Brenndruck bewirkt. Er besteht aus einem gußeisernen Behälter von 250 mm Durchmesser und 160 mm Höhe, welcher mit einer Ledermembran bespannt ist. In der Mitte der Membran ist eine Zugstange mit einer Schraube befestigt, die mit einem auf dem Ventilsitz gelagerten Hebel gelenkig verbunden ist. An diesem Hebel sitzt federnd die eigentliche Ventilstange mit dem Ventilkegel. Durch den Druck des Gases spannt sich die Membran, und diese verschiebt dann den Ventilkegel durch den Hebel und verkleinert dadurch die Einstromöffnung. Bei Nachlassen des Druckes senkt sich die Membran und die Öffnung wird vergrößert. Es wird also der Druck des Gases immer gleichmäßig hochgehalten, so daß nicht mehr Gas einströmen kann, als für den Brenner verbraucht wird; die Flamme brennt daher stets ruhig und gleichmäßig.

Durch besondere Stellschrauben ist der Regler auf bestimmten Druck einstellbar. Vor dem Eintritt des Gases in das Ventil durchströmt es eine Filtervorrichtung, die den Staub zurückhält.

Vom Druckregler führt ein 7 mm starkes Gasrohr längs des Untergestelles über die Wagenstirnwand auf das Dach und von da durch Abzweigungen nach den einzelnen Lampen. An der Stirnwand befindet sich der Haupthahn für sämtliche Lampen. Die in den Lampen sitzenden Brennrohre sind meist in einem Scharnier drehbar, um den Gasarm aus der Gasglocke herausnehmen zu können. Jeder Hahn besitzt einen Absperrhahn und eine Vorrichtung zur Regelung des Gasverbrauches der einzelnen Flammen.

Die Lampen bestehen aus dem Lampengehäuse, einen Reflektor und dem Brenner. Das Gehäuse ist am Wagendach befestigt. Den unteren Abschluß bildet eine Glasglocke in Messing- oder Eisenblech-Fassung. Oben ist das Gehäuse mit einem Rauchhut versehen. Als Brenner dienen einfache Zweilochbrenner oder Schlitzbrenner aus Speckstein. Abb. 5 zeigt eine Lampe, wie sie in Wagen mit Oberlichtaufbau benutzt wird und die von innen und außen zugänglich ist. Die Lampen in den Abteilen haben fast stets eine Dunkelstellvorrichtung, welche vom Abteil aus betätigt werden kann. Sie besteht aus einem Hahngehäuse in der Rohrabzweigung, welches eine kleinere und eine größere Bohrung hat. Bei Dunkelstellung geht das Gas durch die kleinere Bohrung. Besitzt die Lampe einen Lichtschirm, so kann auch durch Herabziehen desselben der Hahn auf Dunkelstellung geschaltet werden.

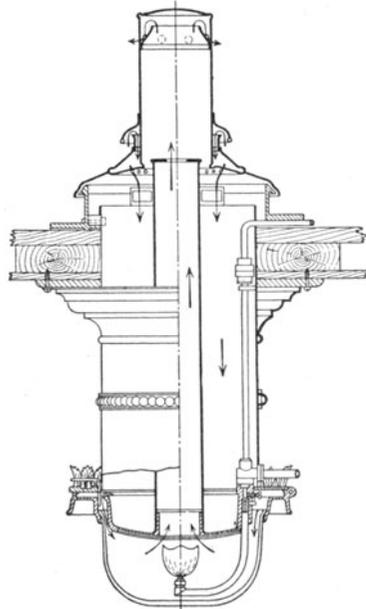


Abb. 5. Lampe für Ölgasbeleuchtung, von innen und außen zugänglich.

Die Helligkeit der Flamme des reinen Fettgases beträgt je nach der Güte des Gases, der Art und Größe des verwendeten Brenners 5—6,5 HK. Die Helligkeit war in der ersten Zeit der Gasbeleuchtung eine höhere, sie hatte sich verschlechtert, weil das zur Verwendung gelangende Öl, namentlich infolge vermehrter Paraffinentziehung, minderwertiger wurde. Durch Einführung der sogenannten Intensivlampen wurde dieser Übelstand aufgehoben und die Beleuchtung erheblich verbessert. In der Intensivlampe, die zwei oder drei Brenner besitzt, findet eine stärkere Erhitzung der Luft an dem mit Rippen versehenen unteren Teile des Schornsteines statt. Das Gehäuse dient auch gleichzeitig zur Abführung verbrauchter Luft aus dem Wageninneren.

Die dreiflammige Intensivlampe für Fettgas verbraucht etwa 60 l Gas stündlich und besitzt eine Leuchtkraft von 22 Kerzen.

Die Helligkeit einer Flamme mit 27,5 l Gasverbrauch in Zweilochbrenner Nr. 40 von Pintsch beträgt rund 5 HK für reines Ölgas, so daß für die Kerzenbrennstunde 5,5 l Gas verbraucht werden.

b) Mischgas.

Die Einführung des Azetylens in die Technik führte zu einer ganz wesentlichen Verbesserung der Gasbeleuchtung. Nachdem sich wegen der außerordentlichen Gefährlichkeit des reinen Azetylens dessen Verwendung zur Beleuchtung der Wagen als undurchführbar herausgestellt hatte, war es der Firma Julius Pintsch AG. 1897 gelungen, diesen Körper durch Beimischung zu Ölgas für diese Zwecke verwertbar zu machen. Eingehende Versuche ergaben, daß Mischungen von Azetylen mit Ölgas bis zu einem Gehalt von 50% Azetylen keine Neigung zu Explosionen und keine größere Feuergefährlichkeit besitzen als reines Ölgas, daß aber die Leuchtkraft der Flamme bei gleichem Gasverbrauch ganz beträchtlich erhöht wird.

Die Verwendung von Mischgas erforderte keine weitere Veränderung an den für Ölgas bestehenden Einrichtungen, als die Anlage einer Azetylenanstalt neben der Ölgasanstalt. Die deutschen Staatsbahnen haben ein Mischgas von 25% Azetylen und 75% Ölgas verwendet. Der bisher gebräuchliche Ölgas-Zweilochbrenner Nr. 40 wurde beibehalten. Die Helligkeit einer Flamme mit einem Gasverbrauch von 27,5 l betrug 14 HK, diejenige einer zweiflammigen Lampe mit 45 l Verbrauch 25 HK, einer dreiflammigen Lampe mit 60 l Verbrauch 32 HK.

c) Gasglühlicht für 150 mm Brenndruck.

Wenn auch die Einführung des Mischgases eine erhebliche Verbesserung für die Wagenbeleuchtung darstellte, so stand ein noch größerer Fortschritt in Aussicht, wenn es gelang, die Glühlichtbeleuchtung hierfür brauchbar zu machen. Es ist daher erklärlich, daß wiederholt Versuche in dieser Richtung unternommen wurden, die jedoch erst zum Ziele führten, als die Glühkörper eine genügende Haltbarkeit erlangt hatten.

Die aus dem Jahre 1885 stammende Erfindung Auer von Welsbachs hat erst allmählich im Beleuchtungswesen Eingang gefunden, infolge der geringen Haltbarkeit und des hohen Preises (RM 2,50) der Glühkörper. Erst als ein Jahrzehnt später brauchbare Glühkörper zu wesentlich niedrigeren Preisen in den Handel kamen (im Jahre 1896 schon zu 40 Pf.), nahm ihre Verwendung schnell zu, besonders als im Jahre 1898 die Nichtigkeitserklärung der wesentlichsten Auerpatente erfolgte.

Die Glühkörper bestehen aus einem Gewebe möglichst aschenfreier Pflanzenfaser, in denen hauptsächlich Thor- und Ceroyd niedergeschlagen ist. Das Gewebe wird in einem Bade, das die Nitrate des Thors und Cers enthält, getränkt, nach dem Trocknen entglimmt und in einer Preßgasflamme geformt und gehärtet. Als Gewebestoff wird hauptsächlich Ramiefaser an Stelle der anfänglich verwendeten Baumwolle benutzt.

Während es nun bei offener Flamme auf einen hohen Gehalt an kohlenstoffreichen Stoffen im Gase ankommt, bei deren Zersetzung in

der Flamme sich Kohlenstoff in feinsten Verteilung ausscheidet und glühend leuchtet, bedingt der Glühkörper eine hohe Heizkraft des Gases, die bewirkt, daß der Glühkörper in Weißglut kommt und dadurch leuchtet.

Die Heizkraft wird beträchtlich erhöht, wenn man nach Art der Bunsenbrenner das Gas vor dem Brenner mit Luft mischt, so daß es bei offener Flamme nicht zur Ausscheidung der Kohlenstoffteilchen, sondern zum Verbrennen derselben kommt und die Flamme nicht leuchtet.

Die Firma Julius Pintsch AG. hat bereits im April 1894 Versuche vorgenommen, das Glühlicht auch für Wagenbeleuchtung nutzbar zu machen, die Ergebnisse entsprachen jedoch nicht den Erwartungen, infolge der Mangelhaftigkeit der Glühkörper. Das Aufkommen des Mischgases ließ die Fortsetzung der Versuche in den Hintergrund treten. Die ersten erfolgreichen Versuche stellte die französische Ostbahn an. Die Glühkörper waren stehend über den Brennern angeordnet und durch Federn sollten die Stöße der Wagen unschädlich gemacht werden. Die französische Westbahn benutzte zuerst die hängende Anordnung des Glühkörpers, bei der letzterer in Form einer Halbkugel unterhalb des nach unten gerichteten Brennermündstückes befestigt ist. Die Verwaltung benutzte statt Ölgas Kohlengas.

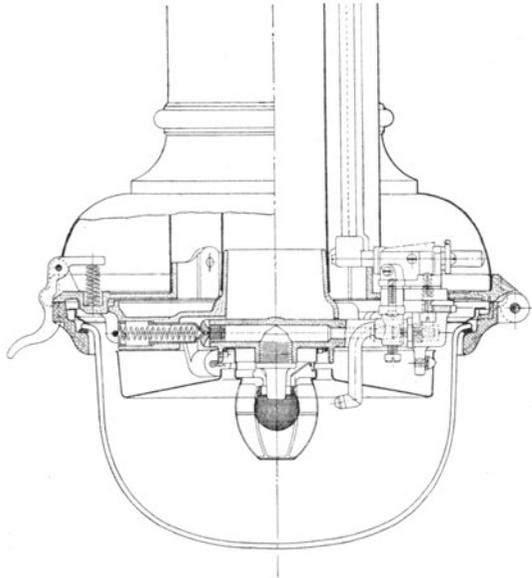


Abb. 6. Lampe für hängende Glühkörper.

Auf deutschen Bahnen werden ausschließlich hängende Glühkörper verwendet.

Die federnde Aufhängung wurde bald verlassen, da sie sich für die Haltbarkeit der Körper als schädlich erwiesen hatte. Der Druck des Gases, der bei offener Flamme 30—80 mm Wassersäule betragen hatte, mußte auf 120—180 mm erhöht werden, um ein Rußen der Flamme zu verhindern. In Deutschland wurde ein Druck von 150 mm gewählt.

Abb. 6 stellt eine Lampe für hängenden Glühkörper der Bauart der Firma Julius Pintsch AG. dar.

Der hängende Glühkörper bedeutet einen sehr erheblichen Fortschritt gegenüber dem stehenden. Nach Hübner¹ wird durch die Vorwärmung

¹ Neuerungen auf dem Gebiete der Beleuchtung von Eisenbahnpersonenzügen. Glasers Ann. 75, 4 (1914).

der zur Verbrennung gelangenden Luft eine bessere Ausnutzung des Gases erzielt und ferner ist die Lichtausbeute eines hängenden Glühkörpers für die untere Halbkugel eine erheblich bessere als bei stehender Beleuchtung. Der Glühkörper bietet infolge seiner kugeligen Form und seiner Befestigung an einem besonderen Glühkörperhalter eine sehr viel größere Widerstandsfähigkeit gegen die Beanspruchung im Eisenbahnbetrieb.

Um den Nachteil zu beheben, daß der Glühkörper bei seinem Zerfall auf die Glasglocke fällt und die Stichflamme des Gases alsdann zerstörend auf die Glasglocke wirkt, ist der Glühkörper mit einem Schutzkorb umgeben, auf welchen Teile des Körpers fallen, die durch Wirkung der Gasflamme zum Leuchten kommen. Dieser Schutzkorb schützt den Körper gleichzeitig beim Reinigen der Glasglocke und des Scheinwerfers vor unbeabsichtigten Berührungen und Beschädigungen. Jeder für Glühlicht eingerichtete Zug führt eine Anzahl von Glühkörpern in geeigneten, auch mit anderen Ersatzteilen und Werkzeugen ausgestatteten Kästen mit sich. Das Zugpersonal kann leicht einen schadhaf gewordenen Glühkörper durch einen neuen ersetzen. Da der Glühkörper mit dem Haltering und dem Schutzkorb aufbewahrt und unverändert an Stelle der auszuwechselnden eingesetzt wird, so ist der Glühkörper auch bei diesen Arbeiten vor Beschädigungen geschützt.

Die Zündung der Lampe erfolgt mittels einer kleinen, seitlich vom Glühkörper brennenden Zündflamme. Diese wird bei Zügen mit Abteilwagen dort angezündet, wo der Zug auf einer Station einen ausreichenden Aufenthalt hat. Bei Eintreten der Dunkelheit genügt dann die Öffnung des Haupthahnes, um den ganzen Wagen zu beleuchten. Durch Einrichtung einer Dunkelstellung kann die Hauptflamme nach Belieben gelöscht und wieder entzündet werden.

Der Lichtwert einer Lampe mit hängendem Glühlicht bei Lichtstärken bis zu 60 K und Brenndrucken bis 300 mm Wassersäule beträgt mindestens 2 HK-Stunden für 1 l auf 10 Atm. gepreßten Ölgases. In Deutschland wurden Brenner mit einem Verbrauch von 18 und 26 l Gas benutzt, mit einer Helligkeit von 36 bzw. 50 HK.

Bezüglich des Gasverbrauches ist jedoch zu berücksichtigen, daß die Zündflamme für sich 5—6 l/Std. braucht. Um diesen recht bedeutenden Verbrauch der Zündflamme zu beschränken, verwendet die Berlin-Anhaltische Maschinenfabrik AG. einen Apparat, den Gassparer Bamag, durch welchen die Zündflamme während des Brennens der Hauptflamme zum Erlöschen gebracht wird. Die durchschnittliche Haltbarkeit der Glühkörper beträgt etwa 100—120 Stunden. Der Preis stellt sich auf 35—45 Pf.

d) Preßgasglühlicht (Brenndruck 1500 mm).

Aus den Versuchen der Firma Julius Pintsch AG. hat sich ergeben, daß der günstigste Brenndruck für hängendes Glühlicht rund 1500 mm WS beträgt. Bei dem Druck von 150 mm, bei dem die Brenner noch einwandfrei ohne zu rußen arbeiten, wird ungefähr das 3—4fache der Gasmenge an Luft angesaugt, während zur vollständigen Verbrennung

des Ölgases das 9—11 fache erforderlich ist. Die noch fehlende Luft muß mit Hilfe des Schornsteines der Flamme zugeführt werden. Eine Regelung dieser Luftzufuhr, derart, daß nur ein geringer Überschuß von außen dem Glühkörper zugeführt wird, bietet aber Schwierigkeiten, so daß tatsächlich ein großer Überschuß durch die Lampen an dem Glühkörper vorbeistreichet. Dieser bewirkt aber eine nicht unbeträchtliche Temperaturniedrigung der Flamme und damit eine verhältnismäßig schlechte Wirtschaftlichkeit der Lampe.

Ein Druck von 1500 mm genügt nun, um die erforderlichen 9 bis 11 Teile Luft anzusaugen und so eine möglichst kleine und heiße Bunsenflamme zu erzielen.

Für die praktische Verwendung mußte der Regler für den neuen Druck umgebaut, die Zweilochdüsen durch Einlochdüsen ersetzt werden, wobei der Lochdurchmesser nur wenig geringer zu werden brauchte und ein Verstopfen durch Verunreinigung nicht zu befürchten war. Ferner mußten Glühkörper für höheren Druck verwendet werden.

Die ersten Einrichtungen für Preßgas wurden im Jahre 1913 in Betrieb gesetzt, und bereits 1914 war die Einführung von verschiedenen Verwaltungen, unter anderen der preußischen, verfügt worden.

Der Ölgasverbrauch, der bei der bisherigen hängenden Glühlichtbeleuchtung rund 0,4—0,45 l je HK-Stunde betrug, vermindert sich bei der Preßgasbeleuchtung um 50% auf 0,2 l.

Die Fortschritte, die von Beginn der Ölgasbeleuchtung an von der offenen Ölgasflamme bis zum Preßgasglühlicht in bezug auf Gasverbrauch pro HK-Stunde erzielt worden sind, sind in der Tabelle 1 nach Hübner dargestellt.

Dr. Hübner bemerkt, daß mit Einführung der Gasglühlichtbeleuch-

Tabelle 1.

	Offene Flamme		Stehendes Gasglühlicht	Hängendes Gasglühlicht 150 mm Druck	Preßgasglühlicht 1500 mm Druck
	Ölgas	Mischgas			
Ölgasverbrauch in Liter je HK-Stunde	4,3	2,5	0,8	0,4—0,45	0,2—0,25
Hefnerkerzenstunden für 1 l Ölgas	0,23	0,4	1,2	2,0—2,5	4—5
Erforderlich in Liter zur Erzeugung von 6 HK f. l. Lampe „40 „ „ „	26 —	15 —	— 32	— 16—18	— 8—10
Betriebsdauer eines Wagens mit einer Gasfüllung: Gasbehälterinhalt 400 l bei 5 Atm. = 400 · 5 = 2000 l, Lampenzahl 6 zu je 6 HK	13	22	—	—	—
Gasbehälterinhalt 2100 l, bei 5 Atm. = 2100 · 5 = 10500 l, Lampenzahl 15 zu je 40 HK	—	—	22	39	70

tung der spezifische Gasverbrauch bei hängendem Brenner auf ein Sechstel gegenüber Mischgas zurückgegangen ist. Gleichzeitig ist aber die Lichtmenge auf den 7fachen Betrag gestiegen, so daß trotz Verwendung sehr viel größerer Gasbehälter die Reichweite der Wagen nur unwesentlich gesteigert werden konnte. Erst durch die Preßgasbeleuchtung konnte bei Beibehaltung der Lichtstärke und der Zahl der Lampen eine Verdoppelung der Betriebsdauer der Wagenbeleuchtung von 39 auf 70 Stunden erzielt werden.

Die Lichtausstrahlung für die untere Halbkugel bei Verwendung von stehendem, hängendem Gasglühlicht und hängendem Preßgasglühlicht zeigt Abb. 7, wobei der Gasverbrauch für jede Lampe 18 l beträgt. Bei stehendem Glühlicht beträgt die Lichtstärke unter dem günstigsten Winkel 28,5 HK, bei hängendem Glühlicht 58 HK und bei Preßgaslicht 92 HK. Die höchste Lichtausbeute bei stehendem Gasglühlicht ein-

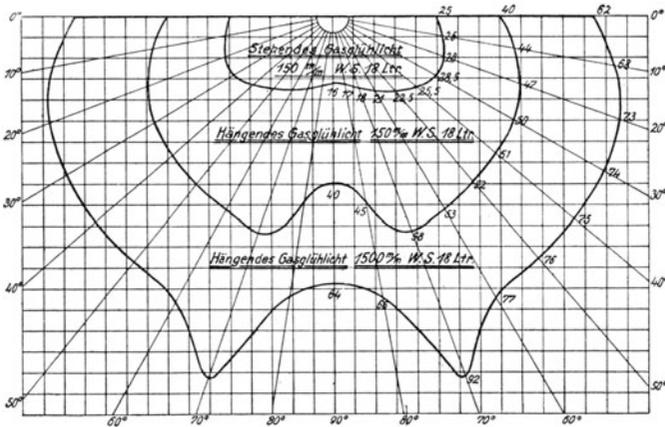


Abb. 7. Lichtausstrahlung bei Gasglühlicht.

schließlich Scheinwerferwirkung erfolgt bei einem Winkel von 30° gegen die Wagerechte, bei Preßgasbeleuchtung unter dem für Abteilbeleuchtung vorteilhafteren Winkel von 70°.

Infolge des höheren Betriebsdruckes ist es möglich, durch besondere Schaltung den Gasdruck so weit, d. h. etwa auf 50 mm WS, zu vermindern, daß aus den Preßgasdüsen eine entsprechend geringere Gasmenge austritt, so daß die unabhängig vom Glühkörper brennende Zündflamme in Fortfall kommt, was eine Ersparnis von 5—6 l für die Stunde bedeutet.

Der Gasverbrauch beträgt alsdann etwa 2 l für die Stunde. Die Beleuchtungseinrichtung ist also durch Anwendung von Preßgasglühlicht auf doppelte Betriebszeit eingestellt. Durch die Anordnung des Schutzkorbes unter dem Glühkörper ist auch bei zerstörtem Glühkörper eine Notbeleuchtung von etwa 1 HK vorhanden. Der Schutzkorb hat im unteren Teil einen Körper aus Magnesia, der durch seine Form die Glühkörperreste auffängt oder durch die auf ihn treffende Flamme in helle Rotglut versetzt wird.

Bei Wagen, deren Laternen keine besondere Hell- und Dunkelstellvorrichtung besitzen, strömt das Gas vom Behälter zu dem unter dem Wagen befindlichen Regler, der den Gasdruck von 6 Atm. auf 1500 mm WS vermindert. Vom Regler führt nur eine Leitung über das Dach zu den einzelnen Lampen. In der Leitung an der Stirnseite des Wagens befindet sich ein mit Abstellung verbundener Schalthahn mit zwei Stellungen. In der Dunkelstellung des Hahnes kommt das Gas in einen durch eine Drosselschraube in seinem Durchgangsquerschnitt veränderlichen Umgang und nach Durchströmen desselben mit starker Druckdrosselung auf 50—80 mm WS zu den Lampen. In dieser Stellung brennen die Lampen klein. Diese Schaltung ist bei der deutschen Reichsbahn für die Wagen der 4. Klasse, Gepäckwagen und sämtlichen Wagen des Nahverkehrs eingeführt.

Für Wagen mit Laternen, die teils mit, teils ohne Hell- und Dunkelstellvorrichtung versehen sind, das sind sämtliche vorher nicht aufgeführten Wagengattungen, wie z. B. Durchgangswagen, drei- und vierachsige Abteilwagen, wird die in Abb. 8 dargestellte Schaltung verwendet.

Vom Druckregler, der den Druck auf 1500 mm WS mindert, führt eine Leitung zum Haupt- und Schalthahn, der jedoch drei Stellungen besitzt, und von dort über das Wagendach zu sämtlichen Laternen; eine zweite Leitung führt zu einem Zusatzdruckregler, der an dem Gehäuse des Hauptreglers befestigt ist. Der Zusatzregler erhält also sein Gas aus dem Hauptregler und mindert den Gasdruck von 1500 mm auf 50 bis 80 mm WS. Vom Zusatzregler führt ferner eine Leitung zum Haupt- und Schalthahn und von dort über das Wagendach. Während an der Hauptleitung aber sämtliche Lampen angeschlossen sind, werden mit der Nebenleitung nur die Lampen mit Hell- und Dunkelstellvorrichtung verbunden.

Die Wirkungsweise der Einrichtung ist nun folgende: Bei Inbetriebnahme des Wagens stellt das Bedienungspersonal den im Innern des Wagens angebrachten Schalthahn auf „Zünden“. (Ist der Schalthahn wie bei Abteilwagen an der Stirnseite des Wagens angebracht, so erfolgt die Schaltung durch Betätigung einer Zug- und Stoßvorrichtung.) Das Gas strömt dann nach Durchlaufen des Haupthahnes unter einem Druck von 1500 mm und getrennt hiervon unter 50—80 mm zum Schalthahn. In der Zündstellung sind die Durchgangsbohrungen nun so angeordnet, daß das Gas unter 1500 mm Druck in beide Leitungen übertreten kann, während der Zugang für das Gas von 50—80 mm gesperrt ist. Infolgedessen erhalten sämtliche Lampen hohen Druck, und zwar auch diejenigen Laternen mit Hell- und Dunkelstellvorrichtung, deren Hebel auf „dunkel“ stehen. Diese Stellung ist vorgesehen, um einmal die nach längerer Außerbetriebszeit des Wagens in den Leitungen vorhandene Luft schnell auszutreiben, so daß das Anzünden der Lampen ohne Wartezeit vorgenommen werden kann; ferner aber auch deshalb, um eine Schaltung zu schaffen, in der eine Dunkelstellung aller oder einzelner Laternen durch Unbefugte unmöglich gemacht wird.

Nachdem in der Zündstellung alle Laternen angezündet sind, wird

je nach der Tageszeit entweder der Schalthahn auf „dunkel“ oder auf „hell“ gestellt. Es sei angenommen, daß der Schalthahn nach dem Zünden auf „dunkel“ gestellt wird.

Wie aus Abb. 8 B hervorgeht, kann in dieser Stellung nur Gas von 50—80 mm Druck den Schalter durchströmen und in beide Leitungen eintreten. Sämtliche Lampen brennen dann „klein gestellt“.

Soll endlich die Beleuchtung auf hell gestellt werden, was durch Drehen des Schalthahnes auf „hell“ eintritt, Abb. 8 C, so geht das Gas mit hohem Druck durch den Schalthahn und tritt in die Hauptleitung ein, während das Gas von 50—80 mm in die Nebenleitung eintritt. Es

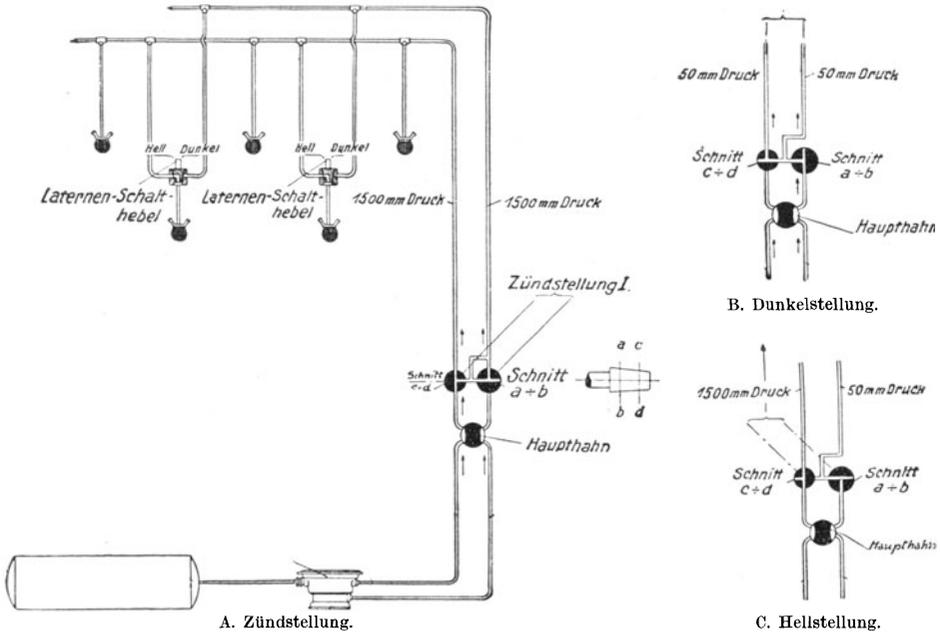


Abb. 8. Schaltbild einer Preßgasbeleuchtung für Wagen mit Laternen teils mit, teils ohne Hell- und Dunkelstellvorrichtung.

brennen daher die an die Hauptleitung geschalteten Nebenraumlaternen „hell“ und diejenigen Laternen mit Hell- und Dunkelstellvorrichtung, deren Hebel auf „hell“ stehen, während die Laternen „dunkel“, d. h. mit „kleingestellter“ Hauptflamme brennen, deren Hebel auf „dunkel“ stehen, also an die Nebenleitung gelegt sind (siehe auch Abb. 8 A, Laternenschalt-hebel). In dieser Stellung der Schaltvorrichtung kann daher jeder Fahrgast die Lampen seines Abteils durch Umlegen des Laternenhebels beliebig auf hell und dunkel schalten.

Während die von der Firma Julius Pintsch AG. vertretene Bauart die zur vollständigen Verbrennung erforderliche Luft nach Art des Bunsenbrenners ansaugt, verfährt Dalén in Stockholm in der Weise, daß er durch Anordnung eines besonderen Mischapparates unter vollständiger Ausschaltung der Gasdüsen die Mischung des Gases mit der

nötigen Luftmenge vornimmt. Da dieses Verfahren hauptsächlich für Azetylenbeleuchtung in Anwendung ist, folgt die Beschreibung weiter unten in dem betreffenden Abschnitt über Azetylenbeleuchtung. —

Die Versorgung der Lokomotiven und Wagen mit Gas erfolgt fast durchgehend auf den Zugbildungsstationen, deren größere meist Gas-erzeugungsanstalten besitzen.

Um Gas an die Betriebsstellen, die keine eigenen Gasanstalten haben, heranzubringen, sind besondere Gasbeförderungswagen in Betrieb. Diese besitzen drei oder auch einen Kessel, letzterer von einem Rauminhalt bis zu 50 cbm, so daß mit einem Wagen bis zu 750 cbm Gas befördert werden können. In Amerika verwendet man auch vielfach statt eines Kessels Stahlflaschen, in denen das Gas bis zu 100 Atm. und höher verdichtet ist und die auf dem Wagengestell fest gelagert werden.

Das am Bestimmungsort angekommene Gas wird in ortsfeste Hochdruckkessel, die ihrerseits wiederum mit Hochdruckleitung und Zapfstelle verbunden sind, übergeleitet. Da der Wagenbehälter das Gas mit einer Spannung von 6 Atm. enthält, so läßt sich also die mit einem Transportwagen bewegte Menge nur bis 6 Atm. abfüllen. Es sind deshalb auf den Überfüllstationen oder auch auf den Gaswagen selbst vielfach Motorkompressoren aufgestellt, die eine Vollaussnutzung der bewegten Gasmenge ermöglichen. Ist der Kompressor auf dem Gaswagen aufgestellt, so erfolgt der Antrieb der Pumpe meist aus einem Gasmotor, der aus dem Transportkessel gespeist wird.

Die Gasverdichtungsanlage besteht im allgemeinen aus einer ein- oder zweistufigen Kolbenpumpe, die beliebig angetrieben wird und das Gas auf 10—15 Atm. verdichtet. Das verdichtete Gas wird, wie bereits bemerkt, in ortsfeste Hochdruckkessel gepreßt. In der Tabelle 2 sind die für die verschiedenen Größen der Preßpumpe und die für ihre Leistungen ausreichenden Durchmesser der Leitung angegeben.

Tabelle 2.

Ansaugeleistung je Stunde	10 cbm	25 cbm	50 cbm	100 cbm	250 cbm
Kraftbedarf für Pressung auf 15 kg/qcm	4 PS	6 PS	13 PS	23 PS	45 PS
Durchmesser der Sauge- leitung ¹	50 mm	80 mm	125 mm	150 mm	200 mm

Im Jahre 1914 ist bereits mit der Einführung der Preßgasbeleuchtung bei der Preußischen Staatsbahn begonnen worden. Während des Krieges hat, da die für die Ölgasherstellung bestimmten Ölvorräte beschlagnahmt wurden, die Verwaltung dazu übergehen müssen, Kohlengasbeleuchtung einzuführen unter Abänderung der Brenner. Im Jahre 1924 ist dann wieder die Ölgasbeleuchtung eingeführt worden. Die Reichsbahn hat mit der Firma Julius Pintsch AG. einen Vertrag über Lieferung

¹ Unter der Voraussetzung, daß an die Leitung nur die Verdichtungsanlage angeschlossen ist.

von Ölgas, Errichtung und Betrieb der erforderlichen Gasanstalten abgeschlossen. Veranlaßt ist diese Maßnahme dadurch, daß das Steinkohlengas erhebliche Anfressungen in den Behältern und den Leitungen hervorgerufen hat, die zu Gefährdungen Anlaß gegeben haben. Die Zusammensetzungen des Steinkohlengases und infolgedessen auch die Beleuchtungsstärke schwanken stark und außerdem ist festgestellt worden, daß die Kosten höher sind als bei Ölgas.

2. Steinkohlengas.

Der Verwendung des Steinkohlengases für offene Flammen stand, wie bereits bemerkt, der Umstand entgegen, daß das Gas bei der Pressung, die für die Verwendung zur Beleuchtung von Eisenbahnwagen notwendig ist, um eine genügende Menge Gas zur Verfügung zu haben, die lichtgebenden Bestandteile wie Äthylen, Benzol usw. verliert und die Flamme aus Schnitt- und Lochbrennern wenig leuchtend wird. Immerhin war der Vorteil, keine besondere Gaserzeugungsanstalt errichten zu müssen, in vielen Fällen wichtig genug, der Verwendung näher zu treten. Man suchte das Gas deshalb durch Anreicherung mit Benzin oder Naphthalin (Karburierung) zu verbessern. Man leitete es nach dem Austritt aus dem Druckregler durch ein mit flüssigen und leicht flüchtigen Kohlenwasserstoffen gefülltes Gefäß, wobei es diese Körper bis zur Sättigung aufnimmt.

Um die gleiche Lichtstärke wie bei Ölgas zu erzielen, werden annähernd 30 l angereichertes Steinkohlengas gegenüber 22 l Ölgas benötigt.

Mit der Einführung der Glühlichtbrenner konnte das Steinkohlengas ohne weitere Karburierung Verwendung finden. Während Fettgas bei hängendem Glühlicht bei Lichtstärken bis 60 HK und Brenndrucken bis 300 mm WS durchschnittlich etwa 2 HK-Stunden je Liter Gas ergibt, erhält man bei Kohlengas nur 1 HK-Stunde. Es liegt dies an dem halb so großen Heizwerte von 4600 Wärmeeinheiten dieses Gases gegenüber dem des Ölgases von 9000 Wärmeeinheiten. Die durchschnittliche Zusammensetzung des ungepreßten Gases ist etwa¹:

5	Volumenteile	schweren Kohlenwasserstoff ($3\frac{1}{2}\%$ C ₂ H ₄ , $1\frac{1}{2}\%$ C ₆ H ₆),
34	„	leichten Kohlenwasserstoff CH ₄ ,
49	„	Wasserstoff H ₂ ,
8	„	Kohlenoxyd CO,
4	„	Kohlensäure CO ₂ und Stickstoff N ₂ .

Das spez. Gewicht bezogen auf Luft ist 0,41.

Da man zur Erzielung der gleichen Lichtmenge über doppelt so viel Gas benötigt, ist natürlich auch die Pressungsarbeit doppelt so groß.

Durch Verwendung eines höheren Druckes von 1500 mm erhält man die Steinkohlen-Preßgasbeleuchtung, die auch hier eine wesentliche Verbesserung bedeutet.

¹ Onken, L.: a. a. O.

Die Kohlengasbeleuchtung wurde im Jahre 1915 in sämtlichen Wagen der Preußischen, Hessischen und Staatsbahn der Reichseisenbahn-Verwaltung an Stelle der Ölgasbeleuchtung eingeführt. Im Jahre 1924 wurde sie wieder durch Ölgasbeleuchtung ersetzt.

3. Blaugas.

Dieses nach dem Erfinder Herm. Blau genannte Gas wird, wie das Ölgas, durch Vergasung des Rohöles in Retorten hergestellt, doch wird die Temperatur auf 550—600° gehalten, gegenüber 750—800° bei der Ölgasherstellung. Das Gas wird nach Kühlung und Reinigung stufenweise unter Wassereinspritzung auf 100 Atm. gepreßt, wobei zwischen den einzelnen Druckstufen außer dem Wasser die schon bei niedrigem Drucke niedergeschlagenen Bestandteile und ferner die Gase abgeschieden werden, welche bei gewöhnlicher Temperatur und bei 100 Atm. Druck sich noch nicht verflüssigen. Die gewonnene Flüssigkeit wird noch mit hoch siedenden Kondensaten angereichert, wobei sie wieder einen Teil der abgeschiedenen Gase aufnimmt, und dann in nahtlose Stahlflaschen gefüllt. —

Die Zusammenstellung des Blaugases ist nach L. Onken etwa:

52 Volumenteile	schweren Kohlenwasserstoff	C_2H_4 und C_6H_6 ,
44 „	leichten „	C_nH_{2n+2} ,
2,5 „	Wasserstoff,	
1,5 „	Wasserdampf, Stickstoff, Kohlenoxyd.	

Das spez. Gewicht der Flüssigkeit auf Wasser bezogen beträgt 0,5.

Der Siedepunkt derselben unter gewöhnlichem Druck liegt bei — 50 bis — 60°. Das spez Gewicht des Gases bezogen auf Luft ist 1,02, der untere praktische Heizwert beträgt 14000 WE für 1 cbm. 1 l flüssiges Blaugas entwickelt 400 l gasförmiges.

Bei Zweilochbrennern bis etwa 30 l stündlichem Verbrauch beträgt der mittlere Lichtwert 0,4 HK für 1 l, bei hängendem Gasglühlicht steigt derselbe bei 300 mm WS Druck bis auf 3,7 HK-Stunden.

Hergestellt wird das Blaugas in Deutschland von der Firma Deutsche Blaugas GmbH., Augsburg.

4. Azetylenbeleuchtung.

Außer seiner früheren Verwendung im Mischgas wird das Azetylen auch rein und unvermischt zur Wagenbeleuchtung benutzt. Es brennt mit einer glänzenden weißen Flamme. Sein Spektrum kommt dem des Sonnenlichtes außerordentlich nahe.

Das Azetylen hat ein spez. Gewicht bezogen auf Luft von 0,91 und einen unteren Heizwert von etwa 11700 WE für 1 cbm. In guten Brennern bis zur Größe von etwa 60 Kerzen Leuchtkraft stellt sich nach L. Onken der Lichtwert im Mittel auf 1,76 HK je Liter Gas.

Seiner Verwendung als gepreßtes Gas steht seine Gefährlichkeit entgegen. Es wird entweder im Wagen selbst erzeugt oder in Azeton gelöst als gelöstes Azetylen (Azetylendissous, Azeton-Azetylen) benutzt.

Die von einigen deutschen Kleinbahnen benutzte Bauart Piutti erzeugt das Gas im Wagen, und zwar durch einen Apparat, bei dem das Wasser tropfenweise dem Karbidvorrat zugeführt wird. Der Apparat ist mit dem Reiniger, dessen Reinigungsmasse das Gas von mitgerissenem Wasser befreit und auch gasförmige Verunreinigungen zurückhält, unter dem Wagengestell angebracht. Vor den Lampen ist ein Sicherheitsventil angebracht, welches auf bestimmten Leitungsdruck einschaltbar ist und bei einem Druck von 200 mm Wassersäule in Wirkung tritt, so daß eine zu starke Gasentwicklung gefahrlos abgeleitet werden kann.

Als Brenner werden sogenannte Elta-Doppelbrenner, Bauart Bray, benutzt, in denen das Gas in offener Flamme brennt. Soll die Beleuchtung abgestellt werden, so müssen zunächst die unmittelbar neben den Lampen befindlichen Absperrhähne geschlossen werden, weil bei allmählichem Löschen der Flammen leicht starke Rußbildung eintritt. Dann wird ein Dreiwegehahn, der dicht neben dem Reiniger sich befindet, so gestellt, daß das Gas, welches sich noch entwickelt, unmittelbar ins Freie austreten kann. Der Wasserzufluß zum Entwickler wird dann abgestellt und das im Entwickler angesammelte Wasser abgelassen. Im Winter darf der Behälter erst unmittelbar vor Inbetriebsetzung der Beleuchtung mit Wasser gefüllt werden, um ein Einfrieren zu vermeiden.

1 kg Karbid liefert etwa 300 l Azetylen. Der Karbidverbrauch schwankt je nach der Brennergröße, Sorgfalt und Sparsamkeit in der Bedienung.

Von größerer Bedeutung für die Wagenbeleuchtung ist das gelöste Azetylen, eine Auflösung des Azetylens in Azeton. Azeton oder Essiggeist ist eine bei 56,5° siedende, bewegliche, eigentümlich riechende Flüssigkeit vom spez Gewicht 0,792 bei 17°. Die Aufnahme von Azetylen erfolgt in großen Mengen bei verhältnismäßig geringem Druck. Die Lösung ist bis zu 10 Atm. Überdruck nicht explosibel. Bei höherem Druck ist dies jedoch nicht mehr der Fall und bei 20 Atm. zerfällt nicht nur das Azetylen, sondern auch das Azeton erleidet Zersetzung, so daß der Explosionsdruck einige 1000 Atm. erreicht. Demnach ist die Lösung in Azeton allein nicht mit der erforderlichen Sicherheit verwendbar. Diese wird erst dadurch erreicht, daß man eine poröse Masse mit der Lösung tränkt. Diese Masse muß genügend dicht sein, um die Fortpflanzung einer Zersetzung des Gases mit völliger Sicherheit zu verhüten; andererseits muß sie aber auch eine genügend große Menge gelösten Azetylens aufnehmen können. Die von Aktiebolaget Gas Akkumulator in Stockholm verwendete poröse Masse besteht aus Zement, Holzkohle, Asbest und Kieselgur in einem geheim gehaltenen bestimmten Mischungsverhältnis, und sie weist bei einer Dichte von 0,3 eine Porösität von ungefähr 75—80% auf. Sie wird mit Wasser vermischt als Brei eingefüllt. Die gefüllten Behälter werden durch eine Schüttelvorrichtung 10 Stunden hindurch geschüttelt, um eine gleichmäßige Dichte zu erzielen. Alsdann werden sie in einer Trockenkammer einige Wochen einer Temperatur von 250° ausgesetzt, um jede Spur von Wasser zu entfernen. Nach erfolgter langsamer Abkühlung wird Azeton entsprechend $\frac{2}{5}$ des Behälterinnenraumes eingefüllt. Nunmehr wird das Azetylen gas unter einem Druck

von etwa 15 Atm. in den Behälter eingeführt. Die Füllung erfolgt in zwei bis drei Perioden, da das Azeton nicht imstande ist, das Azetylen genügend rasch zu lösen. Bei der Lösung entsteht Wärme, welche die Lösungsfähigkeit herabsetzt, man muß deshalb den Vorgang einige Male in Zwischenräumen von 6—8 Stunden wiederholen. Nach Beendigung der Füllung werden die Behälter geschlossen.

Das Azeton nimmt bei 1 Atm.¹ und 15° etwa das 22,8fache seines eigenen Rauminhaltes auf; die Ausdehnung bei diesem Vorgang beträgt 4,7 Hunderstel des anfänglichen Azetonvolumens für jede Atmosphäre; somit nehmen 10 l Azeton bei 15 Atm. einen Raum von 17 l ein. Mit steigender Temperatur verringert sich die aufgenommene Menge Azetylen. Die Aufnahme steigt mit zunehmendem Druck, so daß 1 l Azeton bei einem Druck von 15 Atm. 340 l Azetylen aufnimmt.

Durch das Azetonverfahren wird es ermöglicht, einen großen Leuchtmittelvorrat auf verhältnismäßig sehr geringem Raume aufzuspeichern. Man benutzt deshalb das gelöste Azetylen außer für Zugbeleuchtung auch für Leuchtschiffe, Leuchttürme und Leuchtbojen und wegen seiner spektroskopischen Eigenschaften und seines den Nebel gut durchdringenden Lichtes auch im Eisenbahnsignalwesen, z. B. in Schweden, wo die Schlußlaternen der Züge mittels Blinklichtes aus Azetylen beleuchtet werden.

Bei der Entnahme des Azetylgases entsteht ein Verlust von Azeton von 0,05—0,06 l für 1 cbm Azetylen, der bei Neufüllung wieder ersetzt werden muß.

Von Wichtigkeit ist bei einer Neufüllung, daß jeder Zutritt von Luft und Wasser während des Vorganges ausgeschlossen wird. Schon ein geringer Wassergehalt setzt die Lösungsfähigkeit des Azetons für Azetylen wesentlich herab. Ein Gehalt von 10% Wasser im Azeton bewirkt nach Siller, daß nur das 15fache Volumen des Azetons bei 15° an Azetylen gelöst wird, anstatt das 22,8fache und ein solcher von 50% löst nur noch das 4fache. Ebenso nimmt das Azeton sehr leicht Luft auf und wird auch dann für Azetylen weniger aufnahmefähig. Es ist daher notwendig, die Behälter vor Füllung mit Azeton luftleer zu machen.

Die zur Aufnahme des gelösten Azetylens dienenden Behälter sind nahtlose zylindrische Kessel aus Flußeisen von 40 kg/qmm Festigkeit; sie sind am Wagenuntergestell, wie bei Gasbeleuchtung üblich, angebracht. Man verwendet jetzt ausschließlich große Behälter, die einen Gasvorrat für mehrere Monate führen. So benutzt die ungarische Südbahn, welche sich seit dem Jahre 1902 mit der Ausbildung dieser Beleuchtungsart befaßt hat², Behälter von 330 l Rauminhalt. Diese sind 3 m lang und haben einen Durchmesser von 400 mm. Ihre Wandstärke ist 10 mm, das Gewicht leer 445 kg und gefüllt 790 kg. Der Gasinhalt errechnet sich wie folgt:

Die Azetonmenge beträgt etwa $\frac{2}{5}$ des Behälterinhaltes, also rund

¹ Dr. W. Siller: Versuche über gelöstes Azetylen unter besonderer Berücksichtigung seiner Verwendung für die Beleuchtung in Eisenbahnwagen, S. 42. Berlin-Oldenburg: Gerhard Stalling 1914.

² Pogany, A.: Beleuchtung von Eisenbahnwagen mit gelöstem Azetylen. Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens 1912, H. 21 und 22.

132 l. Für jede Atm. Druck beträgt die aufgenommene Azetylenmenge für 1 l Azeton 22,8 l. Da die Füllung unter einem Druck von 15 Atm. erfolgt, demnach 342 l. Mithin ist die Füllung für einen Behälter mit 132 l Azeton rund 45 cbm Azetylen. Hat ein Wagen eine Beleuchtung von 5 Abteillampen von etwa 37 HK mit 6 l Gasverbrauch und 5 Nebenraumlampen von 18HK und 3 l Gasverbrauch, so werden für eine Beleuchtung von 1 Stunde 45 l verbraucht, der Gasvorrat reicht mithin für etwa 1000 Stunden aus.

An dem Behälter ist ein Ventil angebracht, in dem ein Schmelzpfropfen eingeschraubt ist, der bei einer Temperatur von 170° schmilzt. Aus dem geöffneten Ventil strömt das Gas einerseits zur Füllschraube und zum Druckmesser, andererseits zum Druckregler, durch welchen der Gasdruck auf 3500 mm WS eingestellt wird.

Von dem Druckregler aus führt die aus nahtlosen Röhren bestehende Leitung über den Haupthahn zu dem Mischer (Abb. 9). Dieser hat die Aufgabe, das Azetylen im Verhältnis 1:9 mit Luft zu mischen, bevor es zum Brenner strömt und zugleich den Druck auf den Brennerdruck von 40—50 mm WS zu erniedrigen. Er besteht aus einem vierteiligen verschraubten Gußgehäuse. Durch Zwischenwände und Biegehäute ist das Gehäuse in vier Kammern geteilt. Der Pumpenraum k wird von dem oberen Luftraume a durch die das Ventil d tragende Biegehaut getrennt. Die Anstellkammer im Raum k ist durch die Biegehaut e abgeschlossen, die durch Verschraubung mit der Biegehaut f verbunden ist. In dieser Kammer bewegt sich ein Ventilhebel zwischen zwei Öffnungen g und h beim Hoch- und Niedergehen der Biegehaut f und schließt die eine oder andere Öffnung durch Ventile gasdicht ab. Das Hoch- und Niedergehen der durch Azetylendruck bewegten Biegehaut f bewirkt zugleich die Bewegung der Biegehaut e . Beim Aufwärtsgehen der Biegehaut wird das Ventil d gegenüber der im Gehäuse entstehenden Saugwirkung durch den äußeren Luftdruck geöffnet und Frischluft strömt in das Gehäuse. Das Druckventil l öffnet sich nur, wenn im Gehäuse k Überdruck herrscht, wobei sich das Saugventil d schließt. Durch das Ventil l steht der Pumpenraum k mit dem Schlagfänger m in Verbindung, der wieder durch die Biegehaut n vom Luftraum getrennt ist, mit dem Druckregler o jedoch durch den Kanal p und das Regulierventil r verbunden ist. In dem Pumpenraum k ist das Gasfilter s eingebaut, das durch das Verbindungsrohr mit der Anstellkammer in Verbindung steht. Das Gasfilter besteht aus einem Metallgehäuse mit 2 Drahtnetzen, zwischen denen sich eine Filzplatte befindet. Die an die beiden Seiten des Gehäuses angeschraubten Luftfilter sind ähnlich gebaut wie die bekannten Lüfter der Eisenbahnwagen, nur sind im Innern Filtertücher angebracht. Bei der in der Abb. 9 gezeichneten Stellung strömt das Azetylen zunächst in die Kammer und hebt die Biegehaut e und mit dieser zugleich die Biegehaut f . Nun entsteht in k ein geringer Unterdruck und die Außenluft fließt durch das gehobene Ventil in das Gehäuse. Wenn nun die Biegehäute e und f einen gewissen Weg zurückgelegt haben, schlägt der Hebel gegen den Anschlag und drückt das Ventil g nach unten. Dann hört der Zufluß des Gases in die Kammer auf und das in dieser stehende Azetylen von

3500 mm WS Überdruck strömt durch die freigewordene Öffnung in das Gehäuse und mischt sich mit der in diesem Raume befindlichen Luft. Da der Druck in der Kammer durch die Dehnung des Azetylens sinkt, wird die durch die Feder belastete Biegehaut *e* sinken und den ganzen Inhalt der Kammer in das Gehäuse entleeren.

Das mit Luft gemischte Gas, das Daléngas, wird nun durch den Druck der Feder in den Schlagfänger entleert, von wo es durch den Kanal *p* und das Reglerventil *r* in den Regler *o* strömt. Der Schlagfänger nimmt die beim Umsteuern entstehenden Stöße auf, während der untere Regler

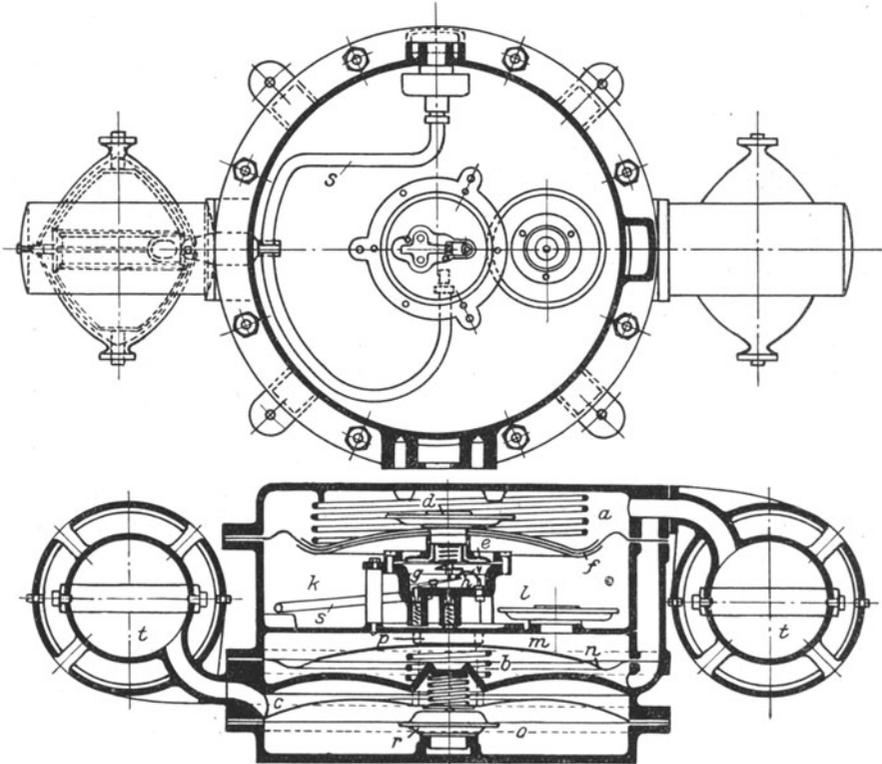


Abb. 9. Mischer für Azetylenbeleuchtung, Bauart Dalén.

den Überdruck von 40—50 mm WS für die Niederdruckleitung unveränderlich hält. Wenn die Biegehaut *f* die tiefste Stellung erreicht hat, steuert der Hebel um; das Einlaßventil wird geöffnet und das Anlaßventil geschlossen, also strömt wieder frisches Gas in die Kammer und das Spiel beginnt von neuem.

An der Ausströmseite des Gasluftgemisches ist der Sicherheitstopf angebracht; ein Gefäß aus Gußeisen, das durch eine nicht bis zum Boden herabreichende Scheidewand in zwei Kammern geteilt ist. Unter dem Deckel befindet sich ein mit feinem Bleischrot gefüllter Korb, durch welchen das Gas strömen muß und der das Übertreten einer Explosion

aus der Rohrleitung nach dem Mischer sicher verhindert. Außerdem bezweckt die Einrichtung das Löschen der Flamme im Falle einer Explosion. Brennt die Flamme über der Schrotschicht, so schmelzen die kleinen Schrotkörner in kurzer Zeit und rinnen als geschmolzenes Blei nach dem unteren Teile und bilden einen Flüssigkeitsverschluß, der den Übertritt des Gasluftgemisches nach der anderen Kammer verhindert; die Flamme wird ausgelöscht.

Vom Mischer führt die Niederdruckleitung zu den einzelnen Lampen. Der Brenner derselben ist ein Rohr aus Aluminium, das durch ein Mundstück verschlossen ist. Letzteres hat eine Kreuzschlitzöffnung mit 0,5 mm Schlitzbreite, so daß sich durch sie keine Zündung fortpflanzt.

Die Flamme ist immer rußfrei. Der Gasverbrauch beträgt 0,16 l für die HK-Stunde. 1 l liefert also bis 7 Kerzenstunden.

Anlagen für Beleuchtung mit gelöstem Azetylen liefert die Autogen-Gasakkumulator-Aktiengesellschaft, Berlin, sowie die Firma Gasakkumulator Stockholm unter der Bezeichnung „Agalicht“ bzw. Aga-Ljuset. Eine größere Anzahl Bahnen in Schweden, sowie die ehemalige Ungarische Südbahn haben die Beleuchtungsart eingeführt. —

Schließlich sei noch kurz bemerkt, daß außer den obengenannten Gasarten auch das Erdgas für Wagenbeleuchtung benutzt wird, wie es in Kissarmás u. a. in Siebenbürgen in großen Mengen der Erde entströmt. Dasselbe besteht nahezu ganz aus reinem Methan. Das Gas wird an den Fundstellen in Stahlflaschen von 40 l Inhalt auf 80—100 Atm. gepreßt. Diese werden dann an die Eisenbahnfüllstationen verteilt. Ein Glühlichtbrenner mit einem Verbrauch von 27 l hat eine Helligkeit von 32 HK. Bedingung für ein gutes Brennen ist eine reiche Luftzufuhr, und zwar doppelt so viel wie beim Leuchtgas.

Zweiter Teil.

Die elektrische Beleuchtung.

Mit Beginn der industriellen Entwicklung der Elektrotechnik erscheinen bereits die Bestrebungen, die Vorteile des elektrischen Lichtes für Eisenbahnwagen nutzbar zu machen. Die Unvollkommenheit der erforderlichen Apparate, besonders der Sammler, machte jedoch lange Zeit hindurch alle Bemühungen erfolglos. Die Lösung der anfangs verhältnismäßig einfach erscheinenden Aufgabe erwies sich immer mehr als eine besonders schwierige, welche erst eine ausgebildete Technik bewältigen konnte.

Es gelang der elektrischen Beleuchtung deshalb nicht, den Siegeszug der Gasbeleuchtung auf den Bahnen Europas und Nordamerikas aufzuhalten, und erst in den letzten Jahren des vergangenen Jahrhunderts konnte sie in ernstem Wettbewerb mit derselben treten. Sie hat dann, hauptsächlich begünstigt durch die großen Fortschritte der Glühlampentechnik, die von der Kohlenfadenlampe mit großem Energieverbrauch und geringer Haltbarkeit zu den gasgefüllten Metallfadenlampen mit sehr geringem Verbräuche und großer Haltbarkeit geführt haben, in schneller Folge eine sehr große Verbreitung gefunden.

In vielen Ländern, wie Italien, Frankreich, der Schweiz, Dänemark ist sie ausschließlich in Verwendung. Die Deutsche Reichsbahn hat im Jahre 1924 endgültig den Beschluß gefaßt, die elektrische Beleuchtung für alle neu zu bauenden Wagen, sowie für alle vorhandenen D-Zugwagen vorzuschreiben. —

Die erste Entwicklung der elektrischen Wagenbeleuchtung ist eng verknüpft mit der Entwicklung der Sammlertechnik; eine wesentliche Ursache des Mißlingens so vieler Versuche liegt in der Verwendung von ungeeigneten, technisch unzulänglichen Batterien.

Alle gegenwärtig in Betrieb befindlichen elektrischen Wagenbeleuchtungsanlagen arbeiten mit sehr wenig Ausnahmen unter Verwendung von Batterien, welche für eine bestimmte Leistung elektrische Energie aufgespeichert enthalten. Die Aufladung findet entweder auf bestimmten Stationen statt oder erfolgt in den Zügen selbst während der Fahrt, wenn dieselben mit geeigneten Dynamomaschinen ausgerüstet sind. In ersterem Falle müssen die Wagen nach bestimmter Zeit zu der Ladestelle zurückgekehrt sein, in letzterem Falle ist der Betrieb im wesentlichen unabhängig von bestimmten Stationen.

Die elektrische Beleuchtung von Eisenbahnwagen erfolgt gegenwärtig

1. durch Sammler allein, welche auf besonderen Ladestellen für eine bestimmte Leistung aufgeladen werden;

2. durch Dynamomaschine in Verbindung mit Sammlern.

Jede dieser Anordnungen kann Anwendung finden

1. für jeden Wagen allein: Einzelwagenbeleuchtung;
2. für den geschlossenen Zug derart, daß von einem oder zwei oder mehr Wagen aus die Beleuchtung aller Wagen des Zuges erfolgt: geschlossene Zugbeleuchtung.

Der Antrieb der Maschine erfolgt entweder durch besondere Motoren oder durch die Achse des Wagens; für elektrisch betriebene Züge wird die Beleuchtung entweder von der Stromzuführung aus oder durch eine von dieser unabhängigen Einrichtung und dann zweckmäßig durch Maschinen mit Achsenantrieb bewirkt.

Die letztgenannte Art der Beleuchtung durch Maschinen mit Achsenantrieb in der Ausführung als Einzelwagenbeleuchtung ist bei weitem die wichtigste und die am meisten eingeführte.

Allen Ausführungsarten für elektrische Beleuchtung gemeinsam ist die Verwendung elektrischer Sammler oder Speicher. Da die Kenntnis der Eigenschaften des Sammlers für die Unterhaltung und den Betrieb der Anlagen von großer Wichtigkeit ist, so sei auf seine Eigenschaften, seine Wirksamkeit, seinen Bau und seine Unterhaltung eingegangen.

I. Der elektrische Sammler und seine Verwendung für Wagenbeleuchtung.

Der Sammler, auch Akkumulator oder Sekundärelement genannt, ist ein galvanisches Element, welches sich dadurch auszeichnet, daß es nach Abgabe von elektrischer Energie jederzeit durch Zuführung von solcher wieder auf den ursprünglichen Zustand gebracht werden kann, also von neuem in der Lage ist, elektrische Energie zu liefern.

Die in dem Sammler während seiner Tätigkeit stattfindenden chemischen Vorgänge sind mithin umkehrbar. Die bei Stromabgabe durch chemische Umwandlung in den Zellen entstandenen Verbindungen werden durch Zuführung von elektrischem Strom in die ursprünglichen Stoffe zurückverwandelt.

Es gibt nun eine große Zahl von galvanischen Elementen, welche diese Eigenschaft haben; für die Praxis brauchbar hat sich bis jetzt allein der Bleisammler und in neuerer Zeit der alkalische Nickel-Eisensammler für diesen Zweck erwiesen.

1. Der Bleisammler.

Die negative Elektrode des Bleisammlers besteht aus schwammigem, porösem Blei, die positive aus der höchsten Oxydationsstufe des Bleies, dem Bleiüberoxyd. Beide Körper befinden sich auf besonders geformten Trägern aus metallischem Blei. Der Elektrolyt besteht lediglich aus verdünnter Schwefelsäure.

Die gegenwärtig in Gebrauch befindlichen Bleisammler lassen sich in drei Gruppen teilen, welche sich durch die Bauart der positiven Elektroden voneinander unterscheiden.

Letztere bestehen entweder aus Gitterplatten, aus Oberflächenplatten oder aus Panzerplatten. Die Gitterplatten besitzen ein netzartiges Bleigerippe, in dessen Maschen Bleiverbindungen mit verschiedenartigen Bindemitteln vermischt eingetragen sind, die durch den elektrischen Strom zu Bleiüberoxyd „formiert“ werden. Das Bleigitter besteht entweder aus reinem Weichblei oder aus einem Hartblei mit etwa 4—5% Antimon, letzteres, um demselben größere mechanische Festigkeit zu geben. Gewöhnlich benutzt man zur Herstellung der wirksamen Masse Glätte, Mennige oder gemahlene Bleistaub, welcher mit Schwefelsäure angerührt worden ist, unter Beimischung anderer Stoffe, wie Phenol, Glycerin usw. Die Paste wird in das Gitter eingetragen und erhärtet dann. Die Platten werden nun der Einwirkung des elektrischen Stromes ausgesetzt. Eine Abart dieser Gitterplatten sind die sogenannten Rahmenplatten, bei welchen die wirksame Masse in einen Bleiraum eingetragen ist. Zur Herstellung von negativen Gitterplatten werden den Bleiverbindungen vielfach geringe Mengen von in Säure beständigen Körpern, wie Kaolin, Glaspulver u. dgl. zugesetzt, welche ein „Schrumpfen“ des Bleischwammes und ein dadurch verursachtes Nachlassen der Kapazität dieser Plattenart verhindern.

Die zweite Gruppe umfaßt die sogenannten Oberflächenplatten, bei welchen die wirksame Masse nicht künstlich in die Platten eingetragen, sondern die Oberfläche durch die Wirkung des elektrischen Stromes mit aktiver Masse in dünner Schicht überzogen wird. Da die Umwandlung des Bleies nur auf der Oberfläche erfolgt, so ist es klar, daß eine solche Platte um so leistungsfähiger ist, je größer die Oberfläche bei einer bestimmten Größe der Platte ist. Man versieht deshalb die Platte mit Rippen oder Zacken. Bei dieser Art von Platten kann nur reines Weichblei Verwendung finden. Meist werden die Platten durch Gießen hergestellt, doch erzielt man auch durch andere Mittel, wie Schichtung dünner Bleistreifen, Auffurchen von Bleiplatten mittels Messer oder Hobel, und auf andere Weise große Oberflächenentwicklung. Man erreicht durch diese Methode eine Vergrößerung der Oberfläche bis auf das 8—9fache der glatten Platte.

Bei der dritten Art, den Panzerplatten, ist die Masse in Hartgummiröhrchen von etwa 1 cm Dicke eingebettet. Die Röhrchen sind mit dicht aneinanderliegenden feinen Schlitzern versehen, durch die die wirksame Masse mit dem Elektrolyten in Verbindung steht, die aber so fein sind, daß keine Masse durch Abfallen verlorengeht. Die Achse des Röhrchens wird durch einen Hartbleistab gebildet. Die Masse wird fest in die Röhrchen hineingepreßt. Die durch die einzelnen Röhrchen gehenden Hartbleistäbe sind mit Bleileisten oben und unten verlötet und bilden so eine Platte, wie Abb. 16 zeigt.

Der chemische Vorgang bei der Tätigkeit des Sammlers besteht während der Entladung in der Umwandlung des Bleiüberoxyds an der positiven Platte und des Bleischwammes an der negativen Platte in schwefelsaures Blei nach der Gleichung:



Es geht mithin bei der Entladung die Schwefelsäure aus dem Elektrolyten in die Elektroden und das spez. Gewicht sinkt infolgedessen während der Entladung.

Ist der Bleischwamm bzw. das Bleiüberoxyd umgewandelt, so ist die Entladung beendet und die Spannung der Zelle sinkt alsdann schnell auf 0. Bei der Ladung des Akkumulators findet nun der umgekehrte Vorgang statt. An der positiven Platte wird durch den Strom Sauerstoff abgeschieden, welcher auf das Bleisulfat wirkt und Bleiüberoxyd unter Freiwerden von Schwefelsäure bildet. Der Wasserstoff hingegen bewirkt an der negativen Elektrode die Bildung von Bleischwamm und freier Schwefelsäure. Der chemische Vorgang bei der Ladung ist mithin



Die Säuredichte muß demnach bei der Ladung wieder steigen. Ist die Umwandlung in Bleischwamm und Bleiüberoxyd beendet, so scheidet sich an der negativen Platte freier Wasserstoff ab, an der positiven Platte freier Sauerstoff. Die Menge der in einem Sammler aufgespeicherten Energie wird mithin durch die Menge des vorhandenen Bleischwammes und Bleiüberoxyds sowie der vorhandenen Schwefelsäure bestimmt. Für 1 Ampèrestunde Entladung wird an jeder Elektrode verbraucht: 3,85 g Blei, 4,46 g Bleiüberoxyd, 3,66 g Schwefelsäure, während 11,3 g Bleisulfat und 0,67 g Wasser gebildet werden. In Wirklichkeit muß eine wesentlich größere Menge von Blei, Schwefelsäure und Überoxyd vorhanden sein, als der berechneten Menge entspricht. Das gebildete Sulfat ist im Gegensatz zum Blei und dessen Überoxyd ein Nichtleiter, daher ist eine völlige Ausnutzung der wirksamen Masse durch die wachsende Erschwerung der Stromleitung nicht möglich, ferner wird der innerhalb der Masse befindliche Elektrolyt durch den steigenden Verbrauch der Schwefelsäure immer schlechter leitend.

Die Dichte der Säure wird für den geladenen Sammler meist zu 1,2 angenommen. Bei dieser Dichte, genauer bei 1,22 hat die Schwefelsäure ihre beste Leitfähigkeit. Sammler mit besonders enger Plattenstellung erfordern einen Elektrolyt von größerer Säuredichte bis 1,25 und noch höher. Mit steigender Säuredichte wird die Haltbarkeit der Platten nachteilig beeinflußt.

Die elektromotorische Kraft beträgt rund 2 Volt; sie ist abhängig von der Säuredichte. Innerhalb einer Dichte von 1,10—1,30 ist die Ruhespannung des Sammlers, die der elektromotorischen Kraft (EMK) entspricht, fast genau gleich $0,84 + d$, wobei d die Säuredichte bedeutet. Die Ruhespannung beträgt bei einer Dichte von 1,10:1,94 Volt, 1,20:2,04 Volt, 1,30:2,14 Volt. Die EMK ist praktisch unabhängig von der Temperatur.

Die Klemmenspannung bei der Entladung ist abhängig von der Stromstärke. Sie fällt im Laufe der Entladung erst langsam, dann schneller und schließlich plötzlich bis auf 0. Nach dem Einschalten zur Entladung erfolgt zunächst ein plötzlicher Abfall um einige hundertstel Volt entsprechend dem Produkt aus Stromstärke und innerem Wider-

stand. Dann sinkt die Spannung ganz allmählich, welcher Abfall bedingt ist

1. durch den inneren Widerstand des Elementes,
2. durch die Verarmung des Elektrolyts an Schwefelsäure in der wirksamen Masse infolge Bildung von Bleisulfat; die Spannung ist ja abhängig von der Säuredichte,
3. durch das allmähliche Anwachsen des Widerstandes der Masse infolge der Bildung des Bleisulfats.

Der mit der Entladung eintretenden Verarmung an Schwefelsäure wird entgegengewirkt durch eine Zufuhr von neuer durch Diffusion. Ein schnelleres Sinken der Spannung wird dadurch verhindert und die Entladekurve senkt sich ganz langsam.

Zunächst findet die Bildung des Sulfats im wesentlichen in den äußeren Schichten der wirksamen Masse statt und zieht sich mit fortschreitender Entladung weiter in das Innere. Dort wird aber die Zufuhr von Schwefelsäure immer mehr erschwert, da sie nicht nur weitere Wege zurückzulegen hat, sondern auch, da Bleisulfat einen größeren Raum einnimmt als Blei und Überoxyd, die Poren der Masse immer mehr verengt werden. Infolgedessen nimmt gegen Ende der Entladung die Verarmung an Schwefelsäure schneller zu und die Spannung der Platte sinkt daher schneller, bis infolge völligen Mangels die Spannung schnell und plötzlich fast auf 0 fällt. Sobald dieser Augenblick bei nur einer Plattenart eintritt, fällt auch die Klemmenspannung des Elementes völlig ab; die andere Platte kann dabei noch Strom abzugeben in der Lage sein. Bei richtiger Bemessung der Platten ist die positive Platte zuerst erschöpft.

Wird nun das Element abgeschaltet, so steigt nach kurzer Zeit die Spannung wieder auf die Ruhespannung, deren Höhe von der nun herrschenden Säuredichte im Element abhängt. Die Ursache dieser Spannungserhöhung ist die erneute Zufuhr von Säure in die wirksame Plattenmasse durch Diffusion, der jetzt kein Verbrauch gegenübersteht. Man kann mithin aus dem Spannungswert einer ruhenden Zelle nicht ihren Entladezustand beurteilen. Der letztere ist im Ruhezustand nur aus der Säuredichte zu schätzen.

Der Spannungsverlauf bei der Entladung mit verschiedener Stromstärke ist in Abb. 10 dargestellt. Als Endspannung bei der Entladung gilt für Entladezeiten

bis zu 2 Stunden und kürzer eine Endspannung von	1,70—1,75 Volt
bei 3—5 Stunden Entladung eine solche von	1,80—1,83 „
bei 3 ¹ / ₂ —10 Stunden Entladung eine solche von	1,83 „

Öfteres Überschreiten der Endspannung hat auf die Haltbarkeit nachteiligen Einfluß.

Bei der Ladung findet der umgekehrte Vorgang statt. Das Bleisulfat wird auf beiden Plattenarten zersetzt. Bei Einschaltung zur Ladung steigt zunächst die Klemmenspannung schnell soweit an, als es dem Produkt aus Stromstärke und innerem Widerstand des Elementes entspricht. Dann erfolgt durch Freiwerden der Schwefelsäure weiteres ganz allmähliches Ansteigen. Die Säure wird durch Diffusion fortgeführt.

Die äußeren Masseschichten werden zunächst umgebildet und allmählich zieht sich der Vorgang in das Innere. Sobald der größte Teil des Sulfats zersetzt und in Überoxyd verwandelt ist, dem Strom also nicht mehr in genügender Menge zur Verfügung steht, beginnt die Zersetzung der Schwefelsäure unter gleichzeitig schärferem Anstieg der Spannung. Dieser Vorgang macht sich durch Auftreten einer Gasentwicklung bemerkbar. Sie beginnt bei den positiven Platten zuerst und zwar bei einer vierstündigen gesamten Aufladezeit etwa nach $2\frac{1}{2}$ stündiger Ladung.

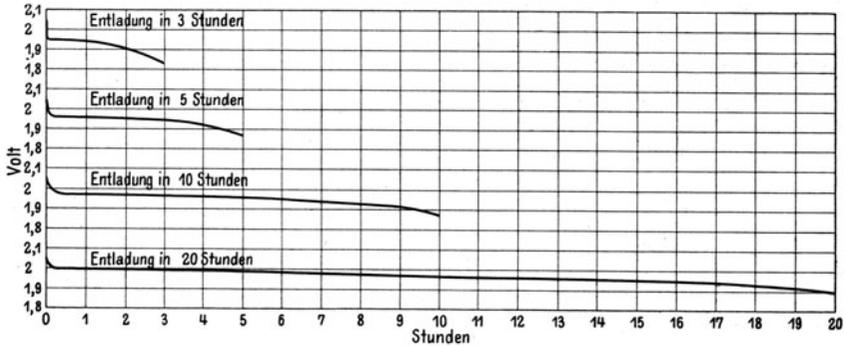


Abb. 10. Schaulinien der Spannungsänderung eines Sammlers bei der Entladung.

An der negativen Platte entweicht Wasserstoff, an der positiven Sauerstoff, doch tritt die Sauerstoffentwicklung zuerst auf. Die Spannung steigt nun schnell bis zu einem Höchstwert, worauf ein weiteres Steigen nicht mehr stattfindet. Abb. 11 stellt den Verlauf der Spannung während der Ladung einer ganz entladenen Batterie dar bei einer Aufladung mit einem so großen Ladestrom, daß die Batterie in 4 Stunden voll geladen ist.

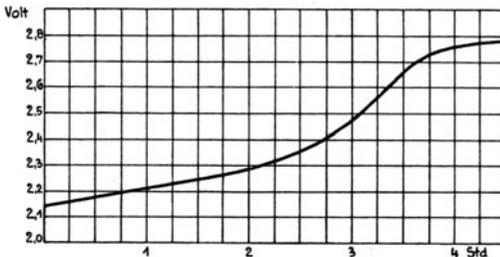


Abb. 11. Schaulinie der Spannungsänderung eines Sammlers bei der Ladung mit vierstündigem Strom.

Der Höchstwert der erreichbaren Spannung beträgt bei einer Säuredichte von 1,2 im geladenen Zustande und mittlerer Temperatur 2,75 Volt und ist bei schwächerer Ladestromstärke geringer, z. B. bei achtstündiger Aufladung etwa 2,55 Volt. Die Höchstspannung ist, abgesehen von der Ladestromstärke und der Säuredichte, auch wesentlich von der Temperatur abhängig, und zwar ist dieselbe bei höherer Temperatur geringer als bei niedriger. Man kann bei Elementen der für Zugbeleuchtung in Frage kommenden Größen annehmen, daß die Erniedrigung der Endspannung bei vierstündigem Ladestrom und voller Gasentwicklung 0,0055 Volt für jeden Grad Temperaturerhöhung beträgt. Die Ladelinie liegt bei Beginn der Ladung nur um 0,0015 Volt tiefer. Die Gasentwicklung im letzten Teile der Aufladung bedeutet natürlich einen Energieverlust, doch

ist Aufladen bis zur vollen Gasentwicklung für gute Erhaltung der Platten in kurzen Zwischenräumen erforderlich.

Die Menge des am Ende der Ladung entwickelten Gemisches von Sauerstoff und Wasserstoff, des Knallgases, beträgt für 1 Amp.-Stunde 0,626 l bei 0° und 760 mm Druck bzw. 0,7 l bei 30°. Die explosions sichere Grenze der Knallgas enthaltenden Luft liegt bei einem Höchstgehalt von 6% Wasserstoff, entsprechend 9% Knallgas. Letzteres muß also mindestens eine 10fache Verdünnung mit Luft erhalten, zweckmäßig nimmt man eine 20—30fache Verdünnung.

Da sich die bei der Ladung aus der Masse der Platten austretende Schwefelsäure im unteren Teil des Elementes ansammelt, dient die Gassung auch dazu, die Säure im Elektrolyt zu verteilen und die Säuredichte etwas auszugleichen.

Bei Aufladung wird vorgeschrieben, daß der Ladestrom mit Beginn der Gasentwicklung auf etwa die Hälfte des normalen ermäßigt wird. Man erzielt hierdurch einen besseren Nutzeffekt, mäßigt die Gasentwicklung und vermindert hierdurch das Losreißen der wirksamen Masse von den Plattenoberflächen.

Will man eine Batterie laden, so muß man also die Spannung der Stromquelle entsprechend dem Steigen der Spannung der Batterie erhöhen können. Man kann jedoch auch von vornherein den Sammler mit einer Spannung laden, welche der Endspannung bei der Ladung entspricht.

Es hat dies zur Folge, daß bei Einschaltung der Elemente zur Ladung der anfängliche Ladestrom einen sehr großen Wert erreicht, und zwar einen um so größeren, je höher man die Endspannung annimmt. Wenn man nicht mit besonderen Vorschaltwiderständen zur Vermeidung unzulässig großer Stromdichte arbeiten will muß man infolgedessen die Endspannung bei der Ladung als eine möglichst niedrige, etwa 2,4 Volt und darunter wählen. Den Verlauf der Stromstärke bei dieser Ladeweise stellt Abb. 12 dar.

Da bei Wagenbeleuchtung mit Maschinen die Ladung ohne Aufsicht vor sich gehen muß, ist die Schaltung so zu treffen, daß sie zuverlässig und ausreichend, jedenfalls nicht dauernd zu viel oder zu wenig erfolgen kann.

Der innere Widerstand ist bei guten Sammlern sehr gering und beträgt unter 0,001 Ohm. Mit fortschreitender Entladung nimmt der innere Widerstand etwas zu, weil die Säure verdünnter wird und die Leitfähigkeit der Platten durch Umwandlung des Bleischwammes und des Bleiüberoxyds in das schlechter leitende Bleisulfat geringer wird.

Die bei der Entladung erhaltene Elektrizitätsmenge in Amp.-Stunden gemessen nennt man den Ladeinhalt oder die Kapazität.

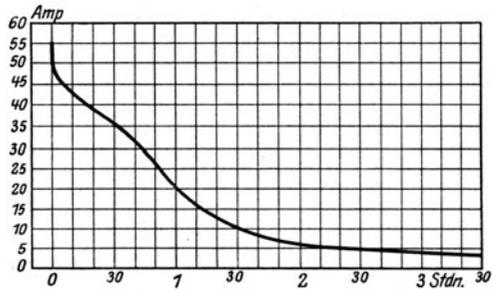


Abb. 12. Schaulinie der Stromstärke bei Ladung mit einer festen Spannung von 2,4 Volt.

Die Strommenge, welche der geladene Sammler bei Entladung bis zur vorgeschriebenen Spannungsgrenze abgeben kann, ist abhängig von der Entladestromstärke, und zwar ist dieselbe um so größer, je kleiner der Entladestrom ist. Bei positiven Großoberflächenplatten ist die Kapazität bei 5stündiger Entladung das 1,11fache derjenigen bei 3stündiger Entladung, diejenige bei 7- bzw. 10stündiger Entladung das 1,20fache bzw. 1,34fache.

Der Wirkungsgrad, das Verhältnis der entladenen Wattstunden zu den zur Ladung aufgewandten, beträgt in der Praxis etwa 75% und steigt etwas mit erhöhter Temperatur. Der Wirkungsgrad in Strommenge, d. h. das Verhältnis der entladenen Amp.-Stunden zu den zur Ladung aufgewandten, beträgt etwa 90%.

Für die Praxis besitzt der Bleisammler folgende Eigenschaften von ganz besonderem Werte: geringen Widerstand, hohe und fast gleichmäßig bleibende Spannung bei der Entladung sowie, kräftige Bauart vorausgesetzt, eine große Haltbarkeit.

Für Zugbeleuchtung werden positive Oberflächenplatten vorwiegend benutzt. Nur bei reinem Akkumulatorenbetrieb mit Auswechslung der Batterien findet man noch positive Gitterplatten in Verwendung, und zwar des leichten Gewichtes wegen. In Frankreich und Spanien werden vielfach Batterien mit Panzerplatten verwandt, die sich gleichfalls durch leichtes Gewicht auszeichnen. Die Panzerplatten-Elemente sind zuerst von der Electric Storage Battery Co., Philadelphia, als Iron-clad-Batterien auf den Markt gebracht worden.

Die negativen Platten sind meist Gitterplatten. Zu diesen gehören auch die sogenannten Kastenplatten, wie sie z. B. die Accumulatorenfabrik A.-G. Hagen-Berlin verwendet (s. Abb. 14), welche ein sehr weitmaschiges Gitter besitzen, an dessen Oberfläche zu beiden Seiten dünnes durchlochstes Bleiblech angegossen ist. Diese Anordnung hat den Zweck, die Masse vor dem Herausspülen zu schützen.

Mit positiven Gitterplatten lassen sich leichtere und leistungsfähigere Elemente als mit Oberflächenplatten herstellen, und wurden deshalb früher hauptsächlich solche Platten für Zugbeleuchtungszwecke benutzt. Gegenwärtig finden, von wenigen Ausnahmen abgesehen, Oberflächenplatten durchgehend Verwendung. Der wesentliche Vorteil dieser Platten besteht in großer Haltbarkeit und in ihrer Fähigkeit, mit hohen Stromdichten bei Ladung und Entladung ohne Nachteil beansprucht zu werden. Die wirksame Masse, welche durch den Strom auf den Platten erzeugt wird, hat einen durchaus innigen Zusammenhang mit den Bleiträgern, während man bei den Gitterplatten durch die besondere Form des Gitters ein Herausfallen der Masse zu verhindern suchen muß.

Bei der Zugbeleuchtung sind die Anforderungen, welche an die Batterien gestellt werden müssen, je nach den Betriebsverhältnissen und dem angewandten Beleuchtungssystem sehr verschieden. Die Entladung der Elemente ist bei reiner Sammlerbeleuchtung in den meisten Fällen eine vielstündige, daher der Entladestrom im Verhältnis zum Ladeinhalt ein geringer. Für die Ladung steht im Falle der Wiederaufladung im Wagen selbst nicht so viel Zeit zur Verfügung, daß dieselbe

mit einem Ladestrom etwa einer Dauer von 6—8 Stunden entsprechend vor sich gehen kann, wie sie für Gitterplatten vorgeschrieben wird.

Die Oberflächenplatten vertragen bei entsprechendem Bau einen wesentlich höheren Ladestrom, der normal eine $3\frac{1}{2}$ —4stündige Aufladung ermöglicht und, falls die Betriebsverhältnisse es erfordern, auch



Abb. 13.
Oberflächenplatte der Accumulatoren-Fabrik AG.

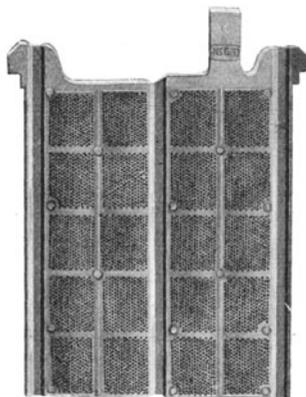


Abb. 14.
Kastenplatte der Accumulatoren-Fabrik AG.

noch eine wesentlich kürzere von 1—2 Stunden. Diese kurze Ladezeit ermöglicht, eine Aufladung der Batterie im Wagen vorzunehmen, wodurch die Auswechslung der entladenen Batterien gegen geladene und

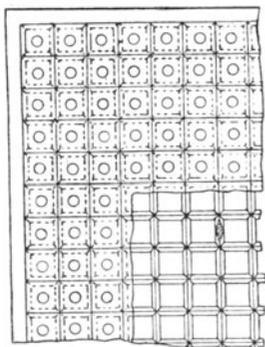


Abb. 15. Gitterplatte für +- und --Platte der
Firma Hensemberger.

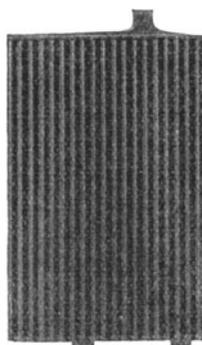


Abb. 16.
Panzerplatte der Accumulatoren-Fabrik AG.

die Überführung von und zu der Ladestelle, welche verhältnismäßig viel Arbeit verursacht, vermieden wird.

Abb. 13 stellt eine Oberflächenplatte der Accumulatoren-Fabrik AG. der Größe GO 50 dar, wie sie ausschließlich verwendet wird; Abb. 14 die dazugehörige Kastenplatte. Abb. 15 stellt die Gitterplatte der italienischen Staatsbahnen vor; Fabrikat der Fabbrica Accumulatori Hensemberger in Monza; Abb. 16 eine Panzerplatte der Accumulatorenfabrik AG.

In England finden keine positiven Gitterplatten für Zugbeleuchtung Verwendung. Bei einigen Firmen, so der Hart Cy., wird die Rippenplatte noch mit eingetragener Masse versehen; derartige Platten hat z. B. das von der Firma Stone & Co. für ihre Maschinenbeleuchtung verwendete Element „Tonum“. In England sind Batterien der Firmen: Tudor Accumulator Co., Pritchard & Hall, D. P. Accumulator Co. und Chloride Co. in Verwendung. —

Nicht minder wichtig wie die Verwendung einer guten und haltbaren Platte ist auch die Art des Aufbaues des Elementes. Das Element muß in seinem Verhalten bei der Ladung und im Aussehen der Platten bequem beobachtet und leicht in Ordnung gehalten werden können. Diese Bedingungen sind allerdings nur dann in durchaus befriedigender Weise erfüllt, wenn die Elemente nicht mit einem dicht schließenden Deckel versehen sind, was bei Batterien, die dauernd im Wagen bleiben, stets möglich ist. Der Deckel muß leicht abnehmbar sein. Werden die Batterien zur Vornahme der Ladung aus dem Wagen entfernt, so müssen dieselben mit einem dicht schließenden Deckel versehen sein, welcher ein Herausspritzen der Säure verhindert.

Die Platten werden entweder in Gefäße aus Hartgummi oder in Holzkästen eingebaut, die innen mit Blei ausgekleidet sind. Letztere Anwendung ist in England und den Vereinigten Staaten von Nordamerika die gebräuchliche, erstere auf dem europäischen Festlande, neuerdings in größerem Umfange auch in den Vereinigten Staaten. Die Holzkästen mit Bleiausschlag erhöhen das Gewicht und die Rauminanspruchnahme nicht unbedeutend. Hartgummikästen sind leicht und von vorzüglicher Haltbarkeit. Es sind ferner Kästen aus Gummit, einer Asphaltmasse, welche von der Compagnie Générale d'Electricité in Paris hergestellt werden, sowie in England auch solche von Glas in Benutzung. Die Deutsche Reichspost verwendet für ihre Batterien mit Rahmenplatten Gefäße aus Zelluloid. Für Elemente, welche mit großen Stromstärken geladen werden, und welche sich deshalb bei der Ladung erwärmen, sind Zelluloidgefäße nicht verwendbar, da die positiven Platten alsdann von der Säure angegriffen werden. Nach den Vorschriften des Verbandes deutscher Elektrotechniker darf Zelluloid nicht bei größeren Spannungen als 16 Volt Verwendung finden. Für die Batterien mit Oberflächenplatten werden bei der Reichspost Hartgummigegefäße benutzt.

Bei Hartgummigegefäßen wird als Dichtungsmasse für den Deckel ein Gemisch aus Stearin und Paraffin oder besondere Sorten von Gummikitt, Asphalt oder dergleichen verwendet. Die Dichtungsmasse muß so beschaffen sein, daß sie bei Kälte nicht springt und rissig wird und in der Wärme nicht erweicht.

Elemente mit Hartgummigegefäßen werden zu mehreren gemeinsam in einen starken, mit Handgriffen versehenen Holzkasten eingebaut. Das Gewicht solcher Kästen beträgt je nach Größe und Zahl der Elemente 40—120 kg. Das Innere der Holzkästen ist vielfach mit einem Gemisch von Stearin und Paraffin ausgegossen oder mit einer Auskleidung von dünnem Bleiblech oder einer mit Asphaltmasse getränkten Pappe versehen, damit ausgetretene Säure das Holz nicht zerstört. Die Elemente

sind durch Bleileisten oder durch Kupferdraht untereinander verbunden. Die Endableitungen des Batteriekastens befinden sich an einer Stirnseite des Kastens. Die Kästen werden untereinander mittels kleiner Kupferkabel durch Verschraubung oder durch Ösen und Stöpsel verbunden. Die Lage der Pole an der Kastenstirnwand ist nicht einheitlich. In Deutschland und in der Schweiz ist der $+$ -Pol auf der linken Seite, wenn man den Kasten von vorn ansieht. In Amerika ist vorgeschrieben, daß der $+$ -Pol zur rechten Hand sich befindet.

Die Elemente in Holzkasten mit Bleiausschlag, wie sie in England gebräuchlich sind, haben einen Deckel, welcher mit Messingschrauben am oberen Kastenrand befestigt wird. Die Elemente werden untereinander durch Verschraubung verbunden.

Der Einbau der Platten in die Gefäße erfolgt auf verschiedene Weise. Sämtliche positiven Platten

sowie sämtliche negativen Platten sind miteinander durch Bleileisten verbunden, und werden die verschiedenen Plattenarten voneinander isoliert, entweder durch Glasrohre, Ebonitstäbe, gewellte perforierte Ebonitbleche, Holzbrettchen oder direkt an die Gefäßwand angebrachte Rippen, welche als Führung für die Platten dienen. Bei Holzgefäßen mit Bleiauskleidung werden die Seitenwände mit dünnen Ebonitblechen belegt, damit die Platten mit der Gefäßwand keinen Schluß bilden können. Die Platten hängen entweder mit besonderen Vorsprüngen auf Stützscheiben oder auf Vorsprüngen der Gefäßwände, oder die beiden Plattensätze ruhen auf Prismen von Glas, Hartgummi oder Holz. Das Hängen der Platten auf Stützscheiben oder Vorsprüngen der Kastenwand ist vorzuziehen, da sich auf Prismen leicht abgenutzte Masse zwischen den Auflagepunkten der Platten ansammelt und hierdurch Kurzschluß zwischen den Platten entstehen kann.

Die folgenden Abbildungen zeigen Batterien einiger bestehenden Anlagen.

Abb. 17. Elementkasten mit vier Elementen IV GO 50. Offene Elemente in Hartgummikasten, Holzkasten mit Isolierpappe ausgekleidet, Schraubkontakte. Accumulatoren-Fabrik AG. für Anlagen der Gesellschaft für elektrische Zugbeleuchtung m. b. H.

Abb. 18. Element X GO 50 in Holzkasten mit Bleiauskleidung. Accumulatoren-Fabrik AG. — Sammlerbeleuchtung der Deutschen Reichsbahn.

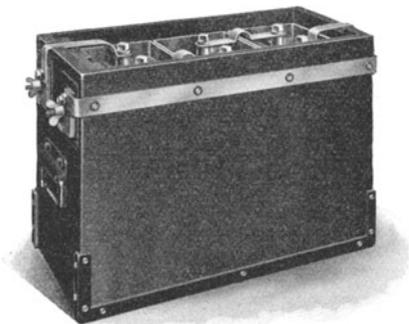


Abb. 17. Batteriekasten mit vier Elementen IV GO 50 Accumulatoren-Fabrik AG.

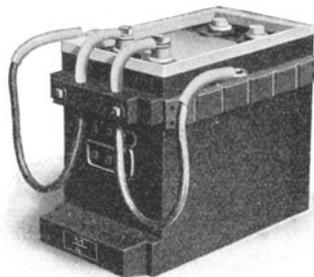


Abb. 18. Element X GO 50 der Accumulatoren-Fabrik AG.

Abb. 19. Element Tonum; für Anlagen der Firma J. Stone & Co.; Aufbau in Teakholzkasten mit Bleiauskleidung.

Abb. 20. Batteriekasten der italienischen Staatsbahnen, geschlossene Elemente in Hartgummigefäßen. W. Hensemberger in Monza bei Mailand.

Abb. 21. Batteriekasten mit zwei Elementen in Hartgummigefäßen; Electric Storage Battery Co. in Philadelphia.

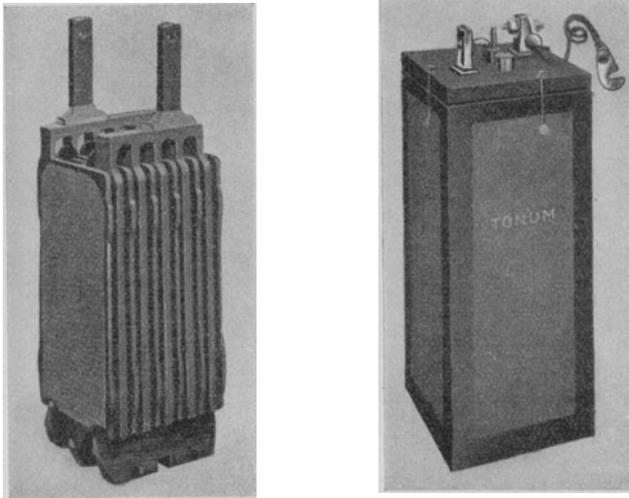


Abb. 19. Element-Tonum, J. Stone & Co. a Plattensatz, b Element.

Die Batterien werden in verschlossenen Behältern, die am Wagenuntergestell befestigt sind, aufgestellt. Die Behälter müssen in Deutsch-

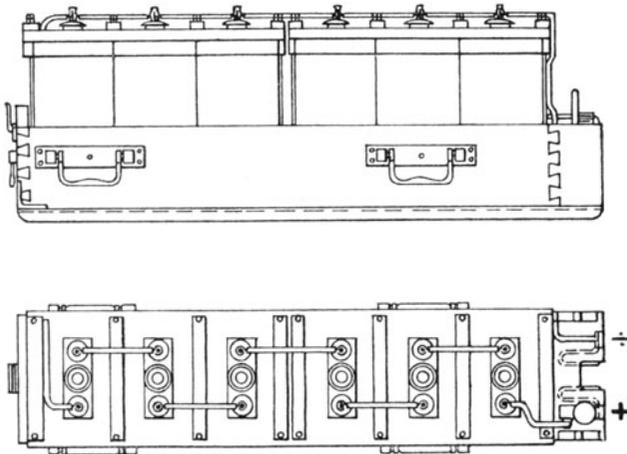


Abb. 20. Batterie der Italienischen Staatsbahn.

land vom Wagenkasten isoliert sein, was durch Holzleisten erfolgt. Ferner werden sie mit Entlüftern versehen, durch welche das während der Ladung entstehende Knallgas entfernt wird.

Die Reichsbahn verwendet hierfür den Wendler-Endlüfter, der in der Mitte der oberen Hinterwand angebracht ist.

Abb. 22. Batteriebehälter, Bauart der Gesellschaft für elektrische Zugbeleuchtung m. b. H., mit Wendler-Entlüfter.

Abb. 23. Batteriebehälter, Bauart Stone & Co.

Bei geschlossener Zugbeleuchtung wird die Batterie vielfach im Gepäckwagen aufgestellt, wenn die Ladung im Wagen selbst erfolgt, z. B. bei den Anlagen der dänischen Staatsbahn.

Bei den Postwagen der Deutschen Reichspost, die mit Sammlerbeleuchtung versehen sind, stehen die Batterien innerhalb des Wagens in besonderen Schränken. Die Batterien werden zur Aufladung aus dem Wagen genommen.

Die Bedienung und Unterhaltung der Batterien hat nach den seitens der Akkumulatorenfabriken angegebenen Vorschriften zu erfolgen.

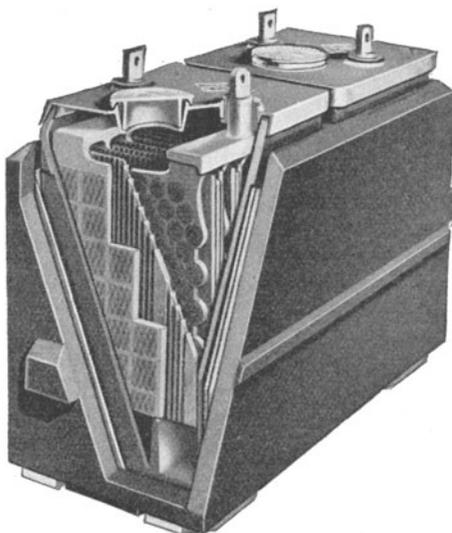


Abb. 21. Batteriekasten der Electric Storage Battery Co.

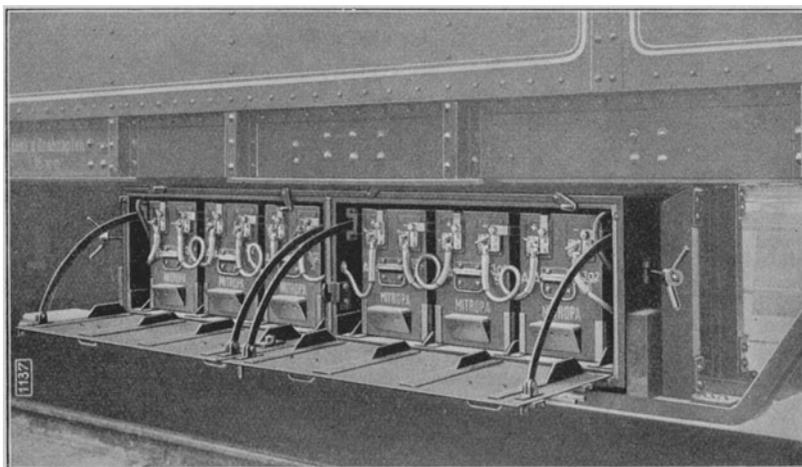


Abb. 22. Batteriebehälter, Gesellschaft für elektrische Zugbeleuchtung.

Bei reiner Batteriebeleuchtung, bei welcher während der Aufladung der Batterien Aufsicht vorhanden ist, können diese Vorschriften ohne weiteres befolgt werden.

Die erste Ladung hat möglichst bald nach Einfüllen der Säure zu

erfolgen. Es ist zu beachten, daß der $+$ -Pol der Batterie mit dem $+$ -Pol der Ladeleitung verbunden ist. Die erste Ladung hat mit dem vorgeschriebenen Strom zu erfolgen und ist beendet, wenn alle Platten lebhaft Gas entwickeln, und diese Gasentwicklung nach einer Stromunterbrechung von $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ Stunde fast unmittelbar nach dem Einschalten des Stromes wieder einsetzt. Die Farbe der positiven Platten muß dunkelbraun, die der negativen hellgrau sein.

Als Stromstärke für die normale Ladung wird von den Fabriken die für die Größe der Zellen normal zulässige angegeben, sie darf aber beliebig niedriger sein. Der Ladestrom kann im allgemeinen so hoch sein, daß er die Zellen nicht unzulässig, d. h. nicht über 40° , erhitzt. In jedem Falle ist es für die Batterie vorteilhaft, wenn die Stromstärke gegen Ende der Ladung ermäßigt wird, um starke Gasentwicklung zu vermeiden, welche die Platten abnutzt und Stromverluste verursacht. Jede Ladung

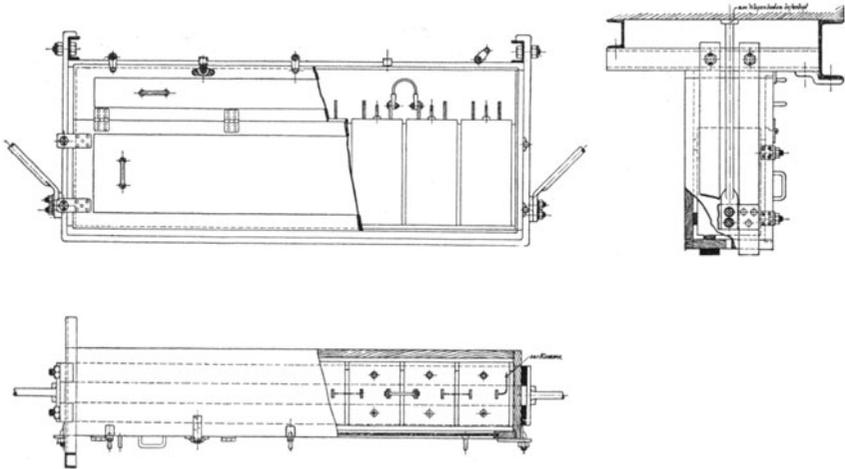


Abb. 23. Batteriebehälter, Bauart Stone.

außer der ersten ist solange fortzusetzen, bis in sämtlichen Elementen beide Plattensorten lebhaft Gas entwickeln. Bei Zurückbleiben eines oder mehrerer Elemente sind diese sofort zu untersuchen und in Ordnung zu bringen.

In Zellen, welche zu weit oder mit zu starkem Strom entladen werden, oder bei denen ein Isolierfehler oder ein Kurzschluß vorliegt, wie auch in Zellen, welche längere Zeit unbenutzt stehen, nehmen die positiven Platten eine hellere rötliche oder graue Farbe an, indem sich Bleisulfat bildet. Dieses kann man, nachdem der etwaige Fehler beseitigt ist, durch fortgesetztes Laden mit Ruhepausen wieder in das braune Überoxyd der positiven Platten verwandeln. Zur Aufladung mit Ruhepausen wird nach der gewöhnlichen Aufladung, sobald an beiden Plattensorten lebhaft die Gasentwicklung eingetreten ist, die Ladung unterbrochen und die Batterie sowohl von der Maschine als vom Netz abgeschaltet, damit sie weder Strom aufnimmt noch abgibt. In diesem Zustande bleibt die

Batterie mindestens 1 Stunde lang stehen. Dann wird wieder bis zur lebhaften Gasentwicklung geladen, worauf die Batterie abgeschaltet wird und wiederum 1 Stunde stehen bleibt. Auf diese Weise folgen Ladung und Ruhepausen, bis sofort nach dem Einschalten an beiden Plattensorten die Gasentwicklung eintritt. Die Ladungen sind mit möglichst herabgesetzter Stromstärke vorzunehmen, um eine zu starke Gasentwicklung zu vermeiden.

Eine Aufladung mit Ruhepausen wird auch erforderlich nach wiederholt ungenügender Ladung, da sonst unvermeidlich eine Sulfatation der $+$ -Platten eintritt, welche eine Verringerung des Ladeinhalts verursacht. Ebenso sollte eine solche gelegentlich der Revisionen des Wagens vorgenommen werden. Wenn es nötig ist, die Batterie für längere Zeit unbenutzt stehen zu lassen, so muß sie vorher voll geladen und darauf geachtet werden, daß die Platten ganz mit Flüssigkeit bedeckt sind. Wenn möglich, soll in größeren Zwischenräumen geladen werden, und zwar solange, bis Gasblasen entweichen. Sollten die Elemente viele Monate lang unbenutzt bleiben, so zieht man am besten die Säure ab. Nach dem Wiedereinfüllen hat man zunächst gründlich mit Ruhepausen aufzuladen.

Kurzschluß in einer Zelle wird durch genaue Besichtigung der Platten sowie auch daran erkannt, daß gegen Ende der Ladung die Gasentwicklung ausbleibt oder später eintritt als in den benachbarten. Ebenso bleibt gegen Ende der Ladung die Spannung der Zelle zurück. Es ist eine Hauptbedingung für die Wirksamkeit eines Akkumulators, daß die positiven und negativen Platten eines Elementes nicht in metallisch leitender Verbindung miteinander stehen. Jede stromleitende Verbindung zwischen beiden Plattenarten im Element bewirkt eine Entladung des betreffenden Elementes, welche nutzlos verloren geht und in ihren Folgen nicht nur Störungen im Betriebe veranlaßt, sondern auch besonders nachteilig auf die Lebensdauer der Platten einwirkt. Ein Kurzschluß kann entstehen

1. durch direkte Berührung zweier benachbarter Platten,
2. durch metallische stromleitende Stoffe (abgetropftes Lötblei, Bleischwamm, Bleiüberoxyd), welche sich zwischen den Platten festsetzen,
3. durch mittelbare oder unmittelbare Berührung der Platten mit dem Bleimantel des Holzkastens.

Ist ein Kurzschluß stark genug, um die völlige Entladung eines Elementes herbeizuführen, so liegt die Gefahr nahe, daß die Platten hart werden (sulfatieren) und die weitere Aufnahmefähigkeit verlieren. Bei der Ladung bleibt dann der Strom ohne Wirkung auf die Platten, weil er seinen Weg durch den Kurzschluß nimmt; das Element wird nicht geladen und kommt deshalb nicht zur Gasentwicklung. Zuweilen tritt der Fall ein, daß derartige Elemente nach Entfernung eines lange vorhanden gewesenen Kurzschlusses Gas entwickeln, ohne daß dieselben geladen sind. Das rührt daher, daß die Platten hart sind und der Strom nicht mehr einwirken kann. Die Säuredichte steigt in diesem Falle auch nicht während der Ladung. Das Steigen der Säuredichte ist der einzige Maßstab für die fortschreitende Ladung. Durch Kurzschluß und die damit zusammenhängende zu tiefe Entladung wird oft ein Krümmen der Plat-

ten verursacht. Sind die Platten voneinander durch Glasrohre oder Hartgummistäbe isoliert, so kann man die Ursache eines Kurzschlusses meist mittels eines Holzstäbchens beseitigen. Ist dies nicht zugänglich, so muß die Zelle ausgebaut werden. Sie wird entleert, auseinandergenommen und untersucht. Verbogene Platten richtet man wieder gerade. Ehe die Zelle wieder in die Batterie eingeschaltet wird, ist zu empfehlen, sie mehrmals zu laden und zu beobachten, ob sie in Ordnung ist. Wird das Zurückbleiben der Zelle rechtzeitig bemerkt und der Fehler sofort beseitigt, so wird die Zelle nach einer oder zwei Ladungen sich gleich den übrigen verhalten. An dem gleichen Verhalten aller Zellen bei der Ladung, dem gleichzeitigen Einsetzen der Gasentwicklung bei allen Elementen erkennt man ohne weiteres, daß eine Batterie in Ordnung ist. Bei solchen Anlagen, bei welchen die Aufladung ohne Beaufsichtigung stattfindet, kann man sich von dem ordnungsmäßigen Zustande der Platten durch das Aussehen derselben, durch Messungen der Säuredichte, die bei allen Zellen die gleiche sein muß, und der Spannung der einzelnen Zellen überzeugen.

Von großer Wichtigkeit ist die Reinheit der Schwefelsäure sowie des zum Nachfüllen benutzten Wassers. Sie muß frei sein von Arsen, Salpetersäure oder Salzsäure, Eisen, Kupfer usw. Sie wird mit reinem Wasser, am besten destilliertem Wasser, verdünnt. Das Mischen der Säure mit Wasser wird in Glasgefäßen vorgenommen. Man gießt die Säure langsam nach und nach unter Umrühren zum Wasser, nicht umgekehrt. Die Mischung erhitzt sich beträchtlich. Am besten bezieht man die Säure in verdünntem Zustande von Säurefabriken, welche besonders sogenannte Akkumulatorensäure herstellen und für deren Reinheit Gewähr leisten. Zum Messen der Säuredichte benutzt man Säuremesser. Da für die Elemente für Zugbeleuchtung die gewöhnlichen Säuremesser, welche bei ortsfesten Batterien üblich sind, nicht anwendbar sind, so benutzt man den Hebersäuremesser. Bei diesem befindet sich der Säuremesser in einem Glasgefäß, welches an beiden verjüngten Enden mit Öffnungen versehen ist. Auf dem einen Ende befindet sich ein Gummiball, während auf dem anderen ein Gummischlauch aufgesetzt ist. Bei Einführung des an dem unteren Ende befindlichen Gummischlauches in die Säure wird der am anderen Ende befindliche Gummiball zusammengedrückt. Durch Verminderung des Druckes auf den Gummischlauch steigt die Säure in das Glasgehäuse, der kleine Säuremesser schwimmt alsdann in der Säure und man kann die Dichte bequem ablesen. Die Säure ist am Boden des Gefäßes unterhalb der Platten gewöhnlich dichter als zwischen und über diesen. Die Säure muß in allen Elementen genügend hoch stehen. Zum Nachfüllen benutzt man destilliertes Wasser oder stark verdünnte Säure, letztere, falls die Dichte des Elektrolyten geringer geworden ist.

Unreinigkeiten der Säure, besonders wenn sie aus Metallsalzen bestehen, wirken teilweise auf die negativen Platten ungünstig ein und verschlechtern häufig auch den Nutzeffekt ganz beträchtlich. Die Erscheinung des Nachkochens der Elemente ist besonders auf metallische Verunreinigungen zurückzuführen, insbesondere auf Anwesenheit von Platinmetallen, bei welchen schon ganz geringe Spuren schädlich sind.

Die Erscheinung besteht darin, daß auch lange nach Abschalten von der Ladung das Element an den negativen Platten langsam und gleichmäßig Glasbläschen entwickelt und sich hierbei selbst entladet. Das Gas besteht aus Wasserstoff. Diese Erscheinung wird vermieden durch eine gründliche Reinigung der Schwefelsäure mit Schwefelwasserstoff, welche vor dem Einfüllen der Säure in die Batterie vorgenommen sein muß, um jede Spur des Metalls zu entfernen. Hat man derart verunreinigte Säure bereits in die Elemente gefüllt, so hilft eigentlich nur ein Auswechseln der negativen Platten gegen neue, und zwar nach einer starken Überladung. Die positiven Platten werden hauptsächlich durch Säuren, welche ein lösliches Bleisalz bilden, wie Salpetersäure, Chlorsäure, Essigsäure, organische Säuren, und Substanzen, welche leicht in Säure übergehen, wie Alkohol, geschädigt, dadurch, daß sie den Bleikern derselben angreifen und so zu einer frühzeitigen Zerstörung dieser Platten führen.

2. Der alkalische Sammler.

Man unterscheidet zwei Arten von alkalischen Sammlern: 1. Nickel-Eisensammler, deren negative Platten Eisenoxyd und 2. Nickel-Kadmiumsammmler, deren negative Platten Kadmiumoxyd als wirksame Masse haben.

Beide finden steigende Anwendung für elektrische Zugbeleuchtung. Der Edison-Sammler wird hergestellt von der Edison Storage Battery Co., Orange N. Y. seit 1901. Das erste Patent auf die Anwendung von Nickeloxyd-Eisen ist Edison im Jahre 1901 erteilt. In Deutschland hat die Deutsche Edison-Akkumulatoren-Comp. G.m.b.H., Berlin, seit 1905 die Fabrikation aufgenommen und stellt als „DEAC-Stahl-Akkumulatoren“ sowohl die Nickel-Eisen-, als auch die Nickel-Kadmiumsammmler her. Die Svenska Ackumulator A. B. Jungner, Stockholm, stellt den Jungner-Sammler als Nickel-Kadmiumsammmler her. Jungner hat im Jahre 1900 das erste Patent auf diesen Sammler erhalten. Die Société des Accumulateurs Fixes et de Traction, Romainville, liefert den sogenannten „SAFT“-Sammler, einen Nickel-Eisensammmler.

Die Platten alkalischer Sammler werden zur Zeit in zwei verschiedenen Ausführungen geliefert. Die positiven Platten der einen Art bestehen aus dünnen, flachen, mit der wirksamen Masse gefüllten Taschen von feinem, durchloctem, vernickeltem Eisenblech, die in Öffnungen des Plattenrahmens eines vernickelten Eisenbleches eingesetzt und unter hydraulischem Druck stark zusammengepreßt werden, so daß die Taschen in dem Rahmen festsitzen und die Masse in sich guten Kontakt erhält. Diese Platten werden als Taschenplatten bezeichnet (Abb.24). Die negativen Platten sind den positiven Platten gleich gebaut und unterscheiden sich äußerlich nicht.

Die Platten der zweiten Art haben als Behälter für die wirksame positive Masse Röhrcchen aus vernickeltem, spiralig gewundenem durchloctem Eisenblech, in welche die Masse unter großem Druck eingepreßt wird. Jedes Röhrcchen ist durch kleine Stahlringe fest zusammengehalten. Mehrere Röhrcchen sind in einem Rahmen befestigt. Diese Bauart wird

als Röhrenplatte (Abb. 25) bezeichnet. Auch die SAFT-Zellen werden neuerdings mit positiven Röhrenplatten geliefert. Bei Verwendung der positiven Taschenplatte hat jede Zelle doppelt soviel positive als negative Platten. Bei positiven Röhrenplatten ist in jeder Zelle eine negative Platte mehr enthalten als positive Platten.

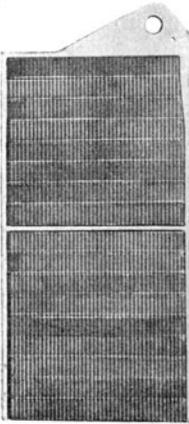
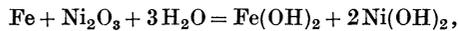


Abb. 24. Taschenplatte.

Für die positive Platte wird Nickelhydroxydul, vermischt mit feinem metallischem Nickel oder Graphit, verwendet. Bei der Ladung geht das Nickelhydroxydul in eine höhere Oxydationsstufe über. Für die negativen Platten wird eine Eisen-Sauerstoff- bzw. eine Kadmium-Sauerstoffverbindung, bei ersteren mit geringer Beimengung von Quecksilber, benutzt, welche in der arbeitenden Platte einen außerordentlich feinen Schlamm bildet. Bei der Ladung wird dieser in Metall umgewandelt.

Als Elektrolyt dient 21proz., chemische reine Kalilauge, die beim Edison-Sammler mit einem Zusatz von Lithiumhydroxyd versehen ist.

Bei der Entladung erfolgt für beide Platten der chemische Vorgang in umgekehrter Richtung. Der Zusatz von metallischem Nickel oder Graphit in der Positiven und von Quecksilber in der Negativen ist zur Erhöhung der Leitfähigkeit der wirksamen Masse von großer Wichtigkeit. Der chemische Vorgang beim Nickel-Eisensammler verläuft nach Förster gemäß folgender Gleichung:



und zwar erfolgt der Vorgang für die Entladung von links nach rechts und für die Ladung von rechts nach links.

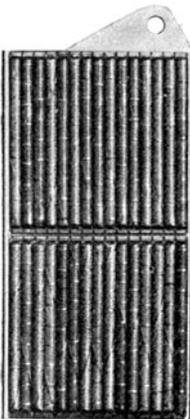


Abb. 25. Röhrenplatte.

Der Zusatz von Lithiumhydroxyd soll, wie Förster annimmt, wahrscheinlich die Schrumpfung der Oberfläche der positiven Masse verhindern und dadurch einer Abnahme des Ladeinhaltes, die zumal bei zu hoher Außentemperatur leicht eintreten kann, entgegenwirken. Die Kalilauge wirkt in der Zelle nur als Stromträger. Ihre Dichte soll 1,2 betragen und darf, bezogen auf Laugentemperatur von 18° C nach oben bis 1,23 und nach unten bis 1,16 schwanken. Die Nachfüllung als Ersatz für verdunstete Lauge erfolgt mit reinem destilliertem Wasser. Die richtige Zusammensetzung der Lauge und deren Dichte ist von wesentlichem Einfluß auf die Leistung der Zelle.

Die Platten befinden sich bei beiden Ausführungsarten in einem aus vernickeltem Stahlblech autogen geschweißten Zellengefäß, auf welches nach Einbau des Plattensatzes der Deckel ebenfalls autogen aufgeschweißt wird. Die Polbolzen werden, durch Hartgummistopfbuchsen isoliert, durch Öffnungen im Deckel hindurchgeführt und erhalten zur Verbindung mit den Nachbarzellen besonders

geformte Polschuhe mit konischem Sitz. Auf dem Deckel befindet sich außerdem die mit Ventil versehene Füllöffnung der Zelle. Die Isolation der positiven und negativen Platten gegeneinander und des gesamten Plattensatzes gegen das Gefäß besteht aus besonders behandeltem Hartgummi. Abb. 26 stellt eine aufgeschnittene Zelle der Deutschen Edison-Akkumulatoren-Comp., wie sie für Zugbeleuchtungszwecke gebaut wird, dar.

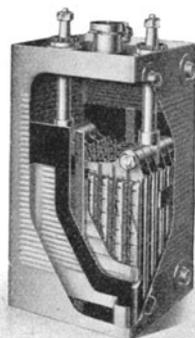


Abb. 26. Zugbeleuchtungszelle, aufgeschnitten, deutsche Edison-Akkumulatoren-Comp.

Da die Gefäße aus Metall und dadurch spannungsführend sind, so werden beim Zusammenbau der Zellen zu Batterien zwischen den ersteren Luftzwischenräume freigelassen und die Zellen außerdem gegen den Batteriekasten geeignet isoliert. Ein unmittelbares Aneinanderstellen der Zellen ohne Isolierung und ohne Zwischenräume ist streng zu vermeiden.

Die elektromotorische Kraft beträgt etwa 1,4 Volt; der Spannungs-

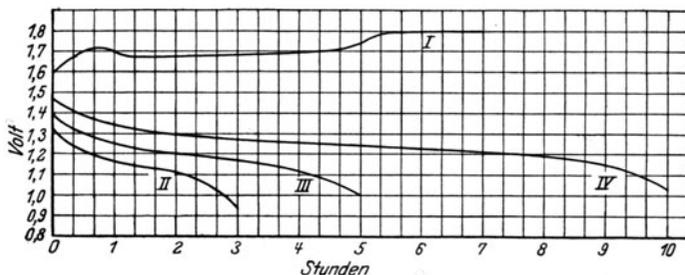


Abb. 27. Spannungsverlauf bei Ladung und Entladung von Nickel-Eisenzellen.

verlauf bei Ladung und Entladung einer Nickel-Eisenzelle und einer Nickel-Kadmiumzelle ist aus den Schaulinien der Abb. 27 und 28 er-

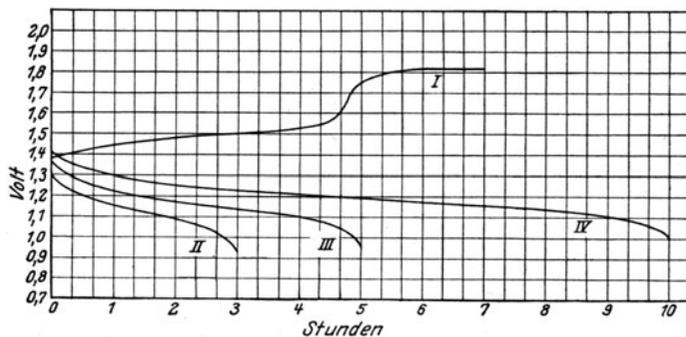


Abb. 28. Spannungsverlauf bei Ladung und Entladung von Nickel-Kadmiumzellen.

sichtlich. Die Abb. 29 und 30 stellen den Verlauf der Ladespannung bei Ladungen mit verschiedenen Stromstärken dar. Ladet man mit gleich-

bleibender Spannung von 1,67 Volt je Zelle, so steigt im Augenblick des Einschaltens der zuvor normal entladene Zelle der Ladestrom auf etwa das Doppelte des Normalen an, um rasch wieder abzufallen und nach $3\frac{1}{4}$ Stunden die normale Stromstärke zu erreichen. Die Spannung von 1,67 Volt je Zelle entspricht einer Spannung von 30 Volt für eine Zugbeleuchtungsbatterie von 18 Zellen.

Zwischenladungen können unter Berücksichtigung der Erwärmungsgrenze für kurze Zeit auch mit hohen Stromstärken erfolgen, wenn die

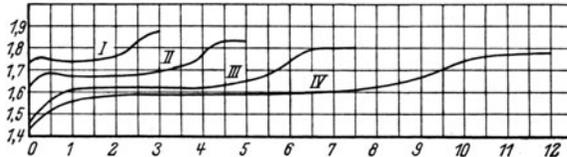


Abb. 29. Spannungsverlauf bei Ladung mit verschiedenen Stromstärken bei Nickel-Eisenzellen.

Betriebspausen und Lademöglichkeiten dieses zulassen. Der normale Ladestrom erfordert eine Ladedauer von 7 Stunden.

Starke Überladung nach völliger Entladung schadet dem alkalischen Sammler auch bei dauerndem Vorkommen nicht. Beendet ist die Ladung, wenn die Ladespannung etwa 1,82 Volt je Zelle erreicht hat bzw. wenn die Ladespannung beim Weiterladen nicht mehr steigt und mit dieser Spannung noch etwa 15 Minuten weitergeladen worden ist. Als normal entladen gilt der Sammler, wenn seine Klemmenspannung bei Entladung mit dem 5stündigen Strom auf 1 Volt je Zelle gesunken ist;

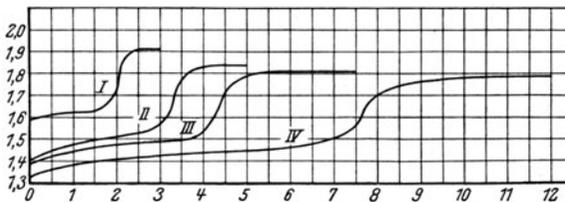


Abb. 30. Spannungsverlauf bei Ladung mit verschiedenen Stromstärken bei Nickel-Kadmiumzellen.

die mittlere Entladespannung ist dann 1,2 Volt je Zelle. Andere Merkmale für Beendigung der Ladung und Entladung bestehen nicht. Das spezifische Gewicht des Elektrolytes verändert sich während der Ladung und Entladung praktisch nicht.

Ein wichtiger Unterschied zwischen der Nickel-Eisen- und der Nickel-Kadmiumzelle liegt in der Form der Ladekurve. Während bei der Edison-Zelle die Ladespannung sehr schnell ansteigt und dann nur noch wenig weiter steigt, verläuft die Ladespannungskurve bei der Kadmiumzelle zu Anfang bedeutend flacher und ähnelt mehr dem Spannungsverlauf bei der Ladung einer Bleizelle. Dieser Unterschied ist für gewisse Bauarten der elektrischen Maschinenbeleuchtung mit Antrieb von der Achse aus von Bedeutung. Ein weiterer Unterschied besteht darin,

daß die Kadmiumzelle bei der Ladung weniger Gas entwickelt, als die Eisenzelle, und ihr Ladeinhalt durch Kälte weniger beeinflußt wird.

Da die Zugbeleuchtungsbatterien in engen Behältern am Wagenuntergestell angeordnet sind, ist es natürlich von großem Vorteil, wenn die Entwicklung von Wasser- und Sauerstoff, deren Mischung zu Explosionen Veranlassung geben kann, möglichst geringfügig ist. Aus dem Grunde ist dem Kadmiumakkumulator ein Vorzug vor dem Eisenakkumulator für den Zweck der Zugbeleuchtung zu geben.

Der Ladeinhalt des alkalischen Akkumulators wird durch die Höhe des Entladestromes praktisch nicht wesentlich beeinflußt. Bei höherer Belastung sinkt jedoch die Spannung rascher als bei der Bleizelle. Durch längere Ladung läßt sich der Ladeinhalt des Edison-Sammlers nicht unwesentlich über den normalen hinaus erhöhen. Laugentemperaturen über 45° C in den Zellen sind zu vermeiden, weil dadurch die Leistung und bei öfteren Wiederholungen auch die Lebensdauer der Zellen leiden. Der innere Widerstand ist abhängig von der Zellengröße und beträgt für die Edison-Zelle A 6 mit 225 Amperestunden im Mittel 0,0024 und für die Zelle A 4 mit 150 Amperestunden 0,0035 Ohm.

Unter normalen Umständen ist der Wirkungsgrad der alkalischen Sammler in Amperestunden etwa 72%, in Wattstunden etwa 55—60%.

Kurzschlüsse schaden dem alkalischen Sammler nicht, vorausgesetzt, daß die Temperatur nicht zu hoch, d. h. nicht über 45° steigt. Ebenso kann er ohne Nachteil in entladem Zustand stehenbleiben. Ein der Sulfatierung beim Bleisammler entsprechender Vorgang tritt bei ihm nicht ein.

Für Zugbeleuchtung liefert die Deutsche Edison-Akkumulatoren-Comp. die in Abb. 26 dargestellte Zelle. Bei dieser Zelle steht die Flüssigkeit etwa 50 mm über dem Oberrand der Platte, so daß ein häufigeres Nachfüllen nicht erforderlich ist. Ferner ist auch seitlich ein größerer Raum für den Elektrolyt dadurch geschaffen, daß die Endflächen der negativen Platten nicht mehr an den Gefäßwänden anliegen, sondern etwas davon abstehen. Für eine Betriebsspannung von 32 Volt werden 25 Zellen, für eine Spannung von 24 Volt 18 oder 19 Zellen benötigt. Jene sind eingebaut in acht Trögen zu je drei Zellen und einem Troge mit einer Zelle und zwei Blindzellen. Die durchschnittliche Entladungsspannung der Zelle ist 1,24 Volt.

Ein Nachfüllen der Zellen mit destilliertem Wasser ist alle 6—8 Wochen erforderlich. Die Lösung wird etwa nach 1½ Jahren erneuerungsbedürftig.

Soll die Neufüllung einer alkalischen Batterie mit neuer Lösung vorgenommen werden, so ist nach der Vorschrift der Edison-Comp. die Batterie mit normalem 5stündigem Entladestrom zunächst auf 0 zu entladen und dann 1 oder mehrere Stunden lang trogweise kurzzuschließen. Darauf wird die Hälfte der alten Lösung ausgegossen, jedes Element mit dem Rest geschüttelt und dieser dann entleert. Zum Nachspülen darf kein Wasser benutzt werden, sondern die alte Lösung. Die Zellen müssen dann sofort mit neuer Lösung gefüllt werden und dürfen keinesfalls längere Zeit ohne Füllung stehenbleiben, und zwar hat die Füllung gleich

bis zur richtigen Höhe zu erfolgen. Die Dichte der neuen Lösung beträgt bei der Edison-Comp. 1,250. Diese sinkt nach der Füllung bald auf die normale Dichte von 1,23 und darunter infolge der in der Platte zurückgehaltenen alten Lösung. Nach der Füllung wird die Zelle zur Ladung angeschlossen und erhält eine 15stündige Überladung.

Kommt eine Batterie längere Zeit außer Benutzung, so ist darauf zu sehen, daß die Platten völlig in der Lösung stehen. Es ist gleichgültig, in welchem Ladezustand die Batterie abgestellt wird, ob sie geladen oder entladen ist. Die amerikanische Edison-Comp. empfiehlt, sie zweckmäßig bis auf 0 zu entladen und kurzzuschließen. Die deutsche Gesellschaft empfiehlt die Kadmiumzellen geladen stehen zu lassen. Kommt die Batterie wieder in Betrieb, dann ist es zweckmäßig, falls sie nicht kurzgeschlossen aufbewahrt worden ist, sie auf 0 zu entladen, dann kurzzuschließen und daraufhin zu überladen.

Der alkalische Sammler soll möglichst nicht mit einer geringeren Stromstärke als zwei Drittel der listenmäßigen geladen werden, da alsdann sowohl bei Ladung, als auch bei Entladung die Spannung niedriger ist. Wenn jedoch zu Beginn mit einer höheren als der listenmäßigen Stromstärke geladen wird, die dann mit fortschreitender Ladung unter diese heruntergeht, so ist die Spannung bei folgenden Entladungen nicht niedriger.

In den Vereinigten Staaten wird von den alkalischen Sammlern ausschließlich der Edison-Sammler für Zugbeleuchtung verwendet. Auf europäischen Bahnen wird sowohl der Nickel-Eisen-, als auch der Kadmiumsammler benutzt.

Vorzüge und Nachteile der alkalischen Sammler gegenüber den Bleisammlern:

Wenn auch Bleibatterien im allgemeinen besser geeignet sind für Wagenbeleuchtung, so haben die alkalischen Batterien doch Eigenschaften, die ihre Verwendung besonders für bestimmte Bauarten vorteilhaft erscheinen lassen.

1. Unempfindlichkeit gegen rauhe und unsachliche Behandlung.
2. Keine der Sulfatierung einer Bleibatterie entsprechende Erscheinung; sie kann daher in unbenutztem Zustand lange Zeit ohne Nachteil stehen und ebenso ohne Nachteil tief entladen werden.
3. Widerstandsfähigkeit gegen Kurzschluß.
4. Unempfindlichkeit gegen Überladung.
5. Große Lebensdauer.

Diesen wertvollen Eigenschaften stehen indes ernste Nachteile gegenüber. Diese sind:

1. Schlechter Wirkungsgrad, der in Wattstunden 55—60% gegenüber 75% der Bleibatterie beträgt.
2. Keine Veränderung der Dichte der Kalilauge während Ladung und Entladung, somit Unmöglichkeit, den Ladezustand einer Batterie zu erkennen. Bei Bleisammlern ergibt die Messung der Säuredichte sofort, ob die Maschinenanlage während der Fahrt richtig gearbeitet hat und die Regler richtig eingestellt sind. Ein sehr wichtiger Vorteil für Wagenbeleuchtung!

3. Große Empfindlichkeit gegen Verunreinigung der Kalilauge, besonders nachteiliger Einfluß von Spuren von Säuren. Die Kohlensäure der Luft tritt allmählich in die Kalilauge über und macht sie durch Bildung von Kaliumkarbonat unwirksam, so daß ein Ersatz derselben in bestimmten Zeiträumen erforderlich wird.

4. Die Neufüllung mit Elektrolyt erfordert besondere Maßnahmen.

5. Die Ladekurve beim Nickel-Eisensammler ist für bestimmte Maschinenbauarten ungünstig.

6. Höherer Anschaffungspreis, während die Betriebskosten trotz der wesentlich größeren Haltbarkeit der Platten infolge des öfteren Ersatzes der wertvollen Kalilauge und des geringen Altmaterialwertes der Zelle keineswegs günstiger als die guter Bleisammler sein dürften. Bekanntlich ist der Altmaterialwert der Bleisammlerplatten ein hoher.

II. Die Beleuchtung mit Sammlern.

Die Speisung der Lampen eines Wagens allein durch die Entladung der vom Wagen mitgeführten Sammlerbatterie erfordert, daß der Wagen zur Wiederaufladung der Batterie in die Nähe einer Ladeeinrichtung gebracht werden kann. Diese Abhängigkeit von ortsfesten Ladestellen ist der wesentlichste Nachteil der reinen Batteriebeleuchtung. Sie kommt natürlich um so weniger zur Geltung, je allgemeiner diese Beleuchtungsart eingeführt ist. Die Gasbeleuchtung leidet ja an derselben Schwierigkeit, daß die Wagen an Bahnhöfe gebunden sind, welche mit Einrichtungen zum Füllen der Gasbehälter der Wagen versehen sind. Die Wagen müssen jedoch nach den Ladestellen verschoben werden, was in betriebstechnischer Hinsicht ein Nachteil gegenüber der Maschinenbeleuchtung ist.

Dazu kommt, daß die Aufladung eine geraume Zeit in Anspruch nimmt, während die Auffüllung bei der Gasbeleuchtung in wenigen Minuten beendet ist.

Man hat deshalb früher stets vorgezogen, die Batterien außerhalb der Wagen in besonderen Laderäumen aufzuladen. Die Ladedauer ist bedingt durch die für jede Batterie höchstzulässige Ladestromstärke. Bei Verwendung von Gitter- oder Masseplatten wird in den meisten Fällen eine Ladedauer von 6—8 Stunden gefordert, bei Groboberflächenplatten indes, welche in ausgedehntem Umfange hier in Verwendung sind, ist die normale Ladezeit wesentlich kürzer. Derartige Batterien sind alsdann geeignet für Aufladung im Wagen selbst, wie sie für ein größeres Eisenbahnnetz als einzig zweckmäßig zu bezeichnen ist. Der listenmäßige Ladestrom für Batterien der Accumulatorenfabrik AG. erlaubt eine Aufladung in 4 Stunden nach voller Entladung, doch ist es durchaus zulässig, die Ladedauer nach Erfordern zu verkürzen, so daß man auch innerhalb 1 Stunde nach voller Entladung die Batterien aufladen könnte. Man wird dies natürlich nur dann tun, wenn die Verhältnisse dazu zwingen, da die hierbei erforderlichen Leitungen und Ladekabel entsprechend teuer und kostspieliger werden, und wählt deshalb die Ladedauer den Betriebsverhältnissen entsprechend. Man kann annehmen, daß die mei-

sten Züge genügend Aufenthalt auf den Endbahnhöfen haben, um mit einer Ladezeit von 3—4 Stunden zu rechnen. Nur bei wenigen Zügen wird die Notwendigkeit einer schnelleren Ladung vorliegen. Die Ladezeit bildet mithin nicht ein Hindernis für die Benutzung der reinen Batteriebeleuchtung. Sie ermöglicht es allerdings nicht, auf Zwischenbahnhöfen zu laden, während bei der Gasbeleuchtung ein Auffüllen der Gasbehälter erfolgen kann.

Der Hauptvorzug der Batteriebeleuchtung ist zweifellos große Einfachheit und Zuverlässigkeit. Hierzu kommen noch verhältnismäßig geringe Anschaffungskosten, geringe Instandhaltungskosten und hoher Wirkungsgrad; die Aufladung und Bedienung der Batterien, der wichtigste Teil der Wartung also, ist stets in der Hand von Leuten, welche mit der Behandlung der Batterien vertraut sind. Die Anschaffungskosten sind gegenüber der Maschinenbeleuchtung geringer, und da die Batterien unter den günstigsten Verhältnissen arbeiten, deren Unterhaltungskosten gleichfalls gering; dies gilt besonders bei Aufladung im Wagen, während die Batterien bei Aufladung in einer Station durch den Transport vielfach leiden.

Die Wagenausrüstung ist bei reiner Batteriebeleuchtung sehr einfach und übersichtlich. Von der Batterie führen die Leitungen zu den Lampen über Ausschalter und Sicherungen. Häufig benutzt man auch Zeitzähler, um jederzeit die stattgehabte Entladedauer der Batterien erkennen zu können. Die Apparate werden bei Abteilwagen außen in einem wasserdicht verschlossenen Gehäuse an der Stirnwand des Wagens oder neben den Batteriebehältern angebracht, bei Durchgangswagen auch im Wageninnern in einem verschlossenen Kasten. Der Hauptauschalter wird mittels eines Schlüssels vom Schaffner bedient. Die Betriebsspannung wird niedrig genommen, damit die Zahl der Elemente möglichst gering ist, was für die Einfachheit der Anlage, für die Raumbeanspruchung und für die Kosten von Bedeutung ist. Die gebräuchlichsten Spannungen sind 16 Volt, 24 Volt und 32 Volt für Einzelwagenbeleuchtung und 32 Volt, 50 Volt und 65 Volt für Zugbeleuchtung. Man verwendet 8 Zellen für eine Spannung von 16 Volt, 12 Zellen für 24, 16 für 32, 28 für 50 Volt, 36 für 65 Volt. Nur bei 50 Volt und 65 Volt regelt man mit Zellschalter oder Widerstand auf die Lampenspannung. Da die mittlere Spannung der Bleibatterie bei der Entladung etwas unter 2 Volt für jedes Element liegt, so ist die Spannung an den Lampen im Mittel niedriger, als einer Spannung von 2 Volt entspricht. Die mittleren Spannungen eines Elementes betragen bei einem spez. Gewicht der Säure von 1,2

bei 5stündiger Entladung . . .	1,87 Volt
„ 10 „ „ . . .	1,92 „
„ 20 „ „ . . .	1,94 „
„ 30 „ „ . . .	1,95 „

Die Lampen sind entweder einzeln abschaltbar, wie dies bei Kleinbahnen vorgezogen wird, um möglichst Strom sparen zu können, oder in Gruppen bzw. im ganzen abschaltbar.

Wie bereits oben bemerkt, erfolgt bei reiner Sammlerbeleuchtung die Aufladung der Batterie entweder in einer besonderen Ladestelle außer-

halb des Wagens oder im Batteriebehälter des Wagens selbst. Beide Arten können für Einzelwagenbeleuchtung sowohl als für geschlossene Beleuchtung Verwendung finden, doch ist hervorzuheben, daß bei ersterer Art vorzugsweise die Aufladung außerhalb des Wagens in Benutzung ist, während die Ladung im Wagen wiederum bei geschlossener Zugbeleuchtung vorzugsweise Anwendung findet.

Zur Vereinfachung des Betriebes wird für alle Wagen einer Verwaltung möglichst eine einheitliche Größe der Batterien vorgesehen. Besonders reich beleuchtete Wagen erhalten alsdann zwei oder mehr Batterien. Bei Aufladung der Batterien in einer Ladestelle werden diese auf besonderen Ladetischen geladen, welche die Möglichkeit gewähren, die Elemente während der Ladung zu beobachten und beschädigte sofort instand zu setzen. Zur Ladung werden soviel Batterien hintereinander geschaltet, als der Maschinenspannung entspricht. Da die Batterien meist verschieden entladen sind, des verschiedenen Stromverbrauches der Wagen wegen, so kommen stärker und schwächer entladene Batterien in denselben Stromkreis. Es würde nun die schwächer entladene Batterie überladen, die andere ungenügend geladen werden. Um dies zu vermeiden, muß man bei der Ladung darauf achten, daß vollgeladene Batterien ausgeschaltet und durch entsprechende Widerstände ersetzt werden, oder man muß die Batterien nebeneinander geschaltet laden, also den Stromumformer derart einstellen, daß die Netzspannung gleich der höchsten Ladespannung einer einzelnen Batterie ist, das ist bei Batterien von 16 Zellen 45 Volt.

Bei Aufladung im Wagen müssen naturgemäß die Ladeleitungen bis zum Aufstellungsort der Wagen geführt werden, wo sie in besonderen Kästen enden, von denen wieder abnehmbare Anschlußkabel nach den Batterieanschlußdosen der Wagen geführt sind. Die Batterien sind bei der Ladung entweder alle parallel geschaltet, oder es werden mehrere Stromkreise jeder mit einer Anzahl hintereinander geschalteter Batterien gebildet. Die Anschlußdosen für die Ladekabel sind an beiden Längsseiten des Wagens in der Nähe des Batteriebehälters angeordnet. — Die ersten Versuche mit Akkumulatorenbeleuchtung sind schon Anfang der 80er Jahre gemacht worden, und zwar im Jahre 1881 auf der London Brightonbahn und 1882 auf der Pennsylvaniabahn, letztere mit französischen Faure-Zellen. Im Jahre 1887/88 wurden zwei Pullmann-Züge von je sechs Wagen auf der Pennsylvaniabahn ausgerüstet, von denen jeder Wagen eine Batterie von 30 Zellen von 150 Amperestunden hatte. Jede Batterie wog 860 kg und hatte 26 Lampen zu 16 Kerzen zu speisen. An der Endstation wurden die Batterien zur Ladung ausgewechselt.

Die ersten günstigen Ergebnisse sind von den im Jahre 1889 ausgeführten Anlagen der Novara-Saregnó-Saronnobahn, jetzt Nord-Milano-bahn und der Jura-Simplonbahn erhalten worden. In beiden Fällen ist jeder Wagen mit einer Batterie ausgerüstet gewesen.

Die Einrichtung der italienischen Bahn hat 53 Wagen mit 47 Batterien umfaßt, deren jede aus acht Zellen mit 60 Ast. bei 6 Amp. Entladestromstärke bestanden hat. Geliefert sind dieselben von der Accumulatoren-Fabrik AG. Berlin-Hagen i. W. Die positiven Platten sind Ober-

flächenplatten Bauart Tudor von 10 mm Dicke der gleichen Ausführung gewesen, wie solche für ortsfeste Anlagen verwendet worden sind. Sie sind in mit Bleiblech ausgeschlagenen Holzgefäßen aufgestellt gewesen. Das Gewicht eines Elementes hat 25 kg betragen. Je vier Elemente sind in einem gemeinsamen Holzkasten untergebracht gewesen. Die Wagen sind durch 3—4 Glühlampen von 5 oder 8 HK beleuchtet worden.

Die Jura-Simplonbahn hat Sammler der Akkumulatoren-Fabrik E. Blanc in Marly-le-Grand bei Freiburg verwendet. Die Versuche haben zu einer Ausrüstung von weit über 600 Wagen mit über 1100 Batterien geführt. Die positiven Platten sind leichte Gitterplatten der in Abb. 15 dargestellten Art, mit einem Ladeinhalt von 125 Ast. gewesen. Jede Batterie hat aus neun Zellen bestanden. Die Platten sind in Hartgummi-gefäßen gewesen. Das Gewicht einer Batterie hat 125 kg betragen.

Anfang der 90er Jahre fingen die großen italienischen Privatbahnen mit Versuchen an, welche zur Einführung führten. Ebenso begann 1891 die dänische Staatsbahn und 1892 die deutsche Reichspost mit der Einführung der elektrischen Sammlerbeleuchtung. Von den später hinzukommenden sind zu erwähnen die österreichische Kaiser-Ferdinand-Nordbahn, die französische Nordbahn, die ungarische und die rumänische Staatsbahn, welche die Sammlerbeleuchtung auch zu ausgedehnter Einführung gebracht, sie aber dann später durch Maschinenbeleuchtung ersetzt haben.

Außer den genannten hat die norwegische Staatsbahn, ferner die österreichische und die ungarische Postverwaltung eine große Anzahl Wagen mit reiner Batteriebeleuchtung ausgerüstet, ebenso eine Anzahl von Klein- und Nebenbahnen.

Mit Ausnahme der dänischen Staatsbahnen sind die größeren Anlagen als Einzelbeleuchtung mit Aufladung außerhalb des Wagens ausgeführt worden. Von den jetzt bestehenden Anlagen dieser Art sind als wichtigste zu nennen die Wagen der Deutschen Reichspost mit insgesamt 2000 Wagen, und die italienische Staatsbahn, die ihren gesamten Wagenpark, über 13000 Wagen, eingerichtet hat. Diese Anlagen sind im folgenden kurz beschrieben.

Bahnpostwagen der Deutschen Reichspost. Bei dem außerordentlich anstrengenden Dienst der Beamten in Bahnpostwagen, besonders bei den Nachtzügen, müssen naturgemäß an die Beleuchtung die größten Ansprüche gestellt werden, welchen das elektrische Licht am besten entspricht. Ganz besonders kommt hier zur Geltung, daß die Glühlampen gerade an den Stellen angebracht werden können, an denen das meiste Licht benötigt wird. Zudem hat jeder Wagen eine oder mehrere abnehmbare Ableuchtampen, die es ermöglichen, nicht nur jede beliebige Stelle im Wagen hell zu beleuchten, sondern auch die Ladeplätze außerhalb des Wagens, wodurch der schnelle und sichere Austausch der Post, namentlich in stürmischen Nächten, wenn keine Laterne brennen will, erheblich gefördert wird.

Die Batterien werden in besonderen Schränken im Wageninnern aufgestellt, welche an der Seitenwand in der Nähe der Tür angeordnet sind. Für jede Lampe ist ein Ausschalter und eine Sicherung vorgesehen. Die

10 m langen Brief- und Packereiwagen haben 3—6 Glühlampen, die 12 m langen Briefpostwagen 10—14 Lampen, die 17 m langen Wagen 15 bis 19 Lampen zu 12 Kerzen. Jeder Wagen enthält je nach Erfordernis 1—3 Batterien. Diese bestehen aus 16 Elementen JGO 20 in Hartgumigefäßen, von denen je vier in einem Holzkasten eingebaut sind, geliefert von der Accumulatorenfabrik AG. Der Ladeinhalt der Elemente beträgt 82 Amp.-Stunden, das Gewicht einer Batterie ist 184 kg.

In den Postbeiwagen mit geringem Lichtbedarf werden Batterien von 16 Volt Spannung verwandt, deren Elemente alle in einen Kasten eingebaut sind. Jede Batterie besteht aus acht Elementen mit einer positiven und zwei negativen Platten und leistet 16 Amp.-Stunden. Das Gewicht derselben ist 20 kg. Die Batterie speist eine Lampe von 10 Kerzen während 20 Stunden. Ferner sind noch kleinere Beiwagenbatterien in Gebrauch mit einem Gewicht von 9,6 kg und einer Leistung von 5,6 Amp.-Stunden bei 0,8 Amp. Entladung.

Die Ladung erfolgt in besonderen Ladestellen; für die neueren Anlagen nach der in Abb. 31 dargestellten Schaltung. Der Strom wird meist einer vorhandenen Elektrizitätsanlage entnommen und auf eine Spannung von 110—120 Volt umgeformt. Zwischen den beiden Schienen der Schalttafel befindet sich eine dritte Schiene, welche mit der Maschinenleitung in keiner Verbindung steht. Zwischen jeden Außenleiter und die Mittelschiene werden die einzelnen Batterien parallel zueinander geschaltet, und zwar so, daß mit jedem Außenleiter gleichviel Batterien verbunden sind. Es kommt mithin eine Ladespannung von 55—60 Volt in Frage. Der Ladestrom der Normalbatterie beträgt anfangs 15, am Ende 7,5 Amp. und derjenige der schweren Beiwagenbatterien 2 bzw. 1 Amp. und der leichten Batterie 1 bzw. 0,5 Amp. Jeder Stromkreis besitzt außer Strommesser und Sicherungen Ladewiderstände und Stromzeiglampen. Ferner ist für alle Stromkreise ein Regelungswiderstand sowie ein Spannungsmesser nebst Ausschalter und Sicherungen angeordnet. Als Widerstände werden Eisendrahtlampen benutzt, das sind Widerstände aus feinem spiralförmig gewundenem Eisendraht, welche in einer Glasglocke in Form einer Glühlampe in einer Wasserstoffatmosphäre sich befinden. Ein solcher Widerstand wirkt wie eine Vorrichtung, welche die Stromstärke auf gleicher Höhe hält, da der Eisendraht im Zustande der Dunkelrotglut die Eigenschaft besitzt, daß schon bei sehr geringem Stromzuwachs die Spannung an den Enden scharf ansteigt. Die Zahl der Widerstände für einen Stromkreis wird für die benötigte Stromstärke bemessen, eine höhere wird nicht durchgelassen. Im vorliegenden Falle sind zwei Widerstände von je 3 Amp. Stromverbrauch angeordnet.

Italienische Staatsbahn. Dieselbe hat etwa 13000 Wagen mit Batteriebeleuchtung ausgerüstet. Es sind etwa 40000 Batterien in Betrieb, die von den Firmen Fabbrica Accumulatori Hensemberger in Monza und der Societa Generale Ital. Accumulatori Elettrici in Melzo geliefert sind und von diesen Werken auch unterhalten werden. Die Batterien besitzen 155 Ast. bei 10 Amp. Entladestrom. Jeder Wagen hat am Untergestell zwei oder mehr Behälter für die Batterien. In jedem Behälter können zwei Kästen mit sechs Elementen untergebracht werden.

Die Lampenspannung beträgt 24 Volt. Jedes Abteil I. und II. Klasse ist mit zwei Lampen von 15 Watt, das Abteil III. Klasse mit einer Lampe von 18 Watt beleuchtet. Die Ladung erfolgt außerhalb des Wagens auf verschiedenen größeren Stationen. Die Dauer einer Ladung nach voll-

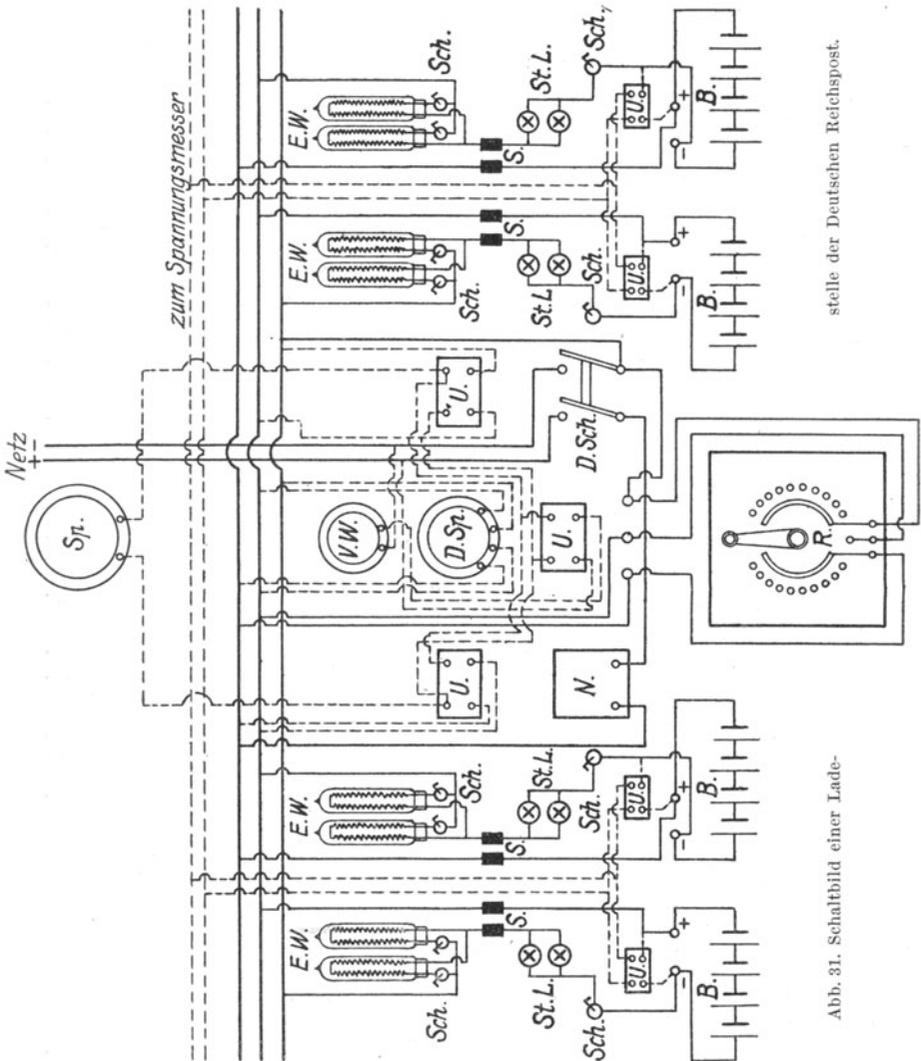


Abb. 31. Schaltbild einer Lade-

ständiger Entladung beträgt 8 Stunden. In den Ladestationen sind Bänke angeordnet, welche sieben Batterien zu je sechs Elementen aufnehmen. 28 Batterien, also die Batterien von vier Bänken, sind in Reihe geschaltet. Für jede Reihe ist ein Schaltbrett mit einem Selbstausschalter, einem doppelpoligen Handauschalter und einem Regelungswider-

stand vorgesehen. Die Ladebänke sind mit Glasfüßen vom Boden isoliert; sie haben zwei Stock, auf deren oberen die zur Ladung kommenden Batterien gestellt werden, während auf dem unteren die Reservebatterien sowie die auszubessernden Platz finden. Oberhalb jeder Batterie ist ein Umschalter sowie ein Widerstand angeordnet. Letzterer wird eingeschaltet, sobald eine Batterie abgeschaltet wird. Der Umschalter hat drei Stellungen; in der unteren Stellung ist die Batterie, in der mittleren der Widerstand eingeschaltet, in der oberen ist Batterie und Widerstand kurzgeschlossen, und die Regelung erfolgt mit dem großen Widerstand der Schalttafel.

Anlagen mit Aufladung der Batterie im Wagen für geschlossene Zugbeleuchtung haben die dänischen Staatsbahnen und für Einzelwagenbeleuchtung die Deutsche Reichsbahn in Betrieb.

Dänische Staatsbahn. Im ersten und letzten Wagen jeden Zuges sind je zwei Batterien, jede von 36 Elementen mit einem Inhalt von 130 Amp.-Stunden bei 6 Amp. Entladestrom und 35 Amp. Ladestrom aufgestellt, demnach erhält jeder Zug vier Batterien. Durch den Zug gehen zwei Stromkreise, und es arbeiten die Batterien eines Wagens parallel auf den einen, die Batterien eines anderen Wagen auf den zweiten Stromkreis. Die Lokal- und kleineren Züge haben entweder nur einen Batteriewagen oder deren zwei, jeden mit nur einer Batterie.

Vor jeder Batterie befindet sich ein kleiner Regelungswiderstand, der so eingestellt wird, daß die parallel geschalteten Batterien mit gleicher Stromstärke entladen werden. Zur Regelung der Spannung im Entladestromkreis wird an Stelle eines Zellschalters ein Regelungswiderstand mit 20 Kontakten und mit einem gesamten Widerstand von 4 Ohm verwandt.

Die Leitungen von den Batterien führen zu einer Schalttafel, auf welcher ein Strommesser für den gesamten Strom und ein Spannungsmesser, sowie die Ausschalter, Stromrichtungszeiger und doppelpolige Sicherungen zu 10 Amp. für jede Batterie angebracht sind.

Die zur Verbindung der einzelnen Wagen benötigten Kuppelungen sind Konstruktionen der Herren Busse und J. B. Bruun.

Die Hauptleitungen der Wagen sind in Eisenrohr an der Außenseite des Wagens über das Wagendach verlegt. Die Zweigleitungen werden von den gußeisernen Verzweigungsbuchsen durch Bergmannrohr zu den Beleuchtungskörpern geführt.

Die Wagen sind im allgemeinen so eingerichtet, daß jedes Abteil zwei Lampen besitzt, je eine für einen Stromkreis.

Bei der beschriebenen Anordnung ist bei Zugtrennung ein Verlöschen aller Lampen im Wagen ausgeschlossen. Es erlischt nur eine Lampe in jedem Abteil, deren Stromkreis dem abgekuppelten Batteriewagen entspricht. Das gleiche gilt, wenn eine Kuppelung aus irgendeinem Grunde keinen genügenden Kontakt gibt.

Deutsche Reichsbahn. In den Jahren 1910 und 1911 ist eine Anzahl der neu erbauten D-Zug- und Schlafwagen seitens der ehemaligen Preussischen Staatsbahn versuchsweise mit reiner Batteriebeleuchtung eingerichtet worden. Die erzielten günstigen Erfahrungen haben dazu

geführt, vom Jahre 1913 ab sämtliche neu erbauten Wagen dieser Gattung mit dieser Beleuchtungsart zu versehen, so daß bis 1924, dem Beginn der Einführung der Maschinenbeleuchtung, etwa 1200 Wagen ausgerüstet worden sind.

In den Abteilen sind je zwei gasgefüllte Lampen, jede von 0,8 Amp. und 32 Volt mit etwa 35 HK, in den Nebenräumen und im Seitengang sind Lampen von 12 HK und 0,4 Amp. angebracht, jedes Schlafwagenabteil hat eine Lampe von 0,8 Amp. und eine Leselampe von 0,4 Amp.

Der Gesamtstromverbrauch bei Einschaltung aller Lampen ist in allen D-Zug- und Schlafwagen 16 Amp. Die Batterien bestehen aus 16 Elementen der Größe X GO 50 (Abb. 18, S. 37) mit einem Ladeinhalt von 370 Amp.-Stunden.

Die Aufladung der Batterien erfolgt mit einer Stromstärke von 100 bis 125 Amp. und dauert bei entladenen Batterien 3—4 Stunden.

Die Ladung wird auf den Abstellbahnhöfen der Züge ausgeführt. Es bestehen Ladestationen auf den Bahnhöfen Grunewald, Anhalter Bahnhof, Rummelsburg bei Berlin, ferner Köln, Frankfurt a. M., Altona, Königsberg, Kassel und Breslau.

Die Maschinenspannung ist so bemessen, daß höchstens sechs Wagenbatterien, entsprechend 96 Zellen, zugleich in Reihe aufgeladen werden können. Es ist hierfür eine Höchstspannung von 264 Volt erforderlich. Da aber auch die Möglichkeit gegeben sein muß, weniger Batterien zu laden bis herab zu einer einzigen, für die eine Spannung von 44 Volt nötig ist, so muß die Maschinenspannung in weiten Grenzen regelbar sein. Zu diesem Zweck ist die Maschine mit Fremderregung versehen, die durch Widerstände auf eine bestimmte Erregerstromstärke beliebig eingestellt werden kann. Der Erregerstrom wird meist von einer kleinen Erregermaschine, die mit der Lademaschine gekuppelt ist, geliefert, sofern nicht ein Gleichstromnetz vorhanden ist, von dem der Erregerstrom unmittelbar entnommen wird. Die Maschine, die für 150 Amp. gebaut ist, wird von einem Elektromotor angetrieben, der den Strom vom Netz erhält.

Die Anlage auf dem Abstellbahnhof Berlin-Rummelsburg besitzt drei Maschinensätze. Die Schalttafel enthält für jede Ladegruppe oben die Strom- und Spannungsmesser, darunter die Selbstschalter, die ausschalten, sobald die Stromstärke auf 15 Amp. gefallen ist, ferner die Hebel-schalter für Elektromotoren und die Feldregler sowie Kilowattstunden-zähler zur Feststellung der aufgenommenen und der abgegebenen Strom-mengen. Die Leitungen führen von dem Maschinenhaus zu den Lade-anschlüssen, die in entsprechender Weise längs der Gleise angeordnet sind und entweder an den Dachsäulen der Wagenschuppen in bequemer erreichbarer Höhe angebracht oder als Ladeständer von etwa 1 m Höhe im Freien ausgeführt sind. Die Leitungen der Ladestromkreise sind im Schuppen an den Dachbindern oder im Freien als Kabel verlegt. Die Einrichtung ist so getroffen, daß jede Ladegruppe auf jeden Ladestrom-kreis geschaltet werden kann. Die Umschaltung geschieht mittels einfacher Drehschalter, die unterhalb der Hebelschalter auf der kleinen Schalttafel sich befinden. Sie sind auf der Abbildung nicht zu sehen. Die letzterwähnten Hebelschalter dienen dazu, mehrere beliebige Lade-

stränge in Reihe zu schalten, so daß also alle zu diesen Ladesträngen gehörenden Batterien in Reihe liegen. Auf diese Weise können also einzelne

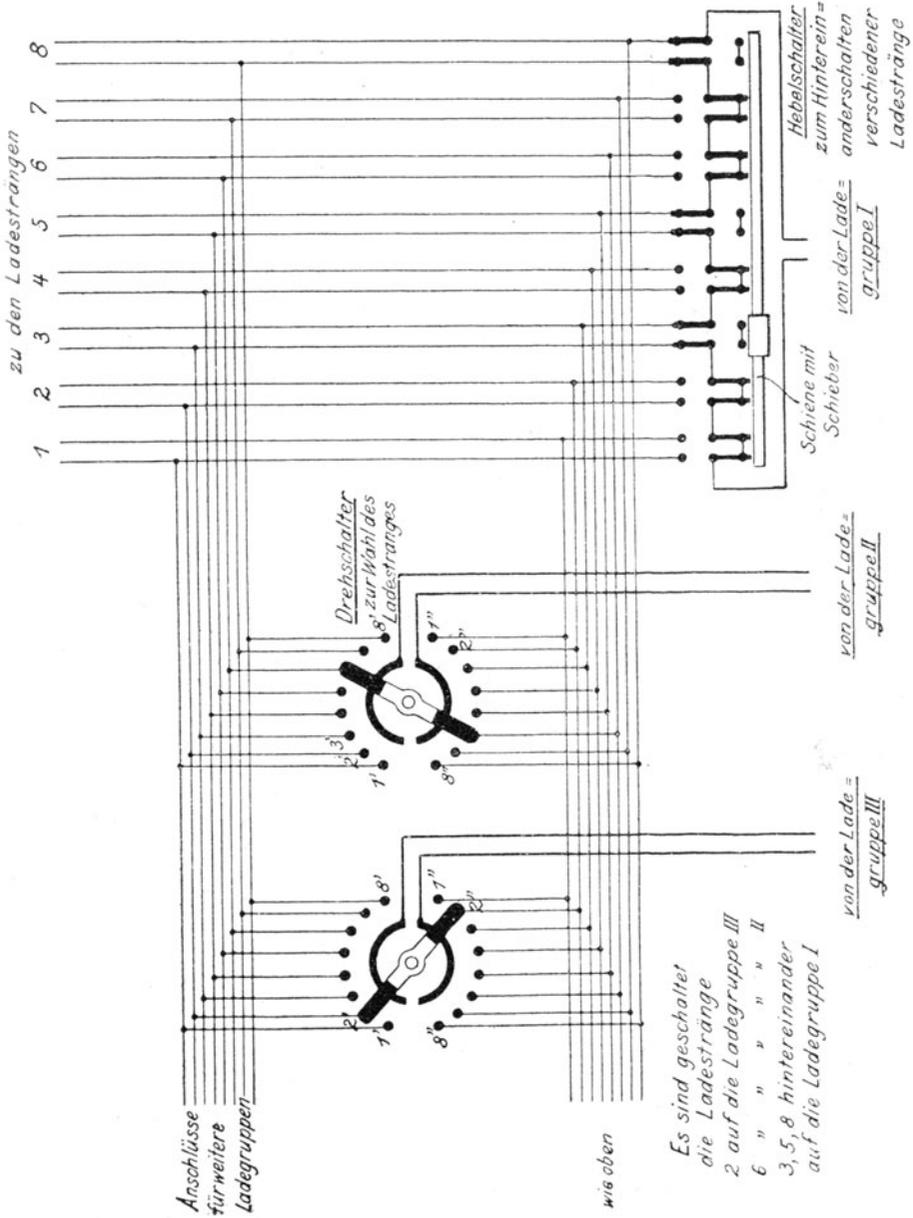


Abb. 32. Schaltung der Ladeanlage Bahnhof Berlin-Rummelsburg.

Wagen, wenn sie sich auf verschiedenen Geleisen befinden, gleichzeitig aufgeladen werden. Sollen z.B. die Ladestränge 3, 5 und 8 hintereinander

geschaltet werden, so legt man die entsprechenden Umschalthebel, wie die Abb. 32 zeigt, nach oben. Unterhalb der Hebelschalter befindet sich eine Gleitschiene, auf der ein Schieber verschoben werden kann, der in der Abbildung unter dem dritten Hebel steht. Durch diesen wird verhindert, daß alle Hebel gleichzeitig nach unten gelegt werden können, wodurch die Maschine kurzgeschlossen werden würde.

Von den Ladeanschlüssen führen Anschlußkabel zu den Wagen, deren Batterien aufzuladen sind. Abb. 33 stellt die Ladeschalttafel des Wagens mit dem Umschalter, der Sicherung für

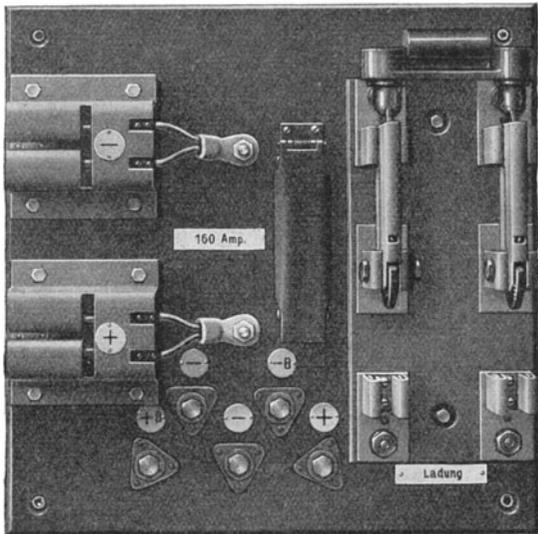


Abb. 33. Ladeschalttafel eines Wagens für Batteriebeleuchtung, Deutsche Reichsbahn.

den Ladestromkreis und den Dosen für die Ladestöpsel dar. Ursprünglich wurden zur Herstellung der Verbindung von der Anschlußklemme zu dem ersten und letzten der in Reihe aufzuladenden Wagen, sowie zur Verbindung der mittleren Wagen untereinander, lose Kabel verwandt. Später wurde eine von den Siemens-Schuckert-Werken vorgeschlagene Schaltung (Abb. 34) ausgeführt, bei welcher die Verwendung loser Kabel vermieden ist. Die mit *a* und *b* bezeichneten Dosen sind durch einen Kurzschließer miteinander verbunden. Diese Kurzschließer sind an Ketten angeschlossen, so daß sie nicht entfernt werden können. Die letzte Ladestelle eines Stranges besitzt keinen Kurzschließer,

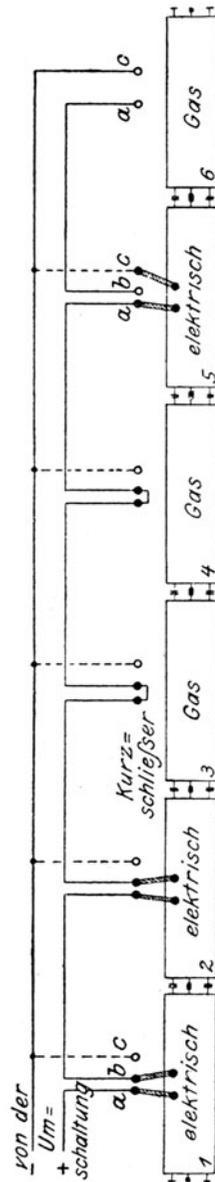


Abb. 34. Anordnung der Ladeanschlüsse, Siemens-Schuckert-Werke.

da sonst bei Einlegen aller Kurzschließer eines Stranges die Maschine kurzgeschlossen wäre. Jede Anschlußstelle hat noch eine mit der Minusleitung verbundene Hilfsdose *c* für das vom Minuspol der Batterie kommende Ladekabel. Die Lage von *c* läßt es nicht zu, daß ein Kurzschließer *b* und *c* verbindet. Sobald Wagen zur Aufladung bereitstehen, werden die Kurzschließer von dem diesen Wagen nächstgelegenen Anschlußdosen entnommen und mittels Anschlußkabel die Batterien eingeschaltet. Auch die Dosen *a* und *c* der letzten Ladestelle (rechts in der Abbildung) werden verbunden.

Noch einfacher ist die in der Abb. 35 wiedergegebene Schaltung von Ministerialrat Wechmann¹. Auch bei dieser ist die Zahl der Kurzschließer um eins geringer als die Zahl der Anschlußstellen. Damit nicht etwa ein Kurzschließer eines anderen Stranges eingesetzt werden kann, wodurch sich die Zahl der Kurzschließer gleich der der Ladestellen ergeben würde, ist die Entfernung der beiden Dosen auf den verschiedenen Strängen sowie die entsprechende Länge der Kurzschließer verschieden groß.

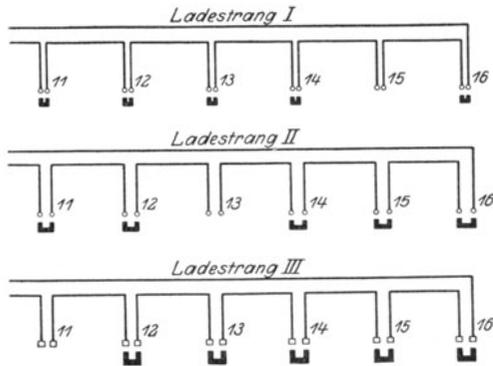


Abb. 35. Anordnung der Ladeanschlüsse, nach Wechmann.

Schließlich sei noch bemerkt, daß die Norwegische Staatsbahn etwa 420 Wagen mit alkalischen Batterien, und zwar 350 Wagen mit Nife-Batterien und 70 Wagen mit Edison-Batterien beleuchtet. Die Batterien bestehen aus 27 Elementen mit 300 Ampstd. Ladeinhalt bei 8stündiger Entladung und werden in den Wagen geladen.

III. Die Beleuchtung mit Maschinen.

In Deutschland und England wurden schon in den 80er Jahren des vergangenen Jahrhunderts Versuche unternommen, Dynamomaschinen zur Beleuchtung ganzer Züge zu verwenden; mit besserem Erfolg in England als in Deutschland, dessen Staatsbahnen immer entschiedener die Gasbeleuchtung bevorzugten — 1888 beschloß die Preußische Staatsbahn die durchgehende Einführung der Gasbeleuchtung —. Die Verwendung von Maschinen bietet den Vorteil gegenüber der Sammlerbeleuchtung, daß die Erzeugung des Lichtes im Zuge selbst stattfindet, der Betrieb also nicht wie bei der Sammlerbeleuchtung abhängig von Ladestellen für die Batterien ist.

Wenn in England auch einige der versuchten Anordnungen bis zu einem gewissen Grade zur Einführung gekommen und zum Teil lange

¹ Verkehrstechnische Woche 1915, Nr. 26, S. 336ff. Wechmann: Fortschritte auf dem Gebiete der elektrischen Zugbeleuchtung.

in Betrieb gewesen sind, so verhinderte doch eine Reihe von Umständen eine allgemeine Durchführung. Die Beleuchtung des ganzen Zuges mit einer Maschine bot den Vorteil, daß die Anlagekosten verhältnismäßig niedrige waren und Maschinen und Apparate unter ständiger Aufsicht sein konnten, dahingegen war sie für den Betrieb ungünstig. Die Trennung des Zuges bot Schwierigkeiten; hierzu kam noch der Umstand, daß zu damaliger Zeit die Apparate wenig einfach und unvollkommen waren. Erst als man bei fortgeschrittener Technik dazu übergegangen war, die Anordnungen so zu treffen, daß jeder Wagen unabhängig von dem anderen Wagen des Zuges eine eigene Beleuchtungseinrichtung mit sich führte, gelang es, solche Anordnungen zur Einführung zu bringen, und gegenwärtig ist die Beleuchtung durch Maschinen weitaus die verbreitetste. Anlagen für geschlossene Zugbeleuchtung sind später auch im größeren Umfange und mit Erfolg zur Ausführung gekommen. Sie bieten für viele Verhältnisse so große Vorteile, daß sie immer ihren Platz neben der Einzelwagenbeleuchtung behaupten werden.

Die Maschinenbeleuchtung kann in den folgenden verschiedenen Arten zur Ausführung kommen:

A. Antrieb der Dynamomaschine durch besonderen Motor.

B. Antrieb von der Wagenachse.

Schließlich gehört auch noch hierher die Beleuchtung durch elektrische Stromzuführung bei elektrisch betriebenen Bahnen, auf die hier nicht eingegangen wird.

Die unter A stehenden Anordnungen eignen sich nur für die geschlossene Zugbeleuchtung, die unter B auch für Beleuchtung einzelner Wagen.

Bei geschlossener Zugbeleuchtung befinden sich die Batterien entweder nur in dem mit der Maschine ausgerüsteten Wagen oder es hat jeder Wagen oder ein Teil derselben seine eigene Batterie, die den Strom liefert, wenn der Zug getrennt wird, wenn kein Dampf zu erhalten ist, oder bei Achsbeleuchtung, wenn der Zug hält.

Die geschlossene Zugbeleuchtung hat vielfach Anwendung gefunden, besonders in Rußland und Dänemark und den Vereinigten Staaten von Amerika.

Der allgemeinen Einführung dieser Beleuchtungsart stehen beträchtliche Schwierigkeiten entgegen, die bei europäischen Verhältnissen besonders darin liegen, daß sehr viel Züge, besonders in Schnellzugs- und Eilzugsverkehr, nicht dauernd in sich geschlossen bleiben, sondern an verschiedenen Stationen Wagen anderer Linien aufnehmen und solche abgeben. Für Personenzüge auf Nebenstrecken, für Züge von Klein- und Nebenbahnen, teilweise auch für Vorortszüge ist indes diese Beleuchtungsart bei Antrieb der Maschine durch die Wagenachse die vorteilhafteste, sie ist einfach und billig in Anordnung und Betrieb.

Für allgemeine Einführung ist die Achsbeleuchtung gegenüber den anderen Ausführungsarten allein geeignet.

A. Die Beleuchtung mit Maschinen, deren Antrieb durch besondere Motoren erfolgt.

Die Aufstellung eines Maschinensatzes, bestehend aus Antriebsmaschine und Dynamomaschine kann sowohl im Gepäckwagen als auch auf der Lokomotive erfolgen.

1. Aufstellung des Maschinensatzes im Gepäckwagen.

Die Ausrüstung eines Beleuchtungswagens mit einem Dampfkessel und einer Dampf-Dynamomaschine ist sowohl in der Beschaffung als auch in der Unterhaltung am kostspieligsten. Der Hofzug des Kaisers von Österreich sowie einige Züge der Moskau-Archangelsk-Bahn besaßen solche Einrichtungen.

Die Aufstellung eines Verbrennungsmotors mit Dynamomaschine im Gepäckwagen war vielfach bei russischen Bahnen in Anwendung. So hatte die russische Südwestbahn sieben Züge, jeden aus sieben Wagen, für den Verkehr von Petersburg nach Odessa ausgerüstet. Der Petroleummotor war hier unmittelbar mit der Dynamomaschine gekuppelt. Auf anderen Bahnen wurde die Dynamomaschine mit Riemen vom Petroleummotor angetrieben, so bei der Wladikawkasbahn, der Ostchinesischen Bahn, der Internationalen Schlafwagen-Gesellschaft für die Züge Petersburg-Warschau (Nizza). In gleicher Weise waren vier Hofzüge des Kaisers von Rußland ausgerüstet. Auf den Sibirischen Bahnen waren mehrere Züge in derselben Ausführung, jedoch unter Wegfall der Batterien, in Betrieb.

Die größte Anlage dieser Art besitzt die Ostchinesische Bahn, deren Einrichtungen auch heute noch zum größten Teil in Betrieb sind. Der Maschinenraum im Gepäckwagen nimmt hier eine Fläche von 2,43 m Länge und 2,95 m Breite ein. Zur Wärmeisolation und Schalldämpfung sind Wände, Decke und Diele mit einer Lage von gepreßtem Kork überzogen, über welcher an den Wänden und der Decke ein 2 mm starkes Eisenblech, über dem Boden Zinkblech liegt. Auf das Zinkblech ist ferner noch ein dicker Linoleumbelag aufgebracht.

Der Zweizylinder-Petroleummotor Bauart Otto, Deutz, leistet 12 PS_e bei 600 Umdrehungen. Die vierpolige Nebenschlußmaschine leistet bei 1400 Umdrehungen 110 Volt 60 Amp. Die Maschine wird mit Riemen angetrieben. Zur Zündung des Petroleummotors dient eine kleine Batterie von zwei Zellen. Das Gesamtgewicht der Anlage ist 2200 kg, der Motor selbst wiegt 475 kg, die Dynamomaschine 377 kg, Fundierung und Schwungrad 475 kg. Bei voller Belastung (6,6 KW) verbraucht der Motor je nach der Regelung der Luftzufuhr 366 bis 455 g/PS_e russisches Petroleum, bei halber Belastung 575—600 g.

Die Batterien bestehen aus je 56 Zellen III PO. 17 der Russischen Tudor-Akkumulatorenfabrik und sind unter bestimmte Wagen verteilt, so daß nicht jeder Wagen seine Batterie hat. Für 200 eingerichtete Wagen sind 75 Batterien in Betrieb. Jeder Vollzug besteht aus zehn bis elf Wagen mit im ganzen 269 fest angebrachten Lampen und 49 abnehmbaren Leselampen. Die Lampen sind für eine Spannung von 105

Volt gebaut. Die Hauptleitung durch den Zug hat 70 qmm Querschnitt und beträgt der Spannungsverlust am letzten Wagen 5 Volt.

Es ist beabsichtigt, diese Einrichtungen allmählich durch Einzelwagenbeleuchtung mit Achsantrieb zu ersetzen.

Die Aufstellung eines Turbogenerators im Gepäckwagen, die durch den Dampf des Lokomotivkessels betrieben wird, ist bei einigen nordamerikanischen Bahnen erfolgt, so auf der Chicago-Milwaukee und St. Paul Railroad. Der Dampf wird vom Dampfdom der Lokomotive entnommen und geht durch ein Ventil, welches den Druck auf 6 Atm. herabmindert, dann durch eine Kupplung zur Turbine im Gepäckwagen. Der Dampf wird zugleich für die Heizung des Zuges verwandt. Der geringe Dampfdruck bedingt natürlich eine Turbine von verhältnismäßig großen Abmessungen. Es ist wichtig, daß der Druck in vollkommen gleichmäßiger Höhe auf der Niederdruckseite gehalten wird. Für die Kupplung werden entweder besonders kräftige Gummischläuche von 16 mm innerem Durchmesser mit acht Lagen oder vorzugsweise biegsame Metallrohre verwendet. Der die Maschine enthaltende Wagen bildet meist den ersten Wagen des Zuges; es ist dies nicht unbedingt notwendig, jedoch wird als äußerster Abstand von der Lokomotive der vierte Wagen betrachtet. Die Turbinen sind ausschließlich Bauart Curtis der General Electric Co. Ihre Leistungen betragen 15, 20 und vorzugsweise 25 PS. Turbinen von 25 PS besitzen fünf Schaufelräder von 762 mm Durchmesser, von denen zwei feststehend sind; Drehzahl 3600. Die Dynamo ist zweipolig mit Hilfspolen und zwei Satz Bürsten. Die Spannung beträgt 64 Volt. Die Ladung der Batterien erfolgt meist während der Fahrt und bei brennenden Lampen. Einzelne Anlagen laden nur während der Tagesfahrt, andere auch teilweise auf den Endstationen. Die Ladung während der Beleuchtungszeit ist natürlich die beste und wirtschaftlichste, da hierbei an Dampf gespart wird und der Wirkungsgrad durch die bessere Ausnutzung der Maschine erhöht wird, doch bedingt sie besondere Einrichtungen für die Spannungsregelung.

Die Abb. 36 gibt das Schaltbild der Anlage der Chicago-Milwaukee & St. Paul Railway wieder. Die Maschinenanlage eines Zuges besteht aus einem 20 kW Turbogenerator und drei Batterien, jede zu 32 Zellen von 300 Amp.-Stunden. Eine Batterie befindet sich im Maschinenwagen, die anderen beiden sind im Zuge verteilt.

Durch den ganzen Zug gehen vom Maschinenwagen aus drei Leitungen. Die Batterien sind an die Leitungen $+M$ und $-M$, die Lampen an $+M$ und $-L$ angeschlossen. Die lösbaren Verbindungen (loops genannt) zwischen den Leitungen $-M$ und $-L$ sind während des Lichtbetriebes geöffnet, bis auf die des letzten, von der Maschine entferntesten Wagens. Dabei erhalten die Batterien etwas höhere Spannung als die Lampen entsprechend dem Spannungsabfall in der Leitung. Wenn die Batterien geladen werden, wird die lösbare Kupplung am Ende des Zuges geöffnet und der dreipolige Schalter auf dem Schaltbrett geschlossen, so daß der Zug jetzt zwei besondere Leitungsnetze mit einem gemeinsamen positiven Leiter hat. Ein von Hand regelbarer

Lampenwiderstand ist in den Lampenstromkreis eingeschaltet, durch welchen die Lampenspannung auf gleicher Höhe gehalten wird, während die Maschinenspannung jeden gewünschten Wert annehmen kann, um die Batterien aufzuladen. Die Batterien sind so groß bemessen, daß sie alle Lampen des Zuges während 3 Stunden beleuchten können, die Hälfte während 6 Stunden. Nur wenn der Lampenstrom weniger als 100 Amp. beträgt, wird geladen.

Bei der Head End-Beleuchtung, wie die geschlossene Zugbeleuchtung in Amerika genannt wird, führen drei Leitungen durch den Zug (Schleifenleitung) zu dem Zwecke, die Spannung an allen Lampen möglichst gleich zu halten. Die Kuppelungen Gibbs Nr.3 (siehe S. 186) zwischen den Wagen ist vorgeschrieben. Als Spannung wird allgemein eine solche von 64 Volt angenommen, ebenso ist der Leitungsplan des Wagens einheitlich, so daß alle Wagen ohne weiteres auf den Linien der verschiedenen Eisenbahngesellschaften verkehren können.

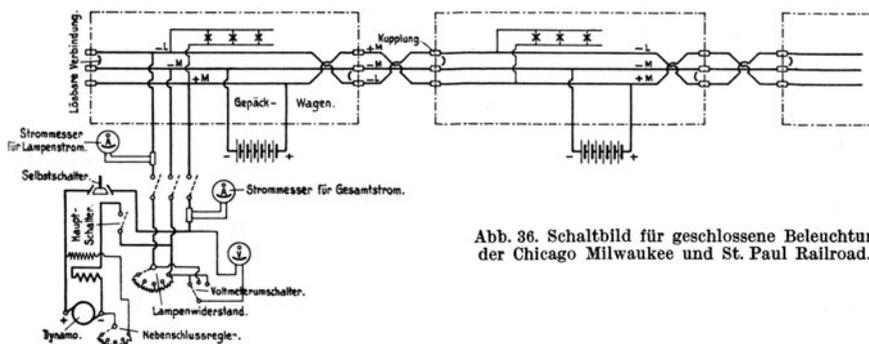


Abb. 36. Schaltbild für geschlossene Beleuchtung der Chicago Milwaukee und St. Paul Railroad.

2. Aufstellung des Maschinensatzes auf der Lokomotive. — Lokomotivbeleuchtung.

Die Beleuchtung eines Zuges von der Lokomotive aus erfolgt ausschließlich durch Turbogeneratoren; Dampfmaschinen haben sich, bei den starken Erschütterungen der Lokomotiven, nicht bewährt. Da diese Anordnung in neuerer Zeit besonders durch die Einführung der elektrischen Lokomotivbeleuchtung erhöhte Beachtung findet, so sei zuerst auf die reine Lokomotivbeleuchtung eingegangen.

a) Lokomotivbeleuchtung.

Die Beleuchtung der Lokomotiven erfolgt meist durch Petroleum, in Deutschland vorzugsweise mit Ölgas; der Gasbehälter wird vielfach vor dem Dampfkessel gelagert. Lampen sind erforderlich für die Positionslaternen und den Führerraum. Es ist klar, daß die Petroleumbeleuchtung für die Unterhaltung viel Arbeit erfordert und ungenügendes Licht erzeugt. Besser und einfacher ist die Gasbeleuchtung. Die elektrische Beleuchtung bietet dagegen sehr viele Vorteile, besonders aber weitaus besseres Licht, was besonders für die Positionslaternen wesentlich ist, um eine gute Aussicht über die Strecke zu haben. Es ist

daher eine allgemeine Einführung dieser Einrichtungen in naher Zukunft zu erwarten. Die Einführung wird besonders dadurch noch begünstigt, daß es erforderlich werden wird, kleine Turbogeneratoren zur Erzeugung elektrischer Kraft auf der Lokomotive für die Sicherung des Zuges aufzustellen. Das Streben geht bekanntlich gegenwärtig dahin, die Züge dadurch zu sichern, daß sie von dem Stationsgebäude aus in ihrem Lauf auf Erfordernis angehalten werden können.

Die ersten Versuche, elektrische Lokomotivbeleuchtung einzuführen, wurden in den Vereinigten Staaten angestellt, wo die Verhältnisse die Beleuchtung der Strecke vor der Lokomotive in weiter Entfernung vielfach besonders wünschenswert machen. Es wurden kleine Turbinendynamos auf der Lokomotive aufgestellt; die Scheinwerfer besaßen Bogenlampenlicht. Sie wurden auf der Stirnseite des Lokomotivkessels befestigt; man erreichte hiermit eine gute Beleuchtung und bessere Übersicht der Strecke. Allmählich sind die Bogenlampen durch Metalldrahtlampen ersetzt worden, die jetzt ausschließlich Verwendung finden.

Die Einführung der elektrischen Beleuchtung wurde in Amerika beschleunigt dadurch, daß die Interstate Commerce Commission in Washington im Dezember 1916 Laws Rules and Instructions for Inspection and Testing for Steam-Lokomotives and Tenders herausgab, die u. a. bestimmten, daß alle Lokomotiven bis zum 1. Juli 1920 mit Scheinwerfern ausgerüstet sein müßten.

Die Vorschriften Nr. 29 und 31 lauten:

Beleuchtung.

29. Lokomotiven im Fahrbetrieb.

Jede Lokomotive für Fahrbetrieb hat zwischen Sonnenuntergang und -aufgang eine Stirnlampe zu führen, die genügend Licht gibt, daß eine Person im Führerstand, die das gewöhnliche Sehvermögen, wie es für Lokomotivführer verlangt wird, besitzt, in klarer Luft einen dunklen Gegenstand von den Maßen eines aufrechtstehenden Mannes durchschnittlicher Größe auf eine Entfernung von wenigstens 800 Fuß (244 m) voraus und vor der Lampe sehen kann und ist eine solche Lampe in gutem Zustand zu erhalten.

Jede Lokomotive für Fahrbetrieb, welche regelmäßig einen Teil ihrer Fahrt, ausgenommen, wenn es sich um Zuführung eines abgetrennten Teiles des Zuges oder um Bahnhofsbewegungen handelt, rückwärts fährt, hat an ihrer Rückseite eine Lampe zu führen, die den obigen Ansprüchen genügt.

Solche Lampen müssen eine Vorrichtung besitzen, durch welche die Helligkeit in Verschiebe- oder Personenbahnhöfen (in Yards and at stations) oder bei Zugbewegungen herabgemindert werden können.

31. Lokomotiven für Verschiebedienst.

Jede Lokomotive für Verschiebedienst hat zwischen Sonnenuntergang und -aufgang zwei Lampen zu führen, eine an der vorderen, die andere an der hinteren Stirnseite, von denen jede einer Person im Führerstand der Maschine unter den Bedingungen einschließlich Sehvermögen, wie in Vorschrift 29 festgesetzt, es ermöglicht, einen dunklen Gegenstand, wie dort beschrieben, auf eine Entfernung von wenigstens 300 Fuß (91 m) voraus und vor einer Lampe zu erkennen und müssen solche Lampen in gutem Zustand erhalten werden.

Eine solche Einrichtung wird in Amerika Head Light genannt. Die Turbinen-Dynamomaschine wird in Amerika allgemein zur reinen Lokomotivbeleuchtung für eine Leistung von 500 Watt gebaut. Sie wird vorzugsweise auf dem Kessel aufgestellt, und zwar möglichst nahe dem

Führerstand an der linken Seite, damit der entströmende Dampf der Turbine den Führer im Ausblick auf die Strecke nicht behindert. Vielfach steht sie auf der Plattform vor dem Kessel oder auf dem vorderen Ende des Laufbrettes.

Die Leistung von 500 Watt soll die Maschine bei Dampfdruck von 6—14 Atm. erzielen. Eine Spannung von 32 Volt ist allgemein eingeführt.

Jede Lokomotive hat auf der oberen Stirnseite des Kessels vor dem Schornstein einen Scheinwerfer mit parabolischem Spiegel, in dessen Brennpunkt der Faden der Glühlampe sich befindet. Für Lokomotiven im Fahrdienst wird eine Glühlampe von 250 Watt bzw. 150 Watt benutzt, für Verschiebelokomotiven solche von 100 Watt, für die Lampe des Führerstandes solche von 15 Watt. Soll die Helligkeit des Scheinwerfers herabgemindert werden, so wird ein Widerstand vor die Lampen geschaltet. Für das Leitungsnetz dient Draht, dessen Isolation möglichst hohe Temperatur verträgt. Die Verlegung erfolgt in Rohr und derart, daß das gesamte Netz bei größeren Instandsetzungen der Lokomotive leicht entfernt und wieder angebracht werden kann. Für die Lieferung von den in Amerika gebräuchlichen Bauarten seien folgende Firmen genannt: Electric Service Supplies Co., Philadelphia, General Electric Co., Schenectady, Pyle National Co., Chicago, Sunbeam Electric Manufacturing Co.

Dem Vorgange in Amerika folgend, haben auch deutsche Firmen den Bau solcher Maschinensätze aufgenommen. Auf deutschen Bahnen werden keine Scheinwerfer verwendet; die bisherigen Positionslampen der Lokomotiven sind beibehalten. Sie erhalten Glühlampen von 25—60 Wattverbrauch.

Es stellen solche Lokomotiv-Beleuchtungseinrichtungen her: die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Turbinenfabrik, Brown, Boveri & Cie., Melms & Pfenniger, Hentschel & Sohn, Kassel. Die Maschine der AEG, Abb. 37, welche für eine Spannung von 24 und 32 Volt geliefert wird, arbeitet mit 3600 Umdr./Min., wiegt 65 kg und hat folgende Abmessungen: Länge 665 mm, Breite 260 mm und Höhe 265 mm.

Das Turbinenrad aus Stahl ist fliegend auf der zweifach gelagerten Welle des Generators mit geschlitzter Konusbuchse befestigt, sodaß eine genaue Zentrierung und ein leichter Ausbau des Rades gewährleistet ist. Es wird durch eine Freistrahldüse axial beaufschlagt und hat hart aufgelötete Schaufeln. Eine Umkehrschaufel führt den Dampf ein zweites Mal auf das Rad.

Die beiden Traglager sind hochschultrige Kugellager, die auch den vom Regulator herrührenden geringen Axialschub aufnehmen und nur einer einmaligen jährlichen Schmierung bedürfen.

Der Regulator ist ein unmittelbar wirkender Fliehkraftregler mit Federbelastung. Die Regulatorgewichte sind mit gehärteten Schneiden unmittelbar auf Tragarmen des Laufrades gelagert. Die Winkelhebel

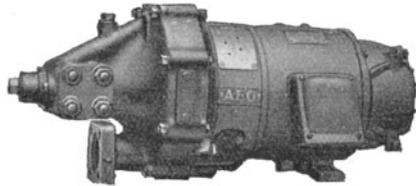


Abb. 37. Turbogenerator der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft.

des Regulators übertragen ihre Bewegung durch gehärtete Zapfen und gehärtete Buchsen auf die fliegende Druckscheibe aus hartem nicht-rostendem Stahl, die ihre Richtung allein durch das Anlegen an eine harte Kohlscheibe erhält. Die Kohlscheibe selbst wird durch den Regulatorschieber geführt und durch die Zusatzfeder in axialer Richtung an die Druckscheibe angepreßt. Druckscheibe und Kohlscheibe übertragen die Bewegung der Regulatorgewichte unmittelbar auf den Regulierschieber.

Der Regulierschieber ist zu diesem Zweck axial in Verlängerung der Turbinenwelle angeordnet. Er ist ein vollständig vom Dampfdruck entlasteter Rundschieber und besteht aus nichtrostendem Stahl. Die Schieberbuchse dagegen besteht aus Monelmetall, so daß ein Festsitzen durch Einrosten nach längerem Stillstand oder ein Abnutzen durch die Dampfströmung selbst nach längerer Betriebszeit nicht vorkommen kann. Schieber und Schieberbuchse sind mit sorgfältig ausprobiertem Spiel versehen. Ein gehärteter Querkeil am Ende des Schiebers verhindert die Drehung des Schiebers, der an dem entsprechenden Ende ebenfalls gehärtet ist. Diese einfache Vorrichtung ermöglicht die Einstellung des Regulierschiebers in axialer Richtung. Eine Überwurfmutter über die Druckscheibe und die Kohlscheibe sichert die Rückwärtsbewegung des Schiebers, falls er einmal durch unreinen Dampf zeitweilig festsitzen sollte. Die Zugfeder des Regulators kann durch zwei Schrauben, die von außen zugänglich sind, eingestellt werden.

Die Dampfdüse besteht aus Stahl, die Umkehrschaufel aus Bronze.

Turbine und Generator sind auch durch ein durchbrochenes Gehäuse verbunden und stehen zusammen auf nur 3 Füßen, so daß ein Verspannen beim Anziehen der Fundamentschrauben ausgeschlossen ist.

Die Welle des Turbogenerators ist beim Durchtritt durch das Gehäuse durch zwei stillstehende, überlappt geschlitzte, gegen das Gehäuse federnde Kolbenringe gedichtet. Der Raum zwischen den beiden Kolbenringen ist mit Anschluß für ein Dunstrohr von $\frac{1}{4}$ " l. W. versehen und dadurch mit der Außenluft verbunden; hierdurch hat der hinterste Kolbenring niemals gegen Überdruck zu dichten, auch wenn im Gehäuse ein geringer Überdruck durch Betrieb auf den Vorwärmer entstehen sollte. Das Dunstrohr kann nötigenfalls unter den Kessel geführt werden. Es liefert entweder gar keinen oder im schlimmsten Falle nur eine unbedeutende Menge von Sickerdampf.

Der Verbundgenerator ist als normale ventiliert geschützte Lager-schildmaschine ausgeführt; er besitzt 2 Hauptpole, 1 Hilfspol sowie eine Verbundwicklung, der die Aufgabe zufällt, bei Belastungsänderungen zwischen Leerlauf und Vollast die Spannung konstant zu halten.

Die Lager sind als Kugellager ausgebildet. Die Wicklungen sind sorgfältig isoliert und imprägniert und werden durch einen Lüfter kräftig gekühlt. Dieser saugt die Luft durch die Öffnungen an und treibt sie durch die Polzwischenräume hindurch und über den Kommutator hinweg wieder ins Freie. Die Lüfterflügel stehen radial, so daß die Drehrichtung ohne Einfluß ist.

Abb. 38 zeigt das Schaltbild der Maschine, Abb. 39 das einer Lokomotivbeleuchtung.

Die Vorzüge der elektrischen Lokomotivbeleuchtung bestehen, abgesehen von der besseren Lichtwirkung in der steten Betriebsbereitschaft, der unbedingten Betriebssicherheit, der Einfachheit und Sauberkeit, der vollständigen Gefahrlosigkeit bei Zusammenstoßen und der Möglichkeit, an verschiedenen Stellen der Lokomotive Glühlampen oder Steckdosen zum Anschluß einer tragbaren Handlampe anzubringen. Schließlich ist zu bemerken, daß die Maschine sehr wirtschaftlich arbeitet. Der Dampfverbrauch wird für die Turbine der AEG mit 57 kg bei Vollast und mit 26 kg bei Leerlauf angegeben. Die Turbine arbeitet also mit großer Wirtschaftlichkeit; auch die Kosten für Wartung und Pflege sind wesentlich geringer als bei Öl- und Gasbeleuchtung.

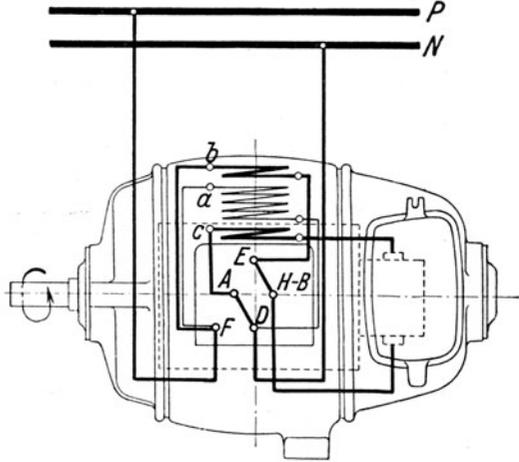


Abb. 38. Schaltbild der Maschine.
a Hauptfeld, b Verbundwicklung, c Wendefeld.

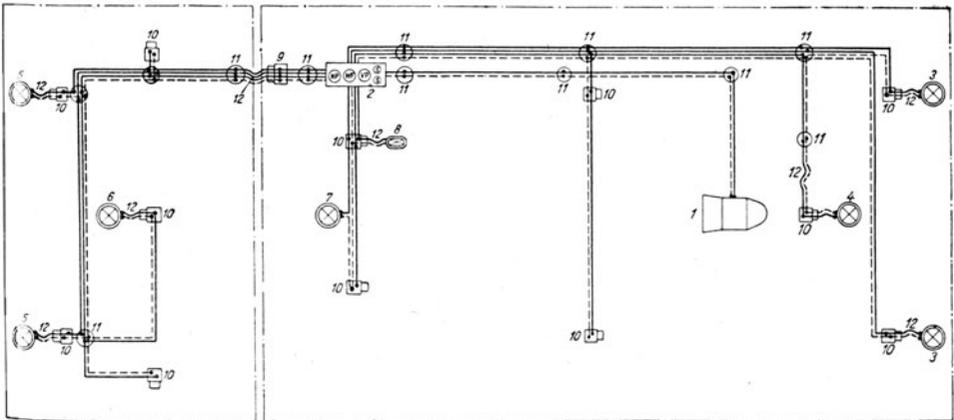


Abb. 39. Leitungsplan einer Lokomotivbeleuchtungseinrichtung. 1 Turbogenerator, 2 Schaltkasten, 3 Vordere Streckenlaternen, 4 Vordere Signallaterne, 5 Hintere Streckenlaterne, 6 Hintere Signallaterne, 7 Führerhausdeckenlampe, 8 Wasserstands Lampe, 9 Vierpolige Kupplung, 10 Steckdosen zum Anschluß der Laternen und Handlampe, 11 Verteilungsdosen, 12 Bandpanzerkabel als Verbindungsleitung.

b) Zugbeleuchtung von der Lokomotive aus.

Es liegt nahe, den Maschinensatz auf der Lokomotive, der ja bei 500 Watt Leistung nicht voll ausgenutzt ist, zur Beleuchtung einiger Wagen des Zuges heranzuziehen oder gegebenenfalls unter Erhöhung der

Leistung auf 1 kW, 1,5 kW, 3 kW oder mehr die Beleuchtung eines ganzen Zuges zu bewerkstelligen. Die Beleuchtung des Zuges erlischt natürlich, wenn die Lokomotive vom Zuge abgehängt wird. Ist dies nicht zulässig, so muß man eine oder mehrere Batterien in dem Zuge aufstellen. Für einfache Betriebsverhältnisse genügt es, wenn bei Verwendung von Batterien diese nur am Tage aufgeladen werden, so daß während der Beleuchtungszeit die Spannung der Dynamomaschine der Lichtspannung entspricht. Zur Aufladung der Batterien wird die Verbundwicklung der Dynamomaschine abgeschaltet, damit die Spannung der Dynamomaschine sich erhöht. Die Schaltung von Ladung auf Lichtbetrieb kann entweder von Hand oder selbsttätig erfolgen. Abb. 40 gibt eine Schaltung der Gesellschaft für elektrische Zugbeleuchtung m. b. H. mit selbsttätiger Umschaltung wieder. In dieser ist K die Verbundwicklung, M die Nebenschlußwicklung, welcher der Widerstand r vorgeschaltet ist. Dieser wird so bemessen, daß die Maschine in Verbundschaltung auf gleichbleibende Spannung arbeitet. Während dieser Zeit

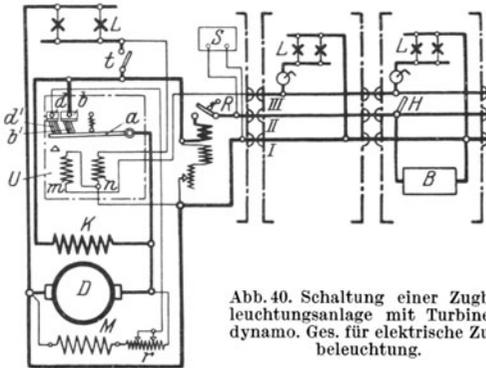


Abb. 40. Schaltung einer Zugbeleuchtungsanlage mit Turbinendynamo. Ges. für elektrische Zugbeleuchtung.

fließt in die Batterie kein nennenswerter Strom. Die Aufladung erfolgt am Tage durch Umschalten der Dynamomaschine von Verbund- auf Nebenschlußwicklung durch den selbsttätigen Umschalter U . Dieser besitzt zwei Wicklungen m und n ; n wird durch den Schalter t gleichzeitig mit dem Einschalten der Lokomotivbeleuchtung und m durch den Hauptschalter H gleichzeitig mit dem Einschalten der Beleuchtung des Zuges über die Kupplung III an Spannung gelegt. Bei angezogenem Anker a geht der Maschinenstrom durch die Wicklung K ; die Maschine arbeitet dann auf Lampenspannung.

Wenn bei Tagfahrt durch den Schalter t auf der Lokomotive bzw. den Hauptschalter H im Batteriewagen die gesamte Beleuchtung des Zuges abgeschaltet ist, sind auch die beiden Wicklungen m und n des Umschalters U stromlos und der Anker a fällt ab. In der Ruhelage ist durch die Kontakte b und b^I die Verbundwicklung K überbrückt und die Maschine arbeitet als gewöhnliche Nebenschlußmaschine. Gleichzeitig ist durch die Kontakte d und d^I die Widerstandsstufe r überbrückt. Der Erregerstrom in der Nebenschlußwicklung M ist dann so eingestellt, daß bei Beginn der Ladung die Dynamomaschine der höchstzulässigen Ladestrom liefert, wohingegen mit steigender Batteriespannung dieser abnimmt.

Der Selbstschalter R unterbricht bei Abschalten des Maschinenstromes die Leitung nach dem Zuge, so daß bei Abstellen der Turbine kein Strom aus der Batterie in die Maschine fließen kann.

Der Lademelder *S*, dessen Erregerspule an die Leitungen I und II angeschlossen ist, gibt, wenn die Batterie ihre höchste Ladespannung erreicht hat, ein Signal durch Aufleuchten einer Lampe, das den Führer zum Abstellen der Maschine auffordert.

Eine ähnliche Anordnung ist bei der Beleuchtung eines Zuges der sächsischen Schmalspurbahn Hainsberg-Kipsdorf in Anwendung gekommen. Auf der Lokomotive ist eine 5 PS-Turbinendynamo aufgestellt. Betriebsspannung ist 85 Volt. Im Packwagen befindet sich eine Batterie aus 44 Elementen der Type III GO 50 der Accumulatoren-Fabrik Aktiengesellschaft mit 111 Amp.-Std. bei 10stündiger Entladezeit. Die Schaltung ist nach Abb. 41 ausgeführt. Die Einrichtung der Lokomotive ist durch die Fahrzeugbeleuchtung G. m. b. H. und die der Wagen durch die Gesellschaft für elektrische Zugbeleuchtung m. b. H. geliefert worden.

Bei Vollbahnen ist es für allgemeine Verwendung nicht möglich, den Ladebetrieb vom Lichtbetrieb zu trennen. Es muß also die Ein-

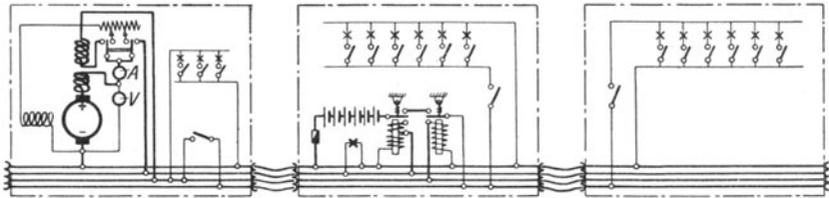


Abb. 41. Schaltbild einer Zugbeleuchtungsanlage der Fahrzeugbeleuchtung G. m. b. H.

richtung so getroffen werden, daß gleichzeitig Ladung und Beleuchtung erfolgen kann.

Die erste Anlage dieser Art ist von der ehemaligen Preußischen Staatsbahn auf Veranlassung von Wittfeld geschaffen worden.

Bereits im Jahre 1902 kam der erste, mit einer derartigen Einrichtung versehene Zug auf der Strecke Berlin-Saßnitz in Betrieb, dem kurz darauf ein zweiter und ein halbes Jahr später zwei Züge auf der Strecke Berlin-Hamburg folgten. Eine eingehende Beschreibung ist von Wichert in Glasers Annalen Band 51, Jahrgang 1902 unter der Überschrift „Die elektrische Beleuchtung einiger D-Züge der Preußischen Staatsbahn-Verwaltung“ erschienen. Die elektrische Energie wurde bei diesen Zügen von 20 PS Turbinendynamos erzeugt, welche auf dem Dampfkessel zwischen Führerhaus und dem Dampfdom aufgestellt waren. Die Turbine Bauart de Laval machte 20000 Umdrehungen, die Dynamomaschine 2000 Umdrehungen in der Minute. Auf dem Führerstand befand sich unter dem Dach, dem Führer bequem erreichbar, der Nebenschlußregler, welcher beim Anlassen der Maschine eingestellt wurde, sowie neben Strom- und Spannungsmesser ein selbsttätiger Ausschalter, welcher den Rückstrom der Batterie in die Dynamomaschine verhüten sollte, wenn aus irgendeinem Grunde die Spannung der Maschine unter diejenige der Batterie sank. Der Hauptausschalter befand sich auf der rechten Seite des Führerstandes. Die Dynamomaschine war eine Neben-

schlußmaschine, die einen Strom von 180 Amp. bei 85 Volt Spannung lieferte.

Die Betriebsspannung der Lampen war 50 Volt. Jeder Wagen hatte eine Batterie von 32 Elementen mit einer Leistung von 122 Amp.-Std. bei 24 Amp. Entladestrom. Von der durchgehenden Hauptleitung führte in jedem Wagen eine Ableitung zu der Schalttafel, auf welcher Schalter und Sicherungen für das Lampennetz angebracht waren. Um dem



Abb. 42.
Eisendraht-
widerstand.

Wagenwärter anzuzeigen, daß die Batterien der einzelnen Wagen angeschlossen waren und die elektrische Kupplung der Wagen richtig erfolgt war, waren besondere Kontroll-einrichtungen vorgesehen. Eine Deckenlampe im Seitengang, und zwar die dem Schaltbrett zunächst gelegene, war un-mittelbar an die Batterieleitung angeschlossen. Dieselbe mußte also auch bei offenem Hauptschalter brennen, wenn nur die Batterie eingeschaltet war. Die Kontrolle für richtige Kupplung bestand darin, daß die dem Schaltbrett nächste Vorraumlampe mit einem Pol mit einem Kontakt in der Kupplungsdose in Verbindung stand, welcher nur im Falle richtiger Kupplung mit dem Kupplungsstößel in leitender Berührung war. Diese Lampe brannte also normal vom Licht-leitungsnetz des nächsten Wagens.

Das Wesentlichste der Einrichtung bestand in der Ver-wendung von Eisendrahtwiderständen, welche vor jede Glüh-lampe des Zuges geschaltet wurden.

Die Eisendrahtwiderstände Abb. 42 sind kleine Widerstände in Form einer Glühlampe. An Stelle des Leuchtfadens befindet sich in der Glas-glocke ein durch einen Stützdraht gehaltener feiner, spiralförmig ge-wundener Eisendraht. Eisen eignet sich als Widerstand für diesen Zweck am besten, weil es ein Metall mit hohem Temperaturkoeffizienten

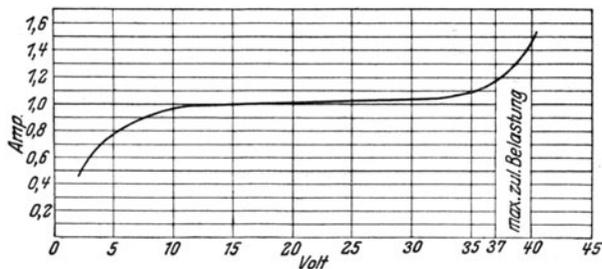


Abb. 43. Schaulinie über die Wirkungsweise eines Eisendrahtwiderstandes für 1 Amp. bei veränderlicher Spannung.

ist, und weil es innerhalb gewisser Temperaturgrenzen, etwa im Zustand der Dunkelrotglut, die Eigenschaft besitzt, daß schon bei sehr geringem Stromzuwachs der Spannungsunterschied an den Enden außerordentlich stark ansteigt. Aus diesem Grunde wirkt ein solcher Widerstand inner-halb dieser bestimmten Temperaturgrenzen wie ein Apparat, welcher die Stromstärke selbsttätig konstant hält. Der Eisendraht befindet sich in einem indifferenten Gas. Abb. 43 stellt den Verlauf der Stromstärke

bei schwankender Spannung dar, und zwar bei einem Eisendrahtwiderstand für ein Regelungsgebiet von 10—30 Volt bei 1 Amp. Der Eisendrahtwiderstand wird direkt in Reihe mit einer Glühlampe geschaltet und muß mit derselben in bezug auf Stromstärke nahezu übereinstimmen.

Durch die Verwendung der Eisendrahtwiderstände war es möglich, eine gute Regelung für die Lampen sämtlicher Wagen eines Zuges unter Wegfall aller beweglichen Regelungsapparate herzustellen, so daß eine Aufladung der Batterien während der Beleuchtungszeit erfolgen konnte, und ferner, mit zwei Leitungen durch den ganzen Zug statt mit drei Leitungen auszukommen.

Der Nachteil dieser Eisendrahtwiderstände liegt in dem durch sie bedingten Energieverlust. Da die Regelung der Eisendrahtwiderstände erst bei einer bestimmten höheren Spannung als der Lampenspannung, welche von der geforderten Größe des Regelungsbereiches bedingt ist, beginnt, so ist man gezwungen, die Zahl der Elemente größer zu wählen, als der Lampenspannung entspricht. Statt der einer Spannung von 50 Volt entsprechenden Batterie von 28 Zellen muß man 32 Zellen nehmen, und infolgedessen hat jeder Wagen der beschriebenen Einrichtung eine Batterie von 32 Zellen mit 122 Amp./Std. bei 5stündiger Entladung gehabt. Der Verlust kann auch verringert werden dadurch, daß man die Zahl der Elemente geringer wählt und etwas größere Spannungsschwankungen an den Lampen in Kauf nimmt.

Die Lieferung der Einrichtungen wurde durch die Accumulatoren-Fabrik AG. ausgeführt. Die Maschinen waren Fabrikat der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft und der Siemens-Schuckertwerke AG. Ausgerüstet wurden im ganzen 24 Lokomotiven und 57 D-Zugwagen.

Die Lokomotiveinrichtungen haben sich im Betriebe vorzüglich bewährt. In Anbetracht der großen Anzahl der Lokomotiven, welche für die Züge ausgerüstet werden müssen, haben sich jedoch die Anschaffungskosten sehr hoch gestellt, und ist man infolgedessen bei der ehemaligen Preußischen Staatsbahn dazu übergegangen, statt der Lokomotiven die Gepäckwagen mit von der Achse angetriebenen Maschinen auszurüsten.

In den Vereinigten Staaten hat sich die Turbinen-Zugbeleuchtung in größerem Umfange für Vorortzüge und Nebenbahnen eingeführt. In den meisten Fällen werden Turbinensätze von $7\frac{1}{2}$ kW Leistung vorgesehen. Doch hat jetzt z. B. die Chicago, Rock Island & Pacific Railroad infolge Verstärkung der Züge Turbinensätze von 12 kW beschafft. Aber auch Schnellzüge sind auf diese Weise in Amerika erleuchtet. Die bereits auf S. 52 beschriebenen Einrichtungen der Chicago Milwaukee und Saint-Paul Railway sind in Betrieb, sowohl mit Aufstellung der Maschine im Gepäckwagen, als auch mit Aufstellung auf der Lokomotive. Die Einrichtung des Zuges ist in beiden Fällen die gleiche. Im Jahre 1925 hatte die Verwaltung im ganzen 68 Turbinensätze in Betrieb gehabt, von denen ein Teil im Gepäckwagen und der andere Teil auf der Lokomotive stand. Dazu hatte sie 660 mit Leitungsnetz und 208 mit Batterien ausgerüstete Wagen, also im ganzen 940 Wagen bei einem aus 1600 Wagen bestehenden Park.

Gleiche oder nur wenig abweichende Einrichtungen besitzt die Great Northern Railway Co., Chicago-Burlington und Quincy Railway, sowie die South Pacific Railway.

Aufladungen während der Tagesfahrt bzw. auf den Endstationen hat die Union Pacific Railway eingeführt.

Turbinenlicht ist für Vollbahnbetrieb nur in ganz besonderen Fällen geeignet; bei vollständig in sich geschlossenen Zügen ohne Zu- und Abgang von Wagen während der Fahrt. Es dürfte wohl fast immer erforderlich sein, während des Lichtbetriebes auch die Aufladung vorzunehmen. Eine gleichzeitige Aufladung bedingt aber eine größere Bemessung des Maschinensatzes, da außer dem Höchststrom für Lichtbetrieb auch noch der Ladestrom für die Batterien von der Maschine zu decken ist. Ebenso muß die Stärke der Kupplungen und die der durchführenden Leitungen für den größeren Strom berechnet werden. Aus diesem Grunde sind diese Einrichtungen teurer. Schließlich muß noch hervorgehoben werden, daß der Lokomotivführer durch die Bedienung, wenn sie auch nur eine sehr einfache ist, von seinen sonstigen verantwortlichen Obliegenheiten abgezogen wird.

Die Einführung nur weniger Züge stellt sich wesentlich teurer, da naturgemäß eine große Zahl von Lokomotiven, die überhaupt für den Betrieb dieses Zuges in Frage kommen können, auch mit Maschinensätzen ausgerüstet werden müssen, so daß also für verhältnismäßig wenig Wagen sehr viele Maschinensätze erforderlich sind. Günstiger wird erst das Verhältnis werden, wenn der Betrieb allgemeiner eingeführt würde.

B. Die Beleuchtung mit Maschinen, deren Antrieb durch die Wagenachse erfolgt.

Die wichtigste Art des Maschinenantriebes für Zugbeleuchtung ist der Antrieb durch die Wagenachse. Die elektrische Wagenbeleuchtung hat durch Einführung und Durchbildung desselben im wesentlichen erst die Bedeutung und Verbreitung erlangen können, die sie gegenwärtig hat. Der Achsenantrieb ist sowohl für geschlossene Zugbeleuchtung, als auch für Einzelwagen verwendbar. Als geschlossene Beleuchtung dient er für Vorortzüge und Kleinbahnen, wird aber auch im Schnellzugsbetrieb mit Erfolg benutzt. In größtem Umfange ist er jedoch als Einzelwagenbeleuchtung in Anwendung. In England und Amerika nennt man die Einrichtung kurz *axle light* — Achsenbeleuchtung.

Die Bedingungen, denen eine gute Einrichtung entsprechen muß, sind nicht leicht zu erfüllen und die Schwierigkeiten, die sich einer guten Lösung entgegenstellen, haben eine recht beträchtliche Anzahl von Erfindern auf den Plan gerufen. Es bestehen jetzt eine Reihe guter Bauarten, die allen Betriebsbedingungen genügen.

Die Achsenbeleuchtung muß vor allem die Bedingung erfüllen, daß die Beleuchtung unabhängig von der Richtung und Geschwindigkeit des Zuges, von der Zahl und Dauer der Aufenthalte ist. Sie erfordert unbedingt die Verwendung von Sammlern, welche die Beleuchtung bei Still-

stand des Zuges oder langsamer Fahrt unterhalten. Sie erfordert weiter, daß die Maschine bald nach der Anfahrt bei einer bestimmten Geschwindigkeit mit Erreichung der Batteriespannung sich selbsttätig in den Stromkreis einschaltet und bei Nachlassen der Geschwindigkeit ebenso wieder ausschaltet, damit die Batterie sich nicht in die Maschine entladen kann, und ferner stets Strom im gleichen Sinne abgibt, welches auch die Fahrtrichtung und dementsprechend die Drehrichtung der Maschine ist. — Sie erfordert ferner, daß die Spannung an den Lampen durch entsprechende Vorkehrungen, innerhalb gewisser Grenzen, auf gleicher Höhe gehalten wird und nicht mit steigender und abnehmender Geschwindigkeit des Zuges sich ändert. Dabei muß die Maschinenspannung sich so hoch steigern lassen, daß die Batterie voll geladen werden kann. Da nun die Ladespannung einer Batterie höher ist als die Entladespannung und letztere der Lampenspannung entsprechen soll, so ist bei der vorzunehmenden Regelung hierauf Rücksicht zu nehmen. Ein Zucken der Lampen oder ein starkes plötzliches Schwanken des Lichtes darf nicht in höherem Maße eintreten, als dies für gute ortsfeste Beleuchtungsanlagen gilt. Zuckendes oder schnell schwankendes Licht ist außerordentlich unangenehm und nachteilig für die Augen.

Bei der Beleuchtung eines ganzen Zuges von einem Wagen aus darf die Spannung sich nicht nennenswert ändern durch Zu- oder Abschaltung der Beleuchtungsnetze ganzer Wagen. Es kann bei der geschlossenen Beleuchtung vorkommen, daß nur in einem Wagen des Zuges Licht eingeschaltet ist, es kann vorkommen, daß der Zug bald wenig Wagen, bald deren viele führt. Alle diese hierdurch bedingten großen Schwankungen des Kraftbedarfs sind bei Einzelwagenbeleuchtung in diesem Maße nicht vorhanden. Die Maschine muß groß genug bemessen sein, um den höchstvorkommenden Lichtbedarf zu decken und noch einen mehr oder minder großen Teil der Stromerzeugung für die Aufladung der Batterien zur Verfügung zu stellen. Bei Vorhandensein mehrerer Maschinen in einem Zuge, die auf die Lampennetze sämtlicher Wagen arbeiten, muß eine Überbeanspruchung einzelner Maschinen vermieden werden, falls eine Maschine während des Betriebes aus irgendeinem Grunde ausfällt. Eine Regelungsart, welche für Einzelwagenbeleuchtung genügt, ist deshalb keineswegs für die geschlossene Zugbeleuchtung eines Zuges geeignet.

Die Einrichtung einer Achsenbeleuchtung umfaßt außer der Maschine, Batterie, den Leitungs- und Installationsstoffen im allgemeinen folgende Teile:

1. Die Antriebs- und Aufhängevorrichtung der Maschine.
2. Einen Selbstschalter, welcher die Maschine in den Stromkreis schaltet, sobald deren Spannung die Spannung der Batterie überschreitet und ebenso dieselbe wieder abschaltet, sobald die Spannung der Maschine sinkt: Den Maschinenselbstschalter.
3. Eine Vorrichtung, die Maschinenspannung entsprechend dem Erfordernis der Ladung der Batterie zu regeln: Den Maschinenregler.
4. Eine Vorrichtung zur Verhütung der Überladung der Batterie: Den Spannungsbegrenzer.

5. Eine Vorrichtung, die Spannung an den Lampen möglichst gleichmäßig zu halten: Den Lampenregler.

6. Eine Vorrichtung, bei Fahrtrichtungsänderung die Pole der Maschine umzuschalten: Den Polwechseler.

Hierzu kommt noch bei den Bauarten, welche zwei Batterien verwenden, ein Umschalter für diese Batterien.

Apparate, wie sie die Zugbeleuchtung benötigt, sind in verschiedenster Ausführung für ortsfeste Anlagen schon lange mit gutem Erfolge in Benutzung. Ihre Übertragung auf die Wagenbeleuchtung ist nicht ohne weiteres angängig, und wo sie versucht wurde, hat sie vielfach zu Mißerfolgen geführt. Es ist zu berücksichtigen, daß diese selbsttätigen Vorrichtungen meist ohne jede Beaufsichtigung in Betrieb sind und erst innerhalb größerer Zwischenräume nachgesehen werden können, daß sie ferner den Einflüssen der Witterung, schnellem Temperaturwechsel, Staub, Feuchtigkeit usw. unterworfen sind, und daß deshalb ihr Bau diesen Verhältnissen angepaßt und ein in jeder Beziehung kräftiger und widerstandsfähiger sein muß.

1. Aufhängung und Antrieb der Maschine.

Die Aufhängung der Maschine erfolgt am Wagenuntergestell an geeigneter Stelle; bei Drehgestellwagen entweder am Drehgestell, und zwar an einem Ausleger an der Stirnseite des Querträgers oder am Wagenuntergestell. In besonderen Fällen, die eine Anordnung der Maschine unter dem Wagen nicht gestatten, wie häufig bei Schmalspurbahnen, wird die Maschine auch im Gepäckwagen oder in einem besonderen Raume eines Personenwagens aufgestellt.

Die Maschinen besitzen meist Kugel- oder Rollenlager, deren Ein- und Ausbau leicht bewerkstelligt werden kann; sie sind für Fettschmierung eingerichtet. Eine Füllung reicht für eine 6- bis 12monatliche Betriebszeit. Die Maschine ist staubfrei und wasserdicht abgeschlossen. Sie bedarf keiner besonderen Überwachung im Betriebe. Es muß genügen, wenn bei der jährlichen zweimaligen Prüfung der Maschine eine Reinigung und Neufüllung der Lager, das Ausblasen der Maschine, wie eine Kontrolle der Kohlenbürsten erfolgt.

Die Maschine wird mit zwei Augen des Magnetgehäuses an einem Tragbolzen aufgehängt, der in zwei Bohrungen des Auslegers des Drehgestelles oder des Aufhängeeisens am Wagenuntergestell gelagert ist. Sie muß in den Augen leicht drehbar sein. Bei größeren Maschinen wird eine Schmierung der Bolzen und Lager vorgesehen.

Der Antrieb erfolgt weit überwiegend durch Flachriemen. Neben diesem ist der Keigliederriemen in Gebrauch. Zahnrad- und Schneckenantrieb hat sich nicht bewährt. Diesen steht besonders die Notwendigkeit entgegen, Lager auf der Wagenachse anzuordnen, die regelmäßig nachgesehen werden müssen, was im Betriebe in den meisten Fällen ausgeschlossen ist. Reibungsräder, wie sie von Auvert und Böhm vorge schlagen und versucht sind, haben sich ebenfalls als nicht geeignet bewiesen. Kette wurde nur mit teilweiseem Erfolge benutzt, und zwar die Morsekette unter Verwendung einer Reibungskupplung; letztere, um die

im Eisenbahnbetriebe vorkommenden starken Stöße unschädlich zu machen. Neuerdings wird von der Schwedischen Staatsbahn ein Kardanantrieb mit Erfolg benutzt.

An den Riemen werden im Eisenbahnbetriebe ganz besonders hohe Anforderungen gestellt. Es kann nur ein kurzer Riemenzug Verwendung finden. Die Länge des Riemens ist bei Drehgestellaufhängung 3—3,3 m und bei Untergestellaufhängung 4—5 m. Bei einem Durchmesser der Achsenriemenscheibe von 500 mm, einem Raddurchmesser von 960 mm beträgt die Riemengeschwindigkeit bei einer Zuggeschwindigkeit von 80 km 11,6 m/sec, von 100 km 14,5 m/sec.

Während der Fahrt verändert die Wagenachse dauernd ihre Lage zum Wagen oder Drehgestell, wodurch nachteilig wirkende Überbeanspruchungen eintreten.

Da bei Bauarten mit selbsttätigen Nebenschlußreglern bei einer verhältnismäßig niedrigen Drehzahl die Maschine schon ihre Vollleistung abgibt, z. B. die Maschine der Bauart Dick zwischen 500 bis 600 Umdrehungen pro Minute, so hat der Antriebsriemen ein sehr großes Drehmoment zu überwinden, das mit steigender Drehzahl und gleichbleibender Leistungsabgabe geringer wird. Deshalb tritt die Gefahr des Riemengleitens ein, kurz nachdem die Maschine vom Maschinenselbstschalter auf den Batteriestromkreis geschaltet worden ist. Dieses Schalten erfolgt, sobald beim Anfahren des Zuges die Spannung der Maschine etwas über die Ruhespannung der Batterie gestiegen ist. Der Eintritt des Gleitens muß verhütet werden, da sonst der Riemen nicht mehr zum Haften kommt. Es tritt dann starke Erwärmung durch die Reibung mit der Riemenscheibe ein, die häufig zum Bruch des Riemens führt. Ferner wird beim Bremsen der Riemen plötzlich stark auf Zug beansprucht, da die Radachse schneller zum Stillstand als der Maschinenanker kommt. Aller dieser ungünstigen Verhältnisse wegen muß darauf geachtet werden, daß der Riemen stets stark gespannt ist. Die deutsche Reichsbahn schreibt eine Vorspannung von 120 kg vor. Die Riemenschnalle muß auf richtigen Sitz gehalten werden, damit der Riemen im Querschnitt gleichmäßig beansprucht wird. Die Riemenscheiben müssen in einer geraden Linie stehen und Maschinen- und Radachse genau parallel gerichtet sein. Je kleiner der Dynamoscheibendurchmesser gewählt ist, um so geringer ist die Auflagefläche des Riemens für die Übertragung einer bestimmten Kraft und desto schärfer ist auch die Biegung des Riemens. Der Riemen leidet aber auch durch die Witterung, Regen und Schnee, starken Temperaturwechsel.

Gewöhnliche Lederriemen sind vollständig ungeeignet. Besonders brauchbar hat sich der Balatarriemen in genügend kräftiger Ausführung erwiesen. Ein solcher besteht aus Gewebelagen, die mit Balatamasse durchtränkt sind. Balata ist der geronnene Milchsaff von in Guyana einheimischen Baumarten und ist ein der Guttapercha ähnlicher Körper. Auch mit Gummimasse durchtränkte Geweberiemen finden vielfach Verwendung.

Die Deutsche Reichsbahn verwendet für eine Maschine von 1 kW Leistung einen 110 mm breiten, aus vier Gewebelagen bestehenden, etwa

5 mm starken Riemen. Die zwischenstaatliche Vereinbarung der europäischen Bahnverwaltungen läßt eine größte Breite von 120 mm zu.

Während fast alle Bauarten ein straffes Riemenspannen bedingen, um auf jeden Fall ein Riemengleiten zu vermeiden, beruht die Regelung der Maschinenleistung bei der englischen Bauart Stone auf Eintritt des Riemengleitens bei einer bestimmten Drehzahl. Stone verwendet eine Nebenschlußmaschine, deren Erregerstrom durch einen Vorschaltwiderstand annähernd auf einen festgestellten Wert gehalten wird. Durch einen Fliehkraftregler wird bei einer bestimmten Drehzahl die Maschine auf die Batterie geschaltet; vorher läuft sie ohne Erregung. Mit Schließen der Erregung kommt die Maschine auf Spannung und beginnt mit der

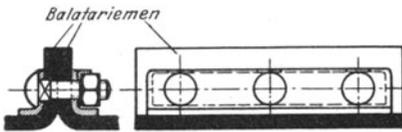


Abb. 44. Riemenschnalle.

Stromlieferung; die Leistung wächst mit der Erhöhung der Drehzahl bis zu einem Höchstwert, von dem ab ein Gleiten des Riemens eintritt und die Maschinenleistung gleichbleibt. Da der Riemen nicht so straff ge-

spannt zu sein braucht, wie bei den anderen Bauarten, die eine höhere Riemenspannung zur Verhütung des Gleitens benötigen, so ist seine Haltbarkeit trotz des Gleitens eine genügend gute.

Stone verwendet als Riemenmaterial Dicks Original-Balatariemen oder Balata-Aragoma.

Die Österreichischen Staatsbahnen verwenden ausschließlich Titanriemen. Diese Riemen sind aus Streifenbündeln von besonders gerberbtem Leder zusammengesetzt, die durch Stahlrieten zusammengehalten werden und sich mit ihrer Schnittfläche auf die Riemenscheibe auflegen.

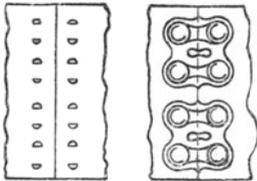


Abb. 45. Crescent-Riemenschnalle.

Für Maschinen von 2500 Watt und kleiner ist der Riemen durchaus brauchbar und von genügender Haltbarkeit. Je größer die Maschine, um so weniger günstig bewährt sich der Riemenantrieb. Die Grenze liegt etwa bei 5 kW Leistung.

Als Riemenverbinder werden vorzugsweise solche der in Abb. 44 dargestellten Art benutzt. Die Enden des Riemens sind nach außen gebogen und durch die Schnalle verbunden. In Amerika verwendet man hauptsächlich ähnliche Verbinder, doch auch vielfach den in Abb. 45 dargestellten Crescentverbinder.

Soll ein Riemen neu aufgelegt werden, so wird er zunächst auf die richtige Länge zugeschnitten, danach werden die beiden Enden gleichlaufend aufeinander gelegt und der Verbinder genau senkrecht zur Längskante des Riemens aufgeschraubt. Ein schief montierter Riemenverbinder verursacht entweder Ablaufen von der Scheibe oder Schleudern des Riemens und hierdurch raschen Verschleiß oder Verlust. Hierauf wird der obere Teil des Verbinders leicht angewärmt, die Riemen auseinandergezogen und mit einem Holz an die Wölbung gedrückt (siehe Abb. 46). Nachdem man nun die Riemenspannvorrichtung der Maschine

soweit wie möglich gelockert hat, legt man den Riemen beginnend bei der Achsriemenscheibe über die beiden Riemenscheiben, wobei die Maschine gegen die Antriebachse hin angehoben wird, und spannt ihn mittels der Riemenspannvorrichtung der Maschine bis auf 120 kg Vorspannung.

Um das Anstreifen des Riemens an den Bordrändern der Riemenscheiben zu vermeiden, müssen einerseits die Dynamowelle und die Wagenachse genau parallel zueinander, andererseits die Mitten der beiden Riemenscheiben in einer Flucht liegen. Oberhalb des Riemens muß wenigstens 7 cm freier Raum vorhanden sein, in den keine Bauteile des Wagens hineinragen dürfen, ebenso unterhalb des Riemenlaufes. Die zwischenstaatliche Vereinbarung der Bahnverwaltungen schreibt vor, das Schloß so anzuordnen, daß die Gesamthöhe an der Verbindungsstelle einschließlich Riemen 40 mm nicht übersteigt.

Wird der Riemen im Betriebe nachgesehen, so ist zu prüfen, ob er die genügende Spannung besitzt und am gefährlichen Querschnitt, der an der scharfen Umbiegung am Riemen-schloß liegt, noch unverletzt ist.

Die Riemenscheibe für die Wagenachse besteht aus Holz oder aus Gußeisen, Gußstahl, bei der Deutschen Reichsbahn aus Stahlblech mit angeschweißtem gepreßtem Bordrand, für die Maschine aus Gußeisen. Die Befestigung der zweiteiligen Scheiben auf der Wagenachse erfolgt durch Schrauben. Ihre Buchsen werden dem jeweiligen Achsendurchmesser durch Ausdrehen angepaßt; in Amerika wird eine besondere Buchse für die

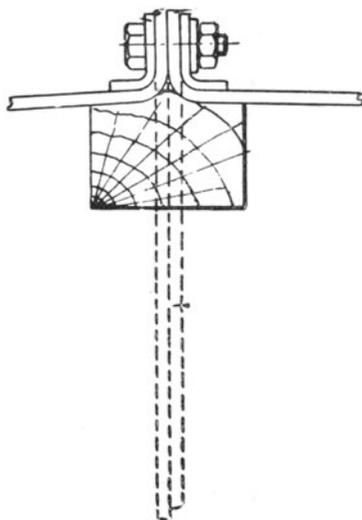


Abb. 46.
Herstellung der Riemenverbindung.

Wagenachse vorgesehen, auf der alsdann die Scheibe festgeschraubt wird. Holzriemenscheiben erhalten auf der Lauffläche einen Leder- oder Riemenbelag. Die Achsenscheibe wird entweder mit Flanschen und gewölbter Lauffläche oder ohne Flanschen in zylindrischer Ausführung mit größerer Breite verwendet; letztere Ausführung wird von den Schweizer Bundesbahnen ausschließlich benutzt. Die Antriebs-scheibe wird immer mit Flanschen genommen, vielfach ist die Lauffläche dieser Scheibe gelocht, was in Amerika allgemein in Anwendung ist. Der Durchmesser der Achsenscheibe beträgt bei Drehgestellwagen meist 450 bis 500 mm; bei zwei- und dreiachsigen Wagen kann er bis zu 650 mm bei normalen Rädern betragen. Bei der Deutschen Reichsbahn haben Achsenriemenscheiben normal 500 mm Durchmesser und Maschinenscheiben für D-Zugwagen 160 mm, für P-Zugwagen 130 mm; die Lauffläche ist 220 mm bzw. 144 mm breit. Die zwischenstaatlichen

Vereinbarungen schreiben eine Scheibenbreite von mindestens 130 mm vor.

Bei der Aufhängung der Maschine muß darauf geachtet werden, daß kein Dampf aus der Heizung an den Riemen oder die Scheiben kommen kann. Da die Haltbarkeit des Riemens und damit die Zuverlässigkeit des Betriebes wesentlich von einer vorschriftsmäßigen Aufhängung der

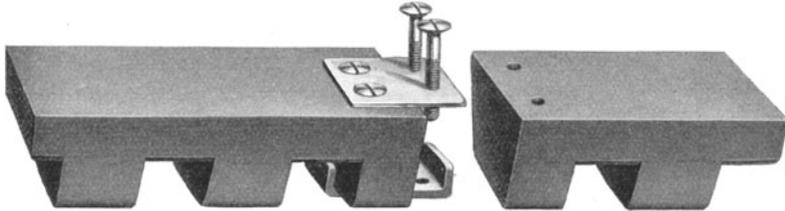


Abb. 47. Roderwald-Keilriemen.

Maschine und des Antriebes abhängt, so muß besondere Sorgfalt und Aufmerksamkeit auf die Ausführung und Instandhaltung derselben verwandt werden, dann ist ein zuverlässiges Arbeiten des Riemens gesichert, so daß nur bei Schnee und Eis ein Riemengleiten noch zu befürchten ist. Ein durchgreifendes Mittel gegen den nachteiligen Einfluß von Schnee

und Eis gibt es nicht. Man kann das Eis mittels eines Hammers möglichst entfernen, auch durch Bestreuen mit feingepulvertem Salz, durch Abwaschen der Riemen und Scheiben mit schwacher Lauge. Besser wirkt das Bekleiden der Riemenscheibenlauffläche mit Leder oder Riemen, um die Reibung zu erhöhen; wie dies bei Holzriemenscheiben ohnedies geschieht. Einige amerikanische Bahnen nehmen bei Schneewetter die Riemen nach der Fahrt ab und hängen sie zum Trocknen auf. Bevor ein neuer Riemen aufgelegt wird, werden die Scheiben gereinigt und getrocknet. Angegriffene Riemen werden bei dieser Gelegenheit für den Sommerbetrieb zurückgelegt.

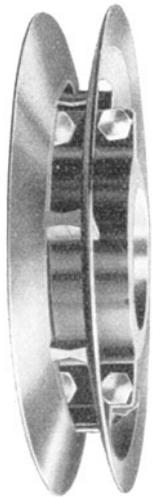


Abb. 48.
Keilriemenscheibe.

Neben dem Flachriemen wird auch der Gummikeilriemen der Roderwald AG., Berlin (Abb. 47) verwendet. Er läuft in keilförmig genuteten Scheiben (Abb. 48), die einen innenseitigen Durchbruch haben, durch welche die sich in die Rillenfelge setzenden Eis- und Schneeteile hineingepreßt werden. Der Gummikeilriemen braucht nur eine Vorspannung von 25 kg. Er hat vor dem Flachriemen den Vorzug, daß ein Riemenschlupf nicht eintreten kann.

Die erforderliche Riemen spannung wird entweder durch das Eigengewicht der Maschine oder durch eine Feder oder durch beide Mittel zusammen bewirkt. Das Gewicht allein verwendet unter anderen die Bauart Stone, deren Aufhängung Abb. 49 darstellt. Abb. 50 stellt die Anordnung der Schweizer Bundesbahnen für zwei- und dreiachsige Wagen dar. Die Kette dient als Auffangvorrichtung für die Maschine im Falle eines Bruches der Aufhängung.

Die Bauart GEZ der Gesellschaft für elektrische Zugbeleuchtung verzichtet auf die Benutzung des Maschinengewichtes und benutzt Spannfedern. Abb. 51 stellt die Anordnung für die Aufhängung der Maschine am Wagenuntergestell, Abb. 52 am Drehgestell dar. Abb. 53 gibt die Aufstellung der Maschine im Wageninnern wieder, wie sie die Gesell-

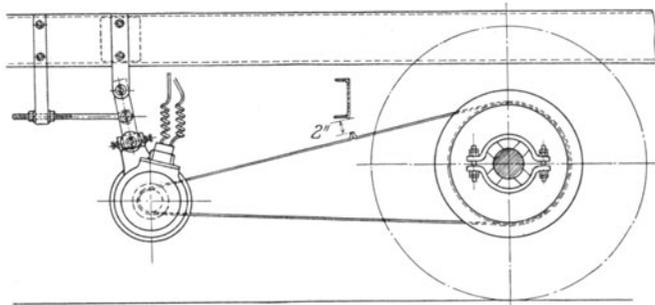


Abb. 49. Maschinenaufhängung bei Bauart Stone.

schaft für die Züge der Chemin de fer de Ceinture, der Vorortzüge der Paris—Orléans-Bahn und der Peking—Hankau-Bahn verwendet hat.

Viele Bauarten benutzen das Gewicht der Maschine und die Feder-spannung, so die Bauart Dick, die Safety-Bauart und die Bauart der Deutschen Reichsbahn.

Abb. 54 Aufhängung und Spannvorrichtung der Deutschen Reichs-

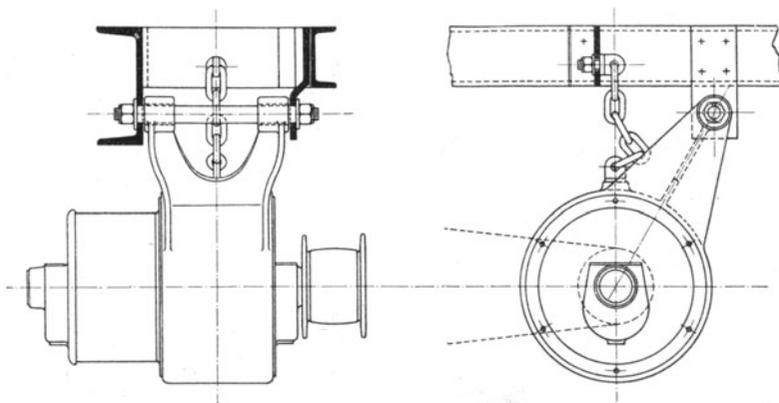


Abb. 50. Maschinenaufhängung der Schweizer Bundesbahn für zwei- und dreiachsige Wagen.

bahn für Aufhängung am Drehgestell und Abb. 55 für Aufhängung am Untergestell.

Eine gute Riemenspannvorrichtung soll möglichst für eine gleichbleibende Riemenspannung trotz der Bewegung des Stromerzeugers während der Fahrt, besonders beim Durchfahren von Kurven, sorgen. Bei der GEZ-Vorrichtung wird dies durch zwei Federn bewirkt; bei der Reichsbahnvorrichtung muß die Feder zum Gewicht der Maschine so be-

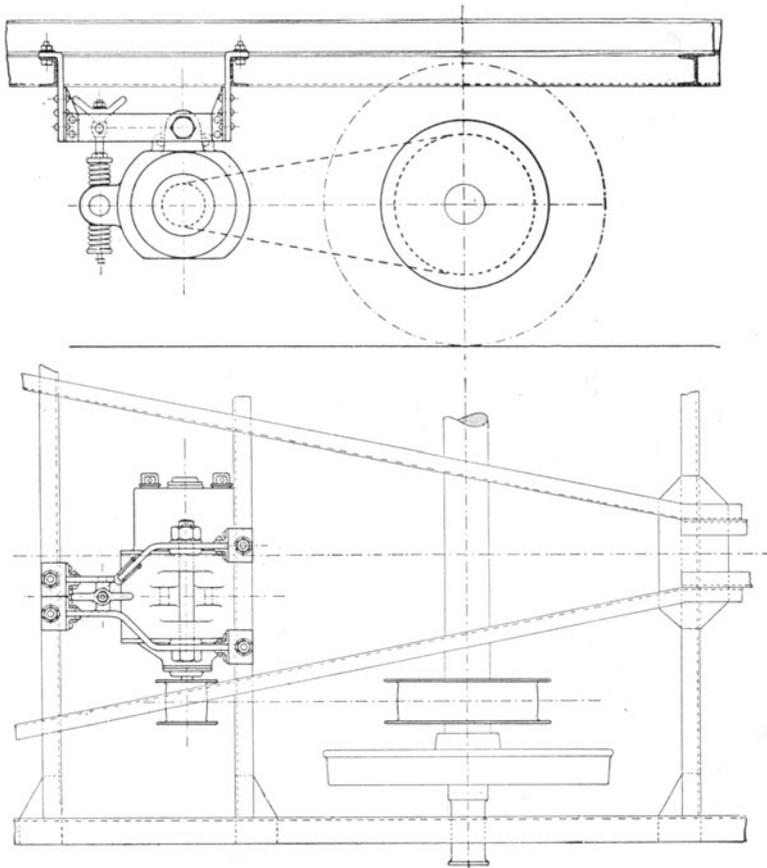


Abb. 51. Maschinenaufhängung am Wagenuntergestell mit Riemenspannvorrichtung, Bauart GEZ.

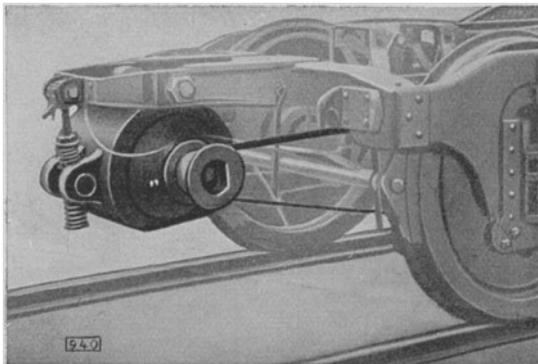


Abb. 52. Maschinenaufhängung am Drehgestell, Bauart GEZ.

messen werden, daß, wenn sich der Riemenzug durch das Gewicht der Maschine vergrößert, der von der Feder bewirkte Riemenzug entsprechend abnimmt. Die Summe des Gewichtes und Federzuges soll stets gleich bleiben.

Wie bereits bemerkt, wird bei Drehgestellwagen die Maschine entweder am Wagenuntergestell oder am Drehgestell aufgehängt. Die An-

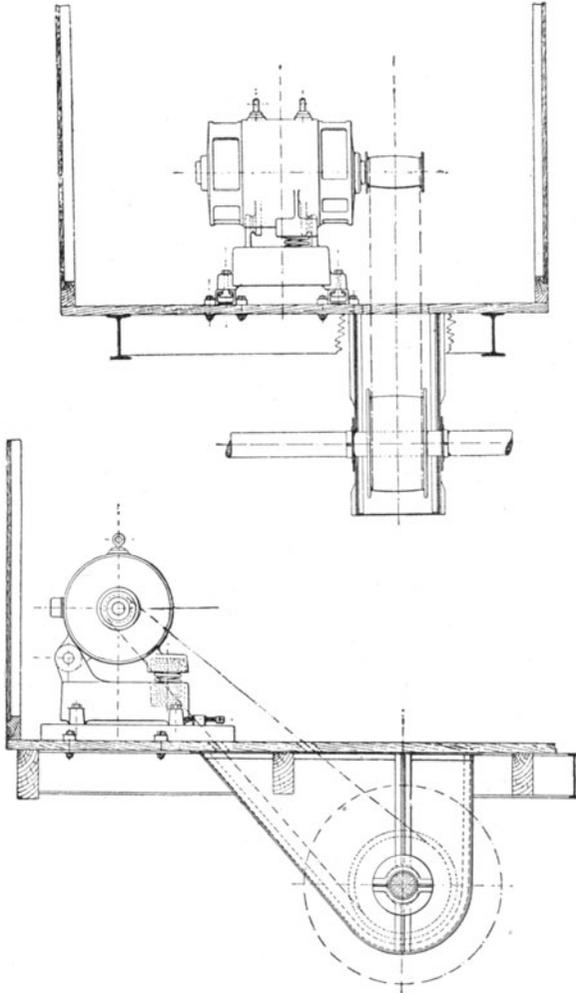


Abb. 53. Aufstellung der Maschine im Gepäckwagen, Gesellschaft für elektrische Zugbeleuchtung m. b. H.

sichten über die vorteilhafteste Art sind geteilt. Letztere Aufhängung hat den großen Vorteil, daß die Riemenscheiben der Achse und der Maschine bei Durchfahren von Kurven in einer Linie bleiben, daß der Riemen kürzer und daher billiger ist. Am Wagenuntergestell befindet

sich die Maschine höher über dem Gleisbett und ist dadurch mehr geschützt vor Steinschlag, Staub, Schnee und Eis. Die Maschine ist ferner leichter zugänglich. Jedoch ist ein längerer Riemen erforderlich und die

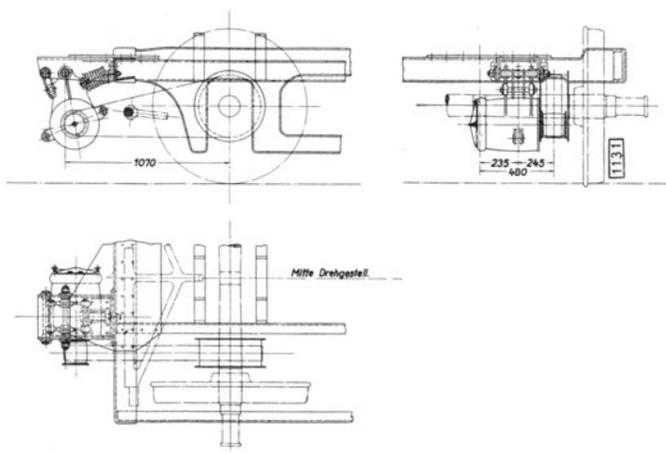


Abb. 54. Maschinenaufhängung am Drehgestell, Deutsche Reichsbahngesellschaft.

Antriebsscheiben bleiben in Kurven nicht in einer Linie. Der Riemen darf keine unzulässig hohen Zugbeanspruchungen bei Durchfahren von Kurven bekommen. Das Drehgestell wird nicht durch die Maschine be-

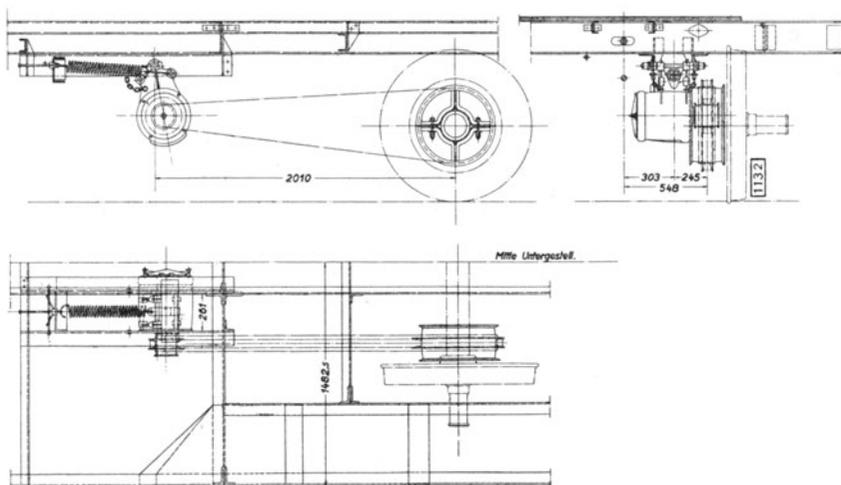


Abb. 55. Maschinenaufhängung am Untergestell, Deutsche Reichsbahngesellschaft.

lastet und erfordert keine Ausgleichung des Maschinengewichtes. Für das Auswechseln von Drehgestellen ist es nicht erforderlich, solche mit Maschinen in Bereitschaft zu halten, was für Betriebe, wie die der Schlafwagengesellschaften, ausschlaggebend ist. In Amerika findet diese

Aufhängung mehr und mehr Eingang, was auch darin begründet ist, daß dort schwerere Maschinen mit größeren Leistungen Verwendung finden, die einen längeren Riemenzug wünschenswert machen. In Frankreich findet man die Aufhängung am Wagenkasten ausschließlich verwendet. Sonst wird die Aufhängung am Drehgestell bevorzugt. Jedenfalls erfordert die Frage der richtigen Aufhängung der Maschine größte Beachtung, da der Riemenverbrauch einen sehr großen Betrag in den Betriebskosten der Beleuchtung bildet.

Die Ursache der meisten Lichtstörungen liegt im Versagen des Riemens; besonders bei Schneefällen wird durch Eisbildung der Riemen in Mitleidenschaft gezogen. Vielfach ist versucht worden, Schutzkasten für die Riemen anzuordnen, um sie vor dem nachteiligen Einfluß von Schnee und Eis zu schützen. Jedoch haben sich die Kasten eher als schädlich erwiesen, da sie die Ansammlung von Wasser begünstigten, das bei Frost einfror. Ein genügend gutes Abdichten ist nicht möglich. Um einen störungsfreien Betrieb zu erhalten, ist besonders in der kalten Jahreszeit und bei Schneefällen eine besondere Beobachtung und Prüfung des Zustandes des Riemens erforderlich.

Angesichts dieser Schwierigkeiten ist es daher erklärlich, daß trotz der vielen Mißerfolge immer wieder Versuche mit anderen Antriebsarten angestellt werden. So sind Rollenketten vielfach in Verwendung gekommen, z. B. bei der Bauart Pintsch-Grob. Um die starke Beanspruchung der Ketten durch plötzliche Stöße, die sich bei dem Anfahren und Bremsen, sowie bei plötzlicher Änderung des Abstandes zwischen Wagenachse und Maschine ergeben, unschädlich zu machen, ist bei dieser Bauart eine Reibungskupplung vorgesehen worden. Die Kette lief, vor Sand und Schnee geschützt, zum Teil in Öl tauchend, in einem Gehäuse.

Breuer berichtet in seinem Vortrag „Die neuere Entwicklung der elektrischen Zugbeleuchtung bei der Deutschen Reichsbahn“¹ von bemerkenswerten Versuchen mit Antrieben der Firmen Knorr-Bremse AG. und G. & J. Jäger. Bei der Knorr-Bremse AG. ist die Dynamomaschine an der einen Achsenbuchse des Wagens befestigt. Breuer schreibt hierzu: „Dies geht natürlich nur solange, als die Dynamo nicht zu groß ausfällt. Um die Maschine klein zu halten, muß man sie rasch laufen lassen. Es ist daher eine doppelte Übersetzung vorgeschaltet. Vor dem Kopf der Wagenachse ist ein Stirnrad befestigt, welches ein der Dynamo gegenüberliegendes Vorgelege antreibt. Von hier aus treibt ein endloser Riemen die Dynamo an. Die Nachspannung des Riemens ist durch eine Spannschraube an der Dynamo ermöglicht. Bei einer neuen Ausführung wird an Stelle der Spannschraube eine selbsttätig wirkende Spannrolle angewendet. Das Gewicht des Vorgeleges gleicht nahezu das der Dynamo aus. Da die Dynamo alle Bewegungen der Achsenbuchse mitmacht, ist die dichte Einkapselung des Antriebes möglich. Bemerkenswert ist noch die gute Zugänglichkeit des Antriebes. Nachteilig wirkt natürlich der Umstand, daß die Dynamo den unge-

¹ Glasers Ann. 1. Juli 1927.

federten Stößen der Wagenachse ausgesetzt sind. Ob sie diese auf die Dauer aushält, kann nur ein längerer Versuch lehren.“

„In abweichender Weise sucht die Firma G. & J. Jäger das gleiche Problem zu lösen; auch sie leitet den Antrieb von einem an der Achsenbuchse sitzenden Getriebe ab, befestigt aber die Dynamo, um sie vor ungedephten Stößen zu schützen, am Langträger des Wagengestelles. Als Übertragungsorgan dient hier eine biegsame Welle oder eine Kardanwelle. Die biegsame Welle läuft in einem Metallschutzschlauch, der je-

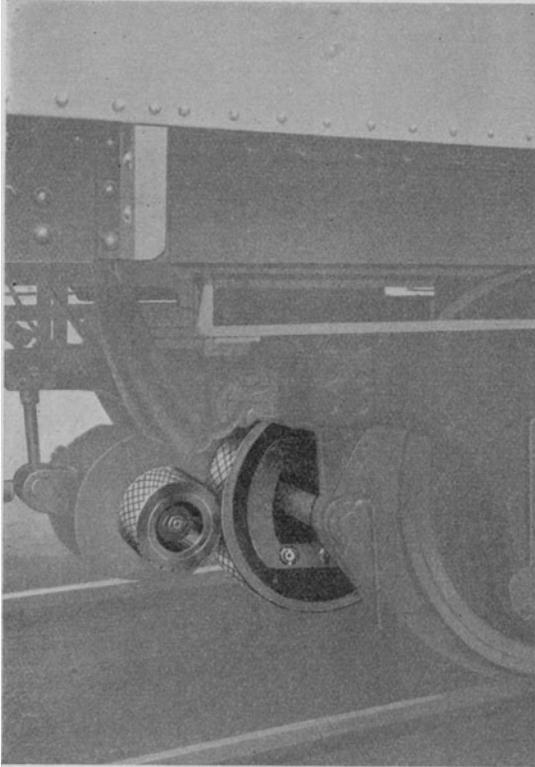


Abb. 56. Czaika-Krenski-Antrieb.

doch bisher der wunde Punkt der Anordnung war, da er zuweilen verletzt bzw. auseinandergerissen wurde. Als Getriebe in der Achsenbuchse werden sowohl Schraubenräder wie Kegelräder erprobt. Die dichte Einkapselung aller Antriebsteile ist auch hier ermöglicht. Die Getrieberäder laufen dauernd in Öl und sind in kleinen Rollenlagern gelagert.“

„Diese Antriebe nach Knorr und Jäger haben jedenfalls den großen Vorteil, daß sie gegen Schmutz, Schnee und Eis gut gesichert sind und daher Störungen weniger ausgesetzt sind.“

Bei dem Czaika-Krenski-Antrieberfolgt die Kraftübertragung durch drei

breite Radscheiben (Abb. 56). Diese berühren sich mit ihren Laufflächen unter verhältnismäßig leichtem Druck, so daß das Drehmoment von der treibenden auf die zu treibende Scheibe übertragen wird. Sämtliche Laufflächen der Stahlgußräder sind mit einem besonderen Gummi in einer Stärke von 20—25 mm für die Scheibe der Wagenachse und 30—35 mm für die der Dynamomaschine belegt. Die Gummioberfläche ist mit Rillen versehen. Der Hauptteil des Antriebes ist das als Übertragungselement dienende elastische Czaika-Krenski-Spezialrad. Das Rad ist mit einem in radialer und tangentialer Richtung federnden Gummireibring besonderer Bauart versehen, der bei Druckbeanspru-

chungen die Verminderung des Raddurchmessers bis zu 30 mm gestattet. Die Reibungsflächen der gegeneinanderrollenden Radumfänge werden durch eine gewisse Abplattung so vergrößert, daß eine gleichbleibende Übertragung erzielt wird. Das Mittelrad nimmt alle von der Wagenachse herrührenden Stöße und Bewegungen auf. Der Antrieb ist nur für Drehgestellwagen verwendbar. Er wird von der Berl. Maschinen-Treibriemen-Fabrik Adolph Schwartz & Co., Berlin, hergestellt.

Bereits in größerem Umfange eingeführt ist der Kardan-Antrieb, wie er von der Schwedischen Elektrizitätsfirma ASEA hergestellt und vertrieben wird. Die Abb. 57 gibt den Antrieb wieder bei Anordnung der Maschine am Wagenkasten. Auf der Wagenachse befindet sich ein Kegelradantrieb, der auf auswechselbaren konischen Rollenlagern gelagert ist. Der Zahnradkranz ist auf einer Nabe aus Stahlguß aufgesetzt, die auf der Wagenachse befestigt ist. Die stählernen Kegelräder sind mit geschweißten Zähnen versehen. Zwischen dem Antrieb und der Maschine ist eine Kardan-Welle angeordnet, die mit dem einen Ende an einer auf der Triebwelle befindlichen Hardy-Kupplung und mit dem anderen mit

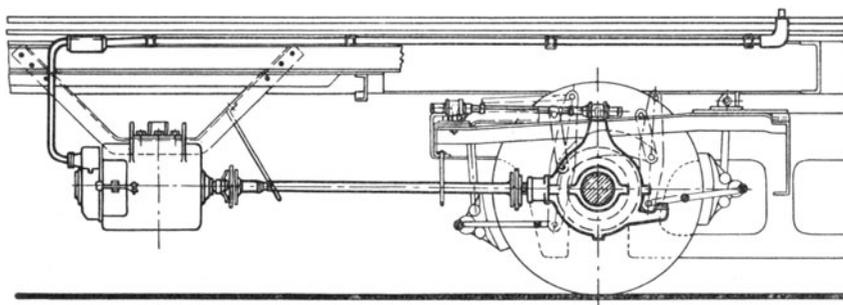


Abb. 57. Kardantrieb, ASEA.

der gleichen Kupplung mit Zapfen auf der Dynamowelle verbunden ist. Ist die Maschine am Wagenuntergestell befestigt, so besteht die Kardan-Welle aus zwei ineinander geschobenen Rohren, die teleskopartig verschiebbar sind. Die Schwedische Staatsbahn hat diesen Antrieb für ihre Wagen allgemein eingeführt.

2. Der Maschinenselbstschalter.

Dieser Schalter hat die Aufgabe, die Maschine in den Stromkreis einzuschalten, wenn ihre Spannung etwas höher als die der Batterie gestiegen ist, und sie auszuschalten, wenn diese Spannung unter die der Batterie gesunken ist, zur Verhütung eines Rückstromes. Die Schaltung erfolgt entweder auf mechanische Weise dadurch, daß durch einen Fliehkraftregler bei einer gewissen Geschwindigkeit Kontakte geschlossen werden, welche die Einschaltung bewirken (Bauart Stone) oder durch elektrische Betätigung. Ein auf letzter Grundlage aufgebauter Schalter besteht aus einem Elektromagneten und einem meist drehbar gelagerten Anker, der die Hauptkontakte sowie vielfach Kohlevorkontakte trägt. Der Eisenkern wird durch zwei Spulen erregt, und zwar durch

eine Spannungsspule aus dünnem Draht, die mit den Klemmen der Maschine verbunden ist und die volle Maschinenspannung erhält, und durch eine Spule aus starkem Draht, der Stromspule, die vom Hauptstrom durchflossen wird. Wenn mit dem Anfahren des Zuges die Maschinenspannung etwas über die Ruhespannung der Batterie gestiegen ist, wird der Anker angezogen und werden die Kohlevorkontakte und kurz darauf die Hauptkontakte geschlossen. Sobald jedoch beim Halten des Zuges ein Rückstrom von der Batterie in die auslaufende Maschine einsetzt, wirkt die Stromspule der Spannungsspule entgegen, da der Strom jetzt in einer anderen Richtung durch die Stromspule fließt. Der Anker geht in seine Ausgangsstellung zurück und unterbricht den Maschinenstromkreis. Die Kohlevorkontakte sollen verhindern, daß an den eigentlichen, den Hauptkontakten, die aus Metallen, meist Kupfer, bestehen, Funkenbildung auftritt. Die Schalter müssen gut gebaut und scharf eingestellt sein. Zur genauen Einstellung wird der Spannungsspule vielfach ein einstellbarer Widerstand vorgeschaltet, der eine stärkere Erwärmung der Spannungsspule am Schalter verhindern soll.

Der Schalter wird oft noch mit weiteren Kontakten ausgerüstet, um beim Schalten gleichzeitig andere Verbindungen herzustellen. So dient er z. B. bei den Bauarten GEZ und Dick mit S-Regler zum Kurzschließen oder Freigeben eines Widerstandes. Zu diesem Zwecke trägt der Schalter noch einen Überbrückungskontakt. Sobald der Schalter ausschaltet, wird der Widerstand kurzgeschlossen und beim Einschalten freigegeben. Dieser Widerstand liegt vor dem Lampenstromkreis und drückt bei der Batterieladung die Spannung an den Lampen um einen gewissen Wert herab, um eine Überspannung von denselben fernzuhalten. Diese Vorkehrung wird vor allem dann getroffen, wenn an Stelle der Bleisammler alkalische Sammler verwendet werden, da diese zwischen Ladung und Entladung größere Spannungsunterschiede aufweisen.

Der Schalter von Emil Bouteille (D.R.P. 374788) schaltet, sobald der Magnet angezogen hat, einen Widerstand in Nebenschluß zur Spannungsspule. Dadurch wird der diese Spule durchfließende Strom bedeutend vermindert, so daß der Schalter bei wesentlich geringerem Rückstrom ausschaltet.

Eine abweichende Bauart hat der Selbstschalter bei der amerikanischen ESB-Bauart, die auf S. 131 beschrieben ist.

3. Die Regelung der Maschine.

Da es sich bei allen Zugbeleuchtungsanlagen neben dem Speisen der Lampen auch um Aufladen der Akkumulatorenatterie handelt, so muß die Maschine hierfür geeignet sein. Infolgedessen findet die Nebenschlußmaschine vorzugsweise Verwendung.

Die zur Ladung erforderliche Regelung der Maschinenspannung erfolgt hauptsächlich durch Beeinflussung der Feldstärke. Bekanntlich ist die elektromotorische Kraft einer Dynamomaschine von der Zahl der Kraftlinien, welche von dem Feldmagneten durch den Anker getrieben werden, von der Zahl der Leiter der Ankerwicklung und von der Um-

drehungszahl der Maschine abhängig. Die Zahl der Leiter auf dem Anker ist festgelegt, so daß also für die Beeinflussung der Spannung nur die Feldstärke und die Umdrehungszahl übrig bleibt. Die Beeinflussung der Umdrehungszahl wird von der Bauart Stone benutzt, indem der antreibende Riemen bei einer gewissen Umdrehungszahl zu gleiten anfängt, so daß die Maschine trotz steigender Geschwindigkeit des Zuges keine größere Drehzahl mehr bekommt und die erreichte Spannung beibehält. Bei allen anderen Bauarten wird die Regelung der Feldstärke der Maschine benutzt. Aufladung und Beleuchtung muß während des Betriebes gleichzeitig erfolgen.

Die Regelung der Maschinenspannung hat also so zu erfolgen, daß die Batterie den Vorschriften entsprechend geladen wird, damit ihr Arbeiten jederzeit zuverlässig gewährleistet ist. Um Betriebsstörungen zu vermeiden, ist es unbedingt nötig, daß die Ladung jedenfalls ausreichend erfolgt. Wird zu wenig geladen, so wird allmählich die Batterie erschöpft werden und nach längerem oder kürzerem Betriebe zu Störungen Veranlassung geben. Eine starke Überladung muß hingegen auch vermieden werden, da eine solche mit einer kräftigen Gasentwicklung verbunden ist, die lockernd auf die Oberfläche der positiven Platten einwirkt. Abgerissene Masseteilchen sinken zu Boden und in verhältnismäßig kurzer Zeit ist der Raum zwischen dem Boden und dem unteren Plattenrand ausgefüllt, der bei weiterem Wachsen des Schlammes allmählich Kurzschluß hervorruft. Die Platten werden geschädigt, wenn nicht der Masseschlamm rechtzeitig entfernt wird, was immer ein Auseinandernehmen der Elemente erforderlich macht. Die starke Gasentwicklung reißt auch Flüssigkeitsteilchen mit sich, die engen Batterieräume werden feucht; die stärkere Wärmeentwicklung begünstigt das Verdunsten des Wassers, so daß ein Nachfüllen der Batterie mit Wasser häufiger erforderlich wird. Ein solches bedeutet aber eine recht beträchtliche Erschwerung für die Bedienung. Die Vermeidung regelmäßiger Überladung ist mithin nicht nur wegen der Betriebskosten durch rascheren Verschleiß der Platten, sondern vor allem wegen der Erleichterung und Vereinfachung der Bedienung von großer Bedeutung.

Erfolgt die Überladung jedoch mit einem geringeren Strom, z. B. bei einer Batterie von 200 Amp./Std. bei 5ständiger Entladung mit etwa 5 Amp. oder weniger, so wird eine Schädigung der Platten, sowie ein schnelleres Verdunsten der Elementsäure vermieden und die Batterie jederzeit in gutem Zustande erhalten werden.

Zur Feststellung, ob eine Wagenbeleuchtungs-Einrichtung in richtiger Weise während des Betriebes gearbeitet, die Batterie also vorschriftsmäßig aufgeladen hat, ist bei der regelmäßigen Untersuchung außer der Betriebsspannung, die Säuredichte und der Stand der Säure über den Platten zu beachten.

Die Säuredichte darf nicht sinken; es ist deshalb unbedingt erforderlich, in regelmäßigen Zeiträumen die Säuredichte zu messen. Das Kennzeichen dauernder starker Überladung ist die Notwendigkeit des häufigeren Nachfüllens der Elemente infolge Sinkens des Säurestandes über den Platten.

Die Vorschriften der Akkumulatoren-Fabriken lauten, daß die Aufladung der Batterie höchstens mit einem Strom von bestimmter Stärke erfolgen soll, der aber beliebig niedriger sein darf. In jedem Fall ist es für die Batterie vorteilhaft, wenn die Ladestromstärke gegen Ende der Ladung ermäßigt wird, um starke Gasentwicklung zu vermeiden, welche die Platten schädigt und Stromverluste verursacht. Jede Ladung ist solange fortzusetzen, bis in sämtlichen Zellen die positiven und negativen Platten lebhaft Gasentwicklung zeigen. Meist wird auch vorgeschrieben, daß nach Einsetzen der Gasentwicklung der Ladestrom auf die Hälfte herabzumindern ist.

Eine Beobachtung der Batterie während des Betriebes ist bei Zugbeleuchtungsanlagen ausgeschlossen, da sie in einem Behälter am Wagenuntergestell, zur Betriebszeit also unzugänglich, aufgestellt ist. Man ist deshalb hier darauf angewiesen, sich nach der Spannungslage der Batterie bei der Ladung zu richten. Man ladet mit dem für die Batterie vorgesehenen Ladestrom bis zu einer bestimmten Spannung, nach deren Erreichen der Strom vermindert oder auf Null herabgesetzt wird.

Erschwerend ist nun für eine einwandfreie Festsetzung der Spannung die Eigenschaft des Sammlers, daß seine Spannungslage sowohl bei der Entladung als bei der Ladung von verschiedenen Umständen abhängig ist, denen man nicht stets Rechnung tragen kann. Zunächst hängt die Spannungslage bei der Ladung von der Größe des Ladestromes ab. Je größer der Strom ist, um so höher liegt die Spannung für die gleiche Batterie.

Von Einfluß ist ferner die Säuredichte. Bei höherer Dichte ist die Lage der Spannungslinie eine höhere. Die Ruhespannung ist z. B. bei einer Säuredichte in geladenem Zustande des Elementes von

$$\begin{aligned} 1,150 &= 2,00 \text{ Volt} \\ 1,200 &= 2,05 \text{ „} \\ 1,250 &= 2,10 \text{ „} \end{aligned}$$

Wenn auch eine vorschriftsmäßige Überwachung eine Dichteänderung im Betriebe bei vollgeladenen Zellen nicht eintreten lassen wird, so ist doch nicht stets mit einer solchen zu rechnen und leicht wird es vorkommen, daß zur Nachfüllung statt Wasser verdünnte Säure benutzt wird, besonders dann, wenn die Platten durch längere Nichtbenutzung hart geworden sind, die Säure also zum Teil sich als Sulfat in den Platten befindet, die Dichte des Elektrolyten hierdurch gesunken ist. Auch die Reinheit der Säure ist von Einfluß; es läßt sich nicht vermeiden, daß mit der Zeit die Säure durch hereingefallenen Staub, sowie beim Nachfüllen Verunreinigungen erhält, die die Endspannung bei der Ladung herabsetzen, was sich bei älteren Batterien besonders zeigt.

Die Lage der Spannungslinie wird ferner von der Temperatur beeinflusst, und zwar liegt sie um so höher, je niedriger diese ist. Der Zustand der Platten ist gleichfalls von Einfluß. Dieselben können sich in vollständig vorschriftsmäßigen oder mehr oder weniger sulfatiertem Zustande befinden.

Es geht hieraus hervor, daß eine bestimmte, für alle Verhältnisse gültige Endspannung für die Ladung nicht angegeben werden kann. Man

kann jedoch sagen, daß die Gasentwicklung in den Zellen bei einer Spannung von 2,35—2,4 einsetzt.

Für Zugbeleuchtungsbatterien haben sich einige Ladeweisen herausgebildet, die den Anforderungen an eine sachgemäße Aufladung durchaus entsprechen, so daß eine beträchtliche Haltbarkeit der Platten bei einfachster Wartung erreicht wird. Diese lassen die Spannung der Maschine nur bis zu einem gewissen Höchstwert anwachsen, auf dem sie dann verbleibt oder den sie jedenfalls nicht nennenswert überschreitet.

Es hat sich nun herausgestellt, daß dieser Höchstwert bei Wagenbeleuchtungseinrichtungen wesentlich niedriger sein kann, als bei Aufladung von Batterien für andere Zwecke, wie z. B. für ortsfeste Anlagen, für Triebwagen, Lokomotiven u. a. Während bei diesen eine Endladespannung von 2,7 Volt und höher je Zelle angenommen wird, kommt man hier mit einer Spannung von 2,4 Volt, ja sogar mit 2,25 Volt je Zelle aus. Ladet man von Beginn an mit einer gleichbleibenden Spannung, so wird in der ersten Zeit ein sehr starker Strom in die Batterie gehen, der allmählich mit dem Anwachsen der Spannung der Batterie abnimmt.

Emil Dick hat in einer Abhandlung¹ genaue Messungen veröffentlicht, die zu dem Ergebnis geführt haben, daß zur vollen Ladung einer im guten Zustande befindlichen, mit positiven Oberflächenplatten ausgerüsteten Batterie eine Spannung von 2,25 Volt gerade ausreicht. Er hat zunächst durch Messungen an einer Batterie von 12 Elementen III ZO 30

der Accumulatoren-Fabrik Aktiengesellschaft Wien festgestellt, welche Ladeströme bei vollgeladener Batterie in Abhängigkeit von der Ladespannung dauernd in die Batterie gehen. Das Ergebnis ist in Abb. 58 wiedergegeben. Aus dieser ist zu ersehen, daß die Dauerströme bei 2,1—2,46 Volt je Zelle nur in geringem Maße zunehmen, während von da ab diese Ströme eine ganz bedeutende Zunahme erfahren. Um daher schädlich wirkende Überladung auszuschließen, darf die Grenzspannung nicht mehr als 2,4 Volt je Zelle betragen.

In den Abb. 59 und 60 sind die Ladeströme in Abhängigkeit von der Zeit bei gleichbleibender Ladespannung von 2,15, 2,2 und 2,25 Volt je Zelle dargestellt, wobei die Batterien vorgängig mit einem Strom von 20 Amp. stets auf die gleiche Entladespannung und zwar auf 1,85 bzw. 1,95 Volt je Zelle entladen wurden. Wie zu erwarten, erhält bei Beginn der Ladung die Batterie einen starken Ladestrom, der jedoch im

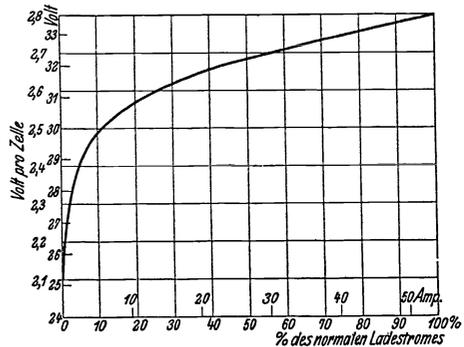


Abb. 58. Mittelwerte der Dauerströme bei vollgeladener Batterie.

¹ Die „elektrische Beleuchtung von Personenwagen nach dem vereinfachten System Dick.“ ETZ im Jahre 1914.

Laufe von wenigen Minuten rasch abnimmt. In dem vorliegenden Falle sinkt er auf $\frac{2}{3}$ seines Höchstwertes. Die Linie nimmt parabelförmig ab und erreicht nach etwa 10 Stunden die untere Grenze. Die Batterie nimmt bei einer Spannung von 2,25 Volt den vollen Ladeinhalt in Am-

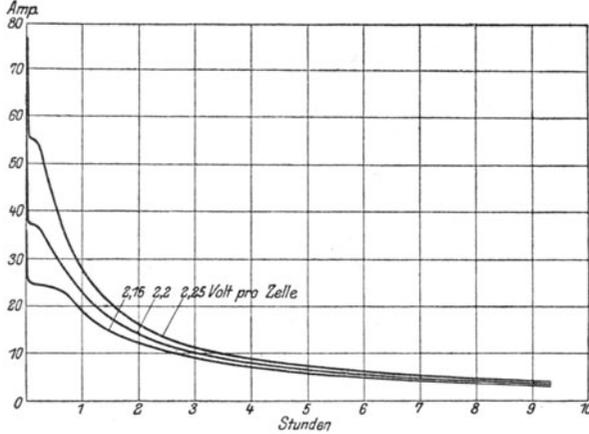


Abb. 59. Ladestrom bei gleichbleibender Spannung von 2,15, 2,2, 2,25 V je Zelle nach einer Entladung bis 1,85 V.

perestunden in dieser Zeit auf, während die Lademenge bei 2,2 Volt bzw. 2,15 Volt nur etwa $\frac{5}{6}$ bzw. $\frac{3}{4}$ der vollen Ladefähigkeit beträgt. Dick folgert hieraus, daß zur vollen Ladung einer im normalen Zustand befindlichen Großoberflächen-

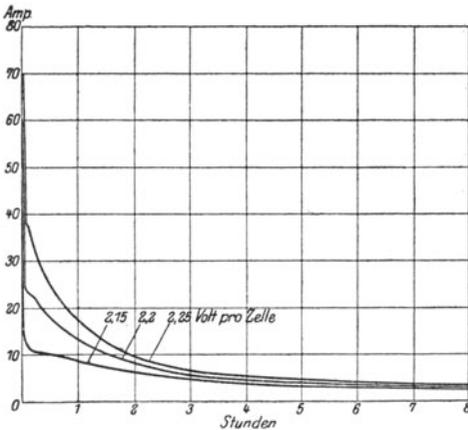


Abb. 60. Ladestrom bei gleichbleibender Spannung von 2,15, 2,2, 2,25 V je Zelle nach einer Entladung bis 1,95 V.

batterie eine Zellenspannung von 2,25 Volt gerade noch ausreicht, ferner daß eine Batterie selbst längere Zeit bei niedriger Spannung in Betrieb gehalten werden kann, ohne daß die Batterie Schaden leidet. Angaben über Versuchstemperaturen, welche u. a. auf die Länge der Ladezeit von Einfluß sind, fehlen.

Fast gleichzeitig hat J. L. Woodbridge, Oberingenieur der Electric Storage Battery Comp. in Philadelphia, durch Versuche festgestellt, daß eine Aufladung mit einer Spannung von 2,25 Volt mit vollem Erfolge bei Zugbeleuchtungsbatterien verwendet werden kann. Er gibt in der Zeitschrift „Railway Electrical Engineer“ vom März 1915 Messungen über den Ladeverlauf bei 2,3—2,5 Volt bekannt. Nach Abb. 61 beginnt die Ladung bei 2,3 Volt mit etwa dem dreifachen normalen Ladestrom,

nach 1 Stunde sinkt derselbe auf den zweifachen Wert, nach 3 Stunden auf den einfachen Wert, nach 7 Stunden ist der Ladestrom nur noch $\frac{1}{4}$, nach 9 Stunden $\frac{1}{10}$ normal. Er bemerkt dazu, daß nach dieser Ladeart die Batterien schneller aufgeladen werden als bei Ladung mit gleichbleibender Stromstärke. Bei der niedrigen Spannung von 2,2 Volt setzt die Ladung mit einem geringeren Strom ein und geht langsamer zurück. Angaben über die Temperaturen und die Säuredichte, bei welchen die Messungen ausgeführt wurden, sind nicht gemacht.

Die Tatsache, daß mit einer höchsten gleichbleibenden Spannung von 2,25 Volt dauernd Batterien ohne Nachteile aufgeladen werden können, ist jedenfalls bemerkenswert. Schon eine Aufladung mit einer gleichbleibenden Spannung von 2,4 Volt ist bei den gewöhnlichen Verhältnissen, in denen z. B. ortsfeste Batterien arbeiten, für die Dauer nicht genügend. Neuere Messungen im Laboratorium der Accumulatoren-Fabrik Aktiengesellschaft haben dies auch wiederum bestätigt,

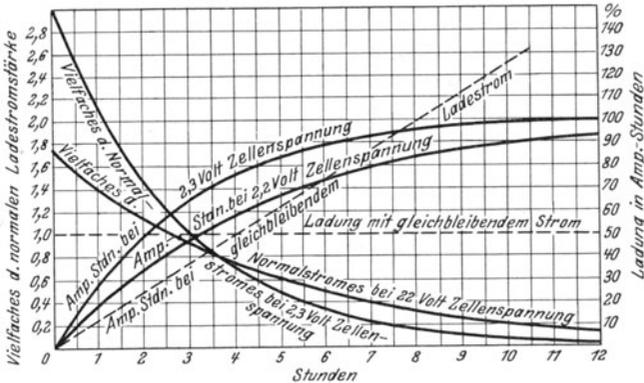


Abb. 61. Schaulinien des Ladestromes und der Ladungen in AStd. bei 2,2 und 2,3 V nach Woodbridge.

sobald die Batterien regelmäßig voll entladen werden und bei dieser Spannung eine Aufladung von 110% der herausgenommenen Strommenge erhalten. Sie verhungern allmählich, sodaß ihr Ladeinhalt nachläßt. Wenn dies bei den Batterien für Zugbeleuchtung nicht zutrifft, so kann die Erklärung nur in den besonderen Verhältnissen, in denen die Batterien arbeiten, gesucht werden.

Die Batterien werden bei Maschinenbeleuchtungen durchschnittlich nur mit einem geringen Teil ihrer Leistung beansprucht. Sie haben wohl den Strom während des Aufenthaltes sowie der langsamen Fahrt des Zuges herzugeben, jedoch ist dies bei der richtigen Bemessung der Batterien nur ein kleiner Teil ihres Ladeinhaltes. Der Hauptteil des letzteren dient für den Fall, daß Störungen in der Einrichtung eintreten, so daß die Lampen während einer größeren Zeitdauer von der Batterie gespeist werden. Die Größe der Batterien ist meist für eine 5—10stündige Entladungszeit bemessen. Die Entnahme ist während der Fahrt schnell ersetzt und trotz des sehr geringen Ladestromes, der nach diesem Ersatz

weiter dauernd in die Batterien fließt, erfolgt doch fast immer eine weitergehende Ladung als 110% Aufladung entspricht. Ob eine Aufladung mit gleichbleibender Spannung von 2,25 Volt für den Lokal- und Vorortsbetrieb, bei dem ja die Leistung der Batterien weitaus mehr beansprucht wird, ausreicht, ist noch eine offene Frage.

Günstig wird auch der häufige Wechsel zwischen Ladung und Entladung sein, der durch die mehr oder weniger häufigen Aufenthalte der Züge gegeben ist, sowie die häufigen Unterbrechungen der Ladungen mit Ruhepausen während der Tagesfahrt.

Dick stellt nun in seiner bemerkenswerten Abhandlung an die Regelung der Dynamomaschine für seine Bauart die Forderung auf Grund dieser Versuche, daß die Klemmenspannung den Wert von etwa 2,4 Volt je Zelle erreichen soll, wenn die Batterie voll geladen ist, der Ladestrom also auf eine vernachlässigbare Größe gesunken ist. Weiter soll die Klemmenspannung der Maschine den Wert von 2,25 Volt je Zelle annehmen, wenn bei vollgeladener Batterie die Maschine allein den vollen Lampenstrom zu liefern hat. Bezüglich der letzteren Forderung wird in dem Abschnitt über Regelung der Lampenspannung näher eingegangen.

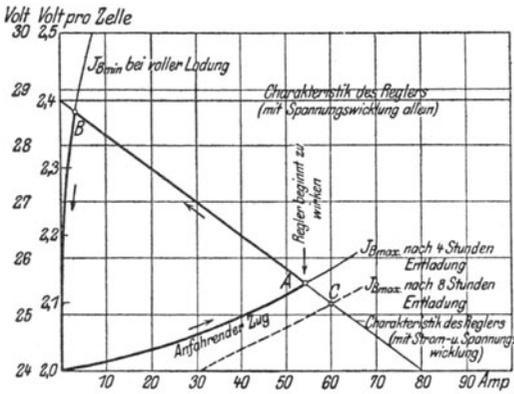


Abb. 62. Ladung der Batterie bei ausgeschalteten Lampen.

von 12 Zellen und einer Maschine, die für einen Strom von 53 Amp. gebaut ist.

Trägt man nun die beiden Spannungswerte von 2,4 Volt und 2,25 Volt je Zelle in Abhängigkeit vom Strom in ein Koordinatensystem ein und verbindet beide Punkte miteinander durch eine Gerade, so erhält man die Charakteristik der geregelten Dynamo, und zwar hat jedem Wert des Dynamostromes eine bestimmte Klemmenspannung zu entsprechen.

Abb. 62 stellt Spannung und Stromverlauf für die Betriebsverhältnisse bei ausgeschalteten Lampen dar. Bei Nullbelastung erreicht die Maschine den Grenzwert $2,4 \cdot 12 = 28,8$ Volt; bei etwa 30 Amp. Maschinenstrom sinkt die Klemmenspannung auf $2,25 \cdot 12 = 27$ Volt, während die Spannung auf 25,2 Volt herabgeht, wenn der Maschinenstrom 60 Amp. betragen würde. Diese Charakteristik muß die Maschine selbstverständlich unabhängig von der Drehzahl bzw. unabhängig von der Zuggeschwindigkeit oberhalb der kritischen aufweisen. Dick betont, daß eine theoretisch und praktisch einwandfreie Lösung der Regelungsbedingung nach Abb. 62 übrigens nur denkbar sei, wenn die Dynamo

von einem elektrisch beeinflussten Spannungsregler beherrscht wird, der außer der Spannungswicklung noch mit einer vom Dynamostrome durchflossenen gleichsinnig wirkenden Hauptstromwicklung versehen ist.

Der Strahl BC stellt die Spannung der Dynamo in Abhängigkeit von ihrer Belastung dar. Der Schnittpunkt C , welcher den höchsten Ladestrom angibt, der im ungünstigsten Fall bei ausgeschalteten Lampen auftreten kann, wurde durch Messungen festgestellt. Die Batterie wurde

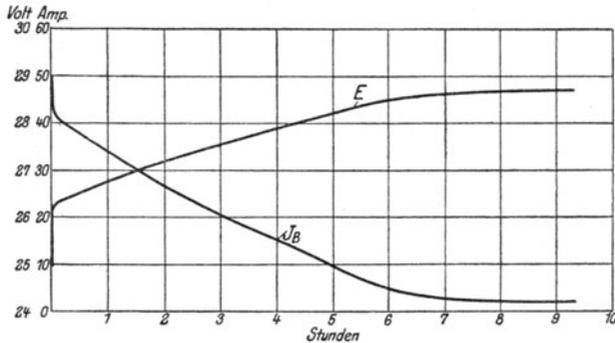


Abb. 63. Ladung der Batterie nach Abb. 62, Batterie bis auf 1,85 V zuvor entladen.

vollständig entladen, d. h. mit 20 Amp. während 8 Stunden. Der anfängliche Ladestrom betrug 60 Amp. Der Schnittpunkt A stellt den höchsten Anfangsstrom dar, wenn die vollgeladene Batterie zuvor eine Entladung mit 20 Amp. bis auf 1,95 Volt je Zelle erhalten hat. In diesem Betriebszustande der Batterie wird bei anfangendem Zuge der Ladestrom (nach der dick aus-

gezogenen Anfangsstromlinie) bis zum Punkte A zunehmen, worauf bei weiterer Erhöhung der Zuggeschwindigkeit der Regler in Tätigkeit tritt, um den Strom bzw. die Spannung der Dynamo entsprechend dem Verlaufe des Strahles BC zu regeln. Die in Abb. 63 und 64 dargestellten Ladestromkurven sind durch Versuche ermittelt.

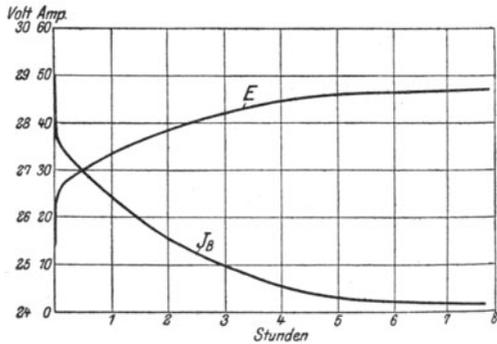


Abb. 64. Ladung der Batterie nach Abb. 62, Batterie bis auf 1,95 V zuvor entladen.

Zieht man nun einen Vergleich zwischen den Ladeströmen bei gleichbleibender Spannung Abb. 59 und 60 und dem Verlauf der Ladeströme nach Abb. 63 und 64, so erkennt man, daß die sonst auftretenden starken Anfangsladeströme nun wesentlich gemildert sind, und daß der Verlauf der Ladung ein gleichförmiger geworden ist. Bei vollgeladener Batterie erreicht die Spannung den Punkt B in Abb. 62, welcher Schnittpunkt durch Eintragen der Dauerstromlinie aus Abb. 58 erhalten wurde.

Für die Ermittlung der Betriebsverhältnisse bei eingeschalteten Lampen gibt Dick das für diesen Betriebsfall ergänzte Linienbild Abb. 65 wieder. Bei voller Beleuchtung beträgt der Lampenstrom $J_L^{1/1}$ 26,5 Amp. bei 26,5 Volt. Für den Fall, daß der Lampenstrom durch Verdunklung der Abteile auf den halben Betrag heruntersinkt, ist ein zweiter Strahl $J_L^{1/2}$ eingetragen. Zählt man hierzu die entsprechenden Dauerströme, so erhält man die Schnittpunkte *E* und *F*, welche bedeuten, daß diese Spannungsgrenzwerte erst dann erreicht werden, wenn die Batterie vollgeladen ist. Die beiden anderen Schnittpunkte *G* und *D* sind in gleicher Weise durch Hinzuzählen der Anfangsströme zu den Lampenströmen bestimmt. Die stark ausgezogenen Linien der Abbildung haben Bezug auf eine zuvor erfolgte Entladung der Batterie auf 1,95 Volt je Zelle, wobei der Lampenstrom rund 13 Amp. beträgt. Fährt der Zug an, so nimmt der Maschinenstrom entlang der Anfangsstromkurve bis zum Punkte *D* zu, dann tritt der Regler in Tätigkeit, worauf der Maschinenstrom allmählich mit zunehmender Ladung abnimmt, bis er seinen niedrigsten Wert im Punkte *F* erreicht hat.

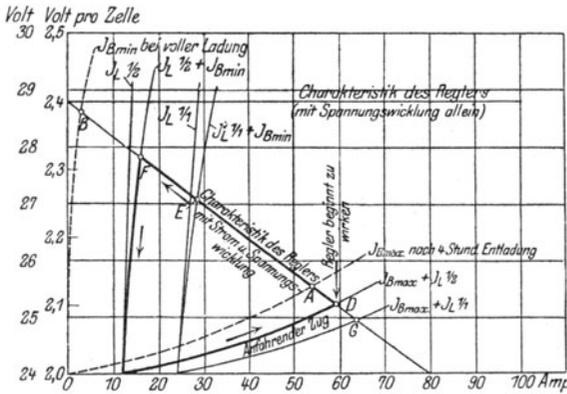


Abb. 65. Ladung der Batterie bei eingeschalteten Lampen.

Die Bauart Dick und einige andere, deren Maschine nach Erreichung einer bestimmten Höchstspannung von mindestens 2,4 Volt je Zelle die Spannung auf dieser Höhe hält, besitzen keine besondere Regelung für den Ladestrom. Bei diesen

paßt sich der Ladeverlauf ganz der Spannungscharakteristik der Batterie an. Die Ladung wird mit dem für die Maschine noch zulässigen Strom begonnen und die Stromverminderung erfolgt allmählich mit der Spannungszunahme der Batterie, bis etwa gegen Ende der Ladung 2,4 Volt je Zelle bei Tagesfahrt und 2,25 Volt bei Beleuchtung erreicht ist, worauf diese Spannungen gehalten werden.

Neben diesen Bauarten gibt es aber auch solche, die außerdem noch den Ladestrom regeln. So benutzt z. B. die Safety-Bauart (S. 157) einen Regler, der bei Überschreiten einer bestimmten Ladestromstärke eine Erniedrigung der Maschinenspannung bewirkt, so daß der Ladestrom in seiner Höhe beschränkt ist.

Bei dem Einheitssystem der Deutschen Reichsbahn wird der Batterieladestrom mit einigen Windungen über den Elektromagnet des Reglers geführt, während der Lampenstrom vorher abzweigt und mit einigen gegenläufigen Windungen über den Regler geführt wird. Es setzt dies natürlich voraus, daß die Stromentnahme des Lampennetzes einen bestimmten Wert nicht überschreitet. Diese Schaltung ist also nicht für

geschlossene Zugbeleuchtung verwendbar. Bei dieser Bauart wird während der Tagesfahrt nur bis 2,25 Volt je Zelle geladen, um jede Überladung zu vermeiden und mit 2,4 bis 2,5 Volt je Zelle zur Beleuchtungszeit, um sicher zu sein, bei Beleuchtung die Batterie voll zu laden.

Wird bei den genannten Bauarten die Maschinenspannung derart geregelt, daß sie auf einen bestimmten Höchstwert steigt, den sie dann beibehält, so bestehen Bauarten, die nach Erreichung der höchsten Ladespannung die Maschinenspannung so weit erniedrigen, daß sie der Ruhespannung der Batterie, der Schwebespannung, der floating tension, wie man in Amerika sagt, entspricht, so daß kein Ladestrom, oder nur ein sehr geringer, in die Batterie geht. Hierzu gehören die Bauarten Brown-Boveri und die Bauart Simplex.

Die Bauarten Brown-Boveri regeln auf abnehmenden Strom bei zunehmender Ladespannung, mit Ausnahme der älteren, der Ausführung Aichele, welche auf gleichbleibenden Ladestrom regelt. Während zur Beleuchtungszeit bei letzterer der Ladestrom in einem unveränderlichen Verhältnis zum Beleuchtungsstrom gehalten wird und auch bei der Ausführung Güttinger mit Verringerung des Lampenverbrauchs auch der Ladestrom verringert wird, regeln die neueren Ausführungen derart, daß bei weniger Lichtverbrauch der Ladestrom ansteigt. Bei vollingeschalteten Lampen wird die Maschine mit ihrer vollen Leistung beansprucht, so daß ein ausreichender Ladestrom gewährleistet ist. Bei allen Ausführungsarten der Brown-Boveri-Bauart wird nach Erreichung der Vollladung die Maschinenspannung auf die Ruhespannung der Batterie herabgesetzt.

Die amerikanische Bauart Simplex regelt auf gleichbleibenden Ladestrom und erniedrigt die Spannung nach Erreichung einer Höchstspannung gleichfalls auf die Ruhespannung der Batterie.

In Amerika wird auch vielfach ein Amperestundenzähler, der Sangamozähler, der Sangamo Electric Co., Springfield Ill., zur Beeinflussung der Ladung verwendet. Sobald 10—25% Amp./Std. mehr in die Batterie geladen, als bei der vorhergehenden Entladung herausgenommen sind, betätigt er einen Schalter, durch welchen der Ladestrom auf ein ganz geringes Maß herabgesetzt wird.

Als Spannungsregler finden Apparate sehr verschiedener Ausführung Verwendung. Die meisten Regler gehören zu den trägen Reglern. Neuerdings kommen in steigendem Umfange Schnellregler in Gebrauch. Die wichtigsten Reglerausführungen sind folgende:

Der Dickregler besteht aus einem Solenoid mit 2 Wicklungen, dessen Eisenkern in einen mit Quecksilber gefüllten Kolben taucht. Das durch den Kolben verdrängte Quecksilber schließt dabei Kontakte, die mit Widerstandsspulen verbunden sind, kurz. Diese Spulen liegen in dem Stromkreis der Erregerwicklung der Maschine. Wird der Kolben durch die Solenoidwicklungen in die Höhe gezogen, so sinkt der Quecksilberspiegel und gibt dadurch Kontakte frei, so daß die dazugehörigen Widerstandsspulen in den Erregerstromkreis der Maschine eingeschaltet werden.

Der Kohlenregler. — Er wird verwendet bei der Safety- und Gould-Bauart, sowie nach deren Vorgehen, bei der Einheitsbauart der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft und bei der Bauart der Schwedischen Staatsbahn. Der Regler besteht aus einer Säule von aufeinanderliegenden, festgepreßten Kohlenplatten oder Ringen, die mit der Feldwicklung in Reihe liegt und veränderlichem Druck durch Wirkung eines Elektromagneten unterworfen wird. Der Übergangswiderstand der Kohlenplatten verändert sich mit wechselndem Berührungsdruck sehr stark. Wird der Druck erhöht, so verringert sich der Widerstand, wird ersterer verringert, so erhöht er sich. Eine Erhöhung des Widerstandes erniedrigt die Erregerstromstärke der Maschine und drückt die Maschinenspannung herab. Wenn die Maschine nicht in Betrieb ist, sind die Kohlenplatten fest aufeinandergepreßt, so daß der Widerstand gering ist.

Der Wälzregler. — Bei der Bauart Brown-Boveri, Ausführung mit B-Regler und mit G1 Regler besitzen die Regler eine von einem Elektromagneten beeinflusste Spule, die drehbar gelagert ist; sie bewegt einen Kontaktsektor, der eine Anzahl, den einzelnen Widerstandsspulen entsprechende, Kontakte abwälzt.

Einen Wälzregler hat auch die Bauart Vickers, in welcher jedoch der Antrieb des Wälzsektors in anderer Weise betätigt wird.

Die Ausführung von Brown-Boveri mit vereinfachtem Regler E 16/0 arbeitet mit einem Regler, der aus einer Reihe von Kontaktlamellen, die mit Widerstandsspulen verbunden sind, besteht. Diese Lamellen werden durch ein elastisches Kontaktband kurzgeschlossen. Der Druck auf das Kontaktband erfolgt durch eine Feder, die einem Elektromagneten bei Stromdurchgang entgegenwirkt.

Der Tirrill- oder Zitter-Regler (Vibrationsregler). Während die bisher aufgeführten Regler zu der Gattung der „trägen Regler“ gehören, ist der Zitterregler ein Schnellregler. Der Zitterregler hat schwingende Kontakte, durch die ein im Erregerstromkreis des Stromerzeugers liegender fester Widerstand periodisch eingeschaltet und kurzgeschlossen wird. Das Schwingen erfolgt durch elektromagnetische Beeinflussung. Der Regler ist in seiner Bauweise einfach und arbeitet bei Vermeidung starker Funkenbildung und bei Verwendung geeigneter widerstandsfähiger Kontaktstoffe zuverlässig und mit geringer Abnutzung. Der Vorteil des Schnellreglers besteht darin, daß er nahezu ohne mechanische Trägheit augenblicklich jeder Schwankung der Belastung und Umdrehungszahl folgt. Beim Anlauf der Maschine setzt er früher als ein träger Regler zu arbeiten ein, wodurch das Drehmoment an der Maschinenwelle und demnach die Riemenbelastung geringer ausfällt; damit wird auch die Gefahr des Riemenschlupfes wesentlich geringer und dies wirkt sich in einer größeren Riemenhaltbarkeit aus.

Folgende Bauarten verwenden Zitterregler: Bauart Dick mit S-Regler, Bauart EVR, Bauart ERA, Bauart Oerlikon.

An die Spannungsregler müssen in bezug auf Betriebssicherheit, zuverlässiges und genaues Arbeiten die höchsten Anforderungen gestellt werden. Ein Versagen, etwa durch Hemmungen oder Reibungen kann für die Maschine sehr gefährlich werden, da schon ein geringes Übermaß

an Erregerstrom eine große Überlastung der Maschine hervorruft. Da die Beschädigungen oft nicht am Regler, sondern an der Maschine auftreten, so wird meist dieser und nicht dem Regler die Schuld an der Störung aufgebürdet.

Die Regler müssen ferner so gebaut sein, daß sie auch bei auftretender Mehrbelastung, wie dies bei Zuschalten von Kochapparaten und ähnlicher Verbraucher, bei Verwendung von Wagenkupplungen zur Unterstützung der Beleuchtungseinrichtung benachbarter Wagen der Fall ist, die Maschine vor Überlastung schützen können.

Eine Gefahr der Überlastung liegt auch dann vor, wenn innerhalb der Batterie eine oder mehrere Zellen Kurzschluß aufweisen und dementsprechend die Batterieruhspeisung tiefer liegt. Darum muß bei Bauarten mit Spannungsregelung auf sorgfältigste Batteriewartung großer Wert gelegt werden.

Abweichend von den spannungsregelnden Bauarten ist die Regelungsart der Bauarten Stone und Stone-Liliput. Auch sie verwenden eine Nebenschlußmaschine.

Das Schalten der Maschine auf die Batterie wird bei der Bauart Stone nicht durch einen elektrisch betätigten Selbstschalter bewirkt, sondern durch einen Fliehkraftregler, erfolgt also ohne Abhängigkeit von der Drehzahl der Wagenachse, bei Bauart Stone-Liliput durch einen elektromagnetischen Schalter.

Während vordem Schalten die Maschine ohne Erregung läuft, wird beim Schalten der Erregerstromkreis geschlossen, die Maschine kommt sofort auf Spannung und beginnt mit der Stromlieferung: Die Leistung erhöht sich mit zunehmender Drehzahl bis zu einem bestimmten Wert. Mit Erreichen desselben beginnt der Riemen zu gleiten und, da die Drehzahl der Maschine sich nun nicht mehr ändert, steigt auch der Strom nicht weiter.

Die Bauart regelt also auf gleichbleibende Leistung, die sich nicht ändert, gleichviel, ob Lampen brennen oder nicht. Sie paßt sich den Anforderungen des Betriebes nicht an. Eine Abhilfe gegen diesen Nachteil läßt sich, ohne auf die Regelungsart des Riemengleitens zu verzichten, durch Nebenschlußregelung nicht bewirken. Der Eintritt des Riemengleitens hängt von dem ganz bestimmten Wert der Leistung ab, also vom Strom und von der Spannung. Wenn man nun durch einen Regler die Spannung herabdrückt, so wird der Riemen bei einer größeren Stromstärke, erhöht man die Spannung, so wird der Riemen bei einer geringeren Stromstärke zu gleiten beginnen.

Da bei Tagesbetrieb die gesamte Leistung der Maschine zur Verfügung steht, verwendet Stone, um nicht mit zu großer Stromstärke zu laden oder eine zu starke Überladung zu vermeiden, zwei Batterien, die bei Tagesbetrieb parallel geschaltet geladen werden, und bei Lichtbetrieb so geschaltet sind, daß die eine Batterie mit einer Stromstärke geladen wird, die gleich der Maschinenstärke, vermindert um die Stromstärke für das Lampennetz, ist. Die andere Batterie wird möglichst wenig entladen oder erhält einen ganz geringen Ladestrom, was durch einen Widerstand eingestellt wird. Die Batterien werden durch einen Wechselschalter nach jedem Halten vertauscht.

Da bei ungünstigen Betriebsverhältnissen die Batterien stark überladen werden können, so bedeutet für die Bauart Stone die Verwendung von alkalischen Batterien, denen Überladung nicht schadet, eine recht wesentliche Verbesserung.

Außer der Nebenschlußmaschine findet bei der Zugbeleuchtung noch die Gleichstromquerfeldmaschine von Dr. Rosenberg Verwendung. Die Maschine arbeitet nicht auf gleichbleibende Spannung, sondern auf gleichbleibenden Strom. Sie beruht in ihrer Wirkungsweise auf der Ankerrückwirkung. Sie ist zweipolig mit 2 Paar Bürsten und einer Magnetwicklung (Abb. 66). Das eine Paar bb wird kurzgeschlossen. Das andere Bürstenpaar BB , die Nutzbürsten, gehört zu den Ankerdrähten in der Polschuhmitte und steht mit dem äußeren Stromkreise in Verbindung. Die Erregerspulen des zweipoligen Magnetfeldes werden in der Abb. 66 von der Batterie erregt, sonst erregt sich die Maschine selbst. Dreht sich der Anker im Sinne des Uhrzeigers, so ist das durch die Batterieerregung erzeugte Feld I von unten nach oben gerichtet. Die

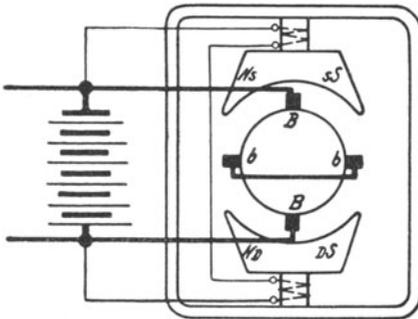


Abb. 66. Schaltung der Rosenberg-Maschine.

stromführenden Ankerleitungen bringen hierbei ein zweites Feld II hervor, das in Richtung der Verbindungslinie der Bürsten bb , also etwa senkrecht zur Richtung des ursprünglichen Feldes von links nach rechts verläuft. Durch den Umlauf des Ankers in diesem zweiten Felde, dem Querfeld, werden in den Leitern der rechten Ankerhälfte nach vorn verlaufende Ströme erzeugt, die wiederum ein drittes magnetisches Feld III hervorrufen, das von oben nach unten, also entgegengesetzt dem Feld I, verläuft, dieses demnach schwächt. Hierbei ist vorausgesetzt, daß sich die durch das zweite Feld erzeugten Ströme wirklich ausbilden können, was nur dann möglich ist, wenn auch unter den Hauptpolen Bürsten stehen, die durch eine äußere Verbindung (Batterie und Lampen) geschlossen sind. Die Bürsten bb sind kurzgeschlossen und der Nutzstrom wird von den Bürsten BB abgenommen. Wären die Hilfsbürsten bb nicht vorhanden, so würde zwischen den Nutzbürsten BB keine Spannung entstehen, da im linken oberen und im linken unteren Ankerviertel gerade entgegengesetzte Spannungen erzeugt werden, die einander aufheben, ebenso im rechten oberen und rechten unteren Ankerviertel. Dadurch aber, daß durch die kurzgeschlossenen Hilfsbürsten bb ein Strom fließt, findet eine Quermagnetisierung statt und das Querfeld hat nun auf den Anker die gleiche Wirkung, als wenn ein zweites Magnetsystem mit einem Pole links und einem Pole rechts den Anker beeinflusste. Es wird zwischen den Nutzbürsten BB eine Spannung erzeugt, die den Nutzstrom hervorruft.

Wenn sich die Maschine in anderer Richtung dreht, wird der Strom in den Hilfsbürsten sich natürlich umkehren. Dies ruft ein Ankerquer-

feld in entgegengesetzter Richtung hervor. Die vertikalen Nutzbürsten erzeugen jetzt, da sie unter dem Einfluß eines verkehrt gerichteten Feldes stehen, die Ankerdrehrichtung sich aber ebenfalls umgekehrt hat, Strom in gleicher Richtung.

Die Rosenberg-Maschine gibt somit Strom in derselben Richtung, trotz Wechsel der Fahrtrichtung, ohne Anordnung eines besonderen Polwechslers.

Geben die Nutzbürsten Strom ab, so rufen sie wieder ihrerseits eine Ankerrückwirkung hervor, die dem ursprünglichen Magnetfelde gerade entgegengesetzt gerichtet ist, den ursprünglichen Magnetismus also schwächt.

Dieses dritte Feld hat, da es vom Nutzstrom erzeugt wird, auch wieder die Richtung von oben nach unten. Das zweite wirksame Feld wird durch den Unterschied des ersten und dritten Feldes erzeugt. Hierauf beruht die Regelung der Maschine. Wenn nämlich durch irgendeine äussere Ursache der Nutzstrom anzusteigen versucht, so wird das dritte Feld stärker, das wirksame zweite Feld schwächer und hierdurch sinkt die den Nutzstrom erzeugende Spannung derart, daß der Nutzstrom unverändert bleiben muß.

Die Rosenberg-Maschine regelt also von einer bestimmten Geschwindigkeit an selbsttätig auf gleichbleibende Stromstärke.

Wenn der äußere Stromkreis kurzgeschlossen wird, so erreicht der denselben durchfließende Strom nicht, wie bei einer gewöhnlichen Maschine, einen ungeheuer großen, sondern einen mäßigen bestimmten Wert, bei welchem das dritte Feld in der Richtung *BB* fast genau dem ursprünglichen Felde gleich wird. Das ursprüngliche Feld ist um einen kleinen Betrag größer, der nur hinreicht, um eine ganz kleine Spannung im Anker zu erzeugen, so daß auch nur ein kleiner Strom die kurzgeschlossenen Hilfsbürsten durchfließt. Dieser Strom zwischen den Hilfsbürsten kann nur ein kleines Ankerquerfeld in wagerechter Richtung hervorrufen, so daß auch die Spannung zwischen den vertikalen Nutzbürsten *BB* ganz gering ist, was ja sein muß, damit in einem äußeren Stromkreise, der beinahe keinen Widerstand hat, nur ein mäßiger Strom auftritt.

Hat andererseits der äußere Stromkreis einen großen Widerstand, so sinkt der Nutzstrom ein wenig; das Ankerrückwirkungsfeld in senkrechter Richtung wird dadurch kleiner. Der größere Unterschied zwischen ursprünglichem und rückwirkendem Felde ruft jetzt eine größere EMK im Anker und dadurch einen viel größeren Strom zwischen den kurzgeschlossenen Hilfsbürsten hervor. Das Querfeld wird dadurch viel stärker und erzeugt seinerseits eine viel größere Spannung zwischen den Nutzbürsten, die ja jetzt auch notwendig ist, um durch den viel größeren Widerstand des Nutzstromkreises einen Strom durchzuschicken, der beinahe ebenso groß ist wie vorher. Die Maschine wird z. B. so gebaut, daß bei Kurzschluß des Nutzstromkreises der Strom 100 Amp. beträgt und bei voller Spannung zwischen den Nutzbürsten 90 Amp. Es ist also eine Maschine für gleichbleibenden Strom. Die Maschine ist imstande, die gleiche Leistung auch bei stark verschiedenen Geschwindigkeiten zu

geben. Auch bei noch so großer Steigerung der Geschwindigkeit kann der Strom niemals den vorausbestimmten Wert überschreiten.

Selbst bei Kurzschluß ist es unmöglich, die Maschine zu überlasten. Dieser Vorteil macht sich besonders bei geschlossener Zugbeleuchtung geltend.

Die Rosenberg-Maschine wird von der GEZ-Bauart der Gesellschaft für elektrische Zugbeleuchtung m. b. H. in Deutschland und der Bauart Mather & Platt in England verwendet. Letztere Bauart benutzt zwei Batterien für jede Anlage. Die GEZ-Bauart verwendet zur Beeinflussung des Ladestromes einen Spannungsbegrenzer; er besteht aus einer Spule mit vielen Windungen dünnen Drahtes und einem darin beweglichen Magneten. Dieser trägt am unteren Ende zwei Metallkontakte mit Kohlenvorkontakten, welche die am Erregerstromkreis liegenden Hilfswiderstände überbrücken. Dem Begrenzer ist ein Einstellwiderstand vorgeschaltet, der zwei Schieber besitzt, so daß je eine Einschaltstufe für Tagfahrt und Lichtbetrieb eingestellt werden kann. Damit wird erreicht, daß der Spannungsbegrenzer bei Tagfahrt erst dann, wenn die Batteriespannung auf 2,5 Volt je Zelle gestiegen ist und die Batterie eine gründliche Aufladung erfahren hat, auslöst und dadurch den Ladestrom auf 3—5 Amp. vermindert. Dagegen spricht derselbe bei Lichtbetrieb schon bei einer Spannung von 2,3 Volt je Zelle (27,5 Volt bei 12 Zellen) an, wodurch die Maschinenleistung soweit begrenzt wird, daß gerade der volle Beleuchtungsstrom gedeckt wird, aber in die Batterie kein nennenswerter Ladestrom fließt und ihre Spannung nicht mehr ansteigt.

Die Batterie ist hierdurch vor einer schädlichen Überladung vollständig geschützt. Ein Nachfüllen mit Wasser ist nicht häufiger nötig als bei Bauarten mit Spannungsregelung, die auf eine Höchstspannung von 2,4 Volt je Zelle regeln. Eine stärkere Schlamm- und Schmutzbildung in den Elementen tritt deshalb auch nicht auf und die Lebensdauer der Batterie wird in keiner Weise nachteilig beeinflusst.

Bei Aufladung mit gleichbleibender Stromstärke wird die Maschine von Beginn bis zu Ende der Ladung bei Tagfahrt voll ausgenutzt und die Batterie schneller aufgeladen als bei Spannungsregelung. Infolgedessen kann man mit einer kleineren Batterie auskommen, als bei Bauarten mit Spannungsregelung. Der Vorteil des schnellen Aufladens macht sich geltend bei allen Betriebsverhältnissen, die eine starke Inanspruchnahme der Batterie bedingen, wie Postwagen, Speise- und Schlafwagen, deren Beleuchtung längere Zeit vor Beginn und nach Beendigung der Fahrt in Betrieb ist, Personenzüge auf Klein- und Nebenbahnen mit vielen Haltestellen und langen Aufenthalten. Die Bauart mit Stromregelung und Spannungsbegrenzer ist völlig unabhängig von jedem Fahrplan und paßt sich allen Betriebsverhältnissen auf Voll- und Kleinbahnen an, ohne bei Änderung der Betriebsweise einer Neueinstellung der Maschinenleistung zu bedürfen.

Da keine empfindlichen Regelungsapparate erforderlich sind, können die Einrichtungen auch bei schlecht gefederten Güterzügen oder Lokomotiven ohne besondere Abfederung eingebaut werden und leiden nicht unter den starken Verschiebestößen.

Wie bereits oben bemerkt, eignet sich die Rosenberg-Maschine, da sie nicht überlastet werden kann, vorzüglich für geschlossene Zugbeleuchtung mit stark wechselnder Belastung.

Das Gewicht der jetzigen Ausführung von Rosenberg-Maschinen ist gleich dem von guten Nebenschlußmaschinen gleicher Leistung.

Der selbsttätige Nebenschlußregler fällt bei der Anordnung weg und wird durch einen von Hand betätigten ersetzt. Die leichte Veränderung der Einstellung des Reglers ist ein großer Vorteil. Man kann in Zeiten geringen Lichtbedarfes dadurch die Maschine auf beliebig schwache Leistung und umgekehrt bei wieder erhöhtem Lichtbedarf auf die volle Leistung mit einem einzigen Handgriff einstellen. Hierdurch kann eine recht wesentliche Schonung des Riemenantriebes erreicht werden.

Die oben beschriebenen Ladeweisen: Aufladung mit Spannungsregelung und Aufladung mit Stromregelung und Spannungsbegrenzung, wie sie in den jetzt in Betrieb befindlichen Bauarten angewendet werden, sind einander gleichwertig. Eine Aufladung der Batterie ist bei beiden in einwandfreier Weise gesichert. Wie bereits bemerkt, würde auch eine Bauart, bei der dies nicht zutrifft, sich auf die Dauer nicht halten können. Sie würde im Betriebe mehr Bedienung durch häufiges Nachfüllen der Sammlerzellen erfordern und ferner eine schnellere Abnutzung der positiven Platten herbeiführen.

Gegen die Aufladung mit Stromregelung werden folgende Einwände erhoben: Stelle man die Stromerzeugung so ein, daß die Batterie nach vollendeter Aufladung bei voller Beleuchtung so gut wie keinen Strom mehr erhält, so würde, da die Zahl der eingeschalteten Lampen und damit der vom Sammler aufzunehmende Stromüberschuß wechsle, bei Ausschalten einer größeren Zahl von Lampen die Batterie wieder Strom erhalten und damit überladen werden. Wolle man das nicht, so müsse man die Stromerzeugung auf einen Wert, der niedriger als der volle Beleuchtungsstrom liegt, herabmindern. Dies würde aber bedeuten, daß die Batterie bei Brennen aller Lampen entladen wird und diese Entladung könne bei Schnellzugsbetrieb mit langen Stationsabständen sehr erheblich werden. Man sei also nicht in der Lage, die Aufladebegrenzung in einwandfreier Weise vorzunehmen.

Hiergegen läßt sich sagen: Wenn bei der Bauart mit Stromregelung und Spannungsbegrenzung bei Lichtbetrieb die Spannung von 2,3 Volt erreicht wird, so schaltet der Begrenzer Widerstand vor die Erregerwicklung und setzt den Strom so weit herab, daß lediglich der Lampenstrombedarf gedeckt ist und die Batterie nicht weiter geladen wird. Ist das Lampennetz eingeschaltet und liefert die Maschine den vollen Strom, so steht für die Batterie nur ein Teil, in den meisten Fällen nur die Hälfte, des von dem Lieferwerk zugelassenen Ladestromes zur Verfügung. Nachdem der Begrenzer geschaltet, wird die Batterie nicht mehr geladen. Werden nun Lampen ausgeschaltet, so wird wieder ein schwacher Ladestrom in die Batterie gehen, die, da sie nur bis zu einer Zellenspannung von 2,3 Volt aufgeladen worden ist, noch lange nicht vollgeladen ist. Dieser Ladestrom wird, wenn man das Ausschalten der Hälfte der Lampen als ungünstigsten Fall annimmt, alsdann höchstens auf $\frac{1}{4}$ des zulässigen Lade-

stromes anwachsen können. Wenn der höchstzulässige Ladestrom eine ganz entladene Batterie innerhalb 5 Stunden aufladet, wird der vierte Teil die Batterie erst innerhalb 20 Stunden aufladen. Es ist ausgeschlossen, daß ein solcher Strom innerhalb der höchstens in Betracht kommenden Zeit von 2—3 Stunden schädigend auf eine vollgeladene Batterie einwirken kann. Wird aber der Begrenzer so eingestellt, daß nach Erreichen von 2,3 Volt je Zelle der Maschinenstrom auf einen geringeren Wert als den Beleuchtungsstrom herabgesetzt wird, so würde die Batterie allerdings mit schwachem Strom entladen werden bis zur Erreichung der nächsten Haltestelle. Die verlorene geringe Strommenge würde aber nach neuer Anfahrt des Zuges in kurzer Zeit wieder ergänzt sein. Diese Einstellung ist aber nicht zu empfehlen und wird auch im Betriebe nicht vorgenommen. Man ist also durchaus in der Lage, die Aufladungsbegrenzung in vollkommen einwandfreier Weise vorzunehmen.

Ein weiterer Einwand ist der, daß alle auf gleichbleibenden Strom regelnden Bauarten ihren Ladestrom nicht jeweils dem durch den Fahrplan bedingten Bedarf anzupassen in der Lage seien. Die Maschine müsse deshalb auf die im ungünstigsten Falle erforderliche Ladestromerzeugung eingestellt werden und lade daher meist mit unnötig großem Strome. Diese Ladeweise lasse also beim Übergange eines Wagens in eine andere Kursgattung eine Neueinstellung der Stromstärke als wünschenswert erscheinen und gewähre daher nicht volle Freizügigkeit der Wagen.

Hierzu ist zu bemerken, daß eine Neuregelung der Wagen nicht erforderlich ist und auch gar nicht wünschenswert erscheint, aber selbst wenn sie erforderlich wäre, ist eine Neueinstellung mittels eines einfachen Handgriffes ohne weiteres zu erreichen.

Es ist in jedem Falle ein Vorteil der stromregelnden Maschinen, den auf Haltestellen aus den Batterien herausgenommenen Ladeinhalt schnell zu ersetzen. Irgendwelcher Einfluß auf die Haltbarkeit der Batterie hat diese Ladeweise nicht.

Von den spannungsregelnden Bauarten hat die Bauart der Deutschen Reichsbahn die Anordnung getroffen, bei Tagesfahrt nur mit geringer Spannung zu arbeiten, also weniger schnell zu laden, dahingegen bei Lichtbetrieb mit erhöhter Spannung zu arbeiten, also schneller zu laden. Dies bedeutet eine starke Mehrbeanspruchung der Maschine und bedingt unter Umständen die Wahl einer größeren Maschine. Die Aufladung bei Lichtbetrieb mit erniedrigter Spannung und Aufladung bei Tagesbetrieb mit erhöhter Spannung hat sich bei den Bauarten, die sie verwenden, durchaus bewährt.

Die Rosenberg-Maschine findet auch Anwendung für Bauarten, die mit gleichbleibender Spannung arbeiten. Die Electric Storage Battery Co. in Philadelphia bringt seit dem Jahre 1911 eine von L. Woodbridge erfundene Bauart, die ESB-Bauart, auf den Markt.

Die Regelung auf gleichbleibende Spannung wird erzielt durch Anordnung von Widerständen in Art einer Wheatstoneschen Brücke vor

der Erregerwicklung der Maschine und einer zusätzlichen Hauptstromwicklung. Sie verwendet nicht die gebräuchliche Ladespannung von 2,4 Volt je Zelle, sondern sowohl bei der Beleuchtungszeit, als auch bei Tagesbetrieb nur eine solche von 2,25 Volt je Zelle. Die Erfahrung hat gezeigt, daß diese Spannung zur guten Erhaltung der Batterie ausreicht.

Eine Abänderung und Vereinfachung der ESB-Bauart ist die Bauart AJ der Firma L'Eclairage des Vehicules sur Rail (EVR) in Paris, die auf S. 135 beschrieben ist.

Schließlich wird für Zugbeleuchtung auch eine Maschine mit drei Bürsten, zwei Hauptbürsten und einer Hilfsbürste, von der englischen Bauart Rotax benutzt, wie sie für Kraftwagenbeleuchtung vielfach Verwendung findet (siehe S. 148).

Bei Verwendung von alkalischen Batterien ist zu beachten, daß zur Volladung dieser Zellen eine höhere Ladespannung erforderlich ist als bei den Bleizellen. Die Ladekurve ist beim Nickel-Eisensammler eine für Bauarten mit spannungsregelndem Maschinenbetrieb ungünstige. Beim Bleisammler steigt die Ladespannung allmählich an bis zu etwa 2,3 Volt je Zelle und geht von da ab steil in die Höhe. Bei Erreichen dieses Wendepunktes kann dann durch regelnde Vorrichtungen eine Verminderung der Ladestromstärke für den Teil der Ladung erreicht werden, bei dem die Gasentwicklung stattfindet.

Ein solcher Punkt fehlt bei dem Nickel-Eisensammler. Die Spannung steigt gleich nach Beginn der Ladung auf einen hohen Wert, der bis zu Ende der Ladung nur wenig überschritten wird. Eine Verminderung des Ladestromes wäre auch hier wünschenswert, da eine starke Gasentwicklung nicht nur den Wirkungsgrad herabsetzt, sondern auch durch die Zersetzung des Elektrolytes ein häufiges Nachfüllen der Zellen mit destilliertem Wasser erforderlich macht. Die starke Gasentwicklung bedingt eine gute Durchlüftung des Batteriebehälters, da das nicht fortgeführte Knallgas zu einem Zerknall führen kann.

Beim Nickel-Kadmiumsammler ist ein Wendepunkt, wenn auch nicht so ausgeprägt wie beim Bleisammler, vorhanden. Deswegen ist der Sammler für spannungsregelnde Bauarten besser geeignet, wie der Nickel-Eisensammler.

Für eine Betriebsspannung von 24 Volt werden 18 oder 19 Zellen, von 32 Volt 25 Zellen gebraucht. Die Ladespannung muß einer Zellenspannung von 1,8 Volt entsprechend bei 18 Zellen 32,8, bei 25 Zellen 45 Volt betragen.

Für geschlossene Zugbeleuchtung, die vielfach bei Personenzügen und fast ausschließlich bei Neben- und Kleinbahnen vorherrscht, kommen sowohl spannungs- als auch stromregelnde Bauarten in Anwendung. Bei Kleinbahnen ist sie fast ausschließlich so durchgeführt, daß ein Wagen, meist der Gepäckwagen, die Beleuchtungsanlage mit sich führt und der Beleuchtungsstrom durch Überbrückungsleitungen und Kupplungen nach den anderen Personenwagen weitergeleitet wird. Bei diesen Bahnen ist die Personenbeförderung meist sehr stark wechselnd, wobei an Werktagen nur ein ganz geringer Verkehr herrscht, während

an den Feier- und Markttagen sowie am Wochenende derselbe oft große Ausmaße annimmt. Dann kann es vorkommen, daß der ganze vorhandene Wagenpark eingestellt wird und sämtliche Wagen auch an die Anlage angeschlossen werden, wobei diese oft wesentlich überlastet wird. Hier ist vor allen Dingen eine stromregelnde Bauart angebracht. Den Anforderungen entspricht am besten die nicht überlastbare Rosenberg-Maschine. Fast alle elektrisch beleuchteten Klein- und Nebenbahnen Dänemarks und Deutschlands sind mit Beleuchtung durch letztere Maschinen eingerichtet.

Bei Personenzügen, bei denen mehrere Wagen eines Zuges mit Maschineneinrichtungen versehen sind, die auf gemeinsame Leitung arbeiten, ist gleichfalls die stromregelnde Bauart vorherrschend, so z. B. in Dänemark, in der Türkei und in Rußland. Es finden aber auch spannungsregelnde Bauarten Verwendung, für die die Regler für ein gemeinsames Arbeiten mehrerer Maschinen auf dasselbe Leitungsnetz eingerichtet sind. Wenn bei diesen Bauarten mit Spannungsregler der gesamte von der Maschine abgegebene Strom mit wenigen Windungen über die Magnete des Reglers geführt wird und dadurch die Grenzspannung, auf die der Regler hinarbeitet, in Abhängigkeit vom auftretenden Maschinenstrom erniedrigt wird, so ist die Maschine vor Überlastung geschützt, besonders, wenn bei Lichtbetrieb die Grenzspannung des Reglers niedriger eingestellt wird. Es können dann auch im Bedarfsfalle größere Stromstärken als die normale aus dem Netz entnommen und beispielsweise Kochapparate usw. angeschlossen werden. So findet z. B. die Dick-Bauart in größerem Umfange Anwendung bei den Rumänischen Staatsbahnen und bei der Französischen Ostbahn.

Verhalten der Bleibatterien bei langen Betriebspausen. — Im Eisenbahnbetrieb steht ein großer Teil der Wagen in Reserve. Diese werden oft erst nach vielen Monaten wieder in den Betrieb eingestellt. Die in diesen Wagen befindlichen Batterien müssen, bevor die Wagen abgestellt werden, geprüft werden, ob sie in vollständig geladenem, tadellosem Zustande sich befinden. Die Zellen müssen gänzlich kurzschlußfrei sein. Nur Elemente in tadellosem, vollgeladenem und kurzschlußfreiem Zustande können ohne Nachteil mehrere Monate stehen gelassen werden. Läßt man Batterien in ganz oder teilweise entladnem Zustande stehen, so sulfatieren die Platten und diese Sulfatierung kann schließlich so stark werden, daß die Platten hart werden und beim Einschalten keinen Ladestrom annehmen. Die Spannung steigt bei Bauarten mit Spannungsregelung sofort auf die Grenzspannung des Reglers, ohne daß eine nennenswerte Ladestromstärke auftritt und eine Aufladung der Batterie findet nicht statt. Man ist schließlich gezwungen, die Batterie aus dem Wagen zu nehmen und auf einer ortsfesten Anlage zu laden, bis die Sulfatierung entfernt ist. Um dies zu vermeiden, muß sich also der Regler auf eine höhere Spannung einstellen lassen. Beim Aufladen mit Stromregelung und Spannungsbegrenzung läßt sich durch Festsetzen des Begrenzers für die ersten Tagesfahrten die Batterie schnell entsulfatieren.

Brown, Boveri & Co. haben einen besonderen Entsulfatierungsschalter vorgesehen. Der Schalter, der aus einem Elektromagneten mit

zwei Spulen, einer Spannungs- und einer Stromspule, besteht, durch die der Ladestrom geht, hält einen Teil der Wicklung des Spannungsbegrenzers kurzgeschlossen, so lange, bis der Ladestrom einen bestimmten Wert erreicht hat. Mit Erreichung dieses Wertes wird der Kurzschluß der Spannungsbegrenzerspule selbsttätig aufgehoben. Da zur Betätigung des Schalters die Ladestromstärke nur eine geringe sein darf, so ist der Schalter von selbst außer Betrieb, sobald die Batterie normalen Ladestrom erhält.

Bei Bruch einer Verbindung innerhalb der Sammlerbatterie würde bei Maschinen, die auf Strom regeln, eine unzulässige Spannungssteigerung hervorgerufen werden, was durch selbsttätiges Einschalten von genügend großem Widerstand in den Erregerstromkreis durch Spannungsbegrenzer verhindert werden muß.

Ein Vorteil der alkalischen Sammler für Zugbeleuchtung ist die Eigenschaft, daß sie dauernd unbenutzt stehen können, ohne daß eine der Sulfatierung entsprechende Erscheinung eintritt, daß sie also sofort Ladestrom bei Wiederinbetriebsetzung der Batterie aufnehmen, was bekanntlich bei einer sulfatierten Batterie nicht der Fall ist. Da die alkalischen Sammler, ebenso wie die Bleisammler, bei unbenutztem Stehen Selbstentladung besitzen, so wird bei mehrmonatlichem Stehen die Batterie mehr oder weniger entladen und die Spannung heruntergegangen sein. Bei spannungsregelnden Bauarten wird der bei Beginn der Ladung auftretende starke Strom von nachteiligem Einfluß für die Maschine sein können, bzw. die Sicherung für die Maschine durchschlagen, während ein solcher für Bauarten, die auf gleichen Strom arbeiten, wie die Bauart GEZ mit Rosenberg-Maschine, keineswegs nachteilig ist.

4. Regelung der Lampenspannung.

Bei Stillstand eines Zuges werden die Lampen von der Batterie aus gespeist. Während der Fahrt muß in der Abend- und Nachtzeit während der Speisung der Lampen auch eine Ladung der Batterie vorgenommen werden. Es muß also die Spannung der Maschine erhöht werden, denn mit der Ladung steigt auch die Spannung der Batterie. Um nun während dieser Zeit die Spannung an den Lampen auf richtiger Höhe zu halten, kann man zwei Batterien für jede Einrichtung verwenden, von denen die eine die Lampen speist, während die andere geladen wird oder man benutzt einen selbsttätigen Regler, welcher mit steigender Maschinenspannung nach und nach Widerstand vor den Lampenstromkreis schaltet. Oft benutzt man auch nur einen festen Widerstand, der natürlich nur für eine bestimmte Lampenzahl und Spannungs-drosselung bemessen werden kann. In neuerer Zeit sieht man überhaupt von jeder Vorrichtung für den Lampenschutz ab. Man schützt die Lampen dadurch, daß man zur Beleuchtungszeit die Spannung der Maschine nur bis zu einem bestimmten niedrigen Wert anwachsen läßt, der nur einer teilweisen Aufladung entspricht und die Glühlampen für eine etwas höhere Spannung wählt, als der Batteriespannung entspricht, sich also mit etwas geringerer Leuchtkraft für die Zeiten begnügt, bei der die Maschine nicht in Betrieb ist, also besonders bei Stillstand des Zuges.

Bei Verwendung von alkalischen Batterien, bei denen zur Aufladung eine höhere Spannung erforderlich ist, wird bei diesen Bauarten, welche sonst ohne Widerstände arbeiten, ein fester Widerstand vor das Lampennetz geschaltet.

Es muß natürlich verhütet werden, daß die Lampen eine übermäßige hohe Spannung erhalten, da dadurch ihre Lebensdauer empfindlich beschränkt wird. Die Abb. 67 gibt die Abhängigkeit der Lebensdauer einer Glühlampe, sowie des Lichtstromes, der Stromstärke, der Lichtausbeute und der Leistungsaufnahme von der Betriebsspannung nach Messungen der Osram G. m. b. H. wieder. Hieraus geht hervor, daß eine dauernde Überspannung von nur 5% bereits die Haltbarkeit der Glühlampe um die Hälfte verkürzen würde. Es muß allerdings bemerkt werden, daß bei Zugbeleuchtungsanlagen Überlastungen der Glühlampen nie dauernd durch höhere Spannung vorkommen, sondern nur kurze Zeit und ausnahmsweise eintreten werden. Es hat sich auch im Betriebe nicht gezeigt, daß die

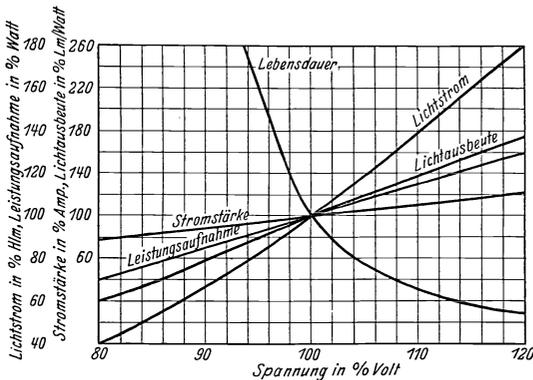


Abb. 67. Lichtstrom, Stromstärke, Leistungsaufnahme, Lichtausbeute und Lebensdauer von Glühlampen in Abhängigkeit von der Spannung nach Messungen der Osramgesellschaft.

Bauarten ohne Lampenregler einen höheren Lampenverbrauch erfordern, als solche mit Lampenregler.

Bei Verwendung von zwei Batterien, wie bei der Bauart Stone und der Bauart Mather & Platt, wird die Batterie, welche die Lampen speist, mit der Maschine über einen festen Widerstand verbunden, welcher derart berechnet ist, daß diese Batterie nur mit ganz geringem Strom von

der Maschine in der Lieferung des Lampenstromes unterstützt wird. Sobald der Zug hält, werden die beiden Batterien parallel geschaltet und speisen gemeinsam die Lampen, wobei jedoch bei der in Ladung gewesenen Batterie ein kleiner Teil des Widerstandes vorgeschaltet bleibt, da deren Spannung eine höhere ist. Während des Tagesbetriebes sind die beiden Batterien unter Kurzschließung des gesamten Widerstandes parallel geschaltet und erhalten beide volle Ladung.

Die Verwendung einer zweiten Batterie hat den Nachteil der höheren Betriebsunkosten. Der Akkumulator ist derjenige Teil der Anlage, welcher der stärksten Abnutzung unterworfen ist und dessen Instandhaltung einen wesentlichen Anteil der Betriebskosten erfordert. Da man bei dieser Regelungsart jede Batterie nicht viel kleiner als diejenige einer Einbatterie-Bauart nehmen kann, so ist ohne weiteres klar, daß die Betriebskosten nennenswert durch diese zweite Batterie erhöht werden. Aber auch die Verwendung von wesentlich kleineren Zellen bedingt eine

Erhöhung der Betriebskosten, da die Kosten nicht im Verhältnis zu ihrer Größe abnehmen, sondern in wesentlich geringerem Maße.

Die Verwendung von zwei Batterien erfordert eine Vorrichtung, welche selbsttätig in bestimmten Abständen die Batterie von der Ladestellung in die Entladestellung umschaltet. Man kann in verschiedener Weise verfahren. Die älteste und einfachste Art ist die bis vor wenigen Jahren von der Bauart Stone verwandte, bei welcher die Umschaltung bei jedem Fahrtrichtungswechsel erfolgt und ein Schutz gegen Überladung nicht vorgesehen ist. Bei diesem Verfahren tritt leicht eine mehr oder weniger große Entladung ein, welche eine entsprechend rasche Verdunstung des Wassers der Füllsäure und eine starke Abnutzung der Batterien zur Folge hat. Verschiedenheiten treten naturgemäß auf, sobald die Fahrt in einer Richtung bei längerem Lichtbedarf stattfindet als in einer anderen Richtung, wie es auch häufig vorkommt, daß nur die Fahrt in einer Richtung in die Beleuchtungszeit fällt und in der anderen nicht. Änderungen des Laufes durch Übergang der Wagen in andere Züge, Änderungen der Jahreszeiten bringen gleichermaßen Abweichungen in der Dauer der Aufladung hervor. In Erkenntnis der starken Überladung hat Stone eine Elementbauart, das Tonum-Element, eingeführt, welche einen sehr großen Raum über den Platten bis zum Deckel vorsieht, so daß die Füllsäure 50 cm über Plattenoberkante steht, gegenüber 1—2 cm bei anderen Bauarten (siehe Abb. 19). Ein besonderer Schwimmer zeigt dem Überwachungsbeamten an, wann ein Nachfüllen erforderlich ist. Der erhöhten Schlammablagerung wird Rechnung getragen dadurch, daß eine Reinigung der Elemente alle 8—9 Monate vorgeschrieben wird, um dem Auftreten von Kurzschlüssen in den Elementen durch den Schlamm vorzubeugen.

Durch den sogenannten Pegoud-Wechselschalter hat Stone den Wechsel bei jedem Aufenthalt des Zuges in seiner Bauart eingeführt. Ein solcher ist zweifellos vorteilhafter für die Batterien.

Frühere Bauarten, wie die Bauart Vicarino, sowie die ältere Bauart Dick, bewirkten den Wechsel der Batterien nach jeder Beleuchtungszeit. Mit dem Einschalten des Lichtes wurden gleichzeitig die Batterien umgeschaltet. Hier besteht die Gefahr, daß vor Beginn der Beleuchtungszeit häufig die Schaffner, um sich von dem ordnungsgemäßen Zustand der Einrichtung zu überzeugen, eine kurze Einschaltung vornehmen, so daß bei der Einschaltung zur Beleuchtungszeit dieselbe Batterie wieder auf Entladung gestellt wird. Das gleiche tritt auch ein, wenn bei Tagesfahrt durch einen Tunnel für ganz kurze Zeit Licht eingeschaltet wird.

Selbsttätige Spannungsregler sind vielfach in Anwendung. Es sind dies elektromagnetisch betätigte Schalter, welche mit steigender Spannung Widerstandsspulen allmählich vor das Lampennetz schalten. Vielfach lassen solche Regler eine Verminderung der Lampenstromstärke bis zu 30—40% zu, ohne unzulässige Spannungsschwankungen zu ergeben. So verwenden die amerikanischen Bauarten Safety und Simplex, sowie die Einheitsbauart der Deutschen Reichsbahn Kohlensäulenregler als Lampenregler.

Die Bauarten Brown-Boveri verwenden einen festen Widerstand vor dem Lampennetz, wobei der Maschinenregler mittels einer besonderen Spule für den Elektromagneten vom Beleuchtungsstrom mit beeinflußt wird.

Um selbsttätige Regelungsapparate zu vermeiden, hatte seinerzeit die Gesellschaft für elektrische Zugbeleuchtung m. b. H. Eisendrahtwiderstände, welche einzeln vor jede Lampe geschaltet wurden, benutzt, durch welche die Spannung gleichmäßig gehalten werden konnte. Die Beschreibung einer derartigen Einrichtung, welche für die vormalige Preußische Staatsbahn geliefert wurde, ist auf S. 70 gegeben.

Die neueren Bauarten verzichten meistens auf die Verwendung von Lampenreglern, wodurch eine bemerkenswerte Vereinfachung der Einrichtung erzielt wird. Früher sind besondere Lampenregler unbedingt erforderlich gewesen. Die damals allein verwandte Kohlefadenlampe weist eine starke Veränderung der Lichtstärke bei Spannungsschwankungen auf und ist gegen Überspannungen sehr empfindlich, während die jetzt vorherrschende Metalldrahtlampe diese Eigenschaften in weit geringerem Maße besitzt und Überlastungen in gewissen Grenzen verträgt, so daß bei ihr eine genaue Regelung der Lampenspannung entbehrlich wird. Fast alle neueren Beleuchtungseinrichtungen in Europa verzichten daher auf einen Lampenregler und lassen während des Lichtbetriebes eine gewisse Grenzspannung der Maschine nicht überschreiten.

Der erste, der das Weglassen eines besonderen Lampenreglers bei Verwendung von Metalldrahtlampen als zulässig erkannt hat, ist der verstorbene J. B. Bruun, der sich um die Durchführung und Entwicklung der elektrischen Zugbeleuchtung bei den Dänischen Staatsbahnen sehr verdient gemacht hat. Er hat im Jahre 1906 vorgeschlagen¹, zur Vermeidung der damals eingeführten Eisendrahtwiderstände, die Batterien während der Beleuchtungszeit nur mit schwachem Strom zu laden und sie während der Tagesfahrt aufzuladen. Durch einen selbsttätigen Spannungsregler sollte die Spannung in bestimmter Höhe gehalten werden. Er wies darauf hin, daß die damals aufkommende Tantallampe eine derartige Anordnung ermöglicht. Die Dänischen Staatsbahnen haben eine größere Anzahl Schnellzüge nach diesem Vorschlage ausgerüstet.

Eingehender untersucht hat diese Frage Emil Dick². Er hat darauf hingewiesen, daß die Geschwindigkeitsänderungen des Zuges nur sehr allmähliche sind und demgemäß die Änderung der Maschinen-spannung. Nach seinen Berechnungen beträgt die Spannungszunahme bei einer Anfahrzeit eines Schnellzuges etwa 3% in der Sekunde. Die durch die ganz allmähliche Zunahme bedingten Helligkeitsunterschiede an den Metalldrahtlampen fallen dem Auge nicht auf. Wie aus Abb. 67 zu ersehen ist, erzielt ein Sinken der Spannung um 5% eine Helligkeitsverminderung von etwas über 10%, eine solche von 10% eine Verminderung von etwa 30%. Zudem stellt Dick fest, daß mit einer Spannung von 2,25 Volt je Zelle eine befriedigende Aufladung der Batterie

¹ Elektrotechniker Nr. 8 vom 25. April 1906.

² Elektrische Beleuchtung von Personenwagen nach dem vereinfachten System Dick. ETZ 1914, S. 1077 ff.

erfolgt. Er bemißt seinen Regler so, daß bei einer Batterie von 12 Zellen und ausgeschaltetem Lampenstromkreis eine Spannung von 28,8 Volt, entsprechend einer Zellenspannung von 2,4 Volt als Grenzspannung erreicht wird, wenn der Ladestrom der bereits vollgeladenen Batterie auf einen geringen Wert gesunken ist. Dieser sehr schwache Strom fließt durch die Hauptstromwicklung des Reglers. Bei eingeschaltetem Lampenstromkreis ist die Maschine halb belastet und erreicht die Spannung den Höchstwert von etwa 27 Volt, entsprechend 2,25 Volt je Zelle. Mit steigender Belastung sinkt sie noch weiter. Diese Spannungsschwankungen machen sich an den Lampen in den durch sie bedingten Helligkeitsschwankungen nur wenig für den Reisenden bemerkbar. Die Anordnung, den Lampenregler bei Anlagen mit selbsttätigem Spannungsbegrenzer und Metalldrahtlampen wegzulassen, ist in verschiedenen Ländern der Gesellschaft für elektrische Zugbeleuchtung m. b. H. durch das deutsche Patent Nr. 268279 geschützt.

Die amerikanische ESB-Bauart arbeitet ebenfalls ohne Lampenregler, aber mit einer festen Spannung von 2,25 Volt je Zelle.

Die Gesellschaft für elektrische Zugbeleuchtung m. b. H., die bei ihrer Bauart ursprünglich Eisendrahtwiderstände zur Lampenregelung verwendete, hat diese seit dem Jahre 1910 weggelassen. Um während des Brennens die Lampenspannung nicht zu einem für die Lampen schädlichen Wert anwachsen zu lassen, ist der Spannungsbegrenzer zweistufig ausgebildet mit Wirkung für geringere Spannung von 2,25 Volt je Zelle bei Beleuchtung. Diese Anordnung ist geschützt durch das deutsche Patent Nr. 281491.

5. Der Polwechsler.

Der Polwechsler ist eine Vorrichtung, welche bei Fahrtrichtungsänderung die Pole der Maschine umschaltet. Das Umschalten geschieht in den meisten Fällen durch das rein mechanische Umlegen der Bürsten bei Drehrichtungsänderung selbsttätig durch die Reibung des Kollektors, erfolgt aber auch auf mechanische Weise durch einen Fliehkraftschalter, der bei Änderung der Drehrichtung die Schaltung vornimmt, oder durch elektrische selbsttätige Schalter. In vorzüglicher Weise ist die Aufgabe bei der Rosenberg-Maschine gelöst, welche die Eigenschaft hat, bei Änderung der Drehrichtung stets Strom in gleicher Richtung ohne Umschaltvorrichtung zu liefern.

6. Bemessung der Anlage. — Einzelwagenbeleuchtung. Gruppenbeleuchtung und geschlossene Zugbeleuchtung.

Die Beleuchtung mit Achsenmaschinen läßt sich sowohl für die Beleuchtung einzelner Wagen — Einzelwagenbeleuchtung —, zur Beleuchtung von einem oder mehreren Wagen von einem Wagen aus — Gruppenbeleuchtung — oder die Beleuchtung des ganzen Zuges von einem oder mehreren Maschinenwagen aus verwenden. Bei größeren Bahnnetzen wird sie vorzugsweise als Einzelwagenbeleuchtung ausgeführt. Als solche hat sie eine große Verbreitung gewonnen. Sie ist bei den meisten Bahnen ganz oder zum Teil eingeführt und stellt heute zweifellos die verbreitetste

Art der Wagenbeleuchtung dar. Die Anforderungen, welche man an die Anlage einer Achsenbeleuchtung für Einzelwagen stellt, sind im allgemeinen die gleichen, die man auch für geschlossene Zugbeleuchtung stellen muß; indes erfordern sie hier eine schärfere Beachtung, da die Wagen nicht immer im gleichen Maße unter Überwachung stehen können. Der Kraftbedarf ist bei Einzelwagenbeleuchtung ein viel gleichmäßigerer als bei geschlossener Zugbeleuchtung. Man wählt bei Einzelwagenbeleuchtung die Maschine so groß, daß sie das Zwei- bis Zweieinhalbfache des Strombedarfs hergibt. Die Batterie soll diesen Strom 5—10 Stunden liefern können.

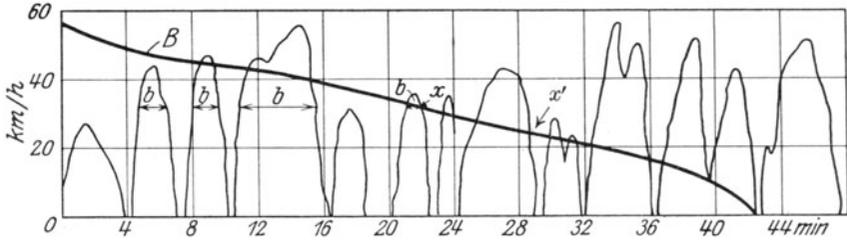
Die Einstellung der Leistung muß so erfolgen, daß ohne Nachregelung der Apparate der Wagen für alle vorkommenden Betriebsverhältnisse verwendbar ist. Dabei muß eine ausreichende Aufladung der Batterie unter allen Umständen gesichert sein, gleichgültig, ob sie mit gleichbleibender oder veränderlicher Spannung erfolgt, so daß die Batterie am Ende der Fahrt und vor langen Aufenthalten volle Leistung hat.

Wagen in Zügen mit großer und mittlerer Geschwindigkeit mit weniger und kurzen Aufenthalten stellen wesentlich andere Bedingungen an die Maschine, als Wagen in Zügen mit geringer Geschwindigkeit und vielen und langen Aufenthalten. Bei letzteren Wagen muß die Maschine bei geringerer Geschwindigkeit auf volle Leistung kommen und höheren Strom abgeben, um die größere Strommenge, die bei Aufenthalten der Batterie entnommen worden ist, wieder ihr zuzuführen, als im ersteren Falle. Es genügt keineswegs immer, für solche Wagen eine größere Maschine zu nehmen. Die Zeitdauer, bei der die Maschine während einer Fahrt auf volle Leistung kommt, kann eine so kurze sein, daß selbst mit außergewöhnlich großer Maschinenleistung es unmöglich ist, die Batterie wieder aufzuladen. Trotz großer Maschine und Batterie tritt bald völlige Erschöpfung der Batterie ein, die zu Lichtstörungen führt und ein Aufladen der Batterie von einer Ladestelle erforderlich macht. Vielfach wird man mit einer Maschine kleinerer Leistung, die aber bei geringerer Geschwindigkeit einschaltet, einen Betrieb tadellos durchführen können, bei dem eine Maschine mit größerer Leistung aber späterer Einschaltung versagt.

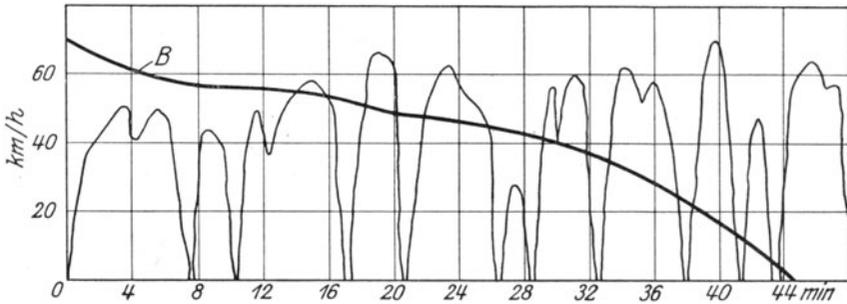
In klarer Weise sind die Verhältnisse in zwei Aufsätzen der amerikanischen Zeitschrift „*Railway Electrical Engineer*“ dargelegt. Der erste Aufsatz — *An Axle Generator for Branch Line Service* — (Eine Achsenmaschine für Nebenlinienbetrieb) von J. R. Sloan ist im Mai 1917 erschienen und behandelt Untersuchungen, die von der Pennsylvania Railroad im Jahre 1916 angestellt sind zum Zwecke, die für die elektrische Beleuchtung von Nebenlinien zweckmäßigste Ausrüstung zu bestimmen. Der zweite Aufsatz — *Minimum Full Load Speed for Generators* — „Geringste Volleistungsgeschwindigkeit für Maschinen“ von J. L. Woodbridge & F. G. Beetem behandelt diese Frage eingehender.

Die Abb. 68 a, b und c stellen Geschwindigkeitszeitlinien von Zugläufen für verschiedene Betriebsbedingungen dar und zwar a für schwierigere, b für mittlere Betriebsverhältnisse und c für Schnellzugsbetrieb. Nimmt man an, daß die Achsenmaschine bei 25 km Geschwindigkeit

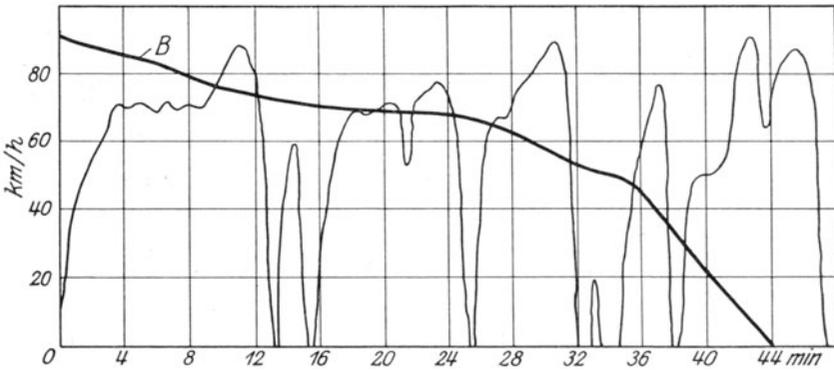
eingeschaltet wird und ihre volle Leistung bei 32 km erreicht, so zeigt die Wagerechte durch die Geschwindigkeits-Zeitlinie bei 32 km, in wieviel Zeit während der Fahrt diese Leistung von der Maschine geliefert wird. Die Zeiten, während welchen die Leistung vorhanden ist, sind mit



a) für schwierigen,



b) für mittleren,



c) für Schnellzugsbetrieb.

Abb. 68. Geschwindigkeit-Zeit-Schaulinien.

, b' bezeichnet. Für die Gesamtfahrt muß diese Zeit, alle Strecken , b' zusammengerechnet, so groß sein, daß die Maschine den Strom für das Lampennetz und zugleich den Strom zur vollen Aufladung der Batterie für die abgegebene Strommenge während der Fahrzeit unterhalb der Einschaltungsgeschwindigkeit hergibt. Wenn man für die verschiedenen Geschwindigkeiten des Zuges diese Linien bestimmt, so erhält man eine

Linie ,B', die Fahrtenkenlinie. Bei der Kennlinie ,B' der Abb. 68a bedeutet Punkt x der Geschwindigkeit von 32 km, daß diese insgesamt während 22 Minuten erreicht wird, Punkt x' von 24 km diese Geschwindigkeit während 28,5 Minuten. Abb. 69 stellt die Fahrtenkenlinien der drei Abbildungen nochmals dar, in der die Grundlinie statt Minuten Zehntelstunden angibt.

Da der Stromverbrauch des Lampennetzes jedes Wagens bekannt ist, ebenso die Volleistungsgeschwindigkeit der Maschine, so läßt sich leicht feststellen, ob eine Maschine bestimmten Betriebsverhältnissen entspricht. Durch Vervielfachung der Stromstärke der Maschine bei Volleistung mit der Zeit, während welcher die erstere vorhanden ist, erhält man die Amperestunden, welche die Maschine während der Fahrt unter Volleistung abgibt. Es betrage nun die Geschwindigkeit, bei der die Maschine auf das Netz geschaltet wird, 24 km, also etwa 75% der Volleistungsgeschwindigkeit. Die Maschinenstromstärke ist dann noch Null, sie wächst gleichmäßig mit der Geschwindigkeit bis zur Volleistung.

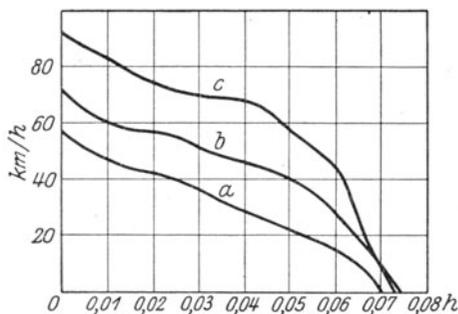


Abb. 69. Fahrtenkenlinien.

Der Unterschied in der Fahrzeit zwischen niedrigster Volleistungsgeschwindigkeit und Einschaltgeschwindigkeit, vervielfacht mit der Hälfte der Volleleistungsstromstärke, der mittleren Stromstärke während dieser Zeit, muß zu obenbezeichneter Leistung hinzugefügt werden, um die Gesamtleistung in Amperestunden zu erhalten. Diese darf nicht niedriger sein, als die Zahl der Amperestunden, die von der Batterie hergegeben werden zuzüglich des Wirkungsgrades der Batterie in Amperestunden, also 10%, sowie eines gewissen Sicherheitsaufschlages.

Die Mittel, die man hat, um eine Einrichtung, die für Schnellzugbetrieb gebaut ist, also bei welcher die Maschine auf etwa 25 km Geschwindigkeit und darüber eingeschaltet wird, für Nebenbahnbetrieb zu verwenden, bestehen erstens in der Änderung des Übersetzungsverhältnisses der Maschine und zweitens in der Änderung der Maschinenregelung. Sind diese beiden Mittel nicht zugänglich, so muß eine Umwicklung der Maschine oder deren Ersatz durch eine entsprechend gebaute erfolgen.

Das Übersetzungsverhältnis ist nur in dem durch den beschränkten Raum unterhalb des Wagens gegebenen Maße veränderlich. Die Riemenscheibe kann bei normalen Wagenrädern keinen größeren Durchmesser haben, als 650 mm, unter Berücksichtigung der Vorschrift der Deutschen Staatsbahnverwaltungen (B. O. § 11, Anl. A), daß kein Teil des Wagens in dem Raume 130 mm oberhalb der Schienenoberkante hereinragen darf.

Bei Drehgestellwagen wird die Achsenriemenscheibe nicht über 500, meist aber nur 450 mm betragen können, je nach der Bauart des Drehgestells. Die Maschinenscheibe kann nicht gut unter 120 mm Durch-

messer ohne Nachteil für den Riemen verwendet werden. — Für Gliederriemenantrieb darf die Maschinenriemenscheibe nicht kleiner als 160 mm Durchmesser sein, so daß hierdurch die Grenzen der möglichen Übersetzungsverhältnisse gegeben sind.

Die Beziehungen, die zwischen der Geschwindigkeit des Zuges und der Umdrehungszahl der Maschine bei verschiedenen Übersetzungen bestehen, sind aus der Abb. 70 zu entnehmen.

Der zweite Weg, durch Änderung des Maschinenreglers die Vollleistungsgeschwindigkeit schneller zu erreichen, etwa durch Einschalten von weniger Widerstand in den Erregerstromkreis der Maschine, bedingt

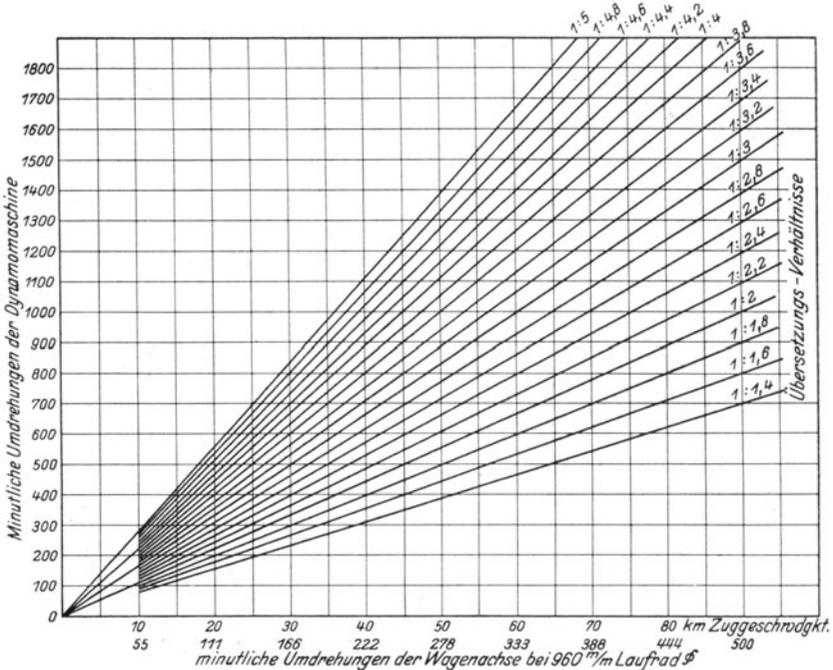


Abb. 70. Schaulinien für die Beziehungen zwischen der Geschwindigkeit eines Zuges und der Umdrehungszahl der Maschine bei verschiedenen Übersetzungen.

die Beibehaltung der Einschaltgeschwindigkeit, ist also nicht so wirkungsvoll. Einige Firmen haben besondere Regler für Nebenbahnenbetrieb gebaut, so die Safety Co. in Amerika.

Vorteilhaft ist es, die Maschine von vornherein so zu bauen, daß sie allen Betriebsverhältnissen entspricht. Nur selten sind im Betriebe einer größeren Verwaltung die Wagen in ihrer Verwendung scharf getrennt. In den meisten Fällen müssen die Wagen, welche vorzugsweise auf Nebenlinien laufen, auch in der Lage sein, auf dem Hauptnetz zu verkehren und umgekehrt, so daß es notwendig ist, die Einrichtung für alle Betriebsverhältnisse geeignet zu gestalten.

Für Wagen mit wenigen Lampen stellt sich die Einrichtung mit Maschine und Batterie verhältnismäßig teuer. Günstiger werden die Kosten,

wenn man nur jeden 2., 3. oder 4. Wagen mit einer Maschinenausrüstung und Batterie versieht, die die Beleuchtung der anderen Wagen mit übernehmen. Eine derartige Gruppenbeleuchtung erfordert natürlich den Einbau von Überbrückungsleitungen und Kupplungen für jeden Wagen. Das Lichtnetz jedes Wagens zweigt sich von der Überbrückungsleitung ab.

So hat die Anatolische Bahn jeden 2. Wagen mit Maschine und Batterie ausgerüstet, die Rumänische Staatsbahn für ihre Personenwagen jeden 3. oder 4. Wagen, die Französische Ostbahn hat für eine größere Anzahl ihrer Personenzüge von 10 Wagen etwa jeden 3. mit Maschine und Batterie ausgerüstet, die 7 anderen Wagen sind aber noch mit Batterie versehen.

Die Dänische Staatsbahn und die Russischen Bahnen haben geschlossene Zugbeleuchtung mit zwei Maschinen für den ganzen Zug.

Die Beleuchtung des ganzen Zuges von einem Wagen aus wird in großem Maße bei den Klein- und Nebenbahnen, besonders Deutschlands und Dänemarks, angewendet. Diese Bahnen besitzen eine Anzahl in sich geschlossenbleibender Züge, bei denen die Beleuchtung von einem Wagen aus, dem Gepäckwagen oder einem Personenwagen, der mit Maschine und Batterie ausgerüstet ist, erfolgt. Bei diesen Bahnen herrscht meistens ein sehr wechselnder Verkehr; während für gewöhnlich nur Züge mit verhältnismäßig geringer Wagenzahl verkehren, erhöht sich die Zahl der Wagen besonders an Fest- und Markttagen sehr beträchtlich. Die Maschine braucht nicht größer bemessen zu werden als etwas über den mittleren Durchschnitt der Wagenzahl. Auf diese Weise sind weit über 100 Bahnen Deutschlands, Dänemarks, Hollands usw. beleuchtet.

Die Vorteile der geschlossenen Zugbeleuchtung mit Achsantrieb vor der Einzelwagenbeleuchtung bestehen in niedrigeren Anlagekosten und dementsprechend niedrigeren Betriebskosten und ferner in einfacherer Anlage und damit verbundener leichter Überwachung derselben und schließlich in größerer Betriebssicherheit. Statt einer größeren Anzahl von Einzelanlagen ist nur eine große Anlage in Betrieb. Die Nachteile liegen in der Anwendung einer Kupplung zwischen den Wagen für die Lichtleitung und bei großen Bahnnetzen besonders in der betriebstechnischen Schwierigkeit, welche Kurswagen bieten, die auf Linien fremder Verwaltungen mit anderer Beleuchtungsart übergehen. Diese Kurswagen müssen ein selbständiges Beleuchtungsnetz erhalten, wozu jedoch die Ausrüstung mit einer Batterie oft genügt, falls der Wagen wieder in einen Zug mit gleicher Ausrüstung übergeht. Für Fahrten auf fremden Linien mit anderer Beleuchtungsart ist jedoch eine Maschinenausrüstung erforderlich.

7. Geschlossene Zugbeleuchtung.

Wie bereits bemerkt, ist die Beleuchtung von Zügen durch Maschinen, die von der Wagenachse betrieben werden, die älteste Ausführungsart. Die ersten Patente auf elektrische Zugbeleuchtung gelten dieser Einrichtung. Das älteste dürfte wohl das D.R.P. 8446, vom 27. April 1879,

von E. Hinkelfuß und Gustav Wesel in Breslau, sein; der Patentanspruch lautet: „Selbsttätige elektrische Beleuchtung für Eisenbahnwagen unter Anwendung Geißlerscher Röhren.“ In der zum Patent gehörigen Zeichnung ist der Gepäckwagen mit zwei im Wagen aufgestellten Maschinen, die von der Wagenachse mit Riemen angetrieben werden, dargestellt. Von diesen Maschinen gehen die Leitungen zu den Wagen und zu der Lokomotive. Batterien sind nicht vorgesehen. Als Lampen werden Glaskugeln nach der Art der Geißlerschen Röhren, mit phosphoreszierenden Substanzen und verdünnten Gasen gefüllt, vorgesehen, welche die Eigenschaft haben, sobald der Eisenbahnzug auf der Station angelangt ist, die Maschine also stillsteht, eine bestimmte Zeit nachzuleuchten.

Ein weiteres Patent ist das D.R.P. Nr. 22382 vom 13. Mai 1882, von Kluge in Frankfurt. Dieser sieht Sammelbatterien vor. Als selbsttätiger Schalter zum Einschalten der Maschine in den Stromkreis nach Erreichung einer bestimmten Geschwindigkeit ist ein Fliehkraftschalter vorgesehen, und schützt ein Patentanspruch „den automatischen Zentrifugalstromschalter, insbesondere seine Anwendung auf elektrische Zugbeleuchtung“.

Ein drittes Patent ist das D.R.P. Nr. 23983, erteilt der Société Universelle d'Electricité Tommasi in Paris und patentiert vom 6. September 1882. Die Aufstellung der Maschine erfolgt im Gepäckwagen; u. a. ist geschützt: „die Kombination zweier stromgebender Maschinen, einer Batterie Akkumulatoren und eines elektrischen automatischen Unterbrechers in der Weise, daß, wenn die Lampen brennen, eine Maschine dieselben speist, während die andere Maschine stets mit den Akkumulatoren in Verbindung steht, daß aber, wenn die Lampen nicht brennen, beide Maschinen mit den Akkumulatoren gekuppelt sind“ usw. Ferner sind verschiedene Schaltapparate sowie Antriebsapparate unter Schutz gestellt.

Vom 5. Dezember 1881 ist das englische Patent Nr. 5316 von Richard Laybourne, welches die Verwendung einer von der Wagenachse angetriebenen Maschine in Verbindung mit einer Batterie schützt.

Die ersten Anlagen geschlossener Zugbeleuchtung mit Maschinenbetrieb sind in England ausgeführt worden. Von denjenigen Einrichtungen, welche für eine größere Anzahl von Zügen ausgeführt wurden, und die eine längere Reihe von Jahren in Betrieb gewesen sind, sind zu nennen die durch die Ingenieure W. Stroudley und E. J. Houghton auf der London-Brighton and South Coast Railway und durch W. E. Langdon auf der Midland Railway ausgeführten Anlagen.

Einrichtung der London-Brighton and South Coast Railway. Im Gepäckwagen jedes Zuges ist eine Dynamomaschine aufgestellt, deren Antrieb von einer Wagenachse aus mittels Lederriemen in verstellbaren Leitrollen erfolgt. Die Maschine ist mit zwei Sätzen Bürsten ausgerüstet und wird durch einen Umschalter je nach der Fahrtrichtung des Zuges der eine oder der andere Satz Bürsten an den Kollektor angelegt und zugleich mit steigender Geschwindigkeit des Zuges auf dem Kollektor verschoben.

Durch einen Regler wird bei Steigen der Maschinenspannung und Anwachsen der Stromstärke selbsttätig Widerstand vor den Lampenstromkreis geschaltet, so daß die Spannung an den Lampen sich nicht ändert.

Jeder Zug ist mit 38 Glühlampen von 16 HK ausgerüstet gewesen. Der erste Zug ist im Jahre 1883 installiert worden. Allmählich sind 40 Züge mit je 10—12 Wagen, zusammen 410 Wagen ausgerüstet worden.

In ganz ähnlicher Weise, wie die London-Brighton and South Coast Railway hatte auch die Great Northern Railway Co. seit dem Jahre 1886 die elektrische Beleuchtung auf einigen Zügen eingerichtet nach den Plänen von Cook und Ireland. Seit Anfang dieses Jahrhunderts sind diese Anlagen bei beiden Bahnen außer Betrieb gekommen.

Einrichtung der Midland-Railway. Die Maschine und die Batterie befinden sich in einem Wagen des Zuges. Der Antrieb erfolgt durch Riemenpaare von der Wagenachse. Zwei Dynamomaschinen, eine größere, den Betriebsstrom liefernde und eine kleinere, der Spannungsregelung dienende, sitzen zusammen auf einer Welle. Eine Sammlerbatterie erregt die Magnete beider Maschinen. Die Betriebsmaschine besitzt noch eine zweite Wicklung mit geringem Widerstand, welche gleichfalls mit der Batterie parallel verbunden ist, doch liegt in dem Stromkreis der Anker der zweiten Dynamomaschine. Durch die zweite Spule geht bei großer Geschwindigkeit kein Strom, da die Spannung des Ankers der regelnden Maschine gleich und entgegengesetzt der Spannung der Batterie ist. Sinkt die Zuggeschwindigkeit, so nimmt die Spannung dieser letzteren Maschine in dem gleichen Verhältnis ab, und es geht infolgedessen ein Strom durch die zweite Wicklung der Betriebsmaschine, durch welche die Feldstärke derselben erhöht wird. Die Betriebsspannung bleibt demnach trotz Abnahme der Umdrehungszahl praktisch gleichmäßig. Durch einen Fliehkraftregler wird der selbsttätige Ausschalter sowie der Umschalter betätigt.

Die Verwaltung der Midland Railway hat die elektrische Beleuchtung ihrer Züge nach dieser Anordnung aufgegeben.

In Deutschland und Österreich haben gleichfalls Versuche in den 80er Jahren stattgefunden. Im Jahre 1886 wurde eine Anordnung nach Löbbecke und Österreich auf einem Zuge zwischen Frankfurt und Fulda und einem solchen zwischen Stuttgart und Immendingen in Betrieb gesetzt. Hier wurde die Umdrehungszahl der Dynamomaschine dadurch auf gleicher Höhe gehalten, daß durch einen Fliehkraftregler ein Riemen auf zwei kegelförmigen Riemenscheiben verschoben wurde.

Die württembergische Staatsbahn ließ im gleichen Jahre von der Elektrotechnischen Fabrik Cannstatt nach dem Vorschlage von Dietrich¹ einen Zug einrichten, welcher zwischen Stuttgart und Hall verkehrte. In jedem Wagen befanden sich zwei Batterien, von denen abwechselnd die eine die Lampen speiste, während die andere sich in Ladung befand. Durch den Zug ging eine Hauptleitung, an welcher

¹ Prof. Dr. Dietrich: Die elektrische Beleuchtung der Eisenbahnzüge. Stuttgart, Glasers Ann. 15. April 1887.

die zu ladenden Batterien angeschlossen wurden, während diejenigen Batterien, welche die Lampen speisten, keine Verbindung untereinander hatten. Der selbsttätige Stromregler bestand aus einer Spule, durch welche der Hauptstrom der Dynamomaschine ging. Durch die Wirkung des Stromes wurde ein Eisenkern in die Spule gezogen, dessen Bewegung sich auf eine Welle übertrug. Auf dieser Welle saßen schraubenförmig angeordnet mehrere Kontaktmesser, von welchen je nach der Stellung der Welle oder des Kerns die einen oder die anderen in Quecksilberrinnen eintauchten. Hierdurch wurden mehr oder weniger Widerstandsspulen in den Stromkreis der Magnete der Nebenschlußmaschine eingeschaltet. Durch Einschalten von Widerständen wurde der Magnetismus geschwächt und ein weiteres Steigen der Maschinenspannung verhindert. Bei jedem Wechsel der Fahrtrichtung wurden die Bürsten der Maschine durch die Reibung auf dem Kollektor bis zu einem Anschlag in die für die Drehrichtung und die Stromstärke passende Stellung mitgenommen.

In dem Jahre 1897 hat Emil Dick eine Anordnung für die Beleuchtung eines geschlossenen Zuges auf einem Probezug der österreichischen Staatsbahn der Strecke Wien—St. Pölten durch die Firma Wüste & Rupprecht in Wien eingerichtet. Der Zug besaß eine Dynamomaschine am Wagenuntergestell des Gepäckwagens, während jeder Wagen mit einer Batterie versehen war. Der Antrieb der Maschine erfolgte durch Zahnradübersetzung. Aus dieser Anlage hat sich alsdann die Bauart Dick, wie sie jetzt für Einzelwagenbeleuchtung in Verwendung ist, entwickelt. Eine nähere Beschreibung dieser Einrichtung findet sich in der ETZ, Wien, vom März 1899.

Von späteren Einrichtungen für geschlossene Zugbeleuchtung sind vor allem zu nennen eine Anzahl Züge der ehemaligen Preussischen Staatsbahn. Die Lieferung und Ausführung erfolgte durch die Accumulatoren-Fabrik AG. Wie bereits S. 69 ausgeführt, hatte die Preussische Staatsbahnverwaltung einige Züge ausgerüstet, die durch Dampfturbinendynamos von der Lokomotive aus beleuchtet wurden. Für den Betrieb erwies es sich bald als erforderlich, eine unverhältnismäßig große Zahl neuer Lokomotiven auszurüsten. Die Verwaltung hat sich daher im Jahre 1904 entschlossen, an Stelle der Lokomotiven Gepäckwagen mit Maschineneinrichtung zu versehen unter Antrieb der Maschine von der Wagenachse. Zunächst wurden sechs Gepäckwagen eingerichtet mit Dynamomaschinen, deren Anker direkt auf der Wagenachse montiert waren. Die Regelung der Maschinenspannung erfolgte durch eine den Hauptstrom führende Gegenwicklung, welche der Erregerwicklung, die an den Klemmen der Batterie angeschlossen ist, entgegenwirkte. Um mit steigender Spannung eine stärkere Erregung der Maschine zu vermeiden, waren in der Erregerwicklung Eisendrahtwiderstände eingeschaltet, welche verhüten sollten, daß die Stromstärke in dieser Wicklung mit wachsender Spannung der Batterie stieg (siehe S. 70). Diese boten natürlich gleichzeitig Schutz gegen zu hohes Steigen der Maschinenspannung, indem dieselben bei zu großer Geschwindigkeit und zu großer Spannungszunahme ganz oder teilweise durchbrannten und dadurch

die Maschine entweder ganz stromlos machten oder in ihrer Erregung herabsetzten, so daß die Leistung der Maschine sank.

Der Anker der Maschine saß unmittelbar auf der Wagenachse. Die Achse aus Nickelstahl war mit einem Bund versehen, welcher eine seitliche Verschiebung der Maschine verhinderte. Auf der Achse war ein Stahlrohr aufgepreßt, dessen beide Enden mit Schlitz versehen waren. Auf dieses Rohr wurden die Ankerbleche sowie die Kollektorlamellen aufgesetzt. Das Rohr wurde durch schmiedeeiserne Ringe, die warm aufgezogen wurden, gehalten.

Die Leistung der Maschine betrug 17 kW. Der Polwechsel bei Fahrtrichtungsänderung erfolgte durch einen von Hand betätigten Umschalter.

Bei einer vom Schaffner zu bedienenden Vorrichtung mußte jedoch mit der Möglichkeit gerechnet werden, daß dieselbe versehentlich einmal nicht rechtzeitig oder überhaupt nicht bedient wird. In diesem Falle würde sich aber die Spannung der Maschine derart erhöhen, daß die Eisendrahtwiderstände der Lampen diese hohe Spannung nicht aushalten können und durchbrennen. Diese Möglichkeit war durch die Anordnung einer zweiten Erregerwicklung auf der Maschine vermieden worden. Diese zweite Wicklung wurde von der Maschine selbst erregt, während die erste Wicklung von der Batterie erregt wurde. Diese Erregung wechselte aber ihren Sinn mit der Fahrtrichtung und schwächte hierdurch naturgemäß bei falscher Fahrtrichtung das Magnetfeld, und die Spannung stieg alsdann nur bis zu einer bestimmten Höhe, welche für die Beleuchtung ungefährlich war.

Die Beleuchtung des Zuges erforderte bei Verwendung von Kohlenfadenlampen bis zu 200 Amp. Strom. Mit Einführung der Metallfadenlampen wurde der Stromverbrauch auf etwa 140 Amp. vermindert. Man konnte nun bei weiterer Beschaffung von Gepäckwageneinrichtungen davon Abstand nehmen, die infolge ihrer geringen Umdrehungszahl teureren Maschinen auf der Wagenachse zu verwenden, und dafür zwei mit Riemen angetriebene Maschinen von je 70 Amp. Leistung nehmen.

Bei letzteren Einrichtungen wurde von den bisher benutzten Maschinen mit Gegenwicklung abgesehen und Maschinen Bauart Rosenberg genommen.

Die Anordnung dieser Beleuchtung ist von der Gesellschaft für elektrische Zugbeleuchtung m. b. H., unter tätiger Mitwirkung von Wittfeld, entwickelt worden. Später sind die Wagen mit Maschinenbeleuchtung versehen worden.

Die erwähnten Anlagen haben jetzt nur geschichtliche Bedeutung. Von den heute bestehenden Anlagen für geschlossene Zugbeleuchtung sind folgende zu nennen:

Die Anlagen der Dänischen Staatsbahn. — Die Verwaltung hat einen Teil der mit Sammlerbeleuchtung ausgerüsteten Züge in Maschinenbeleuchtung umgewandelt. Die Batteriebeleuchtung besteht in der Anordnung von je 2 Batterien in 2 Wagen des Zuges, von denen aus die anderen Wagen beleuchtet werden. Die Batterien sind geblieben und

ist an jedem der beiden Wagen eine Rosenberg-Maschine angebracht in Verbindung mit einem Dickregler ohne Stromwicklung und einem Spannungsbegrenzer. Während der Beleuchtungszeit werden die Batterien mit schwachem Strom bei etwa 2,15—2,2 Volt je Zelle geladen. Mit dem Abschalten des Lichtes wird zugleich der Dick-Regler abgeschaltet. Die Spannung der Maschine steigt, bis die volle Ladung der Batterie erreicht ist, wobei dann der Spannungsbegrenzer in Wirkung tritt und den Ladestrom herabsetzt. Es sind Maschinen der Größe REG 76 für 67/87 Volt, 40 Amp. im Betrieb. Die Batterien haben 130 Ah. Die Staatsbahn geht jetzt zur Einzelwagenbeleuchtung über.

Die Anlagen der Russischen Staatsbahn-Verwaltung. — Nachdem schon verschiedene russische Eisenbahn-Verwaltungen in teilweise beträchtlichem Umfange Einzelwagen-Beleuchtung, hauptsächlich nach der GEZ-Bauart, eingeführt hatten, beschloß das russische Verkehrsministerium im Jahre 1912 die allgemeine Einführung der elektrischen Beleuchtung in Form der geschlossenen Zugbeleuchtung und entschied sich für die Bauart GEZ (in Rußland Bauart Rosenberg-Tudor genannt)¹ und Brown-Boveri & Cie. Als Maschine kam die Rosenberg-Maschine Größe REG 86 mit 40 Amp., 67/87 Volt Leistung und REG 117 mit 70 Amp. und bei der gleichen Spannung in Anwendung. Zwei derartige Anlagen waren ausreichend für die Beleuchtung des Zuges. Die Kurswagen bekamen besondere Beleuchtung mit Maschinen Größe REG 55 für 20 Amp. bei 67/87 Volt und arbeiteten auf das gleiche Netz. Vor jede Lampe wurde ein Eisendrahtwiderstand geschaltet. Die Anlagen wurden ähnlich der bei der Preußischen Staatsbahn in Betrieb befindlichen Einrichtungen ausgeführt. Die Lampenspannung betrug auch hier 50 Volt bei 32 Elementen der Type IV GO 50 mit 134 Amp./Std. bei 7¹/₂stündiger Entladung und der Type VI GO 50 mit 200 Amp./Std. bei der gleichen Entladedauer. Als Lichtleitungskupplung ist eine einpolige in Anwendung. — Für die nach Bauart Brown-Boveri eingeführten Anlagen sind die Maschinengrößen A-1-52 mit 3750 Watt Leistung und C mit 800 Watt Leistung in Betrieb.

Später hat man die Eisendrahtwiderstände fortgelassen und die Anlage nach der Schaltung der Bauart GEZ abgeändert; die vorhandenen Maschinen wurden auf 54/68 Volt eingestellt und die neuen für diese Spannung beschafft; die Elementzahl der Batterien wurde auf 26 vermindert. Eine große Zahl von Zügen ist nach dieser Ausführungsart in Rußland in Betrieb.

Die Staatsbahnen von Estland und Lettland haben derartige Einrichtungen von den russischen Bahnen übernommen und weitere Einrichtungen beschafft.

Besitzen die dänischen und russischen Anlagen geschlossene Zugbeleuchtung mit 2 Maschinen für den ganzen Zug, so ist bei den folgenden Anlagen eine größere Zahl Maschinen in dem Zuge vorgesehen, so daß auf jeden 2., 3. oder mehr Wagen eine Maschinenausrüstung entfällt. Man bezeichnet diese Anordnung zweckmäßig als Gruppenbeleuchtung.

¹ Die Bezeichnung Tudor erklärt sich durch den Umstand, daß die russische Tudor-Gesellschaft in Petersburg die Bauart GEZ in Rußland vertrieben hat.

Bei der Anatolischen und Bagdad-Bahn besitzt jede Gruppe von 2 oder 3 Wagen eine Maschinenausrüstung, von denen aus die anderen mit Lichtleitung versehenen Wagen beleuchtet werden. Die Wagen sind alle mit Lichtleitungskupplungen versehen, so daß alle Maschinen auf das gleiche Netz arbeiten, in Anwendung sind Rosenberg-Maschinen. Die Schaltung entspricht genau der GEZ-Schaltung, die auf S. 161 beschrieben ist. Als Kupplungen sind die auf S. 184 beschriebenen Siemens-Kupplungen eingeführt.

Auch auf englischen Bahnen sind in dieser Art Züge nach Bauart Mather & Platt (S. 157) und Rotax (S. 148) beleuchtet.

Die französische Ostbahn hat eine größere Anzahl von Personenzügen elektrisch beleuchten lassen nach einer besonderen Anordnung der

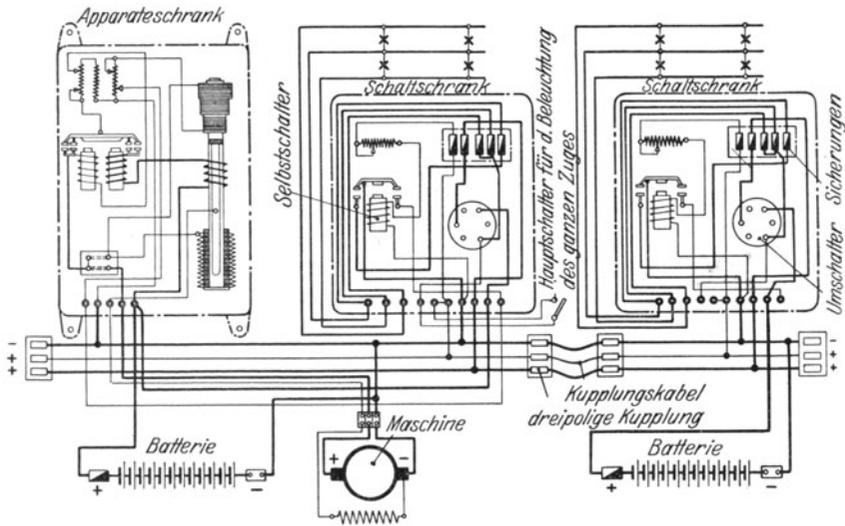


Abb. 71. Schaltung der Zugbeleuchtungsanlage der französischen Ostbahn. Anordnung der L'Eclairage des Vehicules sur Rail.

französischen Gesellschaft L'Eclairage des Vehicules sur Rail mit Maschinensätzen Bauart Dick. Die Züge bestehen meist aus 10 Wagen. Von diesen Wagen erhalten 3 einen vollständigen Maschinensatz mit Schaltapparaten und Batterie, während 7 Wagen nur mit Batterien ausgerüstet werden, die alle parallel auf dasselbe Leitungsnetz arbeiten. Die Anlage, deren Schaltung Abb. 71 zeigt, ist so getroffen, daß von jedem Maschinenwagen aus die Beleuchtung des ganzen Zuges aus- und eingeschaltet werden kann. Für diese Fernschaltung sind in jedem Wagen elektromagnetische Schalter angeordnet. Die Elektromagnete werden jeder durch eine Wicklung erregt, die zwischen der durch den Zug gehenden negativen Hauptleitung und einer positiven Leitung aus dünnem Draht, die gleichfalls durch den ganzen Zug geht, liegt. Sobald der Elektromagnet erregt wird, zieht er einen Anker an, durch den Kontakte geschlossen werden. Der eine der beiden feststehenden Kontakte ist mit dem Lampennetz verbunden. Nun geht ein Strom von der

Überbrückungsleitung zum Lampennetz. Ein mit der Hand zu bedienender Hauptschalter J befindet sich in jedem Maschinenwagen und verbindet oder trennt die positive Hauptleitung und die positive Leitung zu den Elektromagnetwicklungen. Schließt man J , so werden die Elektromagnete erregt, ziehen ihre Anker an und das Lampennetz brennt. Der Selbstschalter jedes Wagens befindet sich in einem Kasten, der außer den Sicherungen noch einen dreifachen Umschalter, Combinateur genannt, enthält. Dieser Umschalter dient dazu, die Leitung eines Wagens für folgende Stellungen zu schalten:

1. für den Fall, daß das Lampennetz nur von der Batterie des eigenen Wagens gespeist wird,
2. für den Fall, daß der Wagen vom Maschinenwagen beleuchtet werden soll und
3. für den Fall, daß das Lichtnetz eines Wagens, der in einem Zuge mit Einzelwagen-Beleuchtungs-ausrüstung fährt und keinen Strom aus seinem Maschinenwagen erhält, an das Lichtnetz eines anderen Wagens angeschlossen werden soll.

Im ersteren Falle, Stellung 1, trennt der Umschalter das Lampennetz des Wagens von der positiven durch den Zug gehenden Leitung und der Maschinensatz oder die Batterie können keinen Strom an die Nachbarwagen liefern oder von diesen erhalten. Im zweiten Falle, Stellung 2, stellt der Umschalter diese Verbindung wieder her. Die Einrichtung ist dann an den nächsten Wagen angeschlossen. Ist der Umschalter in dieser Stellung, so sind alle Maschinen, Batterien und Lichtleitungen parallel geschaltet. Im dritten Falle, Stellung 3, trennt der Umschalter die Leitungen, die die Maschine und Batterie mit dem Beleuchtungsnetz verbinden und verbindet letzteres mit der Überbrückungsleitung. Das Beleuchtungsnetz erhält dann Strom vom Nachbarwagen, vorausgesetzt, daß letzterer seinen Umschalter auf der Stellung 2 stehen hat. Wenn also alle Wagen eines Zuges Überbrückungsleitungen und Kupplungen haben, kann jeder Wagen entweder für sich beleuchtet werden oder es können die Maschinen und Batterien aller Wagen parallel geschaltet werden oder schließlich können sie entweder Strom an den Nachbarwagen liefern oder von dort erhalten.

Diese Anordnung wird in Frankreich „Eclairage semicollectif“, also „halbgeschlossene Beleuchtung“, genannt. Die Schaltung erfordert 3 durch den ganzen Zug gehende Leitungen.

Die Rumänische Staatsbahn ist gleichfalls zur elektrischen Beleuchtung ihrer Personenzüge übergegangen. Sie hat etwa 3000 Wagen ausgerüstet mit 700 Maschinensätzen Bauart Dick, Größe „E“ mit 1200 Watt Leistung, so daß also auf etwa je 4 Wagen ein Maschinenwagen kommt. Nur die Maschinenwagen besitzen Batterien. Die Maschinensätze sind unter sich parallel geschaltet. Die Lampenspannung ist 24 Volt. Diese Anordnung erfordert nur zwei durch den ganzen Zug gehende Leitungen. Als Kupplung ist die Siemens-Kupplung in Anwendung.

Die Beleuchtung von Vorortzügen. — Die Anordnung von nur einer Maschine für den ganzen Zug wird in Frankreich für die

Beleuchtung solcher Züge in großem Umfange verwendet. Bei den Vorortzügen der Paris-Orleans-Bahn, sowie der Chemin de fer de Ceinture in Paris wird die GEZ-Bauart mit Rosenberg-Maschine von einer Leistung von 100 Amp. 65 Volt der Größe REG 202 verwendet, und zwar befindet sich die Maschine im Gepäckwagen (siehe Abb. 53). Die Lieferung ist durch die Gesellschaft für elektrische Zugbeleuchtung m. b. H. erfolgt. Auf der Schalttafel befindet sich der Maschinenselbstschalter sowie der Nebenschlußregler. In den letzten Jahren sind die Apparate der Schalttafel durch solche der Bauarten *M* und *J* der Firma L'Eclairage des Vehicules sur Rail in Paris ersetzt worden. Die Batterie besteht aus 32 Zellen der Type IV GO 100 mit einem Ladestrom von 240 Amp./Std. bei 48 Amp. Entladung. Die heutigen Einrichtungen beider Bahnen sind im Jahre 1907, und zwar für die Paris-Orleans-Bahn 50 Einrichtungen und für die Chemin de fer de Ceinture 48 Einrichtungen eingebaut worden.

Für die Vorortzüge der französischen Staatsbahn wird die Bauart (*AJ*) (S. 135) benutzt. Der Gepäckwagen ist ausgerüstet mit 2 Rosenberg-Maschinen, jede für 65 Amp. 24 Volt, die am Untergestell des Wagens aufgehängt sind und mit doppelter Übersetzung von der Wagenachse aus angetrieben werden, so daß sie schon bei 10 km Geschwindigkeit volle Leistung abgeben. Die Beleuchtung eines Zuges besteht aus 80 Lampen von 20 HK. Die Batterie hat 650 Amp./Std. bei 10stündiger Entladung.

Beleuchtung von Klein- und Nebenbahnen. — Von großer Bedeutung ist die Maschinenbeleuchtung für Klein- und Nebenbahnen in der Form, daß jeder Zug für die Beleuchtung einen Maschinensatz mit Batterie besitzt, der unter einem Wagen des Zuges, vorzugsweise dem Gepäckwagen, untergebracht ist. Von diesem Wagen aus werden also die Lampen des ganzen Zuges gespeist. Diese Anordnung ist zweifellos die wirtschaftlichste Beleuchtung für diese Bahnen; sie stellt an die Bedienung nur sehr geringe Anforderungen.

Die Betriebsverhältnisse derartiger Bahnen sind für eine gute technische Lösung der Beleuchtung besonders zu berücksichtigen. In den meisten Fällen sind die Stationsentfernungen sehr kurz, so daß der Zug häufig keine nennenswerte Geschwindigkeit erreichen kann, besonders in Gebirgsgegenden, wo er auf ausgedehnten Strecken langsam fährt. Die Aufenthalte sind meist lang, alles Umstände, die eine größere Beanspruchung der Batterie bewirken und die Wahl von Maschinen erfordern, die bei einem großen Übersetzungsverhältnis der Riemenscheiben eine Stromlieferung bei sehr geringer Geschwindigkeit ermöglichen. Die Betriebsverhältnisse von 2 solcher Kleinbahnen seien als Beispiele angeführt:

Eberswalde—Schöpfungth:

Fahrstrecke: 8,6 km.

Zwischenhaltestellen: 2.

Ergibt: 2,8 km zwischen jeder Haltestelle.

Fahrzeit: 22 Minuten.

Angenommene Haltezeit auf jedem Bahnhof: 2 Minuten.

Ergibt: Wirkliche Fahrzeit 18 Minuten.

Oder mittlere Geschwindigkeit: 29 km/Std.

Nürtingen—Neuffen:

Fahrstrecke: 8,3 km.

Zwischenhaltestellen: 2.

Ergibt: 2,2 km zwischen jeder Haltestelle.

Fahrzeit: 27 Minuten.

Angenommene Haltezeit auf jedem Bahnhof: 2 Minuten.

Ergibt: Wirkliche Fahrzeit 23 Minuten.

Oder mittlere Geschwindigkeit: 21,6 km/Std.

Beide Bahnen haben GEZ-Bauart. Die Rosenberg-Maschine REG 55 leistet 40 Amp. bei 24/32 Volt und 300/2000 Umdrehungen. Die Achsenriemenscheibe hat 650 mm, die Dynamoriemenscheibe 125 mm Durchmesser. Die Batterie besteht bei der erstgenannten Bahn aus 12 Elementen V GO 50 mit 152 Amp./Std., bei der zweiten aus 12 Elementen III GO 50 mit 91 Amp./Std. bei 5tündiger Entladung.

Die Zusammensetzung der Züge ist bei Kleinbahnen zum Teil eine außerordentlich wechselnde. Für normalen Verkehr genügen vielleicht 2—4 Wagen, während an Markttagen, Festtagen oder besonderen Anlässen sehr lange Züge gefahren werden müssen, deren Personenwagen alle von der Lichtanlage zu beleuchten sind. Die Verwendung einer Nebenschlußmaschine, welche durch den Spannungsregler veranlaßt wird, sowohl den höchsten Bedarf für das Lichtnetz als auch einen entsprechenden Ladestrom zu liefern, bedingt für diese Betriebe, daß die Maschinen- und Batteriegröße für den vorkommenden Höchstbedarf, also unverhältnismäßig groß zu bemessen ist. Andernfalls würde sie, wenn sie kleiner bemessen wird, durch Überbelastung Schaden erleiden. — Anders liegt die Sache bei der Rosenberg-Maschine; diese läßt sich mit nicht mehr als 10% der eingestellten Stromstärke überlasten. Etwaige größere Anforderungen werden durch die Batterie gedeckt, so daß die Maschine nicht unnötig groß genommen werden muß. Diese Maschine bewirkt auch eine schnellere Aufladung der Batterie als eine Nebenschlußmaschine, so daß eine normale Batteriegröße ausreicht. Es ist deshalb verständlich, daß fast alle Klein- und Nebenbahnen Deutschlands für elektrische Beleuchtung die Rosenberg-Maschine verwenden. Gegenwärtig sind über 100 deutsche, nicht verstaatlichte Klein- und Nebenbahnen auf diese Weise elektrisch beleuchtet, in Dänemark über 30 Kleinbahnen.

In Amerika hat zuerst die Pennsylvaniaabahn geschlossene Zugbeleuchtung im Jahre 1904 ausgerüstet, und zwar zwei Züge, jeden mit einer von einer Tenderachse mittels Zahnrad angetriebenen Maschine. Diese Einrichtungen sind jedoch nur wenige Monate in Betrieb gewesen. Erst im Jahre 1909 wurde bei der Northern Pacific Company wieder eine Versuchseinrichtung, mit einer Achsenmaschine einen ganzen Zug zu beleuchten, geschaffen, und im Jahre 1912 wurden drei Züge dieser Bahn ausgerüstet, jeder mit einer 4 kW-Maschine der Safety-Bauart, für 80 Volt und 50 Amp. Jeder Wagen erhielt einen Regler für die Lampenspannung und eine Batterie. Der Gesamtstromverbrauch für alle Lampen und Luftfächer des Zuges war 50,5 Amp. Die Maschine schaltete bei 29 km Zuggeschwindigkeit ein.

Im Jahre 1913 sind sieben weitere Züge ausgerüstet worden, diesmal mit Maschinen von 4 kW der Gould-Simplex-Bauart, die jedoch

schon bei rund 20 km zur Einschaltung kommen. Der Stromverbrauch dieser Züge ist 37 Amp. Verwendet werden 15 cm breite Balatariemen mit vier Lagen.

Im April 1914 ist von der Northern Pacific Company eine Einrichtung dem Betrieb übergeben worden, die mit einer 6poligen 20 kW-Maschine für 80 Volt, 300—1200 Umdrehungen in der Minute ausgerüstet ist. Diese Maschine ist im Innern des Wagens aufgestellt und mit Morseketten über eine Vorlegewelle angetrieben. Die Ketten laufen frei, während ursprünglich die kürzere Kette zwischen Wagenachse und Welle in einem Gehäuse in einem Bade von Öl und Graphit lief. Die Kette wird regelmäßig mit einer Mischung von gleichen Teilen von Kents Compound und Graphit geschmiert. Die Batterie besteht aus 32 Elementen von 200 Amp./Std. Die Wageneinrichtung ist die gleiche wie die der Einrichtung für geschlossene Züge auf der Chicago—Milwaukee—St. Paul-Railway (S. 62). Es ist ein großer selbsttätiger Lampenregler für 125 Amp. für den ganzen Zug vorgesehen, an Stelle des von Hand betätigten Widerstandes. Die Zahl der Batterien, die bei den letztgenannten Einrichtungen meist drei für den Zug war, wird hier größer genommen, da die Batterien den Strom bei jedem Aufenthalt liefern müssen. Zwei weitere Ausrüstungen mit Maschinen von $17\frac{1}{2}$ kW sind auf Grund der günstigen Erfolge im gleichen Jahre beschafft worden.

Als Vorteile der als Unit-Axle- oder Head-End-Axlesystem bezeichneten Einrichtungsart gegenüber dem reinen Head-End-System werden genannt:

1. Wirtschaftlichkeit; geringe Stromkosten, keine Löhne für Überwachungsbeamte.
2. Der Zug kann zu jeder Zeit voll beleuchtet werden.
3. Kein Aufladen der Batterien an den Endbahnhöfen.
4. Der Maschinenwagen kann sich an beliebiger Stelle im Zuge befinden.
5. Keine lästige Hitze im Gepäckwagen.
6. Gleichmäßige Lampenspannung.
7. Strom zu jeder Zeit für alle möglichen Beleuchtungszwecke zur Verfügung.

8. Einzelwagenbeleuchtung.

Die erste Bauart, welche für Einzelwagen ausgeführt ist, ist diejenige von J. L. Lewis, mit welcher einige Wagen der Chesapeake & Ohio Railway ausgerüstet waren. Die Dynamomaschine, welche 50 Amp. bei 25 Volt leistete, wurde mit Riemen von der Wagenachse angetrieben. Die Feldmagnete hatten eine Wicklung von dünnem Draht sowie eine Hauptstromwicklung, welche ersterer entgegenwirkte¹. Bei großen Geschwindigkeitsänderungen betrug die Spannungsschwankungen nur wenige Volt.

Damit der Ladestrom stets dieselbe Richtung hatte, war ein selbsttätiger Umschalter angeordnet, welcher bei Änderung der Fahrtrichtung die Pole der Maschine wechselte.

¹ Die Verwendung einer gegengewickelten Maschine für die Beleuchtung von Zügen ist durch das englische Patent Nr. 5168 vom Jahre 1886, erteilt an Crompton und Swinburne, geschützt gewesen.

Die erste erfolgreiche Einrichtung wurde im Jahre 1893 von der Firma J. Stone & Co., England auf der London-Tilbury Eisenbahn, ausgeführt. Die Anordnung, die weiter unten beschrieben ist, fand bald größere Verbreitung in England. Wenige Jahre darauf erschienen Bauarten, wie Vicarino, Kull, Dick u. a., welche, wenn auch langsam, Eingang fanden. Vicarino benutzte eine gegengewickelte Maschine, Dick eine Nebenschlußmaschine mit einer elektromagnetischen Spannungsregelung, die auch heute noch verwendet wird, Kull verwendete zu einer Nebenschlußmaschine einen Spannungsregler, der durch einen Fliehkraftregler von der Dynamoachse aus gesteuert wurde. Der Polwechsel wurde bei Vicarino und Dick durch Bürstenverschiebungen bewirkt; bei Vicarino später durch zwei Selbstschalter. Mit steigender Einführung der elektrischen Beleuchtung stieg auch die Zahl neuer Bauarten, von denen eine größere Zahl gegenwärtig nur noch geschichtliche Bedeutung hat, wie die Bauarten Vicarino — Kull — Pintsch-Gröb — Dalziel, USL-Bauart u. a. m.

Im folgenden werden die Bauarten beschrieben, die sich heute in größerem Umfange in Betrieb befinden.

Die verschiedenen Bauarten werden zweckmäßig eingeteilt in spannungsregelnde und in strom- bzw. leistungsregelnde. Die spannungsregelnden arbeiten auf gleichbleibende Spannung, während die strom- oder leistungsregelnde auf gleichbleibende Strom bzw. Leistung arbeiten. Die letzteren arbeiten entweder ohne eine Begrenzung der Höchstspannung oder mit einer solchen, und lassen entweder nach einer Volladung die Spannung auf die Ruhe- oder Schwebespannung der Batterie sinken oder nicht. Die Bauarten unterscheiden sich ferner noch dadurch, daß sie entweder einen Lampenschutz nicht verwenden, also ohne Widerstand arbeiten, oder einen festen Widerstand oder schließlich einen regelnden Widerstand, den Lampenregler, anordnen.

A. Spannungsregelnde Bauarten, die entweder keinen oder einen festen Widerstand vor das Lampennetz schalten.

1. Bauart Dick.

Diese Bauart wird von der Gesellschaft für elektrische Zugbeleuchtung m. b. H. geliefert. Die Maschine ist eine vierpolige Nebenschlußmaschine, deren Bürstenbrücke bei Umkehr der Drehrichtung durch die Reibung der Bürsten auf dem Stromabnehmer bis zu einem Anschlag mitgenommen wird. Abb. 72 gibt das vereinfachte Schaltbild der Anlage.

Der Maschinenselbstschalter besteht aus einem Elektromagneten mit einem drehbar gelagerten Anker, der die Hauptkontakte sowie die Kohlenvorkontakte trägt. Die Spannungswicklung s ist über einen Vorschaltwiderstand an die Maschinenspannung gelegt, während die Stromwicklung r vom Hauptstrom durchflossen wird. Wenn mit dem Anfahren des Zuges die Maschinenspannung auf die Ruhespannung der Batterie gestiegen ist, wird der Anker angezogen und die Hauptkontakte mit den Kohlenvorkontakten werden geschlossen. Die Maschine ist alsdann eingeschaltet. Sobald beim Halten des Zuges ein Rückstrom von

der Batterie in die auslaufende Maschine einsetzt, wirkt die Stromspule der Spannungsspule entgegen, der Anker geht in seine Ausgangsstellung zurück und unterbricht den Maschinenstromkreis.

Der Maschinenregler R hält die Spannung und Leistung der Maschine trotz Änderung der Zuggeschwindigkeit auf gleicher Höhe. Er besteht aus einem Solenoid mit zwei Wicklungen, Spannungswicklung a und Stromwicklung i . Unter dem Solenoid befindet sich ein Kontaktgefäß, das mit dem Solenoid auf einem Rahmen befestigt ist. Das Kontaktgefäß besteht aus einer Anzahl Metallringen mit dazwischen gelagerten Isolieringen. Diese Ringe werden abwechselnd aufeinandergelegt und durch Vermittlung von Schrauben fest aufeinandergepreßt. Auf diese Weise entsteht ein Gefäß, welches mit Quecksilber gefüllt wird.

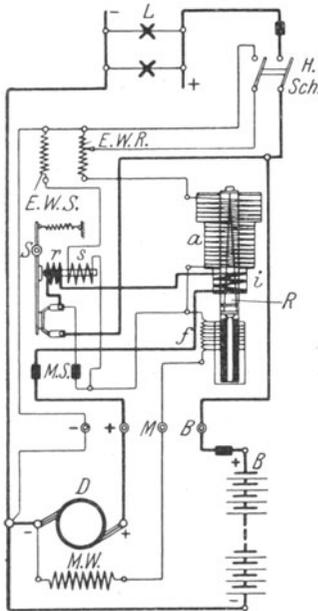


Abb. 72. Schaltbild der Bauart Dick.

Sobald jedoch die Maschine auf die zu regelnde Spannung gekommen ist, wird der Kolben durch das von der Spannungswicklung a erzeugte Magnetfeld in das Solenoid hineingezogen, wobei das Quecksilber sinkt und die Metallringe nach und nach freigegeben werden. Damit wird in den Erregerstromkreis der Maschine Widerstand geschaltet und der Erregerstrom geschwächt. Auf diese Weise stellt der Regler R den Erregerstrom der Maschine jeweils so ein, daß die Spannung und Leistung derselben stets dem Ladezustand der Batterie und dem Stromverbrauch des Netzes entspricht. Die Stromwicklung i des Reglers, welche vom Hauptstrom durchflossen wird, schützt die Maschine vor unzulässiger Überlastung.

Die Einstellung des Maschinenreglers geschieht durch einen Vorwiderstand b , der in Reihe mit der Spannungswicklung a geschaltet ist. Derselbe wird bei Tagfahrt so eingestellt, daß der Regler auf 2,3 bis 2,4 Volt je Zelle (bei einer Bleibatterie) arbeitet und die Batterie eine

Die einzelnen Metallringe besitzen Ableitungszungen, an welchen Widerstandsspiralen angelötet sind. Letztere bilden den Regelungswiderstand f des Apparates und sind vor die Feldwicklung der Dynamomaschine geschaltet. In der Bohrung des Solenoids gleitet ein Kolben aus Weicheisen, der am unteren Ende einen Holzstab trägt. Dieser taucht in das mit Quecksilber gefüllte Kontaktgefäß ein. Ist das Solenoid stromlos, so stößt der Holzstab am Boden des Kontaktgefäßes auf und drängt das Quecksilber nach oben. Dadurch werden die Metallringe des Kontaktgefäßes miteinander leitend verbunden und die dazugehörigen Widerstandsspulen kurzgeschlossen. Beim Anlaufen der Maschine liegt also kein Widerstand im Erregerstromkreis, so daß die Maschine voll erregt ist.

genügende Aufladung erhält. Dabei nimmt der Ladestrom der Batterie mit fortschreitender Ladung allmählich ab und geht bei Erreichung der eingestellten Spannung auf einen kleinen Reststrom zurück, so daß eine schädliche Überladung der Batterie wirksam verhindert wird.

Bei Lichtbetrieb wird jedoch zwangsläufig mit dem Hauptschalter, der doppelpolig ausgeführt ist, eine Stufe des Vorschaltwiderstandes b überbrückt, wodurch die Grenzspannung des Reglers auf 2,25 Volt je Zelle (bei der Bleibatterie) erniedrigt wird. Dadurch werden die Lampen vor einer unzutraglichen Überspannung geschützt.

Der Apparateschrank Ausführung 17 Ib ist in Abb. 73 dargestellt.

Die Bauart Dick ist in großem Umfange auf europäischen Bahnen eingeführt. Die österreichische Bundesbahn, die russische Staatsbahn, die französische Ostbahn und eine große Anzahl französischer Bahnen, die Waggon-Lits u. a. verwenden die Bauart Dick.

2. Bauart GEZ-Dick mit S-Regler.

Die Gesellschaft für elektrische Zugbeleuchtung m. b. H., Berlin, verwendet jetzt vorzugsweise an Stelle des Dick-Reglers den Siemens-Schnellregler, kurz „S“-Regler genannt. Das Schaltbild ist in Abb. 74 wiedergegeben. Wie der Dick-Regler hält er bei veränderlicher Drehzahl der Maschine, unabhängig von der Zahl der eingeschalteten Lampen, die an die Batterie oder an die Lampen abgegebene Leistung in den zulässigen Grenzen.

Die Regelung erfolgt durch abwechselndes Kurzschließen und Einschalten von Widerständen, die vor die Feldwicklung der Maschine geschaltet sind, mittels schwingender, mit Kontakten versehener Eisenkerne, unter dem Einfluß der dünnadräftigen Spannungs- und dickadräftigen Hauptstromwicklung. Die schwingenden Eisenkerne samt Kontakten, Wicklung und Federn, sind in einzelnen Dosen untergebracht, deren Anzahl sich nach der Maschinenleistung richtet. Im allgemeinen werden zwei oder vier Reglerdosen verwendet.

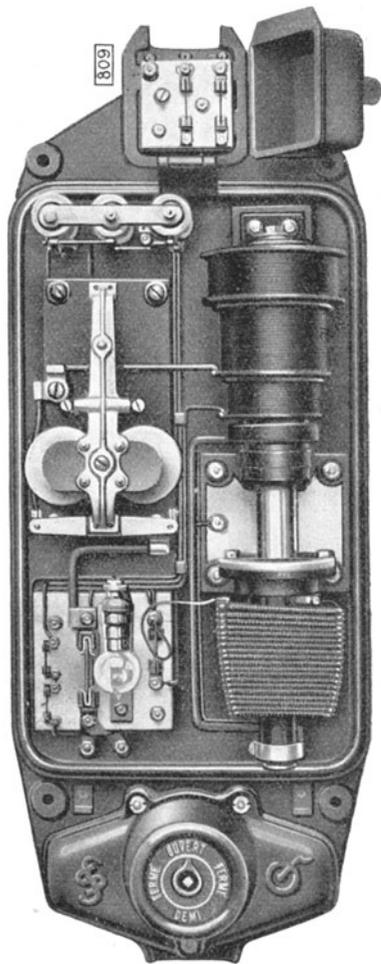


Abb. 73. Apparateschrank der Bauart Dick, Ausführung 17 Ib.

Die Arbeitsweise ist die folgende:

Bei Stillstand liegen die Lampen L an der Batteriespannung. Sämtliche Kontakte des Reglers $k_1—k_4$ sind durch Federkraft geschlossen. Beim Anfahren des Zuges erregt sich die Maschine. Sobald die Maschinenspannung die Batteriespannung um ein Geringes übersteigt, schaltet der Selbstschalter die Maschine auf das Netz. Steigt nun mit zunehmender Fahrtgeschwindigkeit die Drehzahl und die Spannung der Maschine weiter an, so beginnt die Maschine Strom in das Netz zu liefern. Der Nebenschlußregler hat nun die Klemmenspannung der Maschine unabhängig von der Drehzahl zu regeln. Die dünnadräftigen Wicklungen $n_1—n_4$ liegen in Reihe mit einem Vorschalt-, bzw. Einstellwiderstand b

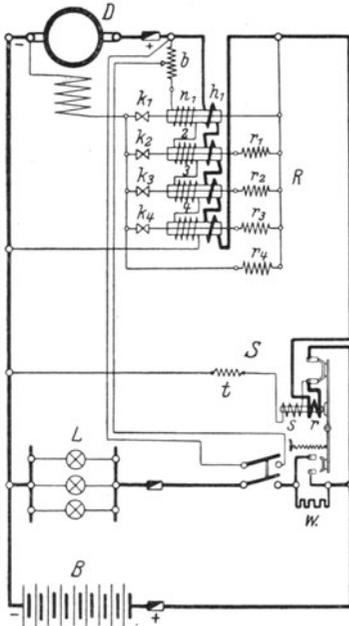


Abb. 74. Schaltbild der Bauart Dick mit S'-Regler.

an der Klemmenspannung der Maschine. Durch die ebenfalls in Reihe geschalteten starkadräftigen Wicklungen $h_1—h_4$ fließt der Maschinenstrom. Beide Wicklungen wirken im gleichen Sinn, unterstützen sich also. Solange die Spannung noch nicht den zu regelnden Wert erreicht hat, sind alle Kontakte $k_1—k_4$ durch Federkraft geschlossen, die Feldwicklung liegt infolge der bei k_1 kurzgeschlossenen Widerstandsgruppe $r_1—r_4$ an der vollen Spannung. Wird der eingestellte Wert der zu regelnden Spannung erreicht, so beginnt zuerst die Reglerdose 1 die parallelgeschalteten Widerstandsstufen $r_1—r_4$ bei k_1 periodisch einzuschalten bzw. kurzzuschließen. Ist der Reglerbereich der ersten Stufe zu Ende, d. i. also dann, wenn der Wert der parallelgeschalteten Widerstände $r_1—r_4$ nicht mehr ausreicht, die Spannung konstant zu halten, so beginnt die auf unwesentlich höhere Spannung ansprechende Reglerdose 2 nach Tirrillart zu regeln

und so fort. Der Vorgang ist dabei folgender: Der Federkraft entgegen wirkt die magnetische Zugkraft der auf den Magnetkern wirkenden Spannungs- und Stromspule. Bei einer bestimmten eingestellten Spannung wird der Kern der Reglerdose angezogen und der Kontakt k_2 geöffnet. Dadurch wird aber die Widerstandsgruppe $r_1—r_4$ vor das Feld F geschaltet. Der Erregerstrom und damit der Wert der Klemmenspannung sinkt. Bei einem bestimmten Wert der Klemmenspannung überwiegt nun wieder die Federkraft, der Kontakt wird geschlossen. Dieses abwechselnde Öffnen und Schließen des Kontaktes erfolgt sehr rasch, bei unserer Ausführung im Mittel etwa 100mal in der Sekunde, so daß das Auge auch bei geringster Belastung der Maschine (wenn also nur wenige Lampen brennen) nicht imstande ist, Licht-

schwankungen wahrzunehmen. Innerhalb einer Regelstufe entspricht der geschlossene Kontakt der kleinsten, der geöffnete Kontakt der höchsten Drehzahl, die Zwischenwerte sind durch das Verhältnis Schluß- zu Öffnungszeit bestimmt, so daß bei den niederen Drehzahlen die Schlußzeit des Kontaktes, bei den höheren die Öffnungszeit überwiegt.

Es regelt also jeweils nur ein der augenblicklichen Drehzahl bzw. dem Belastungszustand entsprechendes Relais über den ihm zugewiesenen Bereich, während die den niederen Drehzahlen zugehörigen Stufen die Kontakte offen, die anderen die Kontakte geschlossen halten.

Die verminderte Spannung bei Belastung wird durch die Hauptstromwicklung der Reglerdosen erzielt und bewirkt, daß wesentliche Überlastungen der Maschine ausgeschlossen sind.

In Stellung „Aus“ des Hauptschalters, wenn also ohne Rücksicht auf die Lampen im Interesse einer rascheren und energischen Ladung die Maschinenspannung erhöht werden soll, wird durch Änderung des Vorschaltwiderstandes b die Maschinenspannung erhöht.

Abb. 75 gibt den Apparateschrank wieder.

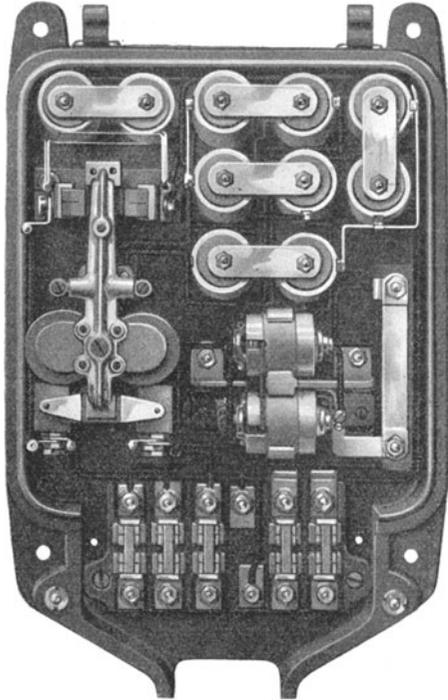


Abb. 75. Apparateschrank der Bauart Dick mit S^4 -Regler.

3. Bauart ESB.

Die Electric Storage Battery Comp., Philadelphia, liefert seit dem Jahre 1911 eine von L. Woodbridge erfundene Bauart, die die Rosenberg-Maschine in Verbindung mit einer auf gleichbleibende Spannung von 2,25 Volt je Element regelnden Vorrichtung verwendet. Auf eine Regelung der Lampenspannung ist Verzicht geleistet. Nach dem Schaltbild Abb. 76 besitzt die Rosenberg-Maschine außer der Nebenschlußwicklung F_1 eine zweite, den vollen Maschinenstrom führende Wicklung F_2 . Die Regelung auf gleichbleibende Spannung erfolgt durch eine Wheatstone'sche Brücke. Diese hat auf zwei gegenüberliegenden Seiten Widerstände gewöhnlicher Art xx ; die anderen beiden Seiten haben Lampenwiderstände yy , das sind Eisendrahtwiderstände der auf S. 70 beschriebenen Art. Die obere und untere Ecke der Brücke ist an die Hauptstromleitung der Maschine angeschlossen, die seitlichen Ecken an die Nebenschluß-

wicklung. Durch diese Brücke wird die Rosenberg-Maschine, die auf gleichbleibende Stromstärke regelt, in eine auf gleichbleibende Spannung arbeitende umgewandelt.

Wenn der Zug sich in Bewegung setzt, beginnt die Maschinenspannung langsam zu steigen. Das von der Nebenschlußwicklung erzeugte Feld ruft einen zwischen den kurzgeschlossenen Hilfsbürsten $B_1 B_1$ fließenden Strom hervor, der durch den Anker und die Polschuhe ein senkrecht zum ersten Felde gerichtetes zweites Feld erzeugt. Durch dieses bildet sich zwischen den Nutzbürsten $B_2 B_2$ die Maschinenspannung aus. Wenn nun die Nutzbürsten Strom abgeben, so wird im Anker ein drittes Feld erzeugt, das dem ersten Feld entgegengerichtet ist. Die Rückwirkung des dritten Feldes auf das Magnetfeld wird aber durch die Hauptstromwicklung F_2 zum Teil aufgehoben. Die Stromabgabe der Maschine ist daher nicht begrenzt wie bei einer Maschine mit einer einzigen gleichbleibend erregten Feldwicklung, sondern paßt sich völlig dem geforderten Ladestrom und dem Zustande der Batterie an.

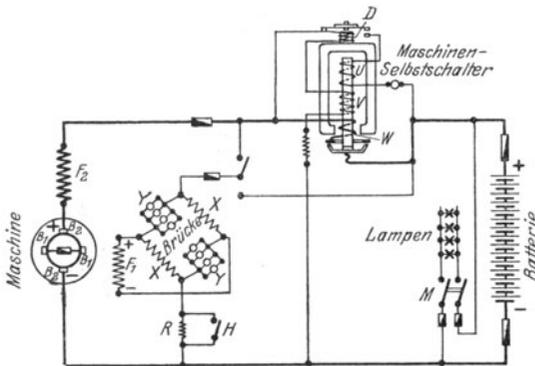


Abb. 76. Schaltbild der Bauart ESB.

Der von den Bürsten kommende Strom teilt sich an der oberen und unteren Ecke der Brücke. Der durch die Lampenwiderstände yy gehende Strom wächst schneller an als der durch die Widerstände xx gehende. Der Unterschied der beiden Ströme ent-

spricht dem durch die Nebenschlußwicklung der Maschine fließenden Strom.

Mit steigender Maschinenspannung steigt der Strom in den Widerständen xx an. Wenn die Batteriespannung erreicht ist, bei welcher der Selbstschalter die Maschine auf den Batterie- und Lampenstromkreis schaltet, ist auch der Strom durch die Widerstände xx auf die vorgesehene Höhe gestiegen. Der Erregerstrom wird infolge des hierdurch ganz gering gewordenen Spannungsunterschiedes zwischen den Zweigen der Brücke so gering, daß trotz Erhöhung der Drehungszahl die Spannung der Maschine nicht über die Betriebsspannung steigt. Bei einer Zuggeschwindigkeit von etwa 50 km werden die durch beide Brückenwege gehenden Ströme gleich groß und die Wicklung F_1 erhält nun keinen Strom mehr. Bei noch größerer Geschwindigkeit überwiegt der Strom der x -Widerstände den der y -Widerstände, und die Wicklung F_1 erhält nun einen Strom in umgekehrter Richtung.

Die Verhältnisse sind in Abb. 77 dargestellt, gemessen im Versuchsraum der Gesellschaft für elektrische Zugbeleuchtung m. b. H., an einer Maschine für 70 Amp. Stromstärke bei 36 Volt Betriebsspannung. Die

Spannung, auf welche die Brücke arbeitet, entspricht einer Zellen-spannung von 2,25 Volt. Bei Batterien von 15 Zellen stellt sich demnach die Maschinenspannung auf 33,75 Volt ein.

Die Ladespannung von 2,25 Volt je Zelle hat sich in langjährigem Betriebe für die Haltbarkeit der Elemente durchaus als ausreichend erwiesen.

Vor der Brücke ist ein Widerstand R angeordnet, welcher durch Öffnen des Schalters H eingeschaltet werden kann, für den Fall, daß an der Brücke Eisendrahtwiderstände durchgebrannt sind und eine Erneuerung nicht sofort möglich ist. Das Durchbrennen hat eine Änderung des Brückengleichgewichtes und damit ein Sinken der Maschinenspannung zur Folge. Die Aufgabe des Widerstandes R ist nun, diese Spannung wieder auf die normale Höhe zu bringen.

Der Maschinenselbstschalter besitzt 3 Wicklungen, die Nebenschlußwicklung V , die Einschaltwicklung (pull-in coil) U und eine den Ma-

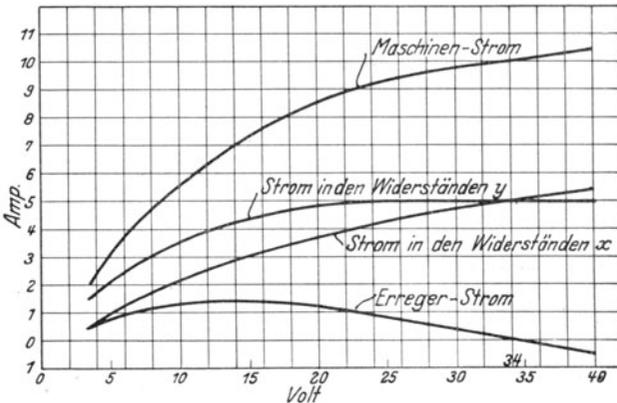


Abb. 77. Schaulinie des Stromverbrauches in der Wheatstoneschen Brücke der ESB-Bauart.

schinenstrom führende Wicklung W . Die Wicklung V ist nicht stark genug, den Schalter bei der normalen Spannung zu schließen, sondern benötigt noch die Unterstützung der Wicklung U . Diese wird eingeschaltet, sobald die Spannung auf etwa 20 Volt gestiegen ist und zwar durch einen kleinen elektromagnetischen Schalter D , der am Maschinenselbstschalter angebaut ist. Die erregende Wicklung dieses Hilfsschalters liegt in Reihe mit der Nebenschlußwicklung V und die Erregung ist daher von der Maschinenspannung abhängig. Die Wicklung U verbindet, sobald der Schalter D eingeschaltet hat, den $+$ Pol der Maschine mit dem $+$ Pol der Batterie. Wenn der Stromkreis der Wicklung U geschlossen ist, so wirkt sie der Nebenschlußwicklung V entgegen, solange die Maschinenspannung niedriger als die Batteriespannung ist. Erst wenn die Maschinenspannung die der Batterie überschritten hat, wird der Strom in der Hilfswicklung umgekehrt und infolge der gemeinsamen Wirkung der beiden Wicklungen wird der Schalter geschlossen. Dies tritt ein, sobald die Maschinenspannung 1 Volt höher ist als die Batteriespannung. Wegen

des geringen Widerstandes der Wicklung U genügt ein sehr geringer Spannungsunterschied zwischen Maschine und Batterie, um einen beträchtlichen Strom durch die Wicklung zu senden. Der Schalter schließt also nicht bei einer bestimmten Maschinenspannung, sondern bei einem

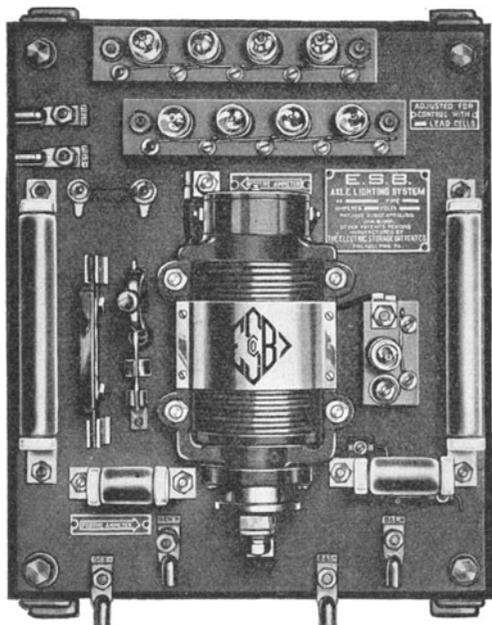


Abb. 78. Apparateschrank der ESB-Bauart.

geringen Anstieg dieser Spannung über der der Batterie. Die Vorrichtung benutzt mithin den Unterschied in der Erregung der beiden Wicklungen. Seine Wirkung hängt infolgedessen nicht von einer sorgfältigen Einstellung des Schalters ab. Beim Schließen des Schalters wird auch selbsttätig die Hilfswicklung kurzgeschlossen, und der Schalter wird nunmehr durch die Nebenschluß- und Hauptstromwicklung geschlossen gehalten.

Wenn die Maschinenspannung unter etwa 20 Volt gefallen ist, schaltet der kleine Schalter die Einschaltwicklung aus. Auf diese Weise wird vermieden, daß Strom von der

Batterie in die Maschine geht, wenn der Wagen steht.

Kohlenvorkontakte haben sich bei diesem Schalter als nicht erforderlich erwiesen.

Abb. 78 stellt die Apparatetafel dar.

4. Bauart EVR mit Zitterregler (à Regulateur vibrant).

Es wird eine Nebenschlußmaschine verwendet, die in 7 Größen von 12—75 Amp. und einer Spannung von 24/30 Volt gebaut wird. Der Polwechsel wird durch selbsttätiges Umlegen des Bürstenhalters um 90° bis zu einem Anschlag bewirkt.

Der Regler EVR besteht aus einem Elektromagneten R (Abb. 79), dessen Anker drehbar gelagert ist und an seinem freien Ende ein Metallplättchen m trägt, das zwischen den Kontaktspitzen K und K_1 schwingen kann. Wenn der Wagen steht, liegt m am Kontakt K und wird durch eine Feder in dieser Lage festgehalten. Der Widerstand w_1 , der vor die Erregerwicklung w geschaltet ist, ist kurzgeschlossen und letztere ist unmittelbar mit den Klemmen der Maschine verbunden. Hat die Maschine bei Beginn der Fahrt nach Einschaltung des Maschinenselbstschalters eine bestimmte Spannung erreicht, so zieht der Regler seinen Anker an, öffnet den Kontakt zwischen m und K und der Wider-

stand w_1 wird eingeschaltet. Die Spannung sinkt infolgedessen und der Kontakt wird wieder hergestellt. Das Schließen und Öffnen des Kontaktes zwischen m und K erfolgt immer schneller aufeinander und schließlich tritt mit steigender Geschwindigkeit eine Berührung der Schwingplatte m mit dem Kontakt K_1 ein. Der Widerstand n wird dadurch in Nebenschluß zur Erregerwicklung w geschaltet und der durch die Erregerwicklung fließende Strom geschwächt. Sofort wird der Kontakt wieder geöffnet. Die Platte m schließt und öffnet in schneller Folge den Kontakt K_1 . Schließlich bleibt mit weiterem Anstieg der Fahrgeschwindigkeit der Kontakt zwischen m und K_1 geschlossen und der Regler regelt nicht weiter.

Um die Abstände in den Geschwindigkeitsstufen nicht zu groß werden zu lassen und eine starke Funkenbildung an den Kontakten zu vermeiden, werden noch die Widerstände w_1 und n durch die elektromagnetischen Hilfsschalter S_1 und S_2 mit ihren Widerständen t_1 und t_2 beeinflusst. Der Widerstand t_1 ist zunächst bei Stillstand des Wagens mit der Wicklung w_1 parallel geschaltet. Der Erregerwicklung wird zu-

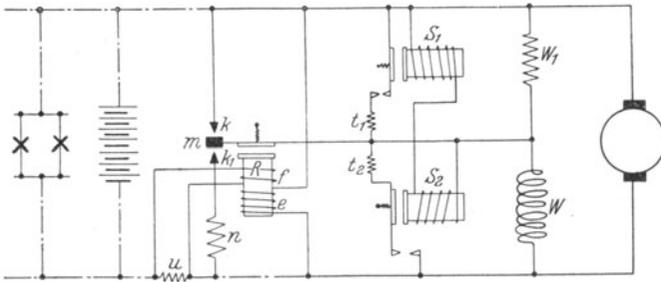


Abb. 79. Schaltbild der Bauart EVR mit Zitterregler.

nächst der Widerstand n allein parallel geschaltet. Mit steigender Spannung wird dann der Widerstand t_2 zu n und w parallel geschaltet.

Es findet demnach bei der ersten Geschwindigkeitsstufe der Fahrt ein Schwingen des Metallplättchens m um den Kontakt K statt, wobei die Widerstände w_1 und t_1 parallel und gemeinsam vor die Erregerwicklung geschaltet sind. Bei der zweiten Geschwindigkeitsstufe schwingt m noch um K . Der Schalter S_1 zieht seinen Anker an und der Widerstand vor der Erregerwicklung w wird vergrößert. Bei der dritten Geschwindigkeitsstufe schwingt m um K_1 . Der Widerstand n ist mit Wicklung w im Nebenschluß. Bei der letzten Geschwindigkeitsstufe schwingt m weiter um K_1 . Der Widerstand n wird abwechselnd parallel zu w geschaltet oder abgeschaltet und Widerstand t_2 ist durch den Schalter S_2 dauernd zu w in Nebenschluß geschaltet; die Wicklungen der Schalter S_1 und S_2 liegen an den Klemmen des Widerstandes w_1 . Der Elektromagnet des Reglers hat außer der Wicklung e noch eine im gleichen Sinne arbeitende f , die von einem Teile des Maschinenstromes durchflossen wird. Diese Wicklung soll verhindern, daß die Maschine plötzlich übermäßig stark beansprucht wird, wie es der Fall sein kann, wenn die Batterie sehr stark entladen ist.

wenn A_1 mit C_1 nicht in Kontakt steht. R_2 ist ein Widerstand, der den Strom vermindert, wenn A_2 und C_2 verbunden ist. In Ruhe ist A_1 mit C_1 verbunden. Beginnt die Anziehungskraft des Elektromagneten höher zu werden, wie die der Feder, so wird der Anker angezogen, R_1 vor die Erregerwicklung geschaltet, der Erregerstrom wird geschwächt und infolgedessen sinkt die Erregung des Elektromagneten; der Anker wird losgelassen und das Spiel beginnt von neuem; die Spannung der Maschine wird auf gleicher Höhe gehalten. Sobald aber der Widerstand R_1 nicht mehr genügt, die Erregung der Maschine auf einen Wert zu erniedrigen, der die Erregung des Elektromagneten genügend schwächt, so daß sie stärker bleibt als die Federkraft, bleibt der Anker angezogen und die Kontakte A_2 und C_2 kommen in Berührung, der Widerstand R_2 wird vorgeschaltet; jetzt sind die Widerstände R_1 und R_2 sowie die Ankerleiter zwischen den Kurzschlußbürsten und Nutzbürsten in Form einer Wheatstoneschen Brücke geschaltet, wobei die Erregerwicklung W die Brücke bildet. R_1 und R_2 sind so bemessen, daß der in W fließende Strom in anderer Richtung fließt, als wenn R_1 vor die Erregerwicklung allein geschaltet ist. Die Spannung der Maschine erniedrigt sich genügend, so daß der Elektromagnet seinen Anker freigibt und ein abwechselndes Berühren und Loslassen zwischen den Kontakten A_2 und C_2 erfolgt.

Der Maschinenselbstschalter besteht aus einem Elektromagneten mit einer Spannungswicklung und einer den Hauptstrom führenden starken Wicklung. Um zu vermeiden, daß bei Ausschalten des Schalters der Rückstrom von der Batterie in die Maschine zu groß wird und dadurch die Kontakte leiden, wird bei Einschalten des Schalters ein Widerstand parallel zur Spannungswicklung geschaltet, so daß ihre Wirkung herabgesetzt wird. Es genügt alsdann ein wesentlich geringerer Rückstrom, um das Ausschalten zu bewirken.

Die Ausführung M der Einrichtung sieht eine besondere Lampenregelung nicht vor. Beim Einschalten des Maschinenselbstschalters wird ein fester Widerstand C vor den Lampenstromkreis geschaltet. —

6. Bauart EVR, Ausführung AJ.

Die Bauart AJ, welche von der gleichen Gesellschaft geliefert wird, stellt eine Vereinfachung der auf der Verwendung der Rosenberg-Maschine beruhenden amerikanischen Bauart ESB von Woodbridge dar, welche auf S. 129 beschrieben ist. Letztere verwendet zur Spannungsregelung eine Wheatstonesche Brücke, in deren Zweigen teils Eisendrahtwiderstände, teils gewöhnliche Widerstände sich befinden, sowie eine den Hauptstrom führende Gegenwicklung auf den Feldmagneten der Maschine zur Regelung auf gleichbleibende Spannung. Die Vereinfachung durch die EVR besteht nun darin, daß zwei Brückenzweige weggelassen und durch die beiden Ankerhälften ersetzt werden, die durch die Kurzschlußbürsten voneinander getrennt sind, gemäß Abb. 81. Es wird ein Eisenwiderstand 3

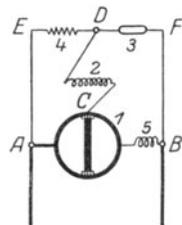


Abb. 81. Schaltung der Bauart EVR, Ausführung AJ.

z , welche im Nebenschluß zum Magnetfelde der Maschine liegt, dient dazu, das Öffnen und Schließen der Kontakte so zu beschleunigen, daß an den Glühlampen ein Flimmern infolge des Steigens und Fallens der Spannung nicht mehr sichtbar ist. Der Regler ist noch mit der Wicklung i_2 versehen, durch welche die Maschinenspannung herabgesetzt wird, sobald der größte zulässige Ladestrom überschritten wird. Um eine Überladung zu vermeiden, ist der elektromagnetische Hilfsschalter G angeordnet, der durch die Wicklung e seinen Anker bei der Grenzladenspannung anzieht und mit der Gabel a die Zugkraft der Spannfeder des Spannungsreglers S vermindert, so daß die Kontakte C_1 und C_2 bzw. K_1 und K_2 geöffnet werden. Der Ladestrom geht dann auf Null zurück. Vor dem Lampennetz liegt der Widerstand L , ferner die Spule i_3 des Hilfsschalters G . Letztere dient dazu, bei nahezu geladener Batterie und bei eingeschaltetem Lichtnetz den Hilfsschalter G zum früheren Einschalten zu bringen, um dadurch eine zu hohe Ladespannung dem Lichtnetz fernzuhalten.

Die Bauart ist auf den Schweizer Bundesbahnen eingeführt.

8. Bauart Era.

Diese Bauart wird von der Firma Era G. m. b. H., Prag, hergestellt. Die Maschine ist eine vierpolige Nebenschlußmaschine. Sie besitzt eine verstellbare Bürstenbrücke, deren Endlagen durch Anschläge gesichert sind. Es werden 3 Größen gebaut, und zwar Maschinen für 1200, 900 und 600 Watt Leistung. Das Schaltbild ist in Abb. 83 wiedergegeben. Der Maschinenselbstschalter A besitzt zwei Wicklungen, eine Stromwicklung I und eine Spannungswicklung II. Sobald die Maschinenspannung etwas über die Batteriespannung gestiegen ist, werden die Kontakte K_3 geöffnet und die Kontakte K_4 geschlossen. Damit ist die Maschine auf das Netz geschaltet. Beim Öffnen der Kontakte K_3 wird ein Widerstand L vor das Lampennetz geschaltet, der die höhere Maschinenspannung auf die zulässige Lampenspannung herabsetzt.

Der Regler Bauart Junek besteht aus 5 Selbstschaltern, von denen der erste R als der eigentliche Regler zu bezeichnen ist. Die 3 weiteren Schalter P_1 , P_2 , P_3 dienen zum stufenweisen Ein- und Ausschalten des Widerstandes, der im Nebenschluß zur Erregerwicklung der Maschine geschaltet ist. Der Regler R hat nur die Erregerstromschwankungen auszugleichen, die infolge des Zu- und Abschaltens der Widerstandsstufen durch die 3 Hilfsschalter entstehen. Dadurch wird der Strom, den seine Kontakte zu führen haben, so weit verkleinert, daß beim Öffnen und Schließen derselben überhaupt keine Funken entstehen. Die einzelnen Widerstandsstufen sind so gewählt, daß bei gewissen Zuggeschwindigkeiten die Kontakte des Schnellreglers überhaupt nicht in Berührung kommen. Der 5. Schalter ist der Maschinenselbstschalter.

Wenn die Spannung der Maschine anfängt zu steigen, fließt zunächst der Strom von dem + Pol der Maschine bis zum Punkt a , wo er sich verzweigt und einestheils durch die Kontakte K_1 des Reglers R , die mittels einer Feder gegeneinandergedrückt sind, geht, andernteils durch die Widerstände T_1 , T_2 , T_3 und T_4 ; beide Zweige vereinen sich im Punkt b

und der Gesamtstrom durchfließt dann die Windungen S_3 , S_2 und S_1 und M zur Maschine. Erhöht sich die Maschinenspannung und damit auch die Stromstärke in den Wicklungen der Hilfsschalter und der Erregerwicklung der Maschine, so wird zunächst die Federkraft durch den von der Wicklung S_3 des Hilfsschalters P_3 erzeugten Zug überwunden und der Teilwiderstand T_4 durch die Kontakte C_3 kurzgeschlossen. Bei weiterer Steigung schließen dann in ähnlicher Weise die Kontakte C_2 die Widerstände T_3 und T_4 und darauf die Kontakte C_1 , die Widerstände T_1 , T_2 und T_3 kurz, so daß schließlich im Nebenschlußkreis der Maschine nur noch der Widerstand T_1 eingeschaltet bleibt. Mit weiterer Erhöhung

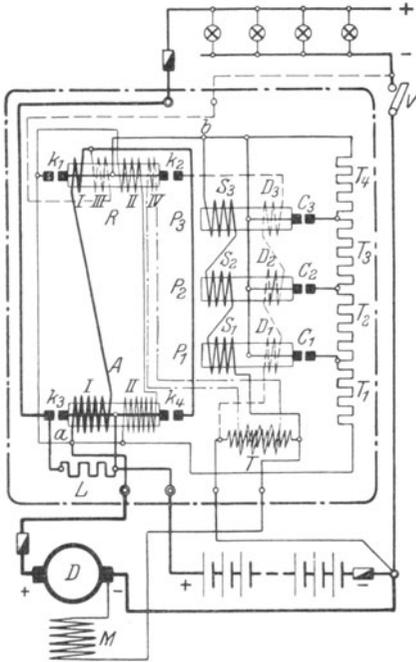


Abb. 83. Schaltbild der Bauart Era.

der Umdrehungszahl erreicht die Maschine die Grenzspannung von 29—30 Volt. Bei dieser Spannung wirkt die Spannungsspule II des Reglers R so, daß dessen Anker sich nach rechts bewegt. Die Kontakte K_1 werden geöffnet und der Widerstand T_1 , der bisher kurzgeschlossen war, in den Nebenschlußkreis der Maschine eingeschaltet; der Erregerstrom wird erniedrigt, die Maschinenspannung sinkt und damit werden auch die Kontakte K_1 wieder geschlossen. Da sich infolgedessen der Erregerstrom wieder erhöht, werden die Kontakte wieder geöffnet, der Anker des Reglers kommt so in rasche Schwingungen und der Widerstand T_1 wird in rascher Folge zu- und abgeschaltet. Mit steigender Umdrehungszahl der Lichtmaschine muß der Magnetisierungsstrom entsprechend erniedrigt werden, um die Spannung gleichhoch zu halten. Dies erfolgt dadurch, daß die Schluß-

dauer der einzelnen Berührungen der Kontakte K_1 immer kürzer werden, so daß sich die Öffnungszeit immer mehr verlängert und die Kontakte K_1 einen ständig sinkenden Strom durchlassen. Von einer bestimmten Geschwindigkeit ab bleiben die Kontakte K_1 dauernd geöffnet und der Erregerstrom geht dann nur über den Widerstand T_1 . Eine weitere Spannungssteigerung wird dadurch verhindert, daß der Schalter P_1 , beeinflusst durch die Spule S_1 , die den Erregerstrom der Maschine führt, die Kontakte C_1 öffnet, wodurch der Widerstand T_2 in den Nebenschlußkreis eingeschaltet wird. Infolgedessen sinkt der Strom in der Erregerwicklung. Die dadurch entstehende Spannungserniedrigung hat zur Folge, daß die Kontakte C_1 wieder geschlossen werden. Das Spiel der Kontakte K_1 erfolgt jetzt so, daß die Summe der Teilströme, die durch $T_1 + T_2$ und über C_1 fließen,

gerade den Erregerstrom bilden, der zur Gleichhaltung der Spannung bei dieser Fahrgeschwindigkeit nötig ist. Steigt die Geschwindigkeit weiter, so spielen die Kontakte des Reglers so, daß sie einen immer kleiner werdenden Strom durchlassen. Der Erregerstrom der Maschine sinkt und bei einer gewissen Fahrgeschwindigkeit bleiben die Kontakte K_1 des Reglers dauernd offen. In diesem Augenblick öffnet aber der Hilfsschalter P_2 die Kontakte C_2 und schaltet in den Nebenschlußkreis den Widerstand T_3 , so daß der Gesamtwert des Nebenschlußwiderstandes $T_1 + T_2 + T_3$ ist. Das Spiel wiederholt sich mit steigender Fahrgeschwindigkeit. Die Kontakte K_1 des Reglers beginnen wieder zu spielen und lassen einen Teil des Erregerstromes durch, der mit steigender Geschwindigkeit kleiner wird, bis wieder die Kontakte K_1 offen bleiben. Schließlich öffnet auch der Hilfsschalter P_3 die Kontakte C_3 und der Widerstand T_4 wird eingeschaltet, so daß der Nebenschlußwiderstand aus den Teilwiderständen $T_1 + T_2 + T_3 + T_4$ gebildet wird. Durch das allmähliche Zuschalten dieser Widerstandsstufen durch die Hilfsschalter erfolgt eine grobe Regelung, die vom Regler R durch seine Kontakte K_1 wieder ausgeglichen wird.

Wenn die Kontakte K_1 offen sind und der Hilfsschalter P_1 infolge unrichtiger Einstellung den Widerstand T_2 nicht einschalten sollte, so würde die Spannung mit steigender Maschinendrehzahl steigen, somit auch der Erregerstrom, der über T_1 die Kontakte K_1 zum Punkte b und von da über S_3 , S_2 und S_1 in die Erregerwicklung M fließt. Infolge des durch die Spule S_1 ausgeübten Zuges werden die Kontakte C_1 noch mehr aufeinandergedrückt, statt daß sie sich öffnen. Um dies zu verhindern, hat der Anker des Reglers R auf der anderen Seite des Ankers den Kontakt K_2 . Wird also der Widerstand T_2 durch P_1 nicht rechtzeitig eingeschaltet, so steigt die Maschinenspannung etwas und die Spule II des Reglers R zieht den Anker nach rechts, so daß sich die Kontakte K_2 berühren. Der Maschinenstrom fließt dann von der +Bürste zum Punkt a , dann über T_1 , Kontakt C_1 nach b , wo er sich teilt. Der eine Teil fließt durch die Spulen S_3 , S_2 , S_1 in die Erregerwicklung der Maschine. Der andere Teil fließt in den beweglichen Anker von R und dann über die Kontakte K_2 in die Nebenschlußspulen D_3 , D_2 , D_1 der Hilfsschalter und kommt dann zur —Bürste zurück. Die Wicklungen D_3 , D_2 , D_1 wirken den Spulen S_3 , S_2 , S_1 entgegen; infolgedessen wird die Wirkung der Spule S_1 durch die Wirkung von D_3 geschwächt und der Anker von P_1 wird gezwungen, die Kontakte C_1 zu öffnen und den Widerstand T_2 einzuschalten. Das gleiche würde eintreten, wenn die Schalter P_2 und P_3 nicht richtig schalten sollten.

Ist der Gesamtwiderstand T_1 bis T_4 eingeschaltet, so ist der Erregerstrom dann die Summe des Stromes, der über diese Widerstände fließt und des Stromes, den die Kontakte K_1 des Reglers R durchlassen. Mit steigender Drehzahl der Maschine verkürzt sich die Schlußdauer der Kontakte K_1 und der durchgelassene Strom wird immer geringer, bis endlich bei einer gewissen Geschwindigkeit die Kontakte vollkommen offen bleiben und der Erregerstrom dann nur über die Widerstände T_1 , T_2 , T_3 , T_4 fließt. Bei weiterer Erhöhung der Drehzahl steigt auch die Span-

nung um einen gleichen Wert und die Spannungsspule des Reglers bewegt dessen Anker nach rechts, so daß jetzt die Kontakte K_2 in Berührung kommen. Der Strom fließt dann von der $+$ -Bürste um die Widerstände T_1, T_2, T_3, T_4 nach b , wo er sich teilt. Der eine Teil fließt durch die Windungen S_3, S_2, S_1 und durch die Nebenschlußwicklung zur $-$ -Bürste. Der andere Teil fließt in den Anker des Reglers, dann über die Kontakte K_2 durch die Wicklungen D_3, D_2 und D_1 zur $-$ -Bürste. Bei hoher Drehzahl der Maschine ist der Gesamtwiderstand T_1 bis T_4 der Nebenschlußwicklung dauernd vorgeschaltet und die weiter erforderliche Erniedrigung des Erregerstromes wird dadurch bewirkt, daß der Anker des Reglers R mit Hilfe der Kontakte K_2 zur Erregerwicklung der Maschine den Widerstand der Spulen D_3, D_2, D_1 periodisch zu- und abschaltet. Dieser Widerstand übernimmt einen Teil des Stromes, welcher durch die Widerstände T_1 bis T_4 fließt, so daß der Erregerstrom erniedrigt wird. In diesem Falle ist der Erregerstrom dem Unterschied der Stromstärken gleich, die über die Widerstände T_1 bis T_4 und über die Kontakte K_2 des Reglers fließen.

Die Windung I des Reglers führt den Maschinenstrom. Sie wirkt im gleichen Sinne, wie die Spannungsspule II. Wenn die Spule I nicht vorhanden wäre, würde der Regler die Spannung auf gleicher Höhe halten und würde demnach, wenn z. B. die Batterie sehr stark entladen wurde, der Ladestrom zu hoch steigen, wodurch eine Überlastung der Maschine eintritt. Da die Windungen I und II im gleichen Sinne wirken, so sinkt bei steigendem Maschinenstrom die vom Regler gehaltene Spannung und damit auch die Ladestromstärke, so daß eine Überlastung der Maschine vermieden ist.

Der Anker des Reglers R besitzt noch eine Spule IV, die mit der Zweitspule des Transformators T verbunden ist. Dieser Transformator soll eine Beschleunigung des Ankerspieles bewirken, das durch die mechanische Trägheit des Ankers und besonders durch die hohe Selbstinduktion der Erregerwicklung der Maschine und der Spannungsspulen des Reglers verzögert wird. Die Erstwicklung des Transformators T hat eine große Zahl Windungen aus schwachem Draht und ist an die Klemmen der Erregerwicklung angeschlossen. Mit starkem Steigen der Spannung an der Nebenschlußwicklung steigt gleichzeitig die Spannung an der Erstwicklung von T und die in der Zweitwicklung induzierte Spannung herrscht an der Wicklung IV des Reglers. Die Wirkung dieser Wicklung verstärkt die Wirkung der Spannungswindungen II, so daß die Kontakte K_1 früher geöffnet werden, als wenn der Transformator nicht geschlossen wäre. Wenn die Kontakte K_1 des Reglers wieder geöffnet werden, sinkt sofort die Spannung an den Klemmen der Nebenschlußwicklung und somit auch an der Erstwicklung des Umformers. Der Erregerstrom sinkt nur allmählich. Infolge des raschen Sinkens der Spannung an der Erstwicklung wird in der Zweitwicklung eine Spannung erzeugt, die entgegengesetzte Richtung hat als vorher und der Anker schließt sofort die Kontakte K_1 . Ähnlich arbeitet der Transformator, wenn die Kontakte K_2 des Reglers in Tätigkeit kommen.

Beim Einschalten des Lichtes ist es erforderlich, gleichzeitig die vom

ist an das Lampennetz angeschlossen, so daß die Spannung auf der für die Lampen höchstzulässigen gehalten wird. Die Spule III liegt im Batteriestromkreis und hat den gleichen Wicklungssinn wie die Spule I. Sie bewirkt, daß ein die Maschine gefährdender zu hoher Strom, wie er bei ganz entladener Batterie entstehen könnte, sich nicht ausbilden kann. Die Lampenspannung wird während der Ladung der Batterie auf einen vom Ladestrom abhängenden Wert herabgesetzt.

Vor das Lampennetz ist der Widerstand V geschaltet. Er wird so bemessen, daß er 3—3,5 Volt bei vollem Lampenstrom vernichtet. Die Batterie kann demnach bei Beleuchtung mit einer Spannung von 2,4 bis 2,5 Volt je Zelle ausreichend aufgeladen werden. Sind die Lampen ausgeschaltet, so wird die Spannung auf 2,66 Volt eingestellt, indem der Widerstand II vor die Spannungsspule I des Reglers geschaltet wird. Der Widerstand V wird durch einen kleinen elektromagnetischen Schalter IV, der normal geschlossen ist, eingeschaltet, wenn die Maschine für das Lampennetz genügend Strom liefert. Er ist also aus dem Netz ausgeschaltet, wenn die Batterie die Lampen speist. Der Widerstand VII liegt im Nebenschluß der Batteriestromwicklung des Reglers; er ist verstellbar, so daß der durch die Reglerwicklung fließende Strom abgeändert werden kann. VIII ist der Hauptlichtschalter; er schließt den Widerstand II kurz, wenn die Lampen brennen.

Der Maschinenselbstschalter besteht aus einem Elektromagneten mit Strom- und Spannungswicklung. Regler, Schalter und Sicherungen sind auf einer Schalttafel vereint.

Die Maschine ist eine vierpolige Nebenschlußmaschine, deren Bürsten bei Fahrtrichtungswechsel bei 90° selbsttätig umgelegt werden.

Der Lampenregler der Standard-Ausführung war gleichfalls ein Wälzregler.

B. Spannungsregelnde Bauarten mit Lampenregler.

10. Einheitsbauart der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft.

Nachdem die Deutsche Reichsbahn in größerem Umfange die Bauarten Brown-Boveri & Cie., Pintsch-Grob und GEZ für die Beleuchtung der D-Zugwagen eingeführt hatte, entschloß sie sich, um eine Einheitsbauart für ihren Zweck zu beschaffen, für die Verwendung einer Nebenschlußmaschine und eines selbsttätigen Nebenschlußreglers, und zwar eines Kohlsäulen-Reglers, wie er in amerikanischen Bauarten Safety und Simplex in großem Maße seit langer Zeit in Betrieb ist. Als Maschine wurde die bei der Bauart Dick verwendete Maschine der Gesellschaft für elektrische Zugbeleuchtung m. b. H. vorgeschrieben und die Firma Julius Pintsch AG. übernahm den Bauentwurf der Schalt- und Regelapparate.

Das Schaltbild ist in Abb. 86 wiedergegeben. Der selbsttätige Regler, der vor die Erregerwicklung der Maschine geschaltet ist, besteht aus einer aus dünnen Kohlscheiben zusammengesetzten Säule, die einem wechselnden Druck ausgesetzt wird und dadurch ihren Widerstand in einer weiten Grenze ändert.

Abb. 87 zeigt schematisch die Art, wie dieser Druck erzeugt wird. *E* ist ein Magnetgestell, dessen drehbar gelagerter Anker *Q* durch die

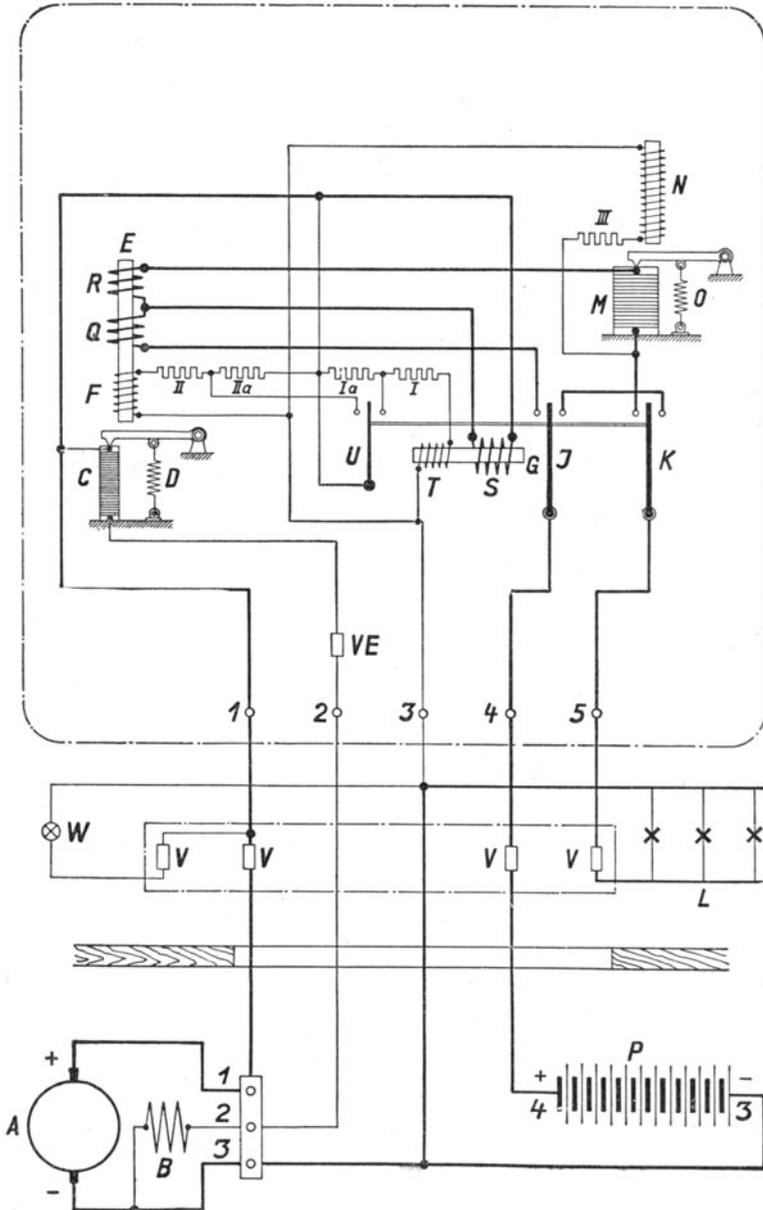


Abb. 86. Schaltbild der Einheitsbauart der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft.

magnetische Zugkraft zwischen die Magnetpole hineingezogen wird. Dieser Kraft entgegen wirkt der Zug einer Feder *D*, der sich vermittels

eines biegsamen Bandes S und des Hebels R auf den Anker überträgt. C stellt die aus dünnen Kohlscheiben bestehende Widerstandssäule dar. Sie ruht mit ihrem unteren Ende auf einer Schneide N des Magnetankers Q und wird oben durch das Widerlager O gehalten. Befindet sich der Anker in der (gezeichneten) losgelassenen Stellung, so übt er mit Kniehebelwirkung einen starken Druck auf die Säule aus, der sich aber bis auf Null vermindert, wenn der Anker in seine andere Endlage gelangt.

Hierbei ändert sich der elektrische Widerstand der Säule um das 40- bis 60fache.

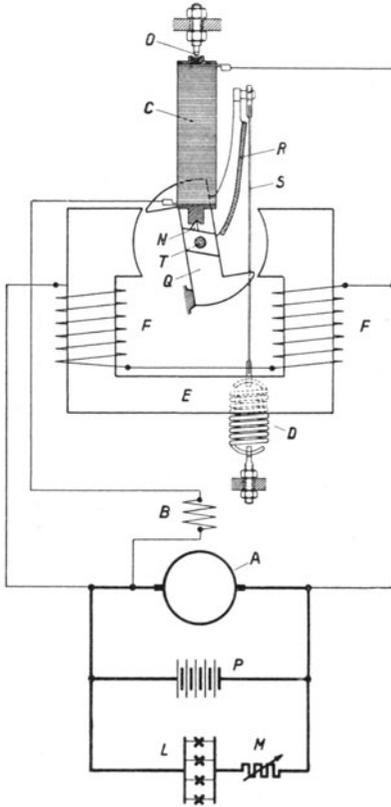


Abb. 87. Regler der Einheitsbauart.

biegsamen Band S und der mit dem Anker verbundenen Leitkurve R , die vermöge ihrer besonderen Form das Zugband in jeder Ankerstellung in einen solchen Abstand vom Ankerdrehpunkt T bringt, daß die von der Feder auf den Anker ausgeübte Drehkraft stets dem Magnetzug und dem Säulengegendruck das Gleichgewicht hält. Wenn diese Bedingung erfüllt ist, so bleibt der Anker in jeder Stellung seines Hubes stehen. Sobald der Magnetisierungsstrom um ein Geringes erhöht oder erniedrigt wird, entsteht eine Gleichgewichtsstörung, und der Anker verschiebt sich ganz in die eine oder andere Endlage.

Die Ankerbewegung kann sich jedoch nur solange fortsetzen, als die

durch die Verschiebung hervorgerufene Erregerstromänderung die Maschinenspannung wieder auf den Wert zurückgeführt hat, bei welchem der Anker ins Gleichgewicht gelangt. Da diese kritische Gleichgewichtsspannung in jeder Ankerstellung genau dieselbe ist, so stellt sich also im ganzen Regelungsbereich von der kleinsten bis zur größten Drehzahl und bei allen Strombelastungen am Generator genau dieselbe Voltzahl ein, gleichgültig welche Säulen-Ohmzahl erforderlich ist, um den richtigen Spannungswert herbeizuführen. Ein mit dem Anker verbundener Dämpferkolben verhindert, daß der Anker über das Ziel hinausschießen und Spannungspendelungen verursachen kann.

Der Lampenregler ist genau wie der Feldregler gebaut, nur weist die Kohlsäule wegen des größeren Stromdurchflusses größere Abmessungen auf. Die Säule ist in die Lichtleitung geschaltet und die Magnetspulen sind an die Zuleitungen zum Lampennetz angeschlossen. Das Reglergleichgewicht tritt also nur ein, wenn das Lampennetz die richtige Spannung aufweist.

Der Maschinenselbstschalter wird durch einen an der Maschinenspannung liegenden Magnet betätigt und dient gleichzeitig dazu, bei Stillstand die Batterie mit dem Lichtnetz zu verbinden.

Um eine Erwärmung der dünndrähtigen Spulen zu verhindern, die eine Änderung der Einstellung der Apparate bewirken würde, sind vor die Spannungswicklungen des Maschinenselbstschalters und der Kohlregler die Widerstände I, II und III, Abb. 86, geschaltet.

Die Arbeitsspannung des Feldreglers (28 Volt in 24 Volt-Anlagen) liegt nur wenig über der Anziehungsspannung des Umschaltmagnetes (26,5 Volt). Wenn letztere die erste übersteigen würde, so käme ein Anziehen auch bei beliebig hoher Zuggeschwindigkeit nicht mehr zustande, weil der Regler die Maschinenspannung nicht auf den hierzu notwendigen Wert steigen ließe. Um diese Gefahr zu beseitigen, ist der Reglerspule F bei Stillstand noch ein zweiter Widerstand IIa vorgeschaltet, der die Arbeitsspannung des Reglers von 28 auf etwa 32 Volt erhöht, solange der Magnet noch nicht angezogen hat. Durch das Anziehen wird vermittels des Schalthebels U der Widerstand IIa kurzgeschlossen und die Spannungsregelung in normale Tätigkeit versetzt.

Sobald bei sinkender Drehzahl ein Rückstrom nach der Maschine entsteht, muß, wie schon erwähnt, der Umschaltmagnet G die Maschine von Batterie und Netz abtrennen. Um die Schwächung nicht durch den Rückstrom allein bewirken zu müssen (Spule S), wobei er auf einen zu großen Wert steigen müßte, sofern nicht die Windungszahl von S sehr groß gemacht wird, ist in Reihe zu den Windungen T noch ein zweiter Widerstand (Ia) geschaltet, der bei losgelassenem Magnet durch den Schalter U kurzgeschlossen ist. Durch das Anziehen des Magnets gelangt er zur Wirkung und ruft schon von sich aus den größten Teil der notwendigen Magnetschwächung hervor, so daß es nur noch einer geringen weiteren Schwächung durch die Spule S bzw. nur noch eines schwachen Rückstromes bedarf, um das Loslassen des Ankers zu veranlassen.

Um den Generator im Falle ganz entladener oder zum Teil kurzgeschlossener Batterie vor der Abgabe zu großer Ladeströme und damit

vor Überlastung zu bewahren, wird der Ladestrom durch eine zusätzliche, aus wenig Windungen bestehende Wicklung Q auf den Feldregler geleitet, die in ihrer Wirkung die Spannungsspule F unterstützt. Der Ladestrom vermehrt also die Ankeranziehung und entlastet die Kohlsäule, wodurch er den Maschinenerregerstrom bzw. die Maschinenspannung vermindert. Diese muß sich hierbei soweit senken, daß in der Spule F die Amperewindungszahl sich genau um soviel verkleinert, als der Ladestrom in der Wicklung Q Amperewindungen erzeugt, da sonst im Regler kein Gleichgewicht herrscht. Die Maschinenspannung sinkt demgemäß um so mehr, je größer der Ladestrom ist und wirkt so einem übermäßigen

Anwachsen des Stromes entgegen.

Die Anordnung ist so getroffen, daß während der Tagesfahrt die Maschine auf eine niedrigere Ladespannung gehalten wird, um die Batterie zu schonen, und zwar auf 2,33 Volt je Zelle bzw. etwa 28 Volt in 24 Volt Anlagen. Bei Nachtfahrt wird die Ladespannung selbsttätig erhöht, dadurch, daß der Lichtstrom durch die Reglerspule R geführt wird. Mit ihrer Hilfe übt er auf den Magnet E eine schwächende Wirkung aus und verstärkt dadurch den Druck auf die Kohlsäule C . Infolge-

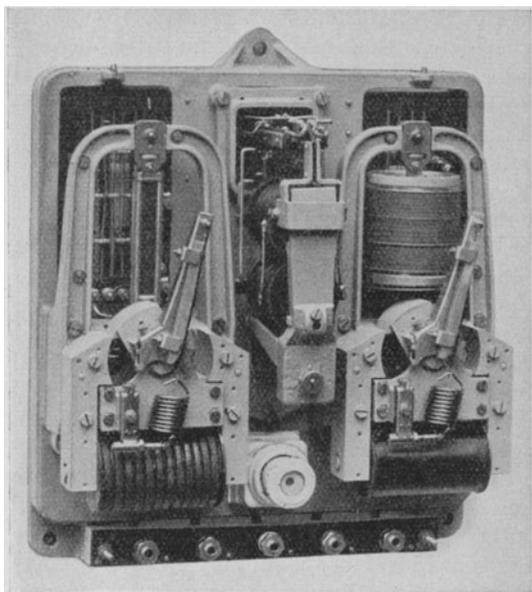


Abb. 88. Apparatetafel der Bauart DRG.

dessen erhöht sich der Erregerstrom und damit auch die Maschinenspannung, wenn das Licht eingeschaltet wird, und zwar genau um soviel, als der vermehrte Stromfluß in der Spule F die schwächende Wirkung der Spule R eben wieder aufhebt. Die Ladespannung wird also um so höher, je mehr Lampen brennen.

Abb. 88 stellt die Apparatetafel der Bauart dar.

Folgende Maschinengrößen sind in Verwendung:

Für	Maschinen	Gr.	D für	1950 Watt	Leistung
D-Zugwagen	„	Gr. D	„	1200	„
2- und 3achsige Personenwagen	„	Gr. E	„	750	„
Gepäckwagen und ähnliche	„	Gr. G	„		

11. Die Bauarten AGA und ASEA.

Die schwedische Staatsbahn hat vor mehreren Jahren probeweise einige Ausrüstungen nach der Bauart USL (U.S.-Light & Heat Cor-

poration, Niagara-Falls) in Betrieb gesetzt¹. Diese amerikanische Bauart ist von den schwedischen Gesellschaften AGA und ASEA, jede in besonderer Weise, weiter ausgebildet worden und diese Bauarten werden von der Staatsbahn jetzt allmählich eingeführt. Abb. 89 stellt das Schaltbild der Bauart AGA und Abb. 90 das der Bauart ASEA in gegenwärtiger Ausführung dar.

Die Maschine ist eine vierpolige Nebenschlußmaschine. Der Polwechsel erfolgt durch das selbsttätige Umstellen der Bürstenbrücke. Der Maschinenselbstschalter B besitzt die Spannungsspule S_1 und die Stromspule S_2 . Als selbsttätiger Nebenschlußregler ist der Kohlen-

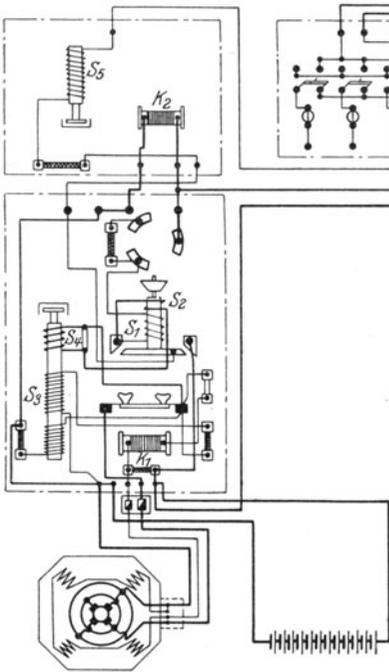


Abb. 89. Schaltbild der Bauart AGA.

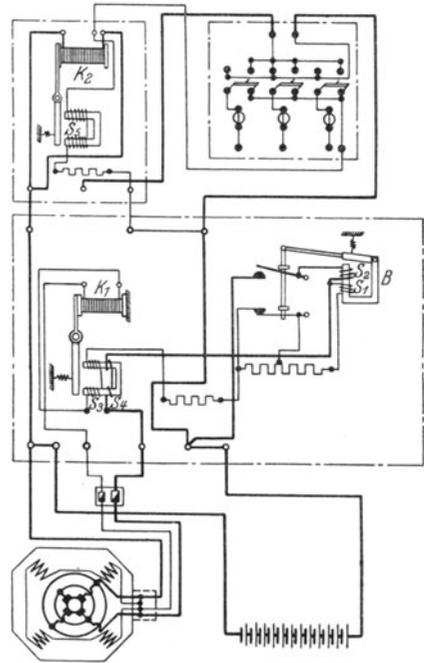


Abb. 90. Schaltbild der Bauart ASEA.

säulenregler K_1 vorgesehen. Der Druck auf die Kohlen säule wird durch einen Elektromagneten mit den Windungen S_3 und S_4 geregelt, und zwar bis auf eine Spannung von 1,7 Volt je Zelle bei einer Batterie von 20 Nife-Zellen. Der Lampenregler K_2 regelt die Lampenspannung durch die Windungen S_5 seines Elektromagneten. Wenn der Zug hält und die Lampen von der Batterie gespeist werden, ist die Kohlen säule des Lampenreglers kurzgeschlossen. Ganz entsprechend ist die Anordnung bei der Bauart ASEA.

¹ Diese Gesellschaft hat ihre Zugbeleuchtungspatente an die Safety Car Heating & Lighting Co. abgetreten, die ihre eigene Bauart vertreibt.

12. Bauart Rotax-Leitner.

Die Bauart hat sich aus der früheren Leitner-Bauart heraus entwickelt. Sie wird gebaut von den Rotax-Works, Willesden Junction. Das Schaltbild der Bauart gibt Abb. 91 wieder.

Die Maschine ist vierpolig und besitzt 3 Bürsten: 2 Hauptbürsten und 1 Hilfsbürste, die sich zwischen den Hauptbürsten, und zwar vor der + Bürste im Drehsinne der Maschine befindet. Die + Bürste ist durch die Erregerwicklung der Feldmagnete mit der Hilfsbürste verbunden.

Wenn die Maschine sich zu drehen beginnt, geht nur ein schwacher Strom durch die Ankerwindungen. Das von den Magneten erregte Feld

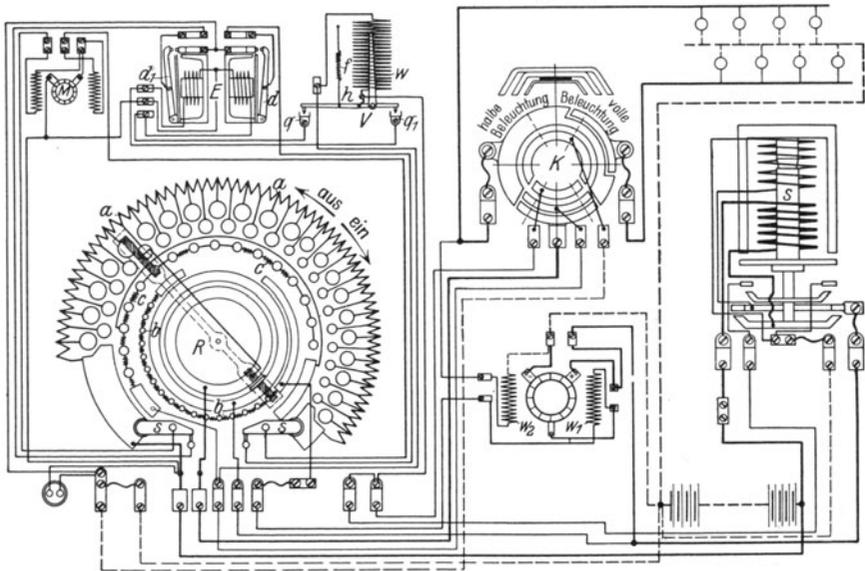


Abb. 91. Schaltbild der Bauart Rotax-Leitner.

ist gleichmäßig von einem Pol zum anderen über den Anker verteilt und die Spannung, die in den Ankerleitern herrscht, ist fast gleichmäßig verteilt von einer Hauptbürste zur anderen. Jede Ankerwindung hat also nahezu die gleiche Spannung. Erhöht sich die Drehzahl der Maschine, so steigt auch die Spannung. Mit dem Einschalten der Maschine auf das Netz wird ein Strom nach der Batterie fließen. Je größer dieser wird, um so mehr wird das Feld verdreht und die neutrale Achse rückt in der Drehrichtung vor. Die Kraftlinien werden aus dem Raum zwischen der +Hauptbürste und der Hilfsbürste verdrängt nach dem Raum zwischen der Hilfsbürste und der -Bürste. Infolgedessen sinkt die Spannung zwischen der +Hauptbürste und der Hilfsbürste und damit auch die Erregung der Feldmagnete durch die Wicklung w_1 und der Strom kann trotz steigender Geschwindigkeit nicht größer werden. Der Ladestrom der Batterie wird mithin auf gleicher Höhe gehalten.

Die Feldmagnete haben noch eine zweite Wicklung w_2 , die in Wirkung tritt, sobald das Lampennetz eingeschaltet wird. Sie dient dazu, die Erregung der Maschine schon bei sehr geringer Geschwindigkeit des Zuges zu sichern, wenn die Beleuchtung eingeschaltet ist.

Bei Änderung der Fahrtrichtung wird der Bürstenhalter mit den Hauptbürsten selbsttätig um 90° verstellt, unabhängig von diesem der Halter mit der Hilfsbürste, bis zu einem bestimmten Anschlag.

Der Maschinenselbstschalter S besteht aus einem Elektromagneten, der von 2 Wicklungen, einer Strom- und einer Spannungswicklung, erregt wird und dessen Kern an seinen Enden Kontaktbürsten trägt. Er schaltet die Maschine auf die Batterie und verbindet ferner die Erregerwicklung des Elektromagneten w der Spannungswaage V (voltage balance) mit der Batterie, wenn die Lampen abgeschaltet sind und die Batterie geladen ist.

Der Maschinenregler R besteht aus 3 Reihen von Widerstandsstufen, deren Enden an kreisförmig angeordnete Kontaktplatten angeschlossen sind. Über diese Kontaktplatten gleitet ein von einem kleinen Motor betriebener Kontaktarm. Die äußere Reihe a ist vor das Lampennetz, die innere b vor die Erregerwicklung der Maschine geschaltet, die mittlere c bildet den Vorschaltwiderstand für die Wicklung des Elektromagneten w der Spannungswaage. Letzterer Widerstand wird Stufe für Stufe eingeschaltet, wenn die Batterie bei eingeschalteten Lampen in Ladung ist. Die Bewegung des Kontaktarmes ist in jeder Richtung durch Schalter s , die den Motorstrom unterbrechen, begrenzt. Der Hauptstrommotor M zur Verstellung des Kontaktarmes hat zwei Feldwicklungen, von denen die eine eingeschaltet wird, wenn der Motor in der einen Richtung und die andere, wenn er in der anderen Richtung läuft. Die Umschaltung der Spulen erfolgt durch die Spannungswaage. Diese besteht aus einem Elektromagneten w , dessen Kern auf den Waagebalken h wirkt, der an jedem Ende auf der unteren Seite Stahlstifte trägt. Unter den beiden Stahlstiften sind Quecksilbernapfe angebracht. Je nach dem Ausschlag des Waagebalkens taucht der eine oder andere der Stahlstifte in die Gefäße q oder q_1 , je nachdem ob die Wirkung der Wicklung von W größer oder kleiner ist, als die Wirkung der Feder f . Hierdurch erhält eine der beiden Spulen des elektromagnetischen Schalters E Kontakt. Diese zieht ihren Anker d oder d_1 an, der durch eine Feder in seiner Lage gehalten wird. Jeder der beiden Anker trägt an seinem oberen Ende einen Kohlenkontakt, durch welchen beim Anziehen der Anker durch den Magneten eine Verbindung mit einer der Erreger- spulen des kleinen Motors hergestellt wird. Der Motor setzt sich in Bewegung und verstellt den Kontaktarm des Reglerwiderstandes, wodurch Widerstandsspulen vor das Lampennetz, vor die Nebenschlußwicklung der Maschine und vor die Wicklung der Spannungswaage zu- oder abgeschaltet werden. Sind genügend Widerstandsstufen der Spannungswaage zu- oder abgeschaltet worden, so kommt der Waagebalken wieder in wagerechte Lage, so daß der Kontakt q oder q_1 unterbrochen und der Motor zum Stillstand gebracht wird. K stellt einen von Hand oder elektrisch betätigten Ein- oder Ausschalter dar.

Es werden 5 verschiedene Maschinengrößen ausgeführt, und zwar für 320, 840, 1200, 1800 und 2400 Watt. Das Gewicht einer Maschine für 1800 Watt beträgt 180 Kilo.

Die Bauart ist in England bei der Great Western Ry., Great Central Ry., der London North Western Ry. u. a. eingeführt, ebenso in Frankreich bei der Paris-Lyon-Mediterrané.

C. Stromregelnde Bauarten ohne Spannungsbegrenzung.

13. Bauarten Stone.

a) Ältere Bauart. Diese Bauart stammt von Ingenieur Gill der Firma J. Stone & Co., London-Deptford.

Stone verwendet eine am Wagenuntergestell pendelnd aufgehängte Dynamomaschine in Verbindung mit zwei Batterien. Die Spannung des Riemens kann durch Handrad vom Wageninnern aus geregelt werden. Bei einer bestimmten Geschwindigkeit, bei welcher die Spannung der Dynamomaschine ungefähr gleich der der Batterien ist, wird durch einen auf der Achse der Maschine sitzenden Fliehkraftregler ein Ausschalter betätigt und der äußere Stromkreis geschlossen. Bei weiterer Steigerung der Spannung ladet die Maschine die Batterie und speist gleichzeitig die Lampen, wobei in den Lampenstromkreis ein kleiner Widerstand eingeschaltet wird. Steigt die Geschwindigkeit des Wagens jedoch über eine gewisse Grenze, so wird die Dynamomaschine infolge ihrer exzentrischen Aufhängung aus ihrer Ruhelage gebracht und nähert sich der Riemenscheibe. Infolgedessen beginnt der Riemen zu gleiten, und die Spannung der Maschine steigt nicht mehr an.

Der Umschalter ist so gebaut, daß bei dem Wechsel der Fahrtrichtung die Pole der Dynamomaschine ebenfalls vertauscht werden.

Die verschiedenen Umschaltungen werden von dem Fliehkraftregler mit Hilfe eines dreiarmligen, dreh- und verschiebbaren Kontaktarmes an dem Schaltbrett bewirkt.

Das Schaltbrett (Abb. 92) aus hartem Holz oder aus Metall mit Isoliereinlagen ist an der Stromwenderseite der Dynamomaschine an den Elektromagnetpolen befestigt und besitzt vier Reihen von U-förmigen Kontaktklemmen 1, 2, 3, 4, 5, 1', 2', 3', 4', 5', einen Umschalter *U* und einen Ausschalter *A*. Die Backen der Klemmen 3 und 3' sind 5 mm kürzer als die Backen der übrigen Klemmen, während je eine äußere Backe der Klemmen 2, 5 und 2', 5' bedeutend verlängert ist. In die Klemmen werden die kammähnlichen Kontaktfedern *CC*, welche voneinander isoliert an den Armen I und II der Buchse *L* angebracht sind, hineingepreßt. Ein dritter Arm III betätigt den Umschalter *U*, und der Rand *H* der Buchse greift in das gabelförmig gestaltete Hebelende des Ausschalters *A* ein. Die Drehung der Buchse *L*, welche von der Ankerwelle *W'* durch die eigene Reibung mitgenommen wird, wird durch die verlängerten Backen der Kontakte 2, 5 und 2', 5' begrenzt, gegen welche sich die Federn *CC* legen. Nach dem Fliehkraftregler hin ist die Buchse *L* durch einen losen konischen Kopf *K* mit zwei Nuten abgeschlossen,

welche den beiden gebogenen Hebeln R des Fliehkraftreglers zur Führung dienen. SS_1 sind die Schwungmassen und N die Federn des letzteren.

Eine kräftige Feder F preßt die Buchse L gegen die Hebel des Fliehkraftreglers. Bei Stillstand der Maschine schiebt die Feder F die Buchse nach dem Fliehkraftregler hin, die Kontaktfedern C kommen außer Eingriff mit den Kontaktbacken des Schaltbrettes, während der Rand H der Buchse den Hebel des Schalters A mitnimmt und hierdurch die Einschaltung bewirkt. Läuft die Maschine, so überwindet die Fliehkraft des Reglers die Kraft der Feder F , und die Kontaktfedern werden in diejenigen Klemmen, gegen welche sie sich infolge der Drehung der Ankerwelle gelegthatten, hineingepreßt. Gleichzeitig bewirkt der von dem Rand H der Buchse L mitgenommene Hebel die Ausschaltung des Schalters A , und der Arm III die Umschaltung des Umschalters U , wenn sich die Drehrichtung des Ankers entsprechend der Zugrichtung geändert hat. Bevor jedoch die Kontaktfedern zum vollen Eingriff mit den zugehörigen Backen gelangen, haben sie sich gegen die etwas längeren 1, 2, 4, 5 oder 1', 2', 4', 5' des Schaltbrettes gelegt, wodurch die Feldmagnete durch den Sammlerstrom vor Einschaltung des Ankers erregt werden. Umgekehrt wird bei dem Rückgange des Fliehkraftreglers zuerst der Anker und dann die Nebenschlußwicklung der Elektromagnete ausgeschaltet.

Die Schaltung ist in Abb. 93 veranschaulicht. Zu den radial gelegenen vier Reihen von Kontakten dienen als Gegenstücke die Kontaktfedern der Arme I und II. Im Bereich des Armes III ist der Umschalter U angeordnet. Auf der entgegengesetzten Seite ist der durch den Rand H_1 des Hauptumschalters bewegte Hebelwechsler A befestigt.

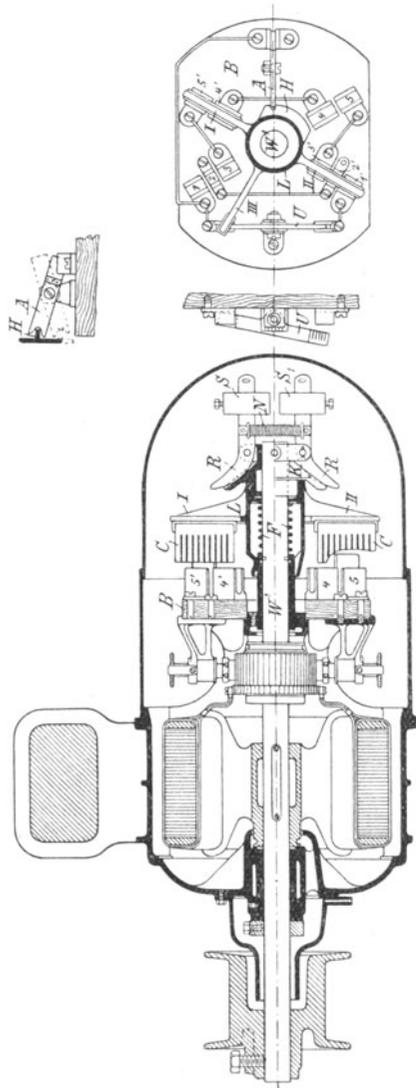


Abb. 92. Maschine und Schaltbrett Bauart Stone.

Die in der gezeichneten Stellung nicht vom Strom durchflossenen Leitungen sind als gestrichelte Linien dargestellt. Die Magnetwicklung der Maschine C ist mit M bezeichnet. Zur besseren Übersicht ist der Fliehkraftregler fortgelassen und an Stelle des Randes H_1 des Hauptumschalters ist ein scheibenförmiger Sektor H_1 mit Arm III gezeichnet, welcher durch seine Drehung und Verschiebung auf der Achse die beiden Schalter A und U bewegt. Die Wippe U steht mit dem Lampenschalter LU und der Schalter A mit den zwei verschieden großen Abteilungen des Widerstandes W in Verbindung. Mit Hilfe des Lampenschalters LU werden die beiden Lampenstromkreise für sich oder beide zusammen eingeschaltet oder die beiden Batterien 1 und 2 parallel geschaltet.

Die ausgezogenen Linien entsprechen einer Einstellung bei Tagesfahrt. Beide Batterien sind durch den Lampenschalter LU parallel ge-

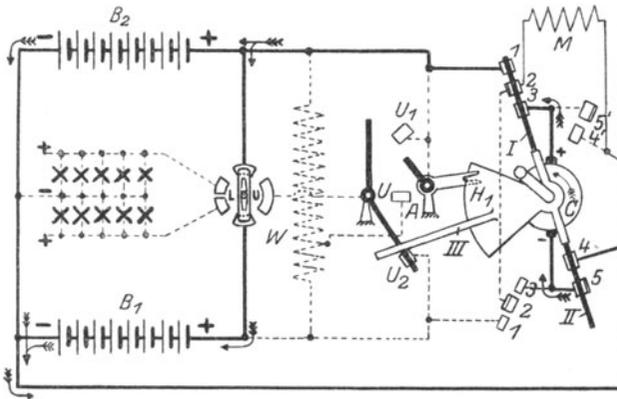


Abb. 93. Schaltbild der Bauart Stone.

schaltet. Widerstand W ist kurzgeschlossen und daher wirkungslos. Es erfolgt Ladung der Sammler.

Infolge der Drehung der Ankerwelle liegt der Doppelarm I, II gegen die Kontakte 2 und 5 und berührt zuerst, durch den Fliehkraftregler bei erhöhter Zuggeschwindigkeit vorgeschoben, die Kontakte 1, 2, 4, 5, welche etwa 5 mm länger sind als 3, so daß der Magnet M der Maschine durch den Batteriestrom bereits erregt wird. Beim weiteren Vorgehen der Kontaktfedern wird Kontakt 3 berührt und hiermit die Maschine C mit den Sammlerbatterien parallel geschaltet.

Durch den Sektor III H_1 ist der Schalter A ausgeschaltet, Umschalter U steht auf Kontakt $U 2$.

Wenn die Beleuchtung eingeschaltet ist und der Zug seine Fahrtrichtung beibehält, erfolgt die Ladung der Batterie 2, während Batterie 1 den Lampenstrom regelt. Durch den Lampenschalter LU sind die Lampenstromkreise mittels des Umschalters U mit der Batterie 1 und durch den Widerstand W hindurch mit der Maschine verbunden. Der Doppelarm I II berührt die Kontakte 1, 2, 3, 4, 5. Schalter A ist ausgeschaltet, Umschalter U berührt Kontakt $U 2$. Zwischen die positiven Pole der Batterien ist der Gesamtwiderstand W eingeschaltet, um die höhere zur La-

dung der Batterie 2 erforderliche Maschinenspannung der Lampenspannung gleich zu machen. Während also Batterie 2 mit einer gewissen Strommenge geladen wird, liefert die Dynamomaschine durch W hindurch den für die Lampen erforderlichen Strom, der durch Batterie 1 unter Pufferwirkung auf genauer Spannung gehalten wird.

Steht der Zug während der Beleuchtungszeit, so wird der Doppelarm I, II, welcher die Kontakte 1, 2, 3, 4, 5 berührt hat, durch eine Feder in seine Ausschaltstellung zurückgedrückt, gleichzeitig Schalter A geschlossen, während Umschalter U die alte Stellung $U 2$ beibehält. Die Dynamomaschine ist ausgeschaltet und die Batterien 1 und 2 sind parallel mit den Lampen L geschaltet. Zwischen den positiven Polen der Batterien bleibt ein Teil des Widerstandes W eingeschaltet, um die höhere Spannung der vorher geladenen Batterie 2 derjenigen der bei der Regelung entladenen Batterie 1 gleich zu machen.

Ändert der Zug seine Fahrtrichtung, während die Lampen nicht brennen, so wird der Doppelarm die Kontakte 1', 2', 3', 4', 5' berühren, der Umschalter wird vom Kontakt $U 2$ auf $U 1$ geschoben; Schalter A ist ausgeschaltet. Ist die Beleuchtung eingeschaltet, so liefert den für die Beleuchtung erforderlichen Strom jetzt die Maschine in Verbindung mit der Batterie 2, während Batterie 1 geladen wird. Bei umgekehrter Zugrichtung findet demnach ein Wechsel der Batterien statt.

Die Bauart Stone ist die älteste Maschinenbeleuchtung mit Achsantrieb, die sich im Betriebe bewährt hat. Die ersten Einrichtungen wurden für die London-Tilbury-Railway in Jahre 1893 geliefert. In den folgenden Jahren fand die Bauart schnell Eingang auf den englischen Bahnen. Die Bauart ist besonders auf den Bahnen Englands und der englischen Kolonien in Verwendung, sowie auf den unter englischem Einfluß stehenden Bahnen Südamerikas, Chinas usw. Auf dem europäischen Festlande hat sie, abgesehen von den belgischen Staatsbahnen, keinen festen Fuß fassen können; hier haben sich andere Bauarten durchgesetzt. Auch in England haben sich bald mehrere neue Bauarten neben der von Stone entwickelt und verbreitet.

b) Bauart Stone-Liliput. Im Jahre 1912 brachte die Firma J. Stone & Co. eine neue Bauart heraus unter der Bezeichnung „Stone-Liliput“. Diese verwendet eine zweipolige Nebenschlußmaschine. Die Regelung der Maschinenleistung erfolgt durch Gleiten des Riemens, wie in der vorstehend beschriebenen Bauart a. Der Polwechsel erfolgt bei Fahrtrichtungsänderung durch einen Kippschalter, der an der Ankerseite der Maschine auf der Welle angebracht ist und von dem Bürstenhalter beeinflusst wird. Der Bürstenhalter kann sich um etwa 10° in der Richtung der Ankerdrehung bewegen. Abb. 94 gibt die Anordnung und die Schaltung des Polwechslers wieder, der unter dem Deckel des Maschinengehäuses liegt. Die Kontaktarme D und E , welche an dem Bürstenhalter befestigt sind, führen den Ankerstrom von den Bürsten zu den Polwechslerkontakten, die auf einem kleinen Schaltbrett am vorderen Ende der Maschinenwelle befestigt sind. Bei Drehung der Maschine kommen diese Kontaktarme zuerst mit dem Bürstenpaar F und G in Berührung, wodurch die Erregerwicklung der Maschine geschlossen wird.

Die Maschine erhält jetzt Spannung, der Elektromagnet mit der Wicklung H wird erregt; er zieht den Anker C des Kippschalters an und drückt nun die Kontakte D und E fester gegen die Erregerbürsten, so daß auch die Hauptbürsten J und K des Polwechslers mit D und E in Berührung kommen. Dies geschieht bei etwa 20 Volt. Der Polwechsler ist infolgedessen schon eingeschaltet, ehe der Maschinenselbstschalter in Tätigkeit tritt. Wenn die Maschine in Ruhe ist, sind die Kontakte D und E nicht in Berührung mit den Bürsten und bei langsamer Drehung nur mit den Erregerbürsten.

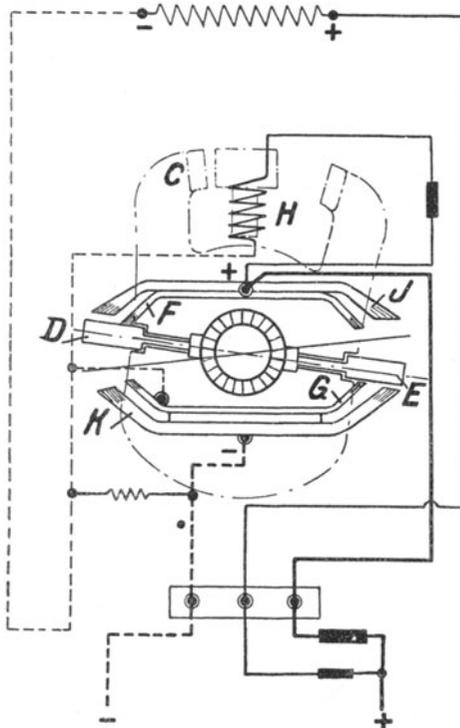


Abb. 94. Schaltung der Polwechsellvorrichtung von Stone.

Die Erregerbürste G ist von der Hauptbürste K isoliert. Wenn die Geschwindigkeit des Ankers abnimmt, hält die Wicklung H den Bürstenhalter so lange fest, bis mit abnehmender Spannung durch die Federung der Erregerbürsten die Berührung der Hauptbürsten mit D und E aufgehoben wird.

Wenn die Maschine die Drehrichtung ändert, nimmt die Reibung der Kohlenbürsten auf dem Kommutator den Bürstenhalter in die Drehrichtung mit und die Arme D und E stellen alsdann den Kontakt mit den gegenüberliegenden Bürsten her, so daß der Maschinenstrom stets in gleicher Richtung fließt, wie auch die Drehrichtung der Maschine ist. Der Schalter ist durch D.R.P. 261 649 geschützt.

Die Bauart Stone-Liliput wird sowohl mit zwei Batterien als auch mit einer Batterie geliefert. Abb. 95 gibt die Schaltung für die Ausführung mit zwei Batterien wieder. Das Einschalten der Maschine erfolgt durch einen Maschinenselbstschalter, der aus einem Elektromagneten mit einer Spannungswicklung und einer Stromwicklung besteht. Sobald die Kontakte geschlossen sind, ist durch den Kern gleichzeitig die Feder 23 in die Höhe gehoben und dadurch Widerstand in den Stromkreis der Batterie, welche die Beleuchtung speist, geschaltet worden.

Der Wechsel der Batterie erfolgt bei jedem Anfahren des Zuges durch den Pegoud-Wechselschalter. Dieser besteht aus einem Elektromagneten, dessen Wicklung mit der Maschine verbunden ist, so daß bei jedem Anfahren des Zuges, sobald die Maschine Spannung erhält, der

Kern in die Wicklung gezogen wird und hierbei eine Metallscheibe um 90° dreht. Diese Scheibe ist durch einen isolierenden Querstreifen in zwei halbkreisförmige Abschnitte geteilt, auf denen vier Bürsten für die Stromabnahme angeordnet sind. Der Strom tritt bei der Bürste 11 ein und fließt über Bürste 12 zur Batterie I, die zur Ladung geschaltet ist. Die Bürsten 15 und 16 sind mit Batterie II verbunden. Bei der nächsten Anfahrt des Zuges wird die Scheibe um 90° gedreht, und jetzt sind die Bürsten 11 und 16 mit Batterie II verbunden, die nunmehr geladen wird, und Bürsten 12 und 15 mit Batterie I.

Bei Fahrt ohne Beleuchtung sind beide Batterien parallel geschaltet. Vom +Pol der Maschine geht der Strom über 2—3—4—5—6 und 7. Bei 7 teilt er sich. Ein Teil geht über 8—9—10—11—12 zu 13, dem +Pol der Batterie I und der andere Teil über 14—15—16—17 zu 18, dem +Pol der batterie II. Von den —Polen der Batterien führt die Leitung direkt zum —Pol der Maschine. Wird die Beleuchtung eingeschaltet und die

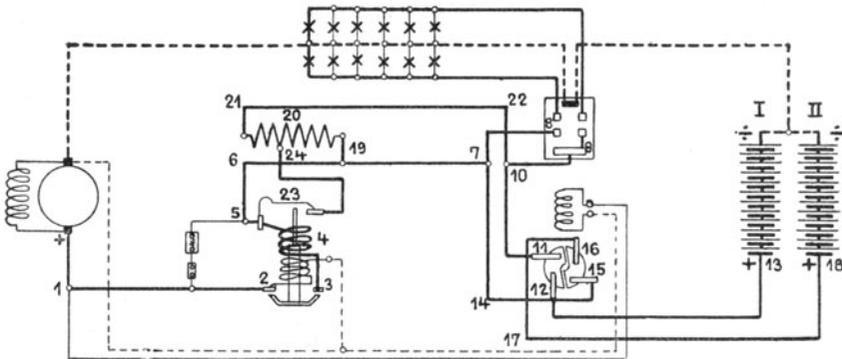


Abb. 95. Schaltbild der Bauart Stone-Lilliput mit zwei Batterien.

Batterie II geladen, so geht der Strom vom +Pol der Maschine über 6—7—14—15—16—17 zu 18, dem +Pol der Batterie II, und ferner vom +Pol der Maschine über 6—19—20—21—22—10, zum Teil über 9, dem Lampenumschalter, und zum Teil über 11—12 zu 13, dem +Pol der Batterie I; vom —Pol der Batterie führt die Leitung unmittelbar über das Lampennetz zum —Pol der Maschine.

Bei Stillstand des beleuchteten Wagens speisen die zwei Batterien die Lampen parallel und der Widerstand 21—24 ist in den Stromkreis der Batterie II, welche vorher in Ladung war, eingeschaltet.

Abb. 96 stellt die Schaltung mit einer Batterie dar. Der Maschinenselbstschalter, der Triplexschalter, hat drei Federn im oberen Teile, an Stelle einer einzigen, wodurch drei Widerstandseinheiten der Reihe nach vor die Lampen geschaltet werden können, Abb. 97. Er hat die gleiche Ausführung wie der Selbstschalter für die Bauart mit 2 Batterien. Wenn der Schalter die Maschine auf das Lichtleitungsnetz geschaltet hat, wird gleichzeitig eine Widerstandseinheit vor den Lampenstromkreis geschaltet. Mit zunehmender Spannung und Stromlieferung erfolgt das Zuschalten von zwei weiteren Widerstandseinheiten.

Sobald die Batterie geladen ist, wird durch einen elektromagnetischen Schalter, den Reduktor, ein passender Widerstand parallel zur Batterie

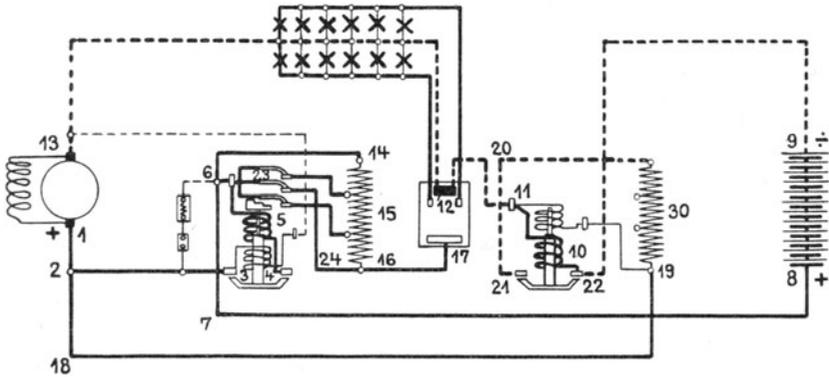


Abb. 96. Schaltbild der Bauart Stone-Liliput mit einer Batterie.

geschaltet, die infolgedessen nur noch einen schwachen Strom erhält und nicht überladen werden kann. Der Schalter besteht aus einem

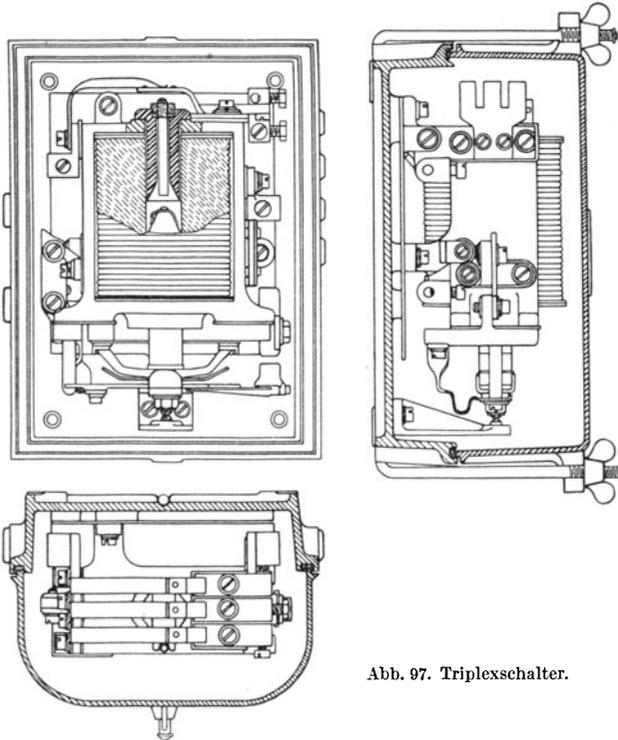


Abb. 97. Triplexschalter.

Elektromagneten, der mit einer Spannungs- und Stromspule versehen ist. Durch Anzug des Kernes werden die Kontakte geschlossen, die die Einschaltung des Widerstandes bewirken.

Wenn der Zug in Bewegung ist und die Lampen brennen, geht der Ladestrom von dem + Pol der Maschine über 2—3—4—5—6—7 zu 8, dem + Pol der Batterie und vom — Pol 9 über 10—11—12 nach 13, dem — Pol der Maschine. Der Beleuchtungsstrom von 1 über 2—3—4—5—6 dann 14—15—16, wenn die Kontakte des „Triplex-Schalters“ gehoben sind, über 17 zu den Lampen und darauf über 12 nach 13, dem — Pol der Maschine. Wenn der Reduktor geschaltet hat, befindet sich der Widerstand 30 parallel zur Batterie.

14. Bauart Mather & Platt.

Das Simplified Unit System wird von der Firma Mather & Platt, Manchester, hergestellt. Das Schaltbild gibt Abb. 98 wieder.

Die Rosenberg-Maschine hat außer der Erregerwicklung n noch eine den Hauptstrom führende Wicklung. Die Feldwicklung hat einen einstellbaren Vorschaltwiderstand v , den Output Adjuster. Er wird auf den Ladestrom der Batterie eingestellt.

Der Maschinenselbstschalter besteht aus einem Elektromagneten mit einer Spannungs- und einer Stromspule; erstere zieht bei genügender Erregung einen Anker an, wodurch die Stromverbindung der Maschine mit dem Netz hergestellt wird.

Die Stromwicklung der Maschine liegt an der — Bürste im Lampenstromkreis und ist so bemessen, daß jede höhere Stromstärke im Lampenstromkreis eine erhöhte Maschinenleistung ergibt. Der von der Maschine erzeugte Strom wächst oder nimmt ab, je nach der Zahl der Lampen, die zu-

oder abgeschaltet werden. Die Batterieladung erfolgt mit gleichbleibendem Strom. Der Ladestrom wird möglichst niedrig gehalten, so daß die Spannung bis zur Beendigung der Ladung niedrig bleibt und die Anwendung eines Lampenwiderstandes unnötig macht.

Die Bauart ist eingeführt bei der London Midland and Scottish, London and North Eastern, Southern Ry, ferner bei einer größeren Zahl Bahnen Ostindiens, Australiens u. a.

D. Stromregelnde Bauarten mit Spannungsbegrenzung.

15. Bauart Safety-Underframe.

Diese Bauart verwendet vierpolige Nebenschlußmaschinen mit Leistungen von 1—4 kW. Sie wird von der Safety Car Heating & Lighting Co. in New York hergestellt. Die Maschinenregelung erfolgt

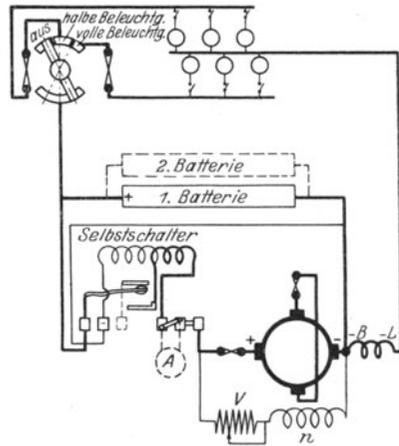


Abb. 98. Schaltbild der Bauart Mather & Platt.

zuerst auf gleichbleibenden Ladestrom und bis zu einer Spannung von 2,4 Volt, welche Spannung dann beibehalten wird.

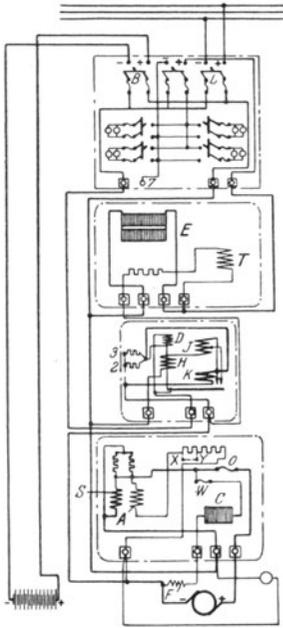


Abb. 99. Schaltbild der Bauart Safety-Underframe.

A, dessen Teil *x-y* bei Verwendung von Bleibatterien überbrückt wird. *O* ist die Hauptsicherung, *W* die Feldsicherung.

Als Regler wird der Kohlsäulenregler verwendet. Abb. 99 stellt das Schaltbild der Bauart dar. Abb. 100 gibt das Bild des Reglers. Die Kohlsäule *C* ist vor die Spannungswicklung *F* geschaltet. Der Druck auf die Säule wird durch Hebel bewirkt, die von den Eisenkernen des Strom- und Spannungsmagneten beeinflusst werden. Durch die Windungen *S* des Strommagneten geht der gesamte Maschinenstrom. Ändert sich die Stromstärke, so ändert sich der Druck auf die Kohlsäule und damit die Feldstärke der Maschine. Die Maschinenstromstärke wird dadurch wieder auf den eingestellten Wert zurückgebracht. Sobald die Spannung über den eingestellten Wert steigen will, wird gleichfalls der Druck auf die Säule durch die Wicklung des Spannungsmagneten einer Steigerung entgegenwirken. Die Spannung wird, wie bereits bemerkt, auf den Höchstwert von 2,4 Volt je Zelle oder 38,5 Volt bei einer 16-Zellen-Batterie eingestellt und auf derselben gehalten. Bei Anwendung von Edisonbatterien wird sie auf eine Spannung von 43 Volt bei 25 Zellen eingestellt. *Q* ist der Einstellwiderstand für die Wicklung

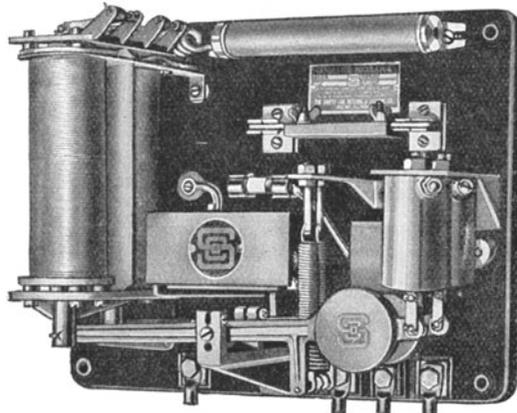


Abb. 100. Maschinenregler der Bauart Safety-Underframe.

Da die Maschine auf einer bestimmten Leistung durch die Stromwicklung des Reglers gehalten wird, ist vermieden, daß sie durch das

Lampennetz oder durch das Aufladen einer erschöpften Batterie überlastet werden kann. Jeder Regler kann für verschiedene Werte der Maschinenleistung ohne Änderung der regelnden Wicklung benutzt werden. Die Stromwicklung wird bemessen für die kleinste Maschinenleistung, für die der Regler gebaut wird; Nebenwiderstände zur regelnden Wicklung können für höhere Leistungen eingeschaltet werden. Es werden 3 Reglergrößen hergestellt, für 25, 50 und 75 Amp. Der 25 Ampereregler kann auch für 40 Amp., der 50 Ampereregler für 50, 75 und 100 Amp. und der 75 Ampereregler für 75, 100 und 125 Amp. verwendet werden.

Der Selbstschalter, Größe *S* 10, wird auf einer besonderen Schalttafel montiert und ist für alle Einrichtungen der gleiche. Der Schalter besteht aus einem Magnetkreis mit einem drehbar gelagerten Anker. Das Schaltbild ist in Abb. 101 wiedergegeben. 3 Spannungswicklungen und

1 Hauptstromwicklung sind vorgesehen. Die Wicklung *D* verbindet den — Pol der Maschine mit dem — Pol der Batterie. Der Zug derselben hält den Schalter in offener Stellung. Die Wicklung *J* und *H* sind hintereinander geschaltet. Wenn die Maschine Spannung gibt, so sucht die Wicklung *J* den Schalter zu schließen, wäh-

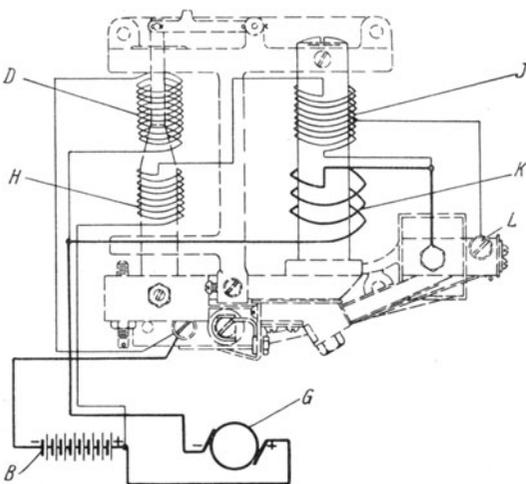


Abb. 101. Schaltbild des Maschinen-Selbstschalters der Bauart Safety-Underframe.

rend *H* dann an Stelle der Wicklung *D* tritt, die allmählich unwirksam wird, je mehr die Spannung der Maschine der Spannung der Batterie sich nähert. Der Schalter schließt sich, wenn die Maschinenspannung gleich der Batteriespannung geworden ist. Die Stromwicklung hält den geschlossenen Schalter fest in seiner Stellung. Von der Spule *J* führt eine Abzweigung nach dem Kontakt *L*. Die Schalterbürste überbrückt dann im geschlossenen Zustand einen Teil der Spule, so daß nur ein kleinerer Teil in Wirkung bleibt. Es genügt dann eine sehr geringe Entladung der Batterie, um den Schalter zu öffnen. Dadurch ist es möglich, auf Kohlenvorkontakte zu verzichten. In Anbetracht dessen, daß die Wirkung des Schalters von dem Gleichgewicht zwischen den Spannungswicklungen *D*, *H* und *J* abhängt, heben sich die Temperaturwirkungen der Spannungsspule gegenseitig auf. Besondere Vorschaltwiderstände, um die Erwärmung zu beseitigen, sind daher nicht erforderlich.

Der Lampenregler (Abb. 102) besteht aus einer, zwei oder drei Kohlen säulen *E*, die vor den Lampenstromkreis geschaltet sind. Der

Druck auf diese Säulen und damit ihr Widerstand wird durch einen Elektromagneten geregelt, dessen Wicklung T zwischen den Zuleitungen zum Lampennetz liegt. Der Druck wird durch eine verstellbare Feder, die mit einer Hebelvorrichtung verbunden ist, bewirkt. Der Federspannung wirkt der Elektromagnet entgegen. Der Anker bleibt in einer

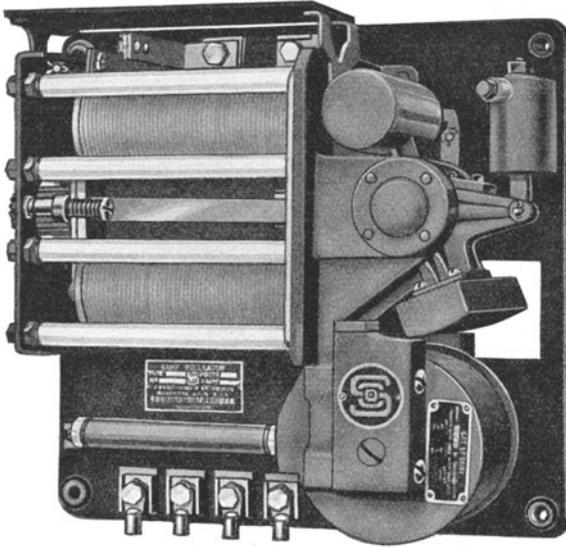


Abb. 102. Lampenregler der Bauart Safety-Underframe.

bestimmten Lage stehen, sobald die Lampenspannung die richtige ist. Steigt die Spannung, so wird der Magnet stärker erregt, der Druck auf die Säulen wird dadurch verringert. Ist die Spannung niedriger, so wird er weniger erregt und der Druck auf die Säulen wird erhöht.

Die Reglerwicklung T kann durch den Lichtschalter L oder durch den Selbstschalter eingeschaltet werden.

Im ersteren Falle liegt der Regler dauernd vor den Lampen, im zweiten Falle ist dies nicht der Fall. Die Lampen erhalten unmittelbar Batteriestrom, wenn der Wagen steht, und dieser ist immer etwas höher als normal kurz nach der Ladung.

Der Lampenregler wird in 3 Größen hergestellt, und zwar für 25, 50 und 75 Amp. Lampenbelastung.

Die Bauart ist bei dem weitaus größten Teil der Bahnen der Vereinigten Staaten von Amerika eingeführt.

E. Stromregelnde Bauarten mit Spannungsbegrenzung und Erniedrigung der Spannung nach Aufladung bis zur Schwebespannung.

16. Bauart GEZ.

Als Stromerzeuger dient die Rosenberg-Maschine, deren Beschreibung auf S. 98 wiedergegeben ist. Die Bauart wird in zwei Ausführungen geliefert, und zwar die ältere Bauart GEZ M 10 und die neuere Bauart GEZ M 25. Die Ausführung M 10, deren Schaltbild Abb. 103 und deren Apparatetafel Abb. 104 wiedergibt, hat einen einstellbaren Nebenschlußwiderstand, der eine Reihe von Eisendrahtwiderständen besitzt, die zu- oder abgeschaltet werden können. Die Widerstände erlauben das Anwachsen des Erregerstromes nur bis zu einem gewissen Grade und bren-

nen bei Überschreitung dieser Grenze ganz oder teilweise durch, so daß die Maschinenspannung verringert wird. Die Maschine wird ein für allemal für die vorliegenden Betriebsverhältnisse eingestellt.

Der Maschinenselbstschalter besteht aus einem Spulenkörper mit einer Strom- und einer Spannungswicklung und einem darin beweglichen Magnetkern, der auf der oberen Seite eine aus Kupferlamellen bestehende Kontaktbrücke und Kohlenvorkontakte trägt. Er schaltet die Maschine auf das Netz, sobald die Spannung derselben etwas über die der Batterie gestiegen ist. Sobald die Spannung eine bestimmte Höhe erreicht hat, tritt der Spannungsbegrenzer in Tätigkeit. Der Spannungsbegrenzer besteht aus einer Spule mit vielen Windungen dünnen Drahtes und einem darin beweglichen Magnetkern. Letzterer trägt an seinem unteren Ende zwei Kontaktstifte, welche in Quecksilbernäpfe tauchen und die im Erregerstromkreis liegenden Hilfswiderstände überbrücken. Durch das Hoch-

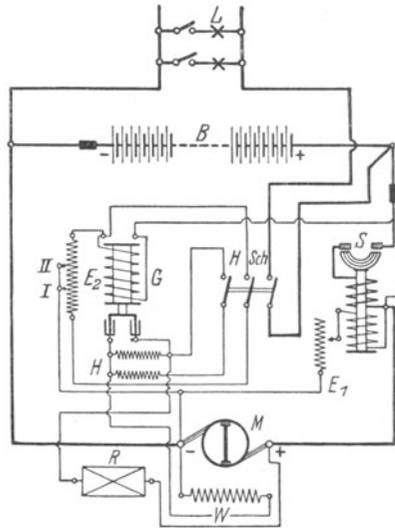


Abb. 103. Schaltbild der Bauart GEZ, Ausführung M 10.

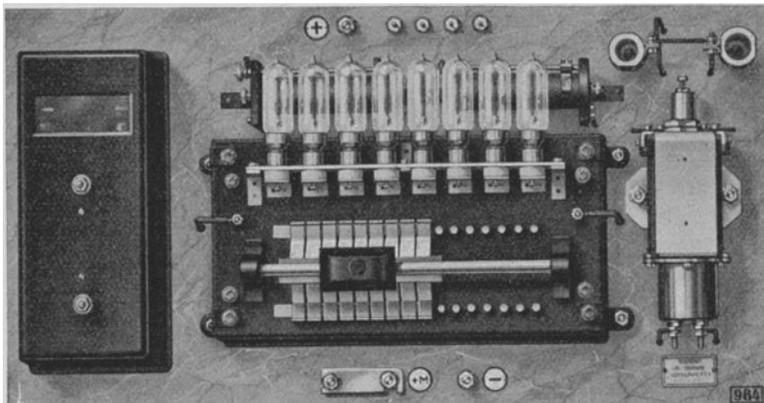


Abb. 104. Apparatetafel der Bauart GEZ, Ausführung M 10.

ziehen des Eisenkerns werden diese Kontakte aus dem Quecksilber gezogen und der Widerstand H wird eingeschaltet. Der Begrenzer hat einen Einstellwiderstand E_2 mit zwei Stellungen I und II. Je nachdem der dreipolige Hauptschalter eingeschaltet ist oder nicht, ist die Stellung I und II

im Stromkreis. Ist er eingeschaltet, brennen die Lampen und der Spannungsbegrenzer tritt bei 27,5 Volt, d. i. 2,3 Volt je Zelle bei einer Batterie von 12 Zellen in Tätigkeit. Die Maschinenleistung wird um einen bestimmten Betrag erniedrigt, bleibt aber immer noch größer als der vom Lampennetz geforderte Strom, so daß die Batterie mit geringerem Strom weiter geladen wird. Bei ausgeschaltetem Licht ist die 2. Stufe des Spannungsbegrenzers eingeschaltet, bei welcher die Maschinenspannung bis zu 30 Volt, d. i. 2,5 Volt je Zelle steigen kann, worauf alsdann eine wesentlich größere Schwächung des Stromes erfolgt und die Batterie nur noch mit 3—5 Amp. geladen wird. Das Schalten des Begrenzers bewirkt also nicht ein Aufhören der Ladung der Batterie, sondern ein Weiterladen mit so geschwächtem Ladestrom, daß es für die Batterie vollständig unschädlich ist.

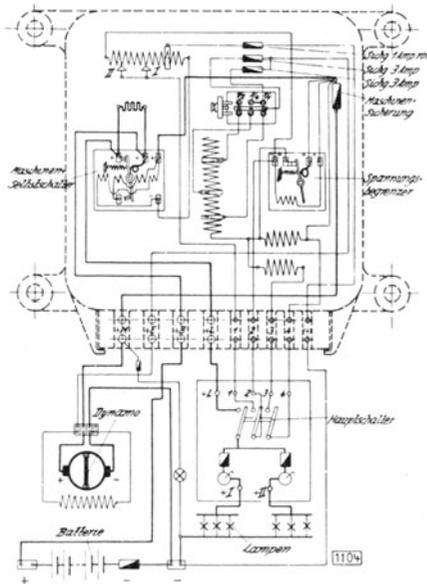


Abb. 105. Schaltbild der Bauart GEZ, Ausführung M 25.

Kohlevorkontakt aufgeschraubt. Diesem gegenüber sitzt der Kurzschlußkontakt, welcher den vor dem Lampennetz liegenden Widerstand bei Stillstand der Maschine kurzschließt, dagegen bei arbeitender Maschine freigibt, so daß im letzteren Falle die an den Lampen herrschende Spannung um rund 1,5 Volt gedrückt wird. Diese Spannungsverminderung ist ungefähr so groß, wie die von der Batterie angenommene Spannungserhöhung beim Übergang von Entladung auf Ladung, so daß die Spannungsänderung an den Lampen unbedeutend ist.

Der Spannungsbegrenzer M 25, auf Abb. 106 rechts unten, unterscheidet sich von dem Begrenzer M 10 nur darin, daß die Überbrückung der Hilfswiderstände durch Metallkontakte mit Kohlevorkontakten erfolgt.

Um zu verhindern, daß bei Abschalten der Batterie, etwa bei Bruch einer Verbindung, die Maschine Schaden leidet, dadurch, daß die Spannung stark ansteigt, sind die im Schaltbild rechts oben gezeichneten 3 Sicherungen vorgesehen. In der Minusleitung der Betätigungsspulen

des Maschinenselbstschalters bzw. Spannungsbegrenzers liegt eine Sicherung 1 Amp., im Erregerstromkreis der Maschine dagegen zwei Sicherungen 3 Amp., von denen bei der Einstellung des Erregerstromes auf halbe Maschinenleistung eine Sicherung eingeschaltet und bei Stellung auf $\frac{3}{4}$ und $\frac{1}{1}$ der Maschinenleistung die zweite Sicherung dieser ersteren parallel geschaltet ist.

Sobald der Batteriestromkreis unterbrochen wird, steigt die Spannung der Rosenberg-Maschine schnell an. Dadurch wird der Spannungs-

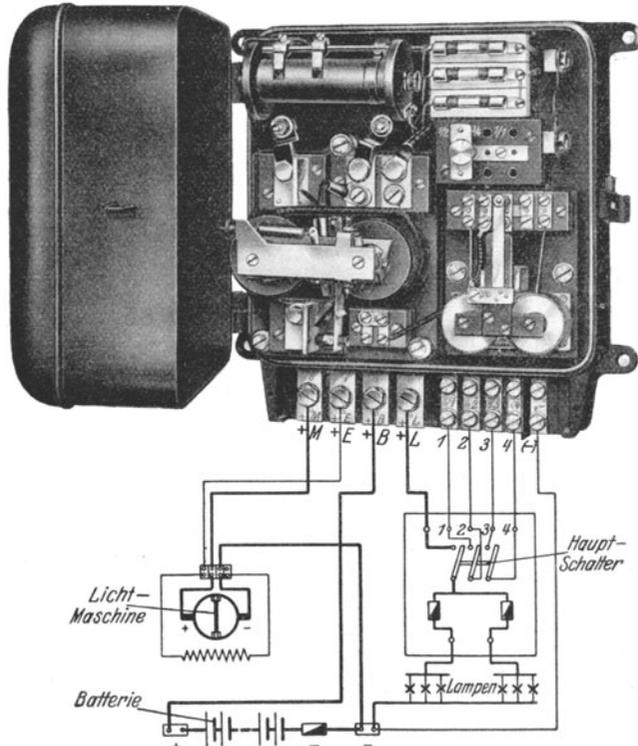


Abb. 106. Apparateschrank der Bauart GEZ, Ausführung M 25.

begrenzer ausgelöst und (bei Tagfahrt) der Erregerstrom der Maschine auf einen Wert von 0,3—0,5 Amp. abgedrosselt. Dieser geringe Erregerstrom reicht jedoch vollkommen aus, um die Rosenberg-Maschine bei unterbrochener Batterieleitung auf die doppelte bis dreifache Nennspannung zu bringen. Dadurch erhalten die Spannungsspulen bei beiden Apparaten einen starken Strom, so daß die 1 Amp.-Sicherung durchbrennt, die beiden Apparate spannungslos werden und ihre Anker in die Ruhestellung zurückgehen. Infolge des Kontaktschlusses am Spannungsbegrenzer erhält die Magnetwicklung der Dynamomaschine den vollen Erregerstrom, wodurch die Maschinenleistung noch höher ansteigt und nunmehr die Erregerstromsicherung (3 Amp.) zum Durchschmelzen

bringt. Nach diesem Vorgang läuft die Rosenberg-Maschine ohne Erregung. Sie nimmt lediglich eine etwas höhere als ihre Nennspannung an, so daß ein Durchbrennen des Ankers nicht eintreten kann. Auch die Spannungsspulen der Apparate sind stromlos und außer Gefahr.

Die verwendeten Glasrohrsicherungen brennen bei der Stromstärke, mit der sie bezeichnet sind, durch; sie dürfen dauernd nur mit etwa der halben Stromstärke belastet werden. So beträgt der Betätigungsstrom der beiden Apparate 0,5 Amp., der Erregerstrom bei Stöpselung auf $\frac{1}{2}$ Maschinenleistung etwa 1,5 Amp., bei Stöpselung auf $\frac{3}{4}$ bzw. Volleistung etwa 2,5–3 Amp. Das Durchgehen der Sicherungen erfolgt nahezu gleichzeitig.

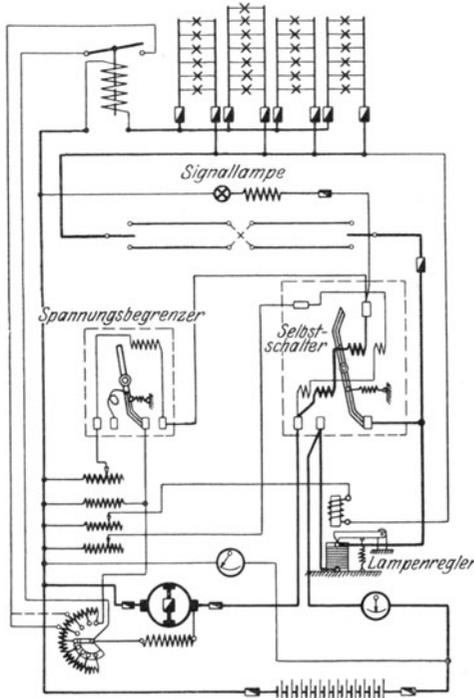


Abb. 107. Schaltung der Dänischen Staatsbahn für die Bauart GEZ.

Die Dänische Staatsbahn verwendet zum Schutze der Maschine eine Sicherung zwischen den Kurzschlußbürsten. Das Schaltbild der Dänischen Staatsbahn ist in Abb. 107 wiedergegeben. Bei dieser ist ein Lampenregler und zwar der Kohleregler Bauart Pintsch vorgesehen. Die 4 Lampenstromkreise können sowohl im Wageninnern als an beiden Außenseiten eingeschaltet werden. Ein kleiner elektromagnetischer Schalter schaltet Widerstand in die Erregerwicklung der

Maschine aus und ein, je nach der Zahl der eingeschalteten Stromkreise. Die Leistung der Maschine wird erhöht, wenn alle Lampen brennen, um eine sichere Aufladung der Batterie auch im Vorortbetrieb bei kurzen Fahrzeiten und vielen Haltestellen zu erreichen, und für Wagen, die nur in der Lichtzeit verkehren.

17. Bauarten Brown, Boveri & Cie.

Die Firma Brown, Boveri & Cie., Baden, Schweiz, hat die im Jahre 1902 zuerst ausgeführte Anordnung von Hermann Kull, Oberingenieur der Schweizer Zentralbahn, zur Herstellung übernommen. Mit dieser Bauart wurde anfänglich eine größere Reihe von Wagen der Schweizer Bundesbahnen ausgerüstet. Später wurde die Bauart durchgreifend geändert. Die geänderte Anordnung, die auch als Bauart Aichele bekannt

ist, hat im Jahre 1908 eine weitere Abänderung in der Bauart Güttinger erfahren.

Eine verbesserte Ausführung der letzteren wird als Bauart Brown-Boveri mit „B“-Regler bezeichnet. Weitere Ausführungsarten sind die Bauart Brown-Boveri mit „M“-Regler und die mit G1 und GA1-Regler.

Die Maschine ist bei allen Bauarten vierpolig. Die Bürstenbrücke ist auf einem Kugelring drehbar gelagert, so daß die Kohlenbürsten beim Vor- und Rückwärtslaufen durch Verbindung auf dem Stromwender mitgenommen und in eine solche Lage gebracht werden, daß die Polarität in beiden Fahrtrichtungen gleichbleibt.

Die erste der in größerem Umfange für die Schweizer Bundesbahnen gelieferten Bauarten ist die Bauart Aichele. Der Regler derselben besteht aus einer Reihe von Kontakten, die kreisförmig angeordnet und mit Nebenschluß-Widerstandsspulen zur Regelung der Maschinenspannung verbunden sind. Die Beeinflussung des Reglers erfolgt durch 3 Spulen eines Elektromagneten. Eine Spule wird vom Maschinenstrom durchflossen, eine zweite liegt an der Spannung der Batterie. Diese beiden sind in Betrieb, wenn keine Lampen brennen. Durch die dritte fließt der Beleuchtungsstrom; diese tritt beim Einschalten der Lampen an Stelle der zweiten Spule. Wenn keine Lampen eingeschaltet sind, wird eine Regelung auf gleichbleibenden Ladestrom erzielt und bei eingeschalteten Lampen wird der Ladestrom entsprechend dem Lampenstrom geregelt; beide stehen in einem bestimmten Verhältnis. Ist die Batterie geladen, so wird durch einen elektromagnetischen Schalter Widerstand vor die Erregerwicklung geschaltet und bewirkt, daß kein Ladestrom mehr in die Batterie geht.

Die Bauart Aichele wurde abgelöst durch die Bauart Güttinger, bei der ein Wälzregler in Verwendung kam. Die Schaltung ist so getroffen, daß die Ladung mit zunehmender Spannung und abnehmendem Strom erfolgt. Die weitere Entwicklung der Bauart führt durch entsprechende Abänderungen zur Bauart Brown-Boveri Ausführung „B“ mit verbesserter Ladecharakteristik.

a) Bauart BBC mit B-Regler. Das Schaltbild der Anordnung ist in Abb. 108, der Regler in Abb. 109 dargestellt. Der Maschinen-selbstschalter ist mit *C* bezeichnet. Die selbsttätige Einschaltung der Widerstandsstufen für die Erregerwicklung der Maschine geschieht durch den Wälzregler, indem ein Kontaktsektor „A“ über eine Anzahl den einzelnen Widerstandsstufen *G* entsprechender Kontakte sich abwälzt. Sobald nach dem Anfahren des Zuges die Maschine einen Wert erreicht hat, der etwas über der Ruhespannung der Batterie liegt, wird der Sektor *A* um eine Kontaktstufe vorwärts bewegt, so daß die Wicklung der Solenoidspule *P* Strom erhält, die ihren Anker anzieht und die Maschine parallel zur Batterie schaltet. Bei Steigerung der Geschwindigkeit werden durch den Sektor so viele Widerstände vor die Erregerwicklung geschaltet, daß ein weiteres Anwachsen der Spannung verhindert wird. Der Sektor wird bewegt durch eine Spule *O*, welche im Magnetfelde des Reglers drehbar gelagert ist. Dieses Feld wird erzeugt von einer im Nebenschluß zur Maschine liegenden Wicklung *I*, ferner einer Haupt-

stromwicklung II, die den Maschinenstrom führt. Das durch die vereinigte Wirkung der Wicklungen I und II erzeugte Magnetfeld übt auf die Spule O ein Drehmoment aus, welchem eine Feder F entgegenwirkt.

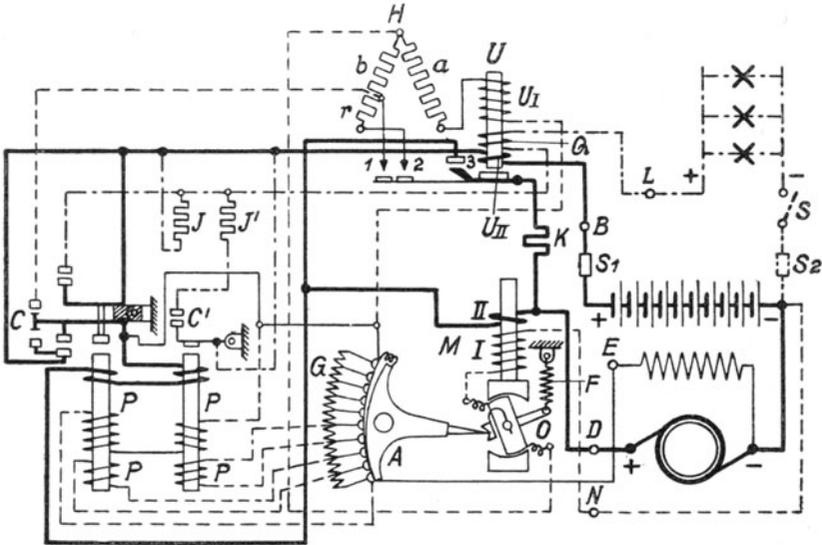


Abb. 108. Schaltbild der Bauart BBC mit B-Regler.

Wenn die Lampen nicht eingeschaltet sind, wird die Batterie geladen und der Regler schaltet jeweils soviel Widerstand in den Erregerstromkreis, daß der Ladestrom

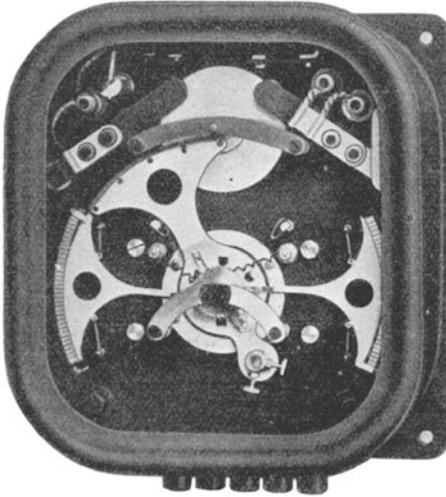


Abb. 109. B-Regler der Bauart BBC.

die Höchstgrenze nicht überschreitet. Die mit fortschreitender Ladung wachsende Gegenspannung der Batterie hat zur Folge, daß der Ladestrom sinkt und die Spannung entsprechend steigt. Hat diese letztere etwa 2,5 bis 2,6 Volt je Zelle erreicht, so ist die Ladung beendet und der elektromagnetische Schalter U zieht seinen Anker an und schaltet den Kontakt 1 ein; die Kontakte 2 und 3 bleiben noch offen. Dadurch werden die Widerstandsteile a und b des Widerstandes H parallel geschaltet. Der Reglungs-

strom wächst und die Kontaktsektoren schalten einen gewissen Widerstand in den Erregerstromkreis, der die Maschinenspannung so weit

sinken läßt, daß weder Strom in die Batterie hineingeladen noch aus ihr herausgenommen werden kann.

Der Schalter U hat 3 Wicklungen, die Nebenschlußwicklung U_1 , die den Lichtstrom führende Wicklung Q und die den Batteriestrom führende U_{II} . Sobald der Lichtschalter S geschlossen wird, zieht der Schalter U den Anker an und schließt die Kontakte 2 und 3, während Kontakt 1 offen bleibt. Dadurch werden die Teile b und r des Widerstandes H parallel zum Widerstand a geschaltet. Sobald der Zug anfährt, wird zunächst die Maschine auf das Netz durch den Schalter C geschaltet, und die Maschine übernimmt die Stromlieferung für die Lampen. Der Strom fließt von der Maschine durch den Widerstand J , von da durch die Schalterspule Q zu den Lampen. Der Maschinenstrom steigt dabei so weit, daß der volle Ladestrom in die Batterie geht. Die Klemmspannung der Maschine wird infolge der Parallelschaltung des Widerstandes H auch bei eingeschaltetem Lichtstrom nicht höher als etwa 2,35 Volt je Zelle anwachsen können.

Wird der Lichtstrom vermindert, so steigt die Ladespannung an der Maschine, wird er aber auf seinen normalen Wert gehalten, so geht die Maschinenspannung zurück.

b) Bauart BBC mit M-Regler, auch Regler E 16/0 genannt. Diese Bauart wird seit 1922 geliefert. Die Abb. 110 stellt die Schaltung der Bauart mit diesem Regler, Abb. 111 den Apparateschrank dar. Der Regler besteht aus einer Reihe von Kontaktlamellen, die mit Widerstandsspulen verbunden sind. Diese Lamellen werden durch ein elastisches Kontaktband kurzgeschlossen. Der Druck auf das Kontaktband erfolgt durch eine Feder, die dem Elektromagneten M beim Stromdurchgange entgegenwirkt. Ist die Beleuchtung eingeschaltet und steht der Wagen, so schließt das Kontaktband alle Kontaktlamellen kurz. Der Schalter A ist ausgeschaltet und die Nebenschlußwicklung ist über den Regler mit der Klemme D verbunden. Nach Anfahren des Zuges erfolgt bei einer Zuggeschwindigkeit von etwa 20 km das Schalten der Maschine auf das Netz, bei einer Spannung, die rund 10% über der Batterieruhe-spannung steht. Dieses Schalten erfolgt durch den Maschinenselbstschalter unter der Einwirkung der Spannungsspule I des Schalters P . Sobald geschaltet ist, wird der Stromkreis der Spule P I unterbrochen und die Spule P II tritt an ihre Stelle, durch welche der Maschinenstrom fließt. Der Ladestrom geht von der Maschine durch die Spule P II, M II, S I und U II in die Batterie. Gleichzeitig fließt auch durch die Reglerspule M I, Widerstandshälfte H und Hilfsschalterspule U I ein gewisser Strom. Die beiden Spulen M I und M II unterstützen sich in ihrer Wirkung. Der Eisenkern des Solenoids M steht unter der Wirkung der Feder F . Die Spulen M I und M II erzeugen eine dieser entgegenwirkende Kraft. Im Ruhezustand überbrückt das auf dem Eisenkern befestigte Kontaktband alle Stufenwiderstände. Hat nun die Maschine mit zunehmender Geschwindigkeit die erforderliche Spannung erreicht, dann wird durch den Eisenkern das Kontaktband gehoben und die erste Widerstandsstufe in den Erregerstromkreis geschaltet. Dies hat ein Sinken der Spannung und eine Schwächung der Zugkraft des Eisenkerns

M zur Folge. Die Federkraft überwiegt und dadurch wird so viel Widerstand ausgeschaltet, daß Gleichgewicht zwischen der elektromagnetischen Kraft und der Federkraft wieder hergestellt ist. Bei weiterem Steigen der Geschwindigkeit steigt auch die Maschinen-

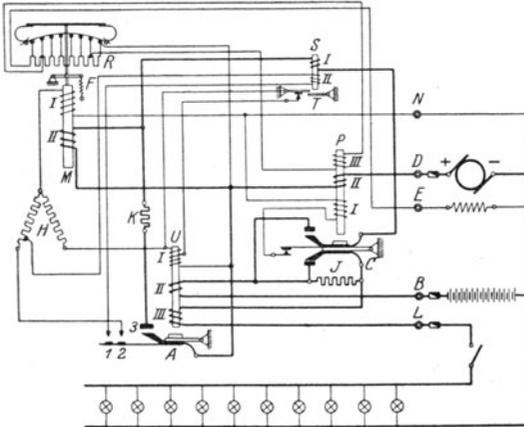


Abb. 110. Schaltbild der Bauart BBC mit M-Regler.

spannung an und es wird mehr Widerstand vorgeschaltet. Mit zunehmender Batterieladung nimmt die Gegenspannung der Batterie zu, wodurch ein allmähliches Sinken des Ladestromes bei steigender Spannung eintritt. Wenn die Ladespannung auf etwa 2,5 Volt je Element angestiegen ist, betätigt der Schalter *U* infolge der Wirkung der Spulen *U I* und *U II* den Schalter *A* und schließt den Kontakt 1, die Kontakte 2 und 3 bleiben noch offen. Hierdurch wird ein Teil der zweiten Hälfte des Widerstandes *H* zur ersten Hälfte parallel geschaltet. Die Zugkraft des Eisenkerns *M* wird verstärkt und es wird so viel Widerstand in den Nebenschlußkreis eingeschaltet, daß die Dynamospannung auf die Batterieruhe-spannung sinkt und kein Strom mehr in die Batterie fließt.

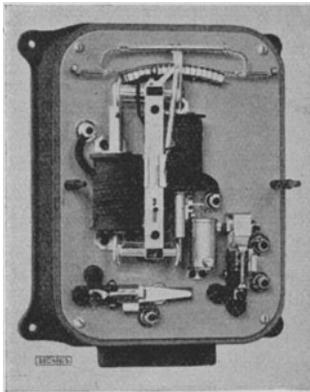


Abb. 111. Apparateschrank der Bauart BBC mit M-Regler.

Werden nun die Lampen eingeschaltet während der Zeit, in der der Schalter *A* den Kontakt 1 geschlossen hält, so wird infolge der vom Lampenstrom durchflossenen Spule *U III* der Schalter *A* kräftiger angezogen, die Kontakte 2 und 3 werden geschlossen, wohingegen der Kontakt 1 infolge der Durchbiegung der Kontaktfeder sich wieder öffnet. Dadurch erhöht sich die Maschinen-spannung um 10% und die Maschine wird zur größeren Stromabgabe veranlaßt.

Sobald die Kontakte 2 und 3 bei eingeschaltetem Lichtstrom geschlossen sind, wird die zweite Hälfte des Widerstandes *H* parallel zur ersten Hälfte geschaltet und die Solenoidspule *M II* mit dem Widerstand *K* in Nebenschluß geschaltet.

Erfolgt bei eingeschalteten Lampen und bei Anfahren des Zuges die Schaltung der Maschine auf das Lichtnetz, so zieht unter dem Ein-

flusse der Spule U III der Magnet U seinen Anker an und schließt gleichzeitig die Kontakte 2 und 3 von A . Es fließt dann infolge des jetzt veränderten Widerstandes ein größerer Strom durch die Solenoidspule M I. Die Kraftwirkung des Eisenkerns M ist stärker geworden und überwindet die Federzugkraft, wodurch soviel Widerstand in den Nebenschlußkreis eingeschaltet wird, daß die Maschinenspannung bei volleingeschaltetem Lampenstrom höchstens noch bis auf 2,3 Volt je Zelle ansteigen kann. Diese Spannung wird bei gleichbleibendem Lichtstrom auf gleicher Höhe gehalten. Die Maschine gibt außer dem Lampenstrom noch einen gewissen Ladestrom ab. Wird der Lampenstrom vermindert, so steigt die Maschinenspannung etwas an, so daß die Batterieladung mit stärkerem Strom erfolgt. Während der Fahrt bleibt der Widerstand J in dem Lichtstrom eingeschaltet, so daß bei vollem Lampenstrom die vorgeschriebene Lampenspannung erreicht ist. Bei Verminderung des Lampenstromes steigt die Spannung etwas an, doch ist diese Steigerung praktisch belanglos.

Der Hilfsschalter S mit dem Schalter T stellt den sogenannten Entsulfatierungsschalter dar, der auf Wunsch in den Regler eingebaut wird. Er hat den Zweck, das Aufladen von leicht sulfatierten Batterien zu ermöglichen, ohne daß man die Batterie aus dem Wagen nimmt und auf ortsfesten Anlagen nachladet. Im normalen Betrieb wird der Kontakt T durch die Wirkung der Spule S nach jedem Anfahren geöffnet. Ist aber eine sulfatierte Batterie vorhanden, dann genügt der sich einstellende kleine Ladestrom, der durch die Solenoidspule S I fließt, nicht mehr, um den Schalter T zu betätigen. Der Kontakt bleibt eingeschaltet, wodurch ein Teil der Wicklung U kurzgeschlossen wird. Die Widerstandsverhältnisse sind so berechnet, daß das Ladespannungsrelais nicht ansprechen kann, solange der Schalter T geschlossen bleibt. Die Dynamospannung wird somit über das normale Maß ansteigen können. Es stellt sich zunächst ein noch kleiner Ladestrom ein, der mit dem Abnehmen der Sulfatierung langsam zunimmt. Sobald der Ladestrom die normale Stärke wieder erreicht hat, tritt das Relais S in Tätigkeit. Der Schalter T öffnet die Kontakte und die normalen Arbeitsbedingungen sind wieder hergestellt.

c) Bauart BBC mit G 1-Regler. Diese Bauart stellt die neueste Ausführungsart dar. Der Wälzregler wird durch eine Drehspule gesteuert, die unter dem Einfluß eines Elektromagneten M mit 2 Spulen, der Spannungsspule I und der Stromspule II steht, siehe Abb. 112. Sobald sich der Zug in Bewegung setzt, fließt ein Strom durch die Spule M I, den Drehanker Z und den Widerstand H 2. Das in Z erzeugte Drehmoment überwindet die Federkraft F und der Kontaktsektor schaltet durch eine Drehbewegung einige Widerstandsspulen vor den Nebenschlußkreis der Maschine, wodurch die Spule P I eingeschaltet wird, die den Selbstschalter C schließt. Nun fließt ein Strom durch die Spulen P III und M II in die Batterie. Der Sektor bewegt sich wieder in seine Anfangsstellung und verharrt darin solange, bis durch weitere Zunahme der Zuggeschwindigkeit das Drehmoment des Z -Ankers genügend verstärkt worden ist, um der Federkraft F das Gleichgewicht

zu halten. Auf diesen Gleichgewichtszustand regelt der Apparat durch Zu- und Abschaltung von Widerstand bei Geschwindigkeitsänderung, so daß auch bei dieser Anordnung Maschinenspannung und Ladestrom unabhängig von der Zuggeschwindigkeit ist.

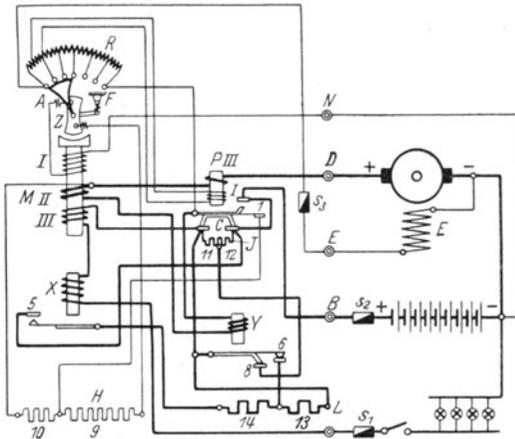


Abb. 112. Schaltbild der Bauart BBC mit G 1-Regler.

Mit zunehmender Ladung steigt die Gegenspannung der Batterie und der Maschine allmählich an und der Ladestrom geht zurück. Die Amperewindungen der Spule *M I* sind im Zunehmen, die der Spule *M II*, die erstere unterstützt, im Abnehmen.

Am Ende der Ladung ist der Ladestrom auf die Hälfte des Anfangswertes gesunken und die Spannung auf 2,55 Volt je Zelle gestiegen. Nun zieht der Magnet *U* seinen Anker an und schaltet den Widerstand *H 3* parallel zu *H 2*. Dadurch steigt der Strom in Spule *M I* an, das Drehmoment wird stärker und der *Z*-Anker dreht sich so, daß Widerstand vor die Erregerwicklung der Maschine geschaltet wird und deren Spannung auf die Ruhespannung der Batterie sinkt.

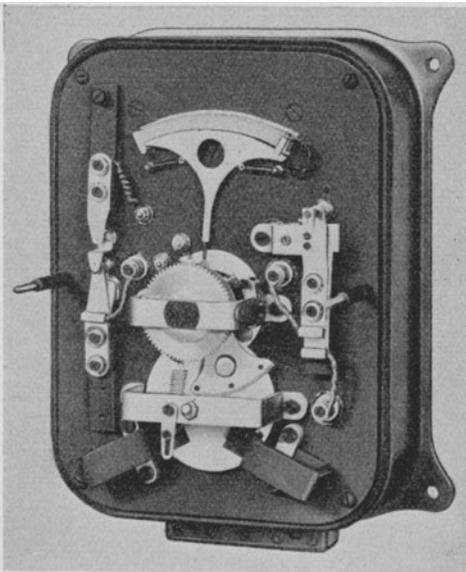


Abb. 113. Apparateschrank der Bauart BBC mit G 1-Regler.

Ist das Lampennetz eingeschaltet und steht der Wagen, so fließt der Strom von der Batterie durch die Wicklung des Magneten *Q* zu den Lampen. *Q* hält die Kontakte 6 und 8 geschlossen, solange die Lampen eingeschaltet sind. Sobald die Maschine auf das Lampennetz geschaltet ist, liegt der Widerstand *J* vor den Lampen. Der Regler stellt auf eine Maschinenspannung von 2,25 Volt je Zelle ein und zwar durch Schließung des Kontaktes 6, wodurch die Widerstände

netz geschaltet ist, liegt der Widerstand *J* vor den Lampen. Der Regler stellt auf eine Maschinenspannung von 2,25 Volt je Zelle ein und zwar durch Schließung des Kontaktes 6, wodurch die Widerstände

H 4 und 3 parallel zu H 2 geschaltet werden. Abb. 113 gibt die Schalttafel wieder.

Für den Betrieb mit alkalischen Eisen-Nickel-Batterien wird der Regler GA 1 benutzt. Ein im Regler eingebauter besonderer Schalter dient dazu, einen mehrstufigen Widerstand nach Bedürfnis in den Lampenstrom selbsttätig ein- und auszuschalten. — Ein Ladespannungsschalter, wie bei Betrieb mit Bleibatterien, fällt weg, da die Zellenspannung für die Beurteilung des Ladezustandes der Batterie kein sicheres Merkmal ist. Abb. 114 gibt das Schaltbild wieder.

Beim Anfahren fließt ein Strom durch die Spule M I, Drehanker Z und Widerstand H 9 und schaltet Widerstandsspulen in den Nebenschluß der Maschine. Die Spule P schließt alsdann den Selbstschalter C und der Widerstand H 10 wird zu H 9 hinzugeschaltet. Hält das Drehmoment von Z der Federkraft F das Gleichgewicht, so fließt ein dem vorgeschriebenen Ladestrom entsprechender Strom durch P III, M II und Y in die Batterie. Mit fortschreitender Ladung geht der Ladestrom allmählich zurück und beträgt am Ende der Ladung noch etwa 12—15% des Anfangsstromes, bis der Wagen stillsteht.

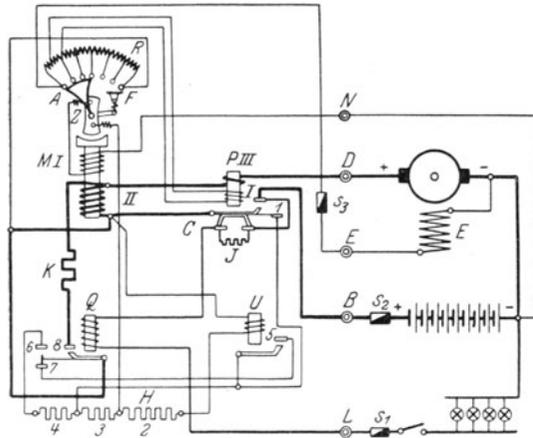


Abb. 114. Schaltbild der Bauart BBC mit GA 1-Regler.

Bei eingeschalteten Lampen fließt ein Strom durch die Spulen P III, M II und Y in die Batterie und ein anderer durch M III und X in das Lichtnetz. Der Schalter hat seinen Anker angezogen. Um eine Spannungserniedrigung durch den stärkeren Strom, der durch die Spule M II geht, zu verhindern, ist die Spule M III angeordnet, die der ersteren entgegenwirkt. Es herrscht dann die gleiche Maschinenspannung vor, wie bei ausgeschalteten Lampen und die Batterie wird sicher aufgeladen. Bei angehendem Zuge steigt der Maschinenstrom in Abhängigkeit der Geschwindigkeit ziemlich rasch bis zu einem Höchstwert an. Der Lampenstrom fließt durch die parallel geschalteten Widerstände 12 und 13, dann durch die Spule III und die Schalterspule X in das Lichtnetz. Hat der Strom 50% des Normalwertes erreicht, zieht der Elektromagnet Y seinen Anker an, die Kontakte 6 und 8 werden geöffnet und die Teilwiderstände 11 und 14 zu den bereits vorgeschalteten Widerständen 12 und 13 parallel geschaltet, so daß durch diesen mehrstufigen Widerstand jede Überspannung von den Lampen ferngehalten wird. Wird durch Abschalten von Lampen der Lichtstrom auf den halben Wert des Normal-

stromes erniedrigt, dann läßt der Schalter X seinen Anker los und der Kontakt 5 wird geöffnet, so daß die Widerstände 11 und 12 wieder in Reihe geschaltet sind.

18. Bauart Simplex.

Sie wurde früher von der Gould-Coupler Company, Depew, als Gould-Simplex-Bauart hergestellt. Gegenwärtig wird dieselbe von der Simplex Equipment Company, New York geliefert. Die Maschinen sind vierpolige Nebenschlußmaschinen.

Der Polwechsler besteht aus einem doppelten zweipoligen Selbstschalter mit Messerkontakten, der unterhalb des Maschinenwellenendes auf der Stromwenderseite im vorderen Gehäuse untergebracht ist. Je zwei Messer sind in einem stumpfen Winkel aneinandergedüßt und an dem Scheitel des Winkels drehbar gelagert. Durch einen Nocken an der Welle wird je nach der Drehrichtung das eine oder das andere Messer in die Kontaktfedern gedrückt und der Schalter geschlossen.

Das Schaltbild dieser Bauart ist in Abb. 115 dargestellt. Der Maschinenselbstschalter C , welcher sich in der Mitte der unteren Tafel befindet, besitzt eine dünne Spannungs- und eine dicke Stromwicklung; er hat Kohlenvorkontakte. Der Maschinenregler besteht aus einem Kohlen säulenwiderstand K , der durch zwei Elektromagnete beeinflußt wird. Der die Spannung regelnde Elektromagnet E_1 mit einer Wicklung dünnen Drahtes wirkt durch einen Hebel auf das linke Ende der Kohlen säule. Vor der Wicklung ist ein Widerstand geschaltet, durch welchen ihre Erwärmung verhindert wird (in der Abbildung rechts neben dem Selbstschalter). Auf der Spannungsspule sind einige Windungen von starkem Kupferband, die ihr entgegenwirken. Sie dienen dazu, am Ende der Ladung ein schnelles Sinken der Stromstärke zu erreichen. Der stromregelnde Elektromagnet E_2 besitzt eine Wicklung von starkem Draht, durch die entweder der Batteriestrom oder der gesamte Maschinenstrom fließt, je nachdem, ob man den Maschinenstrom oder den Batteriestrom regeln will. E_2 wirkt durch einen Hebel auf das rechte Ende der Kohlen säule. Unterhalb des Selbstschalters befindet sich ein Widerstand w , der bei ausgeschalteter Maschine einen schwachen Erregerstrom durch die Feldwicklung läßt. Darunter ist die Hauptsicherung angeordnet. Der Strom wird durch die Wirkung von E_2 stets in gleicher Stärke gehalten. Wenn die Spannung einen der Vollladung der Batterie entsprechenden Wert erreicht hat, tritt der Elektromagnet E_1 in Wirkung, da jetzt dessen Spule stark genug geworden ist, den Kern des Elektromagneten anzu ziehen. Der Druck auf die Kohlen säule wird dadurch verringert und die Spannung sinkt. Infolgedessen nimmt der Strom ab, die Spule von E_2 kann ihren Kern nicht mehr halten und E_1 wirkt jetzt allein auf die Kohlen säule. Wäre die starke Wicklung von E_1 nicht vorhanden, würde die Spannung auf der Höhe der Ladespannung gehalten werden. Die Wicklung bewirkt aber, da sie der Spannungsspule entgegenwirkt, daß die Spannung der Batterie auf die Schwebespannung sinkt.

Der Strom zu den Lampen führt durch den Lampenregler. Er besteht aus zwei Kohlen säulen U , die von einem Elektromagneten durch Hebel-

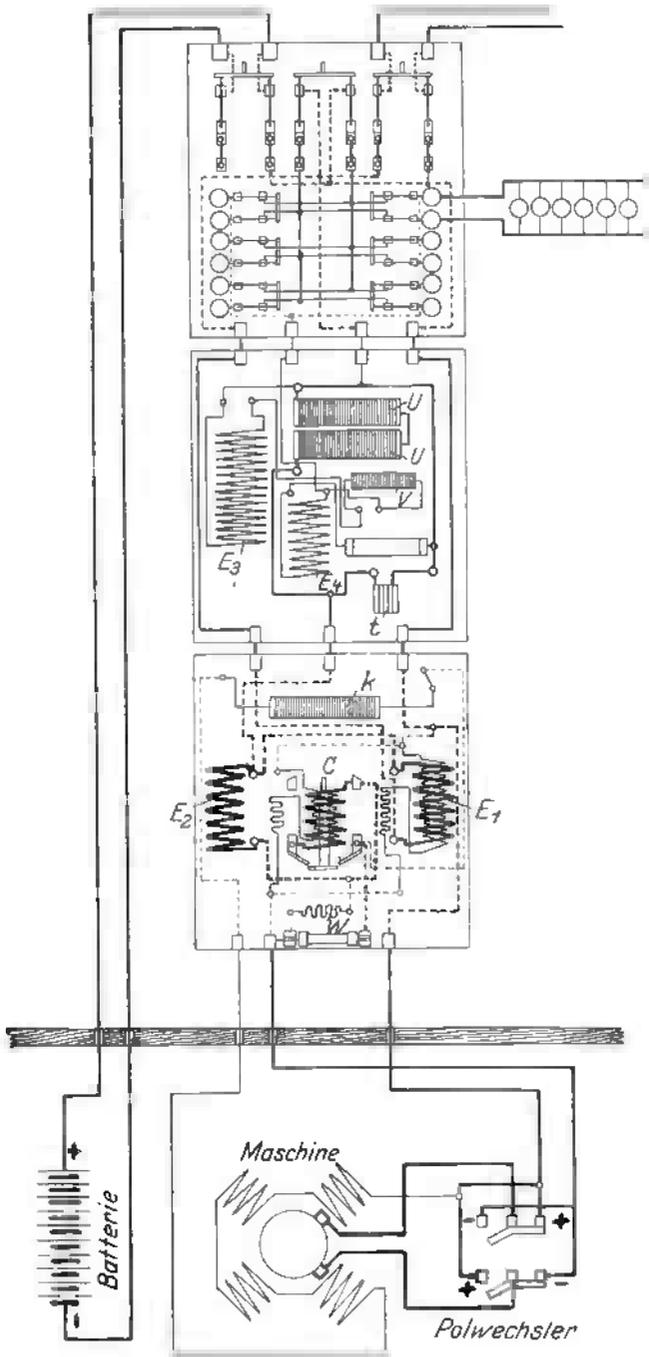


Abb. 115. Schaltbild der Bauart Simplex.

übertragung unter Druck gehalten werden. Sie können in Reihe oder parallel geschaltet werden, je nach der Belastung. Eine weitere kleine Kohlensäule t sowie der Multiplier, d. i. eine Kohlensäule V , beeinflusst von einem Elektromagneten E_4 , befinden sich ebenfalls auf der Schalttafel. Die Wicklung des Hauptelektromagneten E_3 ist in Reihe mit der Multiplierkohlensäule geschaltet und liegt zwischen den beiden Leitungen des Lampennetzes. Der Lampenstrom geht durch die Kohlensäulen U , deren Widerstand den Spannungsabfall bedingt. Durch den Elektromagneten der Säulen U wird der auf ihnen wirkende Druck geregelt. Der Multiplier hat die Aufgabe, diese Druckregelung sehr empfindlich zu machen. Die Wicklung seines Elektromagneten E_4 liegt im Lampennetz und erhält alle Spannungsschwankungen desselben. Eine geringe Erhöhung verstärkt die Wirkung der Wicklung auf ihren Kern und drückt auf die Säule V , deren Widerstand vermindert wird. Da sich diese in Reihe mit der Wicklung des Hauptmagneten befindet, erhöht sich die Stromstärke in der letzteren. Der Hebelarm vermindert infolgedessen den auf den Säulen U lastenden Druck, deren Widerstand erhöht sich und vermindert die Lampenspannung. Eine Abnahme der Spannung des Netzes wirkt entgegengesetzt, so daß die Lampenspannung immer auf gleicher Höhe gehalten wird.

Die kleine Säule t , die parallel zu den Säulen U liegt, wird durch einen Hebel beeinflusst, der sie durch einen Schalter aus- und einschaltet. Ist die Lampenspannung richtig, so ist der Kontakt offen, ist die Spannung niedriger, so wird der Schalter geschlossen und die kurzschließende Säule t kommt unter Druck. Da sie sich parallel zu den Säulen U befindet, wird hierdurch eine Spannungserniedrigung durch den Regler verhindert, wenn die Lampen von der Batterie gespeist werden. —

IV. Allgemeines über die Ausführung elektrischer Wagenbeleuchtung.

Beleuchtung. Für die Beleuchtung der Personenwagen sind die gleichen Gesichtspunkte maßgebend wie für die von Wohnräumen überhaupt. Sie muß von ausreichender Helligkeit sein, damit die Reisenden ohne Anstrengung der Augen lesen können; das Licht muß ruhig und gleichmäßig sein, ohne auffällige Schwankungen und Zuckungen. Es ist darauf zu achten, daß an jedem Platz eine gleich gute Beleuchtung herrscht und daß die Lampen so angeordnet werden, daß das Auge nicht geblendet wird. Großer Wert muß darauf gelegt werden, die größte Lichtausbeute zu erzielen, um die Anlage möglichst klein zu halten.

Die Beleuchtung erfolgt durch Deckenlampen, seltener durch Wandlampen. Damit jeder Platz möglichst gleichmäßig beleuchtet ist, empfiehlt es sich, nicht eine Deckenlampe in der Mitte des Abteils oder eine Reihe Deckenlampen in der Mittellinie des Wagenganges bei nicht geteilten Wagenräumen, sondern zwei Deckenlampen bzw. zwei Reihen solcher von geringerer Leuchtkraft zu verwenden. Die Deckenlampe wird zweckmäßig nicht zu hoch angebracht, doch darf sich andererseits

dieselbe nicht unter einer Mindesthöhe von 1,9—2 m vom Fußboden befinden. Je höher die Lampen angebracht werden, desto heller müssen sie brennen, um eine gleich gute Beleuchtung zum Lesen zu geben. Man kann annehmen, daß die Höhe vom Fußboden, in welcher die Zeitung oder das Buch beim Sitzen im Wagen gehalten wird, etwa 900 mm beträgt. Die Beleuchtung in dieser Höhe muß also genügend hell sein.

Die zusätzliche Anordnung von Leselampen an der Rückenwand der Sitze bietet eine ganz besondere Annehmlichkeit für die Reisenden, denen es vielfach weniger auf eine große Helligkeit im Abteil ankommt, als bequem ohne Anstrengung der Augen lesen zu können. Solche Leselampen von etwa 6 HK sind in größerem Umfange auf der Preußischen Staatsbahn zur Beleuchtung von D-Zugwagen, die vom Jahre 1902 ab auf den Strecken Berlin—Stralsund und Berlin—Altona verkehrten, verwendet worden. Eine weitere Einführung ist jedoch in Anbetracht der hohen Kosten der Einrichtung und angesichts der Fortschritte in der Verminderung des Kraftverbrauchs von Glühlampen, welche eine auskömmliche Deckenbeleuchtung ermöglichen, nicht erfolgt.

In den Abteilen der Wagen der deutschen Bahnen sind meist zwei Deckenlampen vorgesehen. Bei den nordamerikanischen Bahnen, deren Wagen keine Abteile und deren Querbänke, die durch einen Mittelgang unterbrochen sind, auch keine Aufsätze für Gepäck haben, erfolgt die Beleuchtung durch Deckenlampen in der Mittellinie über dem Gang oder in zwei Seitenlinien über den Sitzen.

Die Höhe der Deckenlampe wird zweckmäßig so gewählt, daß die Seitenwölbung mit zum Zurückwerfen des Lichtes beiträgt. Die Deckenbekleidung muß in hellen Farben gehalten sein, die möglichst wenig Licht verschlucken. Eine helle Auskleidung der Abteile trägt wesentlich zu einer guten Beleuchtung bei. Die nachfolgende Aufstellung zeigt, in welchem Grade die verschiedenartigen Wandbekleidungen Licht zurückwerfen, und zwar in Prozenten des Gesamtlichtes:

Spiegel	95%	hellblau	25%
weißes Papier	80,,	grün	18,,
chromgelb	60,,	dunkelbraun	13,,
orange	50,,	tiefblau	12,,
gelb	40,,	schwarz, glänzend	5,,
blaßrot	35,,	schwarz, matt	1,,

Aus diesen Zahlen ist der große Vorteil, den eine helle Ausstattung hat, ersichtlich. Die an der Wagendecke sitzenden Beleuchtungskörper müssen kräftig gebaut sein, besonders bei größerer Länge, um Schwingungen durch die Erschütterung während der Fahrt zu vermeiden, die bald zu einem Bruch führen. Leichte, gefällige Lampenkörper, wie sie den verhältnismäßig geringen Raumabmessungen entsprechen, sind in folgedessen nur für Seitenlampen verwendbar.

Bei den Speisewagen werden entweder Deckenlampen in der Mitte der Decke angebracht, und besondere Tischlampen oder es werden Seitenlampen über den Tischen angeordnet. Bei reich beleuchteten Wagen hat man sowohl Mittel- als auch Seiten- und Tischlampen.

Schlafwagen erhalten entweder Seitenlampen oder Deckenlampen

und besondere Leselampen, die an verschiedenen Stellen des Schlafabteils oberhalb des Spiegels, oberhalb des Kopfkissens und andernorts

eingesteckt werden können. Sie können auch als Tischlampen Verwendung finden.

Um eine Blendung der Augen auszuschließen, werden die Glühlampen vielfach mattiert benutzt. Das außenmattierte Glas ist kein genügend lichtstreuendes Mittel, um die Blendung auf das Auge weit genug herabzusetzen, besser wirkt das innenmattierte Glas, das sich auch leicht säubern läßt; Milchglas, Opalglas und Opalüberfangglas ist stark lichtstreuend. Das von Opallampen ausgehende Licht wirkt angenehm, erzeugt keine harten, tiefen Schatten und ist blendungsfrei. Die Deutsche Reichsbahn verwendet Lampen aus Opalglas und stellt Versuche mit innenmattierten Lampen an.



Abb. 116. Dreiarmlige Deckenleuchte der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft.

Bei der Reichsbahn werden für die Wagenabteile allgemein Lampen zu 25 Watt genommen. Eine solche Lampe besitzt etwa 27 HK. Für die Abteile I. Klasse hat die Deutsche Reichsbahn 3 Glühlampen zu

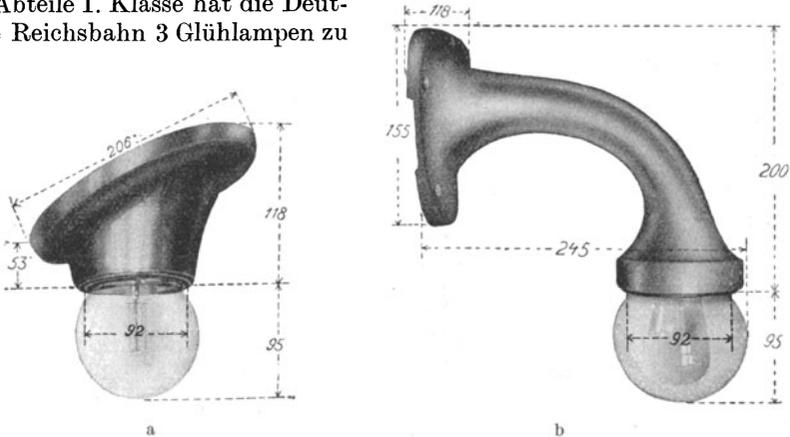


Abb. 117. Leuchten der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft.

25 Watt und für die Abteile II. und III. Klasse 2 Glühlampen zu 25 Watt, für die Seitengänge und Nebenräume Glühlampen von 15 Watt Kraftverbrauch vorgesehen. Der gesamte Stromverbrauch eines D-Zugwagens mit 2 Abteilen I. und 6 Abteilen II. Klasse beträgt gegenwärtig rund 570 Watt. Die Beleuchtung hat dann bei den mittleren Plätzen eine

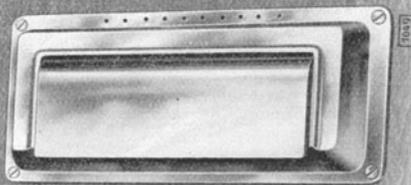
Helligkeit von 35—40 Lux und bei den entfernteren Plätzen 20—25 Lux¹. Es ist aber für die Zukunft vorgesehen, die Abteile I. und II. Klasse mit Lampen von 40 Watt statt solche von 25 Watt zu beleuchten, wodurch die Helligkeit entsprechend gesteigert und dann allen, auch den verwöhntesten Ansprüchen, gerecht wird. Abb. 116 gibt einen dreiarmigen Beleuchtungskörper der Reichsbahn wieder. Die mittlere Fassung deselben erhält eine blaue Lampe für die Nacht. Abbild. 117 zwei andere auf der Reichsbahn verwendete Leuchter und Abb. 118 eine Leselampe, die vielfach in Schlafwagen u. a. benutzt wird.

In Europa ist fast allgemein eine Lampenspannung von 24 Volt durchgeführt. In den Vereinigten Staaten von Amerika ist für Einzelwagenbeleuchtung 30 Volt und für geschlossene Zugbeleuchtung 60 Volt vorgeschrieben.

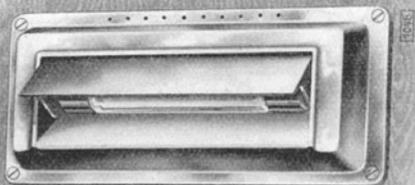
Über den Einfluß der Spannungsschwankungen auf die Helligkeit der Lampen siehe S. 106.

Zur Erhaltung einer guten Beleuchtung ist eine regelmäßige Reinigung der Lampen und Glocken erforderlich. Versuche haben Helligkeitsabnahmen bis zu 50% durch Verschmutzen ergeben.

In Deutschland, sowie in den meisten Ländern Europas werden fast allgemein Swanfassungen benutzt, auf den Bahnen der Vereinigten Staaten Edisonfassungen. Die Edisonfassungen müssen besonders ge-



a



b

Abb. 118. Leselampe. a geschlossen, b offen.

¹ Breuer: Die neuere Entwicklung der elektrischen Zugbeleuchtung auf der Deutschen Reichsbahn. Glasers Ann. vom 1. 7. 1927.

federt sein, damit die Lampe sich nicht lockert. Die Gesellschaft für elektrische Zugbeleuchtung m. b. H. hat für ihre Anlagen ein System von unverwechselbaren Bajonettfassungen vorgesehen, bei welchem der Unterschied durch die Größe der Fassungen und durch die Zahl der Stifte (entweder 2 oder 3) kenntlich gemacht wird.

Die Verdunkelung der Abteile während der Nachtzeit wird auf verschiedene Weise bewirkt. Vielfach werden dunkle, aufklappbare Lichtschirme in der gleichen Ausführung wie für Gasbeleuchtung verwandt. Dieselben geben dem Beleuchtungskörper ein schwerfälliges Aussehen. Mit Vorliebe verwendet man eine Lampe aus dunkelblauem Glas, welche mit dem Ausschalten der Abteillampen eingeschaltet wird. Derartige Lampen sind in Benutzung u. a. bei den D-Zug- und Schlafwagen der Deutschen Reichsbahn, bei den Wagen der Schweizer Bundesbahn und

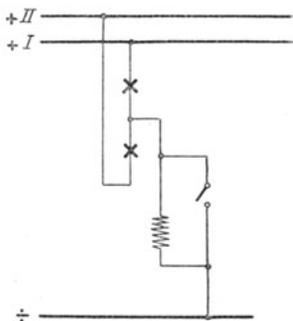


Abb. 119. Schaltung für Verdunkelung.

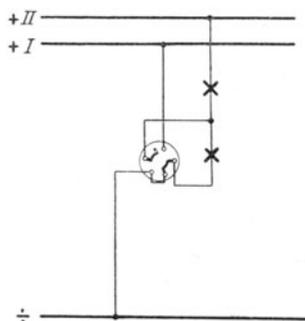


Abb. 120. Schaltung für Verdunkelung.

der Italienischen Staatsbahn. Bei den Schlafwagen der Deutschen Reichsbahn und der Internationalen Eisenbahn-Schlafwagengesellschaft ist die Anordnung so getroffen, daß es in dem Belieben des Reisenden steht, das Abteil ganz zu verdunkeln oder die blaue Lampe einzuschalten.

Wenn sich nur eine Lampe im Abteil befindet, kann durch Vorschalten eines Widerstandes ein Verdunkeln bewirkt werden. Befinden sich zwei Lampen im Abteil, so kann ein Widerstand vor die beiden Lampen geschaltet werden, oder die Lampen können auch hintereinander geschaltet werden, so daß sie mit halber Spannung brennen. Befinden sich die Lampen des Abteils in verschiedenen Stromkreisen, so ist zum Schalten in Reihe ein besonderer Umschalter erforderlich (Abb. 119 und 120).

Die Einführung der elektrischen Beleuchtung führte zuerst in den heißen Ländern, wie Britisch-Indien, Ägypten usw. dazu, die zur Verfügung stehende Kraftquelle auch zur künstlichen Lüftung und Kühlung zu verwenden.

Die Vorzüge, welche die elektrische Lüftung bietet, sind so bedeutend, daß hierdurch die Ausbreitung der elektrischen Beleuchtung außerordentlich unterstützt worden ist. Aber nicht nur in den Tropen, auch in den Ländern der gemäßigten Zone wird die elektrische Lüftung in umfangreichem Maße angewandt, besonders auf den Bahnen der Vereinigten

Staaten von Nordamerika. Die gegenwärtig in Europa übliche Lüftung besteht im wesentlichen in Einrichtungen, die nur während der Fahrt des Zuges wirken, bei Stillstand oder bei langsamer Fahrt nicht; zum Teil wird auch bei der Gasbeleuchtung zur Lüftung die Wärmeabgabe der Flamme benutzt, was aber natürlich nur während der Beleuchtungszeit von Wirkung ist.

Die Benutzung elektrischer Fächer hat den Zweck, während der heißen Zeit durch Luftbewegung Kühlung zu bringen. Die Fächer müssen so angeordnet sein, daß die Reisenden keinerlei unmittelbaren Luftzug erhalten. Am besten läßt sich die Einrichtung in solchen Wagen treffen, welche eine Teilung in sich abgeschlossener Abteile nicht besitzen, wie es in Europa bei den Speisewagen und in Amerika allgemein der Fall ist. Es genügt dann die Anordnung der Fächer an jeder Stirnseite des Wagens. Man benutzt in Amerika Lüfter mit 23 cm Flügellänge, welche 15 cbm Luftzufuhr in einer Minute oder 900 cbm in einer Stunde ergeben. Ein solcher verbraucht 1 Watt für die Stunde für 23 cbm Luft. Bei Wagen mit geschlossenen Abteilen muß jedes Abteil mit einem an der Decke angeordneten Fächer versehen sein. In diesem Falle ist der Fächer zweckmäßig eingekapselt.

Die elektrische Einrichtung wird auch noch zu weiteren Zwecken herangezogen. So wird in den Packwagen der Deutschen Reichsbahn Wasser für Kaffee usw. für die Schaffner elektrisch gekocht. Der Stromverbrauch der Kochplatte beträgt 20 Amp. bei 24 Volt. In England ist im vorigen Jahr seitens der Great Northern Railway ein Speisewagen mit vollständiger elektrischer Kocheinrichtung in Betrieb gesetzt worden. Die Maschineneinrichtung ist von der Firma Stone & Co., London-Deptford geliefert und besteht aus zwei Stone-Liliputdynamomaschinen von je 6 KW und einer Akkumulatorenbatterie von 80 Zellen. Die elektrische Kocheinrichtung ist von der Firma Jackson Electric Stove Co. Ltd. ausgeführt.

Zum Betrieb von Kühleinrichtungen in Fischtransportwagen werden Anlagen gleicher Art wie zur Wagenbeleuchtung benutzt.

Die Beleuchtungseinrichtung wird auch zum Betrieb von Staubsaugern zur Reinigung der Wagen herangezogen. Der Kraftbedarf einer solchen Einrichtung beträgt etwa 200 Watt.

Leitungsverlegung. — Bei der Leitungsverlegung im Wageninnern gilt, wie bei jeder anderen Lichtanlage, als oberster Grundsatz einfachste Leitungsführung und leichte Zugänglichkeit.

Nach Art der Verlegung der Leitungen unterscheidet man eine offene, eine verkleidete und, was seltener angewandt wird, eine Verbindung beider Arten. Die Entscheidung, welche von den drei vorgenannten Verlegungsarten im einzelnen Falle die zweckmäßigste ist, richtet sich ganz nach dem Verwendungszweck des zu beleuchtenden Wagens, ferner auch danach, ob man besondere Rücksicht auf die Innenausrüstung zu legen hat. Bei Salon- oder Speisewagen, neuerdings auch bei Personenzugwagen, wird man meistens die Leitungen verkleidet anordnen, während man bei Wagen, die mehr dem gewerblichen Gebrauch dienen, wie Gepäckwagen oder Fischtransportwagen, die offene Verlegungsart

benutzt. Auch die klimatischen Verhältnisse sind oft für die Wahl der Verlegung richtunggebend. So empfiehlt es sich, für Wagen, die in tropischen Gegenden laufen, Gummiaderleitungen, die unter Teakholzleisten befestigt werden, vorzusehen, wodurch noch am besten die zerstörenden Einflüsse der Feuchtigkeit und der Hitze während der Regen- und Trockenzeit vom Material abgehalten werden.

Ein fahrender Wagen ist immer mehr oder weniger starken Erschütterungen ausgesetzt. Daher müssen, mit Rücksicht auf die allgemeine Betriebssicherheit, alle Leitungen gut an der Decke, der Wand oder an besonderen Auflagebrettern befestigt werden, wobei die Befestigungsschellen in einem möglichst kurzen Abstand zu setzen sind. Auf 1 m Leitung kommen etwa 3—4 Schellen. Sämtliche Anschlüsse sind auch aus diesem Grunde sorgfältig gegen Lösung zu sichern unter Zuhilfenahme von Federringen, Gegenmuttern oder Zahnscheiben usw. Litzendrähte bis 4 qmm Querschnitt sind an den Anschlüssen zu verlöten, da abspießende Drähte leicht zu Kurzschlüssen Anlaß geben können. Bei größeren Drahtquerschnitten müssen entsprechende Kabelschuhe zum Anschluß benutzt werden. Die gebräuchlichsten Querschnitte der Leitungen für das Lichtnetz innerhalb des Wagens sind 1,5—6 qmm. Nur in besonderen Fällen verlegt man 10 oder 16 qmm. Listenmäßig wird Rohrdraht bis 16 qmm hergestellt. Gummiaderleitung oder Panzeraderkabel kommt daher für größere Querschnitte in Betracht.

Nach Art des Leitungsmaterials unterscheidet man: 1. Verlegung mit Rohrdraht NRA. 2. Verlegung mit Gummiaderleitung NGA bzw. NGAB. 3. Verlegung mit Gummiaderleitung, eingezogen in Isolierrohr oder Stahlpanzerrohr NGA (o). 4. Gemischte Verlegung der vorgenannten Arten.

Die einfachste Verlegung des Lichtnetzes im Wageninnern ist die mit Rohrdraht. Der Hauptvorzug des Rohrdrahtes ist der, daß er sich allen Krümmungen der Linienführung genau anpassen läßt. Mit Hilfe von besonderen Biegezangen werden an der Innenseite der Bogen einzelne Kniffe eingedrückt, die nach Zahl und Abstand jede Stärke der Krümmung zulassen. Der Falz soll hierbei an der Innenseite des Bogens liegen. Rohrdraht darf nur offen verlegt werden. Durch seine geringe Stärke fällt er verhältnismäßig wenig auf und wird daher vor allem in bereits fertigen Wagen verwendet. Bei einigermaßen geschickter Verlegung kann er dem Auge möglichst entzogen werden. Nur in Ausnahmefällen deckt man einen Rohrleitungsstrang mit einer entsprechenden Kanalleiste ab, die aber zwecks leichter Zugänglichkeit, wenigstens an den Stellen, wo Abzweigungen liegen, unterteilt sein muß.

Gummiaderleitungen werden nicht offen verlegt, da die Leitungen zu leicht verletzt oder gar abgerissen werden können. Es kommt deshalb für dieses Material nur eine Verlegung unter Holzleisten in Betracht, wo genau das gleiche zu beachten ist, wie das oben über Rohrdraht Gesagte.

Gummiaderleitung eingezogen in Isolierrohr wird man nur dann offen an Wänden, Decken usw. anordnen, wenn es nicht auf besonders schöne Innenausstattung ankommt. Ausbesserungen an verkleideten Leitungen mit den vorher erwähnten Drahtsorten erfordern immer die Entfernung von mehr oder weniger größeren Verschaltungen, was natürlich oft mit

einem erheblichen Zeit- und Kostenaufwand verbunden ist. Dies wird bei Verlegung von Gummiaderleitung eingezogen in Isolierrohr oder Stahlpanzerrohr auf das geringste eingeschränkt. Bei einem richtig verlegten Lichtnetz braucht man nur die Abzweigstellen oder Anschlußstellen der Verbrauchsapparate freizulegen und kann dann ohne weiteres die Leitungen auswechseln. Diese Verlegungsart wird man nur bei Neubauwagen anwenden und der Einbau erfolgt in der Regel gleich bei Fertigstellung der Wagen, also vor Einsetzen der Scheindecke und der Innenwand. Für die Befestigung der Rohre sind Leisten, nötigenfalls auch Hilfsspiegel anzubringen. Auf vollkommene Geradlinigkeit der Rohre kommt es nicht an, der allgemeine Verlauf soll aber so sein, daß alle Leitungen leicht herausgezogen und eingeschoben werden können.

Häufig werden auch die vorgenannten Verlegungsarten zusammen ausgeführt. So erhalten z. B. die neuen zweiachsigen Durchgangs-

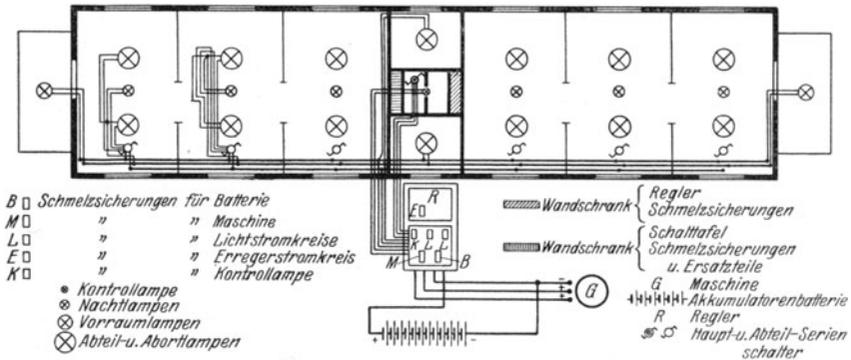


Abb. 121. Leitungsplan eines zweiachsigen Personendurchgangswagens der Reichsbahn.

Personenwagen der Deutschen Reichsbahn als Hauptleitung Rohrdraht 3×4 qmm, der unter der Kämpferleiste an einer Wagenlängswand geführt ist. Diese Kämpferleiste ist von Abteil zu Abteil unter Zwischenfügung eines Stoßes unterteilt und an den Stellen, wo Abzweigklemmen sitzen, genügend weit ausgespart. Zu den zwei hellen Abteillampen und der blauen Nachtlampe führt in der Zwischendecke Gummiaderleitung in Isolierrohr. Zwecks leichter Auswechselbarkeit der Drähte ist bei diesen Wagen über der Öffnung in der Decke für den Beleuchtungskörper eine dreipolige Klemme gesetzt. Den Leitungsplan eines derartigen zweiachsigen Personen-Durchgangswagens III. Klasse zeigt Abb. 121.

Bei allen Instandsetzungsarbeiten an Wagen mit verkleideten Leitungen muß unbedingt darauf geachtet werden, daß die Leitungen nachträglich keine Verletzungen erhalten.

Für die außerhalb des Wagens liegenden Leitungen, das sind die Verbindungen zwischen Lichtmaschine und Batterie, wird meistens Panzeraderkabel verwendet und zwar für die Hauptleitungen 16 oder 25 qmm und für die Nebenschlußleitungen 6 qmm. Das gleiche Material nimmt man auch bei geschlossener Zugbeleuchtung für die Überbrückungsleitung. Diese ist entweder auf dem Wagendach oder unter dem Wagen-

boden geführt. Die auf dem Wagendach verlegten Leitungen ruhen auf niedrigen Böcken und nicht direkt auf dem Wagendach, damit das Regenwasser jederzeit abfließen kann. Die Verlegung auf dem Dach hat den Nachteil, daß die Leitungen schwer zugänglich sind und daß die Schutzhüllen infolge der Einwirkung des Lokomotivrauches mit der Zeit stark angegriffen, ja sogar zerstört werden.

Die Befestigung der außerhalb liegenden Leitungen erfolgt am besten mit Holzschellen. Eisenschellen sind wegen des leichten Anrostens möglichst zu vermeiden. Wo ein besonders fester Schutz gegen Beschädigungen der Leitungen gefordert wird, verwendet man Stahlpanzerrohr.

Das ganze Lichtnetz eines Wagens soll möglichst von einer leicht zugänglichen Stelle bedienbar sein. Bei Durchgangswagen muß daher der

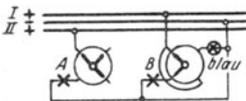
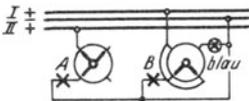
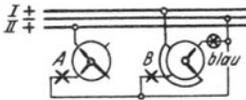
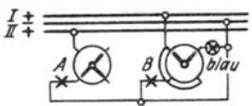


Abb. 122. Schaltstellungen des Abteilschalters.

Hauptschalter im Gang oder Vorraum in bequem erreichbarer Höhe angeordnet sein. Er ist z. B. bei den Durchgangspersonenwagen der Reichsbahn als Serienschalter ausgebildet und werden mit ihm 2 Stromkreise bedient. Die Stromkreisverteilung der Lampen in diesem Wagen ist so getroffen, daß bei Stellung 1/2 die Vorraum- und Abortlampen, die halbe Anzahl der hellen Lampen der Abteile, wie auch die blauen Lampen brennen. Bei Drehung des Schalters auf 1/1 brennen alle Lampen des Wagens. Mit dieser Schaltung ist man in der Lage, mit Strom zu sparen, sobald aus irgendwelchen Gründen dies für wünschenswert erscheint. Jedes Abteil hat außerdem noch einen Abteilschalter, womit sich die Reisenden selbst die gewünschte Beleuchtung einschalten können. Dieser Schalter ist ein Umschalter mit 2 Kontaktreihen. Ein vollständiges Ausschalten der ganzen Beleuchtung ist aber

nicht möglich. Abb. 122 stellt die 4 Schaltstellungen des Abteilschalters dar.

Abteilwagen ohne gemeinsamen Durchgang sind zweckmäßig mit einem außen an einer Stirnseite des Wagens befindlichen Hauptschalter zu versehen. Das Einschalten des Lichtes eines ganzen Zuges kann dann sehr rasch vom am Bahnsteig entlanggehenden Schaffner erfolgen. Naturgemäß muß ein derartiger Schalter wasserdicht sein, und müssen auch die Leitungszuführungen gut abgedichtet werden, damit das Eindringen von Wasser oder Staub in das Wageninnere verhindert wird. Die Anordnung und Anbringung eines derartigen Schalters, wie er bei der Deutschen Reichsbahn eingeführt ist, zeigt Abb. 123. Nach den VDE-Vorschriften müssen die Türen der Schränke, in denen sich Hauptschalter oder Umschalter befinden und die Schalter selbst mit dem Ausschaltzeichen  (einpolig) oder dem Umschalterzeichen  (einpolig) versehen sein.

Bei Wagen, welche reich beleuchtet sind und wenigstens 2 Lampen in jedem Abteil haben, ordnet man 2 bzw. mehr Stromkreise an, die

getrennt zu sichern sind, so daß bei Schluß in einem Stromkreise immer noch der andere gespeist werden kann. Die Sicherungen, erforderlichenfalls auch die Schalter, werden vorzugsweise auf besondere Schalttafeln montiert. Diese bestehen aus Isoliermaterial, wie Marmor, Pertinax, Preßzell oder sonstigen natürlichen oder künstlichen Isolierstoffen. Schalt- und Verteilungstafeln mit unzugänglicher Rückseite müssen so gebaut sein, daß nach ihrer betriebsmäßigen Befestigung an der Wand die Leitungen derart angeschlossen werden, daß die Zuverlässigkeit der Anschlüsse von vorn überprüft werden kann. Die Klemmstellen der Zu- und Ableitungen dürfen also niemals auf der Rückseite der Tafeln liegen. Das Anbringen der Tafeln erfolgt, wie gewöhnlich, mit 4 Schrauben und unter Verwendung von Distanzrollen, damit die rückseitig an-

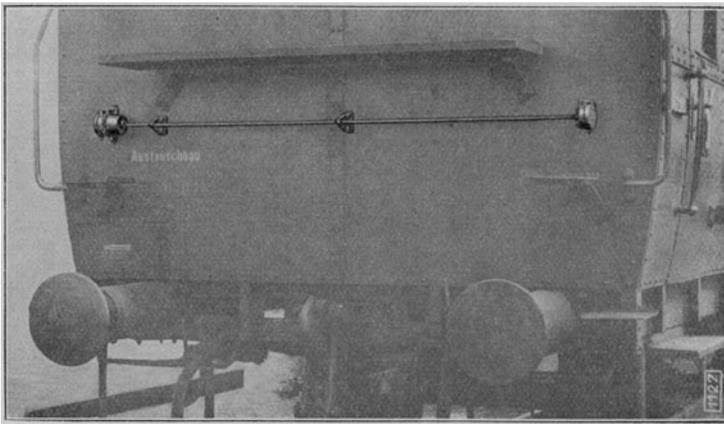


Abb. 123. Außenschalter eines Abteilwagens.

geordneten spannungsführenden Teile einen Mindestabstand von 15 mm von der Wand haben. Die Verteilungstafeln müssen durch einen Schrank oder ähnliche Mittel so geschützt sein, daß Fremdkörper nicht an die Rückseite der Tafel gelangen können.

Auch wenn bestes Isoliermaterial mit sorgfältigster Montage angewandt wird, ist es nicht möglich, eine vollständige elektrische Isolation zu erreichen. Stets tritt ein geringer Fehlerstrom auf. Ist er nicht größer als $1/1000$ Amp. = 1 Milliamp., so wird er als unschädlich betrachtet. Diese Isolation genügt den Sicherheitsvorschriften des VDE und ist als vollkommen ausreichend zu betrachten.

In der Praxis wird nicht der Fehlerstrom gemessen, sondern der Widerstand, den die Isolation dem Stromdurchfluß entgegensetzt (Isolationswiderstand). Aus diesem und aus der Betriebsspannung errechnet man nach dem Ohmschen Gesetz den auftretenden Fehlerstrom. Nach den VDE-Vorschriften muß also der Isolationswiderstand der Anlage mindestens 100 000 Ohm betragen, wenn die Isolationsprüfung mit einer Spannung von 100 Volt gemacht wird.

Bei allen Feststellungen des Isolationswertes soll nicht nur die Iso-

lation zwischen den Leitungen und Erde (hier Eisenbahnschiene), sondern auch die Isolation je zweier Leiter gegeneinander geprüft werden. Dabei sollen alle Glühlampen oder andere stromverbrauchende Apparate von ihren Leitungen abgetrennt, dagegen alle vorhandenen Beleuchtungskörper angeschlossen, alle Sicherungen eingesetzt und alle Schalter geschlossen sein. Damit wird erreicht, daß auch wirklich alle Teile der zu prüfenden Anlage in das Prüfverfahren einbezogen werden. Unerläß-

lich ist es daher, jeder Isolationsfeststellung eine Leitungsprüfung vorangehen zu lassen.

Leitungskupplungen. Zur Verbindung der elektrischen Leitungen benachbarter Wagen bei geschlossener Beleuchtung werden besondere Kupplungen

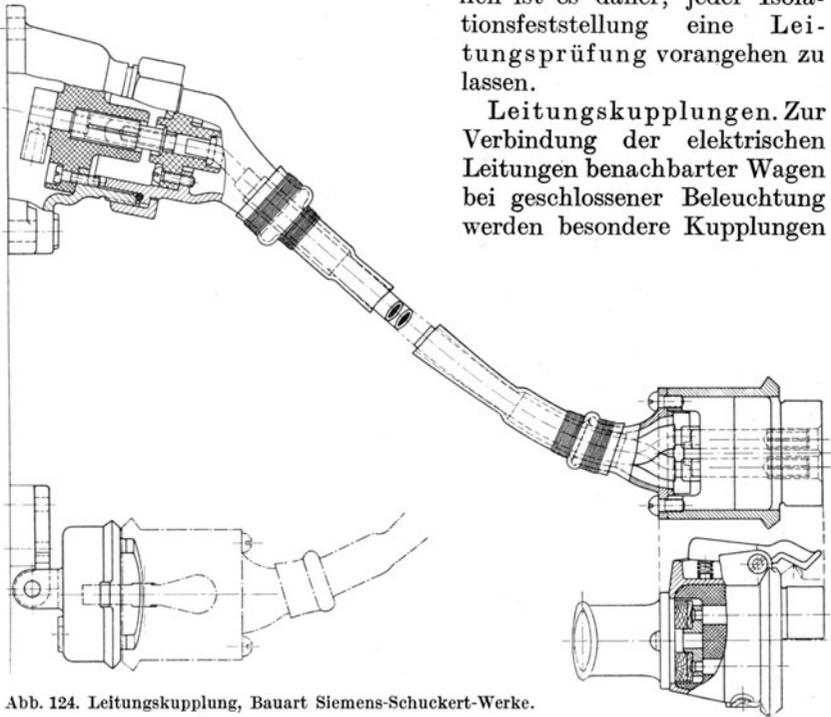


Abb. 124. Leitungskupplung, Bauart Siemens-Schuckert-Werke.

benötigt. Die älteste Bauart, welche in Betrieb ist, ist die der dänischen Staatsbahnen. Dieselbe ist von den Herren Busse und J. B. Bruun entworfen und von letzterem in der ETZ. 1895, S. 163 beschrieben.

Von der Gesellschaft für elektrische Zugbeleuchtung wird vielfach die zweipolige Kupplung, Bauart Siemens-Schuckert-Werke, verwendet. Wie aus Abb. 124 ersichtlich, besitzt diese Kupplung Steckkontakte.

Beim Zusammenstecken zweier Kupplungshälften werden stets einerseits die oberen und andererseits die unteren Kontakte untereinander verbunden, und es ist daher eine falsche Verbindung der den Zug entlang geführten elektrischen Leitungen ausgeschlossen. Die untereinander vollständig gleichen Hälften der elektrischen Kupplungen, deren Verbindung durch einfaches Ineinanderschieben erfolgt, werden

durch federnde Schnapphebel zusammengehalten, welche mit ihren Zungen hinter Nasen greifen, in gleicher Weise, wie es bei den Schlauchkupplungen der Luftsaugbremse üblich ist. Die Zungen und Nasen haben abgeschrägte Berührungsflächen, wodurch das Kuppeln erleichtert und gleichzeitig verhindert wird, daß die elektrischen Kupplungen beim unbeabsichtigten gewaltsamen Auseinanderreißen beschädigt werden. Die mechanische Verbindung des Kabels mit dem

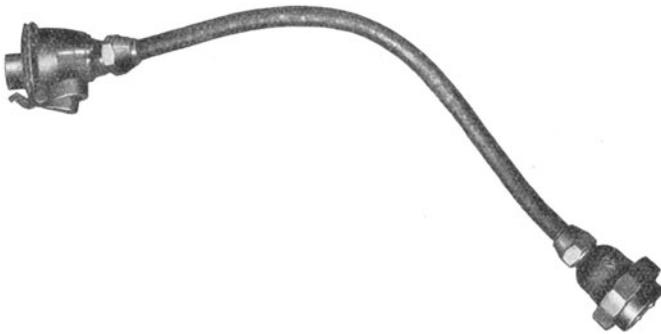


Abb. 125. Kupplungskabel.

Gehäuse der Kupplung erfolgt durch zweiteilige Hülsen und eine Überwurfmutter in der aus Abb. 125 ersichtlichen Weise. Die inneren Hohlräume der elektrischen Kupplung sind mit einer Isolationsmasse



Abb. 126. Leitungskupplung, Bauart GEZ Nr. 1000.

ausgegossen, welche das Eindringen von Feuchtigkeit verhindert. In ungekuppeltem Zustande steckt die elektrische Kupplung in der Leerkupplung. Diese Kupplung kann naturgemäß auch als einpolige Kupplung Verwendung finden und genügt für eine Stromstärke von 200 Amp.

Die Gesellschaft für elektrische Zugbeleuchtung m. b. H. verwendet vielfach die in Abb. 126 und 127 dargestellten zweipoligen Stöpselkupplungen. Diese Kupplungen werden zweckmäßig für Ausgleichsleitungen bei Einzelwagen verwandt. Eine solche empfiehlt sich, da bei einer Störung in der Beleuchtung eines Wagens die Beleuchtung von dem benachbarten Wagen aus aufrecht erhalten werden kann.

In Amerika wird gemäß dem Beschluß der Association of Car Light-

ing Engineers für geschlossene Zugbeleuchtung die dreipolige Kuppung Gibbs 3 allgemein verwandt. Dieselbe ist in Abb. 128 dargestellt.

Bei Einstoßen des Stöpsels wird selbsttätig der Verbindungsschalter, welcher zwei Leitungen kurzschließt, geöffnet und bei Herausnahme wieder geschlossen.

Bedienung und Instandhaltung elektrischer Anlagen. Bei Batteriebeleuchtung ist die Ausführung der Aufladungen unter Aufsicht sachverständiger Personen zu stellen, um eine gute Instandhaltung zu sichern und die Kosten für die Batterieunterhaltung niedrig zu halten. Die für die Bedienung maßgebenden Vorschriften werden von der liefernden Fabrik mitgegeben, und beziehen sich im wesentlichen auf die Ausführung der Ladung, der dabei zu beachtenden Erscheinungen, wie Ladestrom, Säuregrad, Gasentwicklung usw.

Bei Achsenbeleuchtung ist natürlich eine Überwachung während des Betriebes nicht ausführbar. Die Ladung muß in ausreichender Weise durch entsprechendes Ein-

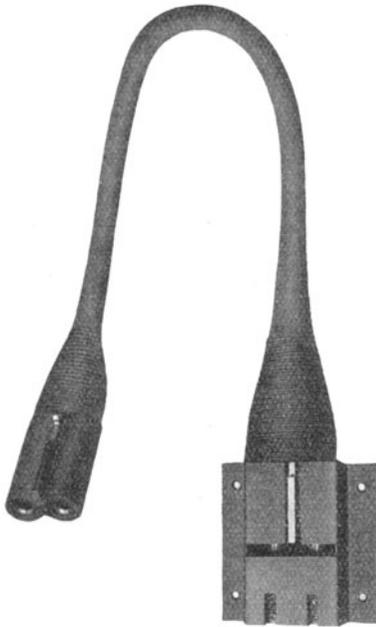


Abb. 127. Leitungskupplung Nr. 224/225.

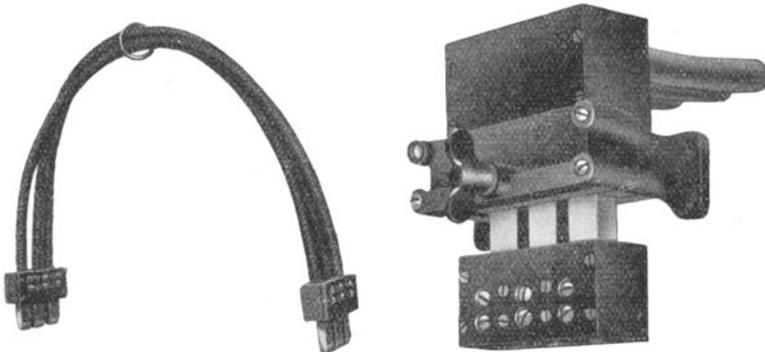


Abb. 128. Leitungskupplung, Bauart Gibbs.

stellen der Maschinenleistung gesichert sein, besonders wenn der Wagen nicht in kurzen Zwischenräumen zu der Heimatstation zurückkehrt. Da es naturgemäß ausgeschlossen ist, während der Ladung die Batterien zu beobachten, so kann als Prüfung für ausreichende Ladung und richtige Maschineneinstellung nur die Messung des Säuregrades in Frage

kommen. Die richtige Spannung im Ruhezustand ist kein Kennzeichen dafür, daß die Batterie geladen ist. Dahingegen gibt die Messung der Säuredichte nicht nur Aufschluß über den Ladezustand der Batterie, sondern dient überhaupt als Kennzeichen, daß die ganze Anlage in Ordnung ist. Ist die Dichte, welche die Batterie in geladenem Zustande haben soll, nicht erreicht, so zeigt dies auf eine Verminderung der Maschinenleistung durch irgendeine Störung, wie Schlappwerden des Riemens, zu geringe Spannung der Maschine oder andere Ursachen, hin. Ist die Spannung im Ruhezustand des Wagens zu niedrig, die Säuredichte der Elemente aber genügend hoch, so hat ein oder das andere Element Kurzschluß, der entfernt werden muß.

Von Wichtigkeit ist, daß eine neue Batterie bei Inbetriebsetzung in der ersten Zeit etwas überladen wird, andernfalls durch Sulfatation der Platten eine beträchtliche Verminderung des Ladeinhaltes eintreten kann und die Platten vorzeitig ersatzbedürftig werden.

In regelmäßigen Zwischenräumen muß nachgesehen werden, ob der Riemen richtig gespannt ist. Der Riemen bildet den schwachen Punkt jeder Achsenbeleuchtung und veranlaßt die meisten Lichtstörungen bei Wagen mit großer Laufzeit. Bei verhältnismäßig kurzer Laufzeit werden die Batterien genügen, eine Lichtstörung nicht eintreten zu lassen.

Ein regelmäßiges Ölen oder Schmieren der Maschinen ist gleichfalls notwendig, ferner eine Prüfung der Abnutzung der Kohlenbürsten und die richtige Auflage derselben auf dem Kollektor der Maschine. Die Apparate müssen gemäß den Vorschriften der liefernden Werke eingestellt und instand gehalten werden. Ursache zu Störungen gibt auch Bruch der Kupferleitungen im Innern des Kabels, der um so unangenehmer ist, als die Ursache oft schwierig bei Ruhezustand des Wagens festzustellen ist.

Nach allem ist es wünschenswert, die Wagen regelmäßig nachsehen zu lassen, um einen sicheren, zuverlässigen Betrieb zu gewährleisten. Jede gut durchgebildete Bauart wird zwar wochenlang ohne Aufsicht tadellos arbeiten, falls nicht Riemenverlust, Kabelbruch, Bruch von Kohlenbürsten oder Kurzschluß in den Elementen eintritt. Es ist aber unbedingt notwendig, eine regelmäßige Überwachung zu organisieren, nur dann wird der Betrieb dauernd anstandslos sich gestalten.

Was die Instandhaltung der Einrichtungen in den Eisenbahnwerkstätten anbetrifft, so ist es bei größeren Anlagen zweckmäßig, Räume für Reinigungen und Umbauten der Sammlerbatterien einzurichten. Ebenso sind Einrichtungen zur Prüfung und Instandsetzung der Maschinen und Apparate erwünscht.

V. Verbreitung, Vor- und Nachteile sowie Kosten der verschiedenen Beleuchtungsarten.

Gegenwärtig ist die elektrische Beleuchtung in der Form der Einzelwagenbeleuchtung mit Achsenmaschinen in fast allen Ländern die vorherrschende. Nach ihr ist die Gasbeleuchtung am meisten verbreitet.

Sie herrscht zur Zeit noch bei der Deutschen Reichsbahn, den Österreichischen Bundesbahnen, den Bahnen Englands, Schwedens und Finnlands, trotz schneller Einführung der elektrischen Beleuchtung auch bei diesen Bahnen. Azetylenbeleuchtung ist nur in geringem Umfange in Anwendung.

Die Verwendung von Kerzen und Öl zur Wagenbeleuchtung geht immer mehr zurück, da die Beleuchtung den Anforderungen, welche die Reisenden stellen, in keiner Weise entspricht. Diesen kann nur die Gas- oder elektrische Beleuchtung genügen.

Daß sich die Öl- und Petroleumbeleuchtung noch erhalten hat, ist besonders in den geringen Anschaffungskosten begründet. Selbst die besten Lampen geben zu geringe Leuchtkraft, der Betrieb erfordert viel Bedienung. Die Reinigung der Lampen ist nicht einfach und bei mangelhafter Ausführung ist die Leuchtkraft wesentlich erniedrigt; das Schwitzen der Gläser, das Tropfen der Lampen, das Blaken der Flamme ist nicht ganz zu vermeiden, so daß diese Beleuchtung, abgesehen von der ungenügenden Wirkung, eine unreinliche ist. Wenn auch die Beschaffungskosten gering sind, so ist dies nicht bei den Betriebskosten der Fall, welche keineswegs niedriger als die der Gas- und elektrischen Beleuchtung, vielfach sogar höher sind; dies trifft auch bei der Kerzenbeleuchtung zu.

Das Azetylen als Beleuchtungsmittel für die Eisenbahnwagen hat trotz aller Bestrebungen keine nennenswerte Anwendung finden können. Es findet in der Hauptsache und mit befriedigendem technischem Erfolge als Azeton-Azetylen Verwendung, wobei man nach dem Vorgange von Danél Glühstrümpfe mit Vorteil benutzt. Das Azetylen ist jedoch nicht billig; für größere Bahnnetze, für die eine eigene Gasanstalt sich lohnt, bietet es gegenüber dem Fettgasglühlicht keinen Vorteil, für kleinere Bahnen bietet wiederum die elektrische Beleuchtung so wesentliche Vorzüge in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht, daß ein ernsthafter Wettbewerb des Azetylens mit der letztgenannten ausgeschlossen ist.

Anlagen, in welchen das Azetylen im Wagen selbst erzeugt wird, bestehen nur wenige. Viel Bedienung, Einfrieren des Wassers in den Rohren zur Winterszeit, Verstopfen der Rohre und Brenner sind die Nachteile derselben.

Der große Vorteil der Ölgasbeleuchtung liegt in der Einfachheit der Wageneinrichtung. Dementsprechend ist auch die Bedienung einfach; sie erstreckt sich auf die Füllung der Behälter, Reinigung der Lampenglocken und Auswechslung der Glühstrümpfe sowie Anzünden und Auslöschen der Lampen. Die Neufüllung der Behälter ist eine Arbeit, welche innerhalb weniger Minuten auszuführen ist. Dahingegen bedingt die Herstellung des Gases eigene Gasanstalten mit sorgfältiger Überwachung. Die Umgebung derselben ist für menschliche Wohnungen des unangenehmen Geruches wegen nicht geeignet, so daß deren Einrichtung vielfach Schwierigkeiten entgegenstehen. Der üble Geruch des Gases ist auch äußerst störend beim Füllen der Gasbehälter der Wagen infolge des unvermeidlichen Gasverlustes. Der Gasgeruch herrscht auch vielfach

in den Wagen und deren Umgebung infolge Undichtigkeiten der Leitungsrohre. Auch beim Anzünden der Flamme kommt Gas in das Innere des Wagens.

Ein wichtiger Nachteil der Gasbeleuchtung ist die Brandgefahr bei Eisenbahnunfällen. Es ist ja natürlich, daß jede Beleuchtungsart eine gewisse Feuersgefahr in sich birgt, die man durch zweckmäßige Anordnung auf das geringste Maß zu beschränken Sorge tragen muß. Brände von Eisenbahnwagen sind bei Gasbeleuchtung vielfach vorgekommen. Eine Gefahr für die Reisenden kann ein Brand aber nur werden, wenn er sich mit außerordentlicher Schnelligkeit entwickelt, so daß die Reisenden nicht Zeit haben, sich aus dem brennenden Wagen zu retten, und dies ist, wie die Erfahrung gelehrt hat, mehrfach bei Eisenbahnunfällen der Fall gewesen, bei denen Gasbehälter oder die Gas führenden Rohre beschädigt worden sind, und das unter hohem Druck ausströmende Gas sich an irgendeiner Flamme entzündet und die Wagen in Brand gesetzt hat.

Infolge derartiger Unfälle ist wiederholt die Gasbeleuchtung Gegenstand lebhafter Angriffe geworden und öffentlich in verschiedenen Ländern der Forderung nach Entfernung dieser Beleuchtungsart und ihrem Ersatz durch elektrische Beleuchtung Ausdruck gegeben worden. Die ersten größeren Unfälle sind die bei Wannsee bei Berlin im Jahre 1887 und bei Limite in der Nähe von Mailand.

Ein Eisenbahnunfall, der im Jahre 1900 in Offenbach bei Frankfurt stattgefunden hat, und bei welchem durch Zusammenstoß zweier Züge der Gasbehälter eines Wagens ein Loch erhielt, das auströmende Gas sich entzündete und den durch die glühenden Lokomotivkohlen verursachten Brand der Wagen vermehrte, gab zu einer lebhaften öffentlichen Besprechung in den Tagesblättern Anlaß, und die Forderung auf Einführung der elektrischen Beleuchtung wurde von verschiedenen Seiten, auch im Reichstage und im Preußischen Landtage, erhoben.

Auch die Brände bei den Eisenbahnunfällen zu Strausberg 1907 und zu Herlisheim in Baden 1909 gaben Ursache zur Stellungnahme der Tagespresse gegen Gasbeleuchtung.

Häufiger haben sich schwere Unfälle in England und Frankreich ereignet. In England unter anderen bei Witham auf der Great Eastern Railway 1905, bei Grantham (Schottland-Expreß) 19. November 1906, bei Hawes Junction Weihnachten 1910, Ditton Junction 10. November 1912. Die beiden größten Unfälle dieser Art während des Krieges waren bei Gretna Green 22. Mai 1915 auf der Caledonian-Railway, bei welcher 227 Personen getötet und 247 verletzt wurden, sowie bei St. Bedes Junction auf der North-Eastern Railway im Dezember 1915, wo 18 Personen getötet und 81 verletzt wurden. Aus neuester Zeit ist der Zusammenstoß zweier Züge bei Charfield am 13. Oktober 1928 zu erwähnen.

In Frankreich sind zu nennen: der Unfall bei St. Nazaire am 5. November 1909, bei Villepreux am 19. Juni 1910, bei Rambouillet am 5. Januar 1911, bei Courville am 14. Februar 1911, bei Melun am 4. November 1913, bei St. Denis am 2. Februar 1916 und schließlich im Tunnel Batignolles bei Paris am 5. Oktober 1921.

Infolge der Unfälle bei Villepreux und Melun hatte das Ministerium bereits angeordnet, daß in Zukunft kein Wagen mit Gasbeleuchtung mehr genehmigt werden soll, welcher für Schnellzüge bestimmt war, und daß unverzüglich in allen Schnell- und Expreszügen die Gasbeleuchtung zu entfernen sei. Infolge des Unfalles im Tunnel von Batignolles wurde bestimmt, daß mit dem 1. Januar 1923 die Gasbeleuchtung in allen Schnellzügen entfernt und am 1. Januar 1925 alle anderen Züge elektrisch beleuchtet sein mußten.

In Schweden hat das große Unglück bei Getå auf der Linie Malmö-Stockholm am 1. Oktober 1918 Veranlassung gegeben, daß die Staatsbahn, die bis dahin völlig ablehnend der elektrischen Beleuchtung gegenüber gestanden hat, solche Einrichtungen beschaffte. In dem verunglückten Zuge befand sich eine große Zahl der maßgebenden Eisenbahnfachleute Schwedens und Norwegens, die von einer Eisenbahnkonferenz kamen.

Das Eisenbahnunglück bei Bellinzona in der Schweiz am 22. April 1924, bei welchem durch den einzigen mit Gasbeleuchtung versehenen Wagen ein Brand verursacht wurde, der vielen Personen das Leben kostete, hat den Schweizer Bundesbahnen Veranlassung gegeben, die Übernahme von gasbelegten Wagen fortan zu verweigern.

Dieser Vorfall beschleunigte die Ausführung des bereits vorher gefaßten Beschlusses der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft, die elektrische Beleuchtung einzuführen.

Mit Erlaß vom 27. Juli 1925 hat auch das italienische Verkehrsministerium in Anbetracht der Gefahren, denen Reisende bei Eisenbahnunfällen ausgesetzt sein könnten, verfügt, daß vom 1. Januar 1926 ab Wagen mit Gasbeleuchtung jeder Art auf italienischem Gebiet nicht mehr verkehren dürfen.

Auch in den Vereinigten Staaten Amerikas haben die vielfach vorgekommenen Unfälle dazu geführt, die elektrische Beleuchtung durchzuführen.

Am geeignetsten für Wagenbeleuchtung ist zweifellos die elektrische Beleuchtung. Ihre Bedienung ist einfach, sie kann jedem Bedürfnis angepaßt werden, als Einrichtung einfachster Art oder als solche reichster Luxusbeleuchtung; die bequeme Art der Leitungsverlegung und der Lampen ermöglicht eine weitgehende Verteilung des Lichtes, so daß jeder Platz ausreichend beleuchtet werden kann; das Ein- und Ausschalten des Lichtes erfolgt mit einem Griffe und gibt die Möglichkeit, an Brennstunden zu sparen und die Beleuchtung nur dann in Betrieb zu setzen, wenn dieselbe erforderlich ist. Sie ist ferner die reinlichste; sie verbreitet keine üblen Gerüche, keinen Rauch und keine Wärme und ist somit vom gesundheitlichen Standpunkt aus vorzuziehen. Schließlich darf man sie wohl als diejenige Beleuchtung bezeichnen, die am meisten Schutz gegen Feuersgefahr bietet. Selbstverständlich ist hierbei Voraussetzung sorgfältige und sachgemäße Verlegung der Leitungen und Einbau der Apparate. Die niedrige Betriebsspannung ist hier noch von besonderem Vorteil. Bei Maschinenbeleuchtung hat sich die Notwendigkeit erwiesen, die Behälter der Batterien mit einer Entlüftung zu versehen, um

die bei der Ladung entstehenden Gase abzuführen, welche im Behälter ein explosives Gemenge bilden und durch einen Funken leicht entzündet werden können.

Die Einzelbeleuchtung jedes Wagens mit Batterie allein oder in Verbindung mit einer Maschine sichert dem Wagen Freizügigkeit. Es ist aber ohne weiteres auch die Beleuchtung des ganzen Zuges von ein oder zwei Wagen aus durchführbar, und dies erscheint vom Standpunkt der Einfachheit und Betriebssicherheit wie vom Standpunkt der Wirtschaftlichkeit vorteilhaft. Eine Verbindung dieser beiden Arten — geschlossene Beleuchtung mit Einzelbeleuchtung — bietet die Möglichkeit, die Beleuchtung sämtlicher Wagen großer Bahngelände nach einheitlichen Gesichtspunkten durchzuführen.

Die elektrische Beleuchtung mit Maschinenbetrieb, bei welcher die elektrische Kraft im Zuge selbst erzeugt wird, erfordert natürlich wie jede maschinelle Anordnung Wartung durch ausgebildetes Personal. Wenn auch diese Wartung nur eine ganz einfache ist und keinerlei schwierige Anforderungen an das Personal stellt, so hängt doch von ihrer guten Ausführung das zuverlässige Arbeiten der Einrichtung im wesentlichen ab. Bei guter Wartung wird jede technisch durchgebildete Bauart auch die an dieselbe gestellten Anforderungen erfüllen und die Verwaltung, welche sich derselben bedient, durchaus befriedigen.

Die elektrische Beleuchtung ist jetzt in fast allen Ländern vollständig oder in großem Umfange eingeführt.

Kosten. — Genaue Angaben über die Kosten der Kerzenbeleuchtung sind in einem im Jahre 1912 erschienenen Bericht des russischen Verkehrs-Ministeriums „Vergleichende Kostenberechnung von Kerzen-, Gas- und elektrischer Beleuchtung in Passagierzügen“ angegeben. Die Einrichtungskosten sind gering. Der Preis einer Laterne und ihrer Anbringung ist mit Rbl. 10,— = RM 21,6 angegeben. Eine Kerze von 82 g Gewicht brennt 6 Stunden. Der Kerzenverbrauch stellt sich bei einem Preise von 11 Rbl. je Pud (RM 1,44 je Kilogramm) auf 2 Pfennig je Brennstunde einschließlich Tilgung und Verzinsung. Die Kosten einer Brennstunde stellen sich bei durchschnittlich 1500 jährlichen Brennstunden auf 2,2 Pfennig.

Für Öl- und Petroleumbeleuchtung sind die Anlagekosten je nach der Ausführung des Lampenkörpers sehr verschieden. Nach C. Banovits¹ betragen die Kosten einer Lampe bei der Badischen Staatsbahn RM 12,—, der Ungarischen Staatsbahn RM 15,—, während die Lampen Bauart Lafaurie & Potel RM 65,— bis RM 85,— kosten.

Die Kosten der Rübölbeleuchtung auf den Rumänischen Staatsbahnen berechneten sich nach der Veröffentlichung des Herrn Em. R. Samitca aus dem Jahre 1900² auf 5 Pfennig bei durchschnittlich 5stündiger Brenndauer und einem Preise des Rüböles von RM 1,— je Kilogramm.

¹ Bulletin des internationalen Eisenbahn-Kongreß-Verbandes 1905, S. 129..

² Costul diferitelor de Luminat al Vagoanelor calilor Ferate Romane. Buletinul Societatii Politecnice 1910, S. 34ff.

Dräger berechnet die Kosten¹ eines Wagens mit 4 Lampen von $7\frac{1}{2}$ HK Leuchtkraft und 36 g Ölverbrauch bei einem Preise von 70 Pfennig je Kilogramm Öl bei 1000 jährlichen Wagenbrennstunden zu RM 202,50, d. i. 5,06 Pfennig je Lampenstunde, wobei eine Tilgung von $1\frac{1}{2}\%$ und eine Verzinsung von 6% gerechnet worden ist. Die Bedienung ist mit RM 18,25 für das Lampenjahr angenommen.

Billiger stellt sich die Beleuchtung mit Petroleum oder Leuchtöl, da die Brennstoffe billiger sind (Petroleum etwa 20 Pfennig, Leuchtöl etwa 30 Pfennig).

Bei der Ölbeleuchtung muß ebenso wie bei der Kerzenbeleuchtung eine sehr scharfe Kontrolle über den Brennstoff geführt werden, da durch Entwendungen die Unkosten der Beleuchtung sich empfindlich erhöhen können.

Ölgas. Die Herstellungskosten sind nach den Produktionsbedingungen, Preisen des Rohmaterials, Größe und Ausnutzung der Gasanstalten sehr verschieden. Onken gibt im Jahre 1911 die Kosten in den neueren Anlagen der Preußischen Staatsbahn zu RM 0,35 für 1 cbm nicht gepreßten Gases, wozu noch die Preßkosten bei 10 Atm. von RM 0,05 je Kubikmeter kommen, so daß der Gesamtpreis RM 0,40 beträgt. In diesem Preise sind die Tilgungs- und Verzinsungskosten der Gasanstalten enthalten. Bei Pressung auf 100 Atm. stellen sich die Kosten auf $0,35 + 2,78 \times 0,05 =$ rund RM 0,49.

Bei der Deutschen Reichsbahn wird nach Wiedereinführung der Ölgasbeleuchtung im Jahre 1924 das Gas von der Firma Julius Pintsch AG. zu einem Preise von RM 0,50 je Kubikmeter gepreßt geliefert.

Die Beschaffungskosten einer Wageneinrichtung stellen sich für 1 D-Zugwagen der Deutschen Reichsbahn, welcher mit 8 Abteil- und 8 Nebenraumlampen ausgerüstet ist, auf RM 2250,—, die eines Personenwagens, der mit 6 Abteil- und 2 Nebenraumlampen ausgerüstet ist, auf RM 800,— und die einer Lokomotivbeleuchtung auf RM 680,—.

Bei Verwendung von Brennern mit 26 l/Std. Gasverbrauch, die eine Helligkeit von rund 50 HK ergeben, für die Abteile, und von Brennern mit 18 l/Std. Gasverbrauch, die eine Helligkeit von 30—35 HK besitzen, für die Nebenräume, beträgt der Gesamtgasverbrauch eines Wagens 352 l/Std. Die Betriebskosten berechnen sich nun wie folgt:

Von der Brennstundenzahl unabhängige Kosten:	
Tilgung und Verzinsung, 7% von RM 2250,—	RM 157,50
Unterhalt der Einrichtung RM 2,— für die Lampe	„ 32,—
Bedienung (Füllung, Reinigung) angenommen zu RM 3,— für die Lampe	„ 48,—
	RM 237,50

Von der Brennstundenzahl abhängige Kosten bei 1 Stunde täglicher Brenndauer:

Gasverbrauch ($0,352 \times 365 \times 0,5$)	RM 64,24
Füllverlust, Beförderungskosten 30%	„ 19,27
Glühkörperverbrauch bei 100 Brennstunden Haltbarkeit RM 0,40	„ 23,36
	RM 106,87

¹ Wagenbeleuchtungsarten, die sich für Dampfbahnen eignen. Vortrag in der XIII. Versammlung des Vereins Deutscher Straßenbahn- und Kleinbahn-Verwaltungen zu Berlin, 22. September 1911.

Die jährlichen Kosten stellen sich mithin bei einer täglichen Brennzeit von 1 Stunde auf RM 344,37, für jede Stunde Brennzeit mehr im Mittel steigen die Kosten um RM 106,87 und betragen mithin bei 3 Stunden mittlerer Brennzeit RM 558,11, bei 4 Stunden RM 665,— und bei 5 Stunden RM 771,85.

Bei einem P-Zugwagen mit 6 Abteil- und 2 Nebenraumlampen mit einem Gasverbrauch von 192 l/Std. berechnen sich die Kosten in der gleichen Art bei einer täglichen Brennstunde auf RM 153,18 und erhöhen sich für jede Stunde mehr um RM 57,18.

Bei Berechnung der Betriebskosten ist Abstand genommen von einer Berücksichtigung der für die Fortbewegung des Gewichtes der Einrichtung entstehenden Kosten. Der Gasverlust bei Füllung sowie Undichtigkeiten in den Leitungen ist mit 30% angenommen worden; wahrscheinlich dürfte der Verlust größer sein.

Blaugas. — Das Blaugas ist bis jetzt nur in sehr geringem Umfange für Wageneinrichtungen benutzt worden. Dräger gibt die Kosten einer Wagenbeleuchtung mit 4 Lampen zu RM 550,— an und den Gaspreis (wohl einschließlich Leihgebühr und Frachtkosten für die Flaschen) zu RM 1,80 pro Kubikmeter.

Azeton-Azetylen. — Über die Kosten gibt A. Pogany im Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens 1912, S. 391 Zahlen. — Die Einrichtung eines 4achsigen Personenwagens mit 9 Abteillampen, je zu 37 HK, 6 Seiten- und Nebenraumlampen, je zu 16 HK, zusammen 430 HK betragen RM 3570,—. Der Gasverbrauch ist durchschnittlich 0,121 für die HK-Stunde, im ganzen 75 l/Std.; die Herstellung des Preßgases kostet bei einem Preise des Karbids von RM 0,20 für das Kilogramm RM 1,27 für das Kubikmeter.

Für eine Stunde täglicher Brennzeit betragen die Kosten im Jahre RM 496,84 und steigen für jede Stunde täglicher Brennzeit mehr um RM 56,14.

Elektrische Beleuchtung. — Die Kosten einer Einrichtung für einen D-Zugwagen mit Batteriebeleuchtung haben bei der Preußischen Staatsbahn rund RM 2600,— betragen. Die Batterie besteht aus 16 Elementen der Größe X GO 50 mit einer Leistung von 370 Äst. und ist ausreichend für die Beleuchtung von 16 Lampen zu 20 Watt (25 HK) und 8 Lampen zu 12 Watt auf die Dauer von 22 Stunden. Die Aufladung erfolgt in Behältern des Wagens.

Die Kosten berechnen sich wie folgt:

a) Von der Ausnutzung unabhängige Kosten:	
Tilgung und Verzinsung 7% von RM 2600,—	RM 182,—
Unterhalt der Wageninstallation 1% von RM 1200,—	„ 12,—
Unterhalt der Batterie	„ 108,—
Bedienung	„ 75,—
	<u>RM 377,—</u>

b) Von der Ausnutzung abhängige Kosten:	
Ladekosten: Bei einer täglichen Brenndauer von 1 Stunde werden im Jahre benötigt 152 kWh, und bei einem Wirkungsgrade des Ladedienstes von 65% sind an den Klemmen der Lademaschine 234 kWh abzugeben. Diese Kosten betragen bei einem Preise von 10 Pf./kWh	RM 23,40

Übertrag	RM 23,40
Lampenersatz: 24 Lampen mit einer Haltbarkeit von 1000 Brennstunden erfordern einen Ersatz jährlich von 8,7 Lampen zu RM 1,— Kosten	„ 8,70
	<u>RM 32,10</u>

Es stellen sich mithin die Gesamtkosten unter den angenommenen Voraussetzungen bei einer täglichen Brenndauer von 1 Stunde auf RM 409,10 und für jede Stunde täglicher Brennzeit mehr steigen die Kosten um RM 32,10.

Bei Aufladung der Batterie außerhalb des Wagens muß die Bauart möglichst leicht sein. Ihre Ladedauer muß größer sein, und es muß demzufolge eine größere Anzahl Batterien vorhanden sein. Wenn auch die Batterien im Preise niedriger sind, so werden durch die erforderliche größere Zahl sowie durch die höheren Bedienungskosten für den Batteriewechsel die Betriebskosten eher sich höher stellen, als bei Aufladung im Wagen.

Einzelwagenbeleuchtung mit Achsmaschinen.

Die Kosten der Einrichtung eines D-Zugwagens I. und II. Klasse, wie sie gegenwärtig von der Deutschen Reichsbahn gebaut werden, stellen sich rund auf 4000,—. Es sind beleuchtet 3 Abteile I. Klasse mit je 3 Lampen und 4 Abteile II. Klasse mit je 2 Lampen zu 25 Watt, die Nebenräume mit 9 Lampen zu 15 Watt.

Die Betriebskosten stellen sich wie folgt:

a) Von der Ausnutzung unabhängige Kosten:	
Tilgung und Verzinsung 7% von RM 4000,—	RM 280,—
Unterhalt der Maschinen und Apparate $7\frac{1}{2}\%$ von RM 1200,—	„ 90,—
Unterhalt der Batterie 10% von RM 830,—	„ 83,—
Unterhalt der Wageninstallation 1% von RM 2000,—	„ 20,—
Bedienung RM 2,— je Lampe	„ 52,—
Gummiriemen je RM 25,— je 2 im Jahre.	„ 50,—
	<u>RM 575,—</u>

b) Von der Ausnutzung abhängige Kosten:	
Kraftverbrauch: Bei im Mittel 1stündiger Brenndauer täglich 204,4 kWh. Bei einem Wirkungsgrade von 75% mithin 272,5 kWh. 1 kWh verbraucht 2 kg Kohle zu RM 20,— je Tonne = 545 kg	RM 11,—
Lampenersatz: Bei 1000 Stunden Haltbarkeit und einem Preise von RM 1,— je Stück	„ 9,50
	<u>RM 20,50</u>

Die Gesamtkosten stellen sich mithin unter den angenommenen Voraussetzungen bei einer täglichen Brenndauer von 1 Stunde auf RM 595,50 und jede Brennstunde täglich mehr erhöht sich um RM 20,50, d. i. bei 3 Stunden mittlerer täglicher Brenndauer RM 636,50, bei 4 Stunden RM 657,— und bei 5 Stunden RM 677,50.

Vergleicht man diese Betriebskosten mit den entsprechenden der Gasbeleuchtung eines D-Zugwagens, wie ihn die Reichsbahn verwendet, d. i. rund RM 344,— bei 1stündiger, RM 558,— bei 3stündiger, RM 665,— bei 4stündiger und RM 772,— bei 5stündiger Brenndauer, so erkennt man, daß die Betriebskosten der elektrischen Beleuchtung bei geringer Ausnutzung infolge der höheren Anschaffungskosten ungünstiger als die Gas-

beleuchtung sind. Bei etwa 4stündiger Brenndauer werden sie gleich hoch und bei weiterer Steigerung der Ausnutzung vorteilhafter.

Bei einer Kleinbahn stellen sich die Betriebskosten etwa wie folgt:

Angenommen die Ausrüstung eines Gepäckwagens bestehe aus einer Maschine REG 76 mit einer Leistung von 60 Amp. bei 30 Volt und einer Batterie VI GO 50 mit dem Inhalt von 220 Amp./Std. bei 10stündiger Entladung. Der Gepäckwagen selbst sei mit 3 Lampen ausgerüstet. Die 2achsigen Personenwagen haben 6 Lampen. Angenommen sei ferner, daß auf einen Maschinenwagen 8 Personenwagen entfallen. Die Einrichtungskosten des Gepäckwagens mit Maschinenanlage stellen sich auf RM 3750,—, die für einen Personenwagen auf RM 360,—, mithin betragen die Gesamtkosten für 8 Personenwagen und 1 Gepäckwagen RM 6630,—.

Die Betriebskosten errechnen sich wie folgt:

a) Von der Ausnutzung unabhängige Kosten:	
Tilgung und Verzinsung 7% von RM 6630,—	RM 464,10
Unterhalt der Maschinen und Apparate 7 ¹ / ₂ % von RM 1950,—	„ 146,25
Unterhalt der Batterie 10% von RM 870,—	„ 87,—
Unterhalt der Installation 1% von RM 930,—	„ 9,30
1 Riemen	„ 30,—
Bedienung	„ 50,—
	<u>RM 786,65</u>

b) Von der Ausnutzung abhängige Kosten:	
Kraftkosten: 3 Lampen zu 15 Watt, 48 Lampen zu 25 Watt, insgesamt 51 Lampen mit 1245 Watt, das ist im Jahre bei 1stündiger täglicher Brenndauer 454,5 kWh; unter Berücksichtigung von 75% Wirkungsgrad mithin 605 kWh; 1 kWh = 2 kg Kohle zu RM 20,— je Tonne	RM 24,20
Lampenersatz: 51 Lampen bei täglich 1stündiger Beleuchtung im Jahre und 1000 Stunden Haltbarkeit bei einem Preise von RM 1,—	„ 18,60
	<u>RM 42,80</u>

Die Gesamtkosten stellen sich mithin bei 1stündiger Beleuchtung auf RM 829,45, mithin die Beleuchtungskosten eines Wagens, wenn der Gepäckwagen mit 3 Lampen gleich der Hälfte eines Personenwagens angenommen wird, auf RM 97,58 bei 1stündiger Beleuchtung, bei 3stündiger Beleuchtung auf RM 107,55.

Die Kosten der verschiedenen Beleuchtungsarten werden je nach den besonderen Verhältnissen einer Verwaltung sehr verschieden sein. Verschieden werden sich immer stellen die Kosten des Gases, die Kosten des Ladestromes, die Kosten der Bedienung und Unterhaltung je nach der Güte der Organisation, der Sorgfalt der Ausführung. Die Betriebskosten schwanken je nach der Ausnutzung der Anlage stark, und sind deshalb Kostenangaben ohne Angabe dieser für die Beurteilung wertlos.

Die technische Entwicklung der elektrischen Beleuchtung hat dahin geführt, daß die Frage der Beschaffung einer anderen Beleuchtungsart nicht mehr aufgeworfen wird. Der Kampf zwischen der Gasbeleuchtung und der elektrischen Beleuchtung ist entschieden. Es ist zweifellos, daß in allen Staaten das elektrische Licht für die Eisenbahnwagenbeleuchtung in wenigen Jahren allein vorherrschend sein wird und die anderen Beleuchtungsmittel nur noch geschichtliche Bedeutung haben werden.

Verlag von Julius Springer / Berlin

Leitfaden der Lichttechnik für Unterricht und Praxis. Von Professor Dr.-Ing. W. Voege, Elektrisches Prüfamt Hamburg. Mit 47 Abbildungen im Text sowie zahlreichen Tabellen und Beispielen. V, 80 Seiten. 1928. RM 4.50

Licht und Arbeit. Betrachtungen über Qualität und Quantität des Lichtes und seinen Einfluß auf wirkungsvolles Sehen und rationelle Arbeit von M. Luckiesh, Direktor des Forschungslaboratoriums für Beleuchtung der National Lamp Works der General Electric Co. Deutsche Bearbeitung von Ing. Rudolf Lellek, Witkowitz C. S. R. Mit 65 Abbildungen im Text und auf zwei Tafeln sowie einer Farbmustertafel. X, 212 Seiten. 1926.

Gebunden RM 15.—

Herzog-Feldmann, Die Berechnung elektrischer Leitungsnetze in Theorie und Praxis. Vierte, völlig umgearbeitete Auflage von Professor Clarence Feldmann, Delft. Mit 485 Textabbildungen. X, 554 Seiten. 1927.

Gebunden RM 38.—

Herstellen und Instandhalten elektrischer Licht- und Kraftanlagen. Ein Leitfaden auch für Nicht-Techniker unter Mitwirkung von Gottlob Lux und Dr. C. Michalke verfaßt und herausgegeben von S. Frhr. v. Gaisberg. Neunte, umgearbeitete und erweiterte Auflage. Mit 66 Abbildungen im Text. X, 133 Seiten. 1920.

RM 1.80

Die selbsttätige Signalanlage der Berliner Hoch- und Untergrundbahn. Von Alfred Bothe, Oberingenieur der Hochbahngesellschaft. Mit einem Geleitwort von Geheimem Baurat Dr. Kemmann. (Erweiterter Sonderdruck aus „Archiv für Eisenbahnwesen“ Jahrgang 1927.) Mit 116 Textabbildungen und 18 Tafeln. X, 164 Seiten. 1928.

Gebunden RM 32.—

Vorlesungen über die wissenschaftlichen Grundlagen der Elektrotechnik. Von Professor Dr. techn. Milan Vidmar, Ljubljana. Mit 352 Abbildungen im Text. X, 451 Seiten. 1928.

RM 15.—; gebunden RM 16.50

Die wissenschaftlichen Grundlagen der Elektrotechnik. Von Professor Dr. Gustav Benischke, Berlin. Sechste, vermehrte Auflage. Mit 633 Abbildungen im Text. XVI, 682 Seiten. 1922. Gebunden RM 18.—

Kurzer Leitfaden der Elektrotechnik in allgemeinverständlicher Darstellung für Unterricht und Praxis. Von Rudolf Krause. Fünfte, erweiterte Auflage, neubearbeitet von W. Vieweger, Ingenieur. Mit 413 Abbildungen. VIII, 275 Seiten. 1929.

RM 10.—; gebunden RM 11.50

Kurzes Lehrbuch der Elektrotechnik. Von Professor Dr. Adolf Thomälen. Zehnte, stark umgearbeitete Auflage. Mit 581 Textbildern. VIII, 359 Seiten. 1929.

Gebunden RM 14.50

Verlag von Julius Springer / Berlin

Ausrüstung der elektrischen Fahrzeuge. Von Professor Dr. W. Kummer, Zürich. (Erster Band der „Maschinenlehre der elektrischen Zugförderung.“) Zweite, umgearbeitete Auflage. Mit 92 Abbildungen im Text. V, 168 Seiten. 1925. Gebunden RM 9.60

Die Energieverteilung für elektrische Bahnen. Von Professor Dr. W. Kummer, Zürich. (Zweiter Band der „Maschinenlehre der elektrischen Zugförderung.“) Mit 62 Abbildungen im Text. IV, 158 Seiten. 1920. Gebunden RM 5.—

Erläuterungen zu den Vorschriften für elektrische Bahnen (Bahnvorschriften). Gültig ab 1. Januar 1926. Im Auftrage des Verbandes Deutscher Elektrotechniker herausgegeben von Direktor H. Uhlig, Elberfeld. VI, 80 Seiten. 1927. RM 4.—; gebunden RM 5.—

Elektrische Zugförderung. Handbuch für Theorie und Anwendung der elektrischen Zugkraft auf Eisenbahnen. Von Baurat Dr.-Ing. E. E. Seefehlner, a. o. Professor an der Technischen Hochschule in Wien, Vorsitzender der Direktion der AEG-Union, Elektrizitäts-Gesellschaft, Wien. Mit einem Kapitel über Zahnbahnen und Drahtseilbahnen von Ingenieur H. H. Peter, Zürich. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 751 Abbildungen im Text und auf einer Tafel. XI, 659 Seiten. 1924. Gebunden RM 48.—

Elektrische Vollbahnlokomotiven. Ein Handbuch für die Praxis sowie für Studierende von Dr. techn. Karl Sachs, Ingenieur der A.-G. Brown, Boveri & Cie., Baden, Schweiz. Mit 448 Abbildungen im Text und 22 Tafeln. XI, 461 Seiten. 1928. Gebunden RM 84.—

Arnold-la Cour, Die Gleichstrommaschine. Ihre Theorie, Untersuchung, Konstruktion, Berechnung und Arbeitsweise. Dritte, vollständig umgearbeitete Auflage. Herausgegeben von Dr.-Ing. e. h. J. L. la Cour. In zwei Bänden.

Erster Band: **Theorie und Untersuchung.** Mit 570 Textfiguren. XII, 728 Seiten. 1919. Unveränderter Neudruck 1923. Gebunden RM 30.—

Zweiter Band: **Konstruktion, Berechnung und Arbeitsweise.** Mit 550 Textfiguren und 18 Tafeln. XI, 714 Seiten. 1927. Gebunden RM 30.—

Die Gleichstrom-Querfeldmaschine. Von Ingenieur Dr. E. Rosenberg. Mit 102 Textabbildungen. V, 97 Seiten. 1928. RM 11.—

Wegweiser für die vorschriftsgemäße Ausführung von Starkstromanlagen. Im Einverständnis mit dem Verbands Deutscher Elektrotechniker herausgegeben von Professor Dr.-Ing. e. h. G. Dettmar, Hannover. VI, 302 Seiten. 1927. RM 7.50; gebunden RM 8.75

Auskunftsbuch für die vorschriftsgemäße Unterhaltung und Betriebsführung von Starkstromanlagen. Von Professor Dr.-Ing. e. h. G. Dettmar, Hannover. Mit 51 Abbildungen. VI, 273 Seiten. 1928. RM 9.60; gebunden RM 10.60