

Die Beleuchtung von
Eisenbahn-Personenwagen

Von

Max Büttner

Dritte Auflage

Die Beleuchtung von Eisenbahn-Personenwagen

mit besonderer Berücksichtigung der
elektrischen Beleuchtung

Von

Dr. Max Büttner

Dritte

vermehrte und verbesserte Auflage

Mit 120 Textabbildungen



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

1925

ISBN 978-3-662-27603-7 ISBN 978-3-662-29090-3 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-29090-3

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

Softcover reprint of the hardcover 3rd edition 1925

V o r w o r t

Die vorliegende 3. Auflage hat infolge der schnellen Entwicklung der elektrischen Wagenbeleuchtung eine Neubearbeitung besonders dieses Teiles erfahren müssen. Um den Umfang des Buches nicht zu sehr anschwellen zu lassen, konnte manches Bemerkenswerte nur kurz Erwähnung finden.

Ich hoffe, daß es mir gelungen ist, eine eingehende und erschöpfende Darstellung des gegenwärtigen Standes dieses Einzelgebietes der Technik zu geben und sage allen, die mich mit Rat und Tat unterstützt haben, Dank.

Berlin, November 1924.

Dr. Max Büttner.

Inhaltsübersicht.

	Seite
Einleitung	I
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. — a) Allgemeines. — Eigenschaften. — Die Wageneinrichtung. — Helligkeit, Gasverbrauch der Lampen. — b) Mischgas: Eigenschaften und Herstellungsart des Azetylens und des Mischgases. — c) Gasglühlicht für 150 mm Brenndruck, Helligkeit und Gasverbrauch. — d) Preßgasglühlicht (Brenndruck 1500 mm), Wageneinrichtung, Verteilung des Gases	8
2. Steinkohlengas. — Verwendung für offene Flammen. — Anreicherung des Gases (Karburierung), Helligkeit und Gasverbrauch. — Glühlicht. — Steinkohlenpreßgas-Beleuchtung	21
3. Blaugas	23
4. Azetylenbeleuchtung. — Bauart Piutti. — Das gelöste Azetylen: Löslichkeit des Azetylens in Aceton; Herstellung des gelösten Azetylens: Füllung der Behälter, Wageneinrichtung für Daléngas. — Erdgas-Gasolindampf: Das Vapor-System	24
Zweiter Teil.	
Die elektrische Beleuchtung.	
Einleitung	30
I. Die Beleuchtung mit Sammlern	31
1. Der Bleisammler; Beschreibung und Eigenschaften. — Die wichtigsten Plattenarten. — Elemente und Batterien für Zugbeleuchtung. — Batteriebehälter	31
2. Der alkalische Sammler: Beschreibung und Eigenschaften. — Die Elemente und Batterien für Zugbeleuchtung	47
3. Wagenausrüstung. — Betriebsspannung. — Leitungsnetz. — 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 Italienischen Staatsbahn. — Anlagen mit Ladung im Wagen: geschlossene Zugbeleuchtung der Dänischen Staatsbahn. — Einzelwagenbeleuchtung der Französischen Nordbahn, der Deutschen Reichsbahn, der Pennsylvania Railroad	53

II. Die Beleuchtung mit Maschinen, deren Antrieb durch besondere Motoren erfolgt	Seite 69
Allgemeines. — Ausführungsarten: 1. Dampfkessel und Dampfmaschine im Gepäckwagen. — 2. Verbrennungsmotor mit Dynamomaschine im Gepäckwagen. — Anlage der Ostchinesischen Eisenbahn. — 3. Dampfturbine im Gepäckwagen. — Bezug des Dampfes von der Lokomotive. Anlage amerikanischer Bahnen. — 4. Dampfturbine auf dem Lokomotivkessel; Anordnung der ehemaligen Preußischen Staatsbahnen; Anordnung der Gould Coupler & Co. — 5. Lokomotivbeleuchtung mit Dampfturbinendynamos.	
III. Die Beleuchtung mit Maschinen, deren Antrieb durch die Wagenachse erfolgt	80
Bedingungen, denen eine Achsenbeleuchtung entsprechen muß. Die erforderlichen Ausrüstungsteile:	
1. Aufhängung und Antriebsvorrichtung der Maschine: Antrieb durch Riemen. — Riemenverbinder. — Riemenscheiben. — Riemenspannung. — Aufhängevorrichtung. — Titanriemen. — Kettenantrieb. — Gliederriemenantrieb. — Aufhängung der Maschine am Wagenkasten und am Drehgestell	82
2. Der Maschinenselbstschalter	89
3. Der Polwechsler	91
4. Regelung der Maschinenspannung: Anforderungen an die Regelung in Rücksicht auf die Batterie. — Einfluß der Ladestromstärke, Säuredichte, Reinheit der Säure und Temperatur auf die Spannung der Batterie. — Gebräuchliche Ladeweisen bei Zugbeleuchtungsanlagen. — Arten der Regelung der Maschinenspannung. — Vermeidung von Überladungen der Batterie. — Der Spannungsbegrenzer. — Aufladung mit Ampèrestundenzähler. — Der Sangamozähler. — Aufladung der Batterie bis zu 2,25 Volt für die Zelle. Messungen von Dick und von Woodbridge. — Aufladung von alkalischen Batterien. — Entsulfatierungsschaltung	91
5. Regelung der Lampenspannung: Selbsttätige Spannungsregler. — Verzicht auf Regelung; Dick, Bauarten E.S.B. und GEZ.-Einrichtung der Dänischen Staatsbahn. — Verwendung von 2 Batterien. — Selbsttätige Umschaltung derselben. Leitungsanordnung bei Beleuchtung eines Zuges von einem Wagen aus	102
6. Bemessung der Anlage: Vergleich geschlossener Zugbeleuchtung und Einzelwagenbeleuchtung. — Erforderliche Größe der Maschine und der Batterie. — Anforderungen der verschiedenen Betriebsverhältnisse an die Leistung der Maschinenanlage	106
7. Geschlossene Zugbeleuchtung: Ältere Ausführungen. — Versuche in England, Deutschland, Österreich. — Anlagen der Preußischen Staatsbahnen. — Neuere Ausführungen: Französische Bahnen, Dänische Staatsbahn, amerikanische Ausführungen	112
8. Einzelwagenbeleuchtung	118
a) Kontinentale Bauarten: 1. Bauart Vicarino. — 2. Bauart Dick. — 3. Bauarten Brown-Boveri, a) Bauart Kull, b) Bauart Aichele, c) Bauart Güttinger, d) Zugbeleuchtungsregler mit verbesserter Ladecharakteristik, e) Bauart mit vereinfachtem Regler Ausführung E 16/0. — 4. Bauart GEZ. — 5. Bauarten EVR und AJ. — 6. Bauart Pintsch-Grob. — 7. Bauart Oerlikon. — 8. Bauart Era	119

b) Englische Bauarten: 1. a) Bauart Stone, b) Bauart Stone-Liliput, Seite	
c) Bauart Stone-Liliput für wechselnde Geschwindigkeiten. —	
2. Bauart Vickers. — 3. Bauart Mather & Platt. — 4. Bauart	
Rotax-Leitner. — 5. Bauart Dalziel	144
c) Amerikanische Bauarten: 1. Bauart Gould-Simplex. — 2. Safety-	
Bauart. — 3. U.S.L.-Bauart. — 4. E.S.B.-Bauart. — 5. Bauart	
Stone-Franklin	160
IV. Allgemeines über die Ausführung elektrischer Wagen-	
beleuchtung	174
Anordnung und Wahl der Lampen und Beleuchtungskörper. — Ver-	
dunkelungseinrichtungen. — Elektrische Lüftung. — Elektrische	
Kocheinrichtung. — Leitungsverlegung und Installation. — Lei-	
tungskupplungen. — Bedienung und Instandhaltung elektrischer	
Anlagen	174
Sicherheitsvorschriften für die Einrichtung elektrischer Beleuchtung	
in Eisenbahnwagen	185
V. Ausbreitung, Vor- und Nachteile der verschiedenen Be-	
leuchtungsarten. — Vergleich der Beleuchtungsarten . . .	193
Kostenvergleich	198

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 Beleuchtungssysteme, welche für stationäre 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 fanden schließlich nur bei Nebenbahnen mit geringerem Verkehr oder als Notbeleuchtung Verwendung 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 die 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 wichtigen 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 Tantalampe, 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.

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, und auch jetzt bedienen sich noch viele Verwaltungen dieser Beleuchtungsart. Nur in Amerika, Ruß-

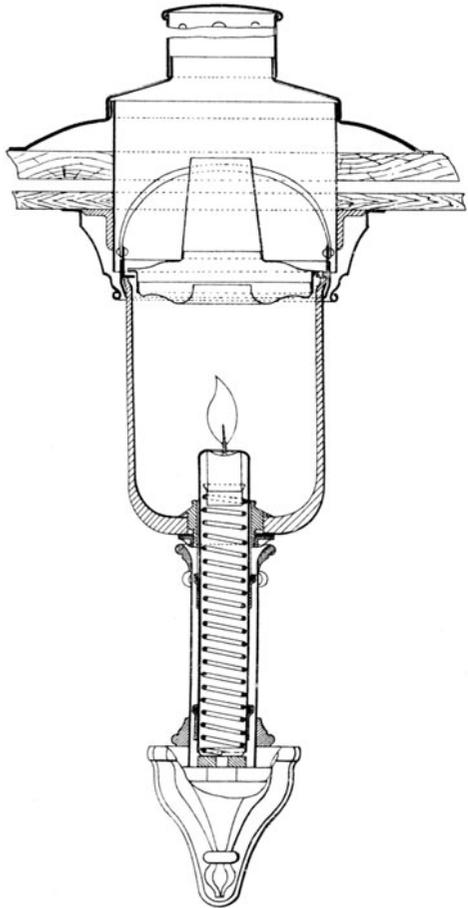


Abb. 1. Kerzenhalter.

land 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.

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 Scheinwerfer 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.

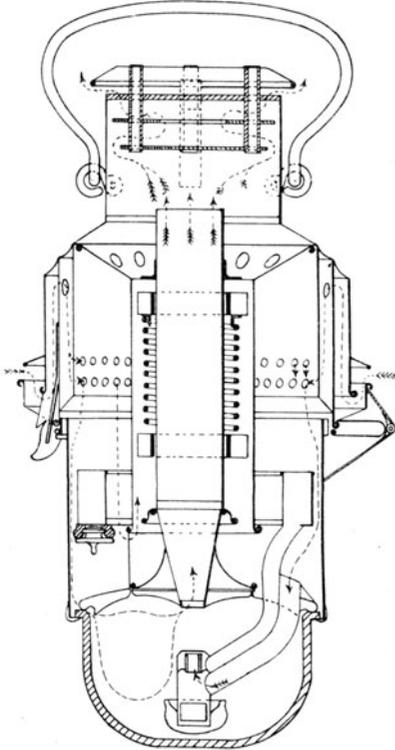


Abb. 2. Rundbrenner für Öl.
Bauart Lafaurie & Potel.

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 Rundbrenner

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. Dieses Abzugsrohr ist von einem weiteren Rohr umgeben, um das Ölgefäß der Wärmeeinwirkung zu entziehen. Neben dem Ölzufußrohr 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 bis 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. Die Argandbrenner der sächsischen Staatsbahnen haben einen Ölverbrauch von 37 g und besitzen einen Vorrat für 12 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 bis 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

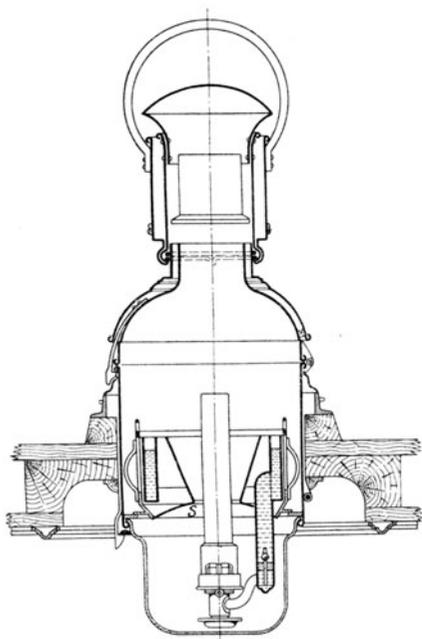


Abb. 3. Argandlampe.

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 sorgfältiger 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.

Diese Vorteile machen es begreiflich, daß die Ölbeleuchtung noch eine große Verbreitung besitzt. Auch auf denjenigen Bahnen, welche bereits eine bessere Beleuchtung eingeführt haben, sind Öllampen 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 wurde in Amerika auch Petroleum mit einem niedrigen Entflammungspunkt von 65° verwandt. Dieses ist 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 Eisenbahnen 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 spezifische Gewicht soll zwischen $0,835 - 0,816 = 38 - 42^\circ \text{B}$ 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 Doctes, 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 und 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.

Da das reine Petroleum auf den deutschen Bahnen für die Beleuchtung verboten ist, benutzt man auf Nebenbahnen vielfach das Dr. Lepenowsche Sicherheitsöl. Dasselbe ist ein schweres Petroleum mit einem Zusatz von Rüböl und Kampfer. Es hat ein spez. Gewicht von 0,84 (36°B) und eine rötliche Farbe.

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 und Kolonien 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 Kohlendgas 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 Kohlendgases.

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 A.-G. 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⁾ waren im Jahre 1916 rund 750000 Gaslampen in Wagen und Lokomotiven in Betrieb.

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 Kohlendgas, 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 Destillation der Braunkohle als Rückstand erhaltene Braunkohlenteeröl oder Paraffinöl neben Petroleumrückständen zur Gasbeleuchtung Verwendung, während in Amerika hierzu Rohpetroleum benutzt wird.

¹⁾ Dr. Otto Hübner, „Verwendung des Steinkohlengases für die Beleuchtung von Eisenbahnwagen“. Journ. für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung 1916, Nr. 33 u. 34.

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. Onken¹⁾:

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

Benzol und Azetylen, Stickstoff, Sauerstoff, Kohlenoxyd und Kohlensäure sind nur in unbedeutenden Mengen im Gase enthalten. Die Dichte eines solchen Gases bezogen auf Luft ist etwa 0,75. Das Verhältnis 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 Generatoren²⁾ 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 %
10 „	=	7,4 %
15 „	=	16,3 %
20 „	=	21,5 %

¹⁾ L. Onken, Versandfähige Leuchtgase. Glaser's Annalen 1911, S. 88.

²⁾ Fr. Landsberg, Ölgasanstalt mit Generatorbetrieb. Z. V. D. I. 1909, S. 1485.

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 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 bis 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 in 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, andererseits 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 und dieser Druck dauernd gleich hoch gehalten. 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 Einströmöffnung. 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 beson-

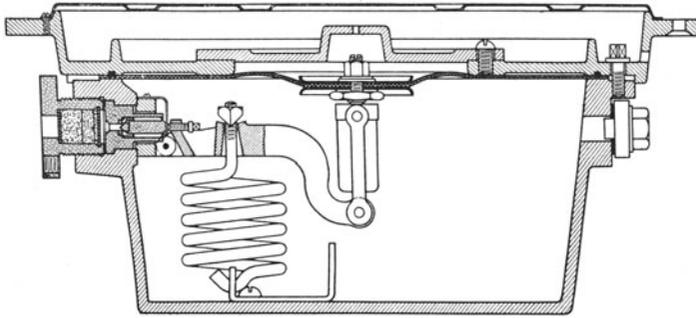


Abb. 4. Druckregler.

dere 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 Brennröhre sind meist in einem Scharnier drehbar, um den Gasarm aus der Glasglocke herausnehmen zu können. Jeder Hahn besitzt einen Absperrhahn und eine Vorrichtung zur Regelung des Gasverbrauches der einzelnen Flammen.

Die Lampen bestehen aus dem Lampengehäuse, einem 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 Dun-

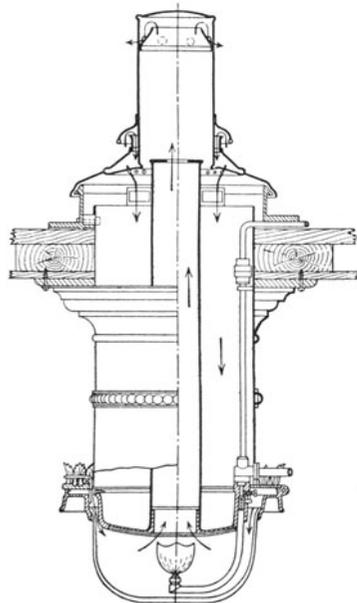


Abb. 5. Lampe für Ölgasbeleuchtung, von innen und außen zugänglich.

kelstellvorrichtung, 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.

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.

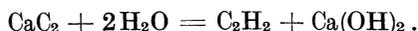
Die Einführung des Azetylen in die Technik führte zu einer ganz wesentlichen Verbesserung der Gasbeleuchtung. Nachdem sich wegen der außerordentlichen Gefährlichkeit des reinen Azetylen dessen Verwendung zur Beleuchtung der Wagen als undurchführbar herausgestellt hatte, war es der Firma Julius Pintsch A.-G. 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 Gasverbrauche ganz beträchtlich erhöht wird¹⁾.

Azetylen C_2H_2 , eine sogenannte endothermische Verbindung, bei deren Zerfall Wärme frei wird, zersetzt sich bei einer Temperatur von 780° bei jedem Druck plötzlich in Kohlenstoff und Wasserstoff unter starker Wärmeentwicklung und Drucksteigerung. Die Zersetzung findet auch statt, wenn nur ein Teil des Gases auf die Zersetzungstemperatur gebracht wird. Die hierdurch eintretende Wärme- und Drucksteigerung kann die Explosion und Zerstörung der Gasbehälter bewirken. Ebenso kann die Pressung des Azetylen leicht zur Explosion durch die bei derselben auftretenden Wärmeentwicklung führen, so daß man gezwungen ist, von der Verwendung reinen, gepreßten Azetylen Abstand zu nehmen.

¹⁾ Gerdes, Eisenbahn-Waggonbeleuchtung unter besonderer Berücksichtigung der Verwendung von Azetylen. Glasers Annalen Bd. 40, S. 1 ff. und S. 123 ff. 1897.

Die Herstellung des Azetylens in den von Julius Pintsch A.-G. gebauten Anlagen geschah durch Einführung von Kalziumkarbid in Stücken in mit Wasser gefüllte Behälter¹⁾.

Das Wasser zersetzt das Karbid unter Bildung von Azetylen und Kalkhydrat nach der Gleichung



Das erzeugte Gas wurde durch Kühler und Wäscher zum Gasbehälter geleitet. Zur Mischung mit Ölgas ging dasselbe durch eine Gasuhr, welche mit der Gasuhr, durch welche das Ölgas zugeführt wird, zwangsläufig verbunden war, so daß die durchströmenden Gase in dem gewünschten Verhältnis sich mischten.

Die Verwendung von Mischgas erforderte keine weitere Veränderung an den für Ölgas bestehenden Einrichtungen, als die Einrichtung 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.

Ein höherer Gehalt von Azetylen erhöht die Leuchtkraft nicht mehr wesentlich, so daß eine Beimischung von 25% Azetylen am vorteilhaftesten erscheint. Während die Leuchtkraft durch Beimischung von 10% Azetylen um nicht ganz das Doppelte, von 25% Azetylen um das Dreifache erhöht wird, findet bei einem Zusatz von 40% eine weitere Helligkeitssteigerung von etwa 10%, bei 50% eine solche von 20% gegenüber der ersteren Mischung statt. Bei Verwendung eines guten Ölgases tritt leicht ein Verstopfen der Brenner und damit ein Verrußen der Scheinwerfer ein, das durch Wahl eines anderen Mischungsverhältnisses zwischen Ölgas und Azetylen und durch gutes Reinigen beider Gase wesentlich herabgemindert werden kann.

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 (2,50 Mark) der Glühkörper. Erst als ein Jahrzehnt später andere Firmen brauch-

¹⁾ Bork, Anlagen und Betriebe von Kalzium-Karbidfabriken, sowie von Azetylen und Mischgasanstalten für Beleuchtung von Eisenbahnwagen. Verhandlung des Vereins für Eisenbahnkunde 1898, S. 50ff.

bare Glühkörper zu wesentlich niedrigeren Preisen in den Handel brachten (im Jahre 1896 schon zu 40 Pfennig), 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 niederschlagen ist. Das Gewebe wird in einem Bade, das die Nitate 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.

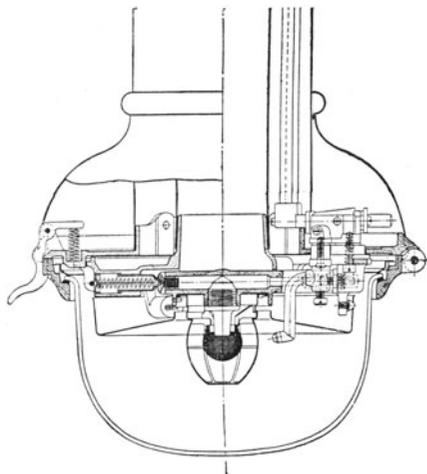


Abb. 6. Lampe für hängende Glühkörper.

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 A.-G. 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 Brennermundstückes befestigt ist. Die Verwaltung benutzte statt Ölgas Kohlengas.

Auf deutschen Bahnen wurden ausschließlich hängende Glühkörper verwendet mit alleiniger Ausnahme der Reichseisenbahnen in Elsaß-Lothringen, die anfangs auf Grund der guten Erfolge der benachbarten Ostbahn stehendes Licht benutzten.

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 A.-G. dar.

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

¹⁾ Neuerungen auf dem Gebiete der Beleuchtung von Eisenbahn-Personenwagen. Glasers Annalen 75, 4. 1914.

Berlin-Anhaltische Maschinenfabrik A.-G. 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 Std. Der Preis stellt sich auf 35—45 Pfg.

Bis zur vollen Einführung der Glühlichtbeleuchtung wurde das Mischgas auf den deutschen Bahnen zunächst beibehalten unter Verminderung des Azetylengehaltes auf 10 %, später ist reines Ölgas ausschließlich zur Verwendung gekommen.

d) Preßgasglühlicht (Brenndruck 1500 mm).

Aus den Versuchen der Firma Julius Pintsch A.-G. 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—11fache 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 vorbeistreicht. Dieser bewirkt aber eine nicht unbeträchtliche Temperaturerniedrigung 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, u. a. 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 I nach Hübner dargestellt.

Dr. Hübner bemerkt, daß mit Einführung der Gasglühlichtbeleuchtung der spezifische Gasverbrauch bei hängendem Brenner auf ein Sechstel gegenüber Mischgas zurückgegangen ist. Gleichzeitig ist aber die Lichtmenge auf den siebenfachen Betrag gestiegen, so daß trotz Verwendung sehr viel größerer Gasbehälter die Reichweite der Wagen nur unwesentlich gesteigert werden konnte. Erst durch die Preßgas-

beleuchtung konnte bei Beibehaltung der Lichtstärke und der Zahl der Lampen eine Verdoppelung der Betriebsdauer der Wagenbeleuchtung von 39 auf 70 Stunden erzielt werden.

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. 1 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

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 be-

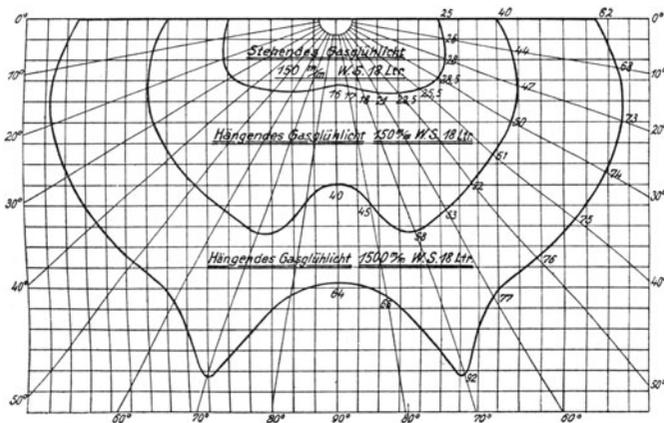


Abb. 7. Lichtausstrahlung bei Gasglühlicht.

trägt. 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 einschließlich 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 Schalzhahn 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, wie Berliner Stadt- und Vorortbahn, 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 Schalzhahn, 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—80 mm WS. Vom Zusatzregler führt ferner eine Leitung zum Haupt- und Schalzhahn, 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 bis 80 mm gesperrt ist. Infolgedessen erhalten sämtliche Lampen hohen Druck, und zwar auch diejenigen Laternen mit Hell- und Dunkelstell-

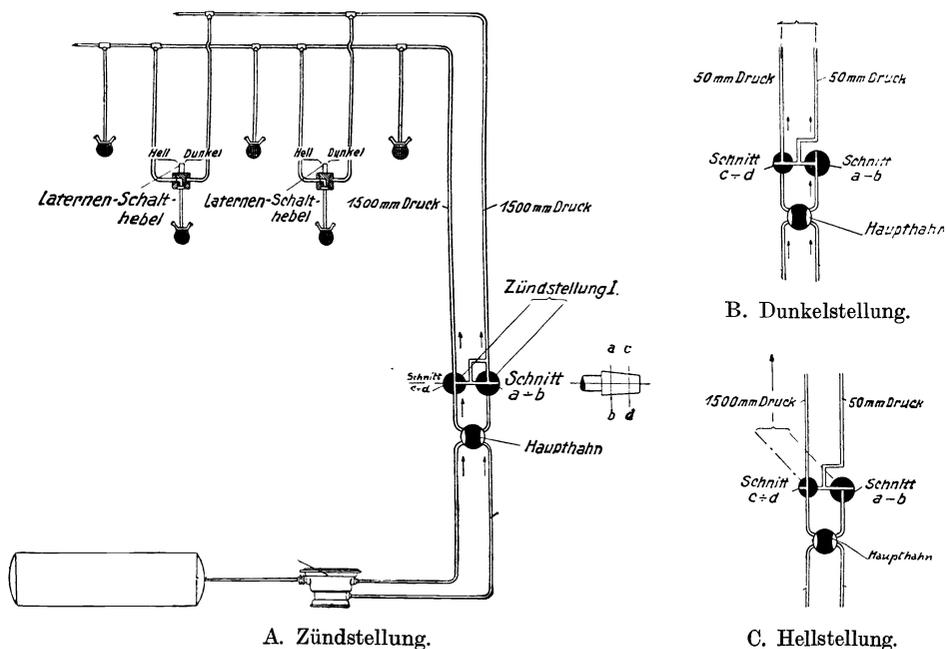


Abb. 8. Schaltbild einer Preßgasbeleuchtung für Wagen mit Laternen teils mit, teils ohne Hell- und Dunkelstellvorrichtung.

vorrichtung, 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 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, Laternenschalthebel). 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 A.-G. 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. Die preußisch-hessischen Staatsbahnen hatten im Jahre 1912 auf einem Netz von 39 000 km 59 Ölgasanstalten und einen Ölgasverbrauch von 16,7 Millionen cbm. Für sämtliche deutsche Staatsbahnen schätzt ihn Hübner auf rund 25 Millionen cbm.

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 sind die für die verschiedenen Größen der Preßpumpe und die für ihre Leistungen ausreichenden Durchmesser der Leitung angegeben.

Tabelle 2.

Ansaugleistung 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

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 (Karbrierung) 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 karburiertes Steinkohlengas gegenüber 22 l Ölgas benötigt. An Karburierflüssigkeit werden etwa 5 g für die Flammenstunde verbraucht und reicht demnach ein Karburiergefäß von 1 l, entsprechend etwa 900 g Flüssigkeitsinhalt, für 180 Stunden aus. Da bei Kälte wesentlich weniger Kohlenwasserstoffe aufgenommen werden, demnach die Leuchtkraft bedeutend vermindert wird, führt man die Karburierung vielfach unmittelbar in den Lampen durch. Zu diesem Zweck wird bei jeder Lampe oberhalb des Reflektors ein Behälter angebracht, in welchem sich das Karburiermittel, in diesem Falle vorzugsweise das bei 79° schmelzende Naphthalin, befindet. Durch die Flamme wird letzteres erhitzt und tritt mit dem Gas gemischt aus dem Brenner. Es wird bei einem mittleren Verbrauch von 45 l Gas, welches 2 g Naphthalin aufgenommen hat, eine Lichtstärke von 6,3 HK erzielt.

Die Beleuchtung mit Steinkohlengas gewährt den Vorteil, daß das Gas von städtischen Anstalten bezogen werden kann, mithin die Errichtung einer besonderen Gasanstalt fortfällt und nur die Verdichtungsanlage mit Fülleinrichtung beschafft werden muß.

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

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

5	Volumenteile schweren Kohlenwasserstoff ($3\frac{1}{2}\%$ C_2H_4 $1\frac{1}{2}\%$ C_6H_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. Aus der folgenden Tabelle 3 nach Hübner geht der Verbrauch und die Leuchtkraft der einzelnen Einrichtungsarten hervor.

Tabelle 3.

	Offene Flamme		Stehen- des Gas- glühlicht	Hängen- des Gas- glühlicht 150 mm Drucke	Preßgas- glühlicht 1500 mm Druck
	Reines Gas	Mischgas			
Kohlengasverbrauch in Liter je HK-Stunde. . .	—	7	1,6	0,8—0,9	0,4—0,5
Erforderlich für Erzeugung von 6 HK für eine Lampe von 40 HK für eine Lampe	— —	42 —	— 64	— 32—36	— 16—20
Betriebsdauer eines Wagens mit einer Gasfüllung, Gasbehälterinhalt = 2100 l, bei 5 Atm. = $2100 \times 5 = 10500$ l, 15 Lampen mit je 40 HK	—	—	11	20	35

In der senkrechten Reihe 1 können die Zahlen für Steinkohlengas nicht aufgeführt werden infolge der ungünstigen Eigenschaft des Gases. Hübner schätzt die Betriebsdauer des Wagens für Steinkohlengasbeleuchtung durch offene Flamme bei einem Gasbehälter für 400 l auf 2—3 Stunden. In der zweiten Reihe sind die Zahlen für Mischgas, bestehend aus 80 Raumteilen Kohlengas und 20 Raumteilen Aze-tylen angegeben.

¹⁾ L. Onken a. a. O.

Bei Beginn des Krieges, also im Jahre 1914, war bereits mit der Einführung der Ölgas-Preßgasbeleuchtung bei der Preußischen Staatsbahn begonnen worden. Während des Krieges mußten, da die für die Ölgasherstellung bestimmten Ölvorräte beschlagnahmt wurden, die Verwaltungen dazu übergehen, Kohlengasbeleuchtung einzuführen, wobei noch der weitaus größte Teil der Wagen Niederdruckbeleuchtung hatte. Es mußte die bisherige Brenneinrichtung für Steinkohlengas als ungeeignet verlassen werden und unter Beibehaltung der Gasdüsen ein dem kleineren Flammenvolumen entsprechendes kleineres Mundstück und kleinere Glühkörper zur Verwendung gelangen. Es wurde die Anlage so getroffen, daß etwa 30% höherer Gasverbrauch als bei Ölgas vorgesehen wurde. In der Nacht vom 25. zum 26. Mai 1915 ist auf allen Strecken der Preuß.-Hess. Staatsbahnen und der Reichseisenbahnen die Kohlengasbeleuchtung eingeführt worden.

Gegenwärtig sind die Wagen der deutschen Bahnen ausschließlich mit Steinkohlengas-Preßgasbeleuchtung ausgerüstet. Doch wird dieselbe jetzt entfernt und durch Ölgas-Preßgas-Beleuchtung ersetzt. Die Deutsche Reichsbahn hat mit der Firma Julius Pintsch A.-G. einen Vertrag über Lieferung von Ölgas und Errichtung und Betrieb der erforderlichen Gasanstalten abgeschlossen. Die Umwandlung der Wagenbeleuchtung soll mit Beginn des Jahres 1927 beendet sein. Veranlaßt ist diese Maßnahme dadurch, daß das Steinkohlengas erhebliche Anfressungen in den Behältern und Leitungen hervorgerufen hat, die zur Gefährdung Anlaß geben können. Die Zusammensetzung des Steinkohlengases und infolgedessen auch die Beleuchtungsstärke schwanken stark, außerdem ist festgestellt worden, daß die Kosten höher sind als bei Ölgas.

Tabelle 4 nach Hübner stellt den Gasverbrauch und die Lichtstärke der Ölgasniederdruck-Beleuchtung und der für Steinkohlengas abgeänderten Brenner dar. Die in den senkrechten Spalten 3 und 4 aufgestellten Zahlen + 6 und + 8 bezeichnen den stündlichen Gasverbrauch für die Zündflammen.

Tabelle 4.

Gasart	Brenndruck mm	Gasverbrauch l/St.		Lichtstärke HK \ominus		Bemerkungen
		2. Kl.	3. Kl.	2. Kl.	3. Kl.	
Ölgas . . .	150	26 + 6 = 32	18 + 6 = 24	69	48	Ölgasbrenneinrichtung
Steinkohlengas . . .	150	32 + 8 = 40	25 + 8 = 33	33	26	Desgl., jedoch besondere Mundstücke und kleinere Glühkörper

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 karburiert, wobei sie wieder einen Teil der abgeschiedenen Gase aufnimmt. — Das Gas wird 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 14 000 WE für 1 cbm.

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 WS Druck bis auf 3,7 HK-Stunden.

Hergestellt wird das Blaugas in Deutschland von der Firma Deutsche Blaugas G. m. b. H., 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 11 700 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 sog. 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 Dreiweghahn, der dicht neben dem Reiniger sich befindet, so gestellt, daß das Gas, welches sich noch entwickelt, unmittelbar ins Freie austreten kann. Der Wasserzuluß 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.

In Amerika werden ähnliche Einrichtungen von der Safety Car Heating and Lighting Company, von der Adams & Westlake Co und von der Dayton Manufacturing Co geliefert. —

Von größerer Bedeutung für die Wagenbeleuchtung ist das gelöste Azetylen, eine Auflösung des Azetylens in Azeton. Azeton oder Essiggeist ist eine bei $56,5^{\circ}$ 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 Azetylgas unter einem Druck von etwa 15 Atm. in den Behälter eingeführt. Die Füllung erfolgt in 2—3 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 Hundertstel 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 vierfache. 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 Azetylen 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 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 Be-

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

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

leuchtung von 5 Abteillampen von etwa 37 HK mit 6 l Gasverbrauch und 5 Nebenraumlampen von 18 HK 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.

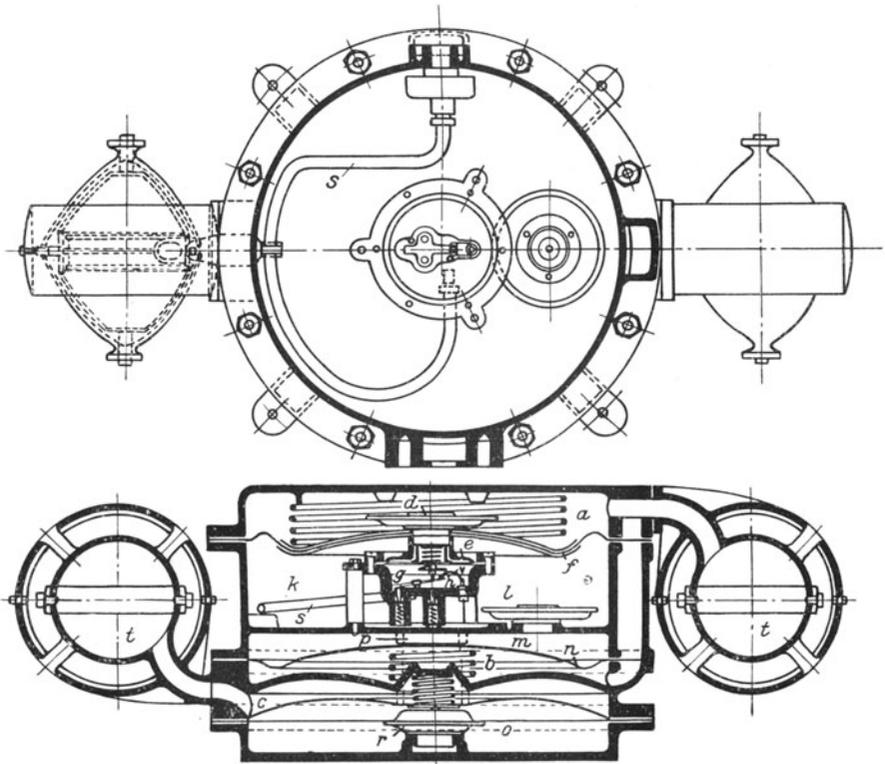


Abb. 9. Mischer für Azetylenbeleuchtung, Bauart Dalen.

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 Aufwärtsgen 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 in dem 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 den Überdruck von 40—50 mm WS für die Niederdruckleitung unverändert 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 Bleischrott 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.

Schließlich sei noch die Verwendung von Luft, die mit Gasolindämpfen gesättigt ist, erwähnt. Eine Beleuchtungseinrichtung für Gasolinluft liefert die Safety Car Heating and Lighting Comp. New York unter der Bezeichnung „Vapor-System“. Die Luft wird dem Hilfsluftbehälter der Bremse entnommen und durch einen Behälter geführt, in dem sie sich mit Gasolin sättigt. Dieser Behälter, der umschlossen ist von dem Luftbehälter, ist etwa 3 m lang und hat über $\frac{1}{2}$ m Durchmesser und ist, wie ein Ölgasbehälter, am Wagenuntergestell befestigt. Die gesättigte Luft wird durch einen Druckregler auf den Brennerdruck gebracht und dann den Glühlichtlampen zugeführt. Ein thermostatischer Regler beeinflusst den Druck, mit welchem die Luft durch die Gasolinkammer gedrückt wird, derart, daß er bei kaltem Wetter erniedrigt, mit steigender Temperatur erhöht wird, um einen gleichmäßigen Gehalt an Gasolindämpfen zu erzielen. Bei gleichem Druck ist bei warmem Wetter die Luft mehr mit Gasolin gesättigt wie bei kaltem. Man rechnet für 10 Lampen Brennstunden 4,5 l Gasolinverbrauch.

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 und Gewinn versprechenden 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 ernsten 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 jetzt zu den gasgefüllten Metallfadenlampen mit sehr geringem Verbrauch und großer Haltbarkeit geführt haben, in schneller Folge eine sehr große Verbreitung gefunden.

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 Fall ist der Betrieb im wesentlichen unabhängig von bestimmten Stationen.

Die Verwendung von Primärelementen, wie sie in England, Frankreich, in den Vereinigten Staaten versucht wurde, hat wegen der unzuverlässigen und kostspieligen Unterhaltung der Elemente bald wieder aufgegeben werden müssen und haben diese Versuche lediglich geschichtliches Interesse.

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 mit Maschinen mit Achsantrieb bewirkt.

I. Die Beleuchtung mit Sammlern.

Da der Sammler einen für alle Anordnungen wichtigen Bestandteil bildet, so sei zunächst auf seine Eigenschaften, seine Wirksamkeit, seinen Bau und seine Unterhaltung eingegangen.

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-Eisen-Sammler 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 zwei Gruppen teilen, welche sich durch die Bauart der positiven Elektroden voneinander unterscheiden.

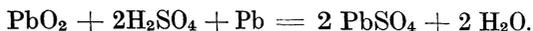
Letztere bestehen entweder aus Gitterplatten oder aus Oberflächenplatten. Die Gitterplatten besitzen ein netzartiges Bleigerippe, in dessen Maschen Bleiverbindungen mit verschiedenartigen Bindemitteln vermischt eingetragen sind, die durch den elektrischen Strom zu Bleiüberoxyd „formiert“ werden. Das 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 ange-

rührt 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 Bleirahmen 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 andere 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.

Planté erzielte die Bildung einer wirksamen Oberflächenschicht dadurch, daß er mit schwachem Strome die Platten in verdünnter Schwefelsäure wochenlang bald positiv, bald negativ formierte. Jetzt benutzt man zur Beschleunigung der Formation fast ausschließlich Lösungen von Salzen oder Säuren, welche das Blei angreifen, indem sie leicht lösliche Salze auf ihm bilden, z. B. Lösungen von Chlorsäure, Überchlorsäure, Essigsäure, Salzsäure, organische Säuren u. a. bzw. deren Salze. An der Oberfläche wird durch die Einwirkung der Säure das Blei gelöst und durch den Formationsstrom als Bleiüberoxyd wieder ausgefällt. Nach der Formation muß Sorge getragen werden, daß diese angreifenden Substanzen sicher wieder entfernt werden, damit die Platten während des Betriebes nicht vorzeitig zerstört werden.

Der chemische Vorgang bei der Tätigkeit des Sammlers besteht während der Entladung in der Reduktion des Bleiüberoxyds an der positiven Platte und der Oxydation des Bleischwammes an der negativen Platte. Das entstandene Oxyd bildet mit der Schwefelsäure des Elektrolyts 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 Widerstand. 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

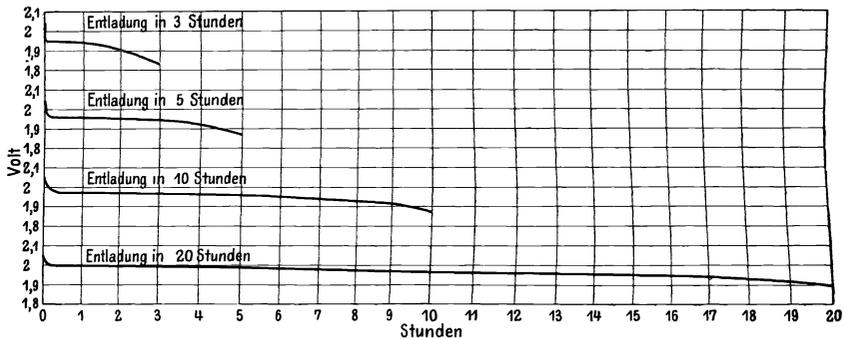


Abb. 10. Schaulinien der Spannungsänderung eines Sammlers bei der Entladung.

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 bis 1,75 Volt
 bei 3 bis 5 Stunden Entladung eine solche von 1,80 „ 1,83 „
 bei 3¹/₂ bis 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. 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

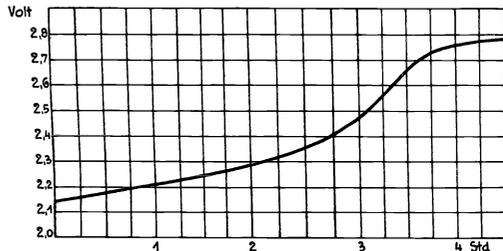


Abb. 11. Schaulinie der Spannungsänderung eines Sammlers bei der Ladung mit vierstündigem Strom.

Ladestrom, daß die Batterie in 4 Stunden voll geladen ist. 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 jedes 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 v. H. Wasserstoff, entsprechend 9 v. H. 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 Gasung 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

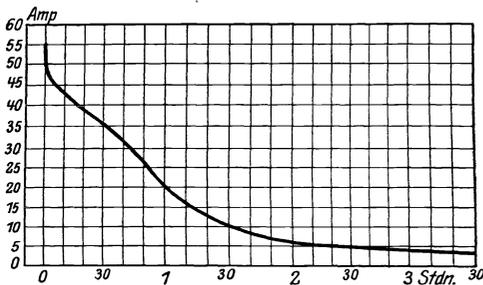


Abb. 12. Schaulinie der Stromstärke bei Ladung mit einer festen Spannung von 2,4 Volt.

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. Es wird später S. 90 ff. diese Frage eingehend erörtert.

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 Ampèrestunden gemessen nennt man den Ladeinhalt oder die Kapazität. 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 Ampèrestunden 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.

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

Abb. 13 stellt eine Oberflächenplatte der Accumulatorenfabrik A.-G. der Größe GO 50 vor, 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 Rahmenplatte der Accumulatorenfabrik A.-G. für Bahnpostwagenbatterien.

In England finden keine positiven Gitterplatten für Zugbeleuchtung Verwendung. Bei einigen Firmen, so der Hart Cy., wird die Rippen-



Abb. 13. Pos. Oberflächenplatte der Accumulatoren-Fabrik A.-G.

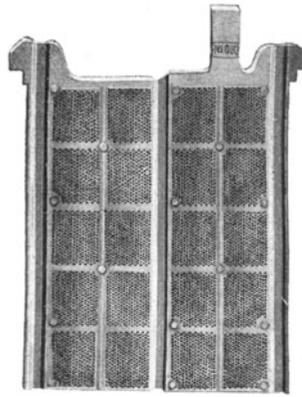


Abb. 14. Neg. Kastenplatte der Accumulatoren-Fabrik A.-G.

platte 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. Elemente mit nur lose aufliegendem Deckel sind wiederum nur dann zulässig, wenn die Aufladung im Wagen selbst stattfinden kann. 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 Raumanspruchnahme nicht unbeträchtlich. 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 er-

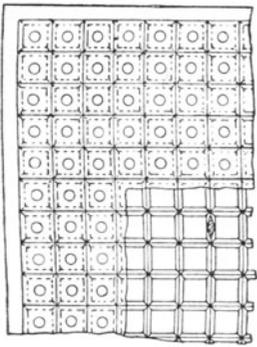


Abb. 15. Gitter für +- und - -Platte der Firma Henssemberger für die Italienischen Staatsbahnen.

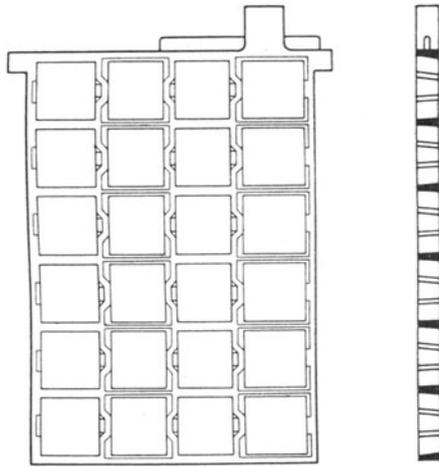


Abb. 16. Positive Platte für Postwagenbatterien der Accumulatoren-Fabrik A.-G.

wärmen, 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 Hartgummigefäße benutzt.

Bei Hartgummigefäßen wird als Dichtungsmasse für den Deckel ein Gemisch aus Stearin und Paraffin oder besondere Sorten von Gummitkitt, 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 Hartgummigefäßen 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 Aus-

kleidung 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

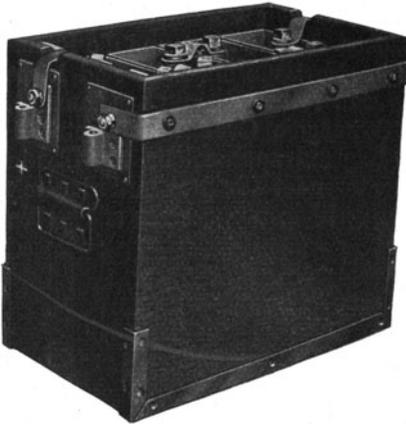


Abb. 17. Batteriekasten mit vier Elementen IV GO 50 der Accumulatoren-Fabrik A.-G.

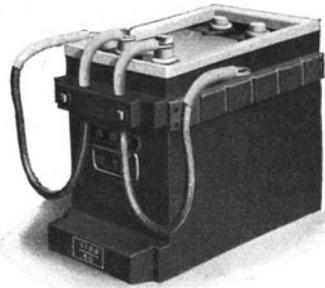


Abb. 18. Element X GO 50 der Accumulatoren-Fabrik A.-G.

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.



Abb. 19. Batteriekasten für Postwagenbeleuchtung, Deutsche Reichspost.

Die Elemente in Holzkästen 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 Vor-

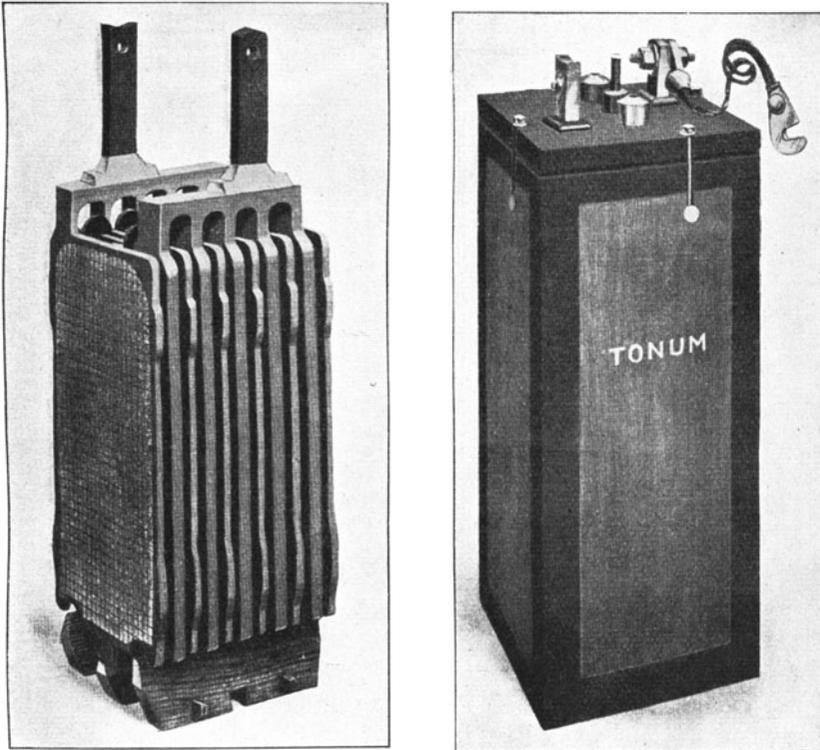


Abb. 20. Element „Tonum“, J. Stone & Co.

sprüngen 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, Schraubenkontakte.

Accumulatorenfabrik A.-G. für Anlagen der Gesellschaft für elektrische Zugbeleuchtung m. b. H.

Abb. 18. Element X GO 50 in Holzkasten mit Bleiauskleidung. Accumulatorenfabrik A.-G. — Sammlerbeleuchtung der Deutschen Reichsbahn.

Abb. 19. Batterie für Postwagenbeleuchtung, Aufstellung in Zelluloidkasten, geschlossene Elemente. Deutsche Reichspost.

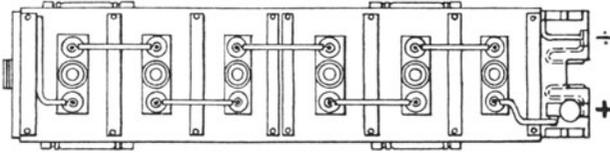
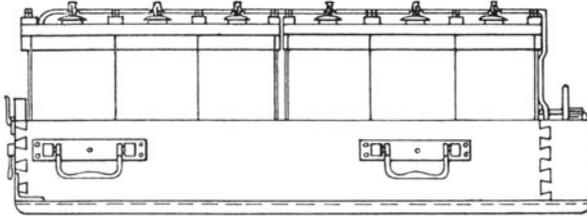


Abb. 21. Batterie der Italienischen Staatsbahn.

Abb. 20. Element Tonum; für Anlagen der Firma J. Stone & Co.; Aufbau in Teakholzkasten mit Bleiauskleidung.

Abb. 21. Batteriekasten der italienischen Staatsbahnen, geschlossene Elemente in Hartgummigefäßen. W. Hensemberger in Monza bei Mailand.

Abb. 22. Batteriekasten mit zwei Elementen in Hartgummigefäßen; Electric Storage Battery Co. in Philadelphia.

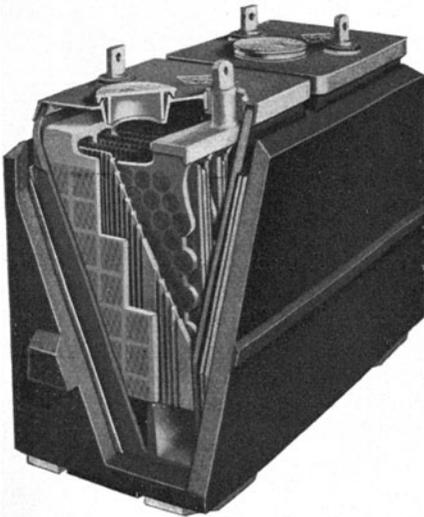


Abb. 22. Batteriekasten Electric Storage Battery Co., Philadelphia.

Die Batterien werden in verschlossenen Behältern, die am Wagen-Untergestell befestigt sind, aufgestellt. Die Behälter müssen in Deutschland vom Wagenkasten isoliert sein, was durch Holzleisten erfolgt. Ferner werden sie mit Entlüftern versehen, durch welche das während der Ladung entstehende Knallgas entfernt wird.

Abb. 23. Batteriebehälter, Bauart der Gesellschaft für elektrische Zugbeleuchtung m. b. H.

Abb. 24. Entlüfter zum Batteriebehälter der Gesellschaft für elektrische Zugbeleuchtung m. b. H.

Abb. 25. Batteriebehälter, Bauart Stone & Co.

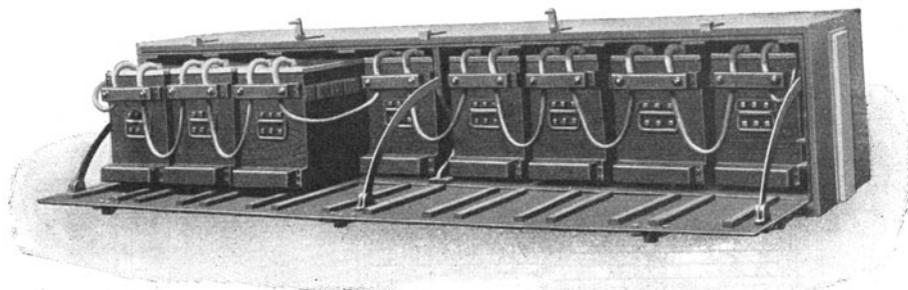
Bei geschlossener Zugbeleuchtung wird die Batterie vielfach im Gepäckwagen aufgestellt, wenn die Ladung im Wagen selbst erfolgt, z. B. bei den Anlagen der dänischen Staatsbahn.

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.



a) Geschlossen.



b) Geöffnet.

Abb. 23. Batteriebehälter, Bauart der 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 außer der ersten ist so lange 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.

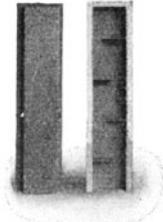


Abb. 24. Entlüfter zum Batterie-Behälter der Gesellschaft für elektrische Zugbeleuchtung.

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

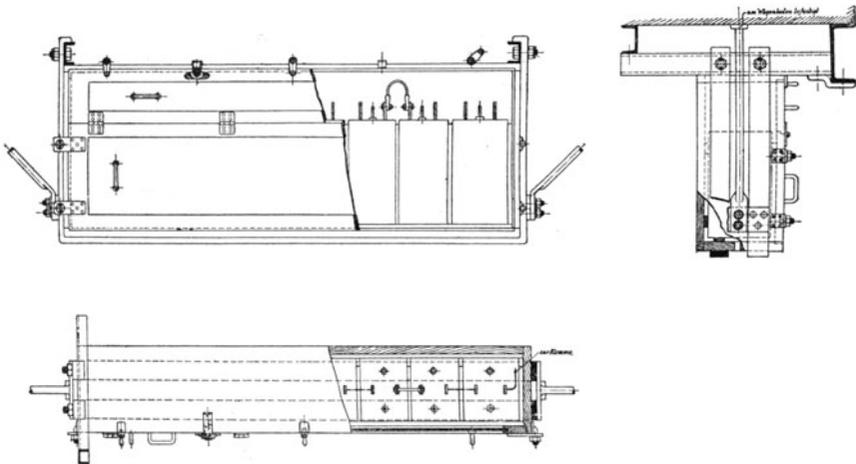


Abb. 25. Batteriebehälter, Bauart Stone.

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 so lange, 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 die 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 Platten 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 angängig, 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 Akkumulatoren säure 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 gleich-

mäßig Gasbläschen 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.

Bisher werden drei Arten fabrikmäßig hergestellt. Der Edison-sammler von der Edison Storage Battery Co., Orange N.Y., seit 1901 und seit 1905 in Deutschland von der Deutschen Edison-Accumulator-Company G. m. b. H., Berlin, der Jungner- oder Nifesammler von der Svenska Accumulator A. B. Jungner, Stockholm, und der Saftsammler von der Société des Accumulateurs Fixes et de Traction, Romainville (Seine).

Über den Edisonsammler liegen allein eingehende Untersuchungen vor, daher beziehen sich die folgenden Ausführungen auf diesen. Die beiden anderen Sammler sind in ihren Eigenschaften und ihrer Wirkungsweise ähnlich.

Die Platten werden in Deutschland zurzeit in zwei verschiedenen Ausführungen geliefert. Die positiven Platten der ersten Art bestehen aus dünnen, flachen, mit der aktiven Masse gefüllten Taschen aus feindurchloctem, 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 (Taschenplatten, Abb. 27). Die negativen Platten sind den positiven gleich gebaut und unterscheiden sich äußerlich nicht. Die Platten der zweiten Art haben als Behälter für die wirksame positive Masse der positiven aufwärtsstehende Röhrchen aus vernickeltem, durchloctem Eisenblech, in welche die Masse unter großem Druck eingepreßt wird (Röhrchenplatten, Abb. 26). Bei Verwendung positiver Taschenplatten

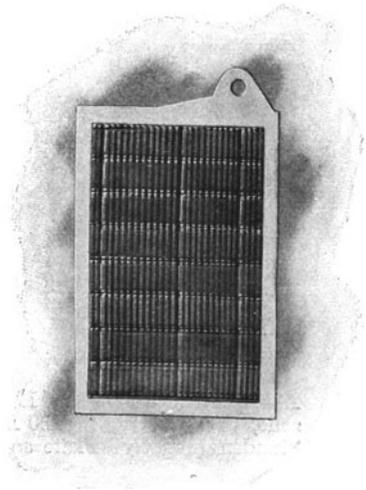


Abb. 26. Röhrchenplatte einer Edison-Zelle.

hat jede Zelle zwei Drittel positive und ein Drittel negative Platten, bei positiven Röhrenplatten ist in jeder Zelle eine negative Platte mehr enthalten als positive Platten.

Als Elektrolyt dient 22%ige, chemisch reine Kalilauge, die mit einem Zusatz von Lithiumhydroxyd versehen ist.

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-Sauerstoffverbindung mit geringer Beimengung von Quecksilber benutzt, welche in der arbeitenden Platte einen außerordentlich feinen Eisenschlamm bildet. Bei der Ladung wird dieser zu metallischem Eisen reduziert.

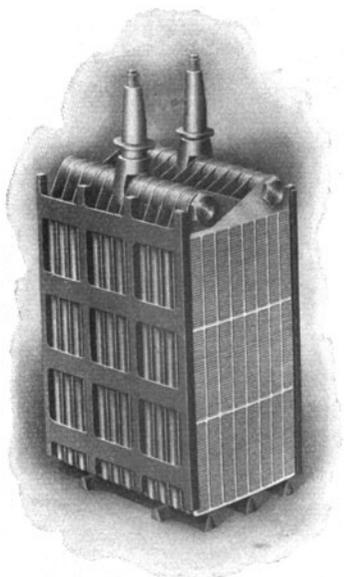


Abb. 27. Plattensatz einer Edisonzelle, Größe A 12, für 450 Amp.-Stunden (negative Platte außen).



Abb. 28. Edisonzelle A 12 ohne Polverbinder, 450 Amp.-Stunden.

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 dient zur Erhöhung der Leitfähigkeit dieser an und für sich schlecht oder nicht leitenden Massen. Der chemische Vorgang verläuft nach Förster¹⁾ gemäß folgender Gleichung:



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

¹⁾ Dr. Fritz Förster: Elektrochemie wässriger Lösungen. Leipzig 1915, 2. Auflage, S. 227.

Der Zusatz von Lithiumhydroxyd soll, wie Förster annimmt, wahrscheinlich die Schrumpfung der Oberfläche der positiven Masse verhindern und dadurch einer Abnahme des Ladeinhalts, 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

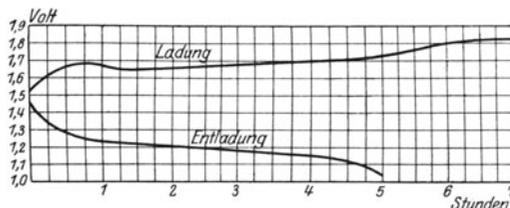


Abb. 29. Verlauf von Lade- und Entladespannung bei Edisonzellen.

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 Hartgummistopf-

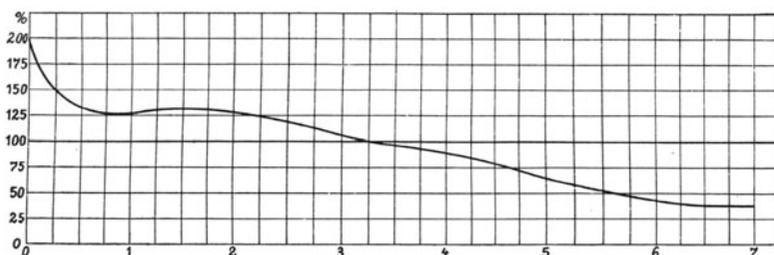


Abb. 30. Verlauf des Ladestromes bei Ladung mit gleichbleibender Spannung von 1,67 Volt.

buchsen 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. 27 stellt einen Plattensatz und Abb. 28 ein eingebautes Element dar.

Da die Gefäße der Edisonzellen aus Metall und deshalb spannungsführend sind, so werden beim Zusammenbau der Zellen zu Batterien zwischen den ersten Luftzwischenräume freigelassen, und die Zellen außerdem gegen den Batteriekasten geeignet isoliert. Ein direktes Aneinanderstellen von Edisonzellen ohne Isolierung und ohne Luftzwischenräume ist streng zu vermeiden.

Unter normalen Betriebsverhältnissen wird die Neufüllung von Edisonzellen mit Kalilauge etwa alle 9—12 Monate erforderlich.

Die elektromotorische Kraft beträgt etwa 1,4 Volt. Der Spannungsverlauf bei Ladung und Entladung ist aus den Schaulinien der Abb. 29 ersichtlich. Sie bezieht sich auf Edisonzellen mit positiven Röhrenchenplatten, welche normal 7stündige Ladung und 5stündige Entladung

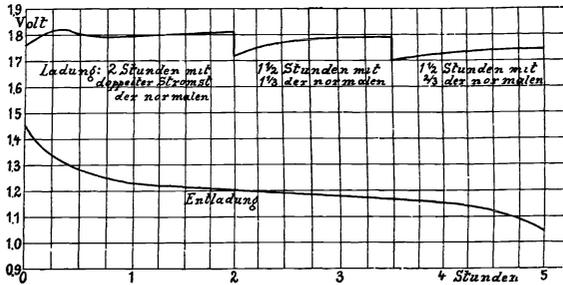


Abb. 31. Ladung mit verkürzter Ladezeit.

haben, in beiden Fällen mit gleicher Stromstärke, dem 5stündigen Entladestrom. Die Ladung kann natürlich auch mit gleichbleibender Spannung und abfallender Stromstärke erfolgen, wobei unter Verwendung einer Spannung von 1,67 Volt der Stromverlauf sich wie in Abb. 30 ergibt. Im Augenblicke des Einschaltens der zuvor normal entladenen Zelle steigt bei dieser Ladungsart der Ladestrom bis auf etwa das

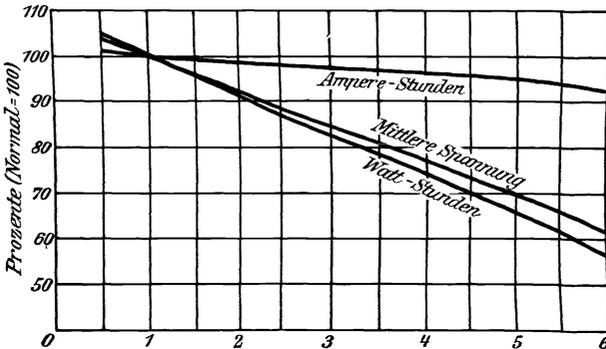


Abb. 32. Schaulinien der Beziehung der Leistungen und der mittleren Spannung zum Entladestrom, Edisonzelle A 4 mit 150 Amp.-Stunden.

Doppelte des Normalen an, um jedoch rasch wieder abzufallen und nach $3\frac{1}{4}$ Stunden die normale Stromstärke zu erreichen. Bei einer Netzspannung von 110 Volt können mithin $110/1,67 = 66$ Edisonzellen in Hintereinanderschaltung ohne Vorschaltwiderstand geladen werden. Zwischenladungen können unter Berücksichtigung der Erwärmungsgrenzen für kurze Zeiten auch mit hohen Stromstärken er-

folgen, wenn Betriebspausen und Ladegelegenheiten dies ermöglichen. Die Ladekurve Abb. 31 zeigt eine von 7 auf 5 Stunden verkürzte volle Ladung einer Zelle, unter Anwendung von Zwischenladungen und Berücksichtigung der Temperaturgrenzen durch stufenweise Verringerung des Ladestromes.

Starke Überladungen nach völliger Entladung schaden dem alkalischen Sammler auch bei dauerndem Vorkommen nicht.

Beendet ist die Ladung, wenn die Ladespannung etwa 1,82 Volt für eine Zelle erreicht hat, wenn diese Spannung beim Weiterladen nicht mehr steigt und mit dieser Spannung noch etwa 40 Minuten weiter geladen worden ist. Als normal entladen gilt der Sammler, wenn seine Klemmenspannung bei Entladung mit 5 stündigem Strom auf 1 Volt für die Zelle gesunken ist. Die mittlere Entladespannung ist dann 1,2 Volt für die Zelle. Andere Merkmale für Beendigung der Ladung und Entladung bestehen nicht.

Der Ladeinhalt des Edison-Sammlers wird durch die Höhe des Entladestromes praktisch nicht wesentlich beeinflusst. Bei höherer Belastung sinkt jedoch seine Spannung rascher als die der Bleizelle. Abb. 32 nach Holland¹⁾ gibt die Beziehung der Leistungen und der mittleren Spannung zum Endladestrom für die Edisonzelle A 4 mit 150 Amp.-Stunden. Abb. 33 stellt Leistung und Wirkungsgrad dar bei verschiedenen Ladezeiten und normalem Ladestrom der Zelle A 4. Der Arbeitsinhalt der Zelle Größe A 4 mit positiven Röhrenplatten wird von Holland mit 33,6 WSt/kg angegeben.

Durch längere Ladung läßt sich der Ladeinhalt des Edisonsammlers nicht unwesentlich über den normalen hinaus erhöhen. Laugentemperaturen über 50° C in den Zellen sind zu vermeiden, weil dadurch Leistung und bei öfteren Wiederholungen auch die Lebensdauer der Zellen leiden. Der innere Widerstand ist abhängig von der Zellengröße und beträgt nach E. W. Holland für die Zelle A 6 mit 225 Amp.-Stunden im Mittel 0,0024 und für die Zelle A 4 mit 150 Amp.-Stunden 0,0035.

Unter normalen Umständen ist der Wirkungsgrad des Edisonakkumulators in Amp.-Stunden etwa 72 %, in Wattstunden etwa 55 bis 60 %.

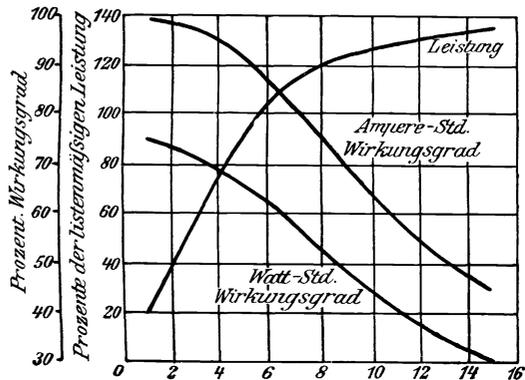


Abb. 33. Leistung und Wirkungsgrad bei verschiedenen Ladezeiten und normalem Ladestrom der Zelle A 4.

¹⁾ Holland, W. E.: The Edison Battery. The Electrician, London 66, 47. 1910.

Für Zugbeleuchtung hat die Edison-Gesellschaft die HW-Type geschaffen. In Amerika wird am meisten die Type A 8 HW mit einem Ladeinhalt von 300 Amp.-Stunden verwendet. Bei diesen Elementen steht die Flüssigkeit 70—80 mm über dem Oberrand der Platten, 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. Ein U-förmiges Stahlblech, das an der Gefäßwand oben angelötet ist, sichert gegen eine Bewegung der Plattensätze. Die Edison-Gesellschaft gibt an, daß durch diese Anordnung die Dichte der Lösung sich nicht mehr so stark verändert, wie bei der ursprünglichen Ausführung, daß die Spannungslage ver-

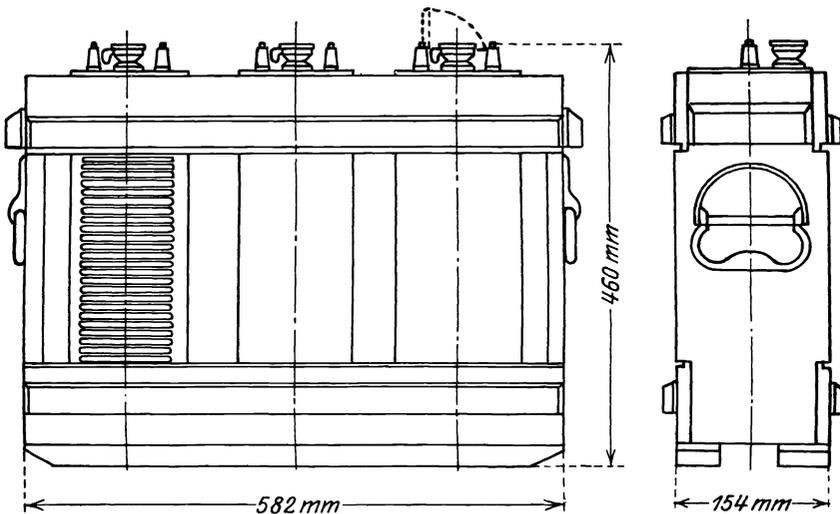


Abb. 34. Batteriekasten mit drei Zellen A 8 HW.

bessert, der Ladeinhalt vergrößert ist, sowie, daß die Zeiten zwischen den Auswaschungen verdoppelt und die Möglichkeit, Schaden durch den zu schwachen Elektrolyt zu verursachen, vermieden ist.

Für eine Betriebsspannung von 32 Volt werden 25 Zellen benötigt, und zwar sind diese eingebaut in acht Trögen zu je drei Zellen (Abb. 34) und einen Trog mit nur einer Zelle. Durchschnittliche Entladespannung der Zelle ist 1,24 Volt.

Ein Nachfüllen der Zellen ist alle 6—8 Wochen erforderlich. Die Lösung wird nicht vor $1\frac{1}{2}$ —2 Jahren erneuert.

Der Edisonsammler soll 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 listenmäßigen Stromstärke geladen wird, die sich mit fortschreitender Ladung erniedrigt, so kann dieser geringere Wert noch beträchtlich überschritten werden, ohne

daß die Spannung bei der folgenden Entladung niedriger wird. Dieser Punkt ist wichtig bei Verwendung der Sammler zu Maschinenbeleuchtung, bei der vielfach mit sehr geringem Ladestrom zu rechnen ist.

Der Edisonsammler wird in den Vereinigten Staaten für Zugbeleuchtung in großem Umfange verwendet.

Der Nifesammler ist nach denselben Grundsätzen gebaut. Die \pm -Platten sind jedoch Taschenplatten. Für Zugbeleuchtung hat er u. a. in Norwegen, Schweden, Portugal ausgedehnte Verwendung gefunden. Der Akkumulator Saft hat gleichfalls positive Taschenplatten. Er ist auf französischen und spanischen Bahnen in Gebrauch.

3. Wagenausrüstung.

Die Wagenausrüstung ist bei reiner Batteriebeleuchtung sehr einfach und übersichtlich. Von der Batterie führen die Leitungen zu den Lampen über Ausschalter und Sicherungen. Häufig benützt man auch Zeitähler, 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 Hauptausschalter 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 Raumbanspruchung und für die Kosten von Bedeutung ist; eine Spannungsregelung wird nur bei Spannungen von 50 Volt vorgesehen. Die gebräuchlichsten Spannungen sind 16 Volt, 24 Volt und 32 Volt für Einzelwagenbeleuchtung und 32 Volt, 50 Volt und 65 Volt für Zugbeleuchtung. In den Vereinigten Staaten von Amerika hat man gegenwärtig nur noch die Spannungen von 32 Volt für Einzelwagenbeleuchtung und 64 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. 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 außerhalb des Wagens oder im Batteriebehälter des Wagens selbst. Beide Arten können für Einzelwagenbeleuchtung sowohl als für ge-

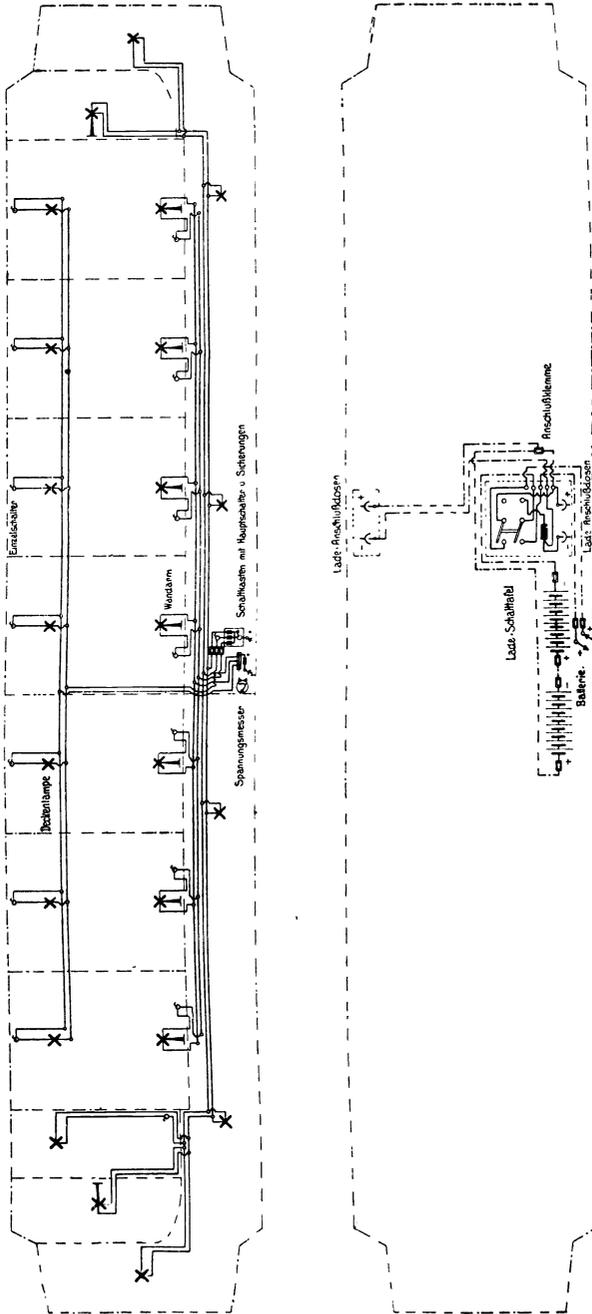


Abb. 35. Leitungsplan eines Wagens mit Batteriebeleuchtung, Deutsche Reichsbahn.

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.

Abb. 35 stellt das Leitungsnetz eines Wagens dar bei Aufladung im Wagen. Die Anschlußdosen für die Ladekabel sind an beiden Längsseiten des Wagens in der Nähe des Batteriebehälters angeordnet.

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 so viel 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, d. i. 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.

Der Hauptvorteil 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.

Solange ausschließlich Kohlenfadenlampen benutzt wurden, konnte die Batteriebeleuchtung sich gegenüber der aufkommenden Maschinenbeleuchtung angesichts der an die Beleuchtung gestellten Ansprüche nur schwer behaupten.

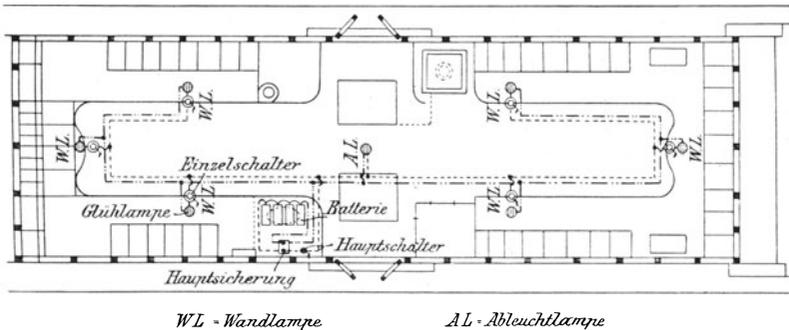
Der wesentlichste Nachteil der reinen Batteriebeleuchtung ist die Abhängigkeit von ortsfesten Ladestellen, die bedingen, daß die Wagen nur für bestimmte Kurse benutzt werden können, und daß dieselben, wenigstens in bestimmten Zwischenräumen, genügend langen Aufenthalt haben müssen, um die Batterien aufzuladen. Die erste Schwierigkeit kommt natürlich um so weniger zur Geltung, je allgemeiner diese Beleuchtungsart eingeführt ist. Die Gasbeleuchtung leidet ja an derselben Schwierigkeit, da die Wagen an Bahnhöfe gebunden sind, welche mit Gaseinrichtung für die Wagen versehen sind. Daß sich dieselbe bei unseren deutschen Verhältnissen nicht störend geltend macht, liegt offenbar daran, daß eine sehr große Anzahl von Gasanstalten bei den Bahnen, die diese Beleuchtung führen, vorhanden ist. Aber es verbietet sich auch dann, die Wagen in Kurse zu stellen, in denen sie nicht in bestimmten Abständen Erneuerung der Gasfüllung erhalten können. Die Wagen müssen jedoch von und nach den Ladestellen verschoben werden, was in betriebstechnischer Hinsicht ein Nachteil gegenüber Maschinenbeleuchtung ist.

Die zweite Schwierigkeit erscheint schwerer wiegend. Während bei Gasbeleuchtung die Auffüllung in wenigen Minuten beendet ist, dauert die Aufladung der Batterien wesentlich längere Zeit. 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 Grobflächenplatten 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 A.-G. 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 einer 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 meisten 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, und hierin liegt zweifellos ein Nachteil gegenüber der letzteren Beleuchtungsart. —

Die ersten Versuche mit Akkumulatorenbeleuchtung sind schon Anfang der 80er Jahre gemacht worden, und zwar im Jahre 1881 auf

der London Brightonbahn und 1892 auf der Pennsylvaniabahn, letztere mit französischen Faurezellen. Im Jahre 1887/88 wurden zwei Pullmannzüge von je sechs Wagen auf der Pennsylvaniabahn ausgerüstet, von denen jeder Wagen eine Batterie von 30 Zellen von 150 Amp.-Stunden hatte. Jede Batterie wog 860 kg und hatte 26 Lampen zu speisen. An der Endstation wurden die Batterien zur Ladung ausgewechselt. Auch dieser Versuch hat sich nicht bewährt, die Batterien waren zu klein bemessen.

Die ersten günstigen Resultate sind von den im Jahre 1889 ausgeführten Anlagen der Novara-Saregno-Saronnabahn, jetzt Nord-Milano-bahn, und von der Jura-Simplonbahn erhalten worden. In beiden Fällen wurde jeder Wagen mit einer Batterie ausgerüstet. Anfang der 90er Jahre fingen die großen italienischen Privatbahnen mit Versuchen an, welche zur Einführung führten, 1891 die dänische Staatsbahn und 1892 die Deutsche Reichspost. Von den später hinzukommenden sind



WL - Wandlampe

AL - Ableuchtlampe

Abb. 36. Leitungsplan eines Postwagens, Deutsche Reichspost.

die österreichische Kaiser-Ferdinand-Nordbahn, die französische Nordbahn, die ungarische und die rumänische Staatsbahn zu nennen, welche alle die Batteriebeleuchtung zu ausgedehnter Einführung gebracht haben. Zu diesen Hauptbahnen kommt noch eine große Reihe von Kleinbahnen. Die Schweizer Bahnen sind bald zur Maschinenbeleuchtung übergegangen, die dänische Staatsbahn geht jetzt zu dieser über.

Von den Anlagen mit Aufladung außerhalb des Wagens sind als wichtigste zu nennen die Wagen der Deutschen Reichspost, insgesamt 2000 und die italienische Staatsbahn mit über 7000 Wagen. Diese Anlagen sind im folgenden kurz beschrieben. Außer den genannten hat sowohl die österreichische, als auch die ungarische Postverwaltung eine große Anzahl von Wagen mit reiner Batteriebeleuchtung ausgerüstet, ebenso eine Anzahl von Klein- und Nebenbahnen.

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 Ableuchtlampen, 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 sind in besonderen Schränken im Wageninnern aufgestellt welche an der Seitenwand in der Nähe der Tür angeordnet sind. Der Leitungsplan des Wagens geht aus Abb. 36 hervor. Für jede Lampe ist ein Ausschalter und eine Sicherung vorgesehen. Die 10 m langen Brief- und Packereiwagen haben 3–6 Glühlampen, die

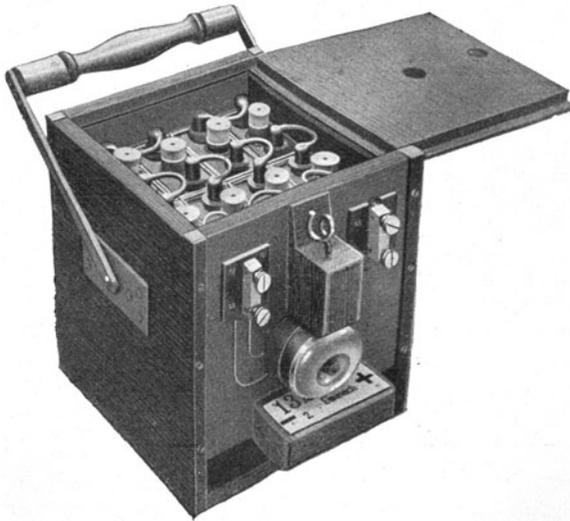
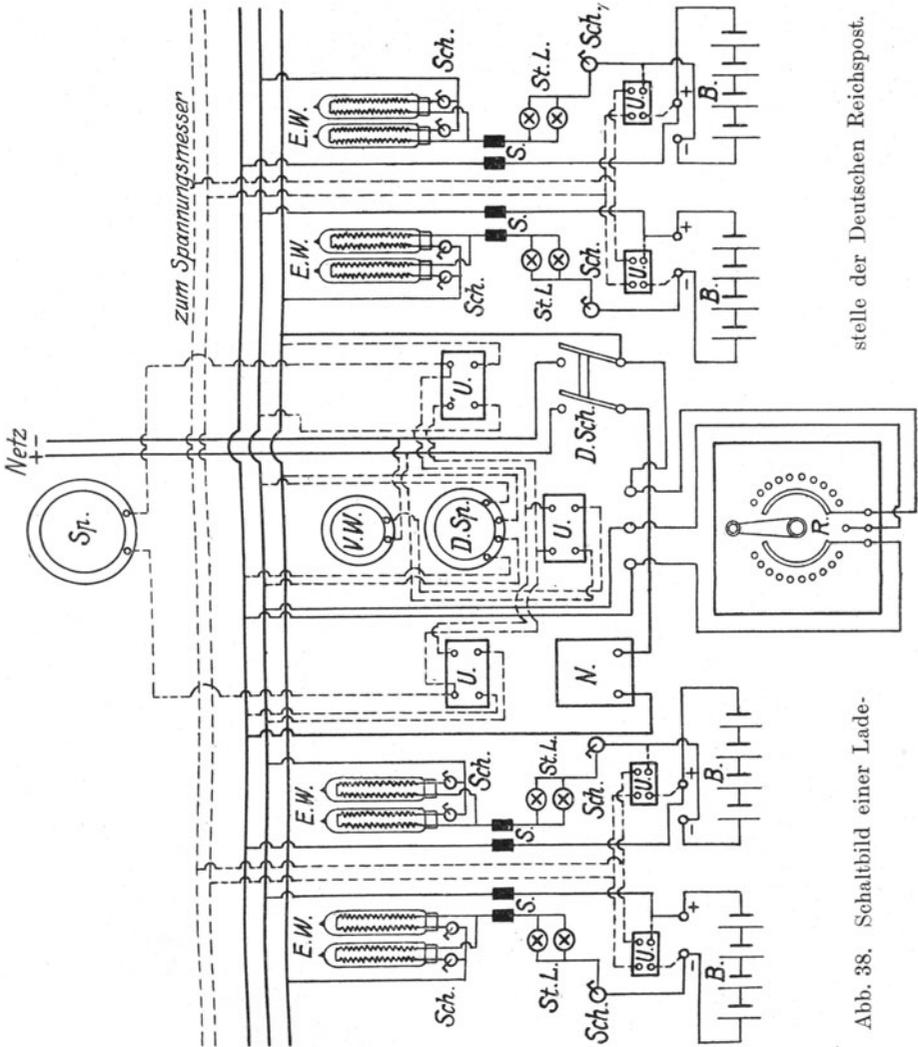


Abb. 37. Batterie für Postbeiwagen.

12 m langen Briefpostwagen 10–14 Lampen, die 17 m langen Wagen 15–19 Lampen zu 12 Kerzen. Jeder Wagen enthält je nach Erfordernis 1–3 Batterien. Diese bestehen aus 16 Elementen, von denen je vier in einem Holzkasten eingebaut sind, s. Abb. 19. Die Leistung 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, s. Abb. 37. 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 Normalbatterien der Postwagen erhalten jetzt allmählich an Stelle der Rahmenplatten positive Oberflächenplatten, so daß in wenigen Jahren nur noch letztere in Verwendung sein werden.



stelle der Deutschen Reichspost.

Abb. 38. Schaltbild einer Ladestelle der Deutschen Reichspost.

Die Ladung erfolgt in besonderen Ladestellen; für die neueren Anlagen nach der in Abb. 38 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 Ladepannung von 55—60 Volt in Frage. Der Ladestrom der Normalbatterie beträgt anfangs 6, am Ende 3 Amp. und derjenige der schweren Beiwagenbatterien 1,5 bzw. 0,9 Amp. und der leichten Batterie 0,6 bzw. 0,3 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 über 7000 Wagen elektrisch beleuchtet. Die Batterien sind von der Firma G. Hensemberger in Monza geliefert und werden von dieser auch unterhalten. 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 ist mit zwei Lampen von 10 HK beleuchtet. Die Ladung erfolgt außerhalb des Wagens auf verschiedenen größeren Stationen. Die Dauer einer Ladung nach vollständiger 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 Handausschalter und einem Regelungswiderstand 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. Die Anordnung der Ladebänke zeigt Abb. 39.

Bei Aufladung außerhalb des Wagens hat jeder Wagen seine eigene Anlage, nur bei einigen Kleinbahnen wird der Zug von der im Gepäckwagen aufgestellten Batterie beleuchtet.

Letztere Anordnung ist bei Aufladung im Wagen in größerem Umfange in Verwendung. Eine große Anlage mit Batteriebetrieb hat die Dänische Staatsbahn.

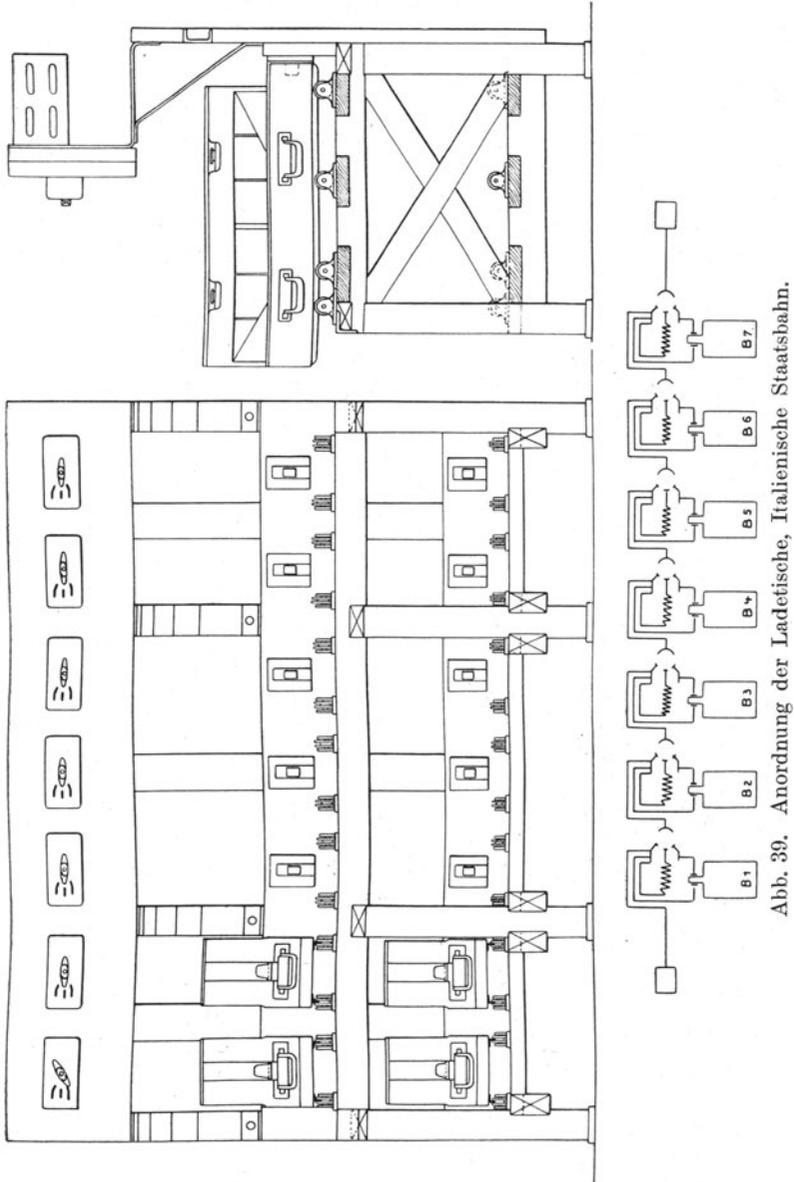


Abb. 39. Anordnung der Ladetische, Italienische Staatsbahn.

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 Konstruktion 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.

Die Batteriebeleuchtung wird allmählich durch Maschinenbeleuchtung ersetzt.

Bei schwedischen Privatbahnen und bei einigen deutschen Kleinbahnen befindet sich eine Batterie in einem Gepäckwagen, und es wird von diesem Wagen aus der ganze Zug beleuchtet. In Schweden ist meist eine Spannung von 50 Volt vorgesehen.

Einzelwagenbeleuchtung mit Aufladung im Wagen. Von den hierzugehörigen Anlagen sind zu nennen besonders diejenigen der französischen Nordbahn und der preußischen Staatsbahnen.

Die französische Nordbahn hat etwa 1200 Wagen ausgerüstet mit Batterien der Société du Travail Electrique des Metaux. Jede Batterie besteht aus 16 Elementen mit positiven Gitterplatten zu zwei in einen Korb aus Eisen mit Bleiüberzug eingesetzt. 14 Elemente sind in Betrieb, zwei dienen zur Reserve und zum Nachschalten bei sinkender Spannung. Das Gewicht eines Elementes ist 23,5 kg, eines Korbes mit zwei Elementen mithin 47 kg. Das Gewicht einer Batterie ist 375 kg, wozu noch 150 kg für die Batteriebehälter kommen. Der Ladeinhalt der Batterie ist 140 Amp.-Stunden.

Die Batterien sind in Behältern an den Längsseiten des Wagenuntergestelles untergebracht. Neben einem dieser Behälter befindet sich ein Zellschalter, durch welchen eine oder zwei Zellen zu- oder abgeschaltet werden können. Dieser Schalter hat gleichzeitig zwei Kontakte für die Ladeleitung. Bei den Durchgangswagen besteht jede Batterie aus 30 Elementen, und findet für den inneren Verkehr eine Batterie, für den zwischenstaatlichen deren zwei Verwendung.

Die Glühlampen haben 10 HK bei einer Spannung von 28 Volt in den Personen- und Gepäckwagen, bei den Durchgangswagen beträgt die Spannung 55 Volt. Die Lampen sind in den letzteren Wagen an kleinen Wandarmen, die an den Wänden des Abteiles über den Plätzen angebracht sind, angeordnet, bei den übrigen Wagen an der Decke des Wagens. Im ersteren Falle hat jede Lampe einen Ausschalter.

An der Stirnseite des Wagens befindet sich der Ausschalter für sämtliche Lampen, welcher mittels Schaffnerschlüssels bedient wird.

Ladestationen befinden sich in den Bahnhöfen zu Landy (Saint Denis), Saint Ouen, Calais und Fives bei Lille. Die größte Ladestation ist Landy. Der Strom für die Ladung wird geliefert von der Werkstätte in Saint Ouen als hochgespannter Dreiphasenstrom, welcher in Landy auf niedrige Spannung und darauf in Gleichstrom umgeformt wird. Die Gleichstrommaschine liefert Spannungen zwischen 200 und 600 Volt. Die Maschine, deren Erregung für eine Spannung von 400 Volt gebaut ist, ist mit einer zweiten Erregerwicklung für 200 Volt ausgerüstet, welche die Erregung verstärken oder schwächen kann. Diese Anordnung erlaubt, ohne Schwierigkeiten sämtliche Batterien eines Zuges zu laden. Die Ladeleitung wird an die beiden Enden des Zuges geführt und endet in Ladestöpsel, welche für jeden Pol einen anders geformten Querschnitt besitzen. Die Ladung erfolgt mit einer konstanten Spannung innerhalb 2—3 Stunden. —

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. Gegenwärtig sind rund 1200 Wagen ausgerüstet.

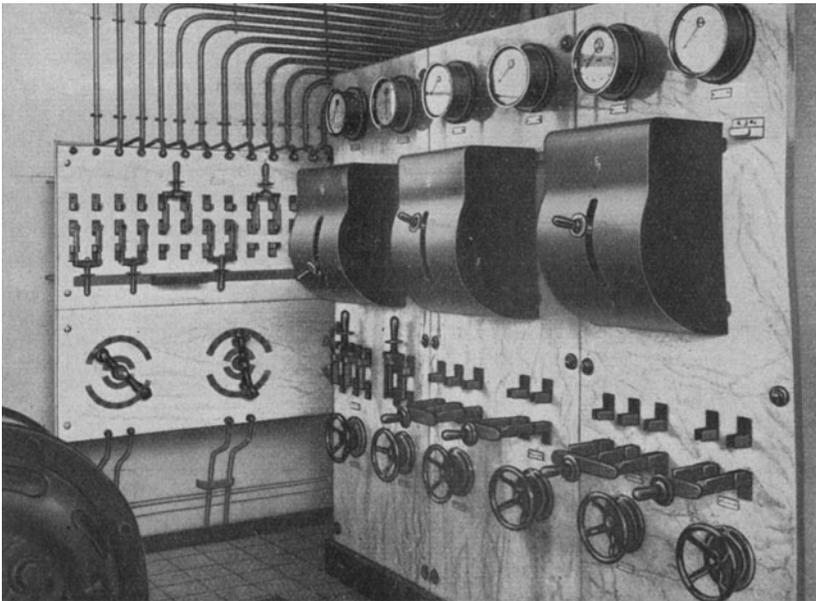
In den Abteilen sind je zwei gasgefüllte Lampen, jede von 0,8 Amp. und 32 Volt mit etwa 35 HK, in den Nebenräumen und im Seitengang sind Lampen von 12 HK und 0,4 Amp. angebracht, jedes Schlafwagenabteil hat eine Lampe von 0,8 Amp. und eine Leselampe von 0,4 Amp.

Der Gesamtstromverbrauch bei Einschaltung aller Lampen ist in allen D-Zug- und Schlafwagen 16 Amp. Der Leitungsplan ist in Abb. 35, S. 54 dargestellt. Die Batterien bestehen aus 16 Elementen der Größe X GO 50 (Abb. 18, S. 40) mit einem Ladeinhalt von 370 Amp.-Stunden.

Die Aufladung der Batterien erfolgt mit einer Stromstärke von 100—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



Abg. 40. Schalttafel der Ladeanlage auf dem Bahnhofe Berlin-Rummelsburg.

Grenzen regelbar sein. Zu diesem Zweck ist die Maschine mit Fremd-erregung 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, Abb. 40, enthält für jede Ladegruppe oben die Strom- und Spannungsmesser, darunter die Selbstschalter, die ausschalten, sobald die Stromstärke auf 15 Amp. gefallen

ist, ferner die Hebelschalter für die Elektromotoren und die Feldregler sowie Kilowattstundenzähler zur Feststellung der aufgenommenen und

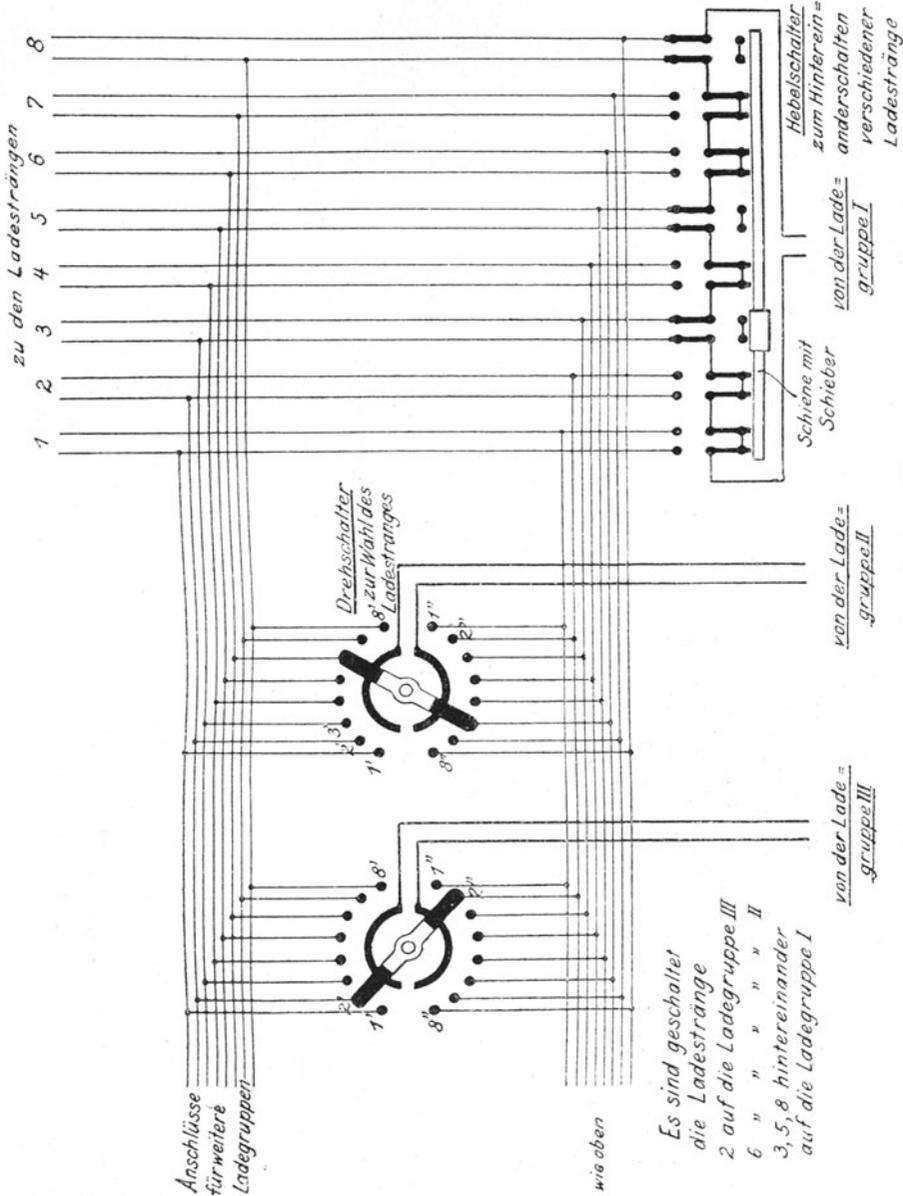


Abb. 41. Schaltung der Ladeanlage Bahnhof Berlin-Rummelsburg.

der abgegebenen Strommengen. Die Leitungen führen von dem Maschinenhaus zu den Ladeanschlüssen, die in entsprechender Weise längs

der Gleise angeordnet sind und entweder an den Dachsäulen der Wagenschuppen in bequem 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 Ladestromkreis 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 Ladestränge in Reihe zu schalten, so daß also alle zu diesen Ladesträngen gehörenden Batterien in Reihe liegen. Auf

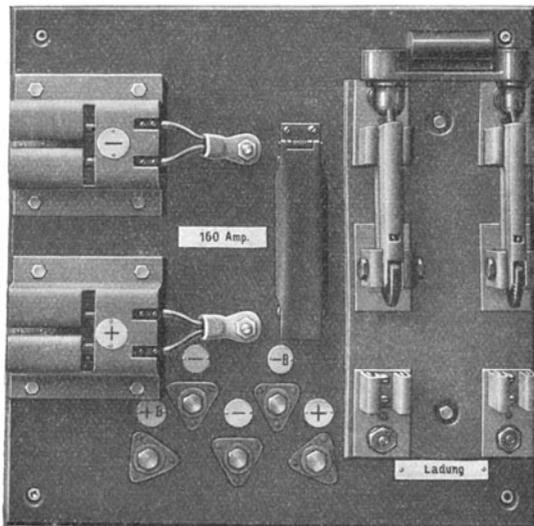


Abb. 42. Ladeschalttafel eines Wagens für Batteriebeleuchtung, Deutsche Reichsbahn.

diese Weise können also einzelne 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. 41 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. 42 stellt die Ladeschalttafel des Wagens mit dem Umschalter, der Sicherung für 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, wie in Abb. 43 dargestellt. Später wurde eine von den Siemens-Schuckert-Werken vorgeschlagene Schaltung, Abb. 44 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, da sonst bei Einlegen aller Kurzschließer eine 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 bereit stehen, 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.

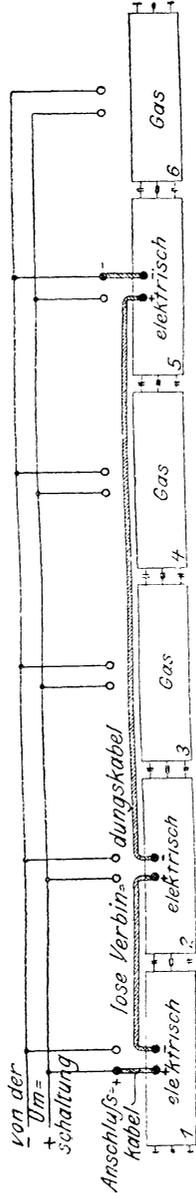


Abb. 43. Erste Anordnung der Ladeanschlüsse.

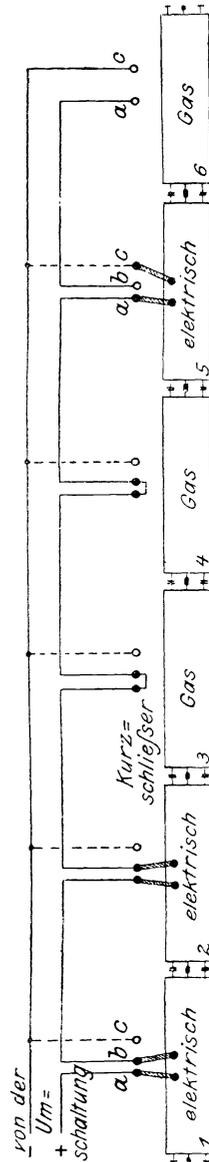


Abb. 44. Anordnung der Ladeanschlüsse, Siemens-Schuckert-Werke.

Noch einfacher ist die in der Abb. 45 wiedergegebene Schaltung von Ministerialrat Wechmann¹⁾. Auch bei dieser ist die Zahl der Kurzschließer um eins geringer als die Zahl der Anschlußstellen, doch sind dieselben nicht mit Ketten an den Anschlußstellen befestigt, so daß der Kurzschließer von einer anderen Stelle zu der Bedarfsstelle gebracht werden kann. 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. 46 stellt die Aufladung der Batterie eines Schlafwagens dar.

Während die Batterien der Reichsbahn in Hintereinanderschaltung geladen werden, erfolgt die Ladung bei den Anlagen der Pennsylvania Railroad in Parallelschaltung. Es hat dies den Vorteil, daß nicht verschieden weit entladene Batterien in Reihenschaltung geladen werden müssen, es bedingt aber eine höhere Spannung für die Wageneinrichtung, wenn nicht die Anlagekosten für das Leitungsnetz zu hoch werden sollen. Die höhere Spannung wirkt aber preiserhöhend auf diese. Die gewählte Spannung ist 60 Volt entsprechend einer Bleibatterie von 32 Zellen oder einer Edison-Batterie von

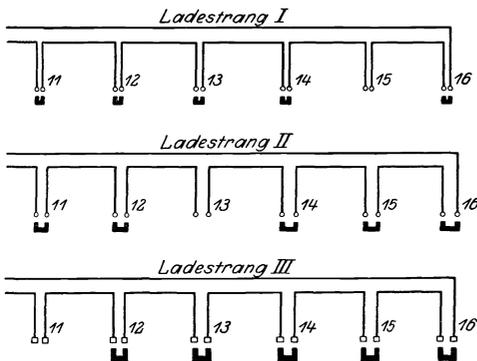


Abb. 45. Anordnung der Ladeanschlüsse, nach Wechmann.

verschieden weit entladene Batterien in Reihenschaltung geladen werden müssen, es bedingt aber eine höhere Spannung für die Wageneinrichtung, wenn nicht die Anlagekosten für das Leitungsnetz zu hoch werden sollen. Die höhere Spannung wirkt aber preiserhöhend auf diese. Die gewählte Spannung ist 60 Volt entsprechend einer Bleibatterie von 32 Zellen oder einer Edison-Batterie von

50 Zellen. Im *Railway Electrical Engineer*, Jahrgang 1914 hat J. R. Sloan und W. H. Keirn die Ladeanlage in Philadelphia beschrieben. Die Maschinenanlage liefert eine gleichbleibende Spannung von 100 Volt an der Schalttafel. Von dieser führen Leitungen aus gummiisoliertem Kupferdraht ohne Bleiumhüllung, die im Erdboden in Fiberführung gelegt sind, zu großen Verteilungskästen, die in einer Reihe angeordnet und längs des für die Ladung bestimmten Teiles des Bahnhofes angebracht sind. Von diesen Verteilungskästen führen senkrecht nach beiden Seiten Leitungen zu den Anschlußändern, von welchen durch Kabel der Strom den Wagenbatterien zugeführt wird. Die Anlage Philadelphia hat 27 solcher Kästen, die zu 248 Ständern führen. In diesen Kästen befinden sich Schalttafeln mit einem Schalter und Widerstand, ebenso zwei 150 Amp.-Sicherungen für jede Leitung, die nach einem Ladeständer führt. Der Widerstand besteht aus vier Einheiten, von denen drei mittels eines vom Ladeständer betätigten

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

Hilfsschalters abgeschaltet werden können, sobald eine Edison-Batterie statt einer Bleibatterie zur Ladung kommt. Zur Betätigung dieses Schalters befindet sich ein Hilfskontakt im Ladeständer.

Die Spannung an den Ladeständen wird auf 92—94 Volt gehalten. Der Ladestrom ist beim Einschalten 100 Amp. und geht gegen Ende auf 40 Amp. zurück. Zu gleicher Zeit werden bis zu 30 Wagen geladen.

Sloan und Keirn berechnen eine Ersparnis von 30% in den Anlagekosten gegenüber einer Einrichtung mit Aufladung für gleichen Strom und eine Ersparnis an Stromkosten von rund 14% für den besonderen Fall der beschriebenen Anlage.

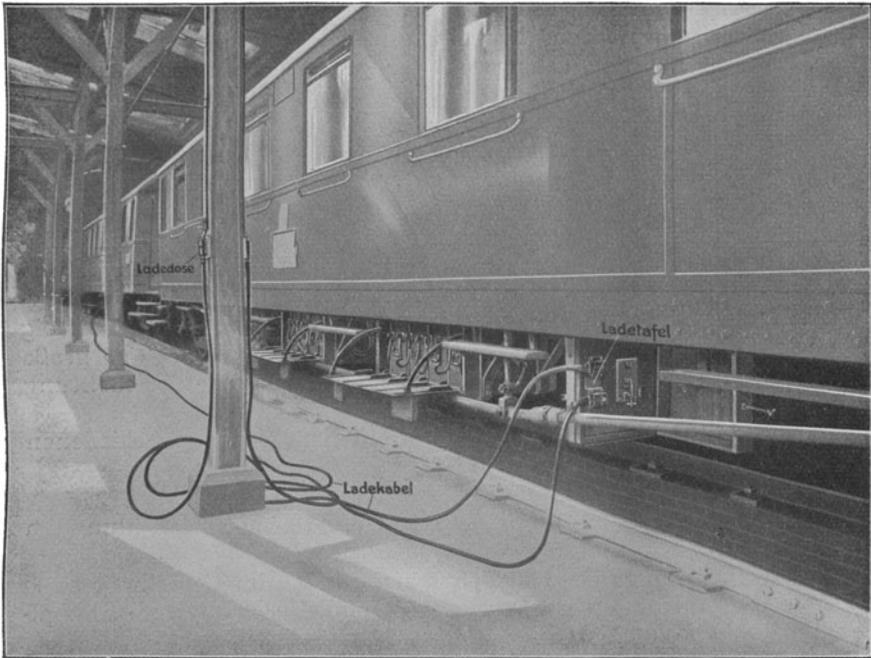


Abb. 46. Aufladung der Wagenbatterien, Deutsche Reichsbahn.

Die Pennsylvania R. R. hat im Jahre 1922 2075 Wagen mit Batteriebeleuchtung in Betrieb gehabt, außerdem besaß die Verwaltung 1517 mit Achsmaschinen beleuchtete Wagen; 1131 waren mit Gas und 755 mit Öl beleuchtet.

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

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 in Betrieb gewesen sind, so verhinderte doch eine Reihe von Umständen eine allgemeinere 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 Anordnung 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 wohl 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:

I. Antrieb der Dynamomaschine durch besonderen Motor.

1. Aufstellung von Dampfkessel und der Maschineneinrichtung im Gepäckwagen.

2. Verbrennungsmotor und Dynamomaschine im Gepäckwagen.

3. Dampfturbine oder Dampfmaschine im Gepäckwagen mit Dampfleitung vom Lokomotivkessel.

4. Dampfturbine oder Dampfmaschine auf dem Lokomotivkessel angeordnet.

II. 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 I. stehenden Anordnungen eignen sich nur für die geschlossene Zugbeleuchtung, die unter II. 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 im Schnellzugs- und Eilzugsverkehr, nicht dauernd in sich geschlossen bleiben, sondern an verschiedenen Stationen Wagen anderer Linien aufnehmen und solche abgeben. Für Vorortverkehr, für Personenzüge auf Nebenstrecken, für Züge von Klein- und Nebenbahnen ist indes diese Beleuchtungsart bei Antrieb der Maschine durch die Wagenachse die vorteilhafteste, sie ist einfach und billig in Anordnung und Betrieb.

Die Achsbeleuchtung ist gegenüber den anderen Ausführungsarten für Dampfzüge allein geeignet für allgemeine Einführung.

1. Dampfkessel und Maschineneinrichtung im Gepäckwagen.

Von den oben genannten Einrichtungen ist naturgemäß diese Art die kostspieligste sowohl in der Beschaffung als auch in der Unterhaltung der Einrichtung. Sie erfordert während des Betriebes einen Mann zur Bedienung, welcher für andere Arbeiten nicht mit herangezogen werden kann. Derartige Einrichtungen sind nur für den Hofzug des Kaisers von Österreich in Anwendung gekommen sowie auf einigen Zügen der Moskau-Archangelsk-Bahn.

2. Verbrennungsmotor mit Dynamomaschine im Gepäckwagen.

Diese Ausführungsart war vielfach auf 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 Zinklech liegt. Auf das Zinklech ist ferner noch ein dicker Linoleumbelag aufgebracht.

Der Zweizylinder-Petroleummotor Bauart Otto, Deutz, leistet 12 PS₀ bei 600 Umdrehungen. Die vierpolige Nebenschlußmaschine leistet bei

110 Volt 60 Amp. und 1400 Umdrehungen. 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, russisches Petroleum, bei halber Belastung 575—600 g.

Die Batterien bestehen aus je 56 Zellen III PO 17 der Russischen Tudor-Accumulatorenfabrik 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.

3. Dampfturbine im Gepäckwagen, betrieben durch Dampf vom Lokomotivkessel.

Anlagen dieser Art sind ausschließlich bei den nordamerikanischen Bahnen, und dort in recht bedeutendem Umfange in Betrieb. 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. 47 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 Kuppelung am Ende des Zuges geöffnet und der dreipolige Schalter auf dem Schaltbrett geschlossen, so daß jetzt der Zug 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

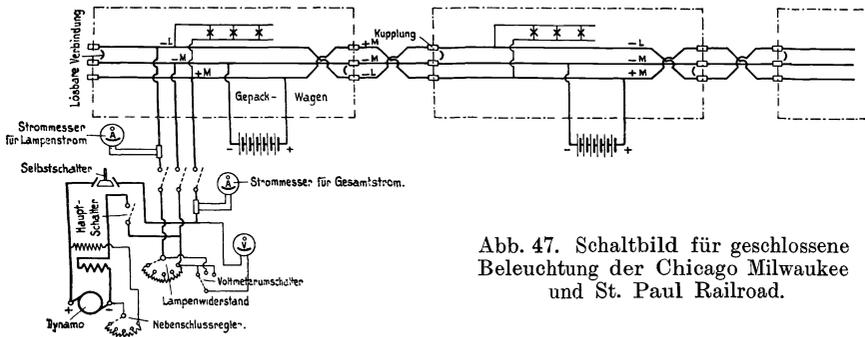


Abb. 47. Schaltbild für geschlossene Beleuchtung der Chicago Milwaukee und St. Paul Railroad.

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.

Die Verwaltung hat im Jahre 1919 68 Maschinenwagen in Betrieb gehabt, 208 mit Batterien ausgerüstete Wagen und 660 mit Leitungsnetz versehene Wagen, im ganzen 940 Wagen bei einem aus 1616 Wagen bestehenden Wagenpark.

Gleiche oder nur wenig abweichende Anordnung besitzt die Great Northern mit 62 Maschinenwagen, die Chicago, Burlington und Quincy Ry. mit 52 Maschinenwagen, 100 Batteriewagen, die Southern Pacific mit 23 Maschinenwagen.

Eine etwas abweichende Anordnung ist bei der Chicago North Western Ry. in Betrieb. Die Batterie wird für die Ladung in zwei Hälften geteilt und die beiden parallel geschaltet geladen unter Vorschalt eines regelbaren Widerstandes. Die Verwaltung hat im Jahre 1919 20 Maschinenwagen und 43 Batteriewagen, sowie 154 Wagen mit Leitungsnetz in Betrieb gehabt.

Aufladung der Batterien während der Tagesfahrt bzw. auf den Endstationen hat die Union Pacific Ry. für ihre Einrichtung vorgesehen. Dieselbe besitzt 48 Maschinenwagen und 42 Batteriewagen. — Die Baltimore und Ohio Ry. hatte für ihre Ausrüstungen statt des von Hand regelbaren Widerstandes besondere selbsttätige Lampenregler in Betrieb, die die Spannung an den Lampen während der Ladung gleich hoch hielten. Diese Einrichtung ist jetzt durch Übergang zur Einzelwagenbeleuchtung aufgegeben worden.

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. 183) 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.

4. Dampfturbine auf dem Lokomotivkessel.

Die Aufstellung der Dampfturbinendynamo auf der Lokomotive ist mehrfach ausgeführt worden. Der Maschinensatz wird meist zwischen dem Schornstein und dem Dom auf dem Lokomotivkessel angebracht. Die Turbinen sind bei Benutzung des höheren Dampfdruckes der Lokomotive kleiner und leichter als bei Verwendung im Gepäckwagen. Störungen sind durch Platzen der Dampfkuppelungen zwischen der Lokomotive und dem Gepäckwagen ausgeschlossen.

Die erste Anlage dieser Art wurde von der ehemaligen Preussischen Staatsbahn auf Veranlassung des Herrn Wittfeld geschaffen.

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 20 000 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 Nebenschlußmaschine, die einen Strom von 180 Amp. bei 65 Volt Spannung lieferte. Die Lampenspannung

war 50 Volt. Vor jede Glühlampe war eine Eisendrahtlampe als Widerstand geschaltet (Abb. 48).

Durch die Verwendung der Eisendrahtwiderstände war es möglich, eine gute Regelung für die Lampen sämtlicher Wagen eines Zuges ohne weitere Apparate herzustellen. 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 wird 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 mußte man 32 Zellen nehmen, und infolgedessen hatte jeder Wagen der beschriebenen Einrichtung eine Batterie von 32 Zellen mit 111 Amp.-Stunden bei 3stündiger Entladung. 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.



Abb. 48. Eisendrahtwiderstand.

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

Die Lokomotiveinrichtungen haben sich im Betriebe vorzüglich bewährt. In Anbetracht der großen Anzahl von Lokomotiven, welche für die Züge ausgerüstet werden müssen, würden jedoch die Anschaf-

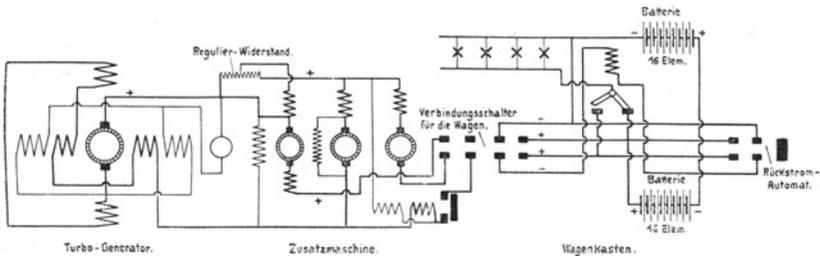


Abb. 49. Schaltbild für geschlossene Beleuchtung mit Zusatzmaschinen, Bauart Gould.

fungskosten sich sehr hoch gestellt haben, und die Verwaltung ging infolgedessen dazu über, statt der Lokomotiven die Gepäckwagen mit den von der Achse angetriebenen Maschinen auszurüsten, auf welche Änderung weiter unten eingegangen ist.

In Nordamerika hat die Gould Coupler & Co. eine Anordnung mit Zusatzmaschinen zur Ausführung gebracht. Der Maschinensatz steht auf dem Lokomotivtender. Jeder Satz (siehe Schaltbild Abb. 49) besteht aus drei Maschinen, nämlich einer Zusatzmaschine mit Differential-

wicklung (Battery-Booster) und einer kleineren Zusatzmaschine (Lamp Booster), welche auf dieselbe Welle mit dem Elektromotor mit Verbundwicklung gesetzt ist. Die erstere liefert die erhöhte Spannung für die Ladung der Batterie. Sie ist so gewickelt, daß, wenn die Lampen nicht brennen, die elektromotorische Kraft dieser Zusatzmaschine und der Generatormaschine die nötige Spannung zusammen liefern, um die Batterie auf den höchsten Ladestand zu bringen. Die Charakteristik der Zusatzmaschine ist derart, daß sich der Ladestrom vermindert, wenn die Ladespannung einen höchsten Wert erreicht hat. Die Wicklung dieser Maschine, durch welche der ganze Lampenstrom geht, bewirkt eine Verminderung der Spannung derselben bei anwachsender Belastung durch Glühlampen; so wird mit dem Anwachsen des Lampenstroms der Ladestrom vermindert. Sobald die Belastung größer wird, als der Leistung der Generatormaschine entspricht, bewirkt die Zusatzmaschine eine Entladung der Batterie, um die Maschine zu unterstützen. Entspricht der Lampenstrom der Leistung der Maschine, so ist die Spannung der Zusatzmaschine Null. Wenn andererseits keine Lampen brennen, so wird die Batterie geladen und der Ladestrom allmählich mit Steigen der Ladespannung vermindert. Die kleinere Zusatzmaschine ist in Reihe mit der Lichtleitung geschaltet, um eine gleichmäßige Verteilung der Spannung, unabhängig von der Zuglänge und der Belastungsverteilung des Netzes, zu erhalten.

Um die Einrichtung in Betrieb zu setzen, genügt es, das Dampfventil auf der Lokomotive zu öffnen. Wenn die Maschinenspannung die Lampenspannung erreicht hat, schließt sich der selbsttätige Ausschalter auf dem Lokomotivtender, und der Strom geht durch das Leitungsnetz, wobei die Selbstschalter in den einzelnen Wagen geschlossen werden. Die Turbinenmaschine hat alsdann die Speisung sämtlicher Lampen übernommen. Der Strom geht durch die kleinere Zusatzmaschine, durch die Leitungen des Zuges und durch die Selbstschalter zu den Lampen und über die einzelnen Wagenselbstschalter zu der negativen Klemme des Generators. Der Ladestrom geht vom Generator durch die große Zusatzmaschine, Selbstschalter und Leitungsnetz zur positiven Seite der Batterie und auf der negativen Seite über die Selbstschalter der einzelnen Wagen zu den negativen Klemmen des Generators. Beim Abschalten der Turbine schalten die Selbstschalter in den einzelnen Wagen die Lampen auf die Batterie desselben. Gleichzeitig öffnet sich der Selbstschalter auf der Lokomotive und verhindert dadurch, daß die Batterie sich auf den Generator entladet.

Diese Bauart ist auf der Pennsylvania Ry. mit sechs Lokomotiv-ausrüstungen für 17 Wagen eingerichtet. Jeder Wagen hat eine Batterie von 32 Elementen.

5. Lokomotivbeleuchtung.

Im Anschluß an die Beleuchtung des ganzen Zuges von der Lokomotive aus sei noch der Beleuchtung von Lokomotiven durch kleine Dampfturbinendynamos gedacht. In den Vereinigten Staaten von Amerika muß jede Lokomotive mit einer solchen Einrichtung vor-

schriftsmäßig ausgerüstet sein, die vor allem zur Speisung eines Scheinwerfers an der Stirnseite der Lokomotive und zugleich auch für die Speisung der anderen Lampen dient.

Die Interstate Commerce Commission hat in ihrer Sitzung vom 26. Dezember 1916 in Washington Laws Rules and Instructions for Inspection and Testing for Steam-Lokomotives and Tenders genehmigt, deren Vorschriften (Rules) Nr. 29 und 31 wie folgt 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 Zustande erhalten werden.

Die Commission ordnete ferner an, daß alle Lokomotiven auf diese Weise bis zum 1. Juli 1920 auszurüsten seien.

Eine solche Einrichtung, die in Amerika Head Light genannt wird, besteht im allgemeinen aus einer kleinen Turbinendynamo von 0,5 kW Leistung, 1 (oder 2) Scheinwerfer (Head Light) mit parabolischem Reflektor, Schalter, Lampen und Leitung. Gegenwärtig sind acht verschiedene Bauarten in Amerika in Betrieb, welche von folgenden Firmen geliefert werden: Electric Service Supplies Co., New-York; General Electric Co., Schenectady. The Gould Coupler & Co., Depew N.Y.; The Loco Light Co., Indianapolis. Ind.; Pyle National Co., Chicago; Sunbeam Electric Manufacturing Co. (früher Schroeder Head Light and Generator Co.), Evansville Ind.; The United States Headlight Co., Buffalo N.Y.; The Buda Company Chicago.

Beschreibung der Bauarten findet sich in dem von der Association of Railway Electric Engineers herausgegebenen Handbook über Electric Lokomotives Headlight 1920.

Der Maschinensatz 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 er auch auf der Plattform vor dem Kessel oder auf dem vorderen Ende des Laufbrettes.

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

Jede Lokomotive hat an der oberen Stirnseite vor dem Schornstein einen Scheinwerfer mit parabolischem Spiegel, in dessen Brennpunkt der Faden der Glühlampe sich befindet. Früher waren anstelle von Glühlampen ausschließlich Bogenlampen in Gebrauch. Jetzt überwiegt mit Einführung der Metalldrahtlampe die Glühlampe bei weitem. Für Lokomotiven im Fahrdienst wird eine gasgefüllte Lampe

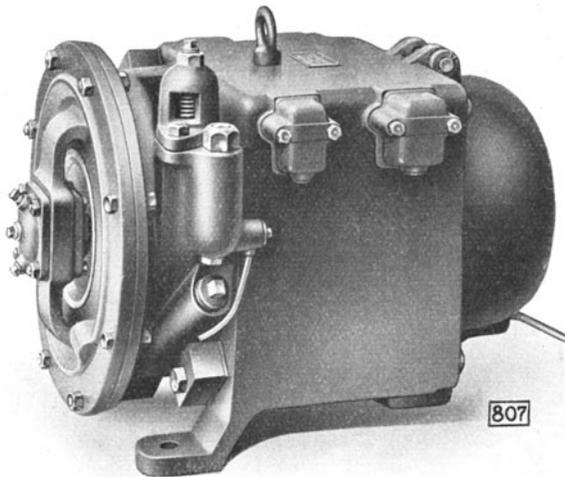


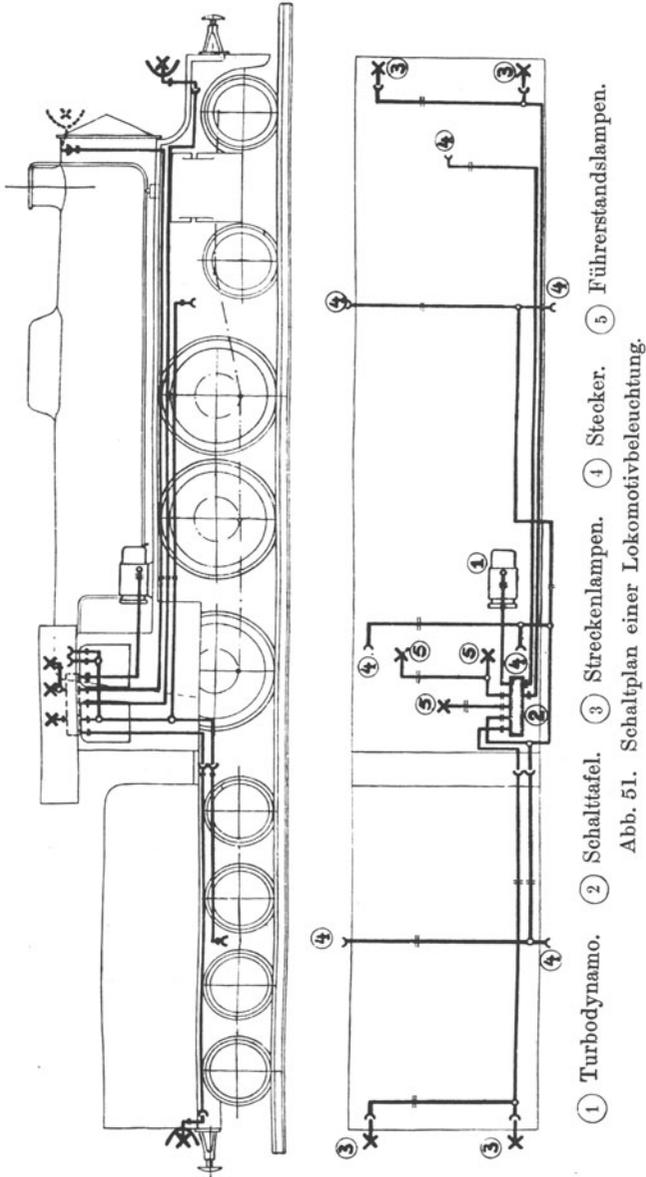
Abb. 50. Turbodynamomaschine für Lokomotivbeleuchtung.

von 250 Watt bzw. 150 Watt benutzt, für Verschiebelokomotiven solche von 100 Watt, für die Lampen des Führerstandes solche von 15 Watt. Soll die Helligkeit des Scheinwerfers herabgemindert werden, so wird ein Widerstand vor die Lampe geschaltet.

Für das Leitungsnetz wird Draht verwendet, 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.

Von europäischen Firmen liefern solche Ausrüstungen Brown, Boveri & Cie., Melms & Pfenninger und die Gesellschaft für elektrische Zugbeleuchtung m. b. H. Eine von letzterer Gesellschaft gelieferte Maschine, Fabrikat der AEG., Turbinenfabrik, ist in Abb. 50 dargestellt. Die Maschine hat eine Dauerleistung von 0,5 kW bei 32 Volt Spannung und 3600 Umdrehungen in der Minute. Die Abmessungen der Maschine sind: Länge über alles 650 mm, Breite 400 mm, Höhe

360 mm. Das Gewicht beträgt rund 100 kg. Die Turbine ist eine Aktionsturbine mit einer Druckstufe. Sie hat also nur ein Rad mit



einem Schaufelkranz, dagegen infolge Anwendung einer Umkehrschaufel zwei Geschwindigkeitsstufen auf den gleichen Schaufelkranz wirkend und daher einen äußerst einfachen Aufbau. Die Turbinenwelle besteht

aus Siemens-Martin-Stahl. Auf ihr sind Laufrad und Regler befestigt. Das Turbinenrad ist aus Siemens-Martin-Stahl.

Es sind nur zwei Lager vorhanden, die sich an den beiden Enden der Welle befinden und als Kugellager ausgebildet sind. Die Kugeln werden, da sie dauernd in Öl eintauchen, gut geschmiert.

Der Dampf durchströmt nacheinander das Verminderungsventil, das Reglerventil, die Düse, den Laufradkranz, die Umkehrschaufel, noch einmal den gleichen Laufradkranz von der anderen Seite her und gelangt dann zum Abdampfstutzen. Das federbelastete Verminderungsventil hält bei veränderlichem Dampfdruck des Kessels den Druck vor dem Reglerventil praktisch auf der eingestellten Höhe von rund 4,5 Atm. Das Reglerventil — als Doppelkolbenschieber ausgebildet — gesteuert vom Regler, beherrscht die Dampfmenge und hält die Drehzahl bei wechselnder Leistung nahezu konstant. Es ist so gebaut, daß bei fehlender Nutzlast die Dampfzufuhr zur Düse aufhört. Bei unvorhergesehenem Versagen des Verminderungsventils verhindert das Sicherheitsventil ein unzulässiges Ansteigen des Dampfdruckes vor dem Reglerventil. Das Sicherheitsventil wird auf einen um etwa 1,5 Atm. höheren Druck eingestellt als das Verminderungsventil ihn hält.

Die Dynamo ist eine zweipolige Doppelschlußmaschine ohne Hilfspole. Das Polgehäuse besteht aus Gußeisen mit eingesetzten, ebenfalls gußeisernen Polen. Der ganze Satz ruht auf vier Füßen, welche am Dynamogehäuse angegossen sind. Die Maschine ist gekapselt und ein an der Dynamo befindlicher Schutzdeckel mit Scharnieren ermöglicht einen leichten und bequemen Zugang zum Stromabnehmer sowie zum gesamten Bürstenapparat. — Abb. 51 gibt das Schaltbild einer Einrichtung wieder.

Neuerdings wird die Lokomotiveinrichtung vielfach in Amerika zur Beleuchtung von Vorortzügen und Kleinbahnzügen benutzt. So von der Baltimore & Ohio Railway, der Staten Island Rapid Transit Railway und Staten Island Railway sowie der Chicago-North-Western-Railway. Die Leistung der Maschine wird dann etwas größer als 0,5 kW genommen.

III. 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 Stillstand 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 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. Die Spannungsregelung muß ferner derartig sein, daß beim Ein- und Ausschalten der Maschine, sowie bei der Spannungsregelung ein Zucken der Lampen oder ein starkes plötzliches Schwanken des Lichtes nicht in höherem Maße eintritt, als dies für gute ortsfeste Beleuchtungsanlagen gilt. Zuckendes oder schnell schwankendes Licht ist außerordentlich unangenehm und nachteilig für die Augen.

Für die Beleuchtung eines ganzen Zuges von einem Wagen aus muß die Regelung für die Lampenspannung so erfolgen, daß die Spannung sich nicht ändert, wie viele Lampen auch eingeschaltet sind, was für die Beleuchtung eines einzelnen Wagens nicht in diesem Umfange erforderlich ist. 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 viele Wagen führt. Alle diese großen Schwankungen des Kraftbedarfes sind bei Einzelwagenbeleuchtung nicht in diesem Maße vorhanden. Eine Regulationsart, welche für Einzelwagenbeleuchtung genügt, ist deshalb noch keineswegs für die Beleuchtung eines geschlossenen Zuges geeignet.

Die Einrichtung einer Achsenbeleuchtung umfaßt außer der Maschine, der Batterie bzw. den Batterien, dem Leitungs- und Installationsmaterial folgende Teile:

1. die Antriebsvorrichtung der Maschine,
2. einen Selbstschalter, welcher die Maschine in den Stromkreis einschaltet, sobald deren Spannung die Spannung der Batterie erreicht

oder überschritten hat, und ebenso dieselbe wieder ausschaltet, sobald die Spannung der Maschine sinkt,

3. eine Vorrichtung, bei Fahrtrichtungsänderung die Pole der Maschine umzuschalten, den Polwechsler,

4. eine Vorrichtung, die Maschinenspannung entsprechend den Erfordernissen der Ladung der Batterie zu regeln,

5. eine Vorrichtung, die Spannung an den Lampen stets gleichmäßig zu halten,

6. eine Vorrichtung zur Verhütung der Überladung der Batterien, den Spannungsbegrenzer.

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 Erfolg 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 Antriebsvorrichtung der Maschine.

Die Aufhängung der Maschine erfolgt am Wagenuntergestell an geeigneter Stelle; bei Drehgestellwagen vorzugsweise am Drehgestell selbst und zwar an einer Konsole an der Stirnwand des Querträgers. In besonderen Fällen, wie bei größeren Maschinen für geschlossene Zugbeleuchtung oder bei Schmalspurbahnen mit niedrigen Rädern, die eine Anordnung der Maschine unter dem Wagengestell nicht gestatten, wird die Maschine auch im Gepäckwagen oder in einem freien Raume eines Personenwagens aufgestellt.

Der Antrieb erfolgt durch Flachriemen. Neben diesem ist auch noch Kettenantrieb sowie der Antrieb mit Keil- oder Gliederriemen in Gebrauch. Zahnrad- und Schneckenübertragung 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 von Böhm¹⁾ vorgeschlagen und versucht sind, haben sich ebenfalls als nicht geeignet erwiesen.

Der Riemen muß den besonderen Anforderungen des Bahnbetriebes entsprechen. Es kann nur ein kurzer Riemenzug Verwendung finden. Die Länge des Riemens ist bei Drehgestellaufhängung etwa 3—3,3 m, bei Aufhängung am Untergestell meist 4—5 m.

¹⁾ DRP. 130172 Otto Böhm und Rud. Menckhoff: Vorrichtung für Reibrädergetriebe bei elektrischen Maschinen zur selbsttätigen Regelung des Reibungsdruckes, 1900.

Der Riemen wird sehr stark beansprucht. Er muß, damit die Maschine ihre volle Leistung bei der niedrigsten Zuggeschwindigkeit abzugeben fähig ist, dementsprechend stark gespannt sein, mithin bei höherer Geschwindigkeit unnötig stark gespannt. Man hat deshalb vorgeschlagen, durch geeignete Anordnungen wie z. B. durch ein Solenoid, welches auf die Riemenspannung einwirkt, die Riemenspannung zu regeln. (DRP. Nr. 336 819 Siemens-Schuckert-Werke G. m. b. H.)

Die Wagenachse verändert während der Fahrt dauernd ihre Lage zum Wagen oder Drehgestell. Hierdurch treten Überspannungen des Riemens auf, die nachteilig wirken.

Nach Knippenberg wird eine starke Riemenabnutzung ferner durch die stoßweise Beanspruchung beim Anfahren und besonders beim Bremsen verursacht. Beim Bremsen kommt die Radachse schneller zum Stillstand als der Maschinenanker, so daß der Riemen hierdurch, da er plötzlich stark auf Zug beansprucht wird, auf kurze Zeit zum Gleiten kommen wird. Beim Anfahren setzt sich infolge des stets vorhandenen Spieles im Laufwerk des Wagens der Anker etwas später in Bewegung, so daß hierbei der Riemen einen starken Ruck erhält.

Der Riemen leidet aber auch durch die Witterung, Regen und Schnee, heißes und kaltes Wetter; Dampf aus den Heizröhren darf nicht an den Antrieb gelangen. Wenn der Riemen gleitet, tritt starke Erwärmung infolge der Reibung mit der Riemenscheibe ein, die dem Riemen sehr nachteilig ist. Darum muß darauf geachtet werden, daß der Riemen stets stark gespannt ist. Ebenso muß auf richtigen Sitz der Riemenschnalle gehalten werden, damit der Riemen im Querschnitt gleichmäßig beansprucht wird. Die Riemenscheiben müssen in einer geraden Linie stehen und Maschine und Radachse genau parallel gerichtet sein. — Je kleiner der Riemenscheibendurchmesser gewählt ist, um so geringer ist die Auflagefläche des Riemens für die Übertragung einer bestimmten Kraft, desto schärfer ist auch die Biegung des Riemens.

Brauchbar hat sich der Balatariemen in genügend kräftiger Ausführung erwiesen. Man verwendet für eine Maschine von 1 kW Leistung einen 90 mm Treibriemen von vierfachen Gewebelagen; gewöhnliche Lederriemen sind vollständig ungeeignet. Riemen aus Baumwollgewebe mit Teer getränkt, oder Zellstoff, auch Drahtgliederriemen, welche besonders während der Kriegszeit, als Balatariemen nicht zu erhalten waren, in Gebrauch genommen werden mußten, sind gleichfalls nicht geeignet. Ein minderwertiger Riemen nutzt sich rasch ab, reißt häufig und geht dann verloren. Riemen, welche bei Überschreitung einer gewissen Geschwindigkeit zur Erhaltung einer bestimmten Umdrehungszahl der Maschine gleiten müssen, wie bei der Bauart der Firma J. Stone & Co., müssen aus besonders gutem Balata bestehen. Es werden hierfür Dicks Original-Balatariemen oder Balata-Aragoma verwendet.

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

Für Maschinen von 1500 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 Bestrebungen, den Riemen zu vermeiden, sind schon alt. Von den gebräuchlichsten Antriebsarten hat sich bis jetzt nur die Kette

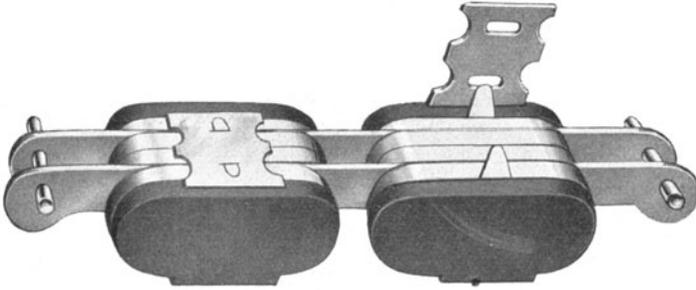


Abb. 52. Gliederriemen, Bauart Roderwald.

und der Gliederriemen eingeführt. Die Firma Julius Pintsch A.G., Berlin, verwendet für die von ihr vertriebene Bauart Pintsch-Grob Kettenantrieb. Es wird die Morsekette benutzt.

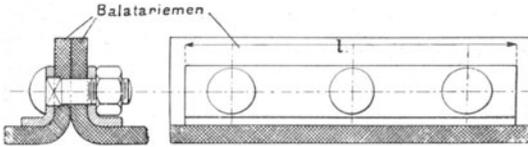


Abb. 53a. Riemenschnalle.

Um die starke Abnutzung der Kette durch die im Eisenbahn-Betriebe vorkommenden starken Stöße unschädlich zu machen, ist eine Reibungskuppelung vorgesehen. Das Kettenrad selbst ist mit dem Kuppelungsgehäuse fest verbunden. Die Kette läuft, vor Sand und Schnee geschützt, zum Teil in Öl tauchend in einem Gehäuse.

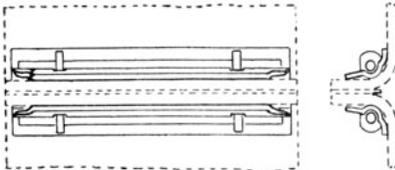


Abb. 53b. Riemenschnalle.

Der Roderwaldsche Gliederriemen ist in Abb. 52 dargestellt. Er wird geliefert von der National-Dynamo-Zugbeleuchtung G. m. b. H., Berlin. Die einzelnen Glieder des Antriebes, die durch zwei Stahlachsen mit Ansatzzapfen verbunden werden, sind wie folgt zusammengesetzt: In der Mitte des Kettengliedes befinden sich zwei in Aluminiumblech gelagerte Rohhautplatten mit entsprechenden Löchern für die Zapfen der Verbindungslaschen. Ebenso sind an der Außenseite des Kettengliedes gleichfalls Rohhautplatten in vorgenannter Ausführung angeordnet. Um diese äußeren Platten ist eine im Querschnitt keilförmige Weichlederplatte gelegt, die durch

Um die starke Abnutzung der Kette durch die im Eisenbahn-Betriebe vorkommenden starken Stöße unschädlich zu machen, ist eine Reibungskuppelung vorgesehen. Das Kettenrad selbst ist mit dem Kuppelungsgehäuse fest verbunden.

Die Kette läuft, vor Sand und Schnee geschützt, zum Teil in Öl tauchend in einem Gehäuse. Der Roderwaldsche Gliederriemen ist in Abb. 52 dargestellt. Er wird geliefert von der National-Dynamo-Zugbeleuchtung G. m. b. H., Berlin. Die einzelnen Glieder des Antriebes, die durch zwei Stahlachsen mit Ansatzzapfen verbunden werden, sind wie folgt zusammengesetzt: In der Mitte des Kettengliedes befinden sich zwei in Aluminiumblech gelagerte Rohhautplatten mit entsprechenden Löchern für die Zapfen der Verbindungslaschen. Ebenso sind an der Außenseite des Kettengliedes gleichfalls Rohhautplatten in vorgenannter Ausführung angeordnet. Um diese äußeren Platten ist eine im Querschnitt keilförmige Weichlederplatte gelegt, die durch

Niete und auf der oberen Seite durch eine Eisenblechplatte zusammengehalten werden.

Die Glieder haben eine Länge von etwa 40 mm, so daß 1 m eines solchen Gliederriemens aus 25 Einzelgliedern besteht. Er läuft in Nutenscheiben, die für die Wagenachse aus Flußeisen, für die Maschine aus Gußeisen bestehen. Die Maschine muß fest, nicht pendelnd aufgehängt werden. Der Antrieb wird nicht straff gespannt, sondern läuft am besten mit etwas Durchhang.

Als Riemenverbinder werden für europäische Bauarten ausschließlich solche der in Abb. 53 dargestellten Arten benutzt. Die Enden des Riemens sind nach außen gebogen und durch die Schnalle verbunden. In Amerika verwendet man vorzugsweise die in den Abb. 53 a, b, c dargestellten Crescent-, Alligator- und Jacksonverbinder, bei denen die Riemenenden scharf aneinanderstoßend verbunden werden, doch ist auch der in Abb. 53 a dargestellte, dort Walker belt fastener genannt, in Anwendung.

Die Riemenscheibe für die Wagenachse besteht aus Gußeisen, Gußstahl oder aus Holz, für die Maschine aus Gußeisen. Die Befestigung der zweiteiligen Scheibe auf der Wagenachse erfolgt durch Schrauben. Um einen festen Sitz zu erzielen, wird zweckmäßig eine Einlage aus Blech gemacht; in Amerika wird eine besondere Buchse für die Wagenachse vorgesehen, auf der alsdann die Scheibe festgeschraubt wird. Die Antriebsriemenscheibe wird entweder mit Flanschen und gewölbter Lauffläche oder ohne Flanschen in zylindrischer Ausführung mit größerer Breite verwendet; letztere Anordnung wird von den Schweizer Bundesbahnen ausschließlich benutzt. Die Maschinenriemenscheibe wird immer mit Flanschen genommen; vielfach ist die Lauffläche dieser Scheibe gelocht.

Maschinenscheiben mit gelochter Lauffläche sind in Amerika allgemein in Anwendung. Manchmal umkleidet man die Lauffläche der Riemenscheibe auch mit Leder, um ein Gleiten des Riemens zu verhindern. Riemen Schutzkästen anzubringen empfiehlt sich nicht, da sich in denselben lediglich Schnee und Schmutz ansammelt. Bei der Aufhängung der Maschine muß man darauf achten,

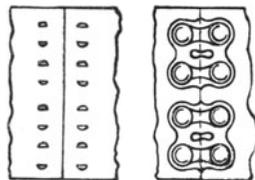


Abb. 54 a. Crescent-Riemenschnalle.

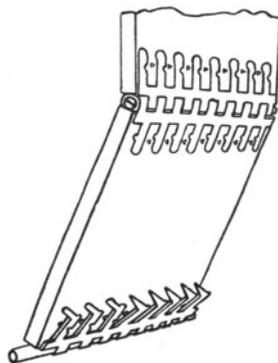


Abb. 54 b. Alligator-Riemenschnalle.

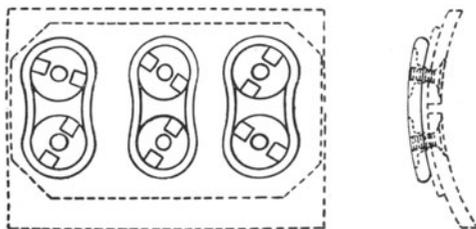


Abb. 54 c. Jackson-Riemenschnalle.

daß bei Kälte kein Dampf, etwa aus der Heizung, an den Riemen kommt. Da die Haltbarkeit des Riemens und damit die Zuverlässigkeit

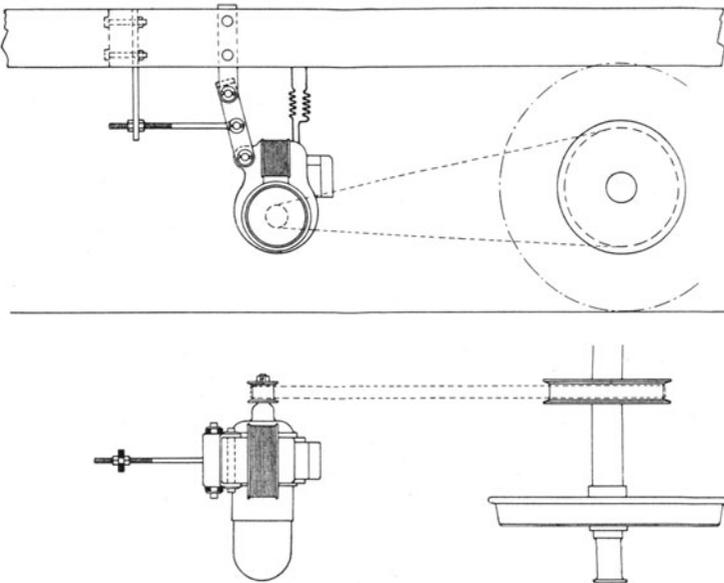


Abb. 55. Maschinenaufhängung, Bauart Stone.

des Betriebes wesentlich von einer zweckmäßigen Lösung der Maschinenaufhängung und des Riemenantriebes abhängt, so muß besondere

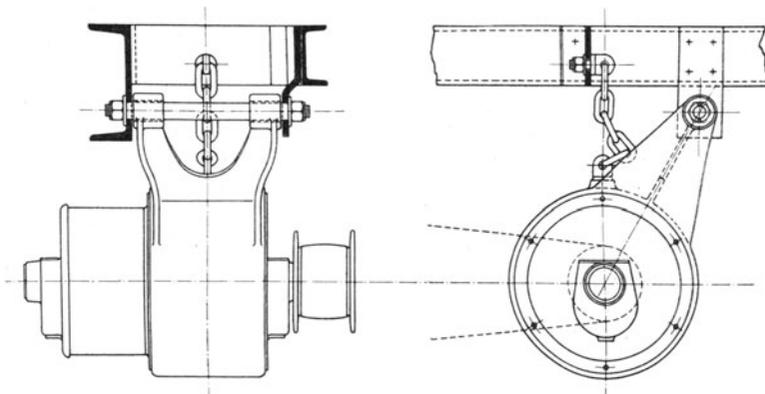


Abb. 56. Maschinenaufhängung der Schweizer Bundesbahn für zwei- und dreiachsige Wagen.

Sorgfalt und Aufmerksamkeit auf die Ausführung und Instandhaltung derselben verwandt werden.

Die erforderliche Riemenspannung wird entweder durch das Eigengewicht der Maschine oder durch eine Spannfeder oder durch beide Mittel zusammen bewirkt. Das Gewicht allein verwendet u. a. die Bauart Stone, deren Aufhängung Abb. 55 darstellt. Abb. 56 stellt die Anordnung der Schweizer Bundesbahnen für zwei- und dreiachsige Wagen dar. Die Kette dient als Auffangvorrichtung für die Maschine

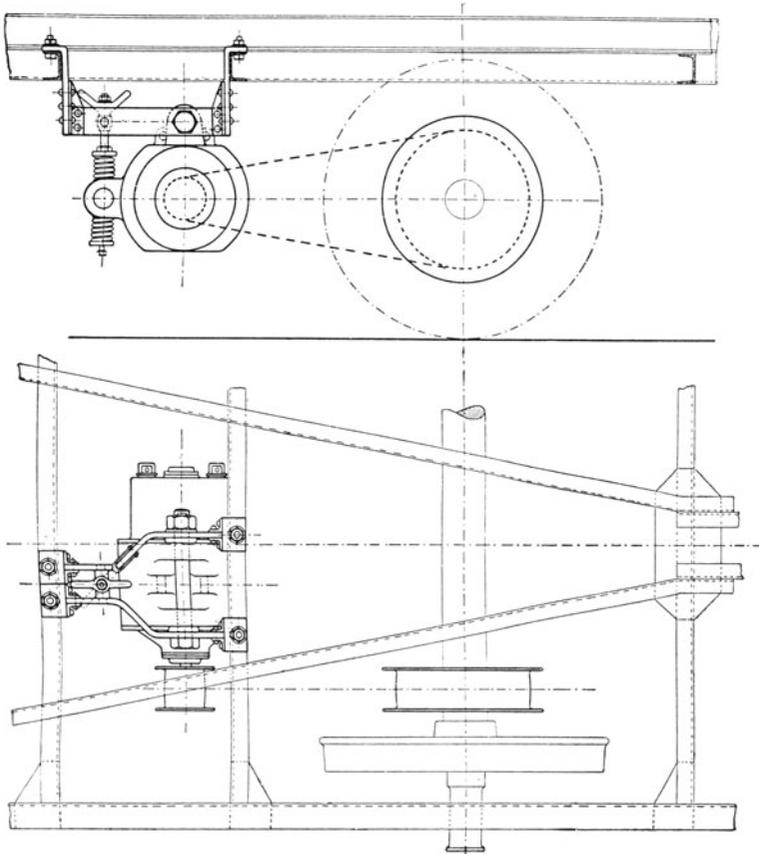


Abb. 57. Maschinenaufhängung am Wagenuntergestell mit Riemenspannvorrichtung, Bauart GEZ.

im Falle eines Bruches der Aufhängung. An Stelle der Kette verwendet die Deutsche Reichsbahn Eisenbügel.

Einige Bauarten verzichten auf die Benutzung des Maschinengewichtes und benutzen lediglich Spannfedern, so die Gesellschaft für elektrische Zugbeleuchtung.

Abb. 57 stellt die Anordnung dieser Gesellschaft für die Aufhängung der Maschine am Wagenuntergestell,

Abb. 58 am Drehgestell dar.

Abb. 59 gibt die Aufstellung der Maschine im Wageninnern wieder, wie sie die Gesellschaft für elektrische Zugbeleuchtung für die Züge der Chemin de fer de Ceinture, der Vorortzüge der Paris-Orléans-Bahn und der Peking-Hankaubahn verwendet hat. Die Aufhängung der Maschine bei einer amerikanischen Bahn, der Pennsylvania Railroad, zeigt die Abb. 60.

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

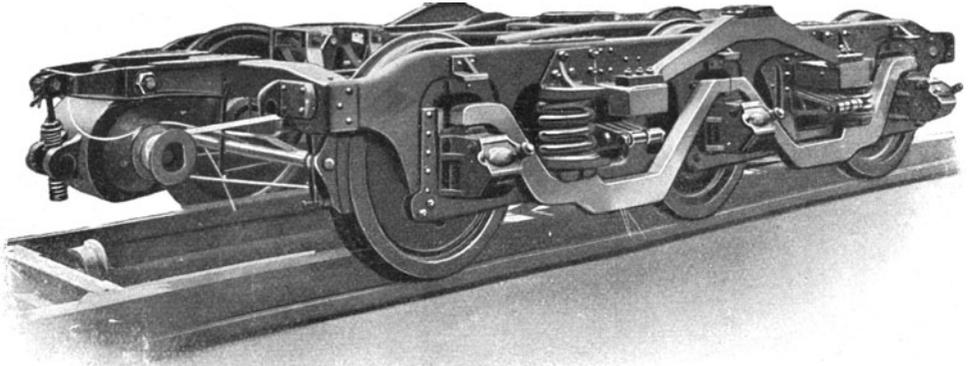


Abb. 58. Dreiachsiges Drehgestell mit Maschine der Gesellschaft für elektrische Zugbeleuchtung m. b. H.

ist ferner leichter zugänglich. Jedoch ist ein längerer Riemen erforderlich und die Antriebsscheiben bleiben in Kurven nicht in einer Linie. Das Drehgestell erfordert keine Ausgleichung des Maschinengewichtes. Für das Auswechseln von Drehgestellen ist es nicht erforderlich, solche mit Maschinen in Reserve 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 und die meisten Lichtstörungen durch Abnutzung und Verluste der Riemen verursacht werden.

2. Der Maschinenselbstschalter.

Dieser Schalter hat die Aufgabe, die Maschine in den Stromkreis einzuschalten, wenn ihre Spannung etwas höher als die der Batterie geworden ist und sie auszuschalten, wenn diese Spannung unter die der Batterie gesunken ist. Die Ausführung erfolgt entweder auf mecha-

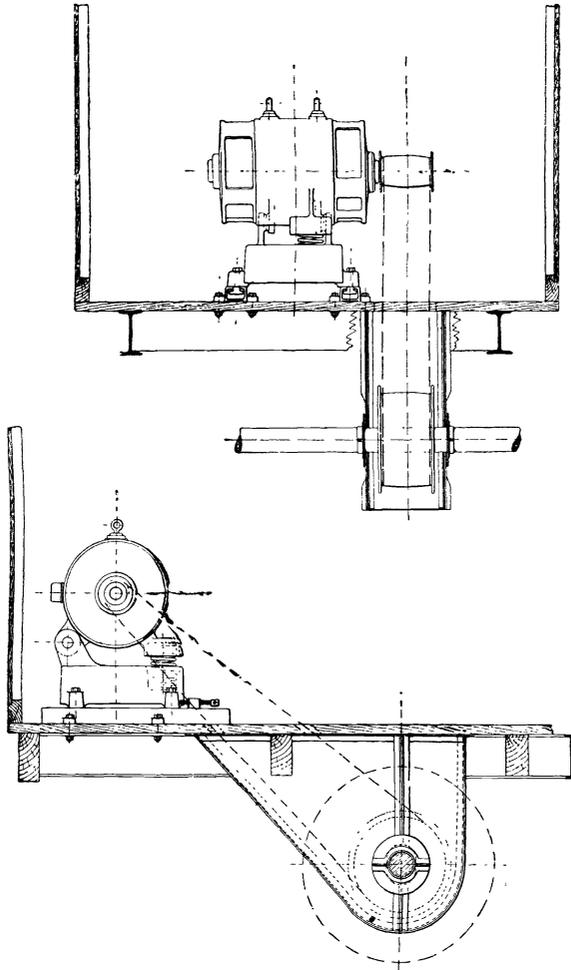


Abb. 59. Aufstellung der Maschine im Gepäckwagen, Gesellschaft für elektrische Zugbeleuchtung m. b. H.

nische Weise, daß durch einen Fliehkraftregler bei einer gewissen Geschwindigkeit Kontakte geschlossen werden, welche die Einschaltung bewirken, oder durch elektrische Betätigung. Ein auf letzterer Grundlage aufgebauter Apparat besteht aus einem Eisenkern, der mit zwei Spulen umwickelt ist, und zwar einer Spannungsspule, die mit den

Klemmen der Maschine verbunden ist, und einer zweiten Spule, die den Maschinenstrom führt, über die erste gelagert ist, und ihre Wirkung verstärkt, sobald die Verbindung zwischen Maschine und Batterie hergestellt ist. Meist erhalten diese Schalter Vorkontakte aus Kohlen,

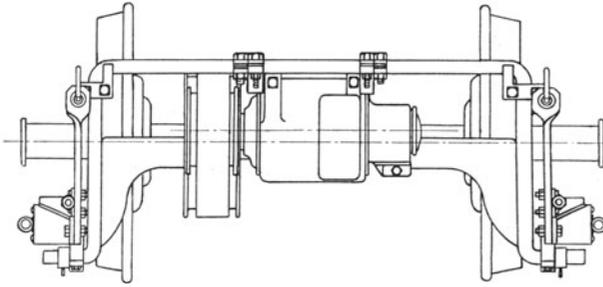
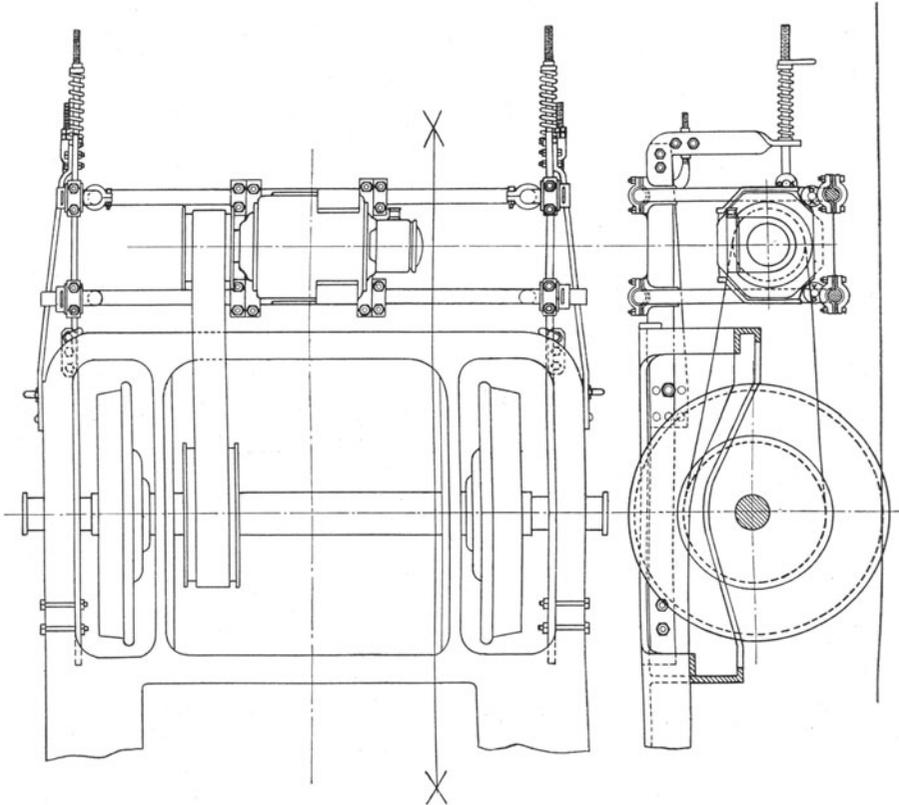


Abb. 60. Maschinenaufhängung der Pennsylvania Railroad.



welche verhindern, daß an den Kupferkontakten Funkenbildung auftritt. Die Schalter müssen gut gebaut und scharf eingestellt sein, damit die Schaltung nicht erst eintritt, wenn schon ein großer Spannungsunterschied zwischen Maschine und Batterie vorhanden ist, da

alsdann ein starker Stromstoß auftritt. Der Schalter wird vielfach noch mit weiteren Kontakten ausgerüstet, um gleichzeitig noch andere Verbindungen herzustellen. Die elektrisch betätigten Schalter besitzen zweifellos den Vorzug, daß die Maschine nicht unter allen Umständen in den Stromkreis eingeschaltet wird, wie dies bei einem mechanischen der Fall ist. Bei einem mechanischen Schalter wird die Maschine, gleichgültig in welchem Zustande sich Maschine und Batterie befinden, bei einer bestimmten Geschwindigkeit eingeschaltet.

3. Der Polwechsler.

Der Polwechsler ist eine Vorrichtung, welche bei Fahrrichtungsänderung 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 vielfach 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 in der weiter unten beschriebenen Rosenberg-Maschine gelöst, welche die Eigenschaft hat, bei Änderung der Drehrichtung stets Strom in gleicher Richtung zu liefern.

4. Regelung der Maschinenspannung.

Die schwierigste Aufgabe einer Achsenbeleuchtung liegt zweifellos in der Regelung der Spannung. Es ist erforderlich, sowohl eine Regelung der Maschinenspannung als auch eine Regelung zur Gleichhaltung der Spannung an den Lampen vorzusehen. Die Maschine muß während des Betriebes und während der Beleuchtung die Batterien vollladen und zugleich muß die Lampenspannung stets auf gleicher Höhe gehalten werden. Die Regelung der Maschinenspannung hat so zu erfolgen, daß die Batterien den Vorschriften entsprechend geladen werden, so daß ihr Arbeiten jederzeit zuverlässig gewährleistet ist. Die Ladung muß zunächst in ausreichendem Maße erfolgen. Eine dauernd zu geringe Ladung führt bald zum Versagen der Einrichtung. Es ist daher natürlich, daß man lieber eine dauernde Überladung der Batterie in Kauf nehmen wird. Eine solche ist aber bekanntlich mit einer sehr starken Gasentwicklung verbunden, die lockernd auf die Oberfläche der wirksamen Masse der positiven Platten einwirkt. Die abgerissenen Massenteilchen sinken zu Boden und in verhältnismäßig kurzer Zeit ist der Raum zwischen dem Boden und dem unteren Plattenrand ausgefüllt. Zur Vermeidung von Kurzschluß und Schädigung der Platten muß der Masseschlamm rechtzeitig entfernt werden, was 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 häufiges Nachfüllen der Batterie 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.

Die Anordnungen, welche eine vorschriftmäßige Ladung durch eine besondere Regelung der Maschine gewährleisten, sind hervorgegangen aus der Erkenntnis, daß die Unterhaltungskosten der Batterien einen sehr wesentlichen Teil der Betriebskosten ausmachen. Es muß aus wirtschaftlichen Gründen dahin gestrebt werden, diese Kosten möglichst zu vermindern. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Batterien im Betriebe nicht beobachtet werden können, weder während der Ladung noch bei der Entladung, und daß das Nachsehen auf den Abstellbahnhöfen auf das geringste Maß beschränkt werden muß. Es ist also durch Schaffung besonderer Regelungsvorrichtungen die Tätigkeit des Batteriewärters vollkommen zu ersetzen. Erschwerend ist nun für eine einwandfreie Lösung die Eigenschaft des Sammlers, daß seine Spannungslage so-

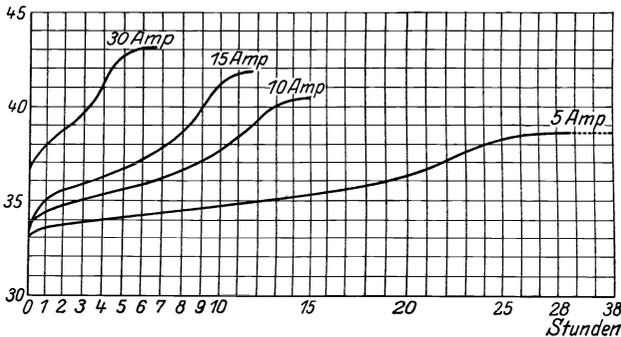


Abb. 61. Schaulinien der Spannung bei Aufladung einer Sammlerbatterie mit verschiedenen Stromstärken.

wohl bei der Entladung als bei der Ladung von den verschiedenartigsten Umständen abhängig ist, denen man nicht stets Rechnung tragen kann.

In Abschnitt 1 dieses Teiles ist bereits das Verhalten des Sammlers während der Ladung eingehend dargestellt.

Abb. 61 stellt den Verlauf der Spannungsänderung einer Zelle während der Ladung mit verschiedenen Stromstärken dar. Die Messung ist an einer Zugbeleuchtungsbatterie der Accumulatoren-Fabrik A.-G. der Gattung III GO 50 mit 91 Amp.-Stunden bei 5stündigem Entladestrom nach voller Entladung innerhalb 5 Stunden vorgenommen.

Als Endpunkt der Ladung ist 110% der bei der Entladung herausgenommenen Stromstärke angenommen. Wie man sieht, steigt die Spannung in ihrem ganzen Verlauf um so höher, je größer der Ladestrom ist.

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

1,150	2,00 Volt,
1,200	2,05 „
1,250	2,10 „

Wenn auch eine vorschriftsmäßige Überwachung eine Dichteänderung im Betrieb 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 Säuredichte also hierdurch gesunken ist, indem die Säure zum Teil als Sulfat in den Platten sich befindet. Auch die Reinheit der Säure ist von Einfluß; es läßt sich nicht vermeiden, daß mit der Zeit die Säure durch hereingefallene Staubteilchen u. ä., sowie beim Nachfüllen Verunreinigungen erhält, die auf die Endspannung bei der Ladung erniedrigend wirken, 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 vorschriftsmäßigem oder mehr oder weniger sulfatiertem Zustand befinden. Sind Kurzschlüsse in einzelnen Zellen vorhanden, so ist natürlich die Spannungslage überhaupt eine niedrige, es muß dann für schnellste Beseitigung des Kurzschlusses gesorgt werden.

Es geht hieraus hervor, daß eine bestimmte, für alle Verhältnisse gültige Spannung, bei welcher die Ladung als beendet zu betrachten ist, nicht angegeben werden kann. Die Bedienungsvorschriften für Sammlerbatterien, welche seitens der Fabriken herausgegeben werden, bezeichnen deshalb als wesentliches Merkmal für Beendigung der Ladung die gleichmäßig kräftige Gasentwicklung an beiden Plattenarten und setzen keine bestimmte zu erreichende Spannung fest.

Die Befolgung einer Vorschrift, bis zur kräftigen Gasentwicklung zu laden, ist hier nicht möglich, es bleibt nur die Möglichkeit, durch Beobachtung der Säuredichte, welche bei vollgeladenem Zustand den höchsten Wert hat und während der Entladung mit gleichbleibender Stromstärke gleichmäßig abnimmt, auf dem Abstellbahnhof den Ladezustand festzustellen. Während des Betriebes selbst ist dies nicht möglich.

Zur Feststellung, ob eine Wagenbeleuchtung in richtiger Weise während des Betriebes gearbeitet hat, die Batterie also vorschriftsmäßig geladen ist, hat man bei Untersuchung auf der Ladestation außer der Batteriespannung zu beobachten:

1. die Säuredichte,
2. den Stand der Säure über den Platten.

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 häufigen Nachfüllens der Elemente infolge Sinkens des Säurestandes über den Platten. Das Nachfüllen bedeutet, wie bereits bemerkt, ein Erschwernis für die Überwachung und Bedienung der Anlage, und es wird natürlich eine Anlage von den Betriebsbeamten um so weniger geschätzt werden, je häufiger eine Nachfüllung erforderlich ist.

Die für Zugbeleuchtungsanlagen gebräuchlichen Ladeweisen sind folgende:

1. Bauarten, bei denen der Gesamtstrom gleichgehalten wird, die Aufladung also erfolgt ohne Rücksicht auf den Stromverbrauch des Lampennetzes. Der Ladestrom ist um so größer, je geringer der Netzstrom ist.

a) Eine Vorrichtung, die Ladung zu begrenzen, ist nicht vorgesehen. Bauart Stone (ältere Bauart), Vicarino.

b) Nach Erreichung einer bestimmten Ladespannung wird der Ladestrom auf Null oder auf einen sehr geringen Wert erniedrigt durch Erniedrigung der Spannung auf die Schwebespannung. Bauart GEZ, amerikanische Bauarten.

c) Aufladung bis zu einer bestimmten Ampèrestundenzahl, Aufladung mit Ampèrestundenzähler. Amerikanische Bauarten.

2. Aufladung mit bestimmter Stromstärke, unabhängig vom Netzstrom. Die Stromlieferung der Maschine muß sich dem Netzverbrauch anpassen.

a) Nach Erreichung einer bestimmten Ladespannung, selbsttätiges Schalten auf Schwebespannung. Brown, Boveri & Cie. (Güttinger), amerikanische Bauarten.

b) Aufladung mit Ampèrestundenzähler.

3. Aufladung mit abnehmender Stromstärke. Mit fortschreitender Ladung sinkt die Ladestromstärke.

a) Nach Erreichung einer bestimmten Größe wird die Spannung auf die Schwebespannung herabgesetzt; es erniedrigt sich die Stromstärke auf Null oder einen sehr geringen Betrag. Amerikanische Bauarten.

b) Eine Spannungserniedrigung erfolgt nicht, d. i. Aufladung mit gleichbleibender Spannung. Bauart Dick, Dalziel, ESB-Bauart.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß eine Aufladung bis zu einer Spannung von 2,5 Volt bei der üblichen Bemessung der Maschinen- und Batterieleistung vollständig genügt, vorausgesetzt, daß eine Fortsetzung der Ladung mit einem schwachen Strom von höchstens 5 Amp. erfolgt. Eine solche sichert eine Vollaftung der Batterie, falls sie bei 2,5 Volt noch nicht eingetreten ist, und ist als Überladung für die Platten völlig unschädlich.

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 Umdrehungszahl 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 ist in der bekannten Bauart der Firma J. Stone & Co. benutzt, indem der antreibende Riemen bei einer gewissen Umdrehungszahl zu gleiten anfängt, so daß die Maschine trotz steigender Geschwindigkeit des Zuges keine größere Umdrehungszahl erhält. Bei allen anderen Bauarten ist die Regelung der Feldstärke der Maschine benutzt und hier sind vor allem fünf Ausführungsarten in Anwendung.

1. Die Regelung des Erregerstromes durch selbsttätiges Vorschalten von Widerständen (Dick, Brown, Boveri & Cie., Vickers) oder mittels einer gegen elektrischen Kraft (Dalziel).

2. Anordnung einer zweiten, den Hauptstrom führenden Feldwicklung, welche der ersteren entgegenwirkt (Vicarino).

3. Anwendung einer Maschine für geringe Erregerenergie, die von einer besonderen Akkumulatorenbatterie geliefert wird, deren Strom die Feldmagnete erregt und der mit steigender Drehzahl zurückgeht (Pintsch-Grob).

4. Anordnung eines in sich kurzgeschlossenen Bürstenpaares ungefähr in der Neutralzone der Ankerspannung, zwischen welchen eine elektromotorische Kraft wirkt, die das zu den Hauptbürsten gehörige Feld beeinflusst; Regelung auf gleichbleibenden Strom (GEZ, Rosenbergmaschine).

5. Anordnung einer dritten Bürste, der entmagnetisierenden Hilfsbürste; zwischen ihr und einer Hauptbürste ist die Erregerwicklung geschaltet, Regelung auf gleichbleibenden Strom (Stone).

Auf die einzelnen Schaltungen und Vorrichtungen ist bei der Beschreibung der verschiedenen auf dem Markte befindlichen Bauarten eingegangen.

Ist keine Vorrichtung zur Vermeidung von Überladungen vorgesehen, so können solche nur dadurch möglichst beschränkt werden, daß man die Aufladung der Batterien während der Beleuchtungszeit vornimmt, so daß also während des Tagesbetriebes die Maschine vollständig vom Stromkreis abgeschaltet ist. Die Leistung der Maschine wird so eingestellt, daß der Wagen nach vollendeter Fahrt mit voll geladener Batterie zurückkehrt. Bei Wagen, welche mit gleicher Lampenzahl beleuchtet sind und immer in Zügen gleicher Gattung laufen, läßt sich die Größe der Maschinenleistung ungefähr festlegen. Für Wagen, die sowohl in Vorortzügen, als auch in Personen- und Schnellzügen laufen, muß man die Maschine auf die größte Leistung einstellen, also auf die Leistung, die der Wagen bei Vorort- und Personenzugbetrieb benötigt. Bei diesen Zügen müssen die Batterien der größeren Zahl und längeren Dauer der Aufenthalte wegen mehr Strom hergeben, als bei Schnellzügen. Da sich indes die Verhältnisse durch größere und geringere Beleuchtungszeit beim Wechsel der Jahreszeiten ändern, so tritt leicht eine Über- oder Unterladung bei einer derartigen Handhabung des Betriebes ein; Überladungen machen sich durch häufiger erforderliches Nachfüllen des Elektrolyten in der Batterie, Unterladungen durch allmähliche Erschöpfung der Batterie bemerkbar.

Um Überladungen zu vermeiden und überhaupt den Ladevorschriften nach Verminderung des Ladestromes mit Eintritt der Gasentwicklung zu entsprechen, verwendet man deshalb vorzugsweise sogenannte Spannungsbegrenzer. Diese bestehen zumeist aus einem Elektromagneten, dessen Spule bei Erreichung einer bestimmten Spannung einen Eisenkern anzieht. Hierdurch wird unter Schließung von Kontakten Widerstand in den Erregerstromkreis der Maschine geschaltet und die Spannung auf die sogenannte Schwebespannung herabgesetzt, bei der weder Ladung noch Entladung erfolgen soll. Es ist jedoch bereits oben auseinandergesetzt, daß diese Spannung, wie überhaupt die Spannungslage eines Elementes bei Ladung und Entladung keinen bestimmten dauernd gültigen Wert darstellt. Im allgemeinen wird ein geringer Ladestrom bevorzugt, um nicht Gefahr zu laufen, die Batterie, wenn auch schwach, zu entladen. Wichtig ist ja nur, daß die Überladung nicht mit einem Strom erfolgt, der den Platten schädlich und auf die Verdunstung der Flüssigkeit von Einfluß ist.

Seit einigen Jahren hat sich in den Vereinigten Staaten von Amerika die Aufladung mit Ampèrestundenzählern im großen Umfange eingeführt. Diese Zähler haben eine Einrichtung, durch welche der

Ladestrom auf ein ganz geringes Maß herabgesetzt wird, sobald 10 bis 25% Amp.-Stunden mehr in die Batterie geladen als bei der vorherigen Entladung herausgenommen worden sind. Bei der Verwendung dieser Zähler ist natürlich von der Festsetzung einer Grenzspannung Abstand genommen. Es werden ausschließlich Zähler der Sangamo Electric Co. Springfield Ill. verwendet, und zwar in der Ausführung, die als „Variable Resistor Type“ bezeichnet wird. Zwischen den Polen eines kräftigen Dauermagneten (s. Abb. 62) bewegt sich eine Kupferscheibe in Queck-

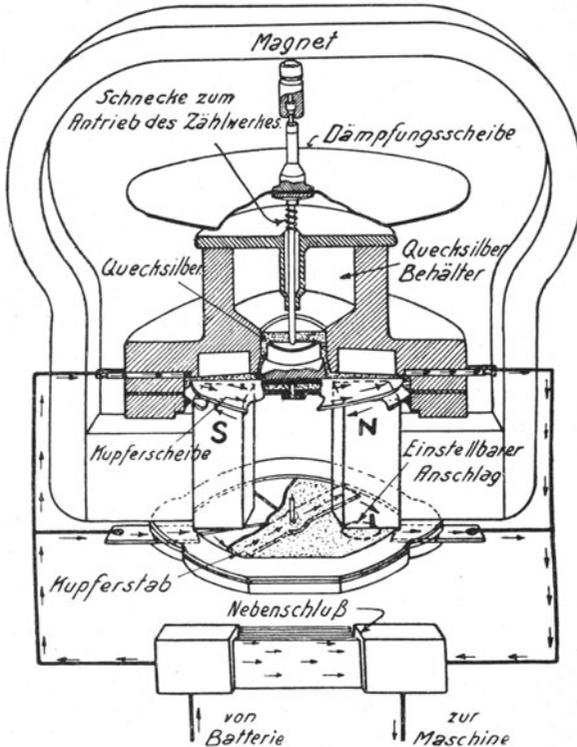


Abb. 62. Aufbau des Sangamo-Stromzählers.

silber, das sich in einem Gefäß aus Isolierstoff befindet. Die Kupferscheibe taucht in das Quecksilber vollständig ein, da der ganze bewegliche Teil, der aus dieser Scheibe, einem längerem Schaft und einer Dämpfungsscheibe aus Aluminiumblech besteht, genügend schwer ist. Die Magnetpole *N* und *S* sind unmittelbar unter dem Quecksilbergefäß angeordnet, und die Kraftlinien gehen vom Nordpol durch die Kupferscheibe in einen Eisenring, von diesem durch die entgegengesetzte Seite der Kupferscheibe zum Südpol. An zwei gegenüberliegenden Enden des Gefäßes sind Kontakte angeordnet, die mit dem Netz in Verbindung stehen. Der Strom, der von diesen durch die

Kupferscheibe geht, tritt bei der Entladung an der linken Seite ein und geht zur rechten Seite heraus, wie auf Abb. 62 durch Pfeile angegeben; bei der Ladung fließt er umgekehrt.

Sobald der Strom die Scheibe durchfließt, wird dieselbe in Drehung versetzt, und zwar bei der Entladung im Sinne der in der Abbildung gezeichneten Pfeile. Die Kraft, mit der die Drehung der Scheibe bewirkt wird, steht im Verhältnis zur Stromstärke. Unter der Dämpfungsscheibe aus dünnem Aluminiumblech ist am Schaft eine Schneckenübersetzung vorgesehen, die den Zeiger der Meßscheibe in Bewegung setzt, und zwar bei der Entladung im Sinne des Uhrzeigers, bei der Ladung im entgegengesetzten Sinne. 100 Umdrehungen der Scheibe entsprechen bei der Entladung 1 Amp.-Stunde. Entsprechend dem Wirkungsgrad der Batterie muß nun bei der Ladung eine größere Anzahl Ampèrestunden in die Batterie geladen werden. Damit der Zeiger nach Beendigung der Ladung wieder auf den Nullpunkt der Skala zurückgelangt, muß die Bewegung bei der Ladung eine entsprechend langsamere sein als bei der Entladung. Dies wird durch den „variable resistor“, zu deutsch „veränderlichen Widerstand“, bewirkt. Derselbe besteht aus einem unterhalb der Scheibe angeordneten Kupferstabe, der um seinen Mittelpunkt drehbar gelagert sich in Quecksilber bewegt. Auch in diesem unteren Quecksilbergefäß sind zwei Kontakte angeordnet, durch welche der Strom des Netzes geführt wird, im Nebenschluß zu dem Strom, der durch die Kupferscheibe geht. Dieser Kupferstab kann sich nur innerhalb eines gewissen Winkels bewegen. Seine Bewegung ist begrenzt durch zwei Sperrungen. Der Strom, der durch den Kupferstab fließt, hat dieselbe Wirkung wie der durch die Scheibe, da die oberhalb desselben befindlichen Magnetpole ein schwaches Feld ausüben. Sobald Strom durch den Kupferstab fließt, wird derselbe sich in demselben Sinne wie die Kupferscheibe drehen. Bei der Entladung stellt er sich in einen Winkel zu der Verbindungslinie der Kontakte. Bei der Ladung stellt er sich fast in die Verbindungslinie selbst. Im ersten Fall muß der Strom eine kurze Strecke Quecksilber an beiden Kontaktenden durchfließen, ehe er in den Kupferstab eintritt. Hierdurch wird der Widerstand vergrößert. Im zweiten Falle, bei der Ladung, liegt der Kupferstab zwischen den Kontaktenden, und der Widerstand ist geringer. Infolgedessen fließt bei der Entladung ein größerer Strom durch die Kupferscheibe als bei der Ladung, und die Größe des Unterschiedes läßt sich durch Einstellung der Sperrungen festsetzen. Der Unterschied wird meist so bemessen, daß für die Ladung 25 % mehr Ampèrestunden aufgewandt werden, als bei der Entladung aus der Batterie entnommen worden sind, doch kann auf Wunsch dieses Verhältnis auch ein geringeres sein. Der Zeiger bewegt sich also um 20 % langsamer bei der Ladung als bei der Entladung, und zwar nach dem Nullpunkt zurück.

Hat nun der Zeiger bei der Ladung wieder den Nullpunkt erreicht und ist demnach die Ladung beendet, so schließt er einen Kontakt, durch den eine den Maschinenregler beeinflussende Auslösevorrichtung in Wirksamkeit tritt. Durch diese Vorrichtung kann nun die Ladung

unterbrochen oder die Maschinenspannung auf die Schwebespannung der Batterie, etwa 34—36 Volt, erniedrigt werden. Bei der nächsten Entladung berührt nach Entnahme von 30 Amp.-Stunden der Zeiger wiederum einen Kontakt und setzt eine zweite Wicklung der Auslösevorrichtung in Tätigkeit, durch welches die Maschinenspannung für die Ladung auf die normale erhöht wird¹⁾.

Die Pullmann Co. in Amerika hat diese Zähler zuerst für Zugbeleuchtung eingeführt und ihren Wagenpark damit ausgerüstet. Jetzt hat dieser Zähler in Amerika eine ausgedehnte Anwendung gefunden.

Ladet man unter Gleichhaltung der Maschinenspannung, so muß diese genügend hoch gewählt sein, um auf jeden Fall eine volle Aufladung der Batterie zu sichern. Man muß sehen mit einer möglichst

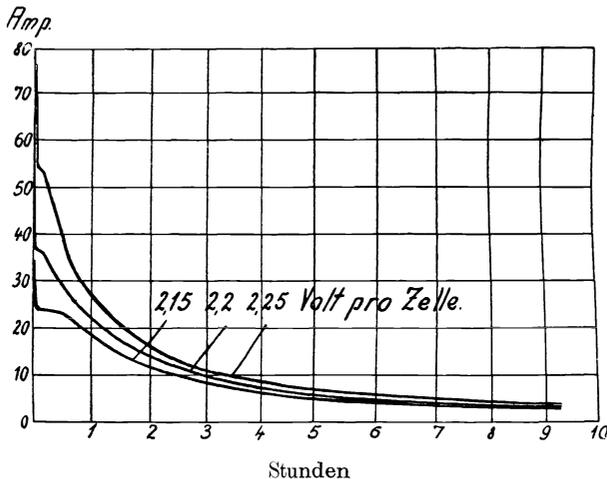


Abb. 63. Ladestrom bei gleichbleibender Spannung von 2,15, 2,2 und 2,25 Volt nach einer Entladung bis auf 1,85 Volt.

geringen Spannung für die Maschine auszukommen; um einen zu hohen Ladestrom beim Einschalten der Maschine in den Stromkreis zu vermeiden, verwendet man als Betriebsspannung 2,4 Volt und weniger. Es ist dann nicht erforderlich, die Spannung gegen Ende der Ladung zu erniedrigen. In seiner Abhandlung vom Jahre 1914 vertritt Emil Dick²⁾ den Standpunkt auf Grund von Messungen, daß zur vollen Ladung einer in gutem Zustande befindlichen, mit positiven Oberflächenplatten ausgerüsteten Batterie eine Spannung von 2,25 Volt gerade ausreicht.

In den Abb. 63 u. 64 sind für eine Batterie der Größe III ZO 30 der Accumulatoren-Fabrik A.-G. Wien die Ladeströme in Abhängigkeit

¹⁾ Lanphier, R. C.: Recent Improvements in the Electric Lighting of Steam Railroad Cars. Vortrag, gehalten auf der Panama-Pacific Convention der American Institute of Electrical Engineers, Sept. 1915.

²⁾ Elektrische Beleuchtung von Eisenbahn-Personenwagen nach dem vereinfachten System Dick. ETZ 1914, Heft 48 u. 49.

von der Zeit bei gleichbleibender Ladespannung von 2,15, 2,2 und 2,25 Volt für die Zelle dargestellt. Die Batterien wurden bei gleichem Entladestrom von 20 Amp. stets auf die gleiche Entladespannung, und zwar auf 1,85 bzw. 1,95 Volt für die Zelle entladen. Wie aus der Ladelinie hervorgeht und wie auch zu erwarten, erhält bei Beginn der Ladung die Batterie einen starken Ladestrom, der jedoch im 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 Ampèrestunden 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 Groß-Oberflächenbatterie 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.

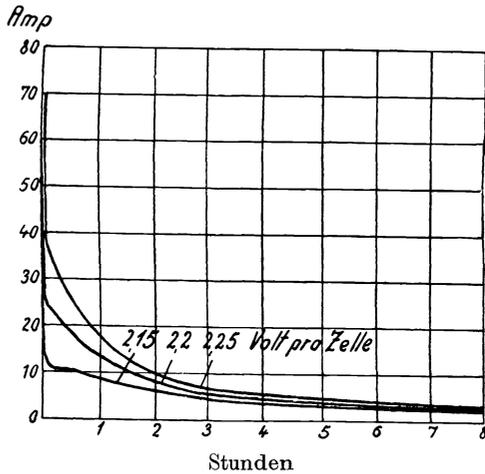


Abb. 64. Ladestrom bei gleichbleibender Spannung von 2,15, 2,2 und 2,25 Volt nach einer Entladung bis auf 1,95 Volt.

Mit Rücksicht auf den großen Überstrom bei Beginn der Ladung erklärt Dick das Verfahren der

Batterieladung mit gleichbleibender Spannung wegen Überlastung der Maschine für unzulässig selbst bei Aufladung von 2,25 Volt für die Zelle, wobei er an einem Beispiel die Stromstärke berechnet, wenn diese Spannung auf eine Batterie, die bis auf eine Zellenspannung von 1,18 Volt entladen ist, geschaltet wird. Es gilt dies für die reine Nebenschlußmaschine, für die Rosenbergmaschine ist dies jedoch nicht zutreffend, da dieselbe auch bei unmittelbarem Kurzschluß nur die geringe Erhöhung der Stromstärke von etwa 10% hergibt.

Während E. Dick für seine Bauart eine Spannung von 2,4 Volt wählt, hat J. L. Woodbridge, Oberingenieur der Electric Storage Battery Co., Philadelphia, eine Aufladung mit fester Spannung von 2,25 Volt mit vollem Erfolge verwendet. Woodbridge hat die Möglichkeit, mit einer so niedrigen Spannung dauernd zu laden, fast gleichzeitig und unabhängig von Dick festgestellt. Er gibt in der Zeitschrift *Railway Electrical Engineer* vom März 1915 Messungen über

den Ladeverlauf bei 2,2 und 2,3 Volt bekannt. Nach Abb. 65 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 niedrigeren 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

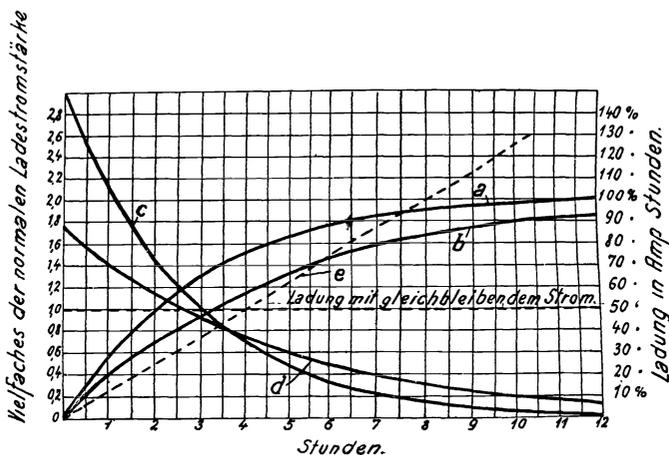


Abb. 65. Schaulinien des Ladestromes und der Ladungen in Amp.-Stunden bei 2,2 und 2,3 Volt (nach Woodbridge).

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 A.-G. haben dies auch wiederum bestätigt, sobald die Batterien regelmäßig voll entladen werden und bei dieser Spannung eine Aufladung von nur 110% der herausgenommenen Strommenge erhalten. Sie verhungern allmählich, so daß 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 Firma Julius Pintsch A.-G., deren Bauart ja gleichfalls mit gleichbleibender Spannung von 2,4 Volt arbeitet, ist auf Grund ihrer Untersuchungen zu der Auffassung gekommen, daß infolge der eigenartigen Betriebsweise, bei welcher die Batterien während der Fahrt geladen werden, bei den Aufenthalten am Tage aber abgeschaltet sind,

sie gleichsam Aufladungen mit Ruhepausen erhalten¹⁾. Solche Aufladungen sind bekanntlich für die Erhaltung der Leistungsfähigkeit sehr wichtig. Diese Erklärung erscheint sehr beachtenswert. Es sei jedoch auf den Umstand hingewiesen, daß die Batterien bei Maschinenbeleuchtung nur mit einem geringen Teil ihrer Leistungsfähigkeit beansprucht werden; sie haben wohl den Strom während des Aufenthaltes sowie der langsamen Fahrt des Zuges herzugeben, jedoch ist das bei richtiger 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 von der Batterie eine größere Zeitdauer gespeist werden müssen. Die Größe der Batterien bemißt man meist für eine 5–10stündige Entladungszeit. Die Entnahme ist während der Fahrt schnell ersetzt, und trotz des sehr geringen Ladestromes, der nach diesem Ersatz weiter dauernd in die Batterie 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 Vorortzugsbetrieb, bei dem ja die Leistung der Batterien weitaus mehr beansprucht wird, ausreicht, ist noch eine offene Frage. Bei der ESB-Bauart wird die Höchstspannung sofort nach Einschalten des Maschinenselbstschalters erreicht, bei der Bauart Dick erst allmählich. Beide laden alsdann mit der Höchstspannung dauernd weiter. Die meisten Bauarten laden mit allmählicher Steigerung der Spannung entsprechend dem Ladezustand bis zu einem Höchstwerte, nach dessen Erreichung die Maschinenleistung so herabgesetzt wird, daß die Weiterladung entweder nicht oder nur mit schwachem Strom erfolgt, eine schädliche Überladung also ausgeschlossen ist.

Bei Verwendung von alkalischen Batterien ist folgender Gesichtspunkt zu beachten:

Nach den Vorschriften der Edison-Gesellschaft müssen die Batterien wenigstens mit einem Strom von $\frac{2}{3}$ des normalen Ladestromes, besonders bei Beginn der Ladung, geladen werden. Die in Amerika vielfach verwendete A 8 H-Zugbeleuchtungszelle hat einen normalen Ladestrom von 60 Amp., sie erfordert also einen Mindestladestrom von 40 Amp. Wird die Batterie mit einem geringeren Strom geladen, so wird die Entladespannung während der ganzen Entladung niedriger sein als die normale. Dies ist natürlich nicht erwünscht und daher muß bei den Bauarten, welche mit gleichbleibendem Maschinenstrom arbeiten, bei Bemessung der Größe der Maschine darauf Rücksicht genommen werden. Man verwendet bei Edison-Batterien eine etwas höhere Ladespannung als bei Bleibatterien, bei 32 Volt Betriebsspannung eine um 4 Volt höhere. Bei Bauarten mit gleichbleibendem Batteriestrom ist die Maschinengröße durch den Ladestrom und den Lampenstrom von vornherein bestimmt, und bei Bauarten, welche mit fester Spannung arbeiten, ist der Ladestrom am Anfang ein sehr starker, so daß

¹⁾ Siehe Dr. Hübner, Neuerungen auf dem Gebiet von Eisenbahn-Personenwagen. Glasers Ann. 1914, S. 11.

er den normalen überschreitet und allmählich auf einen geringeren Wert zurückgeht, so daß diese Ladeweise auch für Edison-Batterien geeignet ist.

Steht eine Batterie ganz oder teilweise in entladnem Zustande lange Zeit ohne benutzt zu werden, so sulfatieren die Platten, und diese Sulfatierung kann schließlich so stark werden, daß die Platten hart werden und beim Einschalten zum Laden nur allmählich Ladestrom aufnehmen, wobei die Spannung recht beträchtlich steigen kann. Für solche Batterien ist mithin eine wesentlich höhere Ladespannung erforderlich, um sie zur Aufladung zu bringen. Bei Zugbeleuchtungs-batterien kann ein solcher Fall eintreten, wenn Wagen monatelang abgestellt bleiben. Die Batterien müssen behufs Aufladung aus dem Wagen herausgenommen werden. Um dies zu vermeiden, müssen Maschinenregler, welche mit gleichbleibender Spannung arbeiten, diese selbsttätig erhöhen können, solche, welche mit Spannungsbegrenzer arbeiten, letztere entsprechend beeinflussen. Brown, Boveri & Co. haben einen besonderen Entsulfatierungsschalter letzterer Art vorgesehen. Der Schalter, der aus einem Elektromagneten mit zwei Spulen, einer Spannungswindspule 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 wird bei Maschinen, die auf Strom regeln, eine unzulässige Spannungssteigerung hervorgerufen, was durch selbsttätiges Einschalten von genügend großem Widerstand in den Erregerstromkreis beschränkt werden muß.

5. Regelung der Lampenspannung.

Um die Spannung an den Lampen trotz wechselnder Maschinenspannung gleichmäßig zu erhalten, verwendet man entweder einen festen Widerstand oder einen selbsttätigen Schalter, welcher allmählich mit steigender Maschinenspannung Widerstand einschaltet, oder man verwendet zwei Batterien, von denen die eine die Lampen speist, während die andere geladen wird.

Ein fester Widerstand läßt beträchtliche Spannungsschwankungen zu, besonders wenn im Beleuchtungsnetz Lampen zu- und abgeschaltet werden. Ein Zucken des Lichtes ist beim Schalten nicht zu vermeiden.

Selbsttätige Spannungsregler sind nun vielfach in Verwendung, die die Spannung an den Lampen innerhalb gewisser Grenzen auf gleicher Höhe halten und dabei auch das Ab- und Zuschalten von Lampen ohne nennenswerte Spannungsveränderung gestatten. Es gibt Bauarten mit Reglern, welche ein Vermindern der Lampenstromstärke bis zu 30 % und 40 % zulassen, ohne unzulässige Spannungsschwankungen zu ergeben.

Einige Bauarten verzichten auf die Verwendung von Lampenreglern, wodurch eine bemerkenswerte Vereinfachung der Einrichtung erzielt wird. Es ist zu beachten, daß die Geschwindigkeitsänderungen des Zuges nur sehr allmähliche sind und demgemäß auch die Änderungen der Maschinenspannung. Nach den Berechnungen von Dick beträgt die Spannungszunahme während der Anfahrzeit eines Schnellzuges etwa 3% in der Sekunde. Die durch diese ganz allmähliche Zunahme bedingten Helligkeitsunterschiede an den Metallfadenlampen fallen dem Auge nicht auf. Er bemißt seine Regler so, daß bei einer Batterie von zwölf 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 voll geladenen Batterie auf einen geringen Wert gesunken ist. Dieser sehr schwache Strom fließt durch die Hauptstromwicklung des Reglers (s. S. 121). Bei eingeschaltetem Lampenstromkreis ist die Maschine halb belastet und erreicht die Spannung den Höchstwert von etwas über 27 Volt, entsprechend 2,25 Volt Zellenspannung; mit steigender Belastung sinkt sie noch weiter. Diese Spannungsschwankungen machen sich an den Lampen in den durch sie bedingten Helligkeitsschwankungen so gut wie nicht für den Reisenden bemerkbar.

Die Anordnung, den Lampenregler bei Anlagen mit selbsttätigem Spannungsregler und Metallfadenlampen wegzulassen, ist in verschiedenen Ländern geschützt. Das deutsche Patent trägt die Nr. 268 279.

Die bereits erwähnte ESB-Bauart, die mit einer festen Spannung von 2,25 Volt für jede Zelle arbeitet, hat gleichfalls keine Lampenregler.

Die Gesellschaft für elektrische Zugbeleuchtung, die bei ihrer Bauart ursprünglich Eisendrahtwiderstände zur Lampenregelung verwendete, hat diese seit 1910 für Einzelwagenbeleuchtung weggelassen. Um während des Brennens der Lampen die Spannung nicht zu einem für die Lampen schädlichen Wert anwachsen zu lassen, ist der Spannungsbegrenzer zweistufig ausgebildet mit Wirkung für geringere Spannung während der Beleuchtungszeit. Die Anordnung ist geschützt in Deutschland durch D. R. P. 281 491.

Zur Einführung der Maschinenbeleuchtung auf den dänischen Staatsbahnen hatte der verstorbene Maschineningenieur dieser Verwaltung, J. B. Bruun, der sich um die Durchführung und Entwicklung der elektrischen Zugbeleuchtung auf den dänischen Staatsbahnen sehr verdient gemacht hat, im Jahre 1906 vorgeschlagen, zur Vermeidung der 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. Bruun wies besonders darauf hin, daß die damals aufkommenden Tantalampen eine derartige Anordnung ermöglichen. Bruun ist demnach zweifellos der erste, der das Weglassen eines besonderen Lampenreglers bei Verwendung von Metallfadenlampen als zulässig erkannt hat. Die

dänische Staatsbahn hat eine größere Zahl von Zügen (s. S. 116) nach diesem Vorschlage ausgerüstet.

Die Verwendung einer zweiten Batterie wird ferner zur Regelung der Lampenspannung benutzt. Während der Beleuchtungszeit ist eine Batterie mit der Maschine direkt verbunden und wird geladen, während die zweite Batterie die Lampen speist. Die letztere ist meist mit der Maschine über einen festen Widerstand verbunden, welcher derart berechnet ist, daß die zweite 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 der eben in Ladung befindlichen Batterie ein kleiner Teil des Widerstandes vorgeschaltet bleibt, in Anbetracht dessen, daß diese Batterie eine höhere Spannung hat als die andere. Während des Tagesbetriebes sind die beiden Batterien unter Kurzschließung des gesamten Widerstandes parallel geschaltet und erhalten beide volle Ladung. Die Lampenspannung kann bei einem Zweibatteriesystem innerhalb gewisser Grenzen gleichmäßig gehalten werden, wenn man den Widerstand vor der in Entladung befindlichen Batterie richtig bemißt. Im Augenblick der Parallelschaltung der Batterien läßt sich kaum ein Zucken des Lichtes vermeiden.

Wenig vorteilhaft ist die Regelung mit einer zweiten Batterie jedoch bei stark wechselnder Lampenzahl wie bei geschlossener Zugbeleuchtung. Hier erscheint eine Einstellung des Widerstandes nach Zahl der Wagen erforderlich, falls man eine Überlastung der Lampen vermeiden will.

Bemißt man den Widerstand so, daß er bei normaler Zugzusammensetzung bzw. normaler Lampenbelastung einen schwachen Ladestrom für die Entladungsbatterie zuläßt, so wird die Batterie bei einer größeren Lampenbelastung sich allmählich entladen, was bei entsprechend großer Batterie oder bei ausnahmsweisem Vorkommen ohne praktische Bedeutung ist; bei einer geringen Lampenbelastung wird jedoch diese Batterie einen größeren Ladestrom erhalten, der schließlich eine Spannungssteigerung der Batterie und damit auch eine solche an den Lampen bewirken würde.

Die Verwendung von zwei Batterien erfordert eine Vorrichtung, welche selbsttätig in regelmäßigen Abständen die Batterien von der Ladestellung in die Entladestellung umschaltet. Man kann auf verschiedene Weise verfahren. Die älteste und einfachste Art ist die der Bauart J. Stone & Co., welche bei jedem Fahrtrichtungswechsel umschaltet. Allerdings tritt in diesem Falle leicht eine mehr oder weniger große Überladung 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, die Rückfahrt nicht. Änderungen des Laufes durch Übergang der

Wagen in andere Züge, Änderungen der Jahreszeit bringen gleichermaßen Abweichungen in der Dauer der Aufladung hervor und erfordern immer neue Einstellungen. In Erkenntnis der starken Überladung hat Stone eine Elementbauart, das Tonumelement, eingeführt, welche einen sehr großen Raum über den Platten bis zum Deckel vorsieht, so daß der Elektrolyt 50 cm über Plattenoberkante steht, gegenüber 1—2 cm bei anderen Bauarten. Ein besonderer Schwimmer zeigt dem Überwachungsbeamten an, wann ein Nachfüllen erforderlich ist; der erhöhten Schlammablagerung wird dadurch Rechnung getragen, daß eine Reinigung der Elemente alle 8—9 Monate vorgeschrieben wird, um dem Auftreten von Kurzschlüssen in den Elementen durch den Schlamm vorzubeugen.

Man hat nun in Erkenntnis der Nachteile, die mit einem Wechsel der Batterien bei Fahrtrichtungsänderung verbunden sind, versucht, den Wechsel nach jeder Beleuchtungszeit auszuführen. Mit dem Einschalten des Lichtes werden gleichzeitig die Batterien umgeschaltet. Diese Anordnung war bei der Bauart Vicarino sowie der älteren Bauart Dick in Anwendung. Hier besteht die Gefahr, daß vor der Beleuchtungszeit die Schaffner, um sich von dem ordnungsmäßigen 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 für Tagesfahrt durch Tunnel Licht eingeschaltet wird.

Günstiger für die Batterien erscheint der Wechsel bei jedem Aufenthalt des Zuges. Einen solchen bewirkt die neuere Bauart Stone Liliput der Firma Stone & Co. durch den sog. Pegoud-Umschalter.

Ferner ist von Jacquin, ehemals Elektrotechniker der französischen Ostbahn in Paris, vorgeschlagen worden, die Batterien nach Ablauf einer bestimmten Zeit, etwa nach einer Stunde, zu wechseln, indem man einen Zähler derart anordnet, daß er nach bestimmter Laufzeit des Wagens die Umschaltung bewirkt.

Görtz hat bei Versuchseinrichtungen auf der russischen Nord-Westbahn eine Anordnung getroffen, bei welcher der Maschinenselbstschalter die Batterien umschaltet. Gleichzeitig mit dem Einschalten der Maschine auf das Lampennetz betätigt der Schalter einen Umschalter, durch den die Batterien derart miteinander vertauscht werden, daß die vorher mit dem Lampenstromkreis verbundene geladen wird. Der Umschalter besteht aus einer Schaltwalze mit vier Bürsten, die mit den beiden Pluspolen der Batterien und mit der Maschine verbunden sind. Die Walze wird jedesmal beim Einschalten des Selbstschalters durch Vermittlung eines Sperrades und einer dasselbe tätigen Hemmung um eine Teilung um ihre Achse gedreht, wodurch die Umschaltung erfolgt. Eine solche Drehung findet nur beim Einschalten nicht aber beim Abschalten des Selbstschalters statt, da in letzterem Falle die Hemmung, welche das Sperrad tätigt, an seinen Zähnen herabgleitet.

Bei einer guten Bauart muß ein auffälliges Zucken des Lichtes beim Einschalten der Maschine sowie bei Regelung der Lampen-

spannung während der Ladung vermieden sein. Das plötzliche Verändern der Leuchtkraft ist unangenehm für das Auge, ein ganz allmähliches Verändern ist dahingegen in keiner Weise auffällig oder unangenehm, sobald es innerhalb gewisser Grenzen bleibt. Zu scharfe Forderungen in bezug auf Gleichhaltung der Spannung sollten aus dem Grunde nicht aufgestellt werden, als andere für Eisenbahnen verwandte Beleuchtungseinrichtungen allmählichen Helligkeitsveränderungen unterworfen sind, welche die bei elektrischem Licht oft als unzulässig erklärten Schwankungen weit übertreffen. Ein vollkommen gleichmäßiges Licht läßt sich nur mit reiner Batteriebeleuchtung erzielen.

Wird ein ganzer Zug von einem an einem Ende desselben befindlichen Wagen aus beleuchtet, so tritt ein Spannungsabfall bis zum anderen Ende des Zuges ein, der um so stärker ist, je reicher die Wagen beleuchtet sind und je länger der Zug ist. — Bei der weiter unten auf S. 114 beschriebenen Anlage der Preußischen Staatsbahnen wurden Eisendrahtwiderstände verwendet, die die Spannung in allen Wagen gleich hoch halten. In Amerika benutzt man eine Schleifenleitung durch den ganzen Zug, mithin also drei Leitungen und dementsprechend dreipolige Kupplungen (s. S. 138, Abb. 119); auch durch Verwendung von zwei oder mehr Wagen mit Maschinenanlage für einen Zug läßt sich ein nennenswerter Spannungsabfall vermeiden. Die übrigen Wagen erhalten nur Lichtleitungen oder werden teilweise mit Batterien ausgerüstet. Die Anatolische und Bagdadbahn haben jeden zweiten Wagen mit Maschine und Batterie ausgerüstet.

Kurswagen, welche aus einem derartigen Zuge auf andere Linien ohne Gesamteinrichtung übergehen, müssen eine selbständige Anlage erhalten. Die Maschine arbeitet auf das gemeinsame Netz. Für den Fall des Versagens einer Maschine im Zuge müssen die anderen Maschinen die Beleuchtung aufrecht erhalten, vorausgesetzt, daß dieselben genügend groß sind, um die Leistung der ausgefallenen Maschine mit zu übernehmen. Die Maschinen der Kurswagen, die meist kleiner sind als die für die geschlossene Zugbeleuchtung bestimmten Maschinen, laufen dann Gefahr, überlastet zu werden und Schaden zu leiden. Es ist in jedem Falle zu prüfen, ob das Parallelschalten der Maschineneinrichtungen für die in Aussicht genommene Bauart zugänglich ist. Bei der Rosenberg-Maschine ist eine Überlastung ausgeschlossen, da dieselbe bei kurzgeschlossenem äußeren Stromkreis nur 10% Mehrleistung abgibt. Sie ist also für das Parallelschalten von Maschinen vorzüglich geeignet.

6. Bemessung der Anlage.

Wie bereits bemerkt, wird die Maschinenbeleuchtung sowohl für die Beleuchtung eines ganzen Zuges von ein oder mehreren Wagen aus oder für jeden Wagen verwendet. Die Beleuchtung eines Zuges stellt besondere Anforderungen in bezug auf Regelungsfähigkeit. Nimmt man für jeden Zug nur eine Maschinenanlage, so muß dieselbe in der Lage sein, ohne besondere Einstellung der Maschinenleistung den Zug

zu beleuchten, wenn derselbe sowohl aus der größten vorkommenden Zahl von Wagen als auch, wenn er aus nur einem oder wenigen Wagen besteht. Bei Anlagen mit zwei Batterien, welche einen Ausgleichswiderstand haben, durch welchen die in Entladung befindliche Batterie bei normaler Belastung durch die Maschine unterstützt wird, muß bei wenigen Wagen im Zuge der Widerstand entsprechend vergrößert werden. Man ist genötigt, da der Stromverbrauch des aus vielen Wagen bestehenden Zuges während der gesamten Beleuchtungsdauer zum großen Teil von der Batterie geliefert wird, die beiden Batterien entsprechend groß zu wählen, was naturgemäß eine beträchtliche Erhöhung der Anlagekosten und dementsprechend der Betriebskosten mit sich bringt. Die geschlossene Zugbeleuchtung mit Achsantrieb ist durchaus für allgemeinere Einführung geeignet. Ihre Vorzüge bestehen in wesentlich niedrigeren Anlagekosten gegenüber der Einzelbeleuchtung und dementsprechend niedrigeren Betriebskosten; 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. Bei allgemeiner Einführung dieser Beleuchtungsart fallen Schwierigkeiten, die jetzt gegen sie sprechen, wie Unterbrechung des Netzes durch Einschleichen von Wagen mit anderer Beleuchtungsart, fort.

Die Nachteile liegen in der Forderung einer Kuppelung zwischen den Wagen für die Lichtleitungen, die jedoch auch bei Einzelbeleuchtung zur Erzielung einer vollkommenen Betriebssicherheit sich empfiehlt, und besonders in der betriebstechnischen Schwierigkeit, welche die Kurswagen bieten, die auf Linien fremder Verwaltungen mit anderer Beleuchtungsart übergehen. Schon der Übergang von einem Zuge zum anderen erfordert, wenigstens auf kurze Zeit, selbständige Beleuchtung des Wagens, wozu jedoch die Ausrüstung mit einer Batterie genügt, falls der Wagen wieder in einen Zug mit gleicher Ausrüstung übergeht. Für lange Fahrten auf fremden Linien mit anderer Beleuchtungsart ist jedoch eine Maschinenausrüstung erforderlich.

Vom betriebstechnischen Standpunkt aus wird indes die Beleuchtung jedes einzelnen Wagens vorgezogen. Als Einzelwagenbeleuchtung hat die elektrische Maschinenbeleuchtung eine sehr große Verbreitung gewonnen. Sie ist bei allen größeren Bahnen mit wenig Ausnahmen ganz oder zum Teil eingeführt und stellt heute zweifellos die verbreitetste Art der Wagenbeleuchtung dar. Die Anforderungen, welche man an die Anlage einer Achsbeleuchtung für jeden Wagen stellt, sind im allgemeinen die gleichen, die an eine solche für den ganzen Zug zu stellen sind, indes erfordern sie hier eine schärfere Beachtung, da die Wagen nicht immer in gleichem Maße unter Überwachung stehen können. Der Kraftbedarf ist bei Einzelbeleuchtung ein viel gleichmäßigerer als bei geschlossener Beleuchtung. Bei geschlossener Beleuchtung wird die Maschinenleistung zweckmäßig gleich der höchst vorkommenden Lampenstromstärke zu bemessen sein; ebenso wird man die Batterie so wählen, daß sie diese Stromstärke 2—3 Stunden hergeben kann, vorausgesetzt, daß sie nur ausnahmsweise in gewissen

kurzen Betriebszeiten, an Festtagen, Markttagen usw., vorkommt. Bei Einzelwagen nimmt man die Maschine so groß, daß die Stromstärke das 2—2 $\frac{1}{2}$ fache des Lampenstromes ist. Die Batterie soll diesen Strom 5—7 Stunden liefern können.

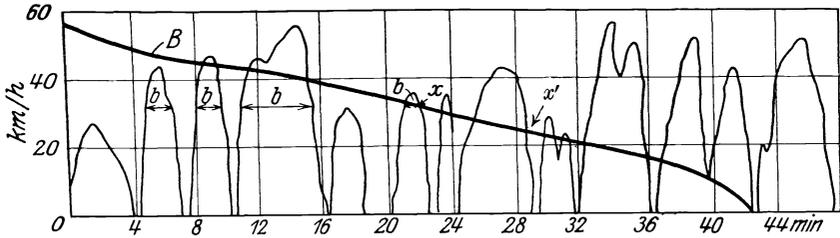
Die Einstellung der Leistung muß so erfolgen, daß ohne Nachregelung der Apparate der Wagen für alle vorkommenden Betriebsverhältnisse verwendbar ist. Dabei muß eine ausreichende Aufladung der Batterie unter allen Umständen gesichert sein, gleichgültig, ob sie mit gleichbleibender oder veränderlicher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

Es ist klar, daß Wagen eines Zuges mit großer und mittlerer Geschwindigkeit mit weniger und kurzen Aufenthalten wesentliche andere Bedingungen an die Maschine stellen, als Wagen von Personenzügen 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.

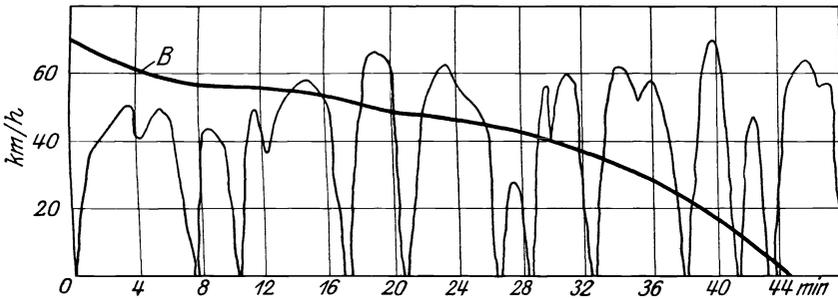
In klarer Weise sind die Verhältnisse in zwei Aufsätzen der amerikanischen Zeitschrift „Railway Electrical Engineer“ dargelegt. Der erste Aufsatz — An Axle Generator for Branch Line Service — (Eine Achsmaschine für Nebenlinienbetrieb) von J. R. Sloan ist im Mai 1917 erschienen und behandelt Untersuchungen, 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. 66 a, b und c stellen Geschwindigkeitszeitlinien von Zugläufen für verschiedene Betriebsbedingungen dar und zwar Abb. 66 a für schwierigere, Abb. 66 b für mittlere Betriebsverhältnisse und Abb. 66 c für Schnellzugsbetrieb. Nimmt man an, daß die Achsmaschine 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

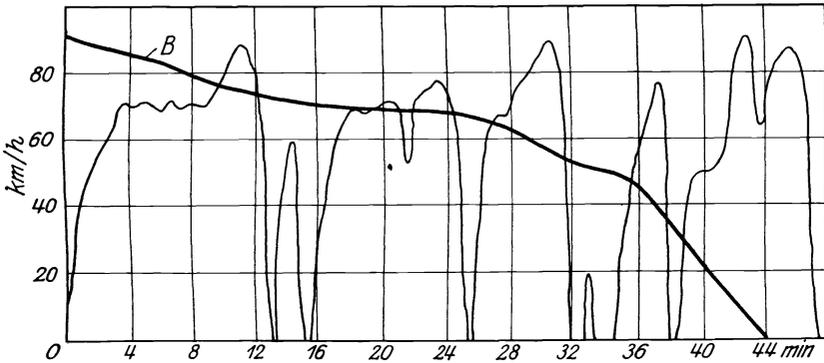
Leistung vorhanden ist, sind mit „*b*“ bezeichnet. Für die Gesamtfahrt muß diese Zeit, alle Strecken „*b*“ zusammengerechnet, so groß sein, daß die Maschine den Strom für das Lampennetz und zugleich den Strom zur vollen Aufladung der Batterie für die abgegebene Strommenge



a) für schwierigen,



b) für mittleren,



c) für Schnellzugsbetrieb.

Abb. 66. Geschwindigkeit-Zeit-Schaulinien.

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 Fahrtkennlinie. Bei der Kennlinie „*B*“ der Abb. 66a bedeutet Punkt *x* der Ge-

schwindigkeit von 32 km, daß diese insgesamt während 22 Minuten erreicht wird, Punkt x' von 24 km diese Geschwindigkeit während 28,5 Min. Abb. 67 stellt die Fahrtenkennlinien 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.

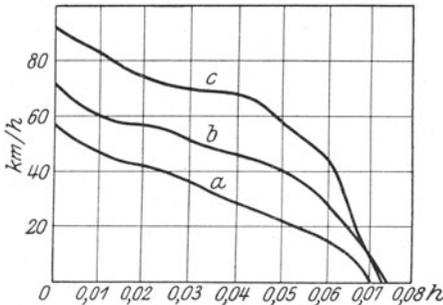


Abb. 67. Fahrtenkennlinien.

zu erhalten. Diese darf nicht niedriger sein, als die Zahl der Ampere-stunden, 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 Achsriemenscheibe nicht über 500, meist aber nur 450 mm betragen können, je nach der Bauart des

Die Maschinenstromstärke ist dann noch Null, sie wächst gleichmäßig mit der Geschwindigkeit bis zur Volleistung. 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 Amp.-Stunden

Drehgestells. Die Maschinenscheibe kann nicht gut unter 120 mm Durchmesser 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. 68 zu entnehmen.

Der zweite Weg, durch Änderung des Maschinenreglers die Vollleistungsgeschwindigkeit schneller zu erreichen, etwa durch Einschalten

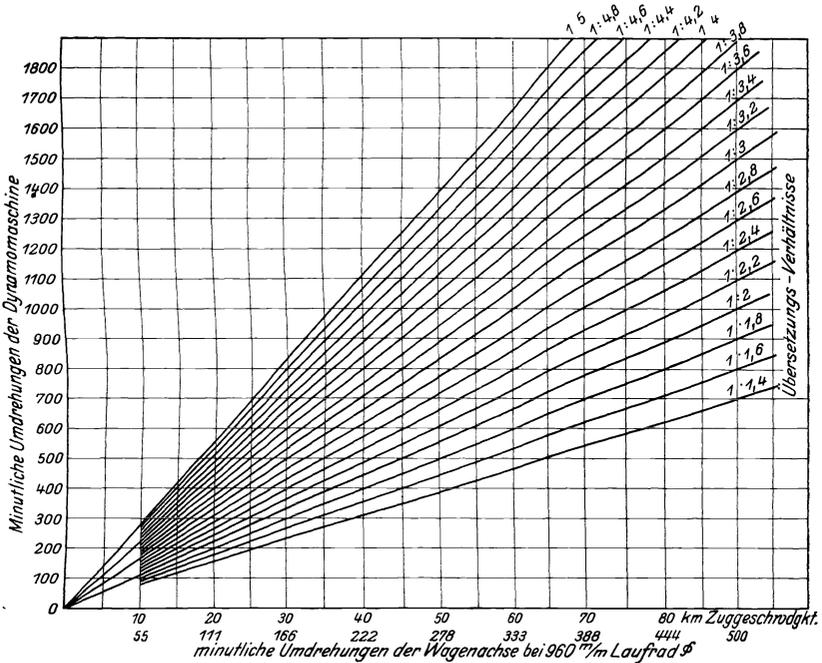


Abb. 68. Schaulinien für die Beziehungen zwischen der Geschwindigkeit eines Zuges und der Umdrehungszahl der Maschine bei verschiedenen Übersetzungen.

von weniger Widerstand in den Erregerstromkreis der Maschine, bedingt die Beibehaltung der Einschaltgeschwindigkeit, ist also nicht so wirkungsvoll. Einige Firmen haben besondere Regler für Nebenbahnenbetrieb gebaut, so die Safety Co. in Amerika, die Reglergröße F 3.

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 meist notwendig ist, die Einrichtung für alle Betriebsverhältnisse geeignet zu gestalten.

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. Hinkfuß und Gustav Wesel in Breslau; der Patentspruch 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 Sammlerbatterien 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 Laybourn, 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 auf-

gestellt, 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 Löbbbecke 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 gleichem 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 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 Quecksilberinnen 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 Maschinen-spannung 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 A.-G. Wie bereits S. 74 beschrieben, hatte die Preußische Staatsbahnverwaltung einige Züge ausgerüstet, die durch Dampfturbinendynamos von der Lokomotive aus beleuchtet wurden. Die Verwaltung hat sich 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

¹⁾ Dietrich, Prof. Dr.: „Die elektrische Beleuchtung der Eisenbahnzüge“. Stuttgart.

²⁾ Glasers Ann. 1887. 15. April.

der Wirkung 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 (s. S. 75). 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, deren Beschreibung weiter unten folgt.

Die Anordnung dieser Beleuchtung, die von der Gesellschaft für elektrische Zugbeleuchtung m. b. H., unter tätiger Mitwirkung von Wittfeld, entwickelt worden ist, hat vielfach für geschlossene Zugbeleuchtung Anwendung gefunden, insbesondere für deutsche und dänische

Privatbahnen, für Klein- und Nebenbahnen, bei welchen ja die Züge meist geschlossen bleiben.

Bei den für Vorortzüge der Paris-Orleans-Bahn, sowie für die Chemin de fer de Ceinture, Paris, gelieferten Einrichtungen befindet sich die Maschine und Batterie im Gepäckwagen, von welchem aus der ganze Zug gespeist wird. Es sind Rosenbergmaschinen der Größe REG 202 mit einer Leistung von 100 Amp. Die Batterie besteht aus 32 Zellen der Größe IV GO 100 mit einem Ladeinhalt von 240 Amp.-Stunden bei 48 Amp. Entladung.

Für die Vorortzüge der französischen Staatsbahn ist die Bauart AJ (S. 139) benutzt. Der Gepäckwagen ist ausgerüstet mit zwei Rosenbergmaschinen, je für 65 Amp. 24 Volt, die am Untergestell des Wagens aufgehängt sind und mit doppelter Übersetzung von der Wagenachse angetrieben werden, so daß sie schon bei 10 km Zuggeschwindigkeit volle Leistung ergeben. Die Beleuchtung eines Zuges besteht aus 80 Lampen 20 HK. Die Batterie gibt 650 Amp.-Stunden bei 10stündiger Entladung. —

Vor mehreren Jahren hat die Dänische Staatsbahn mit der Umwandlung ihrer Sammlerbeleuchtung in Maschinenbeleuchtung begonnen, nachdem einige Probeeinrichtungen seit dem Jahre 1911 zur Zufriedenheit in Betrieb sind. Die Anordnung erfolgt im wesentlichen nach einem Vorschlage des verstorbenen Maschineninspektors J. B. Bruun¹⁾.

Abb. 69 zeigt die Schaltung. Es findet eine Rosenbergmaschine Anwendung, die von der Achse des Gepäckwagens angetrieben wird, in Verbindung mit einem Dickregler. Die Batterie wird während der Beleuchtungszeit bei gleichbleibender Spannung mit schwachem Strom geladen; der Dickregler ist eingeschaltet. Bei Öffnung des Hauptschalters wird der Regler abgeschaltet; der Spannungsbegrenzer tritt in Wirkung, sobald die Batterien aufgeladen sind.

In England und den englischen Kolonien hat man auch mehrfach geschlossene Züge nach der Bauart Stone eingerichtet, bei welchen der Gepäckwagen Maschine und Batterie besitzt, ebenso nach der Bauart Leitner auf der Great Western Railway.

Seitens der Gesellschaft für elektrische Zugbeleuchtung sind, wie bereits bemerkt, mehrfach Anlagen ausgeführt worden, in denen mehrere Maschinen auf dasselbe Netz arbeiten, so für D-Züge der Preussischen Staatsbahn, ferner für die Anatolische Bahn, bei welcher in jedem Zuge zwei oder mehr Maschinenwagen die Beleuchtung liefern. Auf russischen Bahnen sind nach der gleichen Bauart eine große Anzahl Züge ausgerüstet.

In Amerika hat zuerst die Pennsylvaniabahn geschlossene Zugbeleuchtung im Jahre 1904 ausgerüstet, und zwar zwei Züge, jeden mit einer von einer Tenderachse mittelst 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 Achsmaschine einen ganzen

¹⁾ Elektrotechniker, S. 55. 25. April 1906.

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

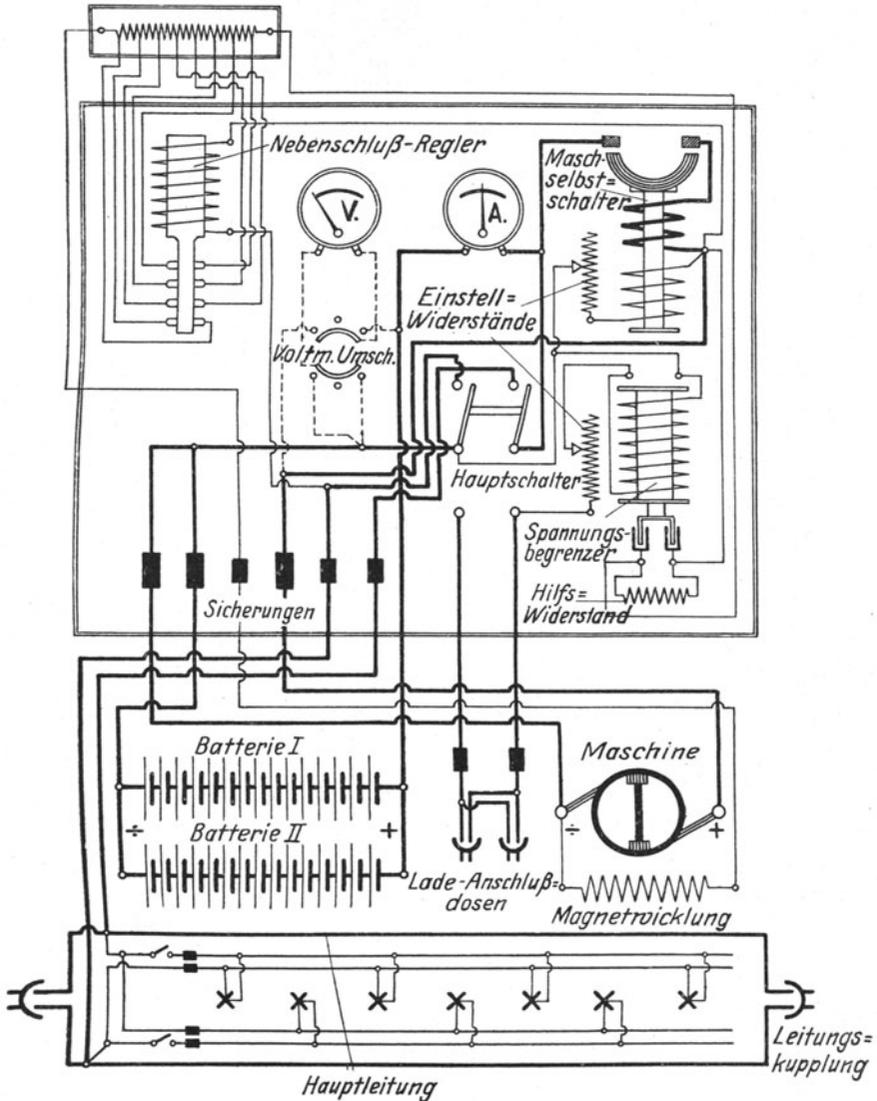


Abb. 69. Schaltung der Dänischen Staatsbahnen.

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 wurden sieben weitere Züge ausgerüstet, diesmal Gould-Simplex-Bauart, gleichfalls mit Maschinen von 4 kW, 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 wurde von der Northern Pacific Company eine Einrichtung dem Betrieb übergeben, die mit einer 6poligen 20 kW-Maschine für 80 Volt, 300—1200 Umdrehungen in der Minute ausgerüstet war. Diese Maschine ist im Innern des Wagens aufgestellt und mit Morseketten über eine Vorgelegewelle 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.-Stunden. Die Wageneinrichtung ist die gleiche wie die der Einrichtung für geschlossene Züge auf der Chicago—Milwaukee—St. Paul-Railway (S. 72). 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 17¹/₂ 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.

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.

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

Die erste erfolgreiche Einrichtung wurde von der Firma J. Stone & Co. in England ausgeführt im Jahre 1893. Die Anordnung fand bald größere Verbreitung in England. Wenige Jahre darauf erschienen auf dem Kontinent Bauarten wie Vicarino, Dick, Kull, welche, wenn auch langsam, Eingang fanden. Gegenwärtig besteht eine recht beträchtliche Zahl von Bauarten, die in größerem Umfange eingeführt und im folgenden beschrieben sind.

Der Übersichtlichkeit wegen seien die verschiedenen Bauarten in drei Gruppen nach ihrem Ursprung eingeteilt: in kontinentale oder mitteleuropäische, englische und amerikanische Bauarten. Der ersten großen Gruppe, der mitteleuropäischen, gehören die Bauarten Vicarino, Dick, Brown Boveri & Co., GEZ, Pintsch-Grob, Oerlikon an; der zweiten, den englischen Bauarten, diejenigen von Stone, Vickers, Dalziel, Mather & Platt, Leitner-Lucas; die dritte Gruppe umfaßt die amerikanischen Bauarten: United States, Gould Simplex, Safety Axle Light und ESB.

a) Kontinentale Bauarten.

1. Bauart Vicarino. Die Bauart Vicarino wird von der Compagnie Générale Electrique in Nancy geliefert. Die Maschine hat außer der Nebenschlußwicklung eine zweite, der ersten entgegenwirkende Wicklung, die den Hauptstrom führt. Bei Ingangsetzen der Maschine erregt sie sich zuerst wie eine Nebenschlußmaschine mit offenem Stromkreis. Sobald jedoch eine gewisse Umdrehungszahl erreicht ist und die Spannung etwas höher geworden ist als die Ruhespannung der Batterie, wird mittels des Maschinenschalters der Stromkreis zwischen Maschine und Batterie geschlossen. Mit Erhöhung der Geschwindigkeit erfolgt eine geringe Spannungserhöhung und entsprechend auch ein Anwachsen der Stromstärke. Der Strom durchfließt die dicke Drahtwicklung der Magnete, wodurch die Erregung geschwächt und so die Spannung der Maschine herabgesetzt wird. Die Anordnung eines Spannungsbegrenzers verhindert ein Überladen der Batterie. Derselbe besteht aus einer Spannungsspule mit einem Kern, der bei Erreichung einer bestimmten Spannung angezogen wird und dabei einen Kontakt schließt. Hierbei wird Widerstand in die Erregerwicklung geschaltet, durch den die Spannung herabgesetzt und so die Stromabgabe stark erniedrigt wird.

Ursprünglich wurde nur eine Batterie angeordnet, später vorzugsweise zwei. Das Umschalten der Batterien geschieht durch den Lichtschalter, so daß bei jedem Einschalten der Lampen auch die Batterien umgeschaltet werden.

Bei den ersten Ausführungen wurden bei Fahrtrichtungsänderung die Bürsten um 180° verschoben, so daß die Stromrichtung dieselbe blieb. Hierzu waren die an zwei Zapfen befestigten Kohlenbürsten an einer Gußscheibe angebracht, welche sich auf einer konzentrisch zum Lager, zwischen diesem und dem Kollektor, befestigten Hülse frei

bewegen konnte. Die Scheibe wurde durch die Reibung der Bürsten auf dem Kollektor in der Drehrichtung mitgezogen. Durch zwei Anschläge werden Scheibe und Bürsten nach erfolgter Drehung um 180° festgehalten. Später wurde diese Anordnung aufgegeben und das Umschalten mittels zweier Selbstschalter bewirkt, entsprechend Schaltbild Abb. 70.

Die ersten Versuche mit Bauart Vicarino fanden im Jahre 1899 auf französischen Bahnen statt; später sind auch Einrichtungen auf spanischen und russischen Bahnen ausgeführt worden. Eine nennenswerte Verbreitung hat diese Bauart bis jetzt nicht gefunden.

Sie war in Deutschland unter der Nummer 124646 auf den Namen der Akkumulatorenwerke System Pollack patentamtlich geschützt.

Im Jahre 1912 hat die Firma Gertz in St. Petersburg auf der Russischen Nordwestbahn Anlagen für geschlossene Zugbeleuchtung ausgeführt, welche der Bauart Vicarino mit zwei Batterien völlig entsprechen.

2. Bauart Dick. Die Dynamo ist eine vierpolige Nebenschlußmaschine. Sie besitzt einen Nutenanker mit Trommelwicklung. Zur Abnahme des Stromes dienen vier im Winkel von 90° zueinander versetzte Kohlenbürsten, deren Halter in der Umdrehungsrichtung verschiebbar angeordnet ist, um in beiden Fahrrichtungen einen Strom gleicher Richtung zu erhalten. Es werden nur Kugellager verwendet.

Abb. 71 stellt die Schaltung, Abb. 72 einen Schaltschrank mit Apparaten dar.

Der Maschinenselbstschalter besteht aus einem Elektromagneten mit drehbar gelagertem Anker, der an beiden Enden Metallplatten trägt. Die Stromzuführung zu diesen letzteren erfolgt durch ein Litzenkabel. Der Schalter wird geschlossen, wenn sich diese

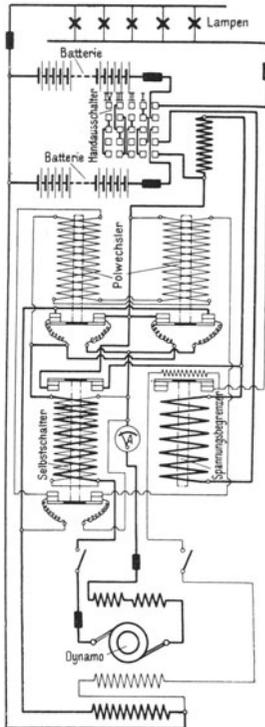


Abb. 70. Schaltbild der Bauart Vicarino.

Stromplatten gegen kupferne Kontaktbürsten legen. Ein Kohlenvorkontakt schützt die Kupferbürsten. Durch eine einstellbare Feder wird der Anker mit diesen Metallplatten gegen einen Anschlag gedrückt. Die Feder führt die Unterbrechung herbei, während der Kontakt bei überwiegender magnetischer Zugkraft des Elektromagneten über die Gegenkraft hergestellt wird. Der Elektromagnet wird durch zwei Wicklungen erregt, von denen die eine vom Hauptstrom durchflossen wird, während die andere im Nebenschluß zur Maschine liegt. Vor dieser liegt noch ein Einstellwiderstand, der die Erwärmung der Spule des Selbstschalters verhindert.

Der rechts auf der Schalttafel befindliche Spannungsregler arbeitet auf gleichbleibende Spannung durch Veränderung des Widerstandes der Erregerwicklung. Er besteht aus einem Solenoid mit zwei Wicklungen; die eine Wicklung ist aus vielen Windungen isolierten dünnen Kupferdrahtes hergestellt, während die andere Wicklung einen dicken

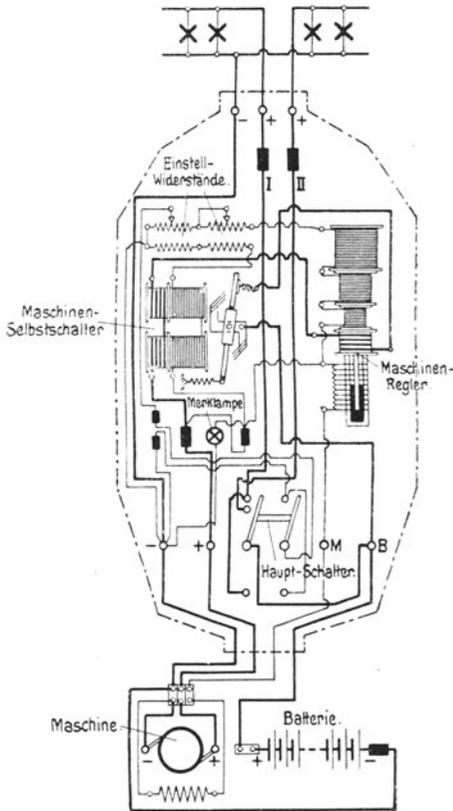


Abb. 71. Schaltbild der Bauart Dick.

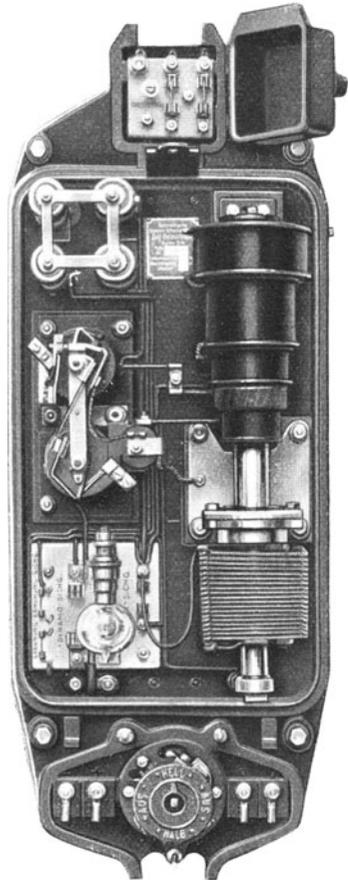


Abb. 72. Apparateschrank Bauart Dick.

Draht mit wenig Windungen aufweist. Unterhalb des Solenoids befindet sich ein Kontaktgefäß, welches mit dem Solenoid auf einem Rahmen befestigt ist. Das Kontaktgefäß besteht aus einer Anzahl von Metallringen mit dazwischen gelagerten Isolieringen. Diese Ringe werden abwechselnd übereinandergelagt und durch Vermittlung von Schrauben fest aneinandergedrückt. Auf diese Weise entsteht ein Gefäß, welches mit Quecksilber gefüllt wird. Die einzelnen Metallringe besitzen Ableitungen, von welchen Verbindung mit Widerstandsspulen hergestellt wird, die in den Erregerstromkreis der Dynamomaschine eingeschaltet sind.

Das Solenoid wirkt auf einen weichen Eisenkern, welcher zum Teil in das Solenoid selbst, zum Teil in das Kontaktgefäß hineinragt. Dieser Eisenkern trägt an seinem unteren Ende eine zylindrische Hülse aus Isoliermaterial. Ist das Solenoid stromlos, so taucht der Eisenkern infolge seines Gewichtes vollständig in das Kontaktgefäß ein und drängt das Quecksilber in die Höhe, wodurch sämtliche Metallringe und damit alle Widerstandsspulen kurz geschlossen werden. Wird der Eisenkern infolge steigender Maschinenspannung nach oben in das Solenoid hineingezogen, so sinkt das Quecksilber und Metallringe werden nach und nach freigegeben, wodurch allmählich Widerstand in den Erregerstromkreis der Dynamomaschine eingeschaltet wird. Die Wirkungsweise des Reglers ist, wie bereits erwähnt, die, daß er den Widerstand des Erregerstromkreises derart verändert, daß die Maschine gleichbleibende Spannung abgibt. Die beiden Wicklungen desselben wirken im gleichen Sinne. Nimmt man an, daß die Sammlerbatterie tief entladen war, dann würde bei Einschalten auf Ladung infolge der geringen Gegenspannung derselben sofort eine zu hohe Stromstärke entstehen. Nachdem der Hauptstrom auch die dicke Wicklung des Reglers durchfließt, wird der Eisenkern weiter hineingezogen, wodurch in den Erregerstromkreis Widerstand eingeschaltet und auf diese Weise einem Anwachsen der Stromstärke vorgebeugt wird. Bei fortgeschrittener Ladung und damit steigender Akkumulatorengegenspannung sinkt der Strom, so daß durch den Regler der Widerstand des Erregerstromkreises wieder vermindert wird.

Die Bauart hat sich aus der auf S. 114 erwähnten Versuchsanordnung für geschlossene Zugbeleuchtung entwickelt. Bei der ersten Anordnung für Einzelwagenbeleuchtung aus dem Jahre 1901 wurden zwei Batterien verwendet, die bei jeder Einschaltung der Beleuchtung umgewechselt wurden. Die Verwendung zweier Batterien wurde im Jahre 1908 aufgegeben und ein besonderer Lampenspannungsregler eingeführt, der wiederum für die seit dem Jahre 1914 gelieferten Ausrüstungen in Wegfall gekommen ist, bei welchen von einer Regelung der Lampenspannung abgesehen wurde. Durch den Wegfall des Lampenreglers ist die Bauart außerordentlich vereinfacht worden und hat infolgedessen eine sehr rasche Verbreitung gefunden. Außer bei den österreichischen Staatsbahnen ist sie bei den tschecho-slowakischen, den südslavischen und den rumänischen Staatsbahnen in Betrieb. Die Internationale Schlafwagengesellschaft in Paris hat sie allgemein eingeführt, desgleichen eine Anzahl französischer Bahngesellschaften, wie die Paris-Lyon-Méditerranée u. a.

In Deutschland bestehen folgende Patente:

Nr. 176423, Emil Dick: Selbsttätiger Spannungsregler, bei welchem die Zu- und Abschaltung von Widerständen durch einen in Quecksilber tauchenden Solenoidkern erfolgt. 1906.

Nr. 268279, Österreichische Siemens-Schuckert-Werke in Wien: Einrichtung zur elektrischen Fahrzeugbeleuchtung. 1911. (Fortfall des Lampenreglers.)

3. Bauarten Brown, Boveri & Co. Die Firma Brown, Boveri & Co., Baden, Schweiz, hat die im Jahre 1902 zuerst ausgeführte Anordnung

von Hermann Kull, Oberingenieur der Schweizer Zentralbahn, zur Herstellung übernommen. Nach dieser Bauart wurden anfänglich eine größere Reihe von Wagen für Schweizer Bahnen geliefert. Später wurde die Bauart durchgreifend geändert und eine große Zahl von Wagen der Schweizer Bahnen mit der neuen Anordnung, die als Bauart Aichele bekannt ist, ausgerüstet. Im Jahre 1908 hat diese eine weitere Abänderung in der Bauart Güttinger erfahren, welche wiederum in den letzten Jahren verbessert worden ist. Die neueste und am weitesten entwickelte Reglerform ist der M.-Regler, Ausführung E 16/0.

a) Bauart Kull. Kull verwandte einen selbsttätigen Nebenschluß-Regler; dieser wurde durch einen Fliehkraftregler, der an der Dynamomaschinenachse saß, betätigt. Der Polwechsel erfolgte durch eine besondere Umschaltung, welche an der Welle der Maschine unmittelbar angebracht war (D.R.P. Nr. 135 840); es war ferner eine Vorrichtung angeordnet, welche ein Überladen der Batterien verhinderte. Die Schaltung war in Deutschland (D.R.P. Nr. 119 967) geschützt. Diese Bauart hat ebenso wie die unter Abschnitt b) beschriebene Bauart Aichele nur noch geschichtliche Bedeutung.

b) Bauart Aichele. Die Schaltung der Bauart Aichele ist in Abb. 73 dargestellt. Die Maschine ist eine Nebenschlußmaschine. Der Wechsel der Pole erfolgt bei Umkehrung der Fahrtrichtung selbsttätig

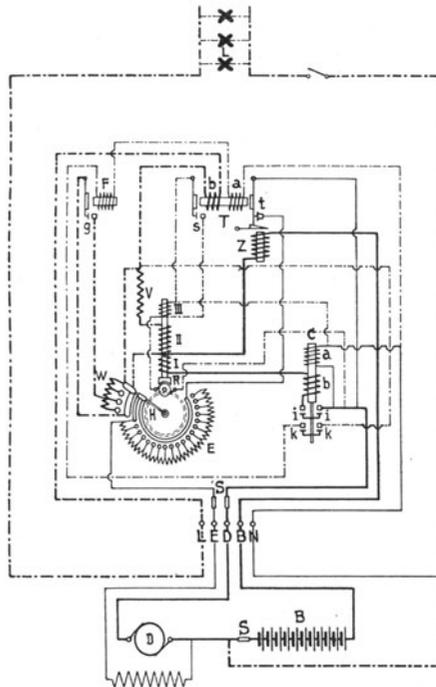


Abb. 73. Schaltbild der Bauart Aichele.

durch Verschieben der Bürsten auf dem Stromwender um eine Polteilung.

Die Schalter und der Regler befinden sich in einem dicht verschlossenen eisernen Gehäuse, welches entweder am Wagenuntergestell, oder im Innern des Wagens an geeigneter Stelle, untergebracht ist. Es ist dies der Maschinenselbstschalter, der Spannungsregler, eine Vorrichtung für die selbsttätige Unterbrechung des Erregerkreises der Maschine sowie die Maschinensicherungen. Der Maschinenselbstschalter hat die gewöhnliche Bauart und schließt bei seiner Betätigung zwei Stromkreise, den zwischen Maschine und Batterie und einen weiteren zwischen dem Regler und dem Schalter F.

Der Regler besteht aus einem Motor R, der durch Zahnradübersetzung den Hebel H des Nebenschlußwiderstandes betätigt. Bei

Drehung des Ankers gleitet der Hebel H auf den im Kreise angeordneten Kontakten des Regelwiderstandes. Diese Bewegungen werden durch eine auf die Motorachse aufgesetzte, im Felde eines Elektromagneten befindliche Aluminiumscheibe gedämpft.

Die Magnete des Motors tragen drei voneinander getrennte Erregerwicklungen I, II, III. Solange keine Lampen eingeschaltet sind, wirken gleichzeitig die Wicklungen I, durch welche der Maschinenstrom fließt, und III, welche an der Spannung der Batterie anliegt. Werden Lampen eingeschaltet, so tritt an Stelle von III die Wicklung II, welche vom Beleuchtungsstrom durchflossen wird. Unter der Einwirkung von I wird der Hebel H im Sinne einer Vergrößerung, unter Einwirkung von II oder III dagegen im Sinne einer Verkleinerung des Widerstandes verstellt. Der Hebel H gleitet in dem Maße, wie die Zuggeschwindigkeit wächst, auf den Kontakten des Widerstandes E , bis die Wirkung der Spule I der Wirkung der Spule II bzw. III genau entspricht. Es wird dadurch, daß man die Spule III an die Spannung der Batterie anschließt, eine Regelung auf gleichbleibende Ladestromstärke erzielt und dadurch, daß man durch die Spule II den Beleuchtungsstrom fließen läßt, eine selbsttätige Einstellung des Ladestromes entsprechend dem Beleuchtungsstrom. Das Anwachsen bzw. Abnehmen des Ladestromes wird dadurch geregelt, daß man die Wirkung der vom Beleuchtungsstrom durchflossenen Spule II durch allmähliche Vergrößerung bzw. Verkleinerung eines parallel geschalteten Widerstandes stufenweise zu- bzw. abnehmen läßt. Zu diesem Zwecke sind die Kontakte dieses Widerstandes W so angeordnet, daß dieselben bei der ersten Bewegung des Hebels H bestrichen werden, wodurch eine Änderung des Widerstandes erzielt wird. Die beiden Elektromagnete F und T bewirken gleichfalls dadurch, daß sie die Spule II bzw. III teilweise oder völlig außer Tätigkeit setzen, die Einstellung des Reglers auf einen sehr kleinen Ladestrom.

Sobald der Maschinenselbstschalter eingeschaltet hat, durchfließt Strom die Spule I und bewirkt dadurch eine Drehung des Hebels H aus der äußersten Stellung auf den zunächstliegenden Kontakt des Widerstandes W . Damit liegt ein Teil des Widerstandes W parallel zur Spule II und dem Vorschaltwiderstand V . Ein Teil des Beleuchtungsstromes fließt also durch die Spule II. Der Hebel H wandert, bis Gleichgewicht zwischen den beiden Spulen hergestellt ist. Der vor den Lampen liegende, aus den beiden einander parallel geschalteten Zweigen — Spule II und Vorschaltwiderstand V einerseits und der eingeschaltete Teil des Widerstandes andererseits — gebildete Vorschaltwiderstand wird vergrößert. Er entspricht in seinem Spannungsabfall jederzeit der Spannungszunahme an den Batterieklemmen. Wenn der Hebel H die Kontakte von W verlassen hat, fließt der volle Beleuchtungsstrom durch die Spule II. Die Ruhelage des Hebels entspricht bei den verschiedenen Zuggeschwindigkeiten stets einer Ladestromstärke, die in einem unveränderlichen Verhältnisse zur Beleuchtungsstromstärke steht. Erstere wird also nur dann geändert, wenn die Zahl der eingeschalteten Lampen geändert wird, und zwar so, daß dieselbe mit der Beleuchtungsstromstärke steigt und fällt.

Ist die Batterie nahezu geladen, so zieht, unter dem Einfluß der steigenden Spannung der Batterie, der Elektromagnet F seinen Anker an und schaltet einen Teil des Widerstandes W ein; infolgedessen fließt durch Spule II dann nicht mehr der volle Beleuchtungsstrom, sondern nur noch ein Teil desselben, so daß der Beleuchtungsstrom in der Spule I überwiegt. Der Hebel H stellt sich entsprechend anders ein, der Ladestrom hört auf und es fließt nur noch der Beleuchtungsstrom durch die Spule I. Sobald die Batterie wieder Strom abgibt, läßt der Elektromagnet F seinen Anker los.

Sind alle Lampen ausgeschaltet, so hört damit die Wirkung des Beleuchtungsstromes auf den Elektromagnet T auf, der Anker bleibt jedoch unter der Wirkung der Spule a angezogen. Sobald der Schalter C infolge langsamerer Geschwindigkeit des Zuges ausgeschaltet hat, wird auch dieser Stromkreis unterbrochen; der Anker wird frei und öffnet den Kontakt s . Dies bewirkt, daß die Spule III in Tätigkeit gesetzt wird; bei der darauffolgenden Fahrt des Zuges steht der Motor unter dem Einfluß dieser Spule, die an den Klemmen der Batterie liegt und der Spule I, die den Ladestrom führt, und regelt derart, daß der Ladestrom bei wechselnder Geschwindigkeit sich nicht ändert. Ist die Batterie geladen, so wird der Kern des Elektromagneten T durch die Wirkung der an die Batterie angeschlossenen Spule a angezogen, der Kontakt s wird geschlossen und die Wirkung der Spule III wird aufgehoben. Da jetzt nur noch die Spule I wirkt, wird die Felderregung der Maschine so erniedrigt, daß der Ladestrom schließlich vollständig verschwindet. Bei der nächsten Haltestelle wird durch den Schalter C an den Kontakten k der Stromkreis der Spule a unterbrochen, so daß bei Wiederaufnahme der Fahrt die Spule III auf den Magneten des Motors neu eingeschaltet ist.

Schließlich ist noch eine besondere Sicherheitsvorrichtung vorhanden, welche verhindert, daß bei Störung des Regelungsvorganges durch eine Unterbrechung im Batteriekreis, wie eine solche z. B. durch den Bruch einer Verbindung zwischen zwei Zellen eintreten kann, die Spannung eine für die Lampen schädliche Höhe erreicht. Der Elektromagnet T erhält einen zweiten Anker, dessen Rückziehfeder so stark gespannt ist, daß erst die beim Auftreten von Überspannung sich ergebende Wirkung von Spule a , zusammen mit der vom anwachsenden Strome in Spule b herrührenden, genügen, deren Zug zu überwinden, worauf der Erregerstromkreis der Maschine bei t unterbrochen wird. Diese Unterbrechung wird durch eine Sperrklinke festgehalten und bleibt in diesem Zustande, bis die Unterbrechung im Batteriekreis beseitigt ist; denn erst dann kann der von der Batterie in die Lampen gelieferte Strom einen im Batteriekreis befindlichen Elektromagneten Z erregen, welcher die Sperre zurückzieht.

Diese Vorrichtung ist in den deutschen Reichspatenten 149610, 149611 und 151797 geschützt gewesen. Die Ansprüche erstrecken sich ausschließlich auf den Stromregler. Nach der beschriebenen Anordnung sind insbesondere bei den Schweizer Bundesbahnen, etwa 1600 Wagen in Betrieb.

c) Bauart Güttinger. Das Schaltbild der Anordnung, die seit 1908 eingeführt ist, ist in Abb. 74 dargestellt. Der Maschinenselbstschalter ist mit C bezeichnet. Die selbsttätige Einschaltung der Widerstandsspulen geschieht durch den Regler R , indem ein Kontaktsektor A über eine Anzahl den einzelnen Widerstandsstufen G entsprechender Kontakte sich abwälzt. Von den ersten Kontaktstufen aus wird der Magnet P erregt, beim Überschreiten der folgenden Stufen werden die Widerstände eingeschaltet. Der Kontaktsektor wird bewegt durch eine Spule O , welche im Magnetfelde des Reglers R drehbar gelagert ist. Dieses Feld wird in erster Linie erzeugt von einer im Nebenschluß zur Maschine liegenden Wicklung $M I$. Es wird verstärkt durch eine vom Batterie-strome durchflossene Wicklung $M II$, welche im gleichen Sinne wirkt wie $M I$. Eine dritte Wicklung $M III$ wird vom Beleuchtungsstrome durchflossen und wirkt den vorgenannten Wicklungen $M I$ und $M II$

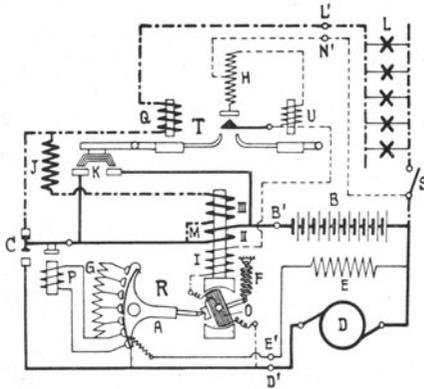


Abb. 74. Schaltbild der Bauart Brown-Boveri-Güttinger.

entgegen. Das durch die vereinigte Wirkung der Wicklungen $M I$ und $M II$ oder $M I$ und $M III$ erzeugte Magnetfeld übt auf die Drehspule O ein Drehmoment aus, welchem eine Feder F entgegenwirkt. Diese ist so bemessen, daß sie eine gleichbleibende Zugkraft ausübt.

Um die Wirkungsweise der Regler-Vorrichtung darzustellen sei erst angenommen, daß die Einrichtung in einem Schnellzug arbeitet, welcher mit großer Fahrgeschwindigkeit, mit wenigen Aufhalten und am Tage, d. h. ohne wesentlichen Lichtverbrauch, fährt, und zwei-

tens in einem langsam fahrenden Zuge, welcher bei vielen Stationen anhält und in der Nacht fährt, d. h. bei großem Lichtverbrauch. Im ersten Falle hat die Maschine, nachdem sie die Batterie vollständig aufgeladen hat, keinen Strom mehr abzugeben. Die Maschine darf also nur wenig Strom erzeugen. Im zweiten Falle muß die Maschine nicht nur die Batterie stets in geladenem Zustande halten, sondern sie muß auch während der Fahrt die Lampen speisen. Die Maschine muß also viel Strom erzeugen.

Im ersten Fall arbeitet der Regler wie folgt. Nachdem die Maschine infolge der gesteigerten Geschwindigkeit eine gewisse Spannung erreicht hat, tritt in der Drehspule O ein Drehmoment auf, welches den Wälzsektor zunächst um einen Kontakt vorwärts bewegt. Hierdurch wird der Strom durch die Wicklung des Magneten P geleitet, welcher seinen Anker anzieht und dadurch die Maschine parallel zur Batterie schaltet. Jetzt durchfließt ein von dem Spannungsunterschied zwischen der Maschine und Batterie abhängiger Strom die Windun-

gen MII des Reglers, wodurch dessen Feld verstärkt wird. Da das Federdrehmoment aber sich nicht ändert, so muß die Drehspule eine Bewegung ausführen, welche benutzt wird, um Nebenschlußwiderstand vorzuschalten. Die Spannung der Maschine D wird dadurch erniedrigt und das von der Wicklung MI herrührende Feld des Reglers sowie die Stromstärke in der Drehspule O geschwächt.

Es stellt sich also an der Maschine eine bestimmte Spannung ein, welche Ströme durch MI , O und MII treibt, die in ihrer Wirkung auf die Drehspule deren Federkraft das Gleichgewicht halten. Auf diesen Gleichgewichtszustand regelt der Apparat durch Änderung des Nebenschlußwiderstandes bei Änderungen der Zuggeschwindigkeit sofort wieder ein. Es sind also Maschinenspannung und Ladestrom unabhängig von der Zuggeschwindigkeit.

Mit zunehmender Ladung der Batterie steigt aber deren Gegenspannung und sinkt der Ladestrom. Die Maschine wird also etwas entlastet und ihre Klemmenspannung nimmt zu. Der Strom in Wicklung MII sinkt daher, der in MI und O steigt. Da die Wirkung der letzteren beiden überwiegt, wird das elektromagnetische Drehmoment der Drehspule vorübergehend verstärkt, und diese schaltet soviel Nebenschlußwiderstand vor, bis durch Verringerung der Maschinenspannung das Gleichgewicht zwischen dem Federdrehmoment und dem elektromagnetischen Drehmoment wieder hergestellt ist. Die Maschinenspannung nimmt also während der Ladung allmählich zu, aber nur soviel wie nötig ist, um die Schwächung des Magnetfeldes infolge des abnehmenden Ladestroms zu neutralisieren. Der Regler ermöglicht also Ladung mit zunehmender Spannung und abnehmendem Strom.

Wenn die Spannung der Maschine und der Batterie eine gewisse, der vollständigen Batterieladung entsprechende Größe erreicht hat, zieht der Magnet U seinen Anker an, wodurch ein Widerstand der Wicklung dieses Magneten und ihrem Vorschaltwiderstande parallel geschaltet wird. Hierdurch wird der MI und O vorgeschaltete Widerstand verkleinert, der die Drehspule durchfließende Strom steigt an, ebenso verstärkt sich das von den Windungen MI herrührende Feld, und die Gleichgewichtslage der Drehspule O wird gestört; infolgedessen dreht sie sich im Sinne einer Einschaltung von Vorschaltwiderstand behufs Erniedrigung der Maschinenspannung. Der zum Magnet U im Nebenschluß liegende Widerstand ist so bemessen, daß die Spannung, auf welche sich die Maschine einstellt, der Ruhespannung der Batterie entspricht, so daß also für letztere weder Ladung noch Entladung stattfindet. Dieser Zustand bleibt bestehen, unabhängig von der Fahrgeschwindigkeit des Zuges.

Für den zweiten Fall sei angenommen, daß die Lampe brennen. Während des Stillstandes auf der Station erfolgt die Speisung der Lampen von der Batterie aus. Da der Lichtstromkreis geschlossen ist, so hat der Magnet Q seinen Anker angezogen und einerseits den Kontakt bei T hergestellt, andererseits die Überbrückung bei K bewirkt. Der von der Batterie gelieferte Strom fließt daher durch die

Überbrückung K über C und Q zu den Lampen, während einerseits die Wicklung M II, andererseits die Wicklung M III des Reglers, sowie der der letzteren vorgeschaltete feste Widerstand J im Nebenschluß liegen und nur unbedeutende Strommengen führen. Beim Anfahren des Zuges und Steigen der Spannung der Maschine wird, wie im Fall 1 bei einer gewissen Spannung der Regler durch den Magneten P , die Maschine zur Batterie parallel geschaltet. Gleichzeitig werden die Wicklung M III und der Vorschaltwiderstand J in den Beleuchtungsstromkreis eingeschaltet, um die Spannung an der Ma-

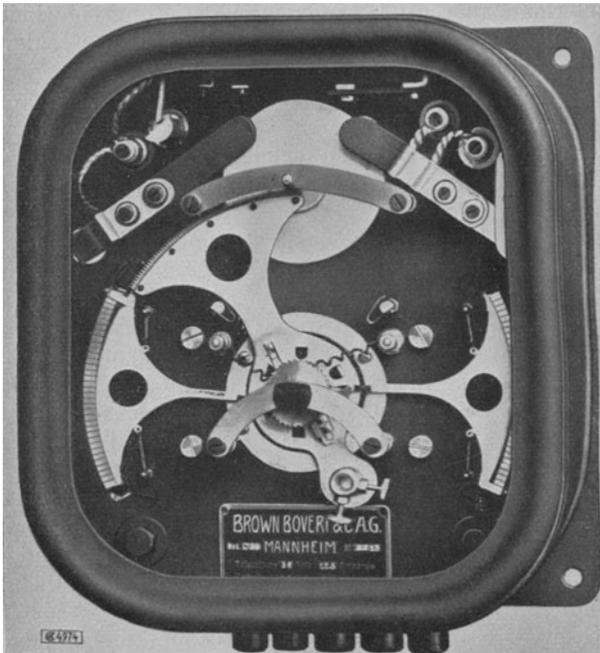


Abb. 75. Regler der Bauart Brown-Boveri-Güttinger.

schine so zu erhöhen, daß diese die Lieferung des Beleuchtungsstromes übernimmt. Diese Spannungserhöhung wird so bemessen, daß die Maschine außer der Deckung des gesamten Beleuchtungsstromes noch Strom liefert, um die durch den Stationsaufenthalt geschwächte Batterie aufzuladen. Die zur Erhöhung der Dynamospannung benutzte Wicklung M III schwächt das von der Wicklung M I erzeugte Feld; infolgedessen dreht sich die Drehspule im Sinne einer Ausschaltung von Nebenschlußwiderstand, womit die gewünschte Einstellung der Maschine auf höhere Spannung erzielt wird. Gleichzeitig muß aber die weitere Bedingung erfüllt werden, daß die Spannung an den Lampen sich nicht ändert. Dies geschieht durch den Vorschaltwiderstand J , welcher einen entsprechenden Spannungsabfall herbeiführt.

Der Regler ist in Abb. 75 dargestellt. Der Wälzsektor ist links und rechts unten sichtbar. Die Enden der Widerstandsspiralen werden zu aneinandergereihten Kontaktstücken geführt, welche keilförmig ausgedreht sind, so daß sich der Kontaktsektor mit gleichzeitiger Zentrierung darin abwälzen kann. Auf diese Weise wird eine sehr leichte Beweglichkeit und daher eine große Empfindlichkeit erzielt, ohne daß zu der Einleitung der Bewegung bedeutende Kräfte erforderlich wären.

Nach dieser Anordnung sind die neueren Zugbeleuchtungsausrüstungen der Firma Brown, Boveri & Co. geliefert. Es sind hiervon besonders zu nennen Wagen der Schweizer Bundesbahnen, Paris-Orleans-Bahn, Französischen Nordbahn, Deutsche Reichsbahnen u. a. m. Der Regler ist patentiert unter D.R.P. 215 933 und 223 870.

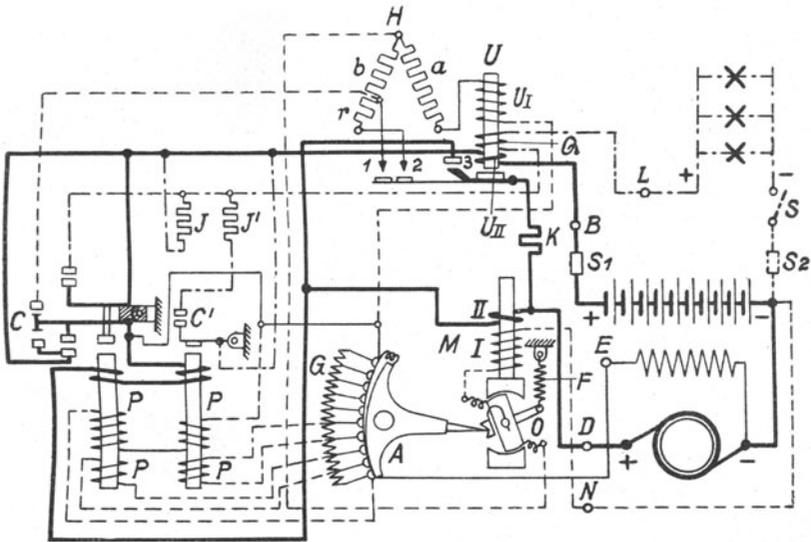


Abb. 76. Schaltbild der Bauart Brown-Boveri-Güttiger mit verbesserter Ladecharakteristik.

d) Zugbeleuchtungsregler Bauart Brown, Boveri & Co. mit verbesserter Ladecharakteristik. Der Regelungsapparat wurde mit einer wesentlichen Verbesserung versehen, um günstigere Ladeverhältnisse bei vermindertem Lichtstrom zu erreichen. Der bisherige Regler stellte bei Nachtfahrt mit voll eingeschalteten Licht eine bestimmte Batterie-Ladespannung und Lichtspannung ein. Die Maschinenspannung sicherte noch einen gewissen Ladestrom. Verminderte man durch Dunkelstellung der Lampen den Lichtstrom, z. B. um 30 % des normalen Wertes, dann stieg die Lichtspannung etwas an, die Maschinenspannung dagegen ging zurück, was zur Folge hatte, daß auch der Ladestrom entsprechend zurückging. Die Batterie wurde weniger geladen und die Dynamomaschine entlastet. Vergrößerte man den normalen Lichtstrom um einen bestimmten Wert, dann sank die

Lichtspannung und die Batterieladespannung stieg an. Die Maschine mußte also außer dem erhöhten Lichtstrom noch vermehrten Ladestrom abgeben. Die Erkenntnis, daß gerade während der Zeit, wo der Stromverbrauch herabgesetzt wurde, die Maschine zur besseren Leistungsabgabe in die Batterie herangezogen werden sollte, führte zu einer durchgreifenden Änderung in der Reglerschaltung, die durch Patent geschützt ist. Die neue Schaltung ist in Abb. 76 dargestellt.

Der Regler hat jetzt nur noch zwei Wicklungen, die Nebenschlußwicklung I und die Hauptstromwicklung II, die den Maschinenstrom führt. Durch eine sinnreiche mechanische Schalteranordnung wurde der Lichtspannungs- und der Ladebegrenzungsschalter vereinigt. Der neue Schalter *U* hat drei Wicklungen, die Nebenschlußwicklung U_I ,

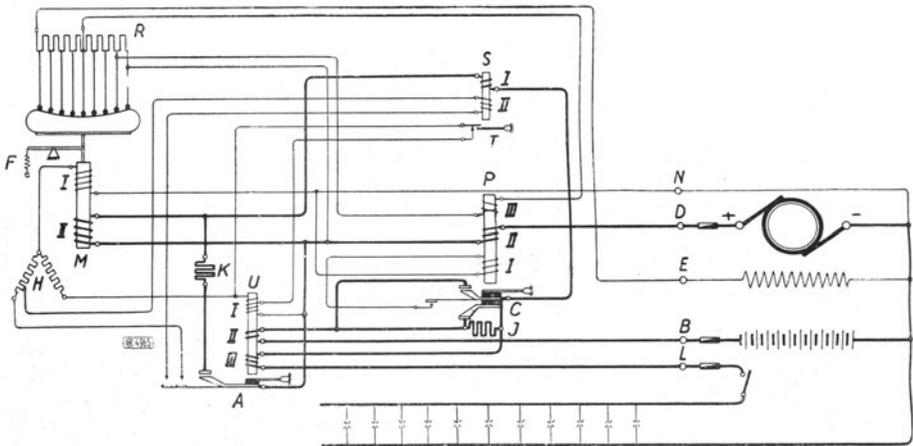


Abb. 77. Schaltbild der Bauart Brown-Boveri mit Regler Ausführung E 16/0.

die den Lichtstrom führende Wicklung Q und die den Batteriestrom führende Wicklung U_{II} . Diese wirken auf den Regler in dem Sinne, daß die Batterieladung bei voll eingeschalteten Lampen einen Wert annimmt, der noch eine gute Batterieladung ergibt, so daß die Maschine vollständig ausgenutzt wird. Werden die Lampen auf Dunkel gestellt, d. h. der Lichtstrom vermindert, dann steigt die Ladespannung an; wird der Lichtstrom über seinen normalen Wert gesteigert, dann geht die Maschinenspannung entsprechend zurück, so daß die Maschine vor Überlastung vollständig geschützt wird. Durch diese Verbesserungen wird erreicht, daß die Batterie im Verhältnis zum Stromverbrauch kleiner als bisher gehalten werden kann, daß ferner die Maschine vollständig ausgenutzt wird, also leichter und auch billiger ausfällt. Jetzt sind etwa 2000 Apparate mit dieser Verbesserung teils in Betrieb, teils in Herstellung und entsprechen die Ergebnisse vollständig den Erwartungen.

e) Bauart Brown, Boveri & Co. mit vereinfachtem Regler, Ausführung E 16/0. Die Firma liefert seit 1922 auch Ausrüstungen mit vereinfachtem leichten Reglerapparat, ebenfalls mit verbesserter Ladecharakteristik.

Die Abb. 77 stellt die Schaltung der Bauart mit diesem Regler, Abb. 78 die Schalttafel dar. Der Regler besteht aus einer Reihe von Kontaktlamellen, die mit Widerstandsspulen verbunden sind, und diese

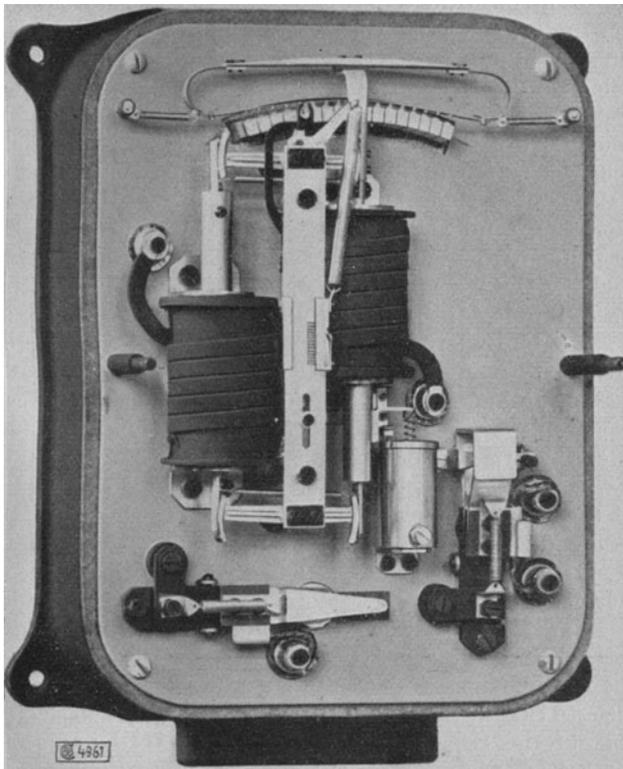


Abb. 78. Apparateschrank Bauart Brown-Boveri mit Regler Ausführung E 16/0.

Lamellen werden durch ein elastisches Kontaktband kurzgeschlossen. Der Druck auf das Kontaktband erfolgt durch eine Feder, die dem Elektromagneten bei Stromdurchgang entgegenwirkt. Ist die Beleuchtung ausgeschaltet und steht der Wagen, so schließt das Kontaktband alle Kontaktlamellen kurz. Der Schalter *A* ist ausgeschaltet, die Nebenschlußwicklung ist über den Regler mit der Klemme *D* verbunden. Mit zunehmender Zuggeschwindigkeit erregt sich die Maschine und ein kleiner Strom fließt durch die Spule *PI*. Ist die Maschinenspannung auf die Ruhespannung der Batterie gestiegen, schaltet der Magnet *P* den

Hauptschalter C ein und die Dynamo ist parallel zur Batterie geschaltet. Sobald der Maschinenselbstschalter C geschaltet hat, wird die Spule MI vom Strom durchflossen und bewegt den Kern des Elektromagneten, wodurch Widerstand in den Nebenschlußstromkreis geschaltet wird. Mit steigender Spannung fließt der Ladestrom zunächst durch die Wicklung PII und von da durch die Wicklungen MII und UII in die Batterie, wobei die Spule MII die Wirkung der Spule MI unterstützt. Je stärker die Zugkraft des Elektromagneten wird, um so mehr wird das Kontaktband von den Kontaktlamellen abgehoben und desto mehr Widerstand in den Nebenschlußkreis eingeschaltet. Mit zunehmender Batterieladung nimmt der Ladestrom allmählich ab. Da die Federzugkraft gleichbleibend ist, beeinflußt sie das Magnetsystem so lange im Sinne zunehmender Maschinenspannung, bis die Windungen der Spulen MI und MII genügen, der Federzugkraft das Gleichgewicht zu halten. Die Maschinenspannung steigt ganz allmählich an, während die Stromstärke langsam zurückgeht.

Mit fortschreitender Batterieladung und zunehmender Klemmenspannung nehmen auch die Amperewindungen der Spannungsspule UI zu. Sobald die Batterie vollständig geladen ist, zieht der Spannungsbegrenzer U seinen Anker A an und schließt den 1. Kontakt (links), wodurch zwei Teile vom Widerstand H parallel geschaltet werden. Der die Spule MI durchfließende Strom steigt entsprechend an und bewirkt, daß das Magnetsystem sich im Sinne vermehrter Zuschaltung vom Widerstand bewegt. Dadurch wird die Maschinenspannung ungefähr auf den Wert der Batterieruhspeisung herabgedrückt. Dieser Zustand wird erst aufgehoben beim Anhalten des Zuges. Der Ladebegrenzer U besitzt noch eine im Hauptstromkreis liegende Spule UII . Die Wirkung dieser Spule ist der Wirkung der Spule UI entgegengesetzt gerichtet. Diese Spule hat den Zweck, zu verhüten, daß z. B. bei schnellen Bremsungen oder anderweitig hervorgebrachten Stromstößen der Ladebegrenzer vorzeitig zum Ansprechen kommt und auf diese Weise die Weiterladung der Batterie unterbricht.

Ist die Beleuchtung eingeschaltet, so durchfließt der von der Batterie gelieferte Strom zunächst die Spule UII und geht von da über einen Kontakt des Selbstschalters C , die Spule $UIII$ und gelangt über den Lichtschalter in das Lampennetz. Unter dem Einfluß dieses Stromes zieht der Magnet U seinen Anker an und schließt gleichzeitig den 2. und 3. Kontakt des Ankers A . Der Kontakt 2 schaltet den im Regelungsstromkreise liegenden Widerstand H parallel und der Kontakt 3 schließt die Wicklung MII über den Widerstand K kurz. Kontakt 1 bleibt offen. Ist während der Fahrt die Maschine parallel zur Batterie geschaltet, so liefert die Maschine den Beleuchtungsstrom, der durch den Widerstand J in das Lampennetz geht.

Sind die Platten der Batterie stark sulfatiert, z. B. dadurch, daß der Wagen lange Zeit außer Dienst gestellt gewesen ist, so wird nach dem Zuschalten der Maschine zur Batterie nur ein sehr geringer Ladestrom einsetzen und die Ladespannung infolge des großen inneren Batteriewiderstandes rasch ansteigen, so daß das Ladespannungsrelais

zum Ansprechen gebracht wird. Das wird verhütet dadurch, daß der Schalter vom Relais S einen Teil der Spannungsspule U_1 kurzgeschlossen hält. Dies dauert solange, bis der Ladestrom so stark geworden ist, daß die Windungen der Spule S_1 den Anker T vom Relais S zum Ansprechen bringen. Alsdann ist der Kurzschluß der Spule U_1 und damit die Blockierung des Ladespannungsrelais aufgehoben. Die Sulfatierung wird alsdann zum größten Teil verschwunden sein und die Weiterladung vollzieht sich bis zum Ende unter normalen Verhältnissen.

Die Bauart Brown-Boveri ist in den meisten Ländern Europas vertreten. Die Schweizer Bundesbahnen haben diese Bauart fast ausschließlich eingeführt, in Deutschland bürgert sie sich in steigendem

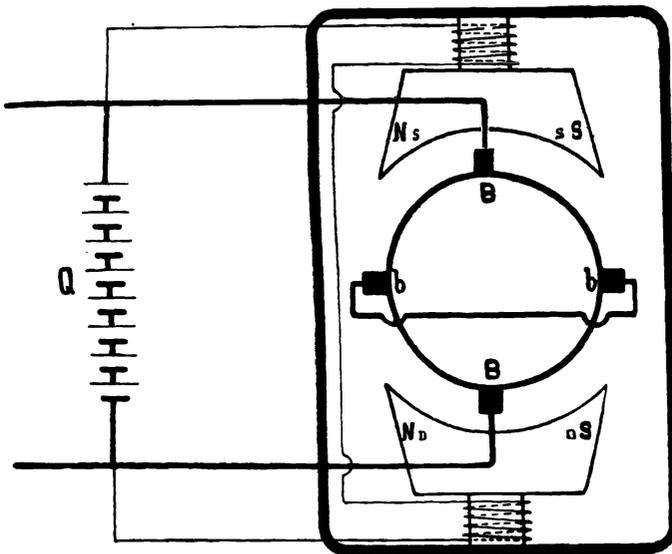


Abb. 79. Schaltung der Rosenbergmaschine.

Maße ein. Französische Bahnen haben rund 4000 Einrichtungen bezogen. Insgesamt sind bis jetzt etwa 18000 Einrichtungen geliefert.

4. Bauart GEZ. Als Stromerzeuger wird die Rosenbergmaschine benutzt. Diese Maschine, die auch Ankerquersfeldmaschine genannt wird, beruht in ihrer Wirkungsweise auf der Ankerrückwirkung. Sie ist zweipolig mit 2 Paar Bürsten und einer Magnetwicklung (Abb. 79). Das eine Paar bb wird kurzgeschlossen und hat keine Hilfsbürsten. 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. 79 von der Batterie erregt. Dreht sich der Anker im Sinne des Uhrzeigers, so ist das durch die Batterieerregung erzeugte Feld I von unten nach oben gerichtet. Die stromführenden Ankerleitungen bringen hierbei ein zweites Feld II hervor, das in Richtung der Ver-

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

Dreht sich der Anker in der dem Uhrzeiger entgegengesetzten Richtung, dann wird das zweite Feld von rechts nach links wirken. Der Nutzstrom, der von den unter den Polen stehenden Bürsten abgenommen und von dem zweiten Feld erzeugt wird, hat nun dieselbe Richtung wie vorher, da das erzeugende Feld und die Bewegung umgekehrt sind.

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

Das 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 des 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.

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 ganz 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 waagrechter 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.

Wenn sich die Maschine in anderer Richtung dreht, wird der Strom in den Hilfsbürsten sich natürlich umkehren. Dies ruft ein Ankerquerfeld 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 Anwendung eines Polwechslers fällt also bei Benutzung dieser Maschine für Zugbeleuchtung weg.

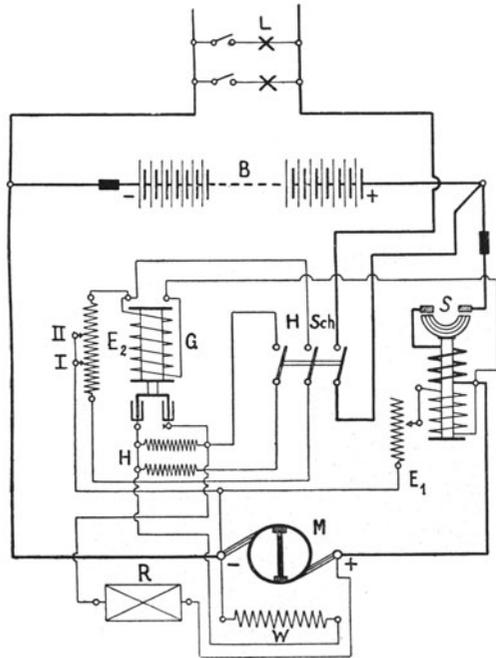


Abb. 80. Schaltung Bauart GEZ.

Die Schaltung der Bauart GEZ geht aus Abb. 80 hervor. Die Maschine wird mittels des Nebenschlußreglers R ein für allemal für die jeweils vorliegenden Betriebsverhältnisse eingestellt. Der Nebenschlußregler besitzt eine Reihe von Eisendrahtwiderständen, welche zu- oder abgeschaltet werden können, die eine Überlastung der Maschine verhindern. Diese Widerstände erlauben das Anwachsen des Erregerstromes nur bis zu einem bestimmten Grade und brennen bei Überschreitung dieser Grenze teilweise oder ganz durch, so daß die Maschinenspannung verringert wird.

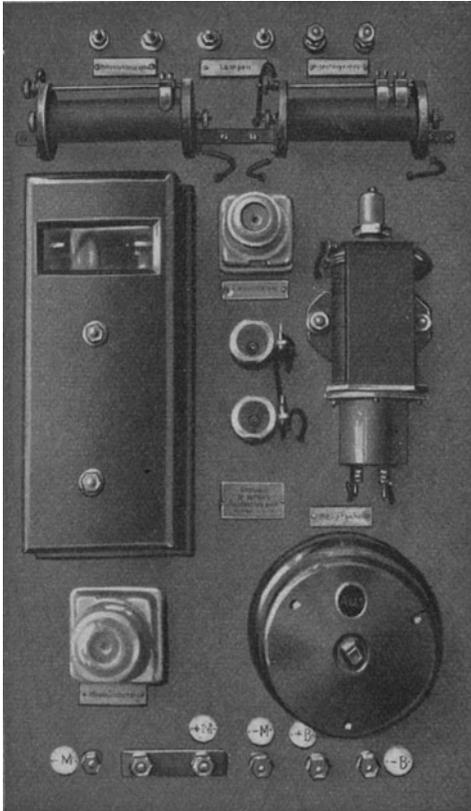


Abb. 81. Schalttafel der Bauart GEZ.

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 oder II im Stromkreis; ist er eingeschaltet, brennen also die Lampen, so wird der Spannungsbegrenzer in Tätigkeit treten, sobald die Spannung auf 2,25 bzw. 2,3 Volt gestiegen ist, also bei 27—27,6 Volt Spannung bei einer Batterie von zwölf Zellen. Die Maschinenleistung wird dann um einen bestimmten Betrag erniedrigt, bleibt aber immer noch größer als der vom Lampennetz geforderte

Die Maschine mit der Feldwicklung W und dem Nebenschlußregler R wird mit der Batterie durch den Maschinenselbstschalter S , dessen Einstellwiderstand E_1 ist, verbunden, sobald die Spannung der Maschine etwas über diejenige der Batterie gestiegen ist. Der Spannungsbegrenzer G besteht aus einer Spule, welche bei einer bestimmten Spannung einen Eisenkern anzieht. Dieser Kern hat an seinem unteren Ende Kontakte, welche in kleinen Näpfen mit Quecksilber eintauchen. Jeder dieser Näpfe ist mit einem Pol der Erregerleitung verbunden. Durch das Hochziehen des Eisenkernes werden diese Kontakte

aus den Quecksilbernäpfen

Strom, so daß die Batterie mit geringem Strom weitergeladen wird. Bei ausgeschaltetem Lichte ist die zweite Stufe des Spannungsbegrenzers eingeschaltet, bei welcher die Maschinenspannung bis zu einer Spannung von 2,5 Volt pro Zelle steigen kann, worauf alsdann eine wesentlich größere Schwächung des Stromes erfolgt. Das Schalten des Spannungsbegrenzers bewirkt also nicht ein Aufhören der Ladung der

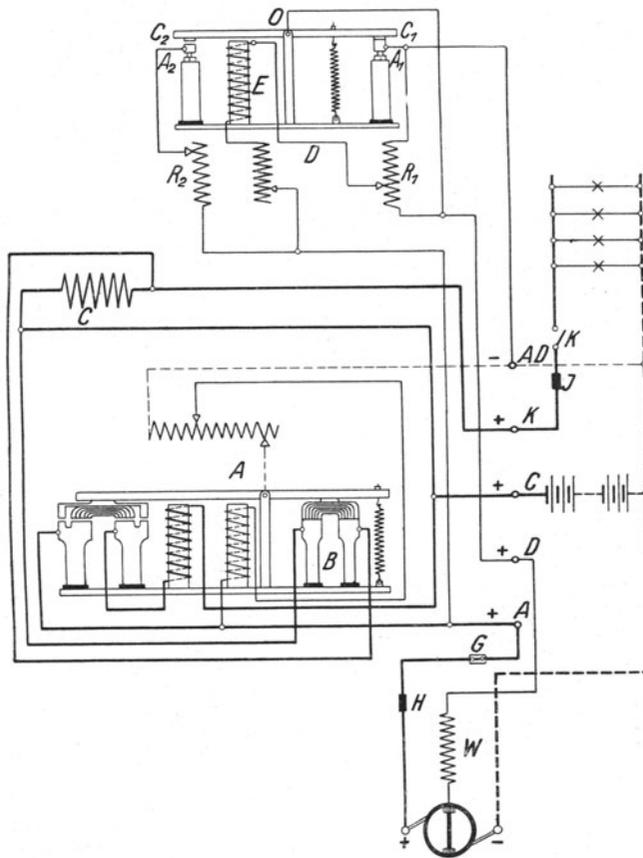


Abb. 82. Schaltbild der Bauart EVR, Ausführung M.

Batterie, sondern ein Weiterladen mit bedeutend geschwächtem Ladestrom. Abb. 81 stellt die Schalttafel der Bauart dar.

Die Rosenbergmaschine ist durch die Deutschen Reichspatente 155972, 156252, 161532 und 178053 geschützt. — Die Anordnung des Spannungsbegrenzers mit zwei Stellungen ist geschützt durch D.R.P. 281491.

Die Bauart wird seit dem Jahre 1905 von der Gesellschaft für elektrische Zugbeleuchtung m. b. H., Berlin, geliefert. Sie ist in große-

rem Umfange auf der Deutschen Reichsbahn, bei den Bahnpostwagen der Reichspost, bei einer großen Anzahl deutscher Kleinbahnen, ferner in Rußland, Frankreich, der Türkei u. a. eingeführt.

5. Bauarten EVR und AJ. Die von der Firma L'Eclairage des Véhicules sur Rail in Paris gelieferte Bauart EVR wird in zwei Ausführungsarten ES und M hergestellt. Beide sind bei der französischen Staatsbahn ausschließlich in Verwendung. Es findet die Rosenbergmachine Anwendung. Die Schaltung der Ausführung M ist in Abb. 82 dargestellt. Zur Spannungsregelung wird ein Zitterregler nach Art des Tirrilreglers verwendet. Dieser tritt erst in Tätigkeit wenn die Batterie geladen ist, so daß er nur einer sehr geringen Abnutzung unterworfen ist. Er hält die Spannung der Dynamo auf gleicher Höhe und begrenzt so, nach Erreichung des Ladezustandes, die Ladespannung. Er besteht aus einem Elektromagneten E , dessen Anker um den Punkt O drehbar gelagert ist. Auf der anderen Seite wirkt eine Feder gegen die Anziehung des Elektromagneten. Die Kontakte A_1 und A_2 stehen mit den Polen der Maschine in Verbindung. R_1 ist ein Widerstand, der vor der Erregerwicklung liegt, wenn A_1 mit C_1 nicht in Kontakt steht. R_2 ist ein Widerstand, der den Strom vermindert, wenn A_2 mit 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, so 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 Wheatstonschen 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 vor die 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. — Die Ausführung ES sieht eine besondere Lampenregelung vor, und zwar benutzt sie einen Thuryregler. Beim Einschalten des Maschinenselbstschalters wird ein kleiner Hilfsmotor gleichzeitig eingeschaltet. Der kleine Motor setzt einen Kontaktarm in Bewegung, der über ein Segment sich bewegt und Widerstandsspulen je nach der Spannungslage aus- oder einschaltet.

Die Bauart AJ, welche von der gleichen Gesellschaft geliefert wird, stellt eine Vereinfachung der auf der Verwendung der Rosenbergmaschine beruhenden amerikanischen Bauart ESB von Woodbridge dar, welche auf S. 169 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 Grundsätze der Schaltung sind in Abb. 109 dargestellt. Die Vereinfachung durch die EVR besteht nun darin, daß zwei Brückenarme weggelassen und durch die beiden Ankerhälften ersetzt werden, die durch die Kurzschlußbürsten

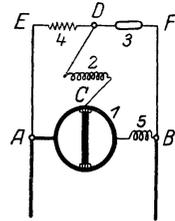


Abb. 83. Schaltung der Bauart EVR, Ausführung AJ.

voneinander getrennt sind, gemäß Abb. 83. Es wird ein Eisenwiderstand 3 in dem einen Brückenarm und ein gewöhnlicher Widerstand 4 in dem anderen Arm benutzt. Die weiteren beiden Arme bilden die Ankerleiter, und die Wicklung 2 liegt in der Brücke. Statt eines Eisendrahtwiderstandes kann auch ein veränderlicher Widerstand, der durch einen elektromagnetischen Regler geschaltet wird, wie z. B. ein Dickregler, benutzt werden. Nach der Anordnung mit Dickreglern sind die Beleuchtungsanlagen der Vorortzüge der Französischen Staatsbahn eingerichtet. —

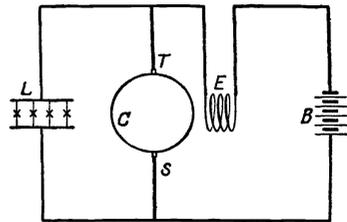


Abb. 84. Schaltbild der Spannungsregelung, Bauart Pintsch-Grob.

6. Bauart Pintsch-Grob. Diese wird von der Firma Julius Pintsch A.-G., Berlin, hergestellt. Die Maschine ist so geschaltet, daß ihre Spannung stets gleichbleibt, unabhängig von der Umdrehungszahl, der Strombelastung und der Temperatur. In Abb. 84 bedeutet C den Stromsammelr des Gleichstromerzeugers mit seinen fest angebrachten Bürsten S und T ; E stellt die Erregerwicklung dar. Die Maschine ist so gebaut, daß sie nur sehr wenig Erregungsenergie bedarf, so wenig, daß eine Spannung von 1 Volt an den Klemmen der Erregerwicklung E schon hinreicht, um die Maschine bei der niedrigsten angewendeten Umdrehungszahl (500 in der Minute) voll zu erregen. Hierzu sind ungefähr 8 Amp. nötig.

Die Maschine ist mit einer Batterie B parallel geschaltet, in der Verbindungsleitung befindet sich die Erregerwicklung E . Nimmt man

an, die Maschine erzeuge die gleiche Spannung wie die Batterie B , z. B. 32 Volt, dann fließt in der Verbindungsleitung und in der Spule E kein Strom und die Maschine ist nicht erregt. Es will also die Spannung sofort sinken. Sowie sie sich indessen nur ein wenig, z. B. auf 31 Volt, vermindert hat, kann sie der entgegengesetzten Batteriespannung von 32 Volt nicht mehr das Gleichgewicht halten, und es fließt sofort von der Batterie B durch die Verbindungsleitung und die Erregerspule E ein Strom nach der Maschine. Dieser so entstehende Ausgleichstrom durchfließt die Spule E , und da an dieser nur 1 Volt wirken muß, um die Maschine schon bei der kleinsten Umdrehungszahl von 500 voll zu erregen, so kann die Spannung nicht tiefer als 1 Volt unter die entgegengesetzte Batteriespannung von 32 Volt sinken; denn sänke sie tiefer, so würde der Erregerstrom viel zu groß, und damit auch die Spannung zu hoch werden.

Wird die Umdrehungszahl der Maschine erhöht, dann will natürlich auch die Spannung steigen. Sobald sie jedoch nur um einen Bruchteil eines Volts steigt, wird der erregende Spannungsunterschied an den Klemmen der Erregerspule E um den gleichen Betrag vermindert. Da dieser an und für sich sehr klein ist (höchstens 1 Volt), so bedeutet jene Verminderung eine verhältnismäßig sehr starke Schwächung der Erregung.

Die Maschinenspannung kann deshalb nur um den Bruchteil eines Volt steigen, um den die erregende Spannung vermindert werden muß, damit trotz der erhöhten Umdrehungszahl die alte Spannung erhalten bleibt. Selbst bei der denkbar höchsten Umdrehungszahl kann die Spannung der Dynamomaschine den Wert von 32 Volt nicht ganz erreichen, denn wäre sie gleich 32 Volt, dann würde die Erregung auf Null zurückgehen und die Maschine gäbe überhaupt keine Spannung mehr (abgesehen von der Wirkung des remanenten Magnetismus).

Aus den angeführten Gründen kann auch ein von vermehrter Generatorbelastung herrührender Spannungsabfall nicht auftreten, da bei kaum meßbarer Spannungserniedrigung ein entsprechend größerer Strom durch die Erregung fließen muß.

Es werden zwei Batterien verwandt, von denen die eine aufgeladen wird, während die andere den Erregerstrom liefert. Die Maschine muß zu diesem Zwecke die Fähigkeit besitzen, noch eine höhere Spannung zu erzeugen. Zu dem Behufe sind auf dem Anker zwei voneinander getrennte Wicklungen mit je einem Stromsammler vorhanden. Diese Stromsammler sind in der Abb. 85, welche das vollständige Schaltbild der Bauart darstellt, durch die Kreise C_1 und C_2 angedeutet. Der eine C_1 liefert die Spannung von 32 Volt. Der andere Stromsammler C_2

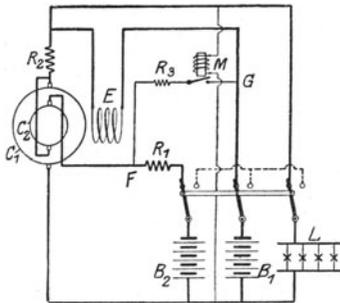


Abb. 85. Schaltbild der Bauart Pintsch-Grob.

wird in Reihe geschaltet mit der ersten Wicklung und fügt zu deren Spannung noch etwa 6,5 Volt hinzu, so daß zwischen den beiden unteren Bürsten von C_1 und C_2 eine Spannung von etwa 38,5 Volt herrscht. Diese Spannung wird zum Aufladen der einen Batteriehälfte benutzt. Die 6,5 Volt-Wicklung mit dem Stromsammler C_2 läuft in demselben magnetischen Felde wie die Hauptwicklung und muß wie diese gleichbleibende Spannung erzeugen. Beide Wicklungen liefern deshalb zusammen einen ebenfalls unveränderlichen Wert von 38,5 Volt, d. h. etwa 2,4 Volt je Zelle.

In der Beleuchtungszeit, während der bei Stillstand eine größere Stromentnahme aus der Batterie erfolgt, ist es zweckmäßig, stärker aufzuladen als während der Tagfahrt, wo reichlich Zeit zur Ladung zur Verfügung steht. Durch Einschalten eines kleinen Widerstandes R_2

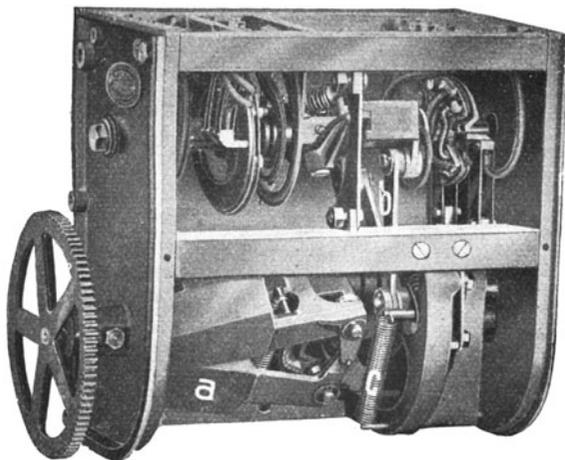


Abb. 86. Schaltkasten der Bauart Pintsch-Grob.

zwischen Stromerzeuger und Anschlußpunkt der Erregerwicklung wird die Ladespannung selbsttätig entsprechend dem Lichtbedarf erhöht, so daß einem stärkeren Lichtstrom immer eine entsprechend höhere Ladespannung gegenübersteht.

Um, die Maschine bei einer bestimmten Zuggeschwindigkeit mit Batterie und Lampen zu verbinden, bzw. abzutrennen, findet ein Fliehkraftschalter Verwendung, der unmittelbar an der Maschine angebracht ist. Dieser Umschalter hat gleichzeitig die Aufgabe, die beiden Batteriehälften nach jedem Halt zu wechseln, sowie bei Wechsel der Drehrichtung die Enden der Erregerwicklung miteinander zu vertauschen. Der Schaltkasten ist in Abb. 86 dargestellt.

Zur Gewährleistung einer sicheren Spannungserzeugung auch in dem Falle, in welchem die erregende Batterie (z. B. infolge Verlustes des Antriebsriemens) gänzlich erschöpft ist, zweigt von der Ladeleitung aus eine Verbindung ($F-G$, Abb. 85) nach dem Erregerkreis ab. Da-

durch wird die Maschine vom Stromsammler C_2 aus selbst erregt. Der in der Leitung $F-G$ liegende Widerstand R_3 ist für einen Stromdurchlaß, der ungefähr dem höchsten vorkommenden Erregerstrombedarf entspricht, bemessen. Sobald der Bedarf bei steigender Geschwindigkeit sinkt, erhöht sich die Spannung um so viel, daß die im Erregerkreis befindliche Batterie B_1 gerade den überschüssigen, von der Erregerwicklung nicht gebrauchten Strombetrag als Ladestrom aufnimmt. Diese Stromaufnahme geschieht auch bei gänzlich erschöpften Sammlerzellen unter einer Gegenspannung von mindestens 2 Volt, so

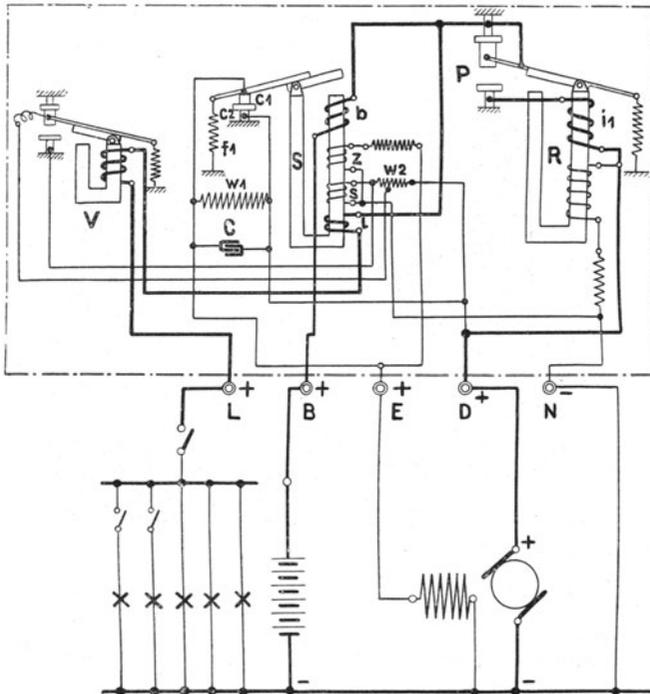


Abb. 87. Schaltbild der Bauart Oerlikon.

daß, unabhängig von der Drehgeschwindigkeit, die Maschinenspannung auch bei leerer Batterie den normalen Wert erhält.

Infolge dieser schwachen Ladung wird die Spannung der erregenden Batterie und damit auch die Lampenspannung mit der Zeit langsam ansteigen. Nach Erreichung eines gewissen Höchstwertes unterbricht ein Magnet M den Selbsterreger-Stromkreis, worauf die Spannungsregelung auf die früher beschriebene Art weiter vor sich geht. —

Der Antrieb der Maschinen Bauart Pintsch-Grob erfolgt im wesentlichen durch Kette. Diese Bauart ist in Deutschland durch folgende Patente geschützt, die sämtlich auf den Namen Hugo Grob, Zürich, lauten: Nr. 216955, Nr. 218155, Nr. 224439, Nr. 224985, Nr. 244223.

Die Schweizer Bundesbahnen, die Deutsche Reichsbahn, dänische, südslavische, russische und andere Bahnen haben Ausrüstungen nach dieser Bauart in Betrieb.

7. Bauart Oerlikon. Das Schaltbild der von der Maschinenfabrik Oerlikon hergestellten Bauart veranschaulicht Abb. 87. Es findet eine Nebenschlußmaschine Anwendung. Die Maschinenaufhängung erfolgt so, daß das Eigengewicht der Maschine den Riemen spannt. Der Polwechsel wird durch Umstellung der Bürstenbrücke bei Fahrtrichtungsänderung selbsttätig bewirkt.

Zur Regelung wird ein Zitter- oder Schwingungsregler benutzt und die Netzspannung während des Betriebes auf gleicher Höhe gehalten. Der Nebenschlußwiderstand W_1 der Maschine ist so lange kurzgeschlossen, als die beiden Kontakte c_1 und c_2 des Spannungsreglers S aufeinander liegen. Steigt die Spannung so hoch, daß der Elektromagnet des Spannungsreglers die Federkraft überwindet, so wird durch die Spule s des Spannungsreglers der Anker angezogen und die Kontakte c_1 und c_2 kommen außer Berührung. Der Widerstand W_1 ist dann in den Erregerstromkreis eingeschaltet. Der Erregerstrom nimmt dadurch ab, und zwar so weit, daß er etwas kleiner ist als der durch die Feder f_1 gegebene. Nun bringt die Feder c_1 und c_2 wieder in Berührung und der Widerstand ist kurzgeschlossen. Die Dynamospannung steigt von neuem an und der eben beschriebene Vorgang wiederholt sich.

Die mit z bezeichnete Reglerspule, die der Erregerwicklung der Maschine parallel geschaltet ist, hat die Aufgabe, den Anker des Elektromagneten in sehr rasche Schwingungen zu versetzen. Der Widerstand W_1 ist während einer bestimmten Zeit in den Erregerstromkreis eingeschaltet oder kurzgeschlossen, je nach der Drehzahl und Belastung der Maschine ist das Verhältnis der Zeiten, während welcher der Widerstand in den Erregerstromkreis eingeschaltet oder kurzgeschlossen ist, ein anderes. Die dritte Wicklung b des Reglers, die den Batteriestrom führt, sorgt dafür, daß der Ladestrom einen bestimmten Betrag nicht überschreiten kann. Die Spule l , die vom Lampenstrom durchflossen wird, hat die Aufgabe, bei Einschaltung von Licht den Belastungsstrom der Maschine auszugleichen. Wenn bei sinkender Zuggeschwindigkeit die Spannung der Maschine unterhalb der der Batterie sinkt, wird von letzterer ein Strom durch die Spule i_1 nach der Maschine fließen, welcher den Schalter P zur Ausschaltung bringt.

Schließlich ist noch ein weiterer elektromagnetischer Schalter V vorhanden, dessen Aufgabe darin besteht, bei Einschaltung von Lampen die Spannungsspule s des Reglers S stärker zu erregen, dadurch, daß ein Teil des Vorschaltwiderstandes W_2 der Spule s kurzgeschlossen wird; infolgedessen regelt der Spannungsregler auf eine etwas niedrigere Maschinenspannung.

C ist ein Kondensator, der den Kontakten c_1 und c_2 parallel geschaltet und dessen Aufgabe es ist, das Auftreten starker Unterbrechungsfunken zu vermeiden.

8. Bauart Era. Die von der Firma Era, Srb & Co. in Prag gelieferte Bauart benutzt eine Nebenschlußmaschine der gleichen Art, wie die Bauart Dick und arbeitet auf gleichbleibende Spannung durch Feldregelung mittels Zitterregler. Abb. 88 stellt Schaltbild dar. Der Regler schaltet mit seinen schwingenden Kontakten Widerstand in den Erregerstrom ein und aus. Drei kleine Schalter dienen dazu, bestimmte Widerstandsstufen zu- oder abzuschalten, so daß die Stromstärke im Regler auf ein geringes Maß zur Schonung der Kontakte herabgesetzt wird. Der Elektromagnet des Reglers besitzt eine Hauptstromwicklung und zwei dünne Wicklungen, deren eine an die Batterie- und die andere an die Maschinen-Spannung angeschlossen ist.

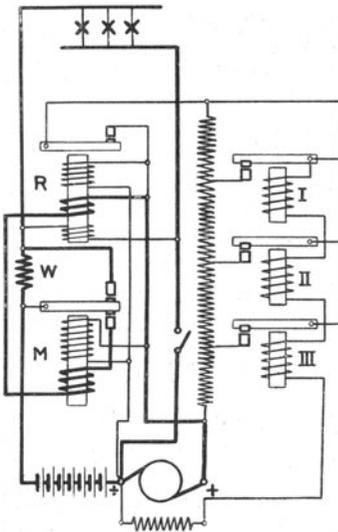


Abb. 88. Schaltbild der Bauart Era.

kann durch Handrad vom Wageninnern aus geregelt werden. Bei einer bestimmten Geschwindigkeit, bei welcher die Spannung der Dynamomaschine 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.

Der Maschinenselbstschalter M besteht aus einem Elektromagneten mit Hauptstrom- und Nebenschlußspule. Beim Einschalten wird gleichzeitig ein Widerstand W vor den Lampenstromkreis geschaltet. Die Bauart ist auf den tschechoslowakischen Bahnen in Betrieb.

b) Englische Bauarten.

1. 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

Das Schaltbrett (Abb. 89) aus hartem Holz oder aus Metall mit Isolierlagen ist an der Stromsammel­seite 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 Flihkraft­regler hin ist die Buchse *L* durch einen losen konischen Kopf *K* mit zwei Nuten abgeschlossen, welche den beiden gebogenen Hebeln *R* des Flihkraft­reglers 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 Flihkraft­reglers. Bei Still­stand der Maschine schiebt die Feder *F* die Buchse nach dem Flihkraft­regler 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 Flihkraft des Reglers die Kraft der Feder *F*,

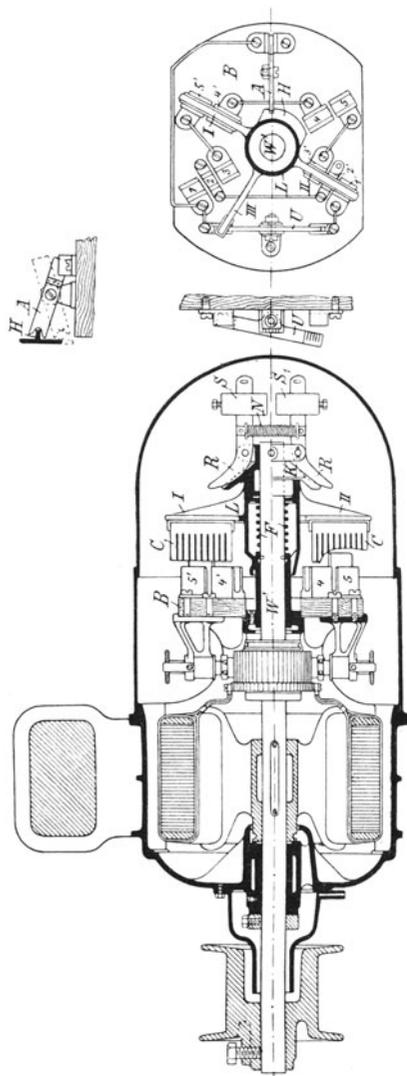


Abb. 89. Maschine und Schaltbrett Bauart Stone.

und die Kontaktfedern werden in diejenigen Klemmen, gegen welche sie sich infolge der Drehung der Ankerwelle gelegt hatten, hinein-gepreßt. 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 Backen 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. 90 veranschaulicht. Zu den radial gelegenen vier Reihen von Kontakten dienen als Gegenstücke die Kon-

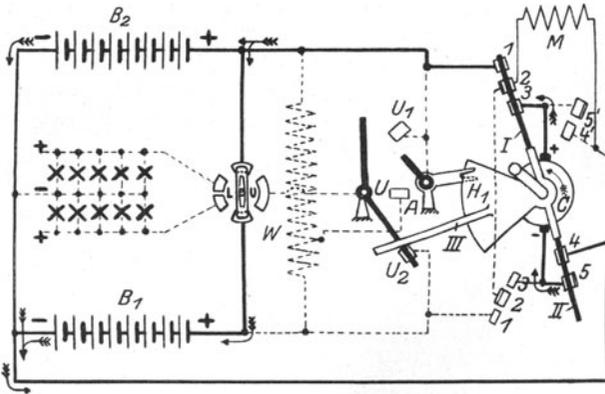


Abb. 90. Schaltbild der Bauart Stone.

taktfedern der Arme I und II. Je zwei Kontakte tragen einseitig Verlängerungen, an welche die kammförmigen Kontaktfedern je nach Drehrichtung der Dynamomaschine angelegt werden. Im Bereich des Armes III ist der Umschalter U angeordnet. Auf der entgegengesetzten Seite ist der durch den Rand H_1 des Hauptumschalters bewegte Hebel-Schalter A befestigt. Die in der gezeichneten Stellung nicht vom Strom durchflossenen Leitungen sind als gestrichene 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 der in Abb. 90 dargestellten Schaltung entsprechen einer Einstellung bei Tagesfahrt. Beide Batterien sind durch den Umschalter *LU* parallel geschaltet. 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 jetzt 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 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 Umschalter *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 Ladung 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 1¹, 2¹, 3¹, 4¹, 5¹ 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 Batterie statt.

Es werden folgende Maschinengrößen hergestellt; sämtlich für eine Spannung von 16 und 24 Volt:

Größe	AZ	und	AR	für	30	Amp.
„	CZ	„	CR	„	35	„
„	DZ	„	D	„	50	„

Die Bezeichnung R führen Maschinen mit Ringschmierung und die Bezeichnung Z solche mit Kugellager.

Die Bauart war in Deutschland geschützt durch das D.R.P. 92768; insbesondere war die pendelnde Aufhängung der Maschine unter Schutz gestellt. Ferner schützte das Patent Nr. 159505 eine Verbesserung an dem Flihkraftregler.

Die Bauart Stone ist die älteste Maschinenbeleuchtung mit Achsantrieb, die sich im Betriebe bewährt hat. Die ersten Einrichtungen wurden für die London-Tilbury-Railway im Jahre 1893 geliefert. In den folgenden Jahren fand die Bauart schnell Eingang auf den englischen Bahnen. Es sind bis jetzt über 100 000 Einrichtungen geliefert worden. Die Bauart ist besonders auf den Bahnen Englands und der englischen Kolonien in Verwendung, sowie ferner auf den unter englischem Einfluß stehenden Bahnen Südamerikas, Chinas usw. Auf dem

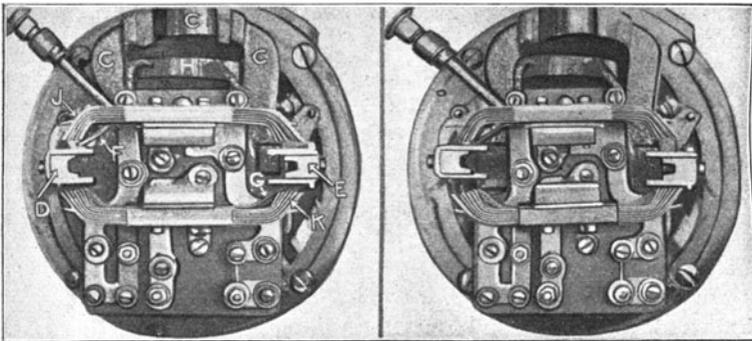


Abb. 91. Kippschalter, Bauart Stone, Liliput, Vorderansicht.

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. 91 u. 92 stellen den Schalter dar, der unter dem Deckel des Maschinengehäuses liegt. Die Kontaktarme *Z* 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 Kon-

taktarme 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.

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. 93 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.

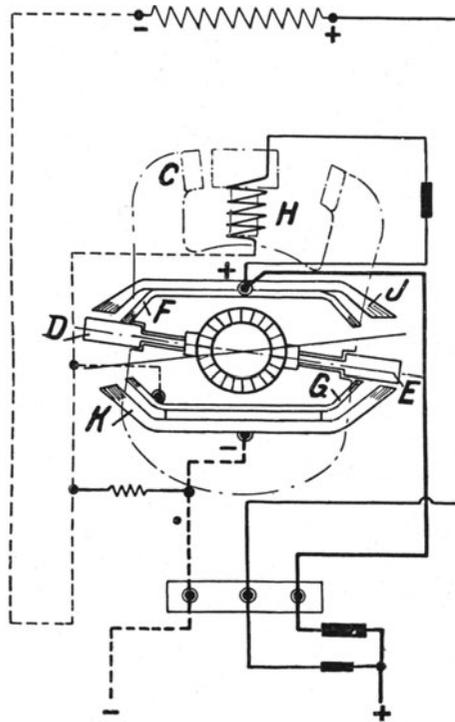


Abb. 92. Schaltung der Polwechselforrichtung von Stone.

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

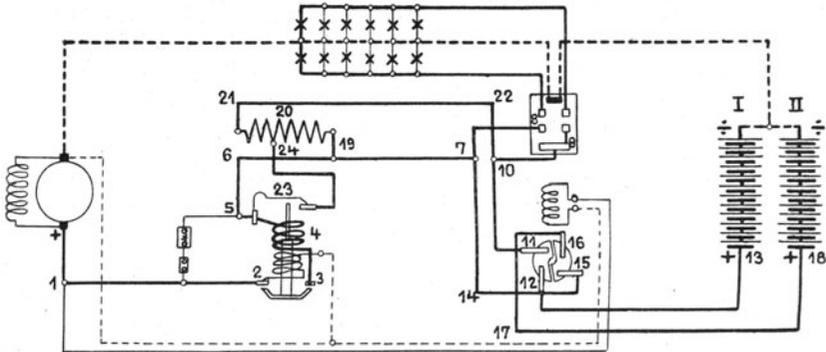


Abb. 93. Schaltbild der Bauart Stone-Liliput mit zwei Batterien.

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

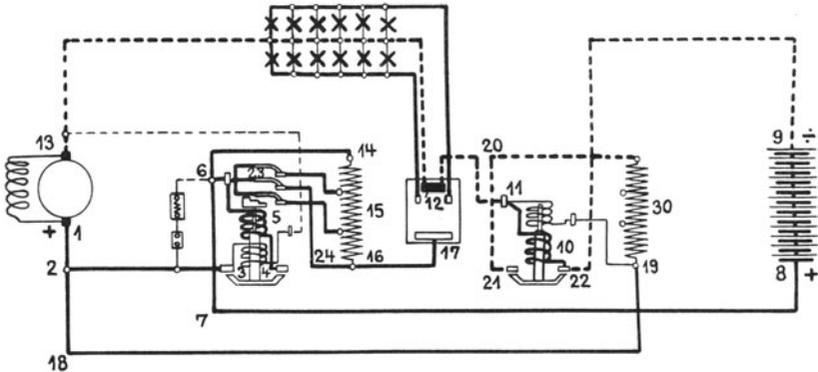


Abb. 94. Schaltbild der Bauart Stone-Liliput mit einer Batterie.

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 dem

+ -Pol der Batterie I und der andere Teil über 14—15—16—17 zu dem + -Pol der Batterie II. Von den — -Polen der Batterien führt die Leitung direkt zum — -Pol der Maschine. Wird die Beleuchtung eingeschaltet und die 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—13 zum + -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. 94 stellt die Schaltung mit einer Batterie dar. Der Maschinenselbstschalter hat drei Federn im oberen Teile, an Stelle einer einzigen, wodurch drei Widerstandseinheiten der Reihe nach vor die Lampen geschaltet werden können. 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 geschaltet, die infolgedessen nur noch einen schwachen Strom erhält und nicht überladen werden kann. Der Schalter besteht aus einem 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.

c) Bauart Stone-Liliput für wechselnde Geschwindigkeit. Diese Bauart unterscheidet sich von der vorherbeschriebenen durch eine andere Spannungsregelung; an Stelle des gleitenden Riemens erfolgt die Regelung durch die Maschine selbst. Es wird eine Maschine mit drei Bürsten benutzt. Diese ist vierpolig mit zwei Haupt- und zwei Hilfspolen, ein paar Haupt- und einer Hilfsbürste. Sie liefert gleichbleibenden Strom bei wechselnder Geschwindigkeit. Die Hilfsbürste steht senkrecht zu den Hauptbürsten. In der Abb. 95 bezeichnet 1 und 2 die beiden Hauptbürsten, *b* die Hilfsbürste. Zwischen dieser und der Hauptbürste liegt die Erregerwicklung *g*.

Wenn die Maschine leer läuft, ist der Erregerstrom am größten. Die Spannung zwischen der Hilfsbürste und der Hauptbürste ist un-

gefähr die Hälfte der Spannung. Sobald die Maschine Strom liefert, bewirkt die Ankerrückwirkung eine Verdrehung des Feldes und ein Vorrücken der neutralen Achse in der Drehrichtung. Die Kraftlinien werden aus dem Raum zwischen der Hauptbürste und der Hilfsbürste verdrängt nach dem Raum zwischen der Hilfsbürste und der anderen Hauptbürste. Infolgedessen sinkt die Spannung zwischen der Hilfsbürste und der Bürste und damit auch die Erregung der Feldmagnete, und der Strom kann nicht größer werden trotz steigender Geschwindigkeit, so daß also der für die Ladung der Batterie vorgesehene Strom auf gleicher Höhe gehalten wird.

Wird das Lampennetz eingeschaltet, so tritt eine den Maschinenstrom führende, dem Lampenstromkreise vorgeschaltete Wicklung S der Feldmagnete in Wirkung, zu der ein Widerstand a parallel geschaltet ist. Dieser wird so eingestellt, daß nur ein bestimmter Teil des Lampenstromes durch die Wicklung geht, und zwar so viel, daß der Maschinenstrom sich durch die Wirkung der Wicklung S um den

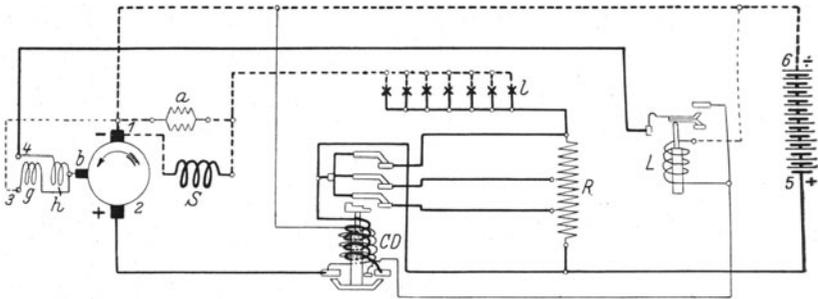


Abb. 95. Schaltbild der Bauart Stone-Liliput für wechselnde Geschwindigkeit.

für die Lampen erforderlichen Teil erhöht, während der Ladestrom derselbe bleibt, ob die Lampen zu- oder abgeschaltet werden.

Die Maschine hat noch eine dritte Wicklung h , die mit der Hilfsbürste einerseits und mit dem Spannungsbegrenzer andererseits verbunden ist. Dieser besteht aus einem Elektromagneten, dessen Wicklung parallel zu den Klemmen der Batterie liegt. Sobald die Spannung der Batterie eine bestimmte Höhe erreicht, wird der Kern des Magneten angezogen und dieser stellt nunmehr eine Verbindung der Wicklung h mit der positiven Bürste her. Die Wicklung h arbeitet der Wicklung g entgegen, schwächt das Feld und vermindert dadurch den Ladestrom der Batterie.

Bei besonderen Betriebsbedingungen, die eine große Stromlieferung der Maschine verlangen, kann man auch die Wicklung h so schalten, daß ihre Wirkung die Wicklung g unterstützt.

Der Maschinenselbstschalter entspricht in seiner Bauart der in der Ausführung der Bauart Liliput unter b beschriebenen. Auf dem oberen Teile trägt er drei Kontaktfedern, die von dem Kern des Elektromagneten eine nach der anderen in die Höhe gehoben werden, so daß

der Kontakt aufgehoben und Widerstand vor den Lampenstromkreis geschaltet wird.

Es werden folgende drei Maschinengrößen, sämtlich für 24 Volt Spannung, hergestellt:

Größe A	für eine Stromstärke von	15 Amp.,	80 kg Gewicht
" C	" " " " "	40 " ,	143 " "
" D	" " " " "	50 " ,	190 " "

Für geschlossene Zugbeleuchtung wird ferner noch die Größe F für 24 Volt, 110 Amp., 300 kg Gewicht, hergestellt.

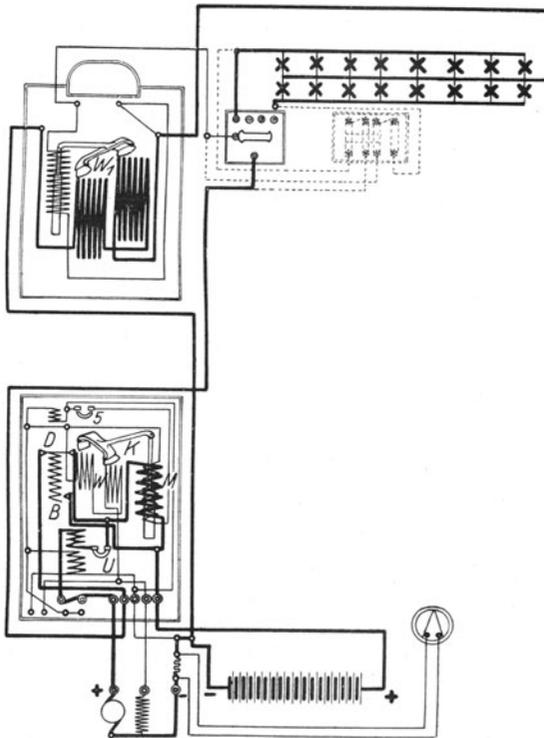


Abb. 96. Schaltbild der Bauart Vickers.

Die Maschine ist in Deutschland geschützt unter Nr. 321261.

2. Bauart Vickers. Die Firma Vickers Ltd., London, bringt diese Bauart als Vickers Standard-SB-(Single Battery)-Bauart auf den Markt. Wie schon der Name besagt, wird der Hauptwert auf die Verwendung nur einer Batterie gelegt, im Gegensatz zu der in England am meisten eingeführten Bauart Stone, welche damals ausschließlich und auch noch heute in großem Umfange mit zwei Batterien arbeitet. Die Maschine ist eine einfache vierpolige Nebenschlußmaschine, deren Bürsten bei Fahrtrichtungswechsel um 90° selbsttätig umgelegt werden. Die Schaltung der Bauart stellt Abb. 96 dar.

Der Feldregler besteht aus einem durch einen Elektromagneten beeinflussten, regelbaren Widerstand W , der aus zwei Gruppen besteht, deren jede aus mehreren Einheiten (Metallgittern) gebildet ist. Die Enden dieser Einheiten sind mit Kontaktstücken verbunden, die aneinandergereiht und voneinander in der Art von Ankerkollektoren isoliert sind. Auf der Fläche, welche diese Kontaktstücke bilden, wälzt sich bei jeder Gruppe ein bogenförmiger Kontaktträger K ab, der mit den äußeren Enden der beiden Widerstandsgruppen leitend verbunden ist. Befindet sich der Kontaktbogen an einem Ende, so ist der Widerstand voll in die Feldwicklung eingeschaltet, befindet er sich am anderen Ende, so ist der Widerstand kurzgeschlossen. Der Elektromagnet des Reglers besitzt zwei Wicklungen; die eine Wicklung ist in den Stromkreis der Maschine geschaltet, führt also den Maschinenstrom, während die zweite Wicklung aus dünnem Draht für gewöhnlich abgeschaltet ist. Bei jeder Erhöhung des Maschinenstromes wird durch den Regler Widerstand in die Feldwicklung geschaltet, jedes Nachlassen des Stromes hat die entgegengesetzte Wirkung. Es bleibt mithin, welches auch die Umdrehungszahl der Maschine ist, die Stromstärke für die Ladung der Batterie und die Speisung der Lampen jederzeit gleich groß.

Im Nebenschlusse zu der Starkstromwicklung des Reglers ist eine Wicklung von geringem Widerstand mit zwei verschiebbaren Kontakten (der Diverter genannt) geschaltet. Der untere Kontakt B steht mit der Batterie in Verbindung, der obere D direkt mit den Lampen, so daß man entweder den vollen Maschinenstrom oder einen beliebigen Teil durch die Wicklung gehen lassen kann. Wird der Kontakt D auf die oberste Stelle der Spule verschoben, so geht der Lampenstrom nicht durch die Stromspule des Feldreglers und die Maschine muß bei Einschalten des Lampenstromkreises in diesem Falle den erforderlichen Strom mehr hergeben. Verschiebt man diesen Kontakt nach unten, so geht ein Teil des Lampenstromes durch die Reglerwicklung. Bei Einschalten der Lampen wird alsdann der Maschinenstrom nur um den Teil erhöht, der unmittelbar zu den Lampen geht. Ebenso verhält es sich für den Ladestrom mit der Stellung des Kontaktes B . Je höher B steht, desto größer ist der Ladestrom der Batterie.

Die zweite Wicklung des Elektromagneten aus dünnem Draht wird durch einen besonderen Selbstschalter S „cell-protector“ genannt, in Wirkung gesetzt, sobald eine Ladespannung von 2,7 Volt für jede Zelle der Batterie erreicht ist. Bei einer Batterie von zwölf Zellen tritt die Wicklung bei 31,4 Volt in Tätigkeit. Durch die Vergrößerung des Widerstandes in der Erregerwicklung wird der Maschinenstrom beträchtlich vermindert, so daß die Batterie alsdann nur noch mit sehr geringem Strom weiter geladen wird, bzw. auf Schwebespannung gehalten wird.

Dieser Schalter verhindert auch eine Störung der Beleuchtung, wenn die Batterie durch Bruch einer Verbindung abgeschaltet wird. Es steigt dann die Maschinenspannung, die Vorrichtung schaltet die Wicklung ein, und der Regler hält die Maschinenspannung auf den normalen Wert.

Der Maschinenselbstschalter wird durch einen Elektromagneten mit einer Strom- und einer Spannungswicklung betätigt. Schalter und Regler sind auf einer Schalttafel vereinigt, auf welcher sich die erforderlichen zwei Sicherungen und meistens eine Kontrolllampe befinden, deren Brennen anzeigt, daß die Maschine Strom liefert. Die Schalttafel Abb. 97 ist in einem staub- und wasserdichten Gehäuse eingeschlossen.

Der Lampenregler besteht aus einem durch eine Spule betätigten Schalter mit regelbaren Widerständen W_1 und ist in seiner Bauart ähnlich dem Feldregler. Die Widerstände sind entsprechend größer, da der Lampenstrom durch sie fließt. Die Reglerwicklung ist in Nebenschluß zum Lampenstromkreis geschaltet.

3. Bauart Mather & Platt. Diese Anordnung beruht auf der Anwendung der Rosenberg-Maschine, für welche die Firma Mather & Platt das Ausführungsrecht für England und englische Kolonien erworben hat. Das Schaltbild ist in Abb. 98 dargestellt. Auf der Welle der Dynamomaschine befindet sich ein Fliehkraftregler, der bei einer bestimmten Geschwindigkeit, etwa 25 km, die Maschine in den Batteriestromkreis einschaltet. Vor den Lampenstromkreis ist ein zweiteiliger fester Widerstand geschaltet, für Halbbeleuchtung und für Vollbeleuchtung. Vielfach wird auch ein Solenoidschalter verwandt, welcher

in einem besonderen Kasten am Wagenuntergestell befestigt ist. Der Schalter hat vier Kontakte, zwei auf der rechten Seite, deren unterer mit der Klemme $+ C$, zu welcher der positive Pol der Batterie führt, verbunden ist, und ein Kontakt $+ D$ links oben, welcher mit dem positiven Pol der Dynamo verbunden ist, und ein Kontakt links unten, der zu den Kontakten Halblicht HL und Volllicht VL führt. Der Schalter hat zwei Bürsten, bestehend aus Kupferlamellen, und eine Federplatte, welche Kohlenstifte trägt. Diese Kupferbürsten dienen zur Verbindung der oberen Kontakte einerseits und der unteren Kontakte andererseits. Hat der Fliehkraftregler die Maschine eingeschaltet, so geht Strom in die Solenoidwicklung. Der Eisenkern des Solenoids wird in die Höhe gezogen, die Verbindung der unteren Kontakte aufgehoben und dafür die oberen Kontakte durch die oberen Kupferbürsten verbunden. Die Kohlenstifte berühren sich,

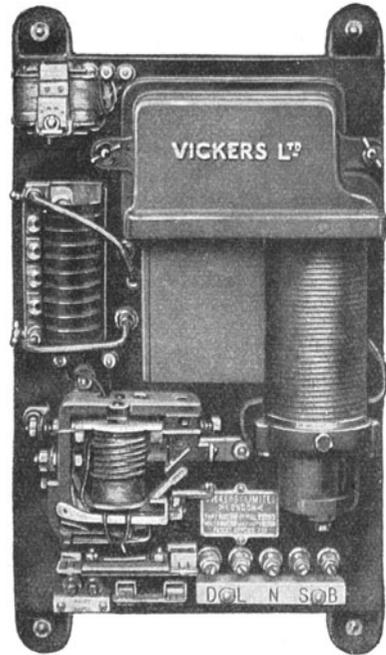


Abb. 97. Schaltkasten mit dem Maschinenregler Bauart Vickers.

kurz bevor sich die Bürsten an die oberen Kontakte anlegen und damit den positiven Pol der Batterie mit dem positiven Pol der Dynamo verbinden. Jetzt kann die Maschine die Batterie laden. Zu gleicher Zeit wird durch die Aufhebung des Kontaktes der unteren Kupferbürsten ein Widerstand vor den Lampenstromkreis geschaltet. Dieser Widerstand besteht aus Drahtspiralen, welche auf einen Rahmen gewickelt sind. Sobald die Geschwindigkeit des Zuges nachläßt, wird der an der Achse sitzende Fliehkraftregler die Maschine abschalten und infolgedessen wird kein Strom durch die Wicklung gehen. Dadurch kommen die unteren Kupferbürsten des Solenoids mit der unteren Kontaktplatte in Berührung. Der Lampenwiderstand wird kurzgeschlossen und die Lampen werden von der Batterie allein gespeist.

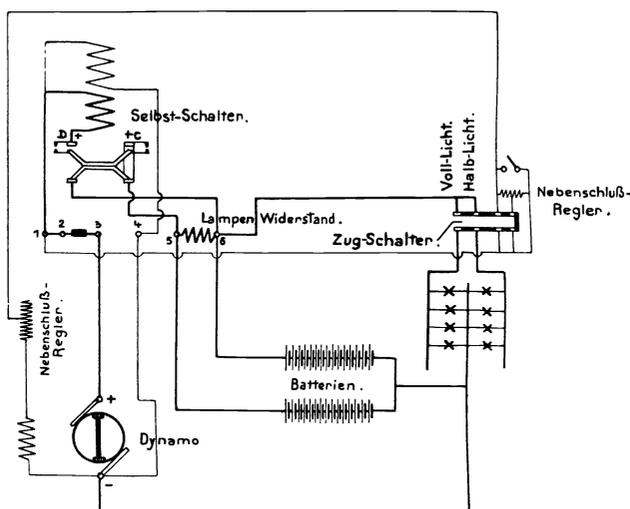


Abb. 98. Schaltbild der Bauart Mather & Platt.

Der Nebenschlußregler für die Erregung der Maschine ist verstellbar und wird ein für allemal auf eine bestimmte Leistung vor Inbetriebsetzung des Wagens eingestellt.

Die Verwendung von zwei Batterien wird bevorzugt. Diese Bauart ist auf Bahnen in England und englischen Kolonien in Betrieb.

4. Bauart Rotax-Leitner. Die Bauart wird in ihrer jetzigen Ausführung von den Rotax-Works, Willesden Junction, London, hergestellt. Die Maschine, welche außer den Hauptbürsten noch eine Hilfsbürste besitzt, arbeitet auf gleichbleibende Spannung bei wechselnder Drehzahl. Die Schaltung der Anlage stellt Abb. 99 dar.

Die Maschine ist vierpolig. Die Erregerwicklung N befindet sich zwischen der $+$ -Hauptbürste und der Hilfs- oder Entmagnetisierungsbürste. Eine zweite Hilfserregerwicklung N_1 ist parallel zu den Lampen geschaltet und unterstützt die Hauptwicklung bei eingeschaltetem Lampennetz.

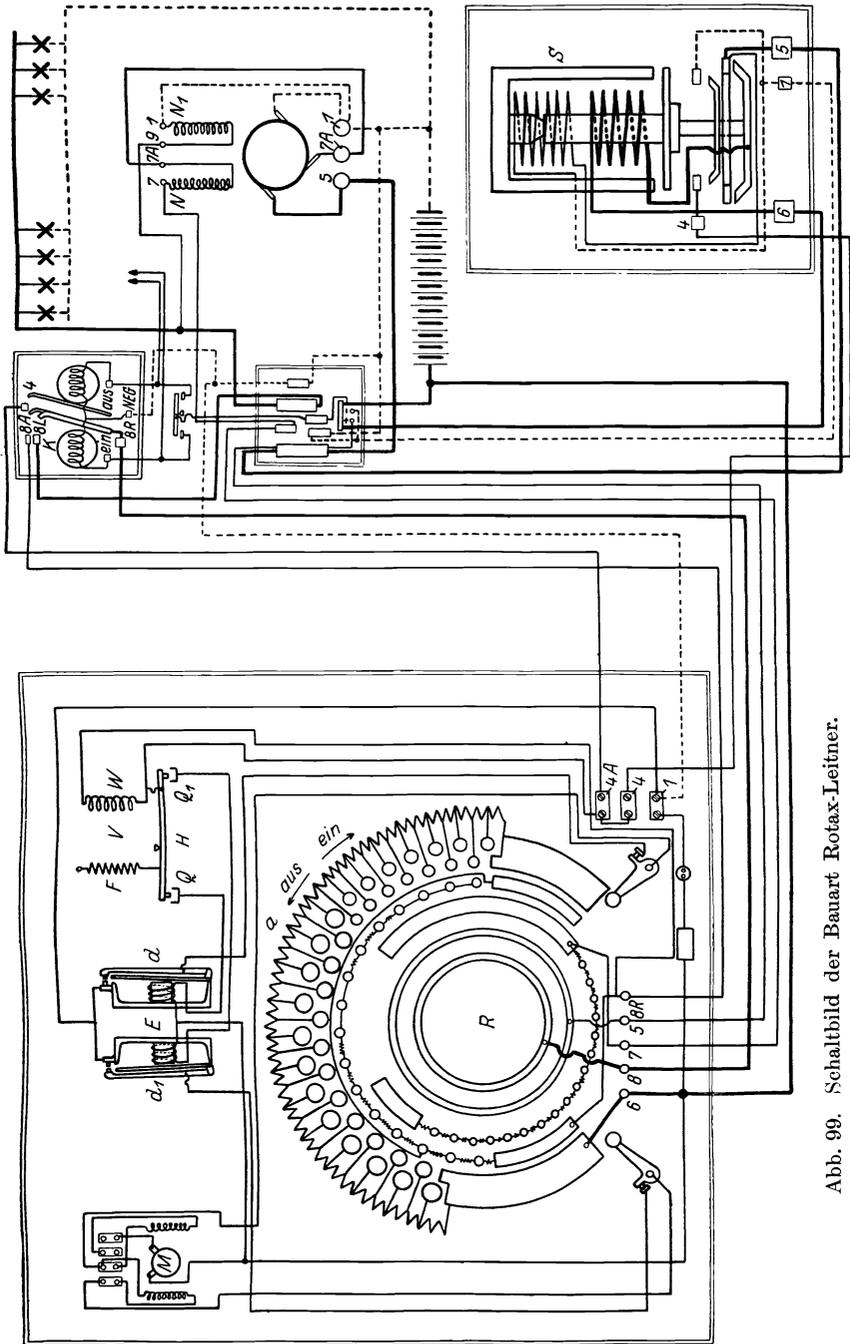


Abb. 99. Schaltbild der Bauart Rotax-Leitner.

Der Polwechsel erfolgt durch Umlegen der Hauptbürsten, und zwar von dem der Hilfsbürste unabhängig, jede bis zu einem bestimmten Anschlag. Der Maschinenschalter *S* besitzt zwei Wicklungen, eine dünne Erregerwicklung und eine den Hauptstrom führende starke Wicklung. Der Schalter stellt zwei Verbindungen her, und zwar verbindet er mit

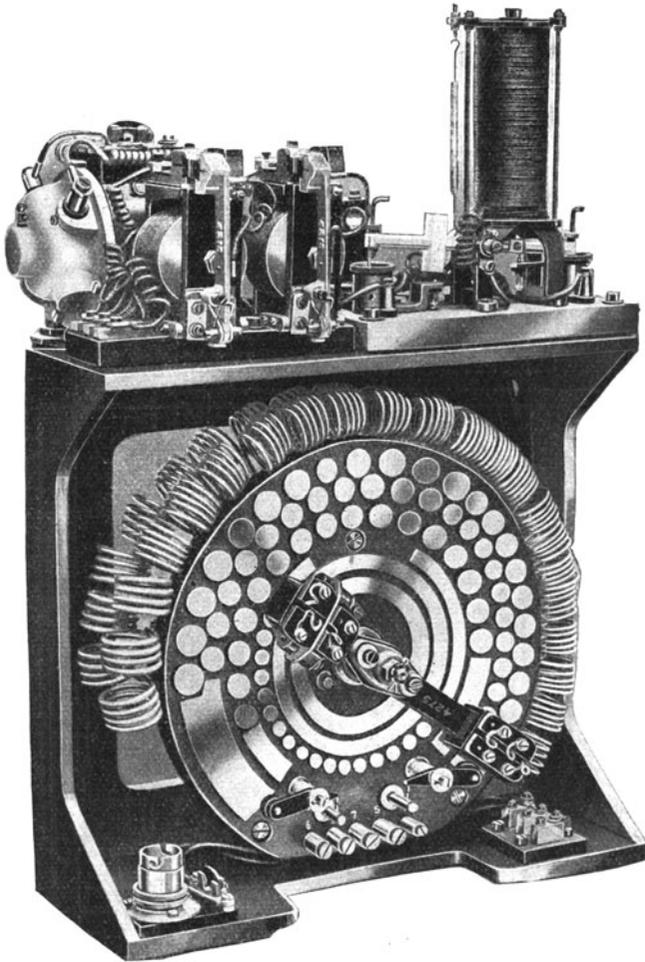


Abb. 100. Regler der Bauart Rotax-Leitner.

dem größeren unteren Kontakt die Maschine mit der Batterie und mit dem kleineren oberen Kontakt die Erregerwicklung mit der Spannungswage *V* (voltage balance), wenn die Lampen abgeschaltet sind und die Batterie geladen ist.

Der Regler *R* (Abb. 100) besteht aus einem gußeisernen Rahmen, auf dem regelbare Widerstände, die Spannungswage, ein kleiner Reihen-

motor für die Verstellung des Kontaktarmes des Widerstandes und ein Umschalter für den Motor angebracht sind.

Der regelbare Widerstand hat drei Reihen Widerstandsspulen. Die äußere *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 Spannungswage, der Stufe für Stufe eingeschaltet wird, wenn die Batterie bei ausgeschalteten Lampen in Ladung ist. Der Hauptstrommotor *M*, zur Verstellung des Kontaktarmes des Regelungswiderstandes 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 Spannungswage. Diese besteht aus einem Elektromagneten *W*, dessen Kern auf einen Hebel *H* wirkt, der Kontakt mit den Quecksilbergefäßen *Q* oder *Q*₁ macht, je nach dem die Wirkung der Wicklung auf den Kern größer oder kleiner ist als die Wirkung der Feder *F*.

Hierdurch erhält eine der beiden Spulen des elektromagnetischen Schalters *E* Kontakt. Diese zieht einen Anker *d* oder *d*₁ an, der durch eine Feder in seiner Lagegehalten wird. Jeder der beiden Anker trägt an seinem oberen Ende einen Kohlenkontakt, der beim Anziehen der Anker durch

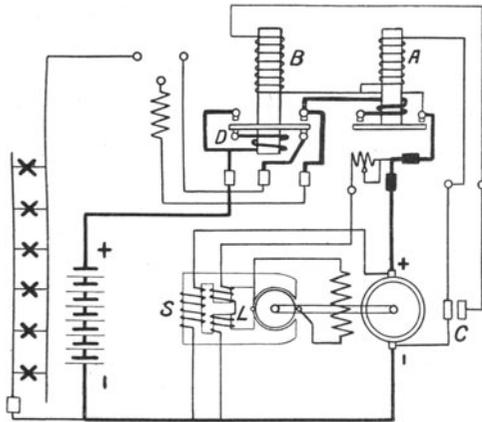


Abb. 101. Schaltbild der Bauart Dalziel.

den Magneten eine Verbindung mit einer der Erregerspulen des kleinen Motors herstellt. Der Motor setzt sich in Bewegung und verstellt den Kontaktarm des Regelungswiderstandes, wodurch Widerstandsspulen vor das Lampennetz, vor die Nebenschlußwicklung der Maschine und vor die Wicklung der Spannungswage zu- oder abgeschaltet werden. Sind genügend Widerstandsstufen der Wicklung der Spannungswage zu- oder abgeschaltet worden, kommt der Hebel derselben 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- und Ausschalter dar.

Die Bauart ist auf englischen Bahnen: der Great Western Ry., der Great Central Ry., der London North Western und anderen eingeführt, ebenso auf französischen Bahnen.

5. Bauart Dalziel. Die Bauart stammt von James Dalziel, Ingenieur der Midland Railway in Derby. Es kommt nur eine Batterie in Anwendung, welche mit gleichbleibender Spannung geladen wird. Die Schaltung geht aus Abb. 101 hervor. Auf der Welle der Haupt-

maschine befindet sich eine besondere Erregermaschine. Ursprünglich waren zur Spannungsregelung zwei kleine parallel geschaltete Motoren vorgesehen; der eine mit einem sehr schwach gesättigten Magnetfeld, der andere, die Erregermaschine, mit sehr stark gesättigtem Feld. Beide Felder waren mit den Polen der Hauptmaschine verbunden. Der kleine Motor mit dem untersättigten Feld läuft stets als Motor, während der Anker der stark erregten kleinen Maschine unterhalb einer bestimmten Geschwindigkeit als Stromerzeuger arbeitet. Bei geringer Geschwindigkeit ist die elektromotorische Kraft eine höhere als die des Motors, bei größerer Geschwindigkeit eine geringere. Je nachdem die Erregermaschine Strom erzeugt oder aufnimmt und demnach auch die Regelungsmaschine in dem einen oder andern Sinne durchflossen wird, da dieselbe mit dem Anker der stark gesättigten Maschine in Reihe geschaltet ist, wird sie das Feld der Hauptmaschine stärken oder schwächen. In der jetzigen Ausführung arbeitet das wenig gesättigte Feld des Motors und das stark gesättigte der Erregermaschine auf einen einzigen Anker. Das Feld der Hauptmaschine ist direkt mit den Bürsten des Ankers der Erregermaschine verbunden und nur durch deren Spannung erregt. Das Feld L ist wenig gesättigt und durch einen Luftraum unterbrochen, während das Feld S stark gesättigt ist. Die beiden Feldwicklungen sind in Reihe geschaltet und so bemessen, daß bei einer bestimmten Spannung, etwa der höchsten, die Spannung der Erregermaschine gerade Null wird. Sobald eine bestimmte Sättigung eingetreten ist, wird eine Erhöhung der Spannung der Hauptstrommaschine verhindert, da die Hauptmaschine diese Spannung nicht überschreiten kann. Es wird auf diese Weise eine gleichbleibende Spannung erzeugt.

In Abb. 101 ist A der Maschinenselbstschalter, der bei einer bestimmten Spannung die Maschine mit der Batterie verbindet. Der zweite Schalter B hat dann durch den Schalter C , der durch Fliehkraft betätigt wird, seinen Erregerstromkreis geschlossen, wird aber festgehalten durch eine Spule D , die den von der Batterie kommenden Lampenstrom führt. Die Maschine übernimmt allmählich die Speisung der Lampen, bis der in der Wicklung D fließende Strom aufhört, worauf B die Maschine auf die Batterie schaltet. Durch diese Anordnung wird verhindert, daß beim Schalten der Maschine ein merkbares Zucken im Lichte entsteht.

Die Bauart ist bei der Midland Railway in Betrieb.

c) Amerikanische Bauarten.

1. **Gould-Simplex-Bauart.** Diese Bauart wird von der Gould-Coupler Company, Depew N.Y., hergestellt. Die Maschinenregelung erfolgt in der Weise, daß die Batterie mit gleicher Stromstärke bis zu einer bestimmten Spannung aufgeladen wird, auf welcher sie alsdann gehalten wird, so daß der Ladestrom allmählich abnimmt. Die Lampenspannung ist die in den Vereinigten Staaten allgemein für Einzelwagenbeleuchtung verwendete von 32 Volt, und erfolgt die Regelung auf gleiche Ladestromstärke bis zu einer Spannung von 39 Volt bei einer

Bleibatterie und bis zu 43 Volt bei einer Edisonbatterie, worauf die Regelung auf gleiche Spannung einsetzt.

Die Maschinen sind vierpolige Nebenschlußmaschinen, die in Größen von 1,4, 2, 3,4 und 4 kW hergestellt werden mit Einschalt Drehzahlen von 350 und 390.

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 aneinandergesetzt 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. 102, die Schalttafel in Abb. 103 dargestellt. Der Maschinenselbstschalter C , welcher sich in der Mitte der unteren Tafel befindet, besitzt eine dünne Spannungswicklung und eine dicke Stromwicklung; er hat Kohlenvorkontakte. Der Maschinenregler Ausführung BB 9B 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, und 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. Unterhalb dieses Widerstandes ist die Hauptsicherung angeordnet.

Der Lampenregler, Ausführung M2, ist auf der mittleren Schalttafel angebracht. Er besteht aus zwei Kohlen säulen U , die von einem Elektromagneten durch Hebelübertragung unter Druck gehalten werden. Sie können in Reihe oder parallel geschaltet werden, je nach der Belastung. Eine weitere kleine Kohlen säule t sowie der Multiplier, d. i. eine Kohlen säule V , beeinflusst von einem Elektromagneten E_4 , befinden sich ebenfalls auf der Schalttafel. Die Wicklung des Hauptelektromagneten E_3 ist in Reihe mit der Multiplierkohlen säule geschaltet und liegt zwischen den beiden Leitungen des Lampennetzes. Der Lampenstrom geht durch die Kohlen säulen 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 Wider-

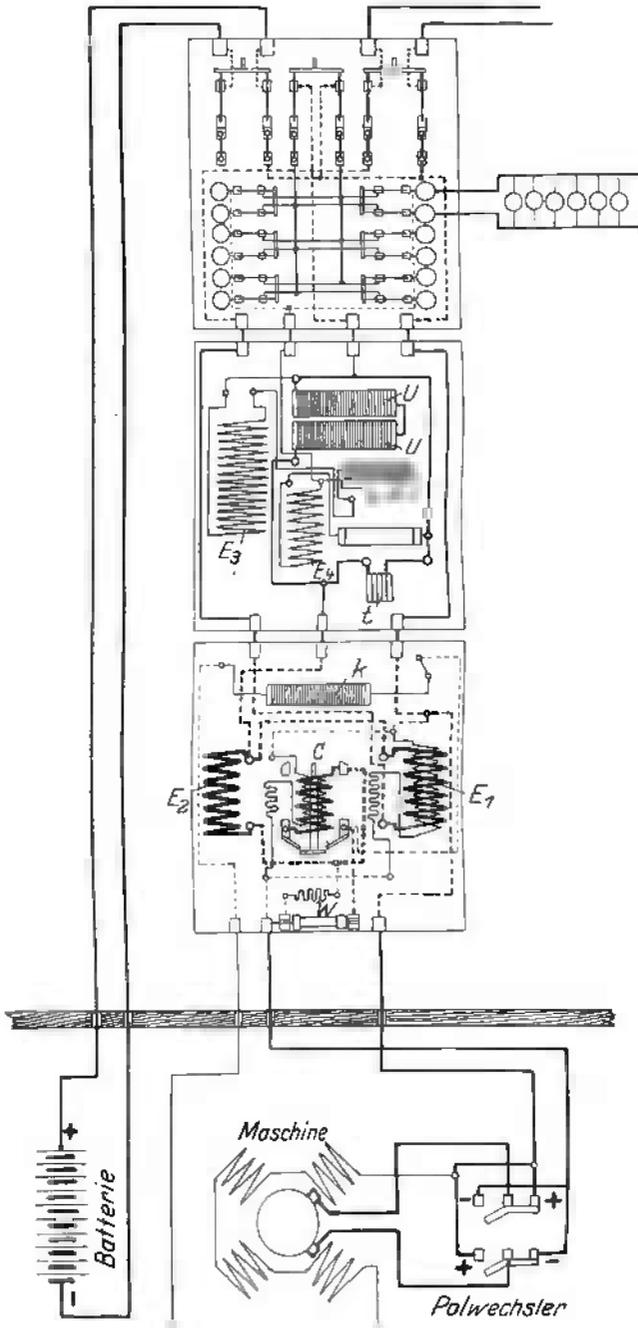


Abb. 102. Schaltbild der Bauart Gould-Simplex.

stand 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. — Die obere Tafel ist die Verteilungstafel.

Die Wirkungsweise der Einrichtung ist folgende:

Wenn der Wagen sich in Bewegung gesetzt und die Maschine eine Spannung von 33 Volt erreicht hat, wird der Selbstschalter geschlossen und die Maschine auf das Leitungsnetz geschaltet. Die Maschine liefert den Strom für die Lampen und einen geringen Ladestrom für die Batterie, der mit steigender Spannung zunimmt, bis die vorgesehene Ladestromstärke erreicht ist. Dies ist der

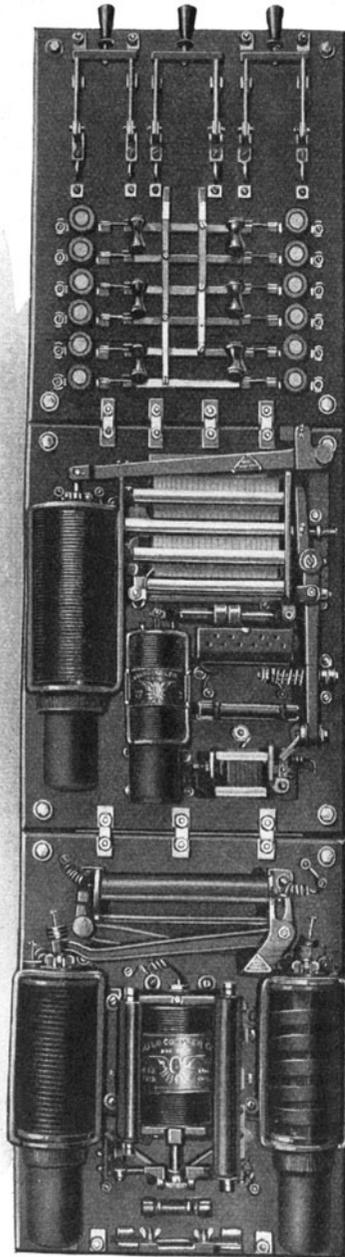


Abb. 103. Schalttafel mit Maschinenregler, Ausführung BB 9B.

Fall bei einer Spannung von 35—38 Volt, falls die Batterie von 16 Zellen ganz oder teilweise entladen war. Bei weiterer Steigung zieht die Wicklung des stromregelnden Magneten den Kern an. Der von letzterem betätigte Hebelarm verringert den Druck auf die Kohlsäulen und erhöht deren Widerstand. Die Felderregung wird geschwächt, bis der Strom auf den festgesetzten Wert sich erniedrigt hat. Die Stromstärke wird nun bei allen Geschwindigkeiten auf diesen Wert gehalten. Ist die Spannung von 39 bzw. 43 Volt erreicht, so erhält die Spule des Spannungsreglers so starken Strom, daß der Kern angezogen wird. Dessen Hebelarm wirkt dann druckvermindernd auf die Säulen und die Felderregung wird erniedrigt. Jede Neigung zur Spannungserhöhung bewirkt ein weiteres Anziehen des Kerns, so daß die Spannung nicht weiter steigt. Die Ladestromstärke vermindert sich mit der weiteren Volladung der Batterie von selbst. Um die höhere Spannung von 43 Volt bei Aufladung einer Edisonbatterie zu erzielen, ist der Vorschaltwiderstand der Spule durch einen größeren ersetzt. Um die Spannungsspule laufen einige Windungen von starkem Kupferstreifen, durch die der Batteriestrom geht. Sie wirken der Spannungswicklung entgegen, so daß die Stromstärke rasch abnimmt, infolgedessen vermindert sich auch die Gegenwirkung und die Spannung der Batterie wird auf Schwebespannung erniedrigt. Die Schwebespannung wird auch beibehalten, wenn während des Betriebes ein Öffnen des Batteriestromkreises eintritt, so daß also ein übermäßiges Ansteigen der Spannung ausgeschlossen ist.

Soll der Regler nicht auf Aufladung mit gleicher Stromstärke, sondern auf gleichen Gesamtstrom, also Lade- und Lampenstrom zusammen wirken, so wird der Gesamtstrom durch die Wicklung des Stromreglers geführt.

Der Strom von der Batterie und der Maschine zu den Lampen geht durch die beiden Kohlsäulen U des Lampenreglers, der die Spannung auf 30,5 Volt hält. Die Spule des Elektromagneten für die Kohlsäulen U und für den Multiplier liegen zwischen den Lampenleitungen hinter den Kohlsäulen U . Eine plötzliche Abnahme in der Belastung des Lampennetzes würde die Spannung an den Lampen erhöhen, wenn nicht gleichzeitig die Erhöhung eine Verstärkung des Stromes in den Wicklungen bewirkt, der auf den Kern der mittleren Spule anziehend wirkt und dadurch den Druck auf die Säulen V erhöht. Dieses bewirkt wiederum einen höheren Strom in der Hauptwicklung, deren Kern angezogen wird und den Druck auf die Säulen U erniedrigt, so daß die Spannung an den Lampen nicht ansteigt und auf 30 Volt bleibt. Zur Verhinderung einer Spannungserniedrigung an den Lampen regeln die Wicklungen im entgegengesetzten Sinne.

2. Safety-Bauart. Die Maschine dieser Bauart, die von der Safety Car Heating & Lighting Co., New York, hergestellt wird, ist eine vierpolige Nebenschlußmaschine mit Leistungen von 1 bis 4 kW.

Die Maschinenregelung erfolgt erst auf gleichbleibendem Strom und geht, sobald eine bestimmte Spannung erreicht ist, auf gleichbleibende Spannung über. Beträgt also der in eine Batterie gehende Ladestrom 65 Amp., so wird derselbe auf dieser Höhe gehalten, bis eine Spannung

von 39 Volt bei einer Bleibatterie, das ist also 2,44 Volt für je eine Zelle, oder von 43 Volt bei einer Edisonbatterie, das ist also 1,72 Volt je Zelle, erreicht ist. Nunmehr wird die Spannung auf dieser Höhe gehalten und der Ladestrom sinkt allmählich, solange die Stromlieferung andauert.

Abb. 104 stellt das Schaltbild der Bauart, Ausführung FF, dar. Der Maschinenregler, Abb. 105, besteht aus einer Kohlenplattensäule, die mit der Feldwicklung in Reihe liegt und veränderlichem Druck unterworfen wird, der ihren Widerstand verändert und damit auch die Erregerstromstärke der Maschine. Diese Kohlenwiderstände sind nach Angabe der Gesellschaft von ihr zuerst in Zugbeleuchtungsbetrieben eingeführt worden. Wenn die Maschine nicht in Betrieb ist, sind die zylindrischen Kohlenplatten fest aufeinander gepreßt mittels einer starken Feder *G*, so daß ihr Widerstand gering ist. Die Feder greift in einen doppelarmigen Hebel, auf den die Kerne zweier Elektromagneten wirken. Der eine, *A*, hat eine dünne Wicklung, die Spannungsreglungsspule, und liegt in Reihe mit einem Widerstand *Q* zwischen den Polen der Maschine; der andere ist mit einer den Maschinenstrom führenden starken Wicklung, der Stromreglungsspule, verbunden.

Sobald sich der Wagen in Bewegung setzt, entwickelt die Maschine Spannung und die Spannungswicklung *J* des Maschinen selbstschalters sowie die Spule *A* werden erregt. Bei einer Spannung von 33 Volt schließt sich der Maschinenselbstschalter *H* und schaltet die Maschine auf das Leitungsnetz. Mit steigender Geschwindigkeit wächst die Spannung und die Stromlieferung der Maschine deckt außer den Lichtstrom auch den Ladestrom, bis der letztere z. B. 65 Amp. bei einer 2,6 kW-Ausrüstung erreicht hat. Der Strom sucht nun weiter zu steigen, doch wird der Kern der Spule *S* des Stromreglers nunmehr angezogen, wodurch der Druck auf die Kohlensäule *C* verringert und ihr Widerstand demnach erhöht wird. Die Erregung der Maschine wird damit ver-

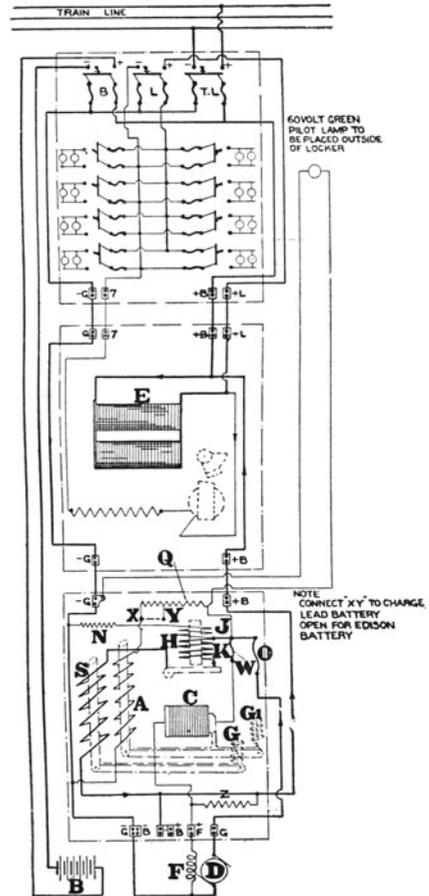


Abb. 104. Schaltbild der Safety-Bauart, Ausführung FF.

ringert und der Strom auf 65 Amp. gehalten. Ist nun die Spannung der Maschine inzwischen weiter gestiegen und hat 39 Volt erreicht,

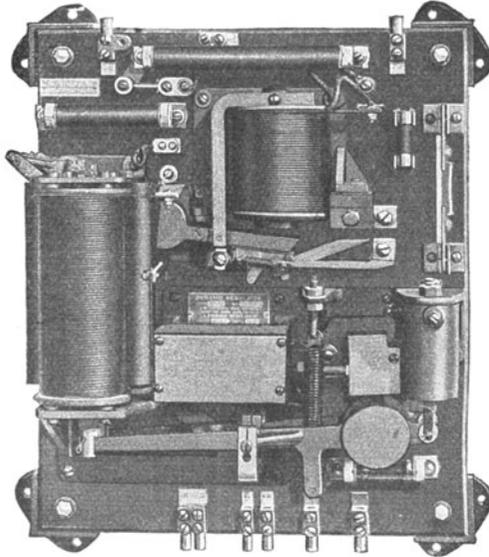


Abb. 105 Maschinenregler der Safety-Bauart, Ausführung FS.

so ist der durch die Spule *A* gehende Strom nunmehr stark genug, deren Kern anzuziehen, wodurch wiederum der Druck auf die Kohlen-

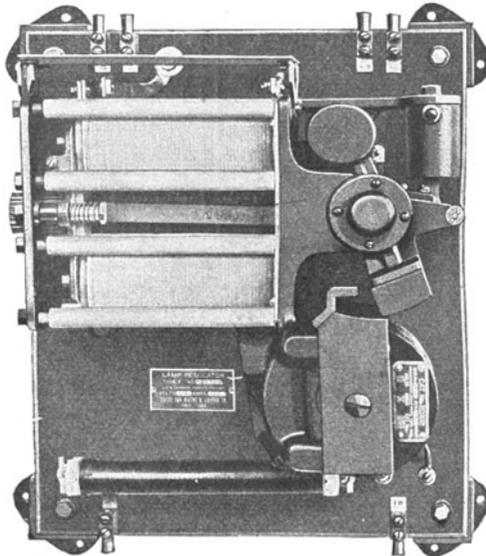


Abb. 106. Lampenregler der Safety-Bauart, Ausführung F.

säule verringert und ein weiteres Steigen der Spannung verhindert wird. Die Spannung bleibt auf 39 Volt stehen und der Ladestrom sinkt allmählich. Bei Edisonbatterien beträgt die Spannung 43 Volt. Durch Änderung des Widerstandes Q läßt sich die Einrichtung sowohl für Verwendung von Bleibatterien, als auch für Verwendung von Edisonbatterien einstellen.

Der Lampenregler, Abb. 106, besteht aus zwei nebeneinander liegenden und parallel miteinander verbundenen Kohlsäulen E , die mit der Stromspule des Maschinenreglers in Reihe liegen. Will die Lampenspannung über 30,5 Volt steigen, so steigt auch die Stromstärke in der Spule S und bewirkt eine Druckabnahme der Kohlsäule C und Abnahme der Stromstärke in S , so daß die Spannung von 30,5 Volt nicht überschritten wird. Bei sinkender Spannung tritt der umgekehrte Vorgang ein. Der Polwechsel erfolgt durch selbsttätiges Umlegen der Bürsten bei Änderung der Fahrriichtung. Die beschriebene Anordnung entspricht der Ausführung F; für Wagen mit geringem Lichtbedarf wird die Ausführung F1 geliefert, bei der Maschinen- und Lampenregler auf der gleichen Schalttafel angeordnet sind. Die Ausführung FR wird für Wagen, die nicht für Personenbeförderung dienen, gebaut und besitzt statt eines Lampenreglers feste Widerstände vor dem Lampenstromkreis, die eingeschaltet sind, sobald die Maschine die Batterie ladet. Die Kohlsäule des Maschinenreglers besteht aus 168 Kohlscheiben von 0,4 mm Dicke und 47,6 mm Durchmesser. Die beiden Säulen des Lampenreglers, der für 60 Amp. gebaut ist, haben 48 Scheiben von 3,2 mm Dicke und 66,7 mm Durchmesser.

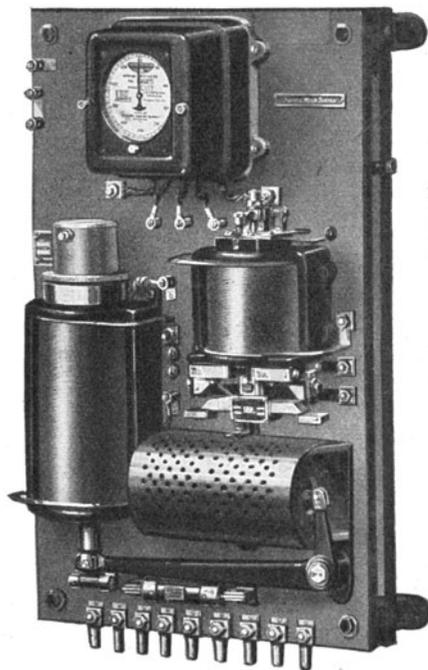


Abb. 107. Schalttafel der USL-Bauart.

Die Batterie besteht aus 25 Elementen Größe A 4 H, Edisonzellen in fünf Trögen mit einem Inhalt von 150 Amp.-Stunden.

3. USL-Bauart. Die US-Light & Heat Corporation, Niagara-Falls, stellt diese Bauart, welche sie als Modified Constant Potential System with Ampere Hour Control bezeichnet, in mehreren Ausführungsarten her, und zwar: Ausführung A für Gepäckwagen und Wagen mit geringer Beleuchtung bis zu einem Stromverbrauch von 15 Amp., Ausführung C für reichere Beleuchtung und Ausführung M und O für

sehr reiche Beleuchtung. Die vierpoligen Nebenschlußmaschinen sind so gebaut, daß sie sowohl für Aufhängung am Wagenkasten wie auch am Drehgestell benutzt werden können. Das Maschinengehäuse ist zylindrisch und mit Bohrungen so versehen, daß für beide Aufhängungsarten ohne weiteres Ösen angebracht werden können. Der Polwechsel erfolgt durch Verschieben des Bürstenhalters um 90°.

Die Schalttafel der Ausführung C ist in Abb. 107 dargestellt; Abb. 108 stellt das Schaltbild dar. Der Maschinenselbstschalter ist gewöhnlicher Bauart. Er hat außer den Hauptkontakten noch Hilfskontakte, die sich öffnen, wenn der Schalter geschlossen wird, und umgekehrt. Sind die Hilfskontakte geöffnet, so wird Widerstand in Reihe zu der Nebenschlußwicklung des Schalters geschaltet und deren Widerstand beträchtlich erhöht. Es wird dadurch eine zu starke Erwärmung der Wicklung

verhindert und ein schnelles Ausschalten bei sinkender Spannung gewährleistet. Der Maschinenregler besteht aus einer vor die Feldwicklung der Maschine geschalteten Kohlen säule, die durch einen Elektromagneten beeinflusst wird. Der letztere hat eine Strom- und eine Spannungswicklung. Diese, in Reihe mit einem veränderlichen Widerstand geschaltet, sucht eine gleichbleibende Maschinenspannung aufrecht zu erhalten, die Stromwicklung (modifying coil), die in Reihe mit dem Amperestundenzähler und der Batterie geschaltet ist, wirkt im gleichen

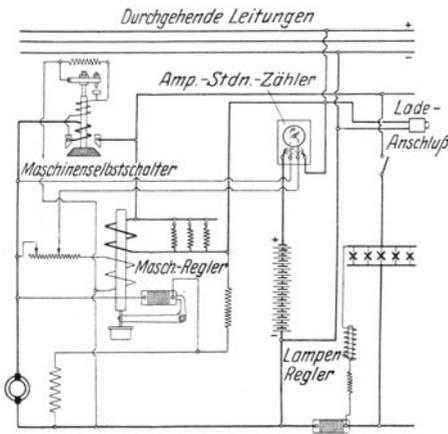


Abb. 108. Schaltbild der Bauart USL.

Sinne wie die Spannungswicklung und beeinflusst dadurch die Spannungslage. Durch Zuschalten von zu der Stromspule parallel liegenden Widerständen kann die Wirkung der Spule verstärkt und so der Ladestrom erhöht werden.

Im Stromkreise der Batterie liegt der Amperestundenzähler, der die in die Batterie hineingeladenen und entladenen Amperestunden mißt (s. S. 96). Erreicht bei der Ladung der Zähler wieder die Stellung 0 und zeigt er dadurch an, daß die Batterie voll geladen ist, so schließt er hierdurch einen Kontakt. Es wird dadurch ein Teil des einstellbaren Widerstandes, der in Reihe mit der Spannungswicklung des Maschinenreglers liegt, kurzgeschlossen und die Wirkung dieser Wicklung verstärkt, infolgedessen fällt die Spannung auf die Schwebespannung der Batterie, d. i. rund 35 Volt, bei der die Batterie von 16 Zellen keinen nennenswerten Strom mehr erhält. Der Kontaktschluß des Zählers wird bei wieder eintretender Entladung der Batterie während eines Aufenthaltes aufgehoben.

Der Lampenregler, der oberhalb der Schalttafel angeordnet wird, besteht wesentlich aus denselben Teilen wie der Maschinenregler und verwendet dieselbe Art von Hebelübertragung, aber eine größere Kohlen säule, und zwar sind die Kohlenplatten im Durchmesser und in der Dicke größer, während die Länge der Säule dieselbe ist. Der Elektromagnet des Reglers hat keine Stromspulen. Wenn die Maschine still steht, ist die Kohlen säule kurzgeschlossen. Vor den Spannungswicklungen der Regler und des Selbstschalters liegen Widerstände, die die Wärmewirkung aufheben. Sie sind im Werk eingestellt und nicht zu verändern im Betriebe. Die Bauart wird auch ohne Zähler als Ausführung *CP* geliefert.

4. **ESB-Bauart.** Die Electrical Storage Battery Co. in Philadelphia bringt seit dem Jahre 1911 eine von L. Woodbridge erfundene Bauart auf den Markt, welche Maschinen Bauart Rosenberg in Verbin-

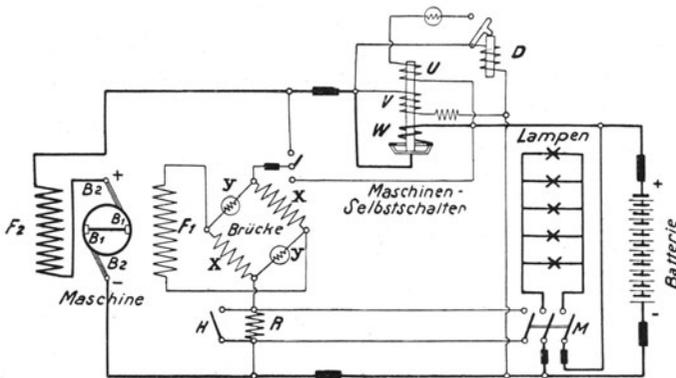


Abb. 109. Schaltbild der Bauart ESB.

dung mit einer auf gleichbleibende Spannung von 2,25 Volt je Element wirkenden Vorrichtung verwendet und auf eine besondere Regelung der Lampenspannung Verzicht leistet. Nach dem Schaltbild Abb. 109 besitzt die Rosenbergmaschine außer der Nebenschlußwicklung F_1 eine zweite, den vollen Maschinenstrom führende Wicklung F_2 . Die Regelung auf gleichbleibende Spannung erfolgt durch eine Wheatstonesche Brücke. Diese hat auf zwei gegenüberliegenden Seiten Widerstände gewöhnlicher Art xx ; die anderen beiden Seiten haben Lampenwiderstände yy , das sind Eisendrahtwiderstände in mit Wasserstoff gefüllten Glasbirnen. Die obere und untere Ecke der Brücke ist an die Hauptstromleitung der Maschine angeschlossen, die seitlichen Ecken an die Nebenschlußwicklung. Durch diese Brücke wird die Rosenbergmaschine, 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.

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

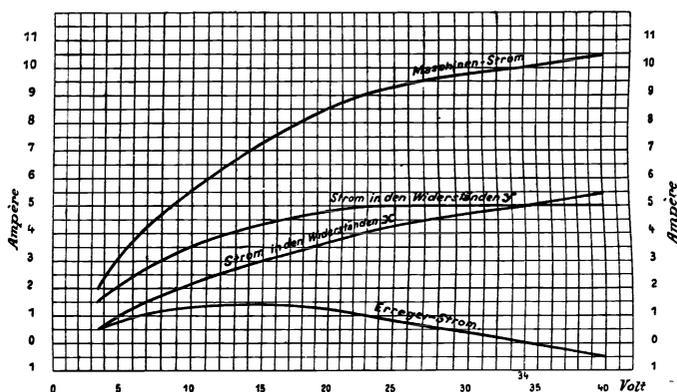


Abb. 110. Schaulinie des Stromverlaufes in der Wheatstoneschen Brücke der ESB-Bauart.

gehende. Der Unterschied der beiden Ströme entspricht 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 Brückenarme 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. 110 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 gleichbleibende Ladespannung von 2,25 Volt hat sich in mehr-jährigem Betriebe als ausreichend erwiesen. Es ist jedoch die Mög-lichkeit vorgesehen, die Batterie mit einer höheren Spannung zu laden durch Anordnung eines Widerstandes R . Durch Öffnen des Schalters H wird der Widerstand eingeschaltet und dadurch die Spannung an der Brücke erniedrigt; dementsprechend sinkt auch der Strom in der Wick-lung F_1 , so daß die Maschinenspannung um einen bestimmten Betrag sich erhöht. Der Widerstand wird so bemessen, daß er eine Span-nungserhöhung von etwa 3 Volt bewirkt. Die Maschinenspannung wird also statt 33,75 Volt 36,75 Volt betragen. Mit dem Einschalten des Licht-schalters M wird gleichzeitig der Widerstand R kurzgeschlossen, so daß der Lampenstromkreis die höhere Spannung nicht erhalten kann. Die Lampen sind für eine Spannung von 32 Volt gebaut.

Der Maschinenselbstschalter weicht in seiner Bauart von der all-gemein verwendeten durch Anordnung einer Hilfswicklung ab, die durch einen besonderen kleinen Selbstschalter betätigt wird. Diese Hilfswicklung U ist für niedrige Spannung gewickelt und von geringem Widerstand. Sie stellt die Verbindungen zwischen dem $+$ -Ende der Maschine und dem $+$ -Ende der Batterie her, indem bei Erreichung einer Spannung von 25 Volt der kleine Selbstschalter die Spule ein-schaltet. Sie wird ausgeschaltet, sobald die Spannung unter 28 Volt gesunken ist. In den Stromkreis ist noch ein Eisendrahtwiderstand geschaltet, welcher die Stromstärke auf 2 Amp. beschränkt.

Unter einer Maschinenspannung von 30 Volt wirkt diese Wick-lung U der Wicklung W entgegen. Sobald aber die Maschinenspan-nung gleich der Batteriespannung von 32 Volt geworden ist, fließt kein Strom mehr durch die Hilfswicklung, während die Hauptstromwicklung nicht stark genug ist, den Schalter zu betätigen. Erst wenn die Ma-schinenspannung 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 Batteriespan-nung. 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 geringen Anstieg dieser Spannung über der der Batterie. Die Vorrichtung benutzt mithin den Unterschied in den Spannungen der beiden Wicklungen. Seine Wirkung hängt infolge-dessen nicht von einer sorgfältigen Einstellung des Schalters ab. Beim Schließen des Schalters wird auch selbsttätig die Hilfswicklung kurz-geschlossen, und der Schalter wird nunmehr durch die Nebenschluß- und Hauptstromwicklung geschlossen gehalten.

Auf der Schalttafel befindet sich noch ein Umschalter, welcher für gewöhnlich das $+$ -Ende der Maschine mit dem $+$ -Ende der Brücke verbindet. Beim Umschalten wird das $+$ -Ende der Brücke von der Maschine abgeschaltet und mit dem positiven Batterieende verbunden. Hierdurch wird der Batteriestrom bei Stillstand des Wagens durch die Brücke geleitet, der die Widerstände der Brücke erwärmt und so dem Aufsichtsbeamten gestattet, festzustellen, ob sie alle in einwandfreiem Zustande sind. Abb. 111 gibt ein Bild der Schalttafel, auf welcher außer dem Maschinenselbstschalter, dem kleinen Umschalter, den Wider-

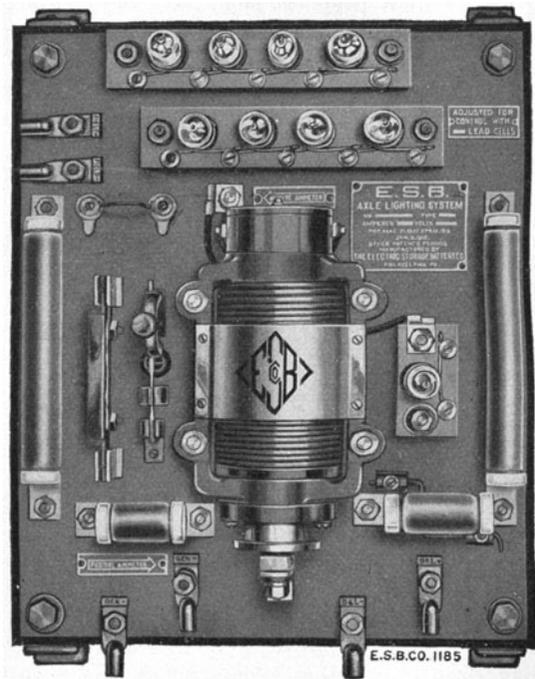


Abb. 111. Schalttafel der ESB-Bauart.

ständen für die Brücke der kleine Handschalter für Ladung mit höherer Spannung, sowie alle Sicherungen sich befinden. Es werden Maschinen von 2 und 3 KW Leistung hergestellt.

5. Bauart Stone-Franklin. Die Bauart gleicht im wesentlichen der Bauart Stone-Liliput. Die Maschinenregelung durch gleitenden Riemen ist auch bei dieser in Anwendung. Der Polwechsel wird durch eine dem Kippschalter von Stone ähnliche Vorrichtung bewirkt. Die Apparate werden elektrisch betätigt.

Die Bauart arbeitet sowohl mit einer als auch mit zwei Batterien. Sie bevorzugt eine einheitliche Zellen- und Batteriegröße und verwendet deshalb für Wagen mit geringerer Beleuchtung bei einem Stromverbrauch von 20—25 Amp. bei 32 Volt Betriebsspannung eine Batterie,

mit reicherer Beleuchtung, wie sie bei Speisewagen usw. benötigt wird, zwei Batterien. Zum Wechsel der Batterie ist der Pegelwechselschalter (s. S. 150) vorgesehen. Abb. 112 stellt die Schaltung mit einer Batterie dar.

Die Maschine wird in zwei Größen hergestellt, für 1,6 und 3 KW Leistung.

Ihre Leistung wird so eingestellt, daß für die Ladung der Batterie am Anfang ein höherer Strom als der normale Ladestrom geliefert wird. Sobald die Batterie zu gasen beginnt, tritt ein „Reducer-Switch“ genannter Selbstschalter *RS* in Tätigkeit, dessen Elektromagnet mit einer Spannungswicklung, die zwischen den Polen der Batterie liegt, und eine diese unterstützende, den Batteriestrom führende Wicklung versehen ist. Hat die Spannung bei 32 Volt Lampenspannung 42 bis

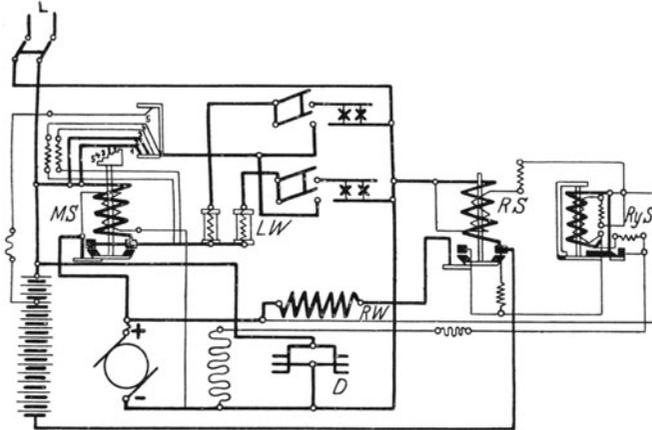


Abb. 112. Schaltbild der Bauart Stone-Franklin mit einer Batterie.

42,5 Volt bei Verwendung einer Bleibatterie bzw. 44—44,5 Volt bei einer Edisonbatterie erreicht, tritt der Elektromagnet in Tätigkeit und schaltet den Widerstand *RW* in den Stromkreis, der den Ladestrom auf den normalen Wert vermindert. Zugleich wird der Elektromagnet eines anderen Schalters *RyS*, Relay-Switch genannt, stärker erregt durch Kurzschluß eines Widerstandes, und dieser Schalter tritt nun in Tätigkeit, sobald eine Spannung von 42—42½ Volt bei Bleizellen und 44 bis 44½ Volt bei Edisonzellen bei dem nun herrschenden geringeren Ladestrom erreicht ist, die Batterie also voll geladen ist. Wird der Kern des Elektromagneten angezogen, so wird ein Widerstand in die Erregerwicklung der Maschine geschaltet und deren Spannung bis auf 5 Volt herabgesetzt. Die Maschine wird infolgedessen von der Batterie abgeschaltet und ebenso der Maschinenselbstschalter und der Schalter für die Stromverminderung sofort ausgeschaltet.

Die Spannung von 5 Volt ist aber noch hoch genug, um den Kern des Schalters festzuhalten, bis die Zuggeschwindigkeit auf 16 km fällt.

Schaltet auch dieser aus, so ist die Einrichtung wieder für den normalen Betrieb eingestellt.

Vor den Lampenstromkreis sind Widerstände aus Eisendraht geschaltet, die zum Schutze in einer besonderen Masse eingebettet sind.

Bei Einbatterieausrüstungen wird durch den Maschinenselbstschalter mit steigender Ladespannung ein Einschalten von Widerstandseinheiten bewirkt, so daß die Lampenspannung möglichst gleich hoch bleibt. Wie aus Abb. 112 zu ersehen ist, geht die Einschaltung der fünf Stufen wie folgt vor sich:

Der Kontakt Nr. 1 ist unterbrochen, wenn die Batterie eine Ladung von 5 Amp. erhält,
 „ „ „ 2 bei 10 „
 „ „ „ 3 „ 15 „
 „ „ „ 4 „ 20 „ und
 „ 5 macht Kontakt, sobald Nr. 4 den Kontakt unterbricht.

Durch Kontakt Nr. 5 wird ein Teil der Zellen von der Batterie abgeschaltet, der der Erhöhung der Ladespannung entspricht.

Bei der Zweibatterieeinrichtung wirken die fünf Kontakte des Maschinenselbstschalters als eine Einheit und unterbrechen den Stromkreis bei 12—14 Amp. — Zum Wechsel der Batterien dient der Pegoudwechselschalter, wie bei Bauart Stone-Liliput. In der Abbildung bezeichnet „D“ die Ladedosen für Aufladung von ortsfester Anlage und „L“ die Verbindung mit der durchgehenden Zugleitung.

Die Bauart ist hauptsächlich auf kanadischen Bahnen in Betrieb. Auch für Bahnen der Vereinigten Staaten sind Einrichtungen geliefert. Die Lieferung erfolgt von der Stone-Franklin-Company, New York und Montreal.

IV. Allgemeines über die Ausführung elektrischer Wagenbeleuchtung.

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 Leitung 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 Kraftverbrauches 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 Lampen müssen bei diesen Wagen mattiert sein, damit sie nicht blenden, was bei Abteilbeleuchtung nicht notwendig ist, da man hier erst nach oben sehen muß, um in die Lampen selbst zu blicken. Man hat deshalb in Amerika vielfach indirekte und halbindirekte Beleuchtung angewandt, doch hat sich diese nicht eingeführt. Es ist die direkte Beleuchtung mit mattierten Lampen oder mit durchscheinenden Glasglocken vorteilhafter.

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 %
weißes Papier	80 %
chromgelb	60 %
orange	50 %
gelb	40 %
blaßrot	35 %
hellblau	25 %
grün	18 %
dunkelbraun	13 %
tiefblau	12 %
schwarz, glänzend	5 %
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 infolgedessen 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 Seitenlampen.

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.

Als Glühlampen werden Metallfadenlampen verwandt. Bei den für Zugbeleuchtung gebräuchlichen Spannungen ist der Kraftverbrauch etwa $1\frac{1}{4}$ Watt für die Kerze. Neuerdings finden auch die gasgefüllten Lampen Eingang, welche etwa $\frac{3}{4}$ —1 Watt für die Kerze verbrauchen. Die Haltbarkeit einer guten Lampe kann im Mittel 1000 Stunden angenommen werden.

Vorzugsweise werden in Europa Swanfassungen benutzt, auf den Bahnen der Vereinigten Staaten in Amerika Edisonfassungen. Die Edisonfassungen müssen besonders gefedert sein, damit die Lampen sich nicht lockern. Die Gesellschaft für elektrische Zugbeleuchtung hat für ihre Einrichtung ein System von unverwechselbaren Bajonettfassungen vorgesehen, bei welchen der Unterschied durch die Größe der Fassungen und durch die Zahl der Stifte, entweder zwei oder drei, bewirkt wird.

Nebensiehende Tabelle gibt die Beleuchtung der Wagen bei deutschen Bahnen wieder nach Wechmann¹⁾, Der Abstand der Lampen vom Fußboden beträgt 2 m.

Zum Vergleich seien die Angaben wiedergegeben, die J. R. Sloan, Ingenieur der Pennsylvania Ry.²⁾ über die Beleuchtung amerikanischer Wagen gemacht hat. Er gibt an, daß die Beleuchtung an und für sich sehr verschieden sei, daß aber folgende Tabelle gute mittlere Werte enthalte.

Gepäckwagen von 60 Fuß Länge (18,3 m): 4 Lampen zu 50 Watt	=	3,4 HK/qm
Personen- und Gepäckwagen von 70 Fuß Länge (21,3 m): 4 Lampen zu 15 und 8 Lampen zu 50 Watt	=	6,7 „
Personenwagen von 70 Fuß Länge: 8 Lampen zu 15 und 10 Lampen zu 50 Watt	=	9 „
Postwagen: 16 Lampen zu 50 Watt	=	11,7 „
Gepäck- und Postwagen: 8 Lampen zu 50 Watt	=	5,8 „
Speisewagen: 51 Lampen zu 15 und 9 Lampen zu 50 Watt	=	17,7 „
Gesellschaftswagen (Parlour cars): 64 Lampen zu 15 Watt	=	14 „
Schlafwagen: 47 Lampen zu 15 Watt	=	10,3 „
(wozu noch 28 Lampen für die unteren Betten und 28 Leselampen für die Oberbetten kommen, zusammen also 103 Lampen zu 15 Watt).		

¹⁾ Bloch, Dr. L.: Lichttechnik S. 464. Verlag von Th. Oldenburg.

²⁾ Proceedings of Institution of Civil Engineers 1913 Juni.

Verwendet sind Metallfadenlampen, die in Luftleere brennen. Sie werden in Amerika Mazda-B.-Lampen genannt. Die Helligkeit der 50 Watt-Lampe ist etwa 40 HK.

In den letzten Jahren werden auch die gasgefüllten Lampen in Amerika viel verwandt, welche dort als Mazda-C. bezeichnet werden. An Stelle der Lampen für 50 Watt Mazda-B. werden 40 Watt Mazda-C.-Lampen verwandt und bei Pullmannwagen solche von 100 Watt; letztere sind also $2\frac{1}{2}$ mal reicher beleuchtet.

Tabelle.

Wagengattung	Zahl der Abteile	Innen- grund- fläche eines Ab- teiles oder Raumes in qm	Zahl und Licht- stärke der elektri- schen Lampen in einem Abteil oder Raum in HK	Licht- stärke der Lampen für 1 qm Grund- fläche in HK
D-Zugwagen I. und II. Klasse, vierachsig	7 Abteile Seitengang Aborte	3,8—4,0 17,3 1,0—1,8	2 zu 30 6 zu 10 1 zu 10	15—16 3,4 5—10
D-Zugwagen III. Klasse, vier- achsig	8 Abteile Seitengang Aborte	3,2 16,4 1,2—1,9	2 zu 20 6 zu 10 1 zu 10	12,5 3,6 6—10
Schlafwagen, sechs- achsig	10 Abteile Seitengang und Vorraum Aborte und Dienstabteil	2,6 17,0 1,3—1,9	1 zu 25 1 zu 10 (Leselampe) 6 zu 10 1 zu 10	10 (14) 3,4 5—8
Speisewagen der „Mitropa“	Speiseraum	27	18 zu 30	20
Nebenbahn Nord- hausen—Wernige- rode	Wagen II. Kl. Wagen III. Kl.	8 18,5	2 zu 30 4 zu 25	7,5 5,4

Zur Erhaltung einer guten Beleuchtung ist eine regelmäßige Reinigung der Lampen und Glocken erforderlich. Versuche ergaben Helligkeitsabnahmen bis zu 50 % durch Verschmutzen. Die Helligkeitsverminderung durch Spannungsschwankungen von 1 Volt beträgt etwa 15 %.

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 Schlafwagen der Deutschen Reichsbahn, bei den Wagen der Schweizer Bundesbahn und 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 das Schalten eines Widerstandes vor die Lampen vorzuziehen (Abb. 113 a). Zum Schalten in Reihe ist ein besonderer Umschalter erforderlich (Abb. 113 b).

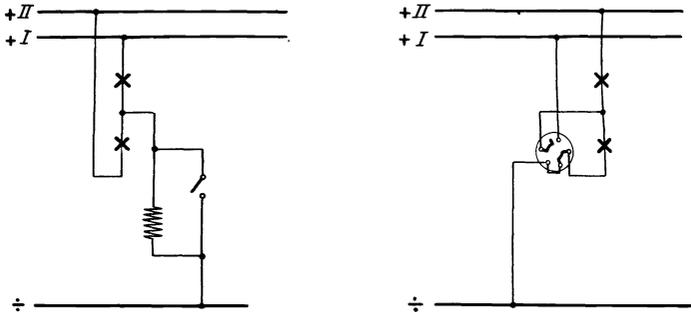


Abb. 113 a. Schaltung für Verdunkelung. Abb. 113 b. Schaltung für Verdunkelung.

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 bei den Schlafwagen der Deutschen Reichsbahn Wasser für Kaffee, Tee usw. morgens elektrisch gekocht. Der Stromverbrauch der Kanne beträgt 17 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 nach den Angaben von H. N. Gresley, Oberingenieur dieser Bahn. 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. Eine Beschreibung der Einrichtung ist in „The Electrical Review“ 1921, November, S. 592 veröffentlicht worden.

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. Die gebräuchlichen Arten von Leitungsverlegung im Innern der Wagen sind: 1. Verlegung unter Holzleisten, 2. Verlegung in Rohren und 3. Verlegung als Manteldraht. Außerhalb des Wagens werden die Leitungen entweder in Rohr oder als eisenbandarmiertes Kabel verlegt. Bei den deutschen Bahnen wird im Innern Manteldraht, außerhalb bandarmiertes Kabel benutzt. Rohrverlegung und Manteldraht sind vor der Verlegung unter Holzleisten im Innern vorzuziehen, da bei Instandsetzungsarbeiten die unter Holzleisten liegenden Leitungen leicht verletzt werden. Die Leitungen müssen leicht zugänglich sein. Als Leitungsmaterial verwendet man gute isolierte Drähte.

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 Wirkung des Lokomotivrauches mit der Zeit stark angegriffen und zerstört werden.

Bei Abteilwagen ohne gemeinsamen Durchgang wird der Hauptschalter vorzugsweise außen an einer Stirnseite des Wagens angebracht. Der Schalter wird durch Ziehen einer Zugstange von beiden Seiten des Wagens aus betätigt. Die Leitungen werden naturgemäß in diesem Falle von der Stromquelle bis zum Schalter an die Außenseite des Wagens verlegt, und vielfach erfolgt die Leitungsführung auch gänzlich an der Außenseite und auf dem Dache, von wo die Leitung dann in das Innere des Wagens zu den einzelnen Beleuchtungskörpern geführt wird. Wichtig ist, daß die Durchführungen gut gedichtet sind, damit Wasser und Staub nicht in das Wageninnere gelangen können. Diese Dichtung erfolgt mit einer Asphaltmasse genau wie bei der Gasbeleuchtung.

Außenverlegung in Rohren ist besonders angewandt auf den französischen Bahnen und bei der dänischen Staatsbahn. Verlegung unter Holzleisten haben die italienische Staatsbahn, die österreichischen und ungarischen Bahnen. Die englischen Bahnen verwenden vorzugsweise Außenverlegung mit bleiumpreßtem Kupferkabel, unter dem Wagenboden Okonitkabel, welche Verlegung von der Firma J. Stone & Co. allgemein gebraucht wird.

Für die Tropen wird bei Innenführung Holzleistenverlegung vorgezogen.

In Amerika verlegt man die Lampenleitungen unter Holzleisten oberhalb der Fenster, oder sie werden an einer Außenseite des Wagens dicht unter dem oberen Dache des Wagens in Rohre verlegt, während die Hauptleitung zwischen dem Doppeldache des Wagens geführt wird.

Nach den V. D. E.-Vorschriften (Vorschriften des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen) muß der Isolationswiderstand der Anlage mindestens 100000 Ohm betragen und ist vor Inbetriebsetzung durch Isolationsprüfung mit 100 Volt Gleichstrom festzustellen, ob Isolationsfehler vorhanden sind.

Der vom Zugpersonal zu bedienende Hauptschalter wird, wie bereits oben bemerkt, bei Abteilwagen an einer Stirnwand in bequemer Höhe über den Schienen, bei Durchgangswagen innen an einer geeigneten Stelle im Durchgang oder im Dienstabteil angebracht. Nach den V. D. E.-Vorschriften müssen die Türen der inneren Räume, in denen sich Hauptschalter befinden, und die Schaltkästen selbst mit dem Ausschalterzeichen  versehen sein.

Der Hauptschalter im Innern des Wagens wird vorzugsweise für Bedienung mittels Schaffnerschlüssel eingerichtet.

Bei Wagen, welche reich beleuchtet sind und wenigstens zwei Lampen in jedem Abteil haben, ordnet man zwei bzw. mehr Stromkreise an, und zwar verteilt man die Lampen eines Abteils auf verschiedene Stromkreise, so daß man in der Lage ist, an Strom zu sparen, sobald dies aus irgendwelchen Gründen wünschenswert ist. Die für die verschiedenen Stromkreise erforderlichen Schalter und Sicherungen werden auf besonderen Schalttafeln untergebracht, für die zweckmäßig Marmor Verwendung findet; die Verwendung von Holz ist verboten.

Leitungskuppelungen. Zur Verbindung der elektrischen Leitungen benachbarter Wagen bei geschlossener Beleuchtung werden beson-

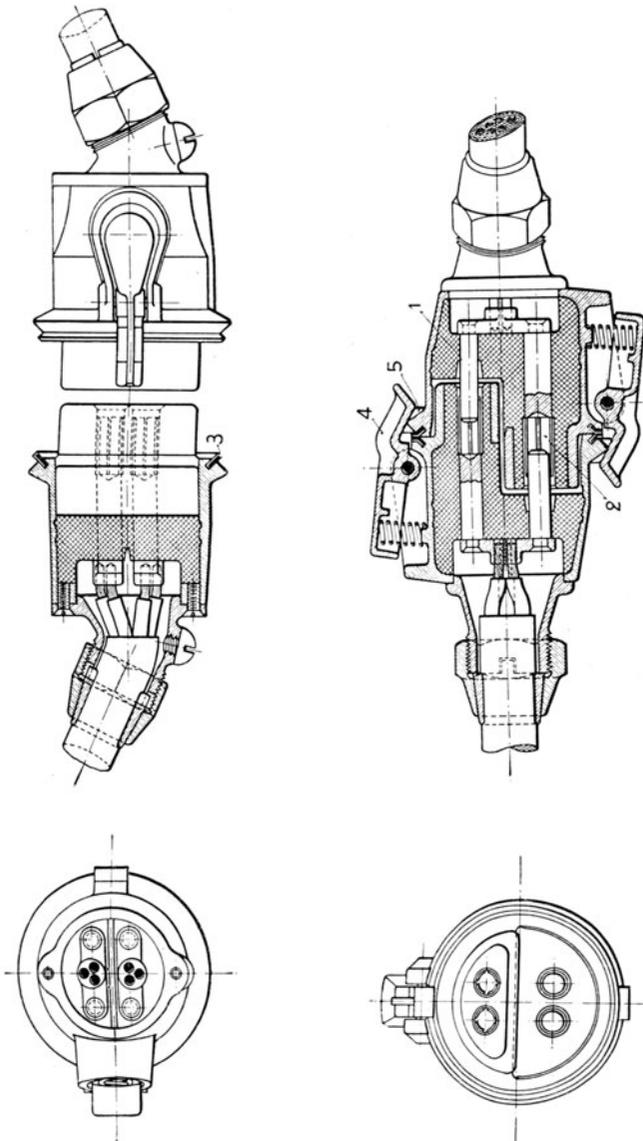


Abb. 114. Zweipolige Leitungskuppung, Siemens-Schuckert-Werke.

dere Kuppelungen 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 Kuppelung, Bauart Siemens-Schuckert-Werke, verwendet. Wie aus Abb. 114 ersichtlich, besitzt diese Kuppelung Steckkontakte. Die in derselben wagerechten Ebene liegenden Kontaktstifte 1 und Kontakthülsen 2 sind im hinteren Teil des Kuppelungsgehäuses untereinander verbunden und gemeinschaftlich an eine elektrische Leitung derart angeschlossen, daß sämtliche oberen Kontakte an einer und sämtliche unteren Kontakte an der anderen durch den Zug geführten Leitung liegen. Jede Kontakthülse ist viermal aufgeschnitten, und da jedes Leitungsende in eine Kontakthülse und einen Kontaktstift ausläuft, letztere also wechselseitig ineinander greifen, so findet die elektrische Verbindung zwischen zwei Leitungsenden gleichzeitig an acht Stellen statt. Hierdurch wird die Kuppelung zur Übertragung großer Stromstärken befähigt. Die Stifte liegen frei in einer Vertiefung des Gehäuses, und die Hülsen sind in den Gummikern eines Vorsprunges eingelassen. Beide treten daher gegen den sie schützenden Gehäuseteil zurück, so daß sie unabsichtlich weder beschädigt, noch kurzgeschlossen werden können, was für den Betrieb von großer Bedeutung ist. Ein Verbiegen der Kontakthülsen durch die Kontaktstifte wird außerdem durch das geringe Spiel der Hülsen in dem Gummikern verhindert.

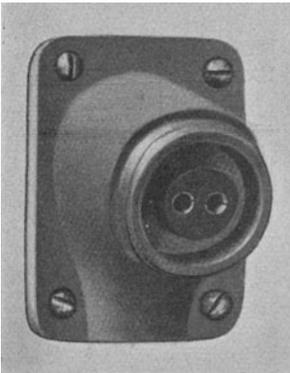


Abb. 115. Stirnwanddose.

Beim Zusammenstecken zweier Kuppelungshälften 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. Der leicht auswechselbare Gummiring 3 schützt die geschlossene elektrische Kuppelung vor dem Eindringen von Wasser. Die untereinander vollständig gleichen Hälften der elektrischen Kuppelungen, deren Verbindung durch einfaches Ineinanderschieben erfolgt, werden durch die federnden Schnapphebel 4 zusammengehalten, welche mit ihren Zungen hinter die Nasen 5 greifen, in gleicher Weise, wie es bei den Schlauchkuppelungen der Luftsaugebremse üblich ist. Die Zungen und Nasen haben abgeschrägte Berührungsflächen, wodurch das Kuppeln erleichtert und gleichzeitig verhindert wird, daß die elektrischen Kuppelungen beim unbeabsichtigten gewaltsamen Auseinanderreißen beschädigt werden. Die mechanische Verbindung des Kabels mit dem Gehäuse der Kuppelung erfolgt durch zweiteilige konische Hülsen und eine Überwurfmutter in der aus Abb. 114 ersichtlichen Weise. Die inneren Hohlräume der elektrischen Kuppelung sind mit einer Isolationsmasse ausgegossen, welche das Eindringen von Feuchtigkeit verhindert. In

ungekuppeltem Zustande steckt die elektrische Kuppelung in der Leerkuppelung. Abb. 115 zeigt das Gehäuse der Stirnwanddose zum lösbaren Anschluß des Kuppelungskabels; Abb. 116 stellt eine vollständige Kuppelung für Betriebsstromstärken bis 100 Amp. dar. Diese Kuppelung kann naturgemäß auch als einpolige Kuppelung Verwendung finden und genügt für eine Stromstärke von 200 Amp.

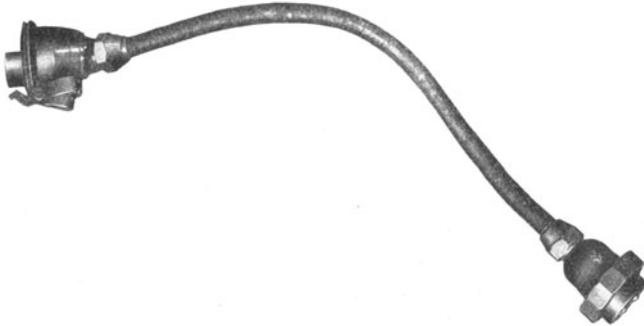


Abb. 116. Kuppelungskabel.

Die Gesellschaft für elektrische Zugbeleuchtung m. b. H. verwendet vielfach die in Abb. 117 u. 118 dargestellten zweipoligen Stöpselkuppelungen. Diese gleichen Kuppelungen werden zweckmäßig für Ausgleichsleitungen bei Einzelwagen verwandt. Eine solche empfiehlt sich, da bei der Störung in der Beleuchtung eines Wagens die Beleuchtung von dem benachbarten Wagen aus aufrecht erhalten werden kann.



Abb. 117. Leitungskuppelung, Bauart GEZ. Nr. 1000.

In Amerika wird gemäß dem Beschluß der Association of Car Lighting Engineers für geschlossene Zugbeleuchtung die dreipolige Kuppelung Gibbs 3 allgemein verwandt. Dieselbe ist in Abb. 119 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 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 Einstellen der Maschinenleistung gesichert sein, besonders wenn der Wagen in kurzen Zwischenräumen zu der Heimatstation zurückkehrt. Da

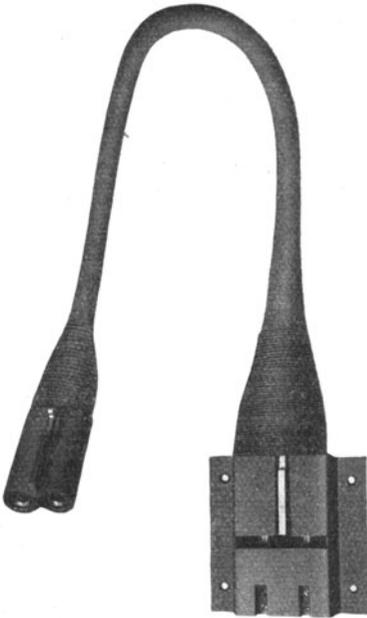


Abb. 118. Leitungskuppelung Nr. 225.

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 Wa-

gens 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.

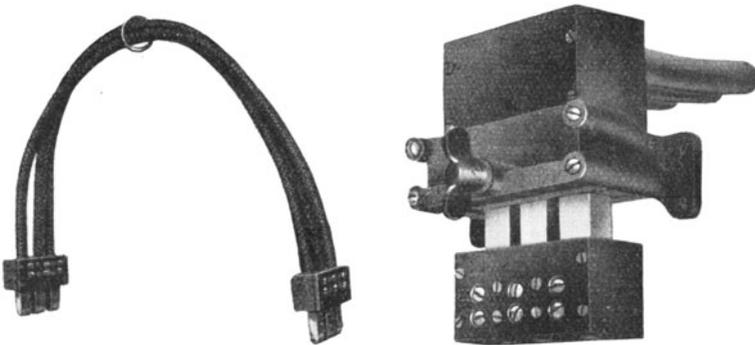


Abb. 119. Leitungskuppelung, Bauart Gibbs.

Was die Instandhaltung der Einrichtungen in den Eisenbahnwerkstätten anbetrifft, so ist bei größeren Anlagen zweckmäßig, Räume für Reinigungen und Umbauten der Sammlerbatterien einzurichten. Ebenso sind Einrichtungen zur Prüfung und Instandsetzung der Maschinen und Apparate erwünscht.

Ausführungsvorschriften über die Einrichtung elektrischer Beleuchtung seitens der Eisenbahnverwaltungen. Es ist natürlich, daß sich mit der wachsenden Ausbreitung der elektrischen Beleuchtung mehr und mehr das Bedürfnis geltend macht, Anordnungen über gleichmäßige und gleichartige Ausführung der Anlagen zu treffen, die es ermöglichen, daß Einrichtungen im Bedarfsfalle überall leicht in Ordnung gebracht werden können und daß mit Ersatzteilen ausgeholfen werden kann. Sehr weitgehende Vereinbarungen haben in dieser Beziehung die Bahnen der Vereinigten Staaten von Nordamerika getroffen. In Deutschland hat man sich darauf beschränkt, Sicherheitsvorschriften für die Ausführung von Anlagen herauszugeben. Letztere lauten wie folgt:

Sicherheitsvorschriften für die Einrichtung elektrischer Beleuchtung in Eisenbahnwagen.

§ 1.

Pläne.

Für jeden Wagen soll ein Leitungsplan und ein Schaltungsschema vorhanden sein; das letztere ist in jedem Wagen an geeigneter Stelle anzubringen.

Der Plan soll enthalten:

- a) Bezeichnung der Räume nach Lage und Verwendung.
- b) Lage, Querschnitt, Belastung in Ampere und Isolierungsart der Leitungen. Der Querschnitt wird, in Quadratmillimetern ausgedrückt, neben die Leitungslinien gesetzt. Die Isolierungsart wird durch die unten angeführten Buchstaben bezeichnet.

c) Art der Verlegung.

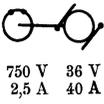
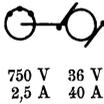
d) Lage der Apparate und Sicherungen.

e) Lage und Art der Stromerzeuger und Stromverbraucher.

Das Schaltungsschema soll enthalten:

Anordnung der Stromerzeuger, Leitungen, Apparate und Stromverbraucher, sowie Erklärung der im Schema angewendeten Bezeichnungen.

Für Leitungsplan und Schema sind folgende Bezeichnungen anzuwenden:

	Erdung.	
	Feste Glühlampe.	} Diese Zeichen gelten für Glühlampen jeder Kerzenstärke und für Fassungen mit und ohne Hahn.
	Bewegliche Glühlampe.	
	Fester Lampenträger mit Angabe der Lampenzahl.	
	Gleichstromerzeuger oder Antrieb	} mit Angabe der Klemmenspannung und der höchsten, dauernd zulässigen Stromstärke.
	Einphasen - Wechselstrom - Gleichstromumformer	
	Drehstrom-Gleichstromumformer	
	Gleichstrom-Gleichstromumformer	} mit Angabe der Klemmenspannung und der höchsten, dauernd zulässigen Stromstärke.
	Ruhender Umformer, mit Angabe der induktionsfreien Leistung in KVA, Spannungen und Periodenzahl.	
	Akkumulatoren	
	Akkumulator mit Doppelzellenschalter	

	Wandfassung, auch Anschlußdose mit Angabe der Stromstärke.	
	Steckvorrichtung und Steckkuppelung (an den Wagenenden).	
	Einpoliger oder zweipoliger Dosen-	} mit Angabe der höchsten zulässigen Stromstärke.
	ausschalter	
	Einpoliger oder zweipoliger Dosen-	
	umschalter	
	Sicherung	} mit Angabe der Normalstromstärke.
	Sicherung an der Abzweigstelle	
	Überspannungssicherung jeglicher Art, auch Blitzschutzvorrichtung.	
	Durchschlagsicherung.	
	Nicht regelbarer Widerstand und Heizapparate	} mit Angabe der höchsten zulässigen Stromstärke.
	Abnehmbarer, nicht regelbarer Wider-	
	stand, Heizapparate	
	Regelbarer Widerstand	
	Strommesser.	
	Spannungsmesser.	
	Isolationsprüfer.	
	Stromrichtungsanzeiger.	
<u>1 × 6 qmm</u>	Einzelleitung mit Angabe des Querschnittes.	
<u>2 × 6 qmm</u>	Zusammengehörige, nebeneinander verlegte Leitungen unter Angabe ihrer Zahl und des Querschnittes.	
<u>3 × 6 qmm</u>	Mehrfachleitung unter Angabe der Zahl und des Querschnittes der Einzelleiter.	
	Leitungsanschluß.	
	Leitungskreuzung.	
	Nach oben führende Steigleitung.	
	Nach unten führende Steigleitung.	
<i>GA</i>	Gummiaderleitung.	
<i>MA</i>	Mehrfach-Gummiaderleitung.	
<i>PA</i>	Panzerader.	
<i>FA</i>	Fassungader.	
<i>SA</i>	Gummiaderschnur.	
<i>KE</i>	Armierte asphaltierte Kabel.	
<i>RA</i>	Rohr- und Falzdrähte.	

⊙	Kabelendverschluß.
(o)	Verlegung in Rohren.
(f)	Schutz durch Eisen.
(i)	Schutz durch isolierte Verkleidung.
(h)	Schutz durch Holzverkleidung.
(e)	Schutz durch Erdung.

§ 2.

Isolation.

a) Vor Inbetriebsetzung der Leitungsanlage eines Fahrzeuges ist durch Isolationsprüfung mit mindestens 100 Volt Gleichstrom festzustellen, ob Isolationsfehler vorhanden sind.

b) Bei diesen Messungen muß nicht nur die Isolation zwischen den Leitungen und der Erde, sondern auch die Isolation je zweier Leitungen verschiedenen Potentials gegeneinander gemessen werden.

In letzterem Falle müssen alle Stromverbraucher von ihren Leitungen abgetrennt, dagegen alle vorhandenen Beleuchtungskörper angeschlossen, alle Sicherungen eingesetzt und alle Schalter geschlossen sein. Reihenstromkreise dürfen jedoch nur an einer einzigen Stelle geöffnet werden, die möglichst nahe der Mitte zu wählen ist.

c) Bei Isolationsmessung gegen Erde soll der negative Pol der Stromquelle an die zu messende Leitung gelegt werden und die Messung erst erfolgen, nachdem die Leitung 2 Minuten hindurch der Spannung ausgesetzt war.

d) Der Isolationswiderstand der ganzen Leitungsanlage soll mindestens 100 000 Ohm betragen, entsprechend 1 Milliamp. Gesamtstromverlust bei 100 Volt Prüfspannung.

§ 3.

Schalt- und Verteilungstafeln.

a) Für die Herstellung von Schalt- und Verteilungstafeln ist die Verwendung von Holz unzulässig; empfohlen wird die Verwendung von Marmor.

b) Die Kreuzung stromführender Teile an Schalt- und Verteilungstafeln ist möglichst zu vermeiden. Ist dies nicht erreichbar, so sind die stromführenden Teile durch Isolierung voneinander zu trennen oder derart in genügendem Abstand voneinander zu befestigen, daß Berührung ausgeschlossen ist.

c) Schalt- und Verteilungstafeln, die nicht von der Rückseite zugänglich sind, müssen so gebaut sein, daß die Leitungen nach Befestigung der Tafel angeschlossen, und die Anschlüsse jederzeit von vorn untersucht und gelöst werden können.

d) Die Polarität ist auf Schalt- und Verteilungstafeln durch roten Anstrich des negativen Leitungsendes und dessen Anschlusses kenntlich zu machen.

e) Die Sicherungen auf den Verteilungstafeln und, soweit erforderlich, auch die Schalter sind mit Bezeichnungen zu versehen, aus denen hervorgeht, zu welchen Räumen oder Gruppen von Stromverbrauchern sie gehören.

f) Sämtliche spannungsführenden Teile, die für Unberufene zugänglich oder nicht unter Verschluß angebracht sind, sowie alle Teile im Handbereich, die Spannung annehmen können, müssen durch nicht leitende Schutzkästen oder geerdete Metallgehäuse der zufälligen Berührung entzogen sein.

g) Die einzelnen Ausrüstungsteile der Tafeln müssen nach Bauart und Befestigungsweise den Stoßbeanspruchungen während der Fahrt entsprechen. Eine Lockerung von Teilen muß ausgeschlossen sein.

§ 4.

Belastung der Leitungen.

a) Die Leitungen aus Elektrokupfer dürfen höchstens mit folgenden Stromstärken dauernd belastet werden:

Querschnitt in Quadratmillimetern	Betriebsstromstärke in Ampere
0,75	4
1	6
1,5	10
2,5	15
4	20
6	30
10	40
16	60
25	80
35	90
50	100

b) Der geringste zulässige Querschnitt ist 1 qmm, an und in Beleuchtungskörpern 0,75 qmm.

c) Bei Verwendung von Leitern aus nicht elektrolytischem Kupfer oder aus anderen Metallen müssen die Querschnitte unter Zugrundelegung gleicher Erwärmung den Werten unter a) entsprechend gewählt sein.

§ 5.

Material und Verlegung der Leitungen.

a) Kupferdrähte müssen feuerverzinkt sein. Die Leitungen müssen eine vulkanisierte Gummiisolierung in Form einer ununterbrochenen, nahtlosen, wasserdichten Hülle besitzen. Die Gummiisolierung muß durch eine Umhüllung aus faserigem Material noch besonders geschützt sein (Gummiaderleitung).

b) Die Leitungen sind durch Metallrohr, Metallschienen oder gleichwertige Hilfsmittel zu schützen; im Wageninnern können jedoch Leitungen unter Holzleisten verlegt werden, falls die Betriebsspannung 60 Volt nicht überschreitet, und falls nicht eine Beschädigung der Leitungen durch die Benutzungsart des Wagens (wie bei Postwagen, Packwagen, Küchenwagen usw.) begünstigt wird.

c) Die Leitungen müssen so geführt sein, daß sie weder durch die Wärme elektrischer Widerstände, noch sonstiger Wärmequellen (Heizkörper, Kochapparate usw.) gefährdet werden. Festverlegte Leitungen müssen gegen chemische Beschädigungen und Feuchtigkeit (in Aborten, Akkumulatorkammern) je nach der Art des Einflusses geschützt sein.

d) Die Leitungen dürfen den Reisenden nicht zugänglich sein.

e) Leitungen, die einer Verbiegung oder Verdrehung ausgesetzt sind, müssen aus leicht biegsamen Seilen hergestellt und, sofern sie außerhalb des Wagenkastens angeordnet sind, über der Isolierung wetterbeständig hergerichtet sein.

f) Bei Leitungen für Wechselstrom, die durch Eisenrohre geschützt sind, müssen sämtliche zu einem Stromkreise gehörigen Leitungen in der gleichen Eisenhülle enthalten sein.

g) Die Verbindung von Leitungen muß mittels Lötung, Verschraubung oder in sonst gleichwertig sicherer Weise geschehen.

h) Rohre können aus Metall oder aus Metall mit isolierender Auskleidung bestehen. Drahtverbindungen dürfen nicht innerhalb der Rohre, sondern nur in Verbindungsboxen ausgeführt werden, die jederzeit leicht geöffnet werden können.

Die Rohre sind so herzurichten, daß die Isolierung der Leitungen durch vorstehende Teile oder scharfe Kanten nicht verletzt wird, und sind so zu verlegen, daß sich an keiner Stelle Wasser ansammeln kann.

Die lichte Weite der Rohre sowie die Zahl und der Halbmesser ihrer Krümmungen muß so gewählt sein, daß man die Drähte leicht und ohne Beschädigung einziehen kann.

Kniestücke müssen ebenso wie Verbindungsboxen zu öffnen sein, so daß sich die Lage und Beschaffenheit des Drahtes an diesen Stellen leicht nachprüfen läßt.

i) Als Kabel sind nur armierte und asphaltierte Bleikabel (KE) zulässig. Sind aufsteigende oder hängende Äste bei der Kabelführung nicht zu vermeiden, so darf die Armierung nur aus Draht, nicht aus Eisenband bestehen. Bei eisenarmierten Kabeln, die Wechselstrom führen, müssen sämtliche zu einem Stromkreis gehörigen Leitungen in einem Strang vereinigt sein.

Die Kabel dürfen nur mit Endverschlüssen, Muffen oder gleichwertigen Vorkehrungen zur Abhaltung von Feuchtigkeit und Erzielung eines guten elektrischen Anschlusses verwendet werden.

§ 6.

Allgemeines über Apparate.

a) Die äußeren stromführenden Teile sämtlicher Apparate einschließlich der Widerstände müssen auf feuersicheren und isolierenden Unterlagen befestigt und, soweit sie der zufälligen Berührung zugänglich sind, mit Schutzkästen umgeben sein.

Die Schutzkästen müssen aus nicht leitenden Stoffen bestehen. Zugängliche Metallgehäuse müssen geerdet sein.

b) Die Apparate sind derart zu bemessen, daß sie durch den stärksten in der Regel vorkommenden Betriebsstrom keine für den Betrieb oder die Umgebung bedenkliche Temperatur (etwa 50° C) annehmen können.

c) Stromführende blanke Metallteile und solche Apparate, an denen Funkenbildung eintreten kann, müssen auf feuersicherer Unterlage angebracht und derart angeordnet sein, daß die Feuererscheinungen weder Personen gefährden, noch brennbare Stoffe entzünden können.

d) Anlasser und Widerstände müssen so gebaut sein, daß bei ordnungsmäßiger Bedienung kein Lichtbogen bestehen bleibt.

e) Bei der Verbindung der Leitungen mit den Apparaten sind die Schrauben oder gleichwertigen Verbindungsmittel möglichst zu sichern.

f) Alle Apparate müssen derart gebaut und angebracht sein, daß eine Verletzung von Personen durch Splitter, Funken, geschmolzenes Material oder Stromübergänge ausgeschlossen ist.

g) Isolierstoffe, welche in der Wärme erhebliche Formänderungen erleiden können, dürfen für wärmeentwickelnde oder höheren Temperaturen ausgesetzte Apparate als Träger stromführender Teile nicht verwendet werden.

§ 7.

Schalter.

a) 1. Der vom Zugpersonal zu bedienende Hauptschalter muß bei Abteilwagen außen an einer Stirnwand in bequemer Höhe über den Schienen, bei Durchgangswagen innen an geeigneter Stelle angebracht werden. Die Türen der Innenräume, in denen sich Hauptschalter befinden, und die Schaltkästen selbst sind mit dem Ausschalterzeichen  zu bezeichnen.

2. Durch Schlüssel zu bedienende elektrische Schalter sowie Verschlüsse der Schaltkästen, der Behälter für Batterien, Glühlampen und andere Ersatzteile müssen mit dem in den Technischen Vereinbarungen bei den Vorschriften über „Verschluß der Personenwagen“ angegebenen Vierkantdorn versehen sein. Die Drehrichtung der Schalter ist durch Zeiger und Pfeil anzugeben.

b) Alle zur Verwendung kommenden Schalter sollen Momentschalter sein, die so gebaut sind, daß beim Öffnen unter gewöhnlichem Betriebsstrom kein dauernder Lichtbogen entstehen kann.

c) Die normale Betriebsstromstärke und Spannung, für die ein Schalter gebaut ist, sind auf dem festen Teil zu vermerken.

§ 8.

Steckvorrichtungen, Steckkupplungen u. dgl.

a) Verbindungsleitungen zwischen Wagen, Ladeleitungen u. dgl. sollen so ausgerüstet sein, daß Personen auch bei zufälliger Berührung keine Beschädigung erleiden können.

Bewegliche Kupplungsstücke sind so anzuordnen, daß sie beim Herausfallen stromlos werden, oder sie müssen so mit Isolierstoff umgeben sein, daß auch die ausgelösten Stecker keinen Schaden herbeiführen können.

b) Stecker- und verwandte Vorrichtungen zum Anschluß abnehmbarer Leitungen müssen so gebaut sein, daß sie nicht in Anschlußstücke für höhere Stromstärken passen. Betriebsstromstärke und Spannung, für welche die Einrichtung gebaut ist, sind auf dem festen Teil und auf dem Stecker sichtbar zu vermerken.

c) Sicherungen dürfen nicht im transportablen Teil oder biegsamen Strang angebracht werden.

§ 9.

Schmelzsicherungen.

a) Die Abschmelzstromstärke einer Sicherung soll das Doppelte ihrer Normalstromstärke sein. Sicherungen bis einschließlich 50 Amp. Normalstärke müssen mindestens den $1\frac{1}{4}$ -fachen Normalstrom dauernd tragen können; vom kalten Zustande aus plötzlich mit der doppelten Normalstromstärke belastet, müssen sie in längstens 2 Minuten abschmelzen.

b) Jede einzelne Sicherung muß auch bei einer um 10 % erhöhten Betriebsspannung sicher abschmelzen, ohne einen dauernden Lichtbogen zu erzeugen.

c) Bei Sicherungen sollen die Schmelzdrähte oder Schmelzstreifen in Kontaktstücke aus Kupfer oder gleichgeeignetem Metall eingelötet sein.

d) Sicherungen für Stromstärken bis zu 100 Amp. müssen unverwechselbar sein.

e) Die Normalstärke und die Höchstspannung sind auf dem Einsatz der Sicherung zu verzeichnen.

f) Alle Leitungen, welche von den Stromquellen nach den Sammelschienen oder von der Schalttafel nach den Verbrauchsstellen führen, sind zu sichern. Abschmelzsicherungen sind überdies an Stellen anzubringen, wo sich der Querschnitt der Leitung in der Richtung nach der Verbrauchsstelle hin vermindert. Bei Querschnittsverkleinerungen sind in den Fällen, wo die vorhergehende Sicherung den schwächeren Querschnitt schützt, weitere Sicherungen nicht mehr erforderlich. Die Stärke der zu verwendenden Sicherung ist der Betriebsstromstärke der zu schützenden Leitung anzupassen.

g) Sämtliche Sicherungen sind möglichst auf einer Schalttafel zu vereinigen.

h) Leitungssicherungen nach Art der sogenannten Freileitungssicherungen sind nicht statthalt.

i) Sicherungen und Schalter in Erdungs- und Nulleitern sind unzulässig.

§ 10.

Glühlampen und Fassungen.

a) Die stromführenden Teile der Fassungen müssen auf feuersicherer Unterlage angebracht und durch feuersichere Umhüllung, die jedoch nicht unter Spannung gegen Erde stehen darf, vor Berührung geschützt sein.

b) Stoffe, die entzündlich oder hygroskopisch sind oder in der Wärme Formveränderungen erleiden, sind als Bestandteile der Fassungen ausgeschlossen.

c) Fassungen, die sich infolge der Erschütterungen bei der Fahrt von selbst lockern, sind unzulässig.

d) In Beleuchtungskörpern darf nur nahtlos isoliertes Leitungsmaterial verwendet werden.

e) Die zur Aufnahme von Drähten bestimmten Hohlräume von Beleuchtungskörpern müssen im Lichten so weit bemessen und so glatt sein, daß die einzuführenden Drähte ohne Verletzung der Isolation durchgezogen werden können.

f) Beleuchtungskörper müssen so angebracht sein, daß die Zuführungsdrähte nicht durch Drehen des Körpers verletzt werden.

g) Werden die Zuleitungen als Träger des Beleuchtungskörpers verwendet, so müssen die Anschlußstellen von Zug entlastet sein.

h) Glühlampen in der Nähe von entzündlichen Stoffen (Vorhängen, Dunkelschirmen) müssen mit Vorrichtungen versehen sein, welche die Berührung der Lampen mit den empfindlichen Stoffen verhindern.

§ 11.

Maschinen und Akkumulatoren.

a) In Personenwagen müssen Stromerzeuger, Umformer jeder Art und Akkumulatoren leicht zugänglich und so angeordnet sein, daß jede Gefährdung und Belästigung der Reisenden ausgeschlossen ist. Die Entzündung brennbarer Stoffe durch etwa im Betrieb auftretende Feuererscheinungen muß ausgeschlossen sein.

b) Ein- und Austrittsöffnungen für Lüftungsvorrichtungen sind mit unverbrennbaren Luftfiltern zu versehen.

c) Die Kästen der Akkumulatoren dürfen nicht aus Zelluloid bestehen.

d) Aufstellungsräume für Akkumulatoren, die im Wagen geladen werden, müssen mit einer Entlüftung versehen werden, die genügenden Querschnitt für den Abzug der beim Laden entstehenden Gase bietet.

Diese Lüftungsvorrichtungen sind gegen Eindringen von Lokomotivfunken zu schützen.

e) Die Polarität ist an den Batteriekästen durch $+$ - und $-$ -Zeichen kenntlich zu machen; die Enden der $-$ -Anschlußleitungen sind rot anzustreichen.

f) Die einzelnen Zellen sind gegen den Behälter und letzterer ist gegen den Wagen durch nicht hygroskopische Unterlagen zu isolieren. Der Behälter ist so auszuführen, daß durch etwa ausfließende Säure kein Schaden angerichtet werden kann.

§ 12.

Untersuchung.

Bei jeder nach § 139 der Technischen Vereinbarungen vorzunehmenden Untersuchung der Wagen ist die Beleuchtungseinrichtung in allen Teilen zu prüfen und der im § 2 geforderte Isolationswert nachzuweisen. Das Ergebnis der Untersuchung ist aufzuschreiben. Der an den rechtseitigen Enden der Langträger des Wagens (siehe die Bestimmungen über „Anschriften an den Wagen“ in den Technischen Vereinbarungen) angeschriebene Untersuchungsvermerk gilt gleichzeitig für die elektrische Beleuchtungseinrichtung.

In Amerika sind von der Master Car Builders Association im Verein mit der Association of Railway Electrical Engineers Bestimmungen herausgegeben worden.

Hervorzuheben ist, daß als Betriebsspannung 60 Volt für geschlossene Zugbeleuchtung und 30 Volt für Einzelwagenbeleuchtung vorgeschrieben ist.

Wagen für geschlossene Zugbeleuchtung müssen mit drei durchgehenden Hauptleitungen ausgerüstet sein. Wagen einer fremden Verwaltung, welche auf ihrem Kurs in Züge mit geschlossener Beleuchtung eingestellt werden, müssen entweder mit fest montierten oder lose montierten durchgehenden Zugleitungen, ebenso mit den vorschriftsmäßigen Kupplungen (Gibbs Nr. 3, siehe Abb. 119) ausgerüstet sein.

Die Batterien werden so angeordnet, daß der positive Pol zur rechten Hand von vorn gesehen sich befindet.

Bei Benutzung von Batteriekästen mit zwei Elementen müssen Verbindungen und Endpole so angeordnet sein, daß der positive Pol zur Rechten sich befindet.

Jeder elektrisch beleuchtete Wagen, welcher Batterien besitzt, muß mit einer oder besser zwei Ladedosen für eine Stromstärke von 65 Amp. ausgerüstet sein. Diese Ladedosen müssen einen selbsttätig schließenden Deckel haben und für den normalen Ladestöpsel gebaut sein.

Wenn man auf das Ende des Drehgestelles sieht, auf welchem die Achsmaschine befestigt ist, muß die Riemenscheibe zur rechten Hand des Beschauers sich befinden. Die Vorschriften der Feuerversicherung müssen bei der Leitungsverlegung und Installation der elektrischen Einrichtung in den Wagen beachtet werden.

Der Spannungsverlust darf nicht mehr als 2% zwischen Batterie und Schaltbrett bei voller Beleuchtung betragen und nicht mehr als 2% zwischen Schaltbrett und jeder Lampe bei voller Beleuchtung. Alle Teile der Aufhängung oder der Maschine müssen wenigstens 152 mm Abstand vom Schienenkopf haben, und wenigstens 90 mm von allen Teilen, die am Wagenuntergestell angebracht sind.

V. Ausbreitung, Vor- und Nachteile der verschiedenen Beleuchtungsarten.

Die gegenwärtig am meisten angewendete Beleuchtung ist die Gasbeleuchtung und die elektrische und zwar letztere als Achsenbeleuchtung. In großem Abstand von beiden kommt die Ölbeleuchtung mit Rüböl und Petroleum. Azetylgas- und Kerzenbeleuchtung sind nur in geringem Umfange in Anwendung. Die Zahl der Wagen mit Beleuchtung von Karburiergas, Öl und Kerzen geht immer mehr zurück, da die Beleuchtung den Anforderungen, welche die Reisenden stellen, in keiner Weise entspricht. Diesen kann nur die Gas- oder die elektrische Beleuchtung genügen. Jene Beleuchtungsarten haben nur noch für Notbeleuchtung Berechtigung.

Daß sich die Öl- und Petroleumbeleuchtung noch in so großem Umfange 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.

Die Beleuchtung mit Fettgas ohne Glühlicht ist gleichfalls eine durchaus ungenügende. Die Leuchtkraft einer Flamme von 6—7 HK ist nicht höher, als die der Ölbeleuchtung, dagegen ist die Unterhaltung eine einfache, reinliche und erfordert wenig Bedienung. Erst die Einführung des Azetylens und dessen Beimischung zum Fettgas brachte einen bedeutenden Fortschritt.

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 bei dem gegenwärtigen Stande der Technik ein ernsthafter Wettbewerb des Azetylens mit den beiden letztgenannten nicht zu erwarten 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.

Das Blaugas hat sich gleichfalls nicht in nennenswertem Maße eingeführt. Es erscheint für Kleinbahnen geeignet, die keine eigene Gasanstalt errichten können, doch ist der Preis des Gases ein recht hoher.

Mischgas wird gegenwärtig nicht mehr benutzt, nachdem der Glühlichtbrenner wohl allgemein eingeführt ist, sondern Fettgas, und seit dem Kriege in Deutschland ausschließlich Steinkohlengas. Der große Vorteil der Gasbeleuchtung, mit der allein die Firma Julius Pintsch A.-G. mehr als 270 000 Eisenbahnwagen und 32 000 Lokomotiven ausgestattet hat, liegt in der Einfachheit der Einrichtung; die Bedienung ist einfach und erstreckt sich auf 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 Errichtung 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 wird das Innere des Wagens mit Gas erfüllt.

Ein wichtiger Nachteil der Gasbeleuchtung ist die Brandgefahr bei Eisenbahnunfällen. Es ist ja natürlich, daß jede Beleuchtungsart eine gewisse Feuergefahr 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 Limito 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 ausströmende 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. Der Elektrotechnische Verein zu Berlin benutzte diesen Anlaß, um eine Besprechung „über die Einführung elektrischer Beleuchtung der Eisenbahnwagen“ zu veranstalten¹⁾.

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.

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 Expreßzügen die Gasbeleuchtung zu entfernen sei. Infolge des Unfalles im Tunnel von Batignolles ist nunmehr ein neuer Erlaß herausgegeben worden, in welchem bestimmt ist, daß mit dem 1. Januar 1923 die Gasbeleuchtung in allen Schnellzügen entfernt sein muß; alle Vorortzüge müssen mit Beginn des Jahres 1924 ausschließlich elektrisch beleuchtet sein und in einem weiteren Jahre, also am 1. Januar 1925, müssen alle anderen Züge elektrisch beleuchtet sein.

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

¹⁾ ETZ. 1901, Heft 1.

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.

Neuerdings hat das Eisenbahnglück 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, allenthalben großes Aufsehen erregt und den Schweizer Bundesbahnen Veranlassung gegeben, die Übernahme von gasbelegten Wagen zu verweigern.

In den Vereinigten Staaten Amerikas haben die vielfach vorgekommenen Unfälle dazu geführt, die Einführung der elektrischen Beleuchtung in großem Umfange vorzunehmen. In der Versammlung der Association of Car Lighting Engineers vom Oktober 1909 äußerte sich der Bericht einer Kommission, deren Mitglieder in der Mehrzahl Bahnbeamte waren, wie folgt¹⁾:

„Es herrscht bei den Eisenbahnverwaltungen die Ansicht vor, daß sie früher oder später gezwungen werden, die Benutzung von entflammenden Beleuchtungsmitteln aufzugeben. Da die Bestrebungen der verschiedenen Eisenbahngesellschaften auch darauf gerichtet sind, Verluste an Leben und Eigentum durch Feuer zu verhindern, so ist die Frage der reinen elektrischen Beleuchtung von größter Bedeutung geworden.“

In Mittel- und Südamerika ist wohl bei weitem der größte Teil aller Wagen elektrisch beleuchtet. Dasselbe gilt auch für China, Japan, Ost-Indien, Australien und Afrika.

Schon im Jahre 1915 waren nach einer Mitteilung des Railway Electrical Engineers vom Januar 1916 90% der in Auftrag gegebenen Wagen elektrisch beleuchtet und später dürfte sich dieses Verhältnis kaum geändert haben.

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

¹⁾ Proceedings of the Association of Railway Electrical Engineers 1, S. 142.

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, wodurch indes eine Feuergefahr nicht entsteht und die Sicherheit des Betriebes nicht gefährdet wird. Bei Berücksichtigung aller Vorschriften ist die Einrichtung in hohem Grade feuersicher.

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 Bahngebiete 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 Zahl der elektrisch beleuchteten Wagen dürfte in Europa über 40000 betragen und ist in schneller Zunahme begriffen; vollständig ist die elektrische Beleuchtung eingeführt in Italien, Schweiz und Dänemark; in großem Umfange in Frankreich und in England. In Deutschland sind gegenwärtig über 5000 Wagen elektrisch beleuchtet. In Rußland war die elektrische Beleuchtung im Jahre 1912 in rascher Einführung begriffen, die aber mit Kriegsbeginn zum Stillstand kam; gegenwärtig haben die Wagen vielfach keine Beleuchtung.

Die Gasbeleuchtung ist bei den deutschen Bahnen, den Bahnen des Gebiets der früheren österreichisch-ungarischen Monarchie, den Bahnen Englands, Schwedens und Finnlands gegenwärtig noch vorherrschend.

In der amerikanischen Zeitschrift *Railway Electrical Engineer* 1922, S. 318, ist eine Aufstellung über die Wagenbeleuchtung von 64 Eisenbahngesellschaften der Vereinigten Staaten und Kanada, die zusammen über eine Wagenzahl von 42346 verfügen und etwa 55% des gesamten Eisenbahnnetzes beider Länder umfassen, erschienen. Danach sind von 42346 Wagen im ganzen 17366 elektrisch beleuchtet; mit Gas 13441 Wagen; mit Ölbeleuchtung 9538 Wagen; Wagen, die neben der elektrischen Beleuchtung noch eine andere Art als Notbeleuchtung besitzen, 3456; Wagen mit Batterieausrüstung, die in geschlossener Zugbeleuchtung gebraucht werden, 1066; Maschinensätze für geschlossene Zugbeleuchtung 525 Wagen; Wagen mit Achsenbeleuchtung 9653; mit reiner Batteriebeleuchtung 2163.

Anlage- und Betriebskosten.

Kerzenbeleuchtung. Diese Beleuchtung ist in größerem Umfange nur in Rußland in Gebrauch. Die Kosten derselben sind in einem im Jahre 1912 erschienenen Bericht des Russischen Verkehrsministerium¹⁾ angegeben.

Nach diesen Angaben stellte sich die Ausrüstung eines Wagens I. Klasse mit 18 Laternen von je 1,4 HK zusammen 25,2 HK einschließlich einer Reserve an Laternen von 20% auf. . Rbl. 216,00

a) Von der Brenndauer unabhängige Betriebskosten:	
Tilgung und Verzinsung 6% von 216 Rbl.	„ 12,96
Transportkosten. Die Beförderung einer Tonne Gewicht benötigt bei 60 km Zuggeschwindigkeit $1\frac{1}{3}$ PS. Bei den der Berechnung zugrunde gelegten acht Schnellzugsparen der Russischen Nordwestbahn beträgt die reine Fahrzeit im Jahre nach Abrechnung der Aufenthaltszeiten 4155 Stunden. Hiermit ergibt sich eine Arbeit von $4155 \times 1\frac{1}{3} = 5510$ PS/st. Bei Annahme von 1,5 kg Kohlen für 1 PS/st werden hierfür 8310 kg oder 507,3 Pud Kohlen verbraucht. Das Gewicht einer Laterne beträgt 10 russische Pfund oder $\frac{1}{4}$ Pud; 18 Laternen demnach 4,5 Pud oder 0,074 Tonnen. Hierfür $0,074 \times 507,3 = 37,5$ Pud Kohlen zu 0,2 Rbl. ergibt	
	„ 7,50
Reparaturkosten 3% von 216,00	„ 6,48
Bedienung ist nicht zu rechnen	
	Rbl. 26,94

b) Von der Brenndauer abhängige Kosten:

Eine Stearinkerze von $\frac{1}{5}$ russ. Pfund brennt 6 Stunden. Bei einer täglichen Brenndauer von 1 Stunde werden im Jahre benötigt $\frac{18 \cdot 365}{5 \cdot 6 \cdot 40} = 5,475$ Pud zum Preise von 11 Rubel für 1 Pud = 60,23 Rbl. — Die jährlichen Kosten stellten sich mithin wie folgt:

Bei einer täglichen Brennzeit von 1 Stunde auf 87,17 Rbl. = 188,20 M., d. i. 2,86 Pf. für jede Lampenbrennstunde, und bei 1500 Brennstunden im Jahre auf 592,80 M. oder 2,2 Pf. für die Lampenbrennstunde.

Öl- und Petroleumbeleuchtung. Für Öl- und Petroleumbeleuchtung sind die Anlagekosten je nach der Ausführung des Lampenkörpers sehr verschieden, teilweise recht hoch. Nach C. Banovits²⁾ betragen die Kosten der Lampen z. B. bei der Badischen Staatsbahn 12,00 M., der Ungarischen Staatsbahn 15,00 M., während die Lampen System Lafaurie & Potel 65,00 M. bis 85,00 M. kosteten.

Die Kosten der Rübölbeleuchtung auf den Rumänischen Staatsbahnen berechneten sich nach der Veröffentlichung des Herrn Em. R.

¹⁾ Vergleichende Kostenberechnung von Kerzen-, Gas- und elektrischer Beleuchtung in Passagierzügen, herausgegeben vom Verkehrsministerium, Eisenbahnabteilung. St. Petersburg: Druckerei des Verkehrsministeriums 1912 (Russisch.)

²⁾ Bulletin usw. 1905, S. 129.

Samitca, aus dem Jahre 1900, damals Ingenieur dieser Bahnen¹⁾, wie folgt:

Beschaffungskosten einer Lampe Lafaurie-Potel Lei 80,00
mithin für einen Wagen mit 7 Lampen zu 7 HK „ 560,00

a) Von den Brennstunden unabhängige Betriebskosten:

Tilgung und Verzinsung 5% von 560,00 Lei „ 28,00

Unterhalt 5 Lei die Lampe „ 35,00

Personalkosten: 630 Lampen kosteten zur Bedienung
37,00 Lei täglich, mithin 7 Lampen im Jahre „ 148,00

Lei 211,00

b) Von den Brennstunden abhängige Kosten:

Kosten des Rüböls: 34 g für die Lampenbrennstunde,

Preis des Kilogramms ist 1,32 Lei. — Mithin betragen

die Kosten für eine mittlere tägliche Brenndauer von

von 1 Stunde im Jahre Lei 114,70

Kosten der Dochte „ 2,25

Lei 116,95

Die jährlichen Gesamtkosten bei einer durchschnittlichen täglichen Brenndauer von 1 Stunde betragen mithin 327,95 Lei, die Kosten einer

Lampenbrennstunde $\frac{327,95}{365 \cdot 7} = 12,8$ Bani oder 10,4 Pf., die einer Kerzenstunde 1,8 Bani = 1,5 Pf.

Bei einer täglichen Brenndauer von 5 Stunden, wie Samitca annimmt, waren die Jahreskosten Lei 211,00 + 116,95 · 5 = 795,75 Lei,

die Kosten einer Lampenbrennstunde mithin $\frac{795,75}{5 \cdot 365 \cdot 7} = 6,23$ Bani

= 5,05 Pf. und die einer Kerzenstunde bei 7 HK Leuchtkraft 0,89 Bani = 0,72 Pf.

Da in Deutschland das Rüböl wesentlich billiger war, nämlich 70 Pf. das Kilogramm, so würden sich unter sonst gleichen Umständen die Kosten hier für eine Lampenstunde auf 3,8 Pf. und für eine Kerzenstunden auf 0,54 Pf. gestellt haben. Dräger²⁾ berechnet die Kosten für die Beleuchtung eines Wagens mit 4 Lampen zu 7½ HK Leuchtkraft und 36 g Ölverbrauch zu 70 Pf. bei 1000 jährlichen Wagenbrennstunden = rund 3 Stunden täglich zu 202,50 M., d. i. 5,06 Pf. die Lampenstunde. Es ist hierbei mit einer Tilgung von 1½% und einer Verzinsung von 6% gerechnet; die Bedienung ist mit 18,25 M. für das Lampenjahr (bei Samitca mit 17,15 M.) angenommen.

Billiger stellte sich die Beleuchtung mit Petroleum oder mit Leuchtöl, da der Brennstoff wesentlich geringeren Preis hatte (Petroleum etwa 20 Pf., Leuchtöl 30 Pf.).

¹⁾ Samitca, Em. R.: Costul diferitelor Sisteme de Luminat al Vagoanelor cailor Ferate Romane. Buletinul Societatii Politecnice 1910, S. 34ff.

²⁾ Dräger: Wagenbeleuchtungsarten, die sich für Dampfbahnen eignen. Vortrag in der XIII. Versammlung des Vereins Deutscher Straßenbahn- und Kleinbahn-Verwaltungen zu Berlin, 22. September 1911.

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.

Fettgas. Die Kosten des Gases sind sehr verschieden je nach den Produktionsbedingungen, Preisen des Rohmaterials, Größe und Ausnutzung der Gasanstalten.

Onken¹⁾ gibt im Jahre 1911 die Kosten in den neueren Anlagen der Preußischen Staatsbahn zu 0,35 M. für 1 cbm nicht gepreßten Gases an, wozu noch die Pressungskosten auf 10 Atm. von 0,05 M. für 1 cbm kommen, so daß der Gesamtpreis 0,40 M. betragen hat.

In diesem Preise sind die Tilgungs- und Verzinsungskosten der Gasanstalt enthalten.

Bei Pressung auf 100 Atm. stellen sich die Kosten auf $0,35 + 2,78 \cdot 0,05 =$ rund 0,49 M.

Da seitens der Preußischen Staatsbahnen Aufstellungen über die Gesteungskosten seit dieser Zeit nicht mehr gemacht wurden, so muß auf die früheren zurückgegriffen werden.

1 cbm Fettgas kostete im Etatsjahre 1899 40,61 Pf. im Mittel bei 21 Gasanstalten. Eine Gasanstalt arbeitete mit 25,91 Pf. am billigsten, eine andere mit 97,8 Pf. am teuersten. 14 Gasanstalten haben einen Preis von über 40 Pf., sowie 6 Anstalten einen solchen von über 60 Pf. erreicht. C. Banovits hat über die Kosten des Gases auf anderen Bahnen Angaben gemacht, in welchen jedoch leider die Verzinsung und Amortisation der Anlagen nicht einbegriffen sind.

Es stellen sich hiernach die Kosten bei der

Kaiser-Ferdinand-Nordbahn	auf 28,3 Pf.
Österreichischen Staatsbahn	„ 37,4 „
Ungarischen Staatsbahn	„ 23,9 „
Holländischen Bahn	„ 23,6 „
Mecklenburg. Friedrich-Franz-Bahn	„ 39,9 „
Württembergischen Staatsbahn	„ 41,2 „
Oldenburgischen Staatsbahn	„ 58,1 „
Warschau-Wiener Bahn	„ 65,6 „

Für die Bayerischen Bahnen betragen nach Banovits die Kosten eines Kubikmeters 44,9 Pf. mit Amortisation und Verzinsung.

Bahnverwaltungen ohne eigene Gasanstalten bezogen von den deutschen Staatsbahnen das Gas zum Preise von 1,00 M. für den Kubikmeter.

Wesentlich für die Betriebskosten ist der Verbrauch von Glühstrümpfen. Prasch²⁾ gibt eine mittlere Haltbarkeit von 100—110 Brennstunden an. Dräger³⁾ führt aus, daß bei Klein- und Nebenbahnen oft nur eine Haltbarkeit von 100 Stunden erzielt wird, und zwar zur Winterszeit, wobei auf einen Strumpf die geringe Zahl von 1640 Zugkilometern entfällt; in der Sommerszeit ist die Lebensdauer

¹⁾ Glasers Annalen 1911, S. 88.

²⁾ v. Stockert, L. Handbuch 1, 676, 1909.

³⁾ Dräger, Wagenbeleuchtungsarten, die sich für Kleinbahnen eignen. Zeitschrift für Kleinbahnen 1911, S. 936ff.

der Glühstrümpfe, auf die Brennstunde bezogen, noch wesentlich ungünstiger. Der Preis stellte sich auf etwa 20 Pf. für das Stück.

Die Beschaffungskosten einer Wageneinrichtung stellten sich für einen D-Zugwagen der Reichsbahn, welcher mit 8 Abteil- und 8 Nebenraumlampen ausgerüstet ist, auf etwa 2000 M., die eines Personenzugwagens mit 6 Abteillampen und 2 Nebenraumlampen auf 1200 M., die Einrichtung einer Lokomotivbeleuchtung auf 680 M.

Die bei der jetzigen Kohlengasbeleuchtung benutzten Brenner P_2 mit 38 l/St. Gasverbrauch, umgerechnet auf Gasmesserdruck, ergeben bei Fettgas (Pressgasglühlicht) etwa 70 HK, die Brenner P_3 mit 25,3 l/St. Verbrauch etwa 40 HK. Die Abteillampen der D-Zugwagen haben bei der jetzigen Beleuchtung P_2 -Brenner, die Nebenraumlampen P_3 -Brenner, so daß der Gesamtgasverbrauch des Wagens 506 l/St. beträgt. Die Betriebskosten berechnen sich bei Annahme eines mittleren Gaspreises von 50 Pf. je cbm wie folgt:

Von der Brennstundenzahl unabhängige Kosten:	
Tilgung und Verzinsung, 10 % von 2000 M.	M. 200,00
Unterhalt der Einrichtung 2 M. für die Lampe	„ 32,00
Bedienung (Füllen, Reinigen) angenommen zu 3 M. für die Lampe	„ 48,00
	<u>M. 280,00</u>

Von der Brennstundenzahl abhängige Kosten bei 1 Stunde täglicher Brenndauer:

Gasverbrauch ($0,506 \times 365 \times 0,5$	M. 92,35
Füllverlust, Beförderungskosten 30%	„ 72,70
Glühkörperverbrauch bei 100 Stunden Haltbarkeit	„ 12,25
	<u>M. 132,30</u>

Die jährlichen Kosten stellen sich mithin bei einer täglichen Brennzeit von 1 Stunde auf 412,63 M., und für jede Stunde Brennzeit mehr steigen die Kosten um 132,30 M.

Haben die Abteillampen aber Brenner P_3 statt P_2 , so errechnen sich die Kosten bei einer Stunde Brennzeit auf 388,28 M., und für jede Stunde mehr erhöhen sich die Kosten um 108,28 M.

Bei einem P-Zugwagen mit 8 Lampen mit Brennern P_3 und einem Gasverbrauch von 202 l/St. berechnen sich die Kosten in gleicher Art bei einer täglichen Brenndauer von einer Stunde zu 214,05 M. und erhöhen sich für jede Stunde mehr um 54,05 M.

Bei Berechnung der Betriebskosten ist Abstand genommen von einer Berücksichtigung der für die Fortbewegung des Gewichtes der Einrichtung entstandenen Kosten.

In obigen Berechnungen ist der Gasverlust bei Füllung sowie wegen Undichtigkeiten in den Leitungen mit etwa 30 % angenommen worden. Wahrscheinlich dürfte der Verlust indes größer sein.

Die Rumänischen Staatsbahnen haben bei Blaugasbeleuchtung einen höheren Gasverlust festgestellt. Sorgfältig ausgeführte Messungen in der Werkstatt ergaben einen Verbrauch an Gas für eine Kerzestunde von 0,52 g. Im praktischen Betriebe vorgenommene Aufzeichnungen durch einen zwei Versuchswagen begleitenden Beamten über die Brennstunden und die Zahl der verwendeten Flaschen ergaben einen Ver-

brauch von 1,02 g, also einen Verlust von 100%¹⁾. Die Höhe des Verlustes hat bei den hohen Kosten des Gases natürlich einen großen Einfluß auf die Betriebskosten.

Die Kosten eines Mischgases mit 25 % Azetylen betragen bei den Preußischen Staatsbahnen im Etatsjahr 1899 im Mittel 59,3 Pf., wobei die Gesteungskosten in den einzelnen der 33 Gasanstalten von 35,18 Pf. bis 110 Pf. für 1 cbm schwankten und 20 Anstalten teurer als 60 Pf. für 1 cbm arbeiteten. Dabei betrug die Leuchtkraft einer Flamme mit 27,5 l Gasverbrauch 14 HK.

Steinkohlengas. Die Kosten der Beleuchtung mit diesem Gas sind keineswegs geringer als die mit Fettgas. Es wird rund doppelt so viel Gas für die gleiche Leistung verbraucht wie bei Ölgas. Für gleiche Leistung sind also doppelt so große Gasbehälter erforderlich. Dräger²⁾ führt folgendes aus:

„Wenn es nun auch nahe liegt, die Steinkohlengasbeleuchtung für Kleinbahnen geeignet zu halten, weil sie überall dort zur Anwendung gelangen kann, wo eine Gasanstalt besteht, so muß demgegenüber betont werden, daß in vielen Fällen von kleineren Gasanstalten hergestelltes Gas sich zum Verbrennen in Glühstrümpfen überhaupt nicht eignet, daß ferner diese Beleuchtung wegen der Gaskomprimierung wirtschaftlich nur möglich ist, wenn an einer Stelle eine größere Zahl von Wagen zur Beleuchtung mit Gas zu füllen ist. Der in der Zusammenstellung für die Kosten eines Kubikmeters Steinkohlengases eingesetzte Preis von 50 Pf. setzt schon voraus, daß an einer Stelle mindestens 28 Wagen mit Gas zu beschicken sind. Handelt es sich um weniger Wagen, so wachsen die Kosten für 1 cbm ganz außerordentlich, da, abgesehen von den nackten Kosten für Arbeitsleistung bei der Kompression, für Verzinsung, Unterhaltung und Amortisation der erforderlichen Kompressionsanlagen jährlich mit einem Betrage von 800 M. zu rechnen ist.“

Rechnet man bei nicht zu kleinen Anlagen mit einem Kostenbetrag von 5 Pf. für die Pressung des Gases auf 10 Atm. und den Preis des Gases zu 15 Pf. für 1 cbm, so würden sich die Kosten desselben für gleiche Leuchtkraft auf den Preis von 40 Pf. stellen.

Blaugas. Der Preis des verflüssigten Gases betrug 1913 für 1 kg 1,20 M., wozu noch die Leihgebühr der Flaschen, sowie die Transportkosten für die Flaschen ab Werk Augsburg und die Rücksendungskosten der leeren Flaschen kommen. Onken³⁾ schätzt die Gesteungskosten des Gases auf 0,80 M. für 1 kg, worin 0,14 M. für 1 cbm Kosten für Pressung des Gases auf 1 Atm. enthalten sind.

1 kg flüssiges Blaugas ergibt nach der Entspannung auf gewöhnlichen Brenndruck 800 l, so daß sich demnach die Gesteungskosten für 1 cbm auf 1 M. stellen würden.

¹⁾ Em. R. Samitca, Costul diferitelor Sisteme de Luminat al Vagoanelor Cailor Ferate Romane, Buletinul Societatii Politecnice 1910, S. 40ff.

²⁾ a. a. O. S. 931.

³⁾ a. a. O. S. 90.

Das Blaugas ist bis jetzt nur in sehr geringem Umfange für Wagenbeleuchtung benutzt worden.

Dräger gibt die Kosten einer Wageninstallation mit vier Lampen zu 550 M. an, also gleich den Kosten der Fettgaseinrichtung, und den Gaspreis (wohl einschließlich Leihgebühr der Flaschen und Transportkosten) zu 1,80 M. für 1 cbm; die Helligkeit ist nach der gleichen Quelle 32 HK für einen stündlichen Gasverbrauch von 15 l, also etwas höher als 2 HK-Stunden für 1 l.

Erdgas. Es wird angegeben, daß die Selbstkosten im Umkreise von 200 km von der Gasquelle einschließlich der Förderkosten 7,5 Pf. für 1 cbm betragen haben (vor 1914).

Azetonazetylen. Über die Kosten gibt A. Pogany im Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens 1912, S. 391¹⁾ Zahlen. — Die Einrichtung eines vierachsigen Personenwagens mit neun Abteillampen, je zu 37 HK, sechs Seiten- und Nebenlampen, je zu 16 HK, zusammen 430 HK betragen 3570 M. Der Gasverbrauch ist durchschnittlich 0,12 l für die HK-Stunde, im ganzen 75 l für die Stunde; die Herstellung des Preßgases bei einem Preise des Karbids von 0,20 M., für das Kilogramm 1,27 M. für den Kubikmeter. Die Betriebskosten ergeben sich nach der gleichen Art, wie für Fettgas berechnet, wie folgt:

a) Von der Ausnutzung unabhängige Kosten:	
Tilgung und Verzinsung 10 % von 3570 M.	357,00 M.
Instandhaltung 1 %	35,70 „
Bedienung (Füllen, Reinigen, angenommen, wie bei Ölgas zu 3 M. für die Lampe).	48,— „
	<hr/>
	440,70 M.
b) Von der Ausnutzung abhängige Kosten:	
Gasverbrauch 0,075 · 365 · 1,27 M.	34,76 M.
Glühkörperverbrauch: zu 20 Pf. und 100 Stunden Haltbarkeit . . .	10,95 „
Füllverlust 30 %	10,43 „
	<hr/>
	56,14 M.

Die jährlichen Kosten sind mithin bei einer täglichen Betriebszeit von 1 Stunde 496,84 M. und steigen für jede Stunde täglicher Brennzeit um 56,14 M.

Hierbei ist der Preis von 1,27 M. für den Kubikmeter Azetylen zugrunde gelegt, wie er sich bei Eigenerzeugung stellen dürfte. Bei Bezug des Gases zu einem Preise von 2 M. für 1 cbm würden die Betriebskosten entsprechend höhere sein.

Elektrische Beleuchtung. Reine Sammlerbeleuchtung. Da die Preise der Batterien je nach ihrer Bauart sehr verschieden sind, auch in den einzelnen Ländern je nach den Herstellungsbedingungen, Zollverhältnissen usw. sehr voneinander abweichen, so ist ein Vergleich der Kosten nicht leicht.

Die Kosten einer Einrichtung für einen D-Zug-Wagen mit Batteriebeleuchtung der Preußischen Staatsbahn betragen vor 1914 rund 2600 M.

Die Batterie besteht aus 16 Elementen der Größe X GO 50 mit einer Leistung von 370 Amp.-Stunden und ist ausreichend, die Beleuchtung von 16 Lampen zu 20 Watt (25 HK) und 8 Lampen zu

¹⁾ Pogany, A.: Beleuchtung in Eisenbahnwagen mit gelöstem Azetylen.

12 Watt auf die Dauer von 22 Stunden zu speisen. Die Aufladung erfolgt in den Behältern des Wagens. Die angenommene Helligkeit in den Abteilen entspricht etwa derjenigen des Gasglühlichts für ein Abteil.

a) Von der Ausnutzung unabhängige Kosten:

Tilgung und Verzinsung 10% von 2600 M.	M. 260,00
Unterhalt der Wageninstallation 1% von 1200 M.	„ 12,00
Unterhalt der Batterie	„ 108,00
Bedienung	„ 75,00
	<u>M. 455,00</u>

b) Von der Ausnutzung abhängige Kosten:

Ladekosten: Bei einer täglichen Brenndauer von 1 Stunde werden im Jahre benötigt 152 kW-Stunden. Bei einem Wirkungsgrad des Ladedienstes von 65% sind an den Klemmen der Lademaschine 234 kW-Stunden abzugeben. Bei einem Preise von 10 Pf. für 1 kW-Stunde.	M. 23,40
Lampenersatz: 24 Lampen bei 365 Stunden und einer Haltbarkeit von 1000 Stunden erfordern einen Ersatz von 8,7 Lampen zu 1,35 M. einschl. Steuer	„ 11,74
	<u>M. 35,14</u>

Es stellen sich mithin die Gesamtkosten unter den angenommenen Voraussetzungen bei einer täglichen Brenndauer von 1 Stunde auf 490,14 M. und für jede Stunde tägliche Brennzeit mehr steigen die Kosten um 35,14 M.

Bei Aufladung der Batterien außerhalb des Wagens müssen die Batterien von leichter Bauart 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 von Batterien, sowie durch die höheren Bedienungskosten für den Batteriewechsel die Betriebskosten sich eher höher stellen als bei Aufladung im Wagen.

Einzelwagenbeleuchtung mit Maschinenanlage. Die Kosten der Einrichtung mit derselben Lampenzahl stellen sich auf rund 3000 M.

a) Von der Ausnutzung unabhängige Kosten:

Tilgung und Verzinsung 10% von 3000 M.	M. 300,00
Unterhalt der Maschine und Apparate 5% von 1000 M.	„ 50,00
Unterhalt der Batterie 7½% von 700 M.	„ 52,50
Unterhalt der Installation 1% von 1000 M.	„ 10,00
Bedienung	„ 60,00
Riemenverbrauch 2 Stück zu je 30 M.	„ 40,00
	<u>M. 532,50</u>

b) Von der Ausnutzung abhängige Kosten:

Kraftverbrauches: Bei einer täglichen Brenndauer von 1 Stunde werden 152 kW-Stunden benötigt; bei einem Wirkungsgrad von 75% mithin 203 kW-Stunden. 1 kWStunde verbraucht 2 kg Kohle zu 20/t	M. 8,12
Lampenersatz wie bei 1	„ 11,74
	<u>M. 19,86</u>

Es stellen sich mithin die Gesamtkosten unter den angenommenen Voraussetzungen bei einer täglichen Brenndauer von 1 Stunde auf 552,36 M., und für jede Stunde Brennzeit täglich mehr steigen die Kosten um 19,86 M.

Aus dem in Abb. 120 dargestellten Kostenvergleich für D-Zugwagen geht hervor, daß die elektrische Beleuchtung sich gegenüber der Gasbeleuchtung um so vorteilhafter stellt, je stärker die Ausnutzung ist.

Man wird wohl als mittlere Beleuchtungszeit der Wagen in Deutschland 800—1000 Stunden im Jahre annehmen können; das entspricht einer 2¹/₂—3stündigen mittleren täglichen Brenndauer. Aus der Abbildung ist zu ersehen, daß auch vom wirtschaftlichen Standpunkte aus die elektrische Beleuchtung den Vorzug verdient.

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 völlig wertlos.

Erörterungen über die Kosten reiner Sammlerbeleuchtung gegenüber Maschinenbeleuchtung sind in der Zeitschrift „Der Eisenbahnbau“ April 1919, S. 13, in einem Aufsatz „Die Nachteile der elektrischen Batteriebeleuchtung“, ferner in der „Zeitung des Vereins

deutscher Eisenbahn-Verwaltungen“ 31. Mai 1919 unter der Aufschrift „Elektrische Beleuchtung von Eisenbahnwagen“ veröffentlicht. Eine Besprechung der beiden Aufsätze findet sich in der „Elektrotechnischen Zeitschrift“ 1921, S. 26.

Sehr entschieden tritt Regierungsbaurat Ed. Höpner vom Reichsverkehrsministerium in einem Vortrage, den er am 10. Februar 1921 in der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft gehalten hat, für die Maschinenbeleuchtung ein. Er bringt folgende Aufstellung über die im Betriebe entstandenen reinen Unterhaltungskosten in den Jahren 1914 und 1919 der vormaligen Preußischen Staatseisenbahn:

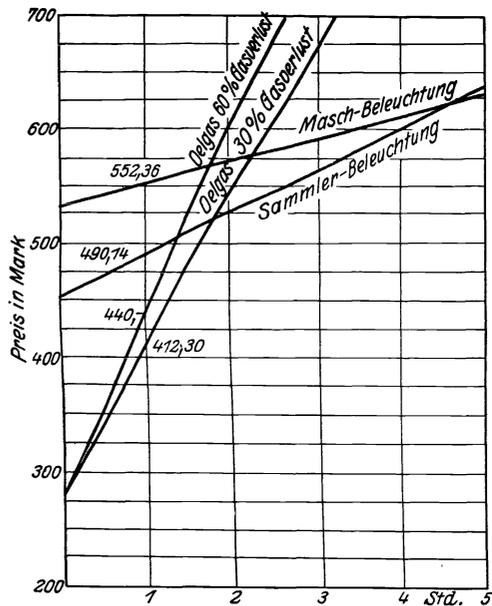


Abb. 120. Kostenvergleich für D-Zugwagen.

D-Wagen	Preis der Einrichtung in Mark		Gewicht d. Wageneinrichtung in kg	Unterhaltung in % des Anlagekapitals der Wageneinrichtung 1918/19
	1914	1919		
Gas	1900	19000	1200	8,6% = M. 1634
Reine Batterie	2200/2600	28/37000	1400	6,0% = M. 1680/2200
Einzelachsantrieb	4300/4600	40/43000	700	2,0% = M. 880/900

Zu dieser Aufstellung ist allerdings zu bemerken, daß bei der reinen Sammlerbeleuchtung die Unterhaltungskosten der Batterie jährlich in gleicher Höhe ausgegeben werden, da die Batterien von dem Lieferwerk gegen eine jährlich zu zahlende Summe unterhalten werden, während das bei Maschinenbeleuchtung nicht der Fall ist. Höpner bemerkt:

„Auch ein Vergleich der während der Fahrt zu transportierenden Gewichte fällt zugunsten des Einzelantriebes aus, wenn auch berücksichtigt werden muß, daß die D-Zug-Wagen wegen ihres einseitigen Baues ohne die Batterie besonderen Ausgleichsballast haben müssen. Immerhin ist es nicht ganz ohne Interesse festzustellen, wie hoch sich die reinen Transportkosten für 1000 kg Ausrüstung stellen. Bei einem Zugwiderstand von 6 kg/t und einem zurückgelegten Weg von 600 km/Tag und 220 000 km/Jahr ergibt sich bei einem Verbrauch von 1,9 kg Kohle/PS-Stunde an der Achse ein Gesamtverbrauch von

$$\frac{6 \cdot 1000 \cdot 600 \cdot 365 \cdot 1,9}{3600 \cdot 75} = 9240 \text{ kg Kohle jährlich}$$

und bei einem Kohlenpreis von 250 M./t (auf der Lokomotive) ein Gesamtpreis von

M. 2300,00 jährlich.

Die reinen Transportkosten für die Wageneinrichtungen wären also für:

	Gewicht in kg	Transportkosten jährlich in M.
Gasbeleuchtung	1200	2760
Elektrische Zugbeleuchtung {	reine Batterie	1400
	Achsenantrieb	700
		3220
		1610

Die Kosten sind unabhängig von der Brenndauer und abhängig von dem zurückgelegten Weg. Je größer die Jahreskilometerleistung wird, um so günstiger wird der Vergleich für den Achsantrieb.“

Ferner:

„Die elektrische Achsbeleuchtung bedingt nur einen Mehraufwand an Energie, die von der Lokomotive mit erzeugt werden muß.

1 kW-Stunde = 1,36 PS-Stunden = 1,36 · 1,9 Kohle = 2,6 kg Kohle an der Wagenachse. Bei einem Wirkungsgrad der Beleuchtungseinrichtung von insgesamt 60% und einem Kohlenpreis von 250 M./t ergibt dies einen Preis von 1,1 M./kW-Stunde im Abteil. Der Verbrauch eines D-Zug-Wagens 2./3. Klasse wird zu 540 W/Stunde angenommen.

Dann kostet eine Wagenbeleuchtung im Jahre: bei elektrischer Zugbeleuchtung (Achsantrieb) $\frac{1,1 \cdot 540 \cdot 366}{1000} = 217 \text{ M. oder rund 1 t}$

Kohle. Im allgemeinen beträgt die Brenndauer eines D-Zug-Wagens etwa 1650—1850 Stunden, das sind 4,5—5 Stunden täglich. In den Preisen ist zu berücksichtigen, daß bei Talfahrten, beim Auslaufen und Bremsen eines Zuges keine Mehrleistung in Rechnung gesetzt werden darf. Daher ist der Verbrauch von 1 t Kohle im Jahr für die täg-

liche Brennstunde eher zu ungünstig als zu günstig anzusehen und gegebenenfalls je nach den Betriebsverhältnissen um 10—20% zu verringern.“

In einem weiteren Aufsatz, betitelt: „Die Wirtschaftlichkeit elektrischer Zugbeleuchtung“ in der Zeitschrift „Verkehrstechnik“ 1921, S. 383, tritt der gleiche Verfasser nochmals für die Maschinenbeleuchtung ein.

Es ist anzuerkennen, daß für die Verhältnisse eines so verwickelten Betriebes, wie er bei größeren Eisenbahnverwaltungen vorliegt, die Maschinenbeleuchtung unbestrittene Vorzüge hat, so daß der Entschluß der deutschen Eisenbahnverwaltungen, zu dieser überzugehen, durchaus gerechtfertigt ist.

Elektrische Starkstromanlagen. Maschinen, Apparate, Schaltungen, Betrieb. Kurzgefaßtes Hilfsbuch für Ingenieure und Techniker sowie zum Gebrauch an technischen Lehranstalten. Von Studienrat Dipl.-Ing. **Emil Kosak**, Magdeburg. Sechste, durchgesehene und ergänzte Auflage. Mit 296 Textfiguren. (342 S.) 1923.
5,50 Goldmark; gebunden 6,50 Goldmark / 1,35 Dollar; gebunden 1,60 Dollar

Schaltungen von Gleich- und Wechselstromanlagen. Dynamomaschinen, Motoren und Transformatoren, Lichtanlagen, Kraftwerke und Umformerstationen. Ein Lehr- und Hilfsbuch. Von Studienrat Dipl.-Ing. **Emil Kosak**, Magdeburg. Mit 226 Textabbildungen. (164 S.) 1922.
5 Goldmark / 1,20 Dollar

Grundzüge der Starkstromtechnik. Für Unterricht und Praxis. Von Dr.-Ing. **K. Hoerner**. Mit 319 Textabbildungen und zahlreichen Beispielen. (262 S.) 1923.
4 Goldmark; gebunden 5 Goldmark / 0,95 Dollar; gebunden 1,20 Dollar

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 Zahnradbahnen und Drahtseilbahnen von Ing. **H. H. Peter**, Zürich. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 751 Abbildungen im Text und auf einer Tafel. (670 S.) 1924.
Gebunden 48 Goldmark / Gebunden 11,45 Dollar

Die Maschinenlehre der elektrischen Zugförderung. Eine Einführung für Studierende und Ingenieure. I. Band: Die Ausrüstung der elektrischen Fahrzeuge. Von Dr. **W. Kummer**, Ingenieur, Professor an der Eidgen. Techn. Hochschule in Zürich. Mit 108 Abbildungen im Text. (194 S.) 1915.
Gebunden 6,30 Goldmark / Gebunden 1,50 Dollar

Die Energieverteilung für elektrische Bahnen. Von Dr. **W. Kummer**, Ingenieur, Professor an der Eidgen. Techn. Hochschule in Zürich. (II. Band der »Maschinenlehre«.) Mit 62 Abbildungen im Text. (162 S.) 1920.
Gebunden 5 Goldmark / Gebunden 1,20 Dollar

Die Dampflokomotive in entwicklungsgeschichtlicher Darstellung ihres Gesamtaufbaues. Von Professor **J. Jahn**, Techn. Hochschule der Freien Stadt Danzig. Mit 332 Abbildungen im Text und auf 4 Tafeln. (365 S.) 1924. Gebunden 18 Goldmark / Gebunden 4,30 Dollar

Die zeitgemäße Heißdampflokomotive. Zugleich eine Ergänzung der 2. Auflage des Handbuches »Die Dampflokomotiven der Gegenwart«. Von Dr.-Ing. e. h. **Robert Garbe**, Geh. Baurat, vormals Mitglied des Eisenbahn-Zentralamts Berlin. Mit 116 Textabbildungen und 52 Zahlentafeln. (176 S.) 1924.
Gebunden 14 Goldmark / Gebunden 3,35 Dollar

Handbuch der elektrischen Beleuchtung. Von **Jos. Herzog**, diplomierter Elektroingenieur, Budapest und Professor **Clarence Feldmann**, Delft. Dritte, vollständig umgearbeitete Auflage. Mit 707 Textfiguren. (777 S.) 1907. Gebunden 20 Goldmark / Gebunden 4,80 Dollar

Die Berechnung elektrischer Leitungsnetze in Theorie und Praxis. Von Dipl.-Ing. **Jos. Herzog** †, Budapest und Professor **C. Feldmann**, Delft. Vierte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit etwa 520 Textfiguren. In Vorbereitung

Die Quarzlampe. Von Dr. **J. C. Pole**, Hoboken. Mit 47 Textabbildungen. (92 S.) 1914. 4,20 Goldmark / 1 Dollar

Die wissenschaftlichen Grundlagen der Elektrotechnik. Von Professor Dr. **Gustav Benischke**. Sechste, vermehrte Auflage. Mit 633 Abbildungen im Text. (698 S.) 1922. Gebunden 18 Goldmark / Gebunden 4,30 Dollar

Kurzes Lehrbuch der Elektrotechnik. Von Professor Dr. **Adolf Thomälen**, Karlsruhe. Neunte, verbesserte Auflage. Mit 555 Textbildern. (404 S.) 1922. Gebunden 9 Goldmark / Gebunden 2,15 Dollar

Kurzer Leitfaden der Elektrotechnik für Unterricht und Praxis in allgemeinverständlicher Darstellung. Von Ingenieur **Rudolf Krause**. Vierte, verbesserte Auflage, herausgegeben von Professor **H. Vieweger**. Mit 375 Textfiguren. (278 S.) 1920. Gebunden 6 Goldmark / Gebunden 1,45 Dollar

Aufgaben und Lösungen aus der Gleich- und Wechselstromtechnik. Ein Übungsbuch für den Unterricht an technischen Hoch- und Fachschulen, sowie zum Selbststudium. Von Professor **H. Vieweger**. Achte Auflage. Mit 210 Textfiguren und 2 Tafeln. Unveränderter Neudruck. (302 S.) 1923. 4 Goldmark; gebunden 5 Goldmark / 0,95 Dollar; gebunden 1,20 Dollar

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. (143 S.) 1920. 1,80 Goldmark / 0,45 Dollar

Druckfehler- Berichtigung.

Seite 72, 1. Zeile muß es heißen:

1400 Umdrehungen 110 Volt 60 Amp.,
statt 110 Volt 60 Amp. und 1400 Umdr.

Seite 85, Zeile 16 muß es heißen:

Abb. 54 a, b, c, statt Abb. 53 a, b, c.

Seite 201, Zeile 24 muß es heißen:

412,30 M, statt 412,63 M.