

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

L. inw.

~~26~~

Druk. U. J. Zam. 356. 10.000.

Dipl.-Ing. August Boshart

Mit 72 Abbildungen



559

Sammlung Götschen

Unser heutiges Wissen
in kurzen, klaren, allgemeinverständlichen
Einzeldarstellungen

Vereinigung wissenschaftlicher Verleger

Walter de Gruyter & Co.

vormals G. J. Götschen'sche Verlagshandlung / J. Guttentag, Verlags-
buchhandlung / Georg Reimer / Karl J. Trübner / Veit & Comp.

Berlin W. 10 und Leipzig

Tiefbautechnische Bibliothek

aus der Sammlung Götschen

Geologie von Dr. Edgar Daqué.

I. Allgemeine Geologie. Mit 75 Figuren Nr. 13

II. Stratigraphie. Mit 56 Figuren und 7 Tafeln Nr. 846

Mineralogie von Prof. Dr. R. Brauns. Mit 132 Figuren. Nr. 29

Petrographie von Prof. Dr. W. Bruhns. Mit 15 Figuren. Nr. 173

Praktisches Zahlenrechnen von Prof. Dr.-Ing. P. Werk-
meister. Mit 58 Figuren Nr. 405

Technische Tabellen u. Formeln v. Dr.-Ing. W. Müller.
Mit 106 Figuren Nr. 579

Materialp

Technik

K. Memr

I. Met

für I

II. Met

Mas

Schr

31 F

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000295779

e

f.

el

. Nr. 311

s

g.

it

. Nr. 312

Statik von Prof. W. Hauber.	
I. Die Grundlehren der Statik starrer Körper. Mit 82 Fig.	Nr. 178
II. Angewandte Statik. Mit 61 Figuren	Nr. 179
Graphische Statik mit besonderer Berücksichtigung der Einflußlinien von Dipl.-Ing. Otto Henkel. 2 Bände. Mit 121 Figuren	Nr. 603, 695
Festigkeitslehre von Prof. W. Hauber. Mit 56 Figuren.	Nr. 288
Aufgabensammlung z. Festigkeitslehre m. Lösungen von Dipl.-Ing. R. Haren. Mit 42 Figuren	Nr. 491
Hydraulik v. Dipl.-Ing. Prof. W. Hauber. Mit 44 Figuren.	Nr. 397
Kinematik von Dipl.-Ing. Hans Polster. Mit 76 Figuren.	Nr. 584
Elastizitätslehre für Ingenieure. I. Grundlagen und Allgemeines über Spannungszustände, Zylinder, Ebene Platten, Torsion, Gekrümmte Träger von Prof. Dr.-Ing. Max Enßlin. Mit 60 Figuren	Nr. 519
Geometrisches Zeichnen von H. Becker, neubearbeitet v. Prof. J. Vonderlinn. Mit 290 Fig. u. 23 Tafeln i. Text.	Nr. 58
Schattenkonstruktionen von Prof. J. Vonderlinn. Mit 114 Figuren	Nr. 236
Parallelperspektive. Rechtwinklige und schiefwinklige Axonometrie von Prof. J. Vonderlinn. Mit 121 Figuren.	Nr. 260
Zentral-Perspektive v. Hans Freyberger, neubearbeitet von Prof. J. Vonderlinn. Mit 132 Figuren	Nr. 57
Darstellende Geometrie von Prof. Dr. Robert Haubner.	
I. Mit 110 Figuren	Nr. 142
II. Mit 40 Figuren	Nr. 143
Die Baustoffkunde von Prof. H. Haberstroh. Mit 36 Fig.	Nr. 506
Vermessungskunde von Prof. Dipl.-Ing. P. Werkmeister.	
I. Feldmessen und Nivellieren. Mit 146 Figuren . . .	Nr. 468
II. Der Theodolit. Trigonometrische und barometrische Höhenmessung. Tachymetrie. Mit 109 Figuren . .	Nr. 469
Die Kostenberechnung im Ingenieurbau von Prof. E. Kuhlmann und Dr.-Ing. H. Nitzsche. Mit 5 Tafeln.	Nr. 750
Erdbau von Reg.-Baumeister Erwin Link. Mit 72 Figuren.	Nr. 630
Landstraßenbau von Ober-Ing. A. Liebmann. Mit 44 Fig.	Nr. 598
Stadtstraßenbau von Dr.-Ing. Georg Klose. Mit 50 Fig	Nr. 740
Die Entwicklung des modernen Eisenbahnbaues von Dipl.-Ing. Alfred Birk. Mit 27 Figuren	Nr. 553
Die Linienführung d. Eisenbahnen v. Prof. H. Wegele. Mit 52 Figuren	Nr. 623
Hochbauten d. Bahnhöfe v. Eisenbahnbauinsp. C. Schwab.	
I. Empfangsgebäude. Nebengebäude. Güterschuppen. Lokomotivschuppen. Mit 91 Figuren	Nr. 515
Die mechanischen Stellwerke der Eisenbahnen von Oberbaurat a. D. S. Scheibner. 3 Bände. Mit vielen Figuren	Nr. 674, 688, 747

- Die Kraftstellwerke der Eisenbahnen** von Oberbaurat a. D. S. Scheibner. 2 Bände. Mit 72 Figuren. Nr. 689, 690
- Das elektrische Fernmeldewesen bei den Eisenbahnen** von Geh. Baurat K. Fink. Mit 50 Figuren . . . Nr. 707
- Eisenbahnfahrzeuge** v. Reg.-Baumeister H. Hinnenthal.
 I. Die Dampflokomotiven. Mit 89 Fig. i. Text u. 2 Tafeln. Nr. 107
 II. Die Eisenbahnwagen und Bremsen. Mit Anhang: Die Eisenbahnfahrzeuge im Betrieb. Mit 56 Figuren im Text und 3 Tafeln Nr. 108
- Der Eisenbahnbetrieb** v. Oberbaurat a. D. S. Scheibner. Mit 3 Figuren Nr. 676
- Der Eisenbahnverkehr** v. Eisenbahn-Rechnungsdirektor Theodor Wilbrand Nr. 618
- Schmalspurbahnen** (Klein-, Arbeits- und Feldbahnen) v. Dipl.-Ing. August Boshart. Mit 99 Figuren Nr. 524
- Straßenbahnen** v. Dipl.-Ing. August Boshart. Mit 72 Fig. Nr. 559
- Kolonial- und Kleinbahnen** v. Geh. Oberbaurat Prof. F. Baltzer.
 I. Begriff und Wesen, Kolonialbahnen Afrikas, Kleinbahnen der wichtigsten Länder u. a. Mit 7 Figuren. Nr. 816
 II. Bauliche Ausgestaltung von Bahn und Fahrzeug, Betrieb und Verkehr. Mit 22 Figuren Nr. 817
- Die allgemeinen Grundlagen des Brückenbaues** von Geh. Baurat Prof. Dr.-Ing. Th. Landsberg. Mit 45 Fig. Nr. 687
- Gründungen d. Brücken** v. Prof. Th. Janssen. Mit 40 Fig. Nr. 803
- Eisenbetonbrücken** von Dr.-Ing. K. W. Schaechterle Mit 104 Figuren Nr. 627
- Wasserversorgung der Ortschaften** von Prof. Dr.-Ing. Robert Weyrauch. Mit 85 Figuren Nr. 5
- Entwässerung und Reinigung der Gebäude** von Dipl.-Ing. Wilhelm Schwaab. Mit 92 Figuren Nr. 822
- Gas- und Wasserversorgung** von Dipl.-Ing. Wilhelm Schwaab. Mit vielen Figuren Nr. 412
- Flußbau** von Regierungsbaumeister Otto Rappold. Mit vielen Figuren Nr. 597
- Kanal- und Schleusenbau** von Regierungsbaumeister Otto Rappold. Mit 78 Figuren Nr. 585
- Wasserkraftanlagen** von Regierungsbaumeister a. D. Dr.-Ing. Th. Rümelin.
 I. Beschreibung. Mit 66 Figuren Nr. 665
 II. Gewinnung der Wasserkraft. Mit 35 Figuren Nr. 666
 III. Bau und Betrieb. Mit 56 Figuren Nr. 667
- Meliorationen** von Baurat Otto Fauser. 2 Bände. Mit vielen Figuren Nr. 691, 692

Weitere Bände sind in Vorbereitung

Sammlung Göschen

Straßenbahnen

Von

Dipl.-Ing. August Boshart

in Augsburg

Mit 72 Abbildungen

Zweite, verbesserte Auflage



Berlin und Leipzig,
Vereinigung wissenschaftlicher Verleger
Walter de Gruyter & Co.

vormals G. J. Göschen'sche Verlagshandlung — J. Guttentag, Verlags-
buchhandlung — Georg Reimer — Karl J. Trübner — Veit & Comp.

1920



~~196~~ I-301392

Alle Rechte, insbesondere das Übersetzungsrecht,
von der Verlagsbuchhandlung vorbehalten.

Druck von C. G. Röder G. m. b. H., Leipzig. 883919

Akc. Nr.

~~399~~ / 51

BPH-B-562/2016

Inhaltsübersicht.

	Seite
Einleitung. Begriffserklärung; geschichtliche Entwicklung der Straßenbahnen	7
I. Abschnitt. Die verschiedenen Betriebsarten der Straßenbahnen	
a) Bahnen mit tierischer Zugkraft	10
b) Dampfstraßenbahnen	11
c) Kabelbahnen	12
d) Druckluftbahnen	13
e) Bahnen mit Gasmotoren u. ä.	14
f) Elektrische Straßenbahnen	14
1. Mit Stromzuführung	15
2. Mit Akkumulatoren	16
II. Abschnitt. Die Linienführung und Gleislage der Straßenbahnen	17
a) Spurweite	18
b) Gleisführung	
1. Wahl der Straßenzüge	20
2. Anordnung des Liniennetzes	21
3. Lage der Gleise in der Straße	22
4. Ausweichungen	26
5. Haltestellen	29
6. Endpunkte	31
7. Kreuzungen und Abzweigungen	34
c) Steigungen	35
d) Krümmungen	35
e) Straßenbahntunnel	38
III. Abschnitt. Der Straßenbahnoberbau	
a) Die Schienen	
1. Querschnittsformen der Schienen	39
2. Gewicht und Abmessungen der Schienen; Normalprofile	45
3. Kurvenschienen; Rillenerweiterung in Kurven	52
4. Die Riffelbildung auf den Schienenfahrflächen	56
b) Unterlage und Befestigung der Schienen	57
c) Schienenstoß	59
1. Stoßverbindung mit Wärmelücke: Laschenstöße	60
2. Fugenlose Stoßverbindungen	
α) Umgießen der Stöße	65
β) Verschweißen der Stöße	66
d) Unterbettung und Pflasteranschluß	70
e) Gleisentwässerung	75

	Seite
IV. Abschnitt. Die Gleisverbindungen und Gleiskreuzungen der Straßenbahnen	
a) Weichenanordnungen	75
b) Ablenkungsvorrichtung	
1. Feste Weichen	76
2. Weichen mit einer beweglichen Zunge	77
3. Weichen mit zwei beweglichen Zungen	78
c) Herzstücke	81
d) Gleiskreuzungen	83
e) Kletterweichen und Notgleise	86
V. Abschnitt. Die Stromzuführung und Streckenausrüstung der elektrischen Straßenbahnen	87
a) Stromzuführung durch Oberleitung	88
1. Die Fahrleitung: Fahrdraht; Fahrdrahtführung; Schutzvorrichtungen	89
2. Speiseleitungen	103
3. Stromrückleitung; Schienenverbinder; vagabundierende Ströme	105
4. Würdigung des Oberleitungssystems	110
b) Unterirdische Stromzuführung	112
1. Schlitzkanalsystem	112
2. Teileitersystem	115
VI. Abschnitt. Betriebsanlagen	
a) Betriebsanlagen auf der Strecke	116
b) Betriebsbahnhöfe und Werkstätten	118
c) Unterhaltung der Strecke	122
VII. Abschnitt. Statistische Angaben	123
VIII. Abschnitt. Gesetze und sonstige Bestimmungen für Straßenbahnen	126
IX. Abschnitt. Straßenbahnähnliche Einrichtungen	
a) Gleislose elektrische Bahnen	127
b) Fuhrwerksbahnen	129
Alphabetisches Sachverzeichnis	131

Literatur.

- Dr. Ed. Buchmann, Die Entwicklung der Großen Berliner Straßenbahn und ihre Bedeutung für die Verkehrsentwicklung Berlins. 1910.
- M. Buchwald, Der Oberbau der Straßen- und Kleinbahnen. 1903.
- M. Dietrich, Die Entwicklung des Straßenbahngleises infolge Einführung des elektrischen Betriebes. 1906.
- A. Haarmann, Die Kleinbahnen. 1896.
— Das Eisenbahngleis. 1902.
- S. Herzog, Taschenbuch für elektrisch betriebene Straßenbahnen. 1903.
- Ad. Knelles, Die Berechnung von Gleis- und Weichenanlagen, vorzugsweise für Straßen- und Kleinbahnen. 1910.
- H. Kyser, Die elektrischen Bahnen und ihre Betriebsmittel. („Elektrotechnik in Einzeldarstellungen“, 9. Bd.) 1907.
- F. Laissle, Der Straßenbau einschließlich der Straßenbahnen. („Handb. der Ingenieur-Wissenschaften“, 1. Bd., 4. Abt., herausgegeben von L. v. Willmann.) 4. Aufl.
- A. Liebmann, Die Klein- und Straßenbahnen. („Aus Natur und Geisteswelt.“) 1910.
- Müller, Grundzüge des Kleinbahnwesens. 1895.
- P. Poschenrieder, Bau und Instandhaltung der Oberleitungen elektrischer Bahnen. 1904.
- M. Schiemann, Bau und Betrieb elektrischer Bahnen. 1. Bd.: Straßenbahnen. 3. Aufl. 1900.
- G. Schimpff, Die Straßenbahnen in den Vereinigten Staaten von Nordamerika. 1903.
- K. Trautvetter, Elektrische Straßenbahnen und straßenbahnähnliche Vorort- und Überlandbahnen. 1913.
- A. H. Weicht, Bau von Straßen und Straßenbahnen. 1902.
- J. Zacharias, Elektrische Straßenbahnen. 1903.
- „Hütte“, Des Ingenieurs Taschenbuch.
- Deutscher Kalender für Elektrotechniker. Begr. von Uppenborn, herausg. von Dettmar.
- Kalender für Betriebsbeamte elektrischer Bahnen.

Zeitschriften.

- Deutsche Straßenbahn- und Kleinbahnzeitung.
- Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen.
- Mitteilungen des Vereins für die Förderung des Lokal- und Straßenbahnwesens.
- Verkehrstechnische Woche.
- Zeitschrift für Kleinbahnen.

Außerdem einzelne Aufsätze in vielen anderen Fachzeitschriften. Reiches Material über elektrische Straßenbahnen enthalten auch die Druckschriften und sonstigen Veröffentlichungen der Siemens-Schuckert-Werke und der Allgem. Elektrizitätsgesellschaft, sowie der Gesellschaft für Bahnoberbau Ingwer Block & Co., die dem Verfasser in entgegenkommender Weise zur Verfügung gestellt wurden.

Einleitung.

Begriffserklärung; geschichtliche Entwicklung der Straßenbahnen.

Als Straßenbahnen, Straßeneisenbahnen, Trambahnen bezeichnet man im Gegensatz zu den übrigen Eisenbahnen alle jene Bahnen, deren Oberbau in dem Körper einer auch dem übrigen Verkehre dienenden Straße verlegt ist. Das wesentliche Merkmal der Straßenbahn besteht darin, daß der von der Bahnlinie in Anspruch genommene Geländestreifen gleichzeitig ganz oder wenigstens an zahlreichen Übergangsstellen auch den sonstigen Verkehrsmitteln zugänglich bleiben muß, während bei den auf eigenem Bahnkörper erbauten Eisenbahnen in der Regel jede nicht ausschließlich eisenbahnverkehrstechnischen Zwecken dienende Benutzung des Bahnkörpers vollständig ausgeschlossen wird. Allerdings werden vielfach auch Bahnlinien als Straßenbahnen bezeichnet, die im Zuge einer Straße auf einem eigens für die Bahn abgetrennten Streifen verlegt sind oder als Fortsetzung städtischer Straßenbahnlinien im freien Gelände auf eigenem Bahnkörper verlaufen. Abgesehen von der Linienführung sind jedoch derartige Bahnen in technischer Hinsicht häufig den auf eigenem Bahnkörper verlegten Kleinbahnen¹⁾ zuzuzählen und sollen daher hier nur so weit berücksichtigt werden, als sie in der Gestaltung des Oberbaues und in der Betriebsführung mit den in der Straßendecke verlegten Bahnen übereinstimmen.

¹⁾ Vgl. hierzu das Bändchen „Schmalspurbahnen“ dieser Sammlung.

Als eigentliche Straßenbahnen mit allen charakteristischen Eigentümlichkeiten einer solchen können nur jene Bahnen bezeichnet werden, deren Schienenoberkante in einer Ebene mit der Oberfläche der Straßendecke liegt; kleine Abweichungen von dieser Regel finden sich nur auf einigen amerikanischen Straßenbahnen. Diese Forderung zwingt zu einer Ausgestaltung des Oberbaues der Straßenbahnen, die von den sonst üblichen Anordnungen erheblich abweicht. Gleichzeitig nötigt die Rücksicht auf den allgemeinen Straßenverkehr zur Einhaltung bedeutend geringerer Fahrgeschwindigkeiten, als bei Bahnen auf eigenem Bahnkörper angewendet werden können. Sämtliche Betriebsanlagen der Straßenbahnen werden so einfach als möglich gestaltet.

Straßenbahnen finden vor allem dort Verwendung, wo es sich um die Bewältigung eines starken Personenverkehrs auf kurze Strecken und mit vielen Haltepunkten handelt; zur Abwicklung des Güterverkehrs wurden sie erst unter dem Drucke der Kriegsverhältnisse in Deutschland in größerem Umfange herangezogen. Sie dienen in erster Linie dem Verkehre im Innern großer Städte, der Verbindung des Stadtinnern mit den Vororten und der Verbindung von Nachbarorten mit lebhaften gegenseitigen Beziehungen. Außerdem können sich Straßenbahnen als zweckmäßig erweisen, um außerhalb der Städte gelegene für den Verkehr wichtige Punkte, wie Bahnhöfe, Hafenanlagen, vielbesuchte Ausflugsorte usw., mit der Stadt in bequeme Verbindung zu bringen. Zur Aufnahme eines Fernverkehrs sind Straßenbahnen ungeeignet. Auch in den modernen Riesenstädten, wo namentlich zu bestimmten Tageszeiten ein ungeheurer Verkehr auf verhältnismäßig große Entfernungen zu bewältigen ist, ist die ausschließliche Verwendung von Straßenbahnen nicht mehr aus-

reichend. Hier müssen sie durch Stadtbahnen mit eigenem Bahnkörper entlastet werden, die erforderlichenfalls als Hoch- oder Tiefbahnen zu führen sind. Andererseits war gerade die Entwicklung unserer heutigen Großstädte in erheblichem Maße von den gebotenen Verkehrsmöglichkeiten und damit namentlich von den Straßenbahnen abhängig. Nur durch die Straßenbahnen und Stadtbahnen, die eine rasche Verbindung der in den Außenbezirken gelegenen Wohnstätten mit dem Stadttinnern gestatten, ist die gewaltige Zusammenballung der menschlichen Arbeitstätigkeit im Mittelpunkte der großen Städte möglich geworden.

Die erste Straßenbahn, und zwar eine Pferdebahn, wurde um die Mitte des 19. Jahrhunderts in Betrieb genommen. Es ist die von dem französischen Ingenieur Loubat in Neuyork erbaute Straßenbahn. In Europa wurde die erste Straßenbahn 1854 in Paris gebaut; 1865 wurde die Linie Berlin—Charlottenburg als erste deutsche Straßenbahn eröffnet. Die Entwicklung ging erst langsam vor sich. Mit der zunehmenden Ausdehnung der Städte gewannen die Straßenbahnen jedoch, anfänglich namentlich in Amerika, allmählich eine immer größere Verbreitung; seit Einführung des elektrischen Betriebes haben sie in dem Maße zugenommen, daß heute jede größere Stadt ein Straßenbahnnetz besitzt und selbst manches kleine Gemeinwesen von wenigen tausend Einwohnern von Straßenbahnen durchzogen wird. Allerdings ist man hierbei, wie die schlechten wirtschaftlichen Ergebnisse mancher Bahnen beweisen, in vielen Fällen wohl zu weit gegangen. Ob eine Straßenbahn für einen Ort wirtschaftlich gerechtfertigt ist, hängt natürlich nicht nur von seiner Einwohnerzahl, sondern in erster Linie von dem vorhandenen Verkehrsbedürfnisse ab.

I. Abschnitt.

Die verschiedenen Betriebsarten der Straßenbahnen.**a) Bahnen mit tierischer Zugkraft.**

Die ersten Straßenbahnen waren Pferdebahnen. Sie verdanken ihre Entstehung dem Bestreben, die Bewegungswiderstände der gewöhnlichen Straßenomnibusse zu verringern und dadurch Leistungsfähigkeit und Geschwindigkeit zu erhöhen. Für die Anwendung tierischer Zugkraft kommen auch heute fast ausschließlich Pferde in Frage; nur in einigen Gegenden werden auch Straßenbahnen mit Maultiergespannen betrieben. Wenn die tierische Zugkraft auch in allen größeren Betrieben durch die Elektrizität ersetzt wurde, so eignen sich doch Pferdebahnen für kleine Verhältnisse auch heute noch, da sie nur geringe Anlagekosten erfordern und sich innerhalb bestimmter Grenzen gut an den Verkehr anzupassen vermögen. Die erreichbare Höchstgeschwindigkeit beträgt in der Regel etwa 10 km/St. Nachteile des Pferdebetriebes gegenüber den anderen Betriebsarten sind die geringere Leistungsfähigkeit, die Notwendigkeit eines Vorspannes bei größeren Steigungen, die Verunreinigung der Straßen durch die Auswürfe der Tiere und durch das Aufwirbeln von Staub, die Abnützung der Straßendecke durch die Hufe der Pferde und das weniger leichte Anfahren und Halten der Fahrzeuge.

Als eine besondere Art des Pferdebahnbetriebes sei das „Perambulatorsystem“ erwähnt, auf das einige Zeit große Hoffnungen gesetzt wurden, das aber inzwischen wieder vollständig verschwunden ist. Um ein

leichtes Ausweichen der Straßenbahnwagen zu ermöglichen, erhielten die Fahrzeuge vier Räder mit glatten Laufkränzen, die auf flachen Schienen liefen, ferner ein fünftes, mit Spurkranz versehenes Leitrad, das zur Führung des Fahrzeuges diente. Wenn das Leitrad vom Führer angehoben wurde, so konnte der Wagen die Schienen verlassen und sich auf der Straßenfahrbahn beliebig weiterbewegen.

b) Dampfstraßenbahnen.

Dampflokomotiven finden namentlich auf Landstraßenbahnen Verwendung, die zur Verbindung benachbarter Orte dienen. Da sich der Betrieb mit Dampflokomotiven nur dann als wirtschaftlich erweist, wenn größere Zugeinheiten in längeren Abständen gefahren werden können, so sind sie nur dort zweckmäßig, wo in größeren Pausen erfolgende Zugfahrten den Verkehrserfordernissen genügen. Sie eignen sich im Gegensatz zu den Pferdebahnen besonders zur Bewältigung eines größeren Güterverkehrs. Im Innern von Städten fanden Dampfstraßenbahnen vor Einführung des elektrischen Betriebes infolge ihrer großen Leistungsfähigkeit gleichfalls nicht selten Anwendung, sind aber seitdem fast überall durch den letzteren ersetzt worden und finden sich wohl nur noch als innerstädtische Fortsetzung von Überland-Kleinbahnen. Abgesehen von den betriebstechnischen Nachteilen erweist sich vor allem die starke Rauch- und Rußentwicklung als lästig für die Benutzer und Anwohner der Straßen, wenn es auch dem eifrigen Bemühen der Lokomotivtechniker gelungen ist, diese Nachteile in erheblichem Maße einzuschränken.

Auch die an manchen Orten versuchte Anwendung von Heißdampftriebwagen mit Kondensation nach

Serpollet und von sogenannten feuerlosen Lokomotiven konnte keine größere Verbreitung gewinnen.

Dampfstraßenbahnen nähern sich in ihrem ganzen Wesen den sonstigen auf eigenem Bahnkörper verlegten Kleinbahnen mit Dampftrieb.

c) Kabelbahnen.

Zur Überwindung starker Steigungen und Erzielung großer Leistungen gelangten vor Einführung des elektrischen Betriebes in Amerika und Australien die Straßenkabelbahnen zu einiger Bedeutung. Die einzelnen Fahrzeuge erhalten bei dieser Anlage überhaupt keinen Antriebsmotor; die ganze bewegende Kraft wird vielmehr in einem zentralen Kraftwerk erzeugt und durch ein endloses Seil auf die Betriebsmittel übertragen. Dieses Seil läuft auf Rollen in einem nach oben schlitzförmig offenen unterirdischen Kanale. Durch den Schlitz wird ein an dem Wagen befestigter Greifer eingeführt, welcher das Fahrzeug an dem Seile festklemmt und dadurch die Mitnahme des Wagens durch das Seil bewirkt. Eine nach diesem System in Neuseeland gebaute Straßenbahn konnte Steigungen bis zu 1:4,5 ohne Schwierigkeit befahren. Eine Eigentümlichkeit dieser Bahnen ist, daß die Geschwindigkeit sämtlicher Fahrzeuge an allen Stellen die gleiche ist. Das Anhalten der Wagen geschieht durch Lösung des Greifers von dem Seile. Wenn auch mit diesem System seinerzeit befriedigende Ergebnisse erzielt wurden, so hat es doch dem elektrischen Betriebe gegenüber eine Reihe schwerwiegender Nachteile: die Anlagekosten und die Unterhaltungskosten sind sehr hoch; die Bahnen können nur zweigleisig ausgeführt werden; der Wirkungsgrad ist infolge der hohen Bewegungswiderstände des Seiles sehr gering; die Rücksicht auf die

Seilführung erschwert die Gleisführung; ein Kabelbruch zwingt zum Stillstand des ganzen Betriebes. Weitere Schwierigkeiten bietet die Reinhaltung des Schlitzkanales. Diese Schwierigkeiten fallen hier noch mehr ins Gewicht als bei den elektrischen Bahnen mit unterirdischer Stromzuführung, da eine Verunreinigung der Seilführung sehr erhebliche Energieverluste nach sich zieht.

Die Kabelbahnen haben außer in Amerika und Australien auch noch in kleinen Anlagen in Schottland und England Verwendung gefunden, sind aber in neuerer Zeit fast durchweg für elektrischen Betrieb umgebaut worden.

d) Druckluftbahnen.

Bei den Druckluftbahnen, die sich namentlich in Frankreich und den Vereinigten Staaten während einiger Zeit großer Beliebtheit erfreuten. — auch heute noch werden u. a. in Paris einige Straßenbahnstrecken nach diesem System betrieben —, wird die Antriebskraft durch die Ausdehnung hochgespannter Luft in den auf dem Fahrzeuge befindlichen Arbeitszylindern erzeugt. Die Luft wird in einer Zentrale auf hohe Spannung, etwa 80—160 Atm., verdichtet; diese Preßluft wird in flaschenförmigen Stahlbehältern von den einzelnen Fahrzeugen mitgeführt. Vor dem Eintritt in den Arbeitszylinder geht die Luft durch ein Druckminderungsventil, wobei ihre Spannung auf den Arbeitsdruck von meist 10 Atm. erniedrigt wird. Außerdem ist dem Arbeitszylinder ein Vorwärmer vorgeschaltet, um einen Ausgleich gegenüber der durch die Dehnung eintretenden starken Abkühlung der Luft zu schaffen, da sonst Störungen im Getriebe entstehen könnten. Die Wagenbehälter werden entweder in der Betriebsstation oder mit Hilfe besonderer Anschlußleitungen auf der Strecke geladen. Für Straßen-

bahnen kommen hauptsächlich Triebwagen, in geringerem Maße Lokomotiven in Frage. Trotz mannigfacher Vorteile, welche diese Bahnen gegenüber dem Dampfbetriebe bieten, konnten sie doch keine größere Bedeutung gewinnen, da ihnen der elektrische Oberleitungsbetrieb in vielen Punkten überlegen ist.

e) Bahnen mit Gasmotoren u. ä.

In einigen deutschen Städten, so besonders in Dessau, wurden am Ende des 19. Jahrhunderts Straßenbahnen gebaut, deren Fahrzeuge durch Gasmotoren angetrieben wurden. Das zum Betriebe dienende Leuchtgas wurde in verdichtetem Zustande in Behältern mitgeführt und gelangte in Explosionszylindern wie in den ortsfesten Gasmaschinen zur Verwendung. Größere Bedeutung konnte dieses System nicht erlangen.

Auch die Versuche, Petroleum- und Benzinmotoren zur Bewegung von Straßenbahnfahrzeugen zu verwenden, blieben ohne dauerndes Ergebnis, ebenso die Ausführung der sog. Natronlokomotiven nach Honigmann, bei welchen die Fähigkeit der Natronlösungen, Dampf unter Wärmeentwicklung aufzunehmen, zur Verdampfung von Wasser benutzt wurde.

In neuerer Zeit wurden bei einzelnen Straßenbahnen benzin- oder benzolelektrische Triebwagen versuchsweise eingeführt, ohne jedoch größere Verbreitung zu erlangen. Derartige Wagen können höchstens auf Überlandstrecken mit schwachem Verkehr Vorteile vor dem elektrischen Leitungsbetriebe bieten.

f) Elektrische Straßenbahnen.

Die überwiegende Mehrzahl aller Straßenbahnen hat heute den elektrischen Betrieb eingeführt. Die betriebs-

technischen Vorteile dieser Betriebsart sind so groß und gestatten eine so weitgehende Anpassung an die gerade bei Straßenbahnen vorliegenden Verkehrsbedürfnisse, daß die Anwendung des elektrischen Stromes zur Bewegung der Fahrzeuge eine außerordentliche Entwicklung und Ausdehnung der Straßenbahnen zur Folge hatte. Diese Vorzüge bestehen hauptsächlich in der großen Geschwindigkeit und der großen Zugkraft, welche letztere die Überwindung starker Steigungen und die Beförderung größerer Wagenzüge gestattet, in der steten Betriebsbereitschaft und der zeitweiligen hohen Überlastungsfähigkeit, ferner in dem leichten Anfahren und Anhalten der Wagen, in der Möglichkeit, die Wagen groß und bequem auszugestalten, und in der vollständigen Sauberkeit des Betriebes.

Es kommen zwei grundsätzlich verschiedene Arten der Energieverteilung in Frage: Die Stromzuführung zu den Fahrzeugen durch besondere oberirdisch oder unterirdisch verlegte Leitungen und die Aufspeicherung der Energie in Akkumulatoren, die von jedem Fahrzeuge mitgeführt und nach der Entladung wieder aufgeladen werden. Trotz wiederholter Versuche konnte das letztere System für Straßenbahnen bis jetzt noch keine Bedeutung gewinnen.

1. Mit Stromzuführung.

Über die einzelnen Arten der Stromzuführung und ihre technische Ausgestaltung sind nähere Angaben im V. Abschnitt enthalten. Als Stromart kommt für Straßenbahnen fast ausschließlich Gleichstrom zur Verwendung. Der Strom wird in besonderen Kraftwerken erzeugt; zum Ausgleich der Belastungsschwankungen dienen Pufferbatterien. Die Stromverteilung geschieht entweder un-

mittelbar, indem der im Kraftwerk erzeugte Strom ohne Änderung der Stromart und der Spannung in die Fahrleitung übergeführt wird, oder es wird der hochgespannte Strom vom Kraftwerke zunächst Umformern zugeführt und hier in Gleichstrom von der Fahrdrahtspannung umgeformt. Letztere Anordnung findet sich zur Vermeidung zu großer Leitungskosten dann, wenn das Kraftwerk sich in größerer Entfernung von der Verbrauchsstelle befindet. Auf der Strecke wird der Strom von den Fahrzeugen mittels Kontaktvorrichtungen aus der Fahrleitung entnommen und in die Motoren geleitet, von welchen die Achsen der Wagen angetrieben werden.

2. Mit Akkumulatoren.

Um die Fahrzeuge von jeder Stromzuführung unabhängig zu machen und dadurch zugleich die Bahnanlage entsprechend billig zu gestalten, wurden wiederholt Versuche zur Anwendung von Akkumulatoren als Stromquellen gemacht. Die Akkumulatoren werden auf den Wagen mitgeführt und in bestimmten Zeitabständen wieder aufgeladen. Ein wesentlicher Gesichtspunkt für die Bestrebungen nach Einführung der Akkumulatorenwagen auf Straßenbahnen war der Wunsch, die Verunstaltung der städtischen Straßen durch die elektrische Oberleitung zu vermeiden. Aus diesem Grunde wurde auch bisweilen in Städten, die im allgemeinen den elektrischen Oberleitungsbetrieb gestattet hatten, für kurze Strecken die Einschaltung von Akkumulatorenbetrieb gefordert, wobei dann die Akkumulatorenlokomotiven in den anschließenden Oberleitungsstrecken wieder aufgeladen werden konnten. Weder der reine Betrieb mit Akkumulatoren noch der gemischte Betrieb konnte es jedoch bis heute zu dauernder Anwendung bringen. Die

Nachteile des Akkumulatorenbetriebes liegen vor allem in dem großen Gewichte der Akkumulatoren, das einen wirtschaftlichen Betrieb unmöglich macht, in der Belästigung der Fahrgäste durch Säureentwicklung, in der Umständlichkeit des Aufladens u. a. Die mit dieser Betriebsart erzielten Ergebnisse veranlaßten den „Internationalen Straßenbahn- und Kleinbahnkongreß“ zu London 1902 zu der einmütigen Feststellung, daß dieses System ein für allemal als abgetan zu betrachten sei.

Später wurden allerdings wieder Versuche mit Akkumulatorwagen auf Straßenbahnen vorgenommen, und zwar fanden im Januar 1910 in Amerika die ersten Probefahrten von Straßenbahnwagen statt, die mit dem neuen alkalischen Edison-Akkumulator ausgerüstet waren, der bedeutend geringeres Gewicht für gleiche Leistung besitzt als der Bleiakkumulator. Die Versuche sind nach den damaligen Berichten der amerikanischen Fachpresse außerordentlich günstig ausgefallen; größere Bedeutung hat aber der Akkumulatorenbetrieb für Straßenbahnen trotzdem bis heute nicht gewonnen.

II. Abschnitt.

Die Linienführung und Gleislage der Straßenbahnen.

Die Linienführung der Straßenbahnen wird durch die vorhandenen Straßenzüge und das Verkehrsbedürfnis bestimmt. Rein technische Erwägungen können dabei nur insofern den Ausschlag geben, als sie die Möglichkeit einer Straßenbahnführung durch bestimmte Straßen von vornherein verwerfen. Im übrigen hat sich die Straßenbahn den gegebenen Bedingungen so gut als möglich an-

zupassen, und es ist ihr dies auch unter dem Zwange der örtlichen Verhältnisse namentlich seit Einführung des elektrischen Betriebes in hohem Maße gelungen. Nur bei völliger Neuanlage von Stadtteilen oder beim Umbau ganzer Straßenzüge kann auch auf eine günstige Linienführung der Straßenbahn Rücksicht genommen werden, eine Forderung, die angesichts der immer größer werdenden Bedeutung dieses Verkehrsmittels von dem Stadtbauingenieur wohl zu beachten ist.

a) Spurweite.

Die Wahl der Spurweite, d. i. des Abstandes der Fahrkanten eines Gleises, ist für die Linienführung bei Straßenbahnen von weit geringerer Bedeutung als bei den auf eigenem Bahnkörper verlegten Eisenbahnen. In Anwendung stehen hauptsächlich zwei Spurmaße, wenn man von geringfügigen Abweichungen absieht: die normale Spurweite von 1435 mm und die Spurweite von 1000 mm als verbreitetstes Schmalspurmaß; daneben finden sich noch einige Bahnen mit anderen Schmalspurweiten.

Mit normaler Spurweite wurden, in Anlehnung an die Eisenbahnen, fast sämtliche älteren Straßenbahnen angelegt, obwohl ein Übergang von Betriebsmitteln nicht in Frage kam. Sie ist erforderlich bei Pferdebahnen mit Zweispännerbetrieb, damit beide Pferde zwischen den Schienen laufen können. Vorteile der größeren Spurweite gegenüber der Schmalspur sind eine erhöhte Standsicherheit der Wagen infolge der größeren Entfernung der Stützpunkte und ein ruhigerer Gang der Fahrzeuge, da Ungleichheiten in der Höhenlage beider Schienenstränge bei größerer Entfernung derselben nur in geringerem Maße zur Geltung kommen, ferner eine leichtere Stopfbarkeit der Bettung zwischen den Schienen und die Möglichkeit,

bei elektrischem Betriebe stärkere Motoren zu verwenden. Der letztere Punkt kommt allerdings nur dann in Betracht, wenn es sich um die Notwendigkeit sehr starker Zugkräfte handelt, da bei gewöhnlichen Verhältnissen auch in schmalspurige Wagen Motoren von genügender Leistungsfähigkeit eingebaut werden können.

Die Schmalspur hat vor der Vollspur vor allem die leichtere Anpassungsfähigkeit an scharfe Krümmungen voraus, so daß sie namentlich in Städten mit engen und vielfach gewundenen Straßen zweckmäßig sein kann. Ferner ziehen schmalspurige Gleise einen schmälere Streifen der Straßendecke in Mitleidenschaft, was angesichts der ungünstigen Einwirkungen des Straßenbahnbetriebes auf gepflasterte Straßen von Vorteil ist. Der von der Bahn in Anspruch genommene Straßenraum ist allerdings bei beiden Spurweiten etwa der gleiche, da die Betriebsmittel ohne Rücksicht auf das Spurmaß fast stets ungefähr die gleiche Breite erhalten. Auch die übrigen Abmessungen und das Gewicht der Betriebsmittel werden meist unabhängig von der Spurweite festgelegt, so daß die Beanspruchung des Oberbaues bei Voll- und Schmalspur die gleiche ist und deshalb im Gegensatze zu den Eisenbahnen wesentliche Ersparnisse am Oberbau durch die Wahl einer schmälere Spurweite nicht gemacht werden können, wenigstens solange nicht eine Schienenunterlage aus Querschwellen in Frage kommt. Ein weiterer Vorzug der Meterspur liegt darin, daß es bei ihrer Anwendung den Straßenfuhrwerken, die stets größeren Radabstand besitzen, unmöglich gemacht wird, die Laufflächen der Schienen als Fahrbahn zu benutzen, so daß die dadurch entstehende Abnutzung der Schienen vermieden wird. Andererseits hat gerade dieser Umstand die Veranlassung gegeben, daß die amerikanischen Straßen-

bahnen fast ausschließlich mit Vollspur ausgeführt wurden; hier wurde seinerzeit vielfach die Möglichkeit zur Benützung der Schienen durch Straßenfahrwerke bei Erteilung der Genehmigung zur Bedingung gemacht und auch die Schienenform mit Rücksicht hierauf gewählt. Im allgemeinen dürften sich die Vorzüge und Nachteile der Voll- und der Meterspur gegenseitig ausgleichen, weshalb von einem ausgesprochenen Überwiegen des einen oder ändern Maßes nicht gesprochen werden kann.

b) Gleisführung.

1. Wahl der Straßenzüge.

Die Wahl der Straßenzüge, in welchen die Bahn verlegt werden soll, wird, wie erwähnt, durch die Anforderungen des Verkehrs ausschlaggebend beeinflußt. Je breiter die Fahrbahn einer Straße, desto geeigneter ist sie natürlich für die Aufnahme einer Straßenbahnlinie.

In neu angelegten Städten oder Stadtteilen, in denen von vornherein die Hauptverkehrsadern mit ausreichender Straßenbreite ausgestattet werden, ergibt sich deshalb die günstigste Linienführung in der Regel von selbst.

Anders verhält es sich häufig im Innern alter Städte, wo die geschäftliche Entwicklung vielfach dahin geführt hat, daß gerade durch enge alte Straßen sich der Hauptstrom des Verkehrs ergießt; hier sieht man sich bisweilen gezwungen, die Straßenbahn nicht in die Hauptstraße, sondern in eine in geringem Abstände parallel laufende Straße zu verlegen, die einen schwächeren sonstigen Verkehr aufweist. Nicht selten empfiehlt es sich auch, zur Vermeidung von Verkehrsstockungen die beiden Gleise einer doppelgleisigen Linie in zwei getrennte parallele Straßenzüge zu verlegen und an den Endpunkten der

Linie durch Schleifen zu verbinden. Beide Straßen werden dann nur in je einer Richtung befahren.

Zu dem Aushilfsmittel einer völligen Verbannung der Straßenbahnen aus dem Stadttinnern hat man — mit Rücksicht auf den ungeheuren Fuhrwerks- und Fußgängerverkehr der vielfach engen Straßen — in der City von London gegriffen. An die Stelle der Straßenbahnen treten hier der hochentwickelte Omnibusverkehr und die unterirdischen Schnellbahnen. Allerdings hat man in den letzten Jahren diesen Grundsatz teilweise durchbrochen und wenigstens in den breiteren Straßen auch die Anlage von Straßenbahnen zugelassen.

2. Anordnung des Liniennetzes.

Die meisten Straßenbahnlinien haben die Aufgabe, eine rasche Verbindung der Außenbezirke mit dem Mittelpunkt der Stadt herbeizuführen. Sie werden daher in der Mehrzahl als Radial- oder Diagonallinien angelegt. Zur Verbindung der einzelnen Linien untereinander dienen eine oder mehrere Ringlinien, die ungefähr kreisförmig um den Stadtmittelpunkt verlaufen (s. Abb. 1). Dabei ist es nach Möglichkeit zu vermeiden, alle Linien tatsächlich durch denselben Mittelpunkt zu führen, da sich sonst eine für eine glatte Abwicklung des Verkehrs ungünstige Zusammen-

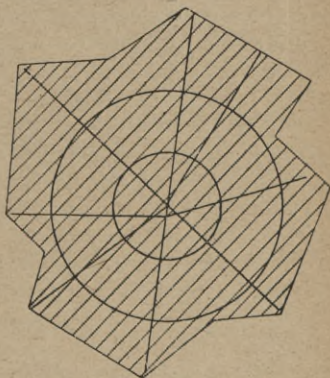


Abb. 1. Radial- und Ringlinien.

denselben Mittelpunkt zu führen, da sich sonst eine für eine glatte Abwicklung des Verkehrs ungünstige Zusammen-

ballung ergeben würde. Es lassen sich ja auch in fast allen größeren Städten verschiedene nahe dem Zentrum gelegene Plätze von ungefähr gleicher Verkehrsbedeutung ausfindig

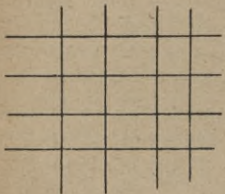


Abb. 2. Rechtwinkliges Liniennetz.

machen, auf welche die Kreuzungen der Diagonallinien verteilt werden können. An den Kreuzungspunkten der einzelnen Linien kann ein unmittelbarer Übergang von einer Radiallinie auf eine andere erfolgen.

In Städten mit hauptsächlich rechteckig kreuzenden Straßenzügen, wie sie namentlich die neueren amerikanischen Großstädte aufweisen, ist eine Anlage von Radial- und Ringlinien meist nicht möglich. Hier werden die Straßenbahnlinien parallel geführt und durch ebensolche parallele Linien rechtwinklig gekreuzt; die Abstände der einzelnen Linien werden durch die Verkehrsdichte bestimmt (Abb. 2).

3. Lage der Gleise in der Straße.

Die für einen Straßenbahnwagen oder ein Straßenfuhrwerk erforderliche Straßenbreite kann einschließlich des

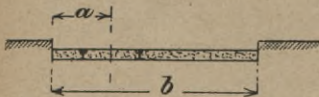


Abb. 3. Gleislage am Straßenrande.

notwendigen Spielraumes etwa gleich 2,5 m angenommen werden. Die geringste Fahrdammbreite b (Abb. 3) für Anlage einer eingleisigen

Straßenbahn würde demnach ungefähr 5 m betragen. Da jedoch der Abstand a der Gleismitte von der Bordkante des Bürgersteiges aus Sicherheitsgründen meist größer als 1,25 m, wenn möglich nicht unter 1,50 m gewählt wird, so

ist $b = 5,20—5,40$ m als Mindestmaß anzunehmen. Die Spurweite ist hierbei aus den obenerwähnten Gründen ohne wesentlichen Einfluß. Um ein Ausweichen der Straßenfuhrwerke zu ermöglichen, muß bei derartig engen Verhältnissen das Straßenbahngleis notwendig an den Straßenrand gelegt werden.

Ist die Straße breit genug, um einen Fuhrwerksverkehr zu beiden Seiten der Straßenbahn zu gestatten, also bei eingleisigen Linien bei einer Fahrdammbreite von etwa 7,5 m an, so wird fast stets das Straßenbahngleis

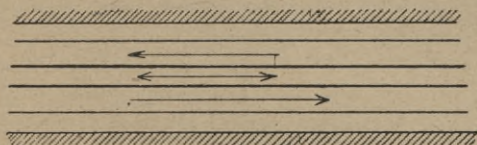


Abb. 4. Gleislage in Straßenmitte.

in die Mitte der Straße gelegt. Dies hat zwar für die Fahrgäste den Nachteil, daß sie bei Benutzung der Straßenbahn den Fahrdamm überschreiten müssen; es werden aber durch diese Anordnung die außerordentlichen Erschwerungen vermieden, die für die Anwohner einer Straße entstehen, wenn infolge der Gleisführung am Straßenrande ein Anhalten von Fuhrwerken vor den einzelnen Häusern unmöglich gemacht wird. Ein weiterer Vorzug der Verlegung in Straßenmitte besteht darin, daß in diesem Falle die beiden Schienenstränge eines Gleises leichter in gleicher Höhe verlegt werden können, was bei Anordnung des Gleises am Straßenrande infolge des Quergefalles der Straßendecke auf Schwierigkeiten stößt. Gleichzeitig trägt eine Gleisanordnung in Straßenmitte auch zu einer Regelung des Fuhrwerksverkehrs durch Trennung nach beiden Richtungen bei (vgl. Abb. 4). — Bei zweigleisigen Linien er-

fordert eine derartige Anordnung eine geringste Fahrdammbreite von etwa 10 m. Steht eine solche nicht zur Verfügung und kann eine Teilung der Linie in zwei parallele Straßen nicht vorgenommen werden, so ist eine Verlegung nach dem Straßenrande nicht zu vermeiden. Bei einseitig bebauten Straßen hat dies keine besonderen Nachteile im Gefolge. In andern Fällen sucht man sich bisweilen durch verschiedene Einrichtungen zu behelfen¹⁾, z. B. durch Einlegung von Umfahrungsweichen, welche im Bedarfsfalle den Übergang der Wagen von dem einen auf das andere Gleis ermöglichen. In Dresden hat man versucht, die Benachteiligung der Anwohner dadurch zu vermindern, daß man die Bahnlinie in schlangenförmigen Windungen abwechselnd an beiden Straßenseiten laufen ließ; doch bietet diese Anordnung sowohl für den Gang der Fahrzeuge wie für den Straßenverkehr erhebliche Nachteile. In ganz engen Straßen läßt man auch bisweilen abwechselnd während bestimmter Tagesstunden nur die eine oder die andere Straßenseite von der Straßenbahn benutzen. Hier handelt es sich also nicht eigentlich um einen zweigleisigen Betrieb, sondern nur um eine teilweise Beseitigung der durch eine einseitige Anordnung einer eingleisigen Linie bedingten Schädigungen. — Bei Verlegung von Straßenbahnen in Landstraßen rückt man das Gleis stets an den Straßenrand, da hier die in bebauten Straßen auftretenden Nachteile nicht in Frage kommen.

Bei Straßen mit Fahrdammbreiten von mehr als 10 m ist die Gleisanordnung im Interesse einer günstigen Ausnutzung der Straßenbreite so zu treffen, daß der ganze Fahrdamm möglichst in Streifen von etwa $2\frac{1}{2}$ m Breite eingeteilt wird. Bei einer Breite von z. B. 12,5 m wird man deshalb zweckmäßig die Straßenbahn in der in

¹⁾ Vgl. Dietrich, a. a. O.

Abb. 5 gezeigten Weise etwas nach der einen Seite verschieben. In breiten, durch eine Promenade oder einen Reitweg usw. geteilten Straßen wird das Gleis unmittelbar an die Promenade herangelegt (Abb. 6). In einzelnen Fällen gibt man auch bei genügender Straßenbreite der Bahnlinie ein eigenes Planum, das durch Bankette von der übrigen Stra-

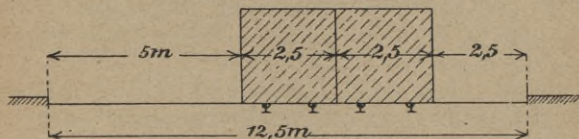


Abb. 5. Gleislage in breiter Straße.

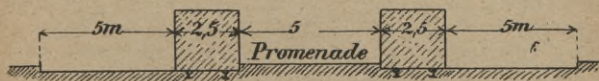


Abb. 6. Straßenbahnführung in breiter Straße mit Mittelpromenade.

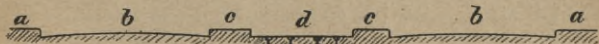


Abb. 7. Straßenbahn mit eigenem Planum:
a) Fußsteig, b) Fahrdamm, c) Rasenstreifen, d) Bahnkörper.

Bendecke abgegrenzt wird (Abb. 7). Je mehr der allgemeine Straßenverkehr von den Gleisen der Straßenbahn ferngehalten werden kann, desto höher kann natürlich die Geschwindigkeit der letzteren gesteigert werden.

Straßenbahnen der letztgenannten Art, die zwar im Zuge der Straße verlaufen, aber nur an den Straßenkreuzungen in dem auch dem übrigen Verkehre zugänglichen Straßenkörper verlegt sind, werden neuerdings besonders für die Außenbezirke großer Städte als Ersatz für

Schnellbahnen empfohlen. Die Geschwindigkeit derartiger „Schnellstraßenbahnen“ läßt sich gegenüber jener gewöhnlicher Straßenbahnen erheblich steigern, andererseits sind die Anlagekosten viel geringer als bei städtischen Schnellbahnen; sie betragen, nach Abzug der Kosten für Grunderwerb, Krafterzeugungsanlage und Betriebsmittel, nach Giese nur etwa $\frac{1}{12}$ der Kosten für Schnellbahnen in Erdbau, $\frac{1}{18}$ — $\frac{1}{25}$ jener für eiserne Hochbahnen und $\frac{1}{20}$ — $\frac{1}{80}$ jener für Tiefbahnen.

Ob eine Linie eingleisig oder zweigleisig anzulegen ist, hängt, abgesehen von den durch die Fahrdammbreite gebotenen Einschränkungen, von der Wagenfolge ab. Bei einigermaßen dichtem Verkehre ist eine glatte Abwicklung des Betriebes nur bei zweigleisiger Anordnung möglich, da die Straßenbahn, im Gegensatz zu der Eisenbahn, gezwungen ist, sich allen Schwankungen des Verkehrs an den Zwischenpunkten in weitestgehendem Maße anzupassen, und von der starren Einhaltung eines Fahrplanes überall mit Ausnahme der Endpunkte absehen muß. Nach Dietrich wird bei elektrischem Betriebe eine zweigleisige Linie erforderlich, wenn sich die Wagen in kürzeren Abständen als etwa alle 8—10 Minuten folgen sollen. Der Abstand der Gleisachsen soll bei zweisepuriger Anlage mindestens 2,5 m betragen; in Amerika beträgt er (nach Schimpff) meist 3,0 m, mindestens 2,8 m.

4. Ausweichungen.

Um bei eingleisigem Betriebe ein gegenseitiges Ausweichen der in der entgegengesetzten Richtung fahrenden Wagen zu ermöglichen, müssen in die Strecke Ausweichungen eingebaut werden. Der Abstand dieser Ausweichungen ist abhängig von der durchschnittlichen Fahrgeschwindigkeit und von dem Zeitabstande, in welchem

sich die Wagen folgen; maßgebend hierfür ist die dichteste Wagenfolge während des stärksten Verkehrs.

Bezeichnet t den zeitlichen Abstand der Wagen in Minuten und v die in einer Minute zurückgelegte Wegstrecke in km, so ist, da sich abwechselnd auf jeder Teilstrecke nur je ein Wagen der einen oder anderen Fahrriichtung befinden kann, der erforderliche Abstand der Ausweichungen d in km

$$d = \frac{t \cdot v}{2}.$$

Ist V (km) die durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit in der Stunde, also $V = 60 \cdot v$, so ergibt sich demnach

$$d \text{ (km)} = \frac{t \text{ (min.)} \cdot V \text{ (km/St.)}}{120}.$$

Bei einer Fahrgeschwindigkeit von 15 km/St., wie sie für elektrische Bahnen üblich ist, und einer Wagenfolge mit 8 Minuten Abstand ist

$$d = \frac{8 \cdot 15}{120} = 1,000 \text{ (km)},$$

was etwa als untere Grenze für einen ungestörten und wirtschaftlichen Betrieb gelten kann.

Die Anordnung der Ausweichungen erfolgt am häufigsten in der Form der sog. „Schülerweiche“ (Abb. 8),

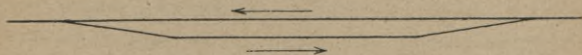


Abb. 8. Schülerweiche.

bei welcher auf die Länge der Ausweichung ein Gleisstück parallel zu dem durchlaufenden Gleisstrange gelegt und

durch eine Rechts- und eine Linksweiche an diesen angeschlossen wird.

Eine andere Anordnung ist die Ausweichung mit zwei Zweibogenweichen, die sog. „Mittelweiche“, nach Abb. 9; hierbei werden auf die Länge der Ausweichung beide Gleisstränge um die Hälfte des Gleisabstandes gegen die Gleisachse verschoben. Bei beiden Anordnungen müssen eine bzw. beide Weichen im krummen Strange gegen die Spitze befahren werden; es ist daher die Anordnung beweglicher Zungen nicht zu umgehen.

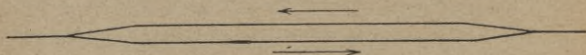


Abb. 9. Mittelweiche.

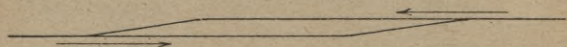


Abb. 10. Hamburger Weiche.

Um diese Notwendigkeit zu vermeiden und an beiden Enden der Ausweichung Weichen mit festen Zungen einlegen zu können, hat man die Anordnung nach Abb. 10 entworfen (sog. „Hamburger Weiche“). Diese Anordnung erfordert jedoch die seitliche Verschiebung des ganzen Gleisstranges um einen vollen Gleisabstand und ist deshalb nur in beschränktem Maße zur Ausführung gekommen. Eine Vermeidung dieses Übelstandes suchte man dadurch zu erreichen, daß man das Gleis nach Verlassen der Weiche durch eine Gegenkurve wieder in die ursprüngliche Achse zurückführte. Doch hat auch diese Anordnung infolge der damit verbundenen betriebstechnischen Nachteile keine weite Verbreitung gefunden.

Die Nutzlänge der Ausweichungen, d. i. die Länge des geradlinigen Teiles des Ausweichgleises, ist nach der

größten Wagenlänge bzw. nach der Länge der größten in Frage kommenden Zugseinheiten aus zwei, drei oder mehr Wagen zu bemessen. Sie schwankt in der Regel zwischen 25 und 50 m, doch kann auch bisweilen eine größere Länge erforderlich sein. Die Verlegung der Ausweichungen ist nach Möglichkeit auf Plätzen oder Straßenverbreiterungen vorzunehmen, damit der Straßenverkehr durch dieselben möglichst wenig beeinträchtigt wird.

5. Haltestellen.

Haltestellen werden bei den eingleisigen Strecken stets mit den Ausweichungen verbunden. Sie sind im übrigen bei ein- und zweigleisigen Strecken nach Bedarf anzuordnen und finden sich in der Regel auf Plätzen, bei Straßenkreuzungen und an sonstigen wichtigen Verkehrspunkten. Schneiden sich zwei oder mehrere Straßenbahnlinien an einem Punkte, so ist eine Haltestelle stets vor die Kreuzung zu legen, wenn nicht ganz besondere Gründe für eine andere Anordnung sprechen.

Der Abstand der Haltestellen ist auf die durchschnittliche Reisegeschwindigkeit und — infolge des durch häufiges Anhalten und Anfahren stark beeinflussten Arbeitsbedarfes — auf die Wirtschaftlichkeit einer Straßenbahnlinie von großem Einflusse. Man ist in der Verringerung des Haltestellenabstandes in Anpassung an rein örtliche Wünsche wohl in vielen Städten erheblich zu weit gegangen und hat sich deshalb unter dem Zwange der Kriegseinschränkungen bereits in zahlreichen Fällen wieder zur Aufhebung von Haltestellen entschließen müssen. Durchschnittswerte, die in allen Fällen entsprechen, können natürlich bei der starken Verschiedenheit örtlicher Bedürfnisse nicht angegeben werden, doch dürften bei gewöhnlichen Verkehrsverhältnissen Abstände von 300 bis

400 m in den Innenbezirken, von etwa 600 m in den Außenbezirken allen billigen Anforderungen genügen. Die Einrichtung sog. „Bedarfshaltestellen“, an welchen die Wagen im Gegensatz zu den ständigen Haltestellen nur anhalten, wenn Fahrgäste ein- oder aussteigen wollen, wirkt im Sinne einer Beschleunigung und Verbilligung des Betriebes nur dann, wenn durch genügend weite zeitliche Wagenfolge

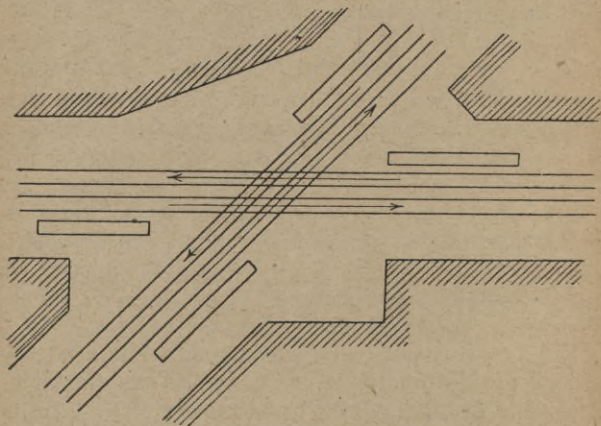


Abb. 11. Anlage von Schutzinseln.

einer Stauung der Fahrzeuge mit Sicherheit vorgebeugt wird; sie kommt daher vor allem in Zeiten schwachen Verkehrs zur Geltung. Dagegen ist von dem Vorschlage sog. „Eilzüge“, die regelmäßig nur an einer beschränkten Anzahl von Haltestellen anhalten und die übrigen durchfahren sollen¹⁾, kaum eine nennenswerte Verbesserung des Betriebes zu erwarten, es sei denn, daß die zeitlichen Abstände der einzelnen Wagen außergewöhnlich groß sind.

¹⁾ „Deutsche Straßen- und Kleinbahnzeitung“ 1917, S. 141.

In breiten Straßen und besonders auf verkehrsreichen Plätzen werden die Haltestellen zweckmäßig mit Schutzinseln nach Abb. 11 versehen, durch welche die die Bahn erwartenden Fahrgäste vor den Gefahren des Straßenverkehrs geschützt werden. Die Länge dieser Schutzinseln richtet sich nach der Wagen- oder Zuglänge.

6. Endpunkte.

Wenn nur einzelne Wagen ohne Anhängewagen befördert werden und der Verkehr auf einer Linie nicht sehr stark ist, so können die Endpunkte der Bahn sehr einfach gestaltet werden. Bei eingleisigen Bahnen genügt es

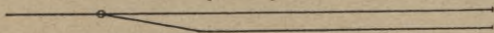


Abb. 12. Endpunkt einer eingleisigen Linie.

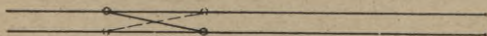


Abb. 13. Endpunkt einer zweigleisigen Linie.

in diesem Falle, wenn am Ende der Linie ein kurzes paralleles Gleisstück durch eine Weiche an den Gleisstrang angeschlossen wird (Abb. 12). Ist kurz vor dem Ende der Strecke eine Ausweichung in das Gleis eingebaut, so kann von der Anordnung des zweiten Gleises auch vollständig abgesehen werden. Bei zweigleisigen Bahnen läßt man beide Gleisstränge stumpf auslaufen und verbindet sie etwa 40—60 m vor dem Ende durch eine einfache Weichenverbindung oder bei stärkerem Verkehr auch durch ein Weichenkreuz (Abb. 13).

Werden Anhängewagen befördert, so sind diese einfachen Anordnungen nicht mehr brauchbar. Es werden dann bei eingleisigen Bahnen Gleisanordnungen in der Art der oben besprochenen Ausweichungen eingebaut, bei zwei-

gleisigen Bahnen wird der Einbau von mindestens drei Weichen am Endpunkte notwendig (Abb. 14). Vielfach werden auch die Endhaltstellen mit einem Weichenkreuz und zwei Stumpfgleisen nach Abb. 15 versehen.

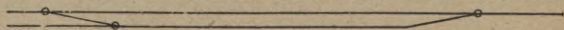


Abb. 14. Endpunkt einer zweigleisigen Linie mit einem Stumpfgleis.

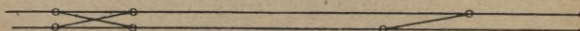


Abb. 15. Endpunkt einer zweigleisigen Linie mit Weichenkreuz und zwei Stumpfgleisen.

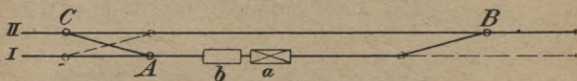


Abb. 16. Umkehr der Wagenzüge.

Die Umkehr der Wagenzüge erfolgt in der Weise, daß der ganze Wagenzug (Abb. 16) zunächst in das Gleis I einfährt. Hier bleibt der Anhängewagen *b* stehen, während der Motorwagen *a* über *B*, *C*, *A* zurückfährt und sich an das andere Ende des Anhängewagens setzt. Hierauf fährt er mit dem Anhängewagen über *A* und *C* in das Gleis II und setzt auf diesem seine Fahrt wieder fort.

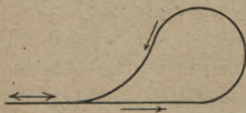


Abb. 17. Schleifenbildung einer eingleisigen Linie.

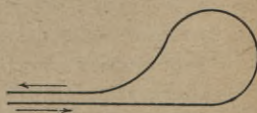


Abb. 18. Schleifenbildung einer zweigleisigen Linie.

Diese Verschiebearbeit, die namentlich bei Einmündung mehrerer Linien in einen gemeinsamen Endpunkt ziemlich zeitraubend ist, kann vermieden werden, wenn die Endpunkte als Schleifen nach Abb. 17 ausgebildet werden.

Diese Anordnung ist in Amerika sehr verbreitet, erfreut sich aber auch bei uns seit Einführung des elektrischen Betriebes zunehmender Beliebtheit; bei Pferdebetrieb, bei dem den Tieren an den Endhaltestellen eine kurze Ruhepause gegönnt werden muß, tritt die durch die Schleifenanordnung erreichbare Stetigkeit des Betriebes nicht in Wirkung. Bei zweigleisigen Strecken kann auf diese Weise der Einbau von Weichen völlig vermieden werden (Abb. 18). Die Schleifen

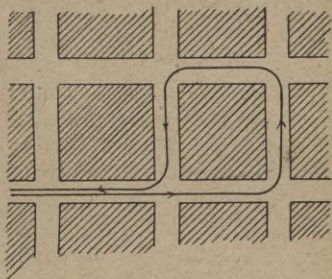


Abb. 19. Schleifenführung um einen Häuserblock.

werden in Straßenverbreiterungen oder auf Plätzen verlegt. Steht genügender Platz zur Schleifenentwicklung nicht zur Verfügung, so kann auch die Linie nach Abb. 19 um einen oder mehrere Häuserblöcke geführt werden. Bei vollständiger Durchführung des Schleifenbetriebes auf allen Linien eines Netzes, wenn also die Wagen stets in der gleichen Richtung fahren, können die Wagen zweckmäßiger ausgestaltet werden, indem der Führer- und der Schaffnerstand gesondert für sich ausgebildet werden. An Stellen mit besonders starkem Verkehr werden in Amerika mehrere Schleifen in fächerförmiger Anordnung unmittelbar nebeneinander ge-

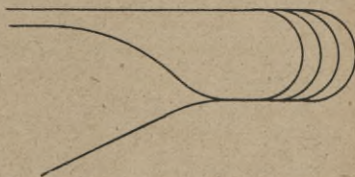


Abb. 20. Fächerförmige Schleifenbildung.

zues, wenn also die Wagen stets in der gleichen Richtung fahren, können die Wagen zweckmäßiger ausgestaltet werden, indem der Führer- und der Schaffnerstand gesondert für sich ausgebildet werden. An Stellen mit besonders starkem Verkehr werden in Amerika mehrere Schleifen in fächerförmiger Anordnung unmittelbar nebeneinander ge-

legt, um den Betrieb mehrerer Linien ohne jede Stockung durchführen zu können (Abb. 20).

Soll eine kürzere Linie im Zuge einer Hauptlinie endigen, so kann dies, wenn genügender Raum vorhanden ist, durch eine Schleifenbildung geschehen (Abb. 21). Häufig läßt man auch die Nebenlinie aus der Hauptlinie in eine Querstraße abzweigen und führt dort die Endigung nach einer der oben besprochenen Anordnungen herbei. Bei geringem durchgehenden Verkehr der Hauptlinie kann man auch den Endpunkt in die letztere legen, indem man durch Einlegung

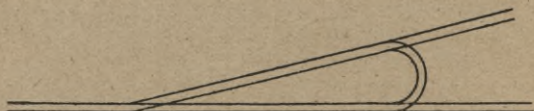


Abb. 21. Schleifenförmige Endigung einer Teillinie.

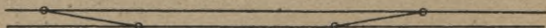


Abb. 22. Endpunkt einer Teillinie im Zuge einer durchgehenden Linie.

zweier Weichenverbindungen eine Umkehr der Wagen ermöglicht (Abb. 22).

7. Kreuzungen und Abzweigungen.

Kreuzungen mehrerer Linien sowie Abzweigungen und Einmündungen kommen bei dichten Straßenbahnnetzen sehr häufig vor, so daß sich mitunter eine außerordentlich enge Aufeinanderfolge von Weichen und Kreuzungen als nötig erweist. Hinsichtlich der Linienführung zeigen diese Anordnungen, abgesehen von der Häufung von Gleisverbindungen und Kreuzungen, keine besonderen Merkmale. Ihre konstruktiven Einzelheiten werden im IV. Abschnitt besprochen werden.

An besonders verkehrsreichen Plätzen hat man sich auch, z. B. in Neuyork, zu einer Unterführung der Straßenbahn entschlossen. Derartige Anlagen erfordern einen unverhältnismäßig hohen Kostenaufwand und können nur in sehr seltenen Fällen zur Ausführung gelangen, wenn nicht die Wirtschaftlichkeit der ganzen Straßenbahn dadurch gefährdet werden soll.

e) Steigungen.

Die größte zulässige Steigung für Pferdebahnen ist nach Dietrich mit Rücksicht auf die beschränkte Zugkraft der Zugtiere etwa gleich 1:20, bei Betrieb mit Vorspann gleich 1:15 zu setzen. Bei elektrischem Betrieb auf Reibungsbahnen ist die Grenze der Steigung abhängig von der Radreibung, die von der Witterung nicht unwesentlich beeinflußt wird. Bei feuchtem Wetter sucht man die Reibung durch Streuen von Sand auf die Schienen zu vergrößern. Man kann im allgemeinen, wenn sämtliche Achsen angetrieben werden, also nur Triebwagen ohne Anhängewagen verkehren, Steigungen bis zu 1:12 unbedenklich zulassen. In mehreren Fällen ist man auch noch ohne Schwierigkeit darüber hinausgegangen, bis zu 1:9, ja selbst Steigungen von 1:8 und 1:7 finden sich vereinzelt im Zuge von Straßenbahnlinien; doch sollten derartig stark geneigte Strecken, mit Rücksicht auf die Betriebssicherheit, wenn irgend möglich vermieden werden. Bei Kabelbahnen kann man noch erheblich schärfere Neigungen, bis etwa 1:5, überwinden.

d) Krümmungen.

Die Notwendigkeit, aus einer engen Straße in eine rechtwinklig kreuzende Straße einzubiegen, zwingt bei Straßenbahnen häufig zur Anwendung sehr scharfer

Krümmungen. Der kleinste zulässige Krümmungshalbmesser ist abhängig von der Spurweite und besonders von dem Achsstande der Fahrzeuge. In der Regel wählt man einen Halbmesser von 15 m für schmalspurige und von 15—20 m für vollspurige Bahnen als kleinstes Maß. Vereinzelt finden sich jedoch selbst vollspurige Bahnen mit Krümmungshalbmessern bis herab zu 10 m

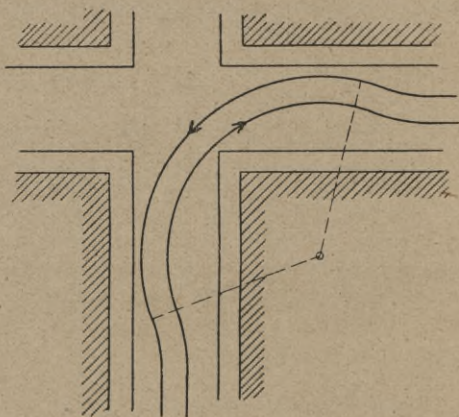


Abb. 23. Einschaltung von Gegenkurven.

ausgeführt. Um allzu scharfe Krümmungen zu vermeiden, behilft man sich bisweilen durch Einlegung von Gegenkurven nach Abb. 23. Die Nachteile derartiger Anordnungen für Gleisverlegung und Betrieb sind jedoch so groß, daß man sich meist lieber mit einem kleineren Krümmungshalbmesser abfindet.

Über den Zusammenhang zwischen Kurvenhalbmesser und festem Radstand der Fahrzeuge gibt eine Zusammenstellung Auskunft, die das Ergebnis

einer vom Verein deutscher Straßen- und Kleinbahnverwaltungen veranstalteten Umfrage darstellt¹⁾.

Danach beträgt:

für einen Krümmungshalbmesser von 12,5 m der größte feste Radstand 1,55 m,

für einen Krümmungshalbmesser von 13,0 m der größte feste Radstand 1,60 m,

für einen Krümmungshalbmesser von 13,5—15 m der größte feste Radstand 1,80 m,

für einen Krümmungshalbmesser von 16—18 m der größte feste Radstand 2,0 m.

Eine Überhöhung der äußeren Schienen in Gleiskrümmungen muß mit Rücksicht auf eine glatte Straßendecke meist unterbleiben. Auch von einer Spurerweiterung sieht man häufig infolge der Schwierigkeiten des Pflasteranschlusses ab. Dadurch wird zwar unter Umständen eine erheblich raschere Abnutzung der Räder und der Schienen herbeigeführt, doch läßt sich diese durch Herabminderung der Fahrgeschwindigkeit immerhin in entsprechenden Grenzen halten. Allerdings sollte man nach Möglichkeit danach trachten, wenigstens eine Tieferlage der Außenschienen, wie sie aus dem Quergefälle der Straßendecke sich ergeben kann, zu vermeiden.

Bei enger Gleislage in der geraden Strecke ist in den Krümmungen eine Vergrößerung des Gleisabstandes erforderlich, damit sich nicht Teile der sich begegnenden Wagen berühren können. Da eine derartige Verbreiterung bei der Verlegung ähnliche Schwierigkeiten bieten würde wie eine Spurerweiterung, so ist man bestrebt, den erforderlichen Gleisabstand auch schon in der geraden Strecke einzuhalten.

¹⁾ S. Zeitschr. f. Kleinbahnen 1907, S. 598.

Bei elektrischem Betriebe sind infolge der Zwangsläufigkeit der Fahrzeuge zur Vermeidung von Stößen Übergangsbögen einzuschalten. Man wählt hierfür entweder wie bei Eisenbahnen die kubische Parabel oder auch, der größeren Einfachheit wegen, Kreisbögen von größerem Halbmesser.

Um ein Zwängen der Radlaufkränze in den Krümmungen zu vermeiden, sind die Spurrillen der Schienen zu erweitern. Die diesbezüglichen Maßnahmen, die in engem Zusammenhange mit der Gestaltung des Schienenquerschnittes stehen, werden weiter unten besprochen werden.

Aus dem Gesagten ist ersichtlich, daß man bei Straßenbahnen hinsichtlich der Anordnung von Krümmungen sich in bedeutend ungünstigeren Verhältnissen befindet als bei den sonstigen Eisenbahnen, da man meist durch Rücksichten auf die Gleisverlegung in der Wahl eines passenden Krümmungshalbmessers und der übrigen Anordnung der Kurven beschränkt wird. Es bleibt deshalb nichts anderes übrig, als durch entsprechende Ermäßigung der Fahrgeschwindigkeit die durch die Gleisführung bedingten Nachteile nach Möglichkeit auszugleichen.

e) Straßenbahntunnel.

In Fällen besonders starken Kreuzungsverkehrs oder auch mit Rücksicht auf die Freihaltung bestimmter Plätze von Straßenbahnanlagen hat man neuerdings vereinzelt zur Führung der Straßenbahn durch besondere Tunnel gegriffen. So wurde in Berlin der „Lindentunnel“ in Betrieb genommen, der die Straße „Unter den Linden“ als viergleisiger Tunnel mit zwei zweigleisigen Armen in einer Länge von 354 bzw. 389 m (einschließlich der Zu-

fahrtsrampen) unterführt. Ein anderes Beispiel einer unterirdischen Straßenbahnanlage bietet Cleveland in Ohio, wo unter dem Hauptplatze eine große Schleifenanlage aus fünf miteinander verbundenen Umkehrschleifen angelegt werden soll. Im allgemeinen entsprechen derartige Anlagen jedoch nicht mehr dem Charakter der Straßenbahn und sind schon wegen ihrer hohen Kosten nur bei ganz besonderen Verhältnissen gerechtfertigt.

III. Abschnitt.

Der Straßenbahnoberbau.

a) Die Schienen.

1. Querschnittsformen.

Während sich bei den auf eigenem Bahnkörper verlegten Eisenbahnen in der breitfüßigen Vignoleschiene und der für Stuhlschienenoberbau verwendeten Doppelkopfschiene bald bestimmte Schienenformen herausgebildet haben, die seitdem als zweckmäßigste Formen zu allgemeiner und ausschließlicher Verwendung gelangt sind, weist die Entwicklung des Straßenbahnoberbaues eine große Zahl der verschiedensten Schienenformen und zahlreiche nicht zur Einführung gelangte weitere Vorschläge auf, die erst in den letzten drei Jahrzehnten zugunsten einiger weniger bestimmter Formen zu verschwinden begannen. Die Ursache dafür, daß die im Eisenbahnbau bewährten Schienenquerschnitte nicht für die Straßenbahnen übernommen werden konnten, liegt vor allem in der Notwendigkeit, neben den Fahrköpfen der Straßenbahnschienen einen unter Schienenoberkante herabreichenden Raum freizuhalten, in welchem die Spurkränze der Fahrzeuge laufen können. Da die Laufflächen

der Schienen mit der Straßendecke bündig liegen, so kann dies nur dadurch geschehen, daß man an den Innenseiten der Schienen eine Rinne von entsprechender Tiefe ausspart, wenn man nicht durch Tieferlegung des ganzen zwischen den Schienen liegenden Straßenkörpers die Straßenoberfläche unterbrechen will. Diese „Spurrinnen“ oder „Spurrillen“ werden entweder ganz oder teilweise in dem Straßenkörper hergestellt, oder sie werden, wie es auf europäischen Straßenbahnen jetzt ausschließlich der Fall ist, durch die Schiene selbst gebildet. Neben diesen Schwierigkeiten, die erst durch eine fort-

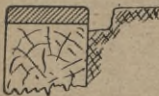


Abb. 24. Flachschiene auf hölzerner Langschwelle.

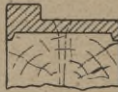


Abb. 25. Flachschiene mit erhöhter Lauffläche.

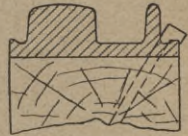


Abb. 26. Flachschiene mit Spurrille (Büsing 1872).

geschrittene Entwicklung der Walztechnik überwunden werden konnten, waren für die Formgebung der Straßenbahnschienen auch die Rücksichten auf einen günstigen Anschluß an die verschiedenen Pflasterarten maßgebend, ferner das Bestreben, einen möglichst schmalen Straßenstreifen für den Schienenstrang in Anspruch zu nehmen und deshalb eine Unterschwellung der Schienen, besonders mit Querschwellen, zu vermeiden.

In den ersten Zeiten der Straßenbahnen wurden einfache Flachschiene verwendet, die auf hölzernen oder auch steinernen Langschwellen gelagert waren (Abb. 24). Die ersten derartigen Schienen bestanden aus Flacheisen, wobei die Spurrille im Straßenkörper ausgespart werden

mußte. Später suchte man den für die Spurkränze nötigen Raum dadurch frei zu halten, daß man die Schienen stufenförmig mit erhöhter Lauffläche ausgestaltete (Abb. 25), oder daß man die Schiene mit einer Rille versah (Abb. 26).

Um die Schienenlauffläche und die Spurrille von den Befestigungsmitteln frei zu halten, verwendete man die Sattelschienen, die durch zwei seitlich herunterreichende Lappen mit den Schwellen verbunden wurden. Abb. 27 zeigt die im Jahre 1879 angewendete Schiene von Fischer-Dick. Die Langschwelen wurden häufig in

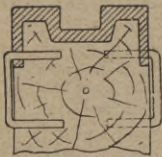


Abb. 27. Sattelschiene
(Fischer-Dick 1879).



Abb. 28. Hartwich-
schiene.

bestimmten Abständen noch durch Querschwellen unterstützt. Statt auf Langschwelen verlegte man die Schienen auch auf eisernen oder steinernen Einzelstützen.

Schon vor Einführung des elektrischen Betriebes sah man sich genötigt, stärkere Schienenprofile zu wählen, und ging deshalb zu sog. Trägerschienen über; seit Einführung dieser Betriebsart gelangten ausschließlich derartige Schienenprofile zur Anwendung, und zwar überwiegend hochstegige Schwellenschienen, die eine Unterstützung durch Schwellen entbehrlich machten. Von den zahlreichen Formen erlangte größere Bedeutung die Hartwich-Schiene (Abb. 28), bei welcher anfänglich die

Spurrille im Straßenkörper ausgebildet werden mußte: später wurde sie durch eine an den Schienensteg angeletete Winkelschiene gebildet. Als eine weitere Ausbildung der Sattelschienen erscheinen die Hohlschienen oder Trogschienen nach Scott und Demerbe, in deren Oberfläche die Rille eingewalzt war (Abb. 29). Einen anderen Weg zur Herstellung der Spurrille durch den Gleisstrang selbst schlagen die Doppel- oder Zwillingsschienen (Abb. 30) ein, bei welchen zwei parallel gelegte Schienen miteinander verschraubt werden und zwischen den Schienenköpfen die Spurrille frei gelassen wird. Zwi-



Abb. 29. Trogschiene.

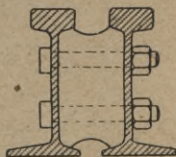


Abb. 30. Zwillingsschiene.

schen die beiden Schienenstege werden in Abständen Futterstücke gelegt.

Die heute fast ausschließlich in Anwendung stehenden Schienenformen für Straßenbahnen sind die einteilige Rillenschiene nach dem zuerst von dem Walzwerk „Phönix“ angewandten System, die deshalb auch als „Phönixschiene“ bezeichnet wird, die zweiteilige Rillenschiene nach Haarmann und die auf amerikanischen Bahnen noch sehr verbreitete Stufen- oder Nasenschiene.

Die Phönixschiene (Abb. 31) ist eine breitfüßige, hochstegige Rillenschiene mit außenliegendem kräftigen Fahrkopf *a* und innenliegendem Leitkopf *b*. Die Spurrille *c* ist in den Schienenkopf eingewalzt. Da die ur-

sprünglichen Formen dieser Schienen vielfach infolge exzentrischer Belastung zu Mißständen führten, legen die neueren Ausführungen, wie Abb. 31 zeigt, vor allem Wert darauf, eine möglichst zentrische Belastung der Schienen herbeizuführen, indem die Fahrfläche des Schienenkopfes unmittelbar über den Schienensteg gelegt wird. Zur Erhaltung der Spurweite dienen Querverbindungen aus hochkant gestellten Flacheisen, die infolge der geringen Stärke von etwa 10 mm der Pflasterung kein Hindernis

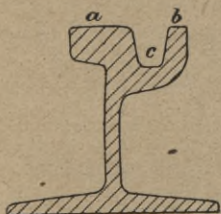


Abb. 31. Phönixschiene.



Abb. 32. Zweiteilige Rillenschiene.

bieten. Diese Flacheisen werden mit ihren umgebogenen Enden in Abständen von etwa 2,0—2,5 m mit dem Schienenstege verschraubt. Der einteilige Rillenschienenoberbau mit Phönixschienen hat den Vorzug größter Einfachheit. Die zweckmäßige Ausgestaltung des Querschnittes ermöglicht eine Gewichtsersparnis gegenüber den mehrteiligen Systemen, was auch eine größere Billigkeit zur Folge hat. Aus diesen Gründen erfreuen sich die Phönixschienen immer steigender Beliebtheit, so daß heute die Mehrzahl aller europäischen Straßenbahnen mit diesen Schienen angelegt ist.

Die zweiteilige Rillenschiene nach Haarmann (Abb. 32) ist aus der Zwillingsschiene entstanden. Da die Anordnung zweier gleich starker Schienen nebeneinander

eine unbegründete Materialverschwendung bedeutete, so ging man dazu über, nur die Fahrschiene voll auszubilden und neben sie eine besonders geformte Leit- oder Zwangsschiene von schwächerem Querschnitt zu legen. Durch eine Stützung der Leitschiene auf den Fuß der Fahrschiene wurde es gleichzeitig ermöglicht, der letzteren eine breitere Basis zu geben und dadurch die Druckverteilung günstiger zu gestalten. Die untere Begrenzung der Spurrille wurde durch Futterstücke oder durch Zementausguß gebildet. In neuerer Zeit erhält im Interesse einer weiteren Vereinfachung der Leitschienenkopf einen nasenförmigen Ansatz, der bis unter den Fahrschienenkopf reicht und dadurch einen vollständigen Abschluß der Spurrille nach unten herbeiführt (s. Abb. 32). Durch eine Verschiebung des Leitschienensteges nach dem Steg der Fahrschiene zu und durch Ersatz des Leitschienenfußes durch einen schmalen Ansatz, der vollständig auf dem inneren Fußlappen der Fahrschiene aufruht, werden die Futterstücke entbehrlich gemacht und eine einfache und glatte Auflagerung der ganzen Schiene ermöglicht. Durch diese Anordnung ist es gelungen, auch dieser Schienenform bei möglichst geringem Materialaufwande einen in sich geschlossenen einfachen Querschnitt zu geben. Gegenüber der Phönixschiene besitzt die Haarmannschiene eine größere seitliche Steifigkeit, ferner den Vorzug einer leichteren Auswechselbarkeit der Leitschiene und einer leichteren Rillenerweiterung in Krümmungen. Die exzentrische Lage des Laufschienensteges (vgl. Abb.) ist durch die Verwendung von Wechselstegschienen mit Verblattstoß bedingt.

Neben dem einteiligen und zweiteiligen Rillenschienenoberbau ist in Amerika noch auf zahlreichen Straßenbahnen die Stufenschiene nach Abb. 33 in Anwendung.

Sie besteht aus einer breitfüßigen Kopfschiene, an deren Kopf seitlich ein nasenförmiger Ansatz angewalzt ist, der um etwas mehr als Spurkranzhöhe tiefer liegt als die Schienenlauffläche. Eine eigentliche Spurrille wird bei diesen Schienen nicht gebildet, man pflegt vielmehr den ganzen zwischen den Schienen liegenden Teil der Straßendecke um Spurkranzhöhe tiefer zu legen. Durch diese stufenförmige Ausbildung des Schienenkopfes wird es den Straßenfahrwerken ermöglicht, die breite Oberfläche der Nase als Fahrbahn zu benutzen, was auch infolge der schlechten Pflasterungsverhältnisse der amerikanischen Straßen vielfach geschieht. Die Spurhaltung erfolgt bei Schwellenschienen durch Querschwellen aus Winkeleisen oder U-Eisen, auf denen die Schienen in bestimmten Abständen mit Klemmplatten befestigt werden. Es ist klar, daß eine derartige Anordnung mit teilweise tieferliegender Straßendecke vom Standpunkte des allgemeinen Straßenverkehrs aus große Nachteile mit sich bringt. Ein Überqueren der Straße wie ein Ausweichen der auf dem Straßenbahngleise fahrenden Fahrwerke wird dadurch bedeutend erschwert und die Abnutzung der Schienen erheblich beschleunigt. Aus diesem Grunde wenden sich auch in Amerika verschiedene große Städte mehr und mehr dem Rillenschienenoberbau für Straßenbahnen zu, wobei mitunter der Rillenflansch erhöht und verbreitert wird, um an Stelle der Nase als Laufbahn für die Straßenfahrwerke zu dienen.



Abb. 33.
Stufenschiene.

2. Gewicht und Abmessungen der Schienen; Normalprofile.

Gewicht und Abmessungen der im einzelnen Falle zu verwendenden Schienen werden bestimmt durch die er-

forderliche Tragfähigkeit und die Widerstandsfähigkeit gegen Abnutzung, ferner durch die infolge der Einbettung in den Straßenkörper gebotenen Rücksichten. Die Tragfähigkeit und Steifigkeit des Gleises mußte im Laufe der Entwicklung der Straßenbahnen wesentlich gesteigert werden. Während bei Pferdebahnen im allgemeinen mit Raddrücken zwischen 500 und 1000 kg zu rechnen ist, betragen diese bei Verwendung elektrischer Triebwagen 2000—3000 kg und mehr. Gleichzeitig ist die für die Abnutzung ausschlaggebende Zahl der Achsen, die während eines bestimmten Zeitraumes über eine Strecke hinwegrollen, sehr erheblich gewachsen und erreicht auf dichtbefahrenen Strecken eine außerordentliche Höhe.

Die Schienenhöhe wird stets ziemlich groß gewählt, da es sich in der Regel um Schwellenschienen handelt, die ohne Unterschwellung unmittelbar auf die Bettung verlegt werden, und deshalb die erforderliche Steifigkeit nur durch eine entsprechende Schienenhöhe erreicht werden kann. Aus dem gleichen Grunde ist auch eine breite Fußfläche erwünscht, damit sich trotz des Mangels von Querschwellen eine ausreichende Druckverteilung ergibt. Die Breite der Spurrille ist so groß zu wählen, daß die Spurkränze der Fahrzeuge genügenden Spielraum haben und nicht anlaufen; sie ist andererseits so eng zu halten, daß die Pferde nicht mit ihren Hufen hängen bleiben können. Die Tiefe der Spurrille ist so zu bemessen, daß auch nach der im Betriebe erfolgenden Abnutzung des Fahrkopfes die Spurkränze noch nicht auf dem Rillenboden zum Auflaufen kommen. Als gebräuchliche Rillbreiten finden sich die Maße von 30—33 mm, in der Höhe der Oberkante der Zwangsschiene gemessen. Die Zwangsschiene wird zweckmäßig etwas niedriger gehalten als die Laufschiene, da sich die letztere im Be-

triebe rascher abnutzt und deshalb bei ursprünglich gleicher Höhe beider Flächen bald eine Überhöhung der Zwangsschiene eintreten müßte, die für den Straßenverkehr nachteilig wäre. Die Länge der einzelnen Schienen wird zur Verminderung der Zahl der Stöße möglichst groß gewählt, ist aber andererseits von Rücksichten auf Beförderungsmöglichkeit und leichte Verlegbarkeit abhängig. Sie beträgt in der Regel 15—18 m.

Die Zahl der bisher verwendeten verschiedenen Rillenschienenprofile ist sehr hoch. Um eine sowohl im Interesse der Straßenbahnverwaltungen als der Walzwerke gelegene Vereinheitlichung herbeizuführen, hat der Verein deutscher Straßenbahn- und Kleinbahnverwaltungen nach mehrjährigen Beratungen auf seiner Versammlung im September 1909 die Annahme bestimmter Normalprofile beschlossen, so daß nunmehr, wenigstens bei den dem Vereine angeschlossenen Straßenbahnen, nur mehr einige wenige sorgfältig durchdachte und praktisch erprobte Schienenquerschnitte zur Anwendung gelangen werden. Es sind sowohl für einteilige Rillenschienen (Phönixprofile) als für zweiteilige Rillenschienen (Haarmannprofile) je vier Regelquerschnitte aufgestellt worden, von denen je einer für leichten, mittelstarken und schweren Betrieb bestimmt ist, während ein weiterer Querschnitt mit besonderer Rücksicht auf die Eigentümlichkeiten der Gleisverlegung in Straßen mit Asphalt- oder Holzpflaster entworfen wurde.

Das für mittelschweren Betrieb bestimmte Normalprofil 2 für einteilige Rillenschienen ist unter Eintragung sämtlicher Maße in Abb. 34 dargestellt. Allen vier Profilen gemeinsam sind die Abrundung der Schienenlauffläche nach einem Kreisbogen von 225 mm Halbmesser, die Neigung der Rillenwandungen von 6:1, die

sich die vier Profile unterscheiden, sind in nachstehender Tabelle in mm zusammengestellt (vgl. Abb. 35), wobei die Profile 1, 2 und 4 für leichten mittleren und schweren Betrieb bestimmt sind, während Profil 3 zur Verlegung in Asphaltstraßen und Holzpflasterstraßen geeignet ist.

Profil Nr.		1	2	3	4
Schienenhöhe	<i>a</i>	150	160	160	180
Fußbreite	<i>b</i>	140	150	180	160
Breite des Fahrkopfes	<i>c</i>	47	51	56	56
Stärke der Zwangsschiene . . .	<i>d</i>	14	15	16	16
Gesamte Kopfbreite	<i>e</i>	92	97	103	103
Rillentiefe	<i>f</i>	35	40	40	40
Kopfhöhe unter der Lauf- fläche	<i>g</i>	27	29	33	33
Stegstärke	<i>h</i>	11	12	12	12
Abstand der Lochachse von Schienenunterkante	<i>i</i>	61	63	64	73
Abstand des Schnittpunktes d. unteren Zwangsschienen- fläche mit der Stegmittel- linie von Schienenunter- kante	<i>k</i>	94	99	97	117
Trägheitsmoment in cm ⁴		1630	2130	2452	3202
Widerstandsmoment in cm ³ . . .		208,2	250,6	299,0	342,5
Querschnittsfläche in mm ² . . .		5490	6310	7180	7410
Gewicht in kg/m		42,8	49,2	56,0	57,8

Die für zweiteilige Rillenschienen aufgestellten Normalprofile I—IV entsprechen in allen wichtigeren Abmessungen den betreffenden einteiligen Profilen. Das für mittelschweren Betrieb bestimmte Profil II ist in Abb. 36 dargestellt. Die obere Kopffläche der Fahrschienen ist mit Rücksicht auf den Verblattstoß durchwegs mit 10 mm Abrundung an beiden Seiten ausgeführt. Kopf

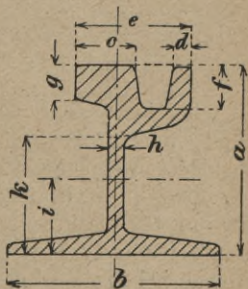


Abb. 35. Rillenschienenprofil.

und Fuß der Fahrschiene sind gegen die Stegmittellinie um die halbe Stegstärke versetzt. Die Stegstärke ist im Hinblick auf das Vorhandensein zweier Stege für den Fahrschienensteg etwas geringer bemessen worden als bei den einteiligen Rillenschienen und beträgt bei Profil I 8 mm, II 9 mm, III und IV 10 mm. Hierzu

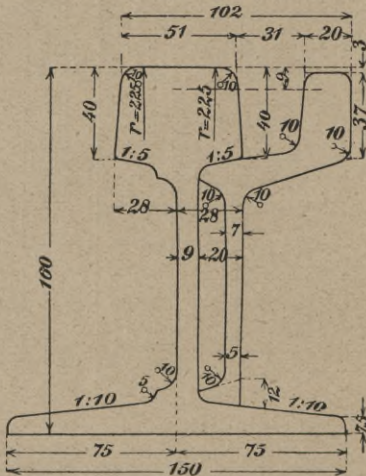


Abb. 36. Normalprofil II für zweiteilige Rillenschienen.

kommt die Stärke des sich nach unten verjüngenden Leitschienensteges von durchschnittlich 6 mm bei den beiden schwächeren und 7 mm bei den beiden stärkeren Profilen. Die Kopfstärke für die Leitschiene ist auf 20 mm für die Profile I und II, auf 25 mm für die Profile III und IV festgesetzt; die Dicke des Schienenfußes wurde bei Profil I um 1,00 mm, bei Profil II um 0,5 mm verringert gegenüber jener der entsprechenden einteiligen

Profile. Die übrigen wichtigeren Abmessungen stimmen mit jenen der Phönixprofile genau überein. Die Trägheits- und Widerstandsmomente sowie das Gewicht der einzelnen Profile sind aus folgender Tabelle zu entnehmen:

Profil Nr.	I		II		III		IV	
	Fahr- Leit- schiene	Fahr- Leit- schiene	Fahr- Leit- schiene	Fahr- Leit- schiene	Fahr- Leit- schiene	Fahr- Leit- schiene	Fahr- Leit- schiene	
Trägheitsmoment cm^4	1434	377	1868	509	2194	628	2999	1011
Widerstandsmoment cm^3	182,7	44,3	223,7	49,4	252,2	70,2	307,6	97,7
Gewicht kg/m	33,3	15,1	39,5	16,6	46,2	19,4	47,8	20,4

Da in verschiedenen Städten Schienen von 200 und 210 mm Höhe verlegt wurden und von den betreffenden Verwaltungen für sehr zweckmäßig gehalten werden, so ist auch noch die Aufstellung eines weiteren, 200 mm hohen Normalprofiles in Aussicht genommen worden.

Die in Amerika verwendeten Stufenschienen besitzen nach Schimpff in der Regel eine Höhe von 152 bis 178 mm bei Querschwellenunterlage, von 203—229 mm bei unmittelbarer Verlegung auf Beton.

Die Länge der Schienen beträgt gegenwärtig in der Regel 15 oder 18 m; auch Schienenlängen von 20 m und selbst 24 m sind in Verwendung. Ein Hauptvorteil der Verwendung langer Schieneneinheiten beruht in der dadurch ermöglichten geringeren Anzahl von Schienenstößen, die sowohl in technischer als in wirtschaftlicher Hinsicht stets einen wunden Punkt der Gleisanordnung bilden. Andererseits wächst mit der zunehmenden Länge auch die Schwierigkeit ihrer Beförderung und Verlegung, so daß dadurch gewisse Grenzen gezogen sind.

Als Baustoff für die Schienen diente bis vor kurzem ausschließlich Bessemerstahl oder Martinstahl. Der rasche

Verschleiß, den diese Schienen unter den bedeutend verstärkten Anforderungen des heutigen Straßenbahnbetriebes in Großstädten zeigen, hat dazu geführt, nach einem widerstandsfähigeren Stoffe als Ersatz für den Bessemerstahl zu suchen und wenigstens in besonders stark beanspruchten Strecken Schienen aus Spezialstahl zu verlegen. Hierfür kommen vor allem Schienen aus Titanstahl und aus Manganstahl in Frage. Mit beiden Baustoffen wurden, nachdem die Schwierigkeiten des Walzvorganges überwunden waren, namentlich in Nordamerika umfangreiche Versuche angestellt, die bis jetzt ein sehr befriedigendes Ergebnis gezeitigt haben. In beiden Fällen beträgt die Lebensdauer der Spezialstahlschienen ein Vielfaches von jener der bisher verwendeten Schienen. Neuerdings wird auch noch das Elektrostahlverfahren für die Herstellung besonders widerstandsfähiger Schienen verwendet.

3. Kurvenschienen; Rillenerweiterung in Kurven.

Beim Durchfahren gekrümmter Gleisstränge tritt eine Schrägstellung der Räder gegen die Schienenachse ein, wodurch bei nicht genügendem Spielraum eine Zwängung der Radkränze in den Spurrillen bewirkt wird. Außerdem aber macht sich in den Gleiskrümmungen eine verstärkte Abnutzung der Zwangschienen bemerkbar, die darauf zurückzuführen ist, daß eine Führung des Fahrzeuges hier nur durch ein Anlaufen der Radkränze an der Fahrschiene erfolgen kann. Dies hat notwendig eine starke Abnutzung der Fahrschiene durch das führende Rad der Achse zur Folge, die schließlich dazu führt, daß das andere Rad der Achse an der Zwangsschiene des zweiten Schienenstranges anläuft und so deren rascheren Verschleiß herbeiführt. Aus diesen Gründen pflegt man in den Kurven die Spurrille

um einige Millimeter zu erweitern und gleichzeitig die Zwangsschiene zu verstärken. Die Rillenerweiterung erfolgt bei mehrteiligen Rillenschienen durch eine entsprechend bemessene Zwischenlage zwischen Fahrschiene und Leitschiene; bei einteiligen Profilen kann sie entweder durch Ausfräsen herbeigeführt werden oder es werden besondere Kurvenprofile verwendet. Die Verstärkung der Zwangsschiene ist für zweiteilige Schienen von geringerer Wichtigkeit, da hier die Leitschiene im Bedarfsfalle ausgewechselt werden kann, ohne daß deshalb die Fahrschiene herausgenommen werden müßte. Bei Phönixschienen dagegen muß bei zu weit gehender Abnutzung der Zwangsschiene die ganze Schiene ausgewechselt werden, weshalb hier für eine ausreichend starke Bemessung der Zwangsschiene in Krümmungen unbedingt Sorge zu tragen ist.

Auf Grund dieser Erwägungen hat der Verein deutscher Straßenbahn- und Kleinbahnverwaltungen neben den oben genannten Normalprofilen für gerade Strecken auch je ein entsprechendes Kurvenprofil 1a—4a für einteilige Rillenschienen aufgestellt; für zweiteilige Rillenschienen dagegen wurde von der Aufstellung besonderer Kurvenprofile Abstand genommen. Abb. 37 stellt das Profil 2a für gekrümmte Gleise dar. Die Veränderungen des Querschnittes beschränken sich bei diesem wie bei den drei anderen Profilen lediglich auf die Ausgestaltung der Spurrille und die Abmessungen der Zwangsschiene. Die Spurrille ist für alle vier Profile gegenüber jener für gerade Strecken um 3 mm verbreitert, so daß also ihre in Höhe der Zwangsschiene gemessene Weite 37 mm beträgt. Eine stärkere Rillenerweiterung erscheint mit Rücksicht auf die Sicherheit des Straßenverkehrs nicht als zweckmäßig; sie ist auch nach den bisherigen Erfahrungen nicht erforderlich. Die Zwangsschiene ist bei Profil 1a um 7 mm, bei

geführt. Um diese Übelstände zu vermeiden, hat man in den ersten Zeiten des Pferdebahnbaues die Außenschienen der Kurven als flache Schienen ohne Rillen ausgeführt, so daß dort die Räder mit dem Spurkranze zum Auflaufen kamen. Im Interesse einer sicheren Führung der Fahrzeuge mußte diese Anordnung bald wieder verlassen werden, doch werden auch heute noch von mehreren Straßenbahnverwaltungen die Außenschienen der Kurven mit flacher Rille ausgeführt, um ein Auflaufen der Spurkränze zu erzielen. Die Anschauungen über die Zweckmäßigkeit einer derartigen Anordnung sind geteilt. Am besten hat sich bisher bei flachen Rillen eine Rillentiefe von etwa 10 mm bewährt. Wenn die Anwendung einer flachen Rille für notwendig erachtet wird, so kann deren Herstellung unschwer mit den für das Tiefrillenprofil bestimmten Walzenstraßen durch eine Änderung an der den Rilleneindruck herstellenden Walze geschehen, ohne daß die übrige Form des Schienenprofils geändert werden muß.

Die Anwendung von Spurrillen in Krümmungen wird im Interesse einer sicheren Führung in Amerika auch dort für nötig erachtet, wo man auf der geraden Strecke Stufen- oder Nasenschienen nach Abb. 33 verwendet. Zu diesem Zwecke werden dort in Kurvenstrecken besondere Zwangschienen, in der Regel einfache Vignoleschienen, mit den Stufenschienen verschraubt.

Auch bei sorgfältigster Ausbildung des Oberbaues bleiben die Nachteile der Bogenreibung bestehen. Sie äußern sich vor allem in starker Abnutzung des Laufwerkes der Fahrzeuge, in schnellerem Verschleiß des Oberbaues, in erhöhtem Stromverbrauch infolge des Bogenwiderstandes, in starkem Geräusch, in unruhigem und ruckweisem Fahren der Wagen auf den ausgefahrenen Gleisen. Aus diesem

Grunde wird neuerdings die vollständige Beseitigung der Bogenreibung durch Bau geeigneter Fahrzeuge empfohlen. Dies ist, wie eine genaue Rechnung zeigt, möglich, wenn man die Wagen mit Lenkachsen versieht, die von einer verschiebbaren Mittelachse gesteuert werden, und auf jeder Achse ein Rad drehbar anordnet.¹⁾

4. Die Riffelbildung auf den Schienenfahrflächen.

Im Anschlusse an die Formgebung der Schienen sei die Erscheinung der Riffelbildung auf den Schienenlauflächen kurz besprochen, deren wirksame Bekämpfung bisher nur unvollkommen geglückt ist. Bei zahlreichen Straßenbahnen treten im Laufe des Betriebes allmählich wellenförmige Vertiefungen in der Schienenlaufläche ein, welche stoßweises Fahren und vorzeitige Abnutzung der Schienen und Fahrzeuge zur Folge haben. Die Erklärungen für diese Erscheinung gehen zum Teil weit auseinander, anscheinend treffen verschiedene Umstände zusammen, um hier eine Wirkung hervorzurufen, die bei Eisenbahnen nicht oder nur in viel geringerem Maße auftritt. Neuere Untersuchungen²⁾ führen zu dem Schlusse, daß die wichtigsten Ursachen der Riffelbildung in Kräftewirkungen zu suchen sind, welche durch Rauheit der Schienenoberfläche bei starken Walzschlieren und durch riefige Oberfläche der Radreifen, besonders an den Hohlkehlen, eingeleitet und durch die mehr oder weniger starre Einspannung des Gleises gefördert werden. Auch Schleifen der Räder hat eine ungünstige Wirkung; Ungleichheit der Raddurchmesser muß daher sorgfältig vermieden werden. In Bögen ist Neigung der Lauflächen als geeignetstes Hilfs-

¹⁾ S. Dr.-Ing. Bäseler in „Z. f. Kleinbahnen“ 1917, S. 365.

²⁾ S. „Organ f. d. Fortschritte d. Eisenbahnwesens“ 1919, Heft 8.

mittel gegen das Schleifen des äußeren Rades zu empfehlen. Aus dem gleichen Grunde wirkt das Bremsen nachteilig auf die Schienenfläche. Von großer Bedeutung sind auch die Stoßverbindungen, da unter den Schlägen an den Stößen Schiene und Fahrzeuge in starke Schwingungen geraten. Erzielung schlagfreien Überganges an den Stößen ist daher eine Voraussetzung für erfolgreiche Bekämpfung der Riffelbildung. Allgemein sind anzustreben möglichst leicht federnder Oberbau, harte Schienenlauffläche und eine Bauart der Fahrzeuge, welche Schwingungen nach Möglichkeit verhindert.

b) Unterlage und Befestigung der Schienen.

Als Schienenunterlage dienten ursprünglich vorzugsweise hölzerne Langschwelle; auch Langschwelle aus Granit und gußeiserne Einzelstützen kamen in Anwendung. Seit der Einführung hochstegiger Schwellenschienen mit genügend breiter Grundfläche sieht man von einer Unterschwellung der Gleise in der Regel vollständig ab und verlegt die Schienen unmittelbar auf den Untergrund. Der hauptsächlichste Nachteil der hölzernen Langschwelle lag in ihrer geringen Dauerhaftigkeit und in der Notwendigkeit, bei Auswechslung einer Schwelle infolge der versetzt liegenden Schienen- und Schwellenstöße stets zwei Schienenlängen auszuheben.

Querschwellen gewährleisten eine vorzügliche Druckverteilung und sichern deshalb am besten die Höhenlage des Gleises. Sie zwingen aber andererseits dazu, bei Auswechslungen das ganze Straßenpflaster zwischen den Schienen und noch etwas zu beiden Seiten derselben aufzureißen, und machen deshalb zur Hebung eines gesunkenen Gleises stets kostspielige und zeitraubende Pflasterarbeiten notwendig. Ihre Verwendung ist daher bei europäischen

Straßenbahnen auf jene Fälle beschränkt, wo man infolge eines besonders nachgiebigen Untergrundes diese Nachteile im Interesse einer sicheren Schienenlage in Kauf nehmen muß. In diesen Fällen ist ein entsprechend hohes Schienenprofil zu wählen, damit die Unterkante der Pflastersteine über die Schwellen zu liegen kommt. Es finden sowohl hölzerne als auch eiserne, in neuerer Zeit vereinzelt auch Schwellen aus Eisenbeton Anwendung. Zur Verminderung der Stoßwirkungen und der darauf zurückgeführten Riffelbildung werden neuerdings auch elastische Hohlswellen aus Eisen als Schienenunterlage empfohlen.¹⁾

Größere Bedeutung hat die Frage einer Unterschwellung der Straßenbahnschienen im Zusammenhange mit den unten (S. 71) erwähnten Schwierigkeiten der Gleisverlegung in geräuschlosem Pflaster, besonders Asphaltpflaster, erlangt. Die unmittelbare Verankerung der Schienen in der Betonunterlage dieser Straßendecken hat den Nachteil, daß eine Auswechslung der Schienen sehr hohe Kosten für den Aufbruch und die Wiederherstellung der Pflasterdecke verursacht und infolge der langen Abbindezeit des Betons stets längerwährende Betriebsstörungen bzw. Umleitungen des Verkehrs nach sich zieht. Von den verschiedenen, zur Beseitigung dieser Mißstände vorgeschlagenen Ausführungen hat das System Busse-Reinhardt in größerem Umfange in Berlin Anwendung gefunden und sich dort in jahrelangem Betriebe gut bewährt. Hierbei werden niedrige Rillenschienen von meist 100 mm Höhe, aber großer Fußbreite, auf einen ununterbrochenen Strang von etwa 1000 mm langen Schwellen aus Eisenbeton verlegt, die in ihrer Decke trogförmige

¹⁾ S. „Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnen“ 1919, Heft 2 u. „Zeitschr. f. Kleinbahnen“ 1919, Heft 2.

Aussparungen für den Schienenfuß besitzen und durch vorstehende Eisenenden in Verbindung mit dem umgebenden Stampfbeton gebracht werden. Die Auswechslung der Schienen kann in kurzer Frist, erforderlichenfalls während der nächtlichen Betriebspausen, vorgenommen werden. — In anderen Fällen wurden die Schienen in eisernen Stühlen gelagert, die ihrerseits auf Holzschwellen verschraubt sind. Auch Querschwellen aus Eisenbeton mit eingelassenen Schienenstühlen, ferner Zwischenlagerung von Stahlplatten oder Eisenbetonplatten in kurzen Abständen zwischen Beton und Schienenfuß werden vereinzelt angewendet.

In Amerika wurden die Schienen wegen der schlechten Straßenbeschaffenheit anfangs fast durchweg auf hölzernen Querschwellen verlegt. Diese Unterschwellung wird auch jetzt noch vielfach beibehalten, doch werden hochstegige Stufenschienen auch unmittelbar auf den Untergrund verlegt. Die Befestigung der Schienen auf den Schwellen erfolgt in der Regel durch eiserne Unterlagsplatten und Hakennägel. Zur Spurhaltung werden die Unterlagsplatten zum Teil mit aufgebogenen Winkelan-sätzen versehen. Der Abstand der Schwellen beträgt (nach Schimpff) meist 0,61 m.

c) Der Schienenstoß.

Der Schienenstoß, d. i. diejenige Stelle, an welcher die einzelnen Schienenstücke eines Schienenstranges aneinanderstoßen, ist auch bei den Straßenbahnen stets der schwächste Teil des Oberbaues gewesen und hat die Konstrukteure zu immer neuen Ausführungsarten veranlaßt. Die Zahl der heute in Gebrauch befindlichen Stoßanordnungen ist daher sehr beträchtlich, ganz abgesehen davon, daß eine große Zahl von Ausführungen im Laufe der Entwicklung wieder verschwunden ist. Je nachdem bei der

Ausbildung der Stoßverbindungen den einzelnen Schienen die Möglichkeit gewährt wird, sich entsprechend den Wärmeschwankungen auszudehnen und zusammenzuziehen, oder aber der Schienenstrang als ein starres, lückenloses Gestänge hergestellt wird, lassen sich die gegenwärtig verwendeten Stoßanordnungen in zwei grundsätzlich verschiedene Arten trennen: in Stoßverbindungen mit Wärmelücke und Stoßverbindungen ohne Wärmelücke, sog. stoßlose Schienenverbindungen.

1. Stoßverbindung mit Wärmelücke: Laschenstöße.

Diese Art der Stoßverbindungen ist die ältere und lange Zeit in größerem Umfange ausschließlich in Anwendung gewesen. Sie beruht auf dem aus dem Eisenbahnbau übernommenen Grundsatz, daß es zur Vermeidung von Gleisverwerfungen und unzulässigen Spannungen im Gleisstrange notwendig ist, an den Stoßstellen zwischen den beiden Schienenenden eine Lücke frei zu lassen, die groß genug ist, um eine ungehinderte Wärmeausdehnung der Schienen zu gestatten. Die diesbezüglichen Anordnungen beruhen fast alle auf der Grundlage des Laschenstoßes. Für Flach- und Sattelschienen und ebenso für Hohlchienen fanden Unterzuglaschen Verwendung, deren Form der Schienengestalt angepaßt war. Mit Einführung der hochstegigen Trägerschiene ging man zu der Anordnung von Seitenlaschen über, wie sie im Eisenbahnbau gebräuchlich sind.

Eine Stoßverbindung mit Seitenlaschen für Rillenschienen zeigt Abb. 38; diese Ausführung ist für geringe Beanspruchungen sehr verbreitet. Die Laschenlänge beträgt hierbei in der Regel 760—800 mm. Für große Raddrücke und stark befahrene Strecken ist diese Stoßver-

bindung zu schwach, da sie keine genügende Sicherheit gegen ein Durchbiegen der Schienenenden bietet. Um die notwendige Verstärkung zu erzielen, sind verschiedene Anordnungen zur Anwendung gekommen. Beim

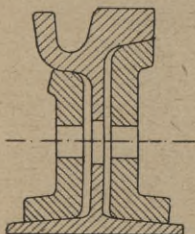


Abb. 38. Stoßverbindung mit Seitenlaschen.

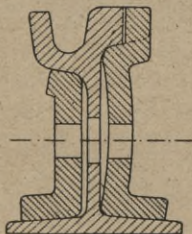


Abb. 39. Schmidtscher Halbstoß.

Schmidtschen Halbstoß (Abb. 39) wird die Außenlasche bis zur Höhe der Schienenlaufläche geführt und der Schienenkopf auf Laschenlänge in der halben Breite ausgeschnitten; dadurch soll erreicht werden, daß das Rad ohne Stoß durch die Lasche über die Lücke hinweggetragen wird. Ein vollständiger Ersatz des Schienenkopfes durch die Lasche findet beim Melaunstoß (Abb. 40) statt, bei welchem der Fahrkopf der Schiene an der Stoßstelle vollständig herausgeschnitten wird und eine entsprechend ausgebildete Kopflasche an seine Stelle tritt. Ein besonderer Vorteil dieser Stoßverbindung ist, daß auch sehr ausgefahrene Stöße durch ihre Anordnung wieder erneuert werden können, ohne daß die Schienen aus dem Pflaster herausgenommen werden müssen. Der Melaun-



Abb. 40. Melaunstoß.

stoß ist deshalb namentlich für Reparaturen sehr geeignet. Einen Schritt weiter auf diesem Wege bedeutet der Schienenstoß nach Bleicher mit Rillenkopflasche. Hierbei werden die Schienenenden auf ein kurzes Stück vollständig von Kopf und Rille befreit; in den dadurch gebildeten Ausschnitt greift die Lasche mit entsprechend ausgestaltetem Kopfteil ein. Die Enden der Lasche sind ausgeklinkt und stützen noch auf eine Strecke den Kopf der Schienen in deren ungeschwächten Teilen. Auf der andern Schienenseite wird

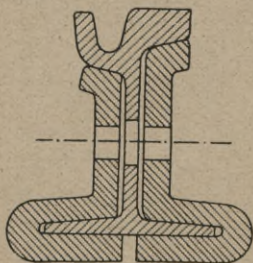


Abb. 41. Stoßverbindung mit beiderseitigen Fußlaschen.



Abb. 42. Fußlaschenverbindung mit Keilfußplatte.

eine Gegenlasche der üblichen Form verlegt, welche den Kopf der Schiene und der Rillenkopflasche untergreift und stützt. Durch diese Anordnung wird eine Verteilung der Belastung auf beide Seiten des Schienenfußes und demgemäß eine gleichmäßige Druckverteilung auf die Gleisunterlage sichergestellt.

Auf einem anderen Grundgedanken beruhen die zahlreichen Stoßverbindungen, welche einem Durchbiegen der Schienenenden durch Unterstützung des Schienenfußes entgegenzuwirken trachten. Beispiele derartiger Anordnungen sind die Verbindungen mit beiderseitiger Fuß-

lasche (Abb. 41), die Fußlaschenverbindung mit Keilfußplatte (Abb. 42) und der Fußklammerstoß des Hörder Bergwerks- und Hüttenvereins (Abb. 43). Bei letzterer Ausführung sind die Fußplatten und Klammern wesentlich kürzer als die Laschen, so daß diese Anordnung auch in scharfen Krümmungen ohne Schwierigkeit zur Anwendung kommen kann. Eine Stoßverbindung ohne Verschraubung stellt der Schienenschuh von Scheinig und Hofmann (Abb. 44) dar. Der äußere Bügel wird

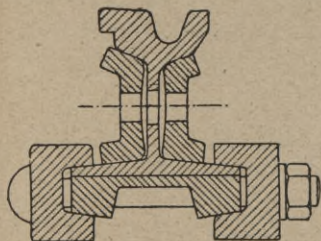


Abb. 43. Fußklammerstoß.

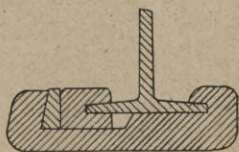


Abb. 44. Schienenschuh.

hierbei in rotglühendem Zustande angelegt, so daß nach dem Erkalten eine kräftige Verbindung der beiden Schienenenden hergestellt ist.

Im Gegensatz zu den bisher beschriebenen Stumpfstoßverbindungen, bei welchen die beiden Schienenenden stumpf aneinanderstoßen, suchen die Blattstoßverbindungen eine Verbesserung der Stoßanordnung durch Verblattung der Schienenenden unter gleichzeitiger Verwendung von Seitenlaschen zu erreichen. Zu diesem Zwecke werden entweder Schienen mit besonders kräftigem Stege, sog. Dickstegschienen, verwendet und längs ihrer Stegmittelebene auf eine bestimmte Länge geteilt, so daß zwei halbe Schienen am Stoße nebeneinander

liegen. Oder es finden Wechselstegschienen Verwendung, bei welchen der Steg abwechselnd nach der einen oder anderen Seite gegen Kopf und Fuß etwas versetzt ist; an der Stoßstelle werden nur Schienenkopf und -Fuß zur Hälfte ausgeschnitten, während die beiden unverehrten Stege nebeneinander zu liegen kommen. Diese Anordnung findet namentlich bei zweiteiligen Rillenschienen (Haarmannschienen, vgl. Abb. 45) vielfach Anwendung. Wie bereits bei Besprechung der Normalprofile erwähnt, sind auch die für derartige Schienen aufgestellten Regelquerschnitte mit Rücksicht auf ihre Verwendung als Wechselstegschienen ausgebildet. Bei einteiligen Rillen-

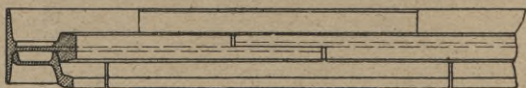


Abb. 45. Wechselsteganordnung bei Haarmannschienen.

schienen läßt sich eine Versetzung des Steges mit Rücksicht auf die eigenartige Kopfausbildung nicht vornehmen. Diese Schienen sind, wenn eine Verblattung der Schienenenden vorgenommen werden soll, als Dickstegschienen auszuführen.

Um eine Lockerung der Laschenbolzen als Folge der am Stoße auftretenden Erschütterungen zu vermeiden, werden vielfach Spannringe oder Spannplatten unter den Schraubenmuttern angebracht, die durch ihre federnde Wirkung ein Lösen der Mutter verhindern.

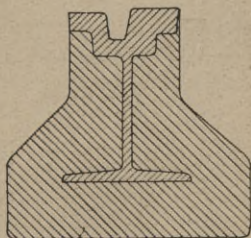
In fast allen Fällen werden die Laschenstöße schwebend und als Gleichstoß angeordnet. Stoßen Schienen verschiedenen Profils aneinander, so kommen Übergangsschienen mit ausgeschmiedeten Enden zur Verwendung. Bei mehrteiligen Schienen werden die Stöße

der Leitschienen und der Fahrschienen jedes Schienenstranges gegeneinander versetzt.

2. Fugenlose Stoßverbindungen.

Die Möglichkeit der Anwendung fugenloser Stoßverbindungen¹⁾ beruht auf der Erfahrung, daß bei Straßenbahngleisen infolge der festen Einspannung der Schienen durch das Pflaster oder die Chaussierung eine Verwerfung infolge von Temperaturschwankungen ausgeschlossen ist. Da ferner die vollständig eingebetteten Straßenbahnschienen in viel geringerem Maße als die freiliegenden Schienen der Sonnenbestrahlung und der Einwirkung der Außentemperatur ausgesetzt sind und auch meist die zahlreichen Krümmungen der Straßenbahngleise eine gewisse Ausgleichsmöglichkeit gegenüber Wärmedehnungen bieten, so bleiben die infolge der Erwärmung oder Abkühlung auftretenden Spannungen innerhalb zulässiger Grenzen. Während anfänglich, besonders in außerdeutschen Ländern, die Umgießung der Schienen in größerem Umfange angewandt wurde, hat in neuerer Zeit die Verschweißung der Schienenenden sehr große Ausdehnung gewonnen.

Bei der Umgießung der Schienen nach dem Falkschen System werden die beiden Schienenenden mit einem Gußeisenblock umgossen, der bis unter den Schienkopf reicht (Abb. 46). Da sich das Gußeisen beim Erstarren



Gußeisen

Abb. 46. Umgossener Stoß nach Falk.

¹⁾ Vgl. hierzu den ausführlichen Vortrag über „Schienenschweißung“ von Direktor Wattmann in der Zeitschrift. f. Kleinbahnen 1909, S. 953.

dicht um die Schiene legt, so wird auf diese Weise eine vollständige gegenseitige Unbeweglichkeit der Schienenenden erzielt. Bei einer anderen Ausführung werden die Schienenenden mit kastenförmigen Laschen umgeben, die gleichzeitig als Gußschalen dienen und durch die Umgießung fest mit der Schiene verbunden werden. Das Gußeisen wird in fahrbaren Kupolöfen an Ort und Stelle erzeugt. Der Falksche Stoß ist namentlich in Frankreich,

ferner in Belgien und Holland verbreitet. Nachteilig ist, daß zu seiner Ausführung ziemlich umfangreiche Hilfsmittel — fahrbare Kupolöfen, Gebläse usw. — an die Baustelle geschafft werden müssen.

Eine bedeutend bessere Schienenverbindung wird durch das aluminothermische Schweißverfahren nach Dr. Goldschmidt erzielt. Das Verfahren ist kurz folgendes (vgl. Abb. 47): In einem Abstichtiegel *a* wird eine bestimmt



Abb. 47.
Thermitschweißung.

abgemessene Menge Thermit, d. i. eine Mischung von Eisenoxyd und Aluminium, zum Schmelzen gebracht. Da hierbei unter starker Wärmeentwicklung Aluminiumoxyd und Eisen gebildet werden, so genügt die Entzündung einer kleinen Zündmasse, um den Schmelzvorgang einzuleiten. Der Tiegel ist über dem Schienenstoße angebracht; dieser selbst wird mit einer Form *b* umgeben, welche ein wulstförmiges Umgießen der Schiene gestattet. Beim Abstechen des Tiegels fließt zuerst das spezifisch schwerere geschmolzene Eisen in die Form und umgibt die Schienen etwa bis Stegmitte. Bei der Berührung der Schienenflächen mit dem eine Temperatur von etwa 3000°

besitzenden Thermiteseisen werden die äußersten Schichten der Schiene geschmolzen, so daß eine Verschmelzung der Schienen mit dem Eisen zu einem festen Blocke stattfindet. Der obere Teil der Form wird mit der flüssigen Schlacke (Aluminiumoxyd) angefüllt; diese führt eine sehr starke Erhitzung der oberen Schienenhälfte herbei. Die Kopfenden der Schienen, die zweckmäßig zuvor mit einer besonderen Scheibenfeile genau abgeschliffen wurden, werden nun durch einen Klemmapparat zusammengepreßt und dadurch verschweißt. Sodann werden Schlacke und Form entfernt. Es handelt sich also hier nicht eigentlich um eine reine Schweißung; es werden vielmehr die unteren Hälften der Schienen umgossen und nur die Kopfenden verschweißt. Auf diese Weise wird eine sehr kräftige Stoßverbindung erreicht, die sich bisher ausgezeichnet bewährt hat und in von Jahr zu Jahr wachsendem Umfange ausgedehnte Verwendung findet. Auf der gleichen Grundlage beruht ein neueres Verfahren von Ingwer Block, bei welchem in dem Behälter unmittelbar das zum Schweißen benötigte Eisen und Schlacke (Ton) durch den elektrischen Lichtbogen geschmolzen werden, die Verwendung einer besonderen Thermitmasse daher entbehrlich wird.

Die elektrische Schienenschweißung erfolgt entweder nach dem Verfahren der Flammenbogenschweißung oder der Widerstandsschweißung. Die Flammenbogenschweißung ist zuerst von der Akkumulatorenfabrik A.-G. ausgebildet worden und ist die in Deutschland allein angewandte Art der elektrischen Schienenschweißung. Bei diesem Verfahren werden die zu verschweißenden Stellen dem elektrischen Lichtbogen ausgesetzt und dadurch zum Schmelzen gebracht; durch Zusatz weiteren geschmolzenen Materiales wird ein vollständiges Zusammenschmelzen der beiden Teile bewirkt. Die Schweißung erfolgt entweder als

Stumpfschweißung, wobei nur der Schienenkopf und der Schienenfuß, letzterer unter Mitverschweißung einer Unterlagsplatte, zusammengeschmolzen werden, oder besser als Laschenschweißung. Bei letzterer Ausführungsart werden die Schienen an der Stoßstelle in gewöhnlicher Weise, jedoch ohne Freihalten einer Wärmelücke, durch Laschen verbunden und die Laschen an beiden Enden und in der Mitte oben und unten mit den Schienen verschweißt. Durch Umkehrung gewöhnlicher Laschen, so daß der untere Schenkel an den Schienenkopf zu liegen kommt, kann ohne Verwendung weiterer Hilfseinrichtungen oder besonders geformter Laschen für das zur Verschweißung dienende Eisen sowohl am Kopfe wie am Fußende der Laschen ein breites Auflager geschaffen und dadurch ein Abfließen des geschmolzenen Eisens verhindert werden („Nahtschweißung“ der Gesellschaft für Bahnoberbau). Die gesamte Schweißanlage selbst ist bei diesen Einrichtungen betriebsfertig in einem Wagen untergebracht.

Die elektrische Widerstandsschweißung beruht darauf, daß Wechselstrom von sehr niedriger Spannung und sehr hoher Stromstärke durch die Laschen eines beiderseitig verlaschten Schienenstoßes geschickt wird. An den Übergangsstellen zwischen Schienen und Lasche wird das Eisen infolge des hohen Übergangswiderstandes bis zu Weißglut erhitzt; die Laschen werden durch eine Wasserdruknpresse gegen die Schienen gepreßt, wodurch eine Verschweißung der Schienen mit den Laschen bewirkt wird. Bei einer neueren amerikanischen Ausführung werden nicht die Laschen unmittelbar, sondern die die Laschen mit den Schienen verbindenden Nieten durch elektrische Erhitzung mit Schienensteg und Lasche verschweißt.

Auch das autogene Schweißverfahren, das die außerordentlich hohe Hitze eines Azetylen-Sauerstoff-Ge-

bläses zum Schmelzen von weichem Eisen auf den zu verbindenden Werkstücken benutzt, wurde bereits mehrfach zur Schienenverbindung verwendet, ohne jedoch umfangreichere Anwendung zu finden. Schwierigkeiten macht hierbei die Beschaffung einer wirtschaftlichen Anwärmevorrichtung für die Schienen, deren Enden auf Dunkelrotglut erhitzt werden müssen. Bei neueren Versuchen in der Schweiz geschah dies durch eine mit Petroleum geheizte Vorrichtung, welche innerhalb 30—40 Minuten eine Erwärmung der Schienen auf 500—700° ermöglichte.

Eine fugenlose Stoßverbindung unter Vermeidung des kostspieligen Schweißverfahrens wird durch Verwendung exzentrischer Laschenschrauben erstrebt. Die mittleren, in der Schienenbohrung liegenden Teile des Bolzenschaftes sind hierbei exzentrisch um etwa 2 mm verstärkt; beim Anziehen der Schrauben werden daher die Schienenenden kräftig gegeneinandergedreht. Auch dieser Stoß ist für Auswechslungs- und Erneuerungsarbeiten gut geeignet¹⁾.

Alle stoßlosen Schienenverbindungen haben für elektrischen Betrieb noch den Vorteil, daß sie einen sicheren Stromübergang von Schiene zu Schiene gewährleisten und die weiter unten erwähnten leitenden Schienenverbinder (Schienenbunde) entbehrlich machen.

Um auch bei Stoßverbindungen ohne Wärmelücke eine gewisse Ausdehnungsmöglichkeit des Gleisgestänges zu gestatten, werden häufig in Abständen zwischen 100 und 300 m Ausdehnungsstöße (Dilatationsstöße) angeordnet. Über den Wert dieser Maßnahme sind die Meinungen geteilt; ob bei der festen Einspannung des Gleises im Straßenkörper auf solche Entfernungen überhaupt noch eine Längsbewegung der Schienen möglich ist, dürfte fraglich sein. Unter allen Umständen sollte die Anordnung

¹⁾ Näheres s. Deutsche Straßen- und Kleinbahnztg. 1919, Nr. 22.

von solchen Stößen in Asphaltpflaster unterbleiben, da hierbei Schienenstoß und Anschlußpflaster stets sehr rasch zerstört werden.

d) Unterbettung und Pflasteranschluß.

In Steinschlagstraßen (chaussierten Straßen) werden die Straßenbahnschienen in die Chaussierung eingelegt und mit dem Bettungsmaterial der Straßendecke unterstopft. Bei niedrigen Schienen kann eine einfache Verlegung in dem Straßenkörper genügen; bei den heute gebräuchlichen hohen Schienenprofilen ist jedoch eine Tiefer-



Abb. 48. Gleis in Steinschlagstraße.

legung der Packlagebettung unter den Schienen erforderlich. Dies geschieht entweder in der Weise, daß nur je ein schmaler Streifen unmittelbar unter den Schienen entsprechend gesenkt wird, oder es wird die Packlageschicht auf die ganze Breite der Straße tiefer gelegt (Abb. 48). Letztere Anordnung gestattet ein besseres Festwalzen des Gleisbettes. Der Anschluß des Gleises an den Straßenkörper erfolgt ohne weitere Ausrüstung durch Feststampfen der Schotterdecke. In stark befahrenen Straßen ist im Interesse einer besseren Straßenunterhaltung eine Pflasterung des Raumes zwischen den Schienen und unmittelbar zu beiden Seiten derselben vorzuziehen.

Bei gepflasterten Straßen wird das Gleis in gleicher Weise wie bei Steinschlagstraßen in Kiesbettung

mit Packlageschicht (vgl. Abb. 49) oder auch zuweilen auf einer Betonunterlage verlegt. Die Schienen werden so hoch gewählt, daß die Anschlußsteine des Straßenpflasters über den Schienenfuß zu liegen kommen. Von der Verwendung besonders geformter Anschlußsteine wird abgesehen. Der Raum zwischen Schienensteg und Pflaster, der sog. Schienenhals, wird mit Kies, Sand, Beton oder

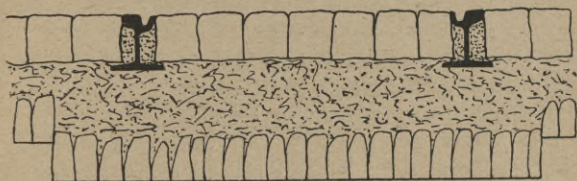


Abb. 49. Gleis in gepflasterter Straße.

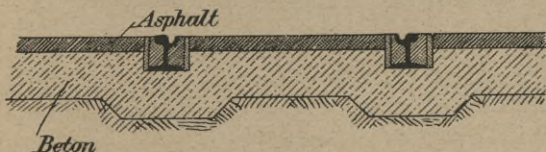


Abb. 50. Gleis in Asphaltpflaster.

fettem Zementmörtel ausgefüllt. Von allen Ausführungsarten, welche für den Anschluß der Straßenbahnschienen an die Straßendecke in Frage kommen, hat sich bisher dieser Anschluß an Kopfsteine allein als dauerhaft bewährt.

Sehr ungünstig sind die Bedingungen für eine Verlegung von Straßenbahngleisen in Straßen mit geräuschlosem Pflaster, d. i. mit Asphaltbelag oder Holzpflaster. Bei diesen Pflasterarten liegt die Straßendecke stets unmittelbar auf einer Betonschicht auf. Da die Höhe der Asphalt-schicht und der Holzklötze

immer geringer ist als jene der Schienen, so muß in dem Betonbett eine Rinne (vgl. Abb. 50) für die Schiene ausgespart werden und gleichzeitig die Betonschicht unter den Schienen entsprechend nach unten verstärkt werden, in der Regel auf eine Stärke von 15—20 cm. Die unmittelbare Auflagerung der Schienen auf den Beton sucht man vielfach durch Unterstopfen mit Zement, durch Unter gießen mit Asphalt oder durch Zwischenlage von Asphaltplatten zu vermeiden. Dem gleichen Zwecke dienen die verschiedenen, auf S. 58 kurz besprochenen Arten der Gleisverlegung auf Beton- oder Eisenbetonschwellen und -Platten, die in der Fabrik hergestellt und fertig verlegt werden, worauf sofort das Gleis gestreckt werden kann. Bei anderen Ausführungen werden die Schienen fest mit dem Beton verankert, um einer Lockerung entgegenzuwirken.

Besondere Schwierigkeit bietet bei Asphaltbelag der Anschluß des Gleises an die Straßendecke. Es ist eine ganze Reihe von verschiedenen Anordnungen zur Ausführung gekommen, Umgießung der Schienen mit Gußasphalt, Verlegung von Asphaltplatten längs der Schienen, Einsäumung der Schienen durch Holzklötze, Kopfsteine oder Steinschwellen u. ä. Eine neuartige Ausführung ist die Verlegung von Hanfseilen in einer Rille zu beiden Seiten des Schienenkopfes, wodurch das Eindringen von Wasser verhindert und gleichzeitig eine Dämpfung der Stöße erzielt wird. Auch die von Ingwer Block & Co. in Berlin ausgeführte Einsäumung der Schienen mit einer Schicht besonders zubereiteten Papiers wirkt im Sinne einer Einschränkung der schädlichen Stoßwirkungen. Alle diese Anordnungen haben bisher zwar zum Teil zu ganz beachtenswerten Ergebnissen geführt, können aber die dem System anhaftenden Mängel auf die Dauer nicht beseitigen. Die Verlegung von Straßen-

bahngleisen in Straßen mit geräuschlosem Pflaster führt, wie dies namentlich in den Verhandlungen des Vereins deutscher Straßenbahn- und Kleinbahnverwaltungen¹⁾ neuerdings immer wieder entschieden betont wurde, stets zu Mißständen und zwingt zu fortwährenden und kostspieligen Unterhaltungsarbeiten, ohne daß ein dauernd zufriedenstellender Zustand erreicht worden wäre. In allen Fällen tritt in kurzer Zeit eine Lockerung der Schienen ein. Infolge der durch den Straßenbahnbetrieb hervorgerufenen Erschütterungen bildet sich bald eine Fuge zwischen Schienen und Asphaltbelag, und durch diese dringt Wasser ein, welches die Betonunterlage allmählich zerstört. Außerdem verursacht das Befahren der unmittelbar auf Beton verlegten Schienen ein dröhnendes Geräusch, so daß der Zweck der geräuschlosen Pflasteranordnung wieder verloren geht. Bei dem gegenwärtigen Stande der Frage ist daher vom bahntechnischen Standpunkte die Verlegung von Gleisen in Asphalt- oder Holzpflaster vollständig zu verwerfen. Es ist vielmehr in solchen Straßen eine Auspflasterung des zwischen den Schienen liegenden Straßenraumes und eines schmalen Streifens seitlich derselben mit Steinpflaster zu empfehlen. Hierdurch wird gegenüber der starren Verlegung in Beton eine nachgiebige Straßenbefestigung erzielt. Unter den Schienen und Pflastersteinen wird hierbei der Boden ausgehoben, dann durchgehends eine etwa 20—25 mm hohe Packlage gesetzt und festgewalzt. Auf diese Unterlage werden die Schienen aufgelegt und mit Kleinschlag fest unterstopft. Um jede Erschütterung des Gleises an den Schienenenden zu vermeiden, ist eine Verschweißung der Schienenstöße zu empfehlen. Zwischen

¹⁾ S. Zeitschr. f. Kleinbahnen 1909, S. 951; Zeitschr. f. Kommunalwirtschaft 1914, Nr. 11.

den Schienen und zu beiden Seiten werden dann in festgeschlemmtem, abgeglichenem Sandbett die Pflastersteine versetzt und festgerammt. Die mindestens $1\frac{1}{2}$ cm starken Fugen werden mit Sand, Asphalt, Bitumenmasse oder Pflasterkitt gefüllt. Für die Steine werden Grauwacke, Granit, Syenit oder Schlackenstein empfohlen; die Größe beträgt zweckmäßig $13 \times 16 \times 20$ cm. Die Steine werden sorgfältig gerammt, bisweilen auch abgeschliffen, um eine möglichst glatte, geräuschlose Straßendecke zu erzielen. Seitlich des Gleises wird ein Streifen von mindestens 50 cm Breite gleichfalls mit Steinpflaster belegt, die Fuge mit Asphalt ausgegossen. Die Kosten der erstmaligen Ausführung eines solchen Pflasters stellen sich um etwa 10—30% niedriger als jene für Asphaltpflaster, die Kosten der jedesmaligen Erneuerung betragen nur etwa den vierten oder dritten Teil, wobei noch zu beachten ist, daß eine Erneuerung nur in viel größeren Zeitabständen erforderlich ist. Auch die Herstellung eines Rasenstreifens zwischen den Schienen hat z. B. in Charlottenburg sowohl in wirtschaftlicher wie in ästhetischer Hinsicht zu befriedigenden Ergebnissen geführt; doch kann eine derartige Anordnung nur dort in Frage kommen, wo die Straßenbahn von der übrigen Straße abgetrennt auf eigenem Geländestreifen liegt.

In Amerika werden bei Verwendung von Querschwellenoberbau die Schwellen gewöhnlich auf einer durchlaufenden Bettung von Kies oder Steinschlag gelagert. Zwischen Oberkante der Schwellen und dem Steinpflaster wird ein Zwischenraum freigelassen, der mit Kies oder Sand ausgefüllt wird. In Asphaltstraßen werden die Schwellen bisweilen vollständig in die Betonbettung eingeschlossen. Der Anschluß des Gleises erfolgt in diesen Straßen in der Regel durch eine Reihe von Pflastersteinen.

e) Gleisentwässerung.

Da sich bei Niederschlägen das Wasser in den Rillen der Schienen sammelt und bei Aufstauung eine Schädigung des Bahnkörpers herbeiführen würde, so werden in geeigneten Abständen, mindestens in den Tiefpunkten der Linie, Einrichtungen angebracht, welche ein Abfließen des Wassers ermöglichen. Es sind verschiedene Anordnungen für Rillenenwässerung in Gebrauch. In allen Fällen wird durch einen Schlitz im Schienenfuß (bei Haarmannschienen) oder im Rillenboden (bei Schienen mit geschlossener Rille) eine Abflußöffnung geschaffen, welche durch Rohrleitungen mit dem Kanalnetze in Verbindung steht. Bei einer in Hamburg getroffenen Anordnung wird der Rillenflansch auf eine kurze Strecke vollständig ausgeschnitten und durch eine Ansatzhaube mit Rohranschluß ersetzt. In Amerika werden auch besondere geschlitzte Entwässerungsschienen verlegt. — Auf eine sorgfältige Entwässerung der Weichen und Kreuzungen ist besonders Bedacht zu nehmen. — Die Entwässerung des Bahnkörpers erfolgt ohne weitere Einrichtungen durch die für die Entwässerung des Straßenkörpers getroffenen Anordnungen.

IV. Abschnitt.**Die Gleisverbindungen und Gleiskreuzungen der Straßenbahnen.****a) Weichenanordnungen.**

Bei Straßenbahnen kommen fast ausschließlich die einfachen Weichenanordnungen, und zwar die einfache Linksweiche, die einfache Rechtsweiche und die symmetrische

Zweibogenweiche, zur Verwendung. Von den verwickel-
teren Anordnungen kann bisweilen die symmetrische
Dreibogenweiche nicht vermieden werden, doch ist man
bestrebt, sie, wenn möglich, in zwei aufeinanderfolgende
Rechts- und Linksweichen auseinanderzuziehen.

In ihren Abmessungen festgelegte Regelweichen, wie
bei Vollbahnen, sind im allgemeinen nicht verwendbar,
da die Gleislage sich von Fall zu Fall der Straßenein-
teilung anpassen muß. Der Weichenhalbmesser be-
trägt etwa 20—50 m; die Anwendung des kleinsten Halb-
messers ist häufig infolge des geringen zur Verfügung
stehenden Raumes nicht zu umgehen. Die Herzstück-
neigung wird zwischen $\frac{1}{3}$ und $\frac{1}{6}$ gewählt. Die Zungen
sind meist 2—3 m lang und werden in der Regel nach
einem Halbmesser von 30—50 m gekrümmt.

b) Ablenkungsvorrichtung.

1. Feste Weichen.

Zungenlose oder feste Weichen kommen nur für leichten
Pferdebahnbetrieb in Betracht und sind hierfür nament-
lich in den ersten Zeiten der Straßenbahnen viel ver-

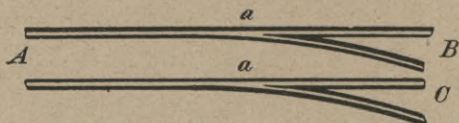


Abb. 51. Zungenlose Weiche.

wendet worden. Abb. 51 zeigt schematisch eine derartige
Anordnung. Die Spurrillen verzweigen sich an den
Stellen *a*, die Fahrkante ist hier unterbrochen. Bei der
Fahrt mit der Spitze, also in den Richtungen *B A* und

CA , erfolgt der Einlauf der Fahrzeuge in den gemeinsamen Strang ohne weiteres. Die Fahrt gegen die Spitze im geraden Strang (Richtung AB) geht gleichfalls glatt vonstatten, dagegen kann die Einfahrt in den krummen Strang (Richtung AC) nur durch ein Seitwärtslenken des Zugtieres bewirkt werden. Die Verwendung dieser Weichen wird, sofern sie überhaupt noch angeordnet werden, auf die Fälle beschränkt, in denen der gerade Strang nur gegen die Spitze (AB), der gekrümmte Strang nur mit der Spitze (CA) befahren wird.

2. Weichen mit einer beweglichen Zunge.

Die Anordnung einer Weiche mit einer Zunge zeigt Abb. 52. Durch die Zunge a wird an der einen Seite des Gleisstranges für alle Fahrtrichtungen eine ununterbrochene Fahrkante hergestellt. Die Fahrt in der Richtung AB oder AC wird durch Einstellung der Zunge auf den geraden oder gekrümmten Strang gesichert. Fährt der

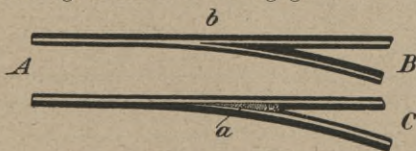


Abb. 52. Weiche mit einer Zunge.

Zug in Richtung BA oder CA , so kann die Zunge durch den Spurkranz des ersten Rades in die richtige Lage gebracht, die Weiche also „aufgeschnitten“ werden. Um eine sichere Führung des der beweglichen Zunge gegenüberliegenden Rades zu gewährleisten, wird die Spitze der Zunge a vor die Spitze b gelegt. Wird die Weiche, wie es bei Ausweichungen in der Regel der Fall ist, nur in den Richtungen AB und CA befahren, so kann die

Zunge *a* durch eine Feder in der Grundstellung (Einstellung für Fahrt *A B*) festgehalten werden. Ein von *C* kommender Wagen schneidet die Weiche auf; nach Durchfahrt des Wagens kehrt die Zunge unter dem Einflusse der Federkraft wieder in die Grundstellung zurück.

3. Weichen mit zwei beweglichen Zungen.

Infolge der hohen Anforderungen des elektrischen Betriebes sind gegenwärtig in der überwiegenden Mehrzahl Weichen mit zwei beweglichen Zungen in Verwendung. Eine schematische Darstellung einer solchen Weiche zeigt Abb. 53. Die beiden Zungen *a—a* sind durch eine

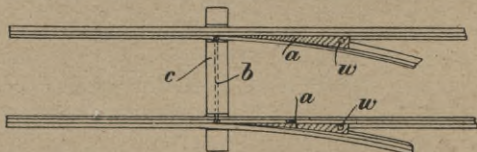


Abb. 53. Weiche mit zwei beweglichen Zungen.

Verbindungsstange *b* gekuppelt, die in einem in der Straßendecke verlegten gußeisernen Kasten *c* eingeschlossen ist. Die Zungenstücke wurden früher meist aus Hartguß hergestellt; jetzt werden sie vorzugsweise aus entsprechend bearbeiteten Schienen zusammengesetzt. Als Gleitstuhl für die Zunge dient ein zwischen den Schienen liegender Stahlgußblock, meist von Γ -förmigem Querschnitt mit Verstärkungsrippen. Die Zungen selbst bestehen aus Stahl und sind an ihrer Wurzel *w* drehbar gelagert; verschiebbare Zungen sind nicht mehr in Anwendung. Um eine allzu starke Zuschärfung der Zungenspitze, welche die Tragfähigkeit derselben beeinträchtigen würde, zu vermeiden, pflegt man entweder die Backenschiene etwas

zu kröpfen, oder es werden nach dem Muster der Eisenbahnweichen unterschlagende Zungen mit unterhobelten Backenschienen verwendet.

Die Gestaltung des Zungenstückes läßt sich bei Zwillingschienen in einfacher Weise durch allmähliche Vergrößerung des Schienenzwischenraumes und Zwischenlage des Gleitstuhles erzielen. Bei einteiligen Rillenschienen wird die Zwangsschiene abgehobelt und eine besondere Gegenschiene angeordnet. Bei der neuerdings auch für Straßenbahnen in Aufnahme gekommenen „Federweiche“ des Bochumer Vereins entfällt die Anordnung einer besonderen Zungenwurzel; die Zungen sind vielmehr fest mit der anschließenden Schiene verbunden und werden nur auf Grund ihrer eigenen Elastizität in die eine oder andere Lage gebracht. Neuerdings wird auch die Anwendung von Weichenzungen vorgeschlagen, die, um eine schiefe Achse drehbar, eine Verbindung mit dem Unterbau durch ausreichend große Auflagerflächen längs der Drehachse ermöglichen; dadurch werden, gegenüber den gebräuchlichen Ausführungen mit gleichem Ablenkungswinkel und Halbmesser, größere Widerstandsfähigkeit und Verkürzung der Zungenlänge um etwa 30% erzielt¹⁾.

Bei Weichen, die im geraden und ablenkenden Strange nur in entgegengesetzter Richtung befahren werden, kann, wie es oben für Einzungenweichen geschildert ist, das Zungenpaar in einer bestimmten Grundstellung festgehalten werden, in welche die Zungen nach dem Aufschneiden der Weiche durch ein mit der Spitze fahrendes Fahrzeug stets wieder durch Federkraft selbsttätig zurückgeführt werden. Die Zungen werden hierbei entweder einzeln durch Schneckenfedern abgefedert, oder

¹⁾ S. Zeitschr. d. Ver. deutscher Ingenieure 1919, S. 148.

es wird in die Zungenverbindungsstange eine Spiralfeder eingeschaltet, welche gleichzeitig auf beide Zungen einwirkt (vgl. Abb. 54). Die Federungsvorrichtung wird in beiden Fällen wie die Verbindungsstange in einem in das Pflaster versenkten Gehäuse eingeschlossen. Die Abdeckung des Gehäuses erfolgt durch Riffelblech, um ein Ausgleiten von Menschen und Tieren zu verhindern. Derartige Weichen, die einer besonderen Umstellung

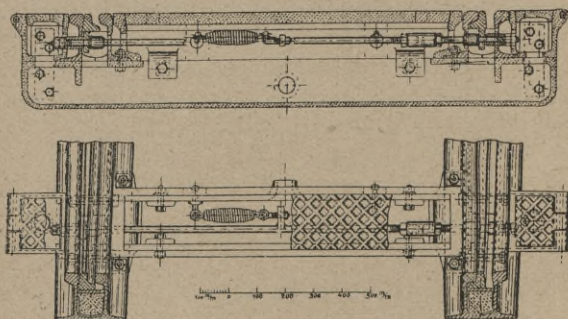


Abb. 54. Weiche mit gefederter Zungenvorrichtung
(Ausführung der Westfälischen Stahlwerke).

der Ablenkungsvorrichtung nicht bedürfen, werden als Schnepperweichen bezeichnet.

Soll eine Weiche in beiden Strängen nach jeder Richtung befahren werden, so genügen derartige Anordnungen nicht mehr, es müssen vielmehr vor jeder Durchfahrt die Zungen in die richtige Lage gebracht werden. In der Regel erfolgt die Umstellung der Zungen von Hand mittels Stellstange. Bei Wagen mit offener vorderer Plattform geschieht dies vielfach von der Plattform aus durch den Führer, bei Wagen mit geschlossener Plattform durch den Schaffner, der zu diesem Zwecke den

Wagen verlassen muß. An stark befahrenen Weichen werden eigene Weichensteller oder Weichenstellerinnen aufgestellt. — Um die mit der Umstellung von Hand verbundenen Nachteile zu vermeiden, sind in den letzten Jahren in rasch zunehmendem Maße für Weichen mit besonders dichtem Verkehre elektrische Stellvorrichtungen eingerichtet worden, die vom Wagenführer betätigt werden können¹⁾. Das Wesen dieser Einrichtungen besteht darin, daß beim Befahren einer vor der Weiche isoliert in die Fahrleitung eingebauten Kontaktvorrichtung durch den Wagenführer mittels des Fahrschalters eine Stellvorrichtung in Tätigkeit gesetzt werden kann, die durch zwei oder einen Kernzugmagneten die Weiche umstellt. Die Stellvorrichtung wird hierbei entweder in einem am Rande der Straße aufgestellten Schalthäuschen untergebracht oder in einem gußeisernen Kasten neben der Weiche im Straßenpflaster verlegt. Um den Wagenführer auch in der Dunkelheit die Stellung der Weiche erkennen zu lassen, finden Lichtsignale Verwendung, deren Zeichen von der Zungenstellung abhängig gemacht ist.

c) Herzstücke.

Die Herzstücke werden entweder aus Hartguß hergestellt oder wie die Zungenstücke aus den Schienen zusammengesetzt. Letztere Ausführung sichert eine gleichmäßige Abnutzung des ganzen Oberbaues, ist erheblich billiger als Stahlgußkreuzungen und wird deshalb in neuerer Zeit meist vorgezogen. Sie hat aber den Nachteil, daß eine unbedingt feste Verbindung der einzelnen Teile nicht möglich ist und während des Betriebes allmählich eine Lockerung der Verbolzung eintritt. Die Form

¹⁾ Näheres hierüber s. „Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen“, 1909, Heft 1.

eines Herzstückes für Rillenschienengleise zeigt Abb. 55. Diese Herzstücke weisen infolge der Durchführung der Spurrille zwei Spitzen auf, von denen jedoch nur die Spitze *A* einer Abnutzung durch das Befahren unterliegt. Um eine sichere Führung über die Herzstücklücke zu erreichen, läßt man die Räder mit dem Spurkranze auflaufen. Zu diesem Zwecke werden entweder Futterstücke mit ansteigendem Rillenboden oder Auflaufkeile eingelegt, oder es werden Schienen mit flacher Rille verwendet und der Anschluß an die normalen Rillenschienen durch allmähliche Vertiefung der Rille herbeigeführt.

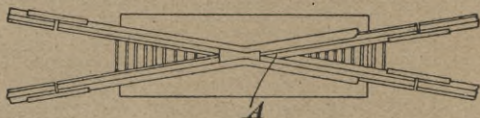


Abb. 55. Herzstück für Rillenschienen.

Auch Gußstahlherzstücke mit auswechselbarem Spitzenstücke aus Manganstahl sind in England und Amerika zur Anwendung gekommen. Ein Herzstück mit Reiterauflauf, das von den Westfälischen Stahlwerken ausgeführt wird, ermöglicht gleichfalls eine leichte Auswechslung der am meisten der Abnutzung unterworfenen Teile, da hier das sattelförmig ausgebildete Mittelstück auf den Herzstückkörper aufgesetzt wird.

Seit einigen Jahren werden durch die Akkumulatorenfabrik A.-G. auch elektrisch geschweißte Herzstücke eingeführt, die ebenso wie die Gußstahlherzstücke ein zusammenhängendes Ganze bilden. Da hierbei nicht nur die Laschen mit den Schienen, sondern auch die Schienenfüße miteinander verschweißt werden, so fallen die bei zusammengesetzten Herzstücken unvermeidlichen, für den Betrieb nachteiligen Spalten an den Schienenfüßen weg.

Die Kosten derartiger Herzstücke sind kaum höher als jene der verholzten Herzstücke, da die Kosten der Schweißung durch Verwendung einfacher Laschen ungefähr ausgeglichen werden.

Bei den Herzstücken mit beweglicher Spitze, bei welchen die Spitze zungenartig ausgebildet ist und durch eine Feder in der Grundstellung gehalten wird, wird eine ununterbrochene Fahrbahn hergestellt. Diese Anordnung kann aber nur bei den oben genannten Schnepperweichen in Frage kommen, da sonst eine Umstellung der Herzstückspitze von Hand vorgenommen werden müßte.

Um einen guten Pflasteranschluß zu ermöglichen und für den Straßenverkehr störende Lücken zwischen den Schienen zu vermeiden, werden die Zwickel, die sich zu beiden Seiten des Herzstückes und im Anschlusse an die Zungenstücke bilden, durch geriffelte Gußeisenplatten ausgefüllt.

d) Gleiskreuzungen.

Die rechtwinklige Straßenbahnkreuzung zeigt schematisch Abb. 56. Derartige Kreuzungen kommen in jedem Straßenbahnnetz meist in großer Zahl vor, da sie überall dort auftreten, wo zwei mit Straßenbahnlinien versehene Straßenzüge sich rechtwinklig schneiden. Auch spitzwinklige Kreuzungen treten als Folge von Straßenkreuzungen, auf Plätzen oder bei Einmündung einer Linie auf. An den Stellen *a* werden entweder besonders geformte Kreuzungs-

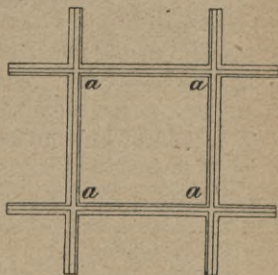


Abb. 56. Rechtwinklige Straßenbahnkreuzung.

stücke aus Hartguß eingelegt, die mitunter mit einem auswechselbaren Kerne aus Manganstahl ausgestattet werden, oder die Kreuzungsstücke werden wie die Herzstücke aus Schienen zusammengesetzt. Hierbei läßt man die Schienen des Hauptstranges durchlaufen, die Schienen des Nebenstranges werden durch Eckklaschen an den Hauptstrang angeschlossen (s. Abb. 57). Das ganze Kreuzungs-

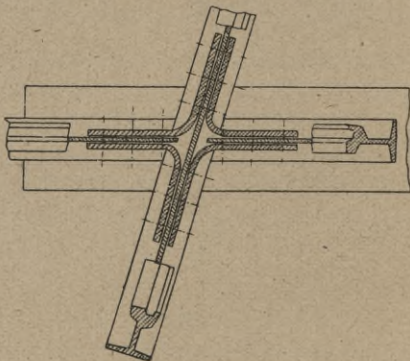


Abb. 57. Schienenkreuzungsstück
(Ausführung der Westfälischen Stahlwerke).

stück wird häufig noch auf einer Unterlagsplatte befestigt. Eine Umgeißung der Kreuzungsstücke mit Gußeisen wurde in Hamburg vorgenommen¹⁾.

Infolge der Notwendigkeit, die Spurrillen beider Gleisstränge durchzuführen, tritt an der Kreuzungsstelle eine vollständige Unterbrechung der Fahrkante ein, die sich namentlich bei rechtwinkligen Kreuzungsstücken für den Betrieb besonders unangenehm bemerkbar macht. Um die dadurch bedingten Stöße beim Befahren der Kreuzung

¹⁾ Über diese und einige andere Ausführungen s. Dietrich, a. a. O.

zu vermindern, bringt man die Spurkränze der Fahrzeuge zum Auflaufen. Diesem Zwecke dienen bei einteiligen Rillenschienen Auflaufkeile *a* (Abb. 58), welche in die Rillen eingelegt werden: statt dessen können auch Flachrillenprofile an den Kreuzungsstellen verwendet werden, deren Rillenboden durch Bearbeitung keilförmig zu gestalten ist. Bei Haarmannschienen wird das Zwischenstück als Auflaufkreuz mit Auflaufflächen versehen



Abb. 58. Auflaufkeil.

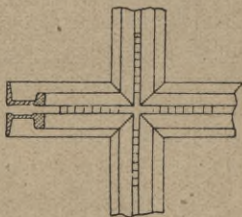


Abb. 59. Auflaufkreuz.

(Abb. 59). Auflaufkeile und Auflaufkreuze müssen mit Rücksicht auf ihre starke Abnutzung von oben auswechselbar sein.

Bei Kreuzungen von Straßenbahnen mit Eisenbahnen ist in Deutschland eine Unterbrechung der Lauffläche der Eisenbahnschienen nicht gestattet. Es müssen deshalb die Fahrzeuge der Straßenbahn so hoch geführt werden, daß ihre Spurkränze über die Eisenbahnschienen hinweggehen. Zu diesem Zwecke werden die Straßenbahnschienen an den Kreuzungsstellen so verlegt, daß ihre Fahrfläche um Spurkranzhöhe über der Fahrfläche

der Eisenbahnschiene liegt. Die Vermittlung des Überlaufes erfolgt durch Auflaufkeile, deren Laufflächen mit den Eisenbahnschienen bündig liegen. Eine breite Führungslücke für den Spurkranz des Eisenbahnfahrzeuges muß natürlich trotzdem im Zuge des Straßenbahngleises ausgespart bleiben. Um eine bessere Führung zu erzielen, ist man deshalb bestrebt, nur spitzwinklige Kreuzungen dieser Art auszuführen. Eine Verlaschung der Straßenbahnschienen mit den Eisenbahnschienen ist mit Rücksicht auf die ungehinderte Beweglichkeit des Eisenbahngleises untersagt. — In Amerika unterliegen die Kreuzungen derartigen Beschränkungen nicht. Hier werden die Hauptbahnschienen auf die Breite der Spurkranzlücke eingeschnitten. Auch Absperrungsvorrichtungen sind dort in der Regel nicht vorhanden.

e) Kletterweichen und Notgleise.

Ist eine Strecke vorübergehend wegen Umbaues oder aus sonstigen Gründen gesperrt, so wird eine Umfahrung des gesperrten Teiles erforderlich. Zu diesem Zwecke wird von der unterbrochenen Linie ein Notgleis abge-

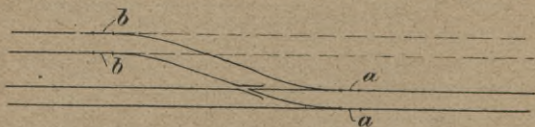


Abb. 60. Anordnung einer Kletterweiche.

zweigt (Abb. 60), das mit Hilfe einer Kletterweiche in den betriebsfähigen Parallelstrang überleitet. Bei *a* und *b* werden Auflaufkeile auf die Schienen gelegt, welche die Räder auf das höher liegende Notgleis führen. An diese Auflaufkeile schließt sich bei *a* eine Kletterweiche, die in der Regel aus einer festen und einer beweglichen

Zunge und einem Herzstücke besteht. Als Schienen für die Notgleise werden Rillenschienen mit flachem Querschnitte (Abb. 61) verwendet, um eine möglichst geringe Erhöhung notwendig zu machen. Bei eingleisigen Strecken muß mangels eines parallelen Gleisstranges auf die ganze Länge der Umbaustrecke ein Ausweichgleis verlegt werden; bei genügendem Raume empfiehlt sich diese Anordnung im Interesse eines ununterbrochenen Betriebes auch für zweigleisige Strecken. Das Aushilfsgleis wird in diesem Falle so nahe neben das ursprüngliche Gleis gelegt, daß die Oberleitung noch benutzt werden kann. Bei Ver-



Abb. 61. Schienenprofil für Ausweichgleise.

legung längerer Aushilfsstrecken wird auch das hochstegige Schienenprofil verwendet. Die Schienen der Ausweichgleise werden einfach auf das Straßenpflaster gelegt und in bestimmten Abständen durch Spurstangen verbunden.

Um den Straßenbahnverkehr ungehindert zeitweise über Schlauch- und Rohrleitungen hinwegführen zu können, sind vereinzelt besondere Schlauchbrücken in Anwendung gekommen, das sind Gleisstücke, die unter dem Fahrkopfe Aussparungen enthalten, durch welche die Leitungen gelegt werden können; eine weitere Verbreitung haben derartige Anordnungen jedoch nicht gefunden.

V. Abschnitt.

Die Stromzuführung und Streckenausrüstung der elektrischen Straßenbahnen.

Die Stromzuführung bei elektrischen Leitungsbahnen erfordert längs der ganzen Strecke besondere Einrich-

tungen, die einen wesentlichen Bestandteil einer elektrischen Straßenbahnanlage bilden, ihre Anordnung soll deshalb in ihren Grundzügen im folgenden kurz besprochen werden. Dagegen kann auf die Stromerzeugung und die damit zusammenhängenden Berechnungen, die in das allgemeine Gebiet elektrischer Starkstromanlagen gehören, und ebenso auf den Stromverbrauch in den Betriebsmitteln hier nicht näher eingegangen werden, es muß vielmehr auf die für die betreffenden Gebiete einschlägigen besonderen Bändchen der Sammlung Göschen verwiesen werden.

a) Stromzuführung durch Oberleitung.

Mit sehr geringen Ausnahmen wird der Strom bei elektrischen Straßenbahnen durch Oberleitung zugeführt, und zwar fast stets durch eine einpolige Oberleitung. Hierbei wird er von der Erzeugungsstelle durch Speiseleitungen in die über dem Gleise ausgespannte Fahrleitung geleitet und von hier durch Bügel- oder Rollenstromabnehmer, die auf dem Dache der Fahrzeuge angebracht sind, abgenommen. Von dem Stromabnehmer geht er durch die elektrischen Sicherheitsvorrichtungen und den Fahrschalter in die Motoren und von hier durch die Räder der Fahrzeuge in die Schienen, die an den negativen Pol der Stromquelle angeschlossen sind.

Da die Schienenrückleitung, wie weiter unten erwähnt ist, gewisse störende Nebenerscheinungen im Gefolge hat, so wird bisweilen, namentlich in der Nähe physikalischer Institute, eine doppelpolige Oberleitung angeordnet, bei welcher die Stromrückleitung durch einen zweiten, parallel geführten Oberleitungsdraht erfolgt. Notwendig ist eine derartige Leitungsanordnung bei den in neuerer Zeit mehrfach zur Ausführung gekommenen gleislosen

Bahnen, bei denen infolge des vollständigen Fehlens von Schienen eine andere Stromrückleitung überhaupt nicht in Frage kommen kann.

Neben diesen beiden Anordnungen nach dem Zweileitersystem findet vereinzelt auch das Dreileitersystem Anwendung. Hierbei dienen die Schienen als Mittelleiter; die beiden Außenleiter werden entweder durch eine doppelpolige Fahrleitung gebildet, oder das Leitungsnetz wird in eine positive und eine negative Gruppe geteilt. In letzterem Falle wird der dem Kraftwerke näherliegende Teil des Fahrdrahtes an den positiven, der entfernter liegende Teil an den negativen Pol angeschlossen und ein Teil der Speiseleitungen zur Erzielung einer möglichst gleichmäßigen Belastung beider Gruppen umschaltbar eingerichtet. Beide Anordnungen sind jedoch für Straßenbahnen nur von untergeordneter Bedeutung.

Als Stromart kommt für den Betriebsstrom fast ausschließlich Gleichstrom in Frage. Nur einige kleinere Straßenbahnen sind für Drehstrombetrieb eingerichtet. Die Betriebsspannung, d. i. die Spannung der Fahrleitung gegen Erde, beträgt bei innerstädtischen Straßenbahnen 500—650 Volt; auf den Außenstrecken von Überlandbahnen wurde in den letzten Jahren auch hochgespannter Gleichstrom von 1000—2000 Volt verwendet, um zu hohen Spannungsabfall oder zu große Drahtquerschnitte vermeiden zu können. In solchen Fällen werden die Betriebsmittel so eingerichtet, daß sie sowohl mit der gewöhnlichen Straßenbahnspannung als auch mit dem hochgespannten Strom der Überlandstrecke betrieben werden können.

1. Die Fahrleitung.

Der Fahrdraht, auch Arbeitsdraht oder Kontaktdraht genannt, wird in der Regel durch hartgezogenen

Kupferdraht von einer Bruchspannung von etwa 3600 bis 4000 kg/cm² gebildet, dessen Leitfähigkeit 96—97 v. H. jener des reinen Kupfers beträgt. In der ersten Zeit wurde fast nur Runddraht mit 40—60 mm² Querschnitt verwendet, entsprechend einem Drahtdurchmesser von 7—9 mm. In neuerer Zeit kommen jedoch mehr und mehr Profildrähte von 8-förmigem oder ähnlichem Querschnitte in Aufnahme, die namentlich hinsichtlich der Befestigung an den Isolatoren erhebliche Vorteile vor den Runddrähten besitzen. Abb. 62 zeigt zwei Beispiele für derartige Profile, aus denen ersichtlich ist, daß



Abb. 62. Profildraht-
querschnitte.

man den Schwerpunkt möglichst tief zu legen strebt, um ein Kippen des Drahtes zu vermeiden. Die Rillen- oder Kerbdrähte, die durch Anbringung zweier seitlicher Längsrillen aus Drähten von kreisförmigem Querschnitte gebildet waren, sind wegen ihrer rascheren Abnutzung nur mehr von geringer Bedeutung. Der Querschnitt der Profildrähte wird häufig bedeutend größer gewählt als jener der alten Runddrähte; er schwankt etwa zwischen 50 und 80 bis höchstens 120 mm², das Gewicht beträgt ungefähr 450—1000 g auf den laufenden Meter. Bei den neueren Querschnittsformen wird der obere Teil für alle Größen gleich ausgeführt, nur der untere Teil wechselt; es können daher für alle Drahtquerschnitte die gleichen Klemmen verwendet werden. Bei Anwendung von Profildrähten ist es möglich, die Drahtform möglichst gut dem Stromabnehmer und den sonstigen Betriebsbedingungen anzupassen. Ein Nachteil des Profildrahtes gegenüber dem Runddrahte ist wohl seine Neigung, sich zu verdrehen, und die etwas schwierigere Verlegung; doch läßt sich erstere durch unsym-

metrische Formgebung und entsprechende Sorgfalt beim Ausspannen des Drahtes im allgemeinen unschädlich machen.

Der Kupfermangel der Kriegszeit hat vielfach zur Verwendung von Eisen für die Fahrleitungen gezwungen; andere Ersatzstoffe, wie Zink und Aluminium, sind für Fahrleitungen ungeeignet. Gute Ergebnisse wurden erzielt mit verzinktem Eisendraht von etwa 4000 kg/mm² Zugfestigkeit und meist 80 mm² Querschnitt. Die Leitfähigkeit des Eisens ist allerdings nur 8,7 gegen 57 bei Kupfer. Man verlegt deshalb, um zu großen Spannungsabfall zu verhindern, zweckmäßig neben der Fahrleitung noch besondere Verstärkungs- oder Zusatzleitungen aus einem besser leitenden Stoffe, etwa aus Aluminium, die entweder seitlich an den Masten laufen oder, um möglichst viele Speisepunkte zu ermöglichen, als Tragseile für Kettenaufhängung des Fahrdrahtes dienen (s. u. S. 101). Wird blanker Eisendraht für die Fahrleitung verwendet, so wird er zum Schutze gegen Rosten in regelmäßigen Zeitabständen an den nicht befahrenen Stellen eingefettet.

Für die Abnutzung des Fahrdrahtes kommen zwei Faktoren in Frage: die gleitende Reibung des Stromabnehmers, die bei Bügelbetrieb unten, bei Rollenbetrieb an beiden Seiten des Fahrdrahtes angreift, und die Abnutzung durch Stöße des Stromabnehmers, die sowohl in mechanischer Hinsicht wie durch elektrische Funkenbildung nachteilig auf den Fahrdraht einwirken. Der erstgenannte Verschleiß durch Reibung erstreckt sich gleichmäßig über die ganze Länge des Fahrdrahtes und ist von dem Anpressungsdrucke des Stromabnehmers abhängig. Dieser beträgt, wie Otto auf dem „Internationalen Straßenbahn- und Kleinbahnkongresse“ 1910 als Ergebnis einer Umfrage bei einer größeren An-

zahl von Verwaltungen mitteilte, zwischen 3 und 12 kg, in einem besonderen Falle sogar 16 kg; nach Ansicht des Berichterstatters sollte jedoch ein Druck von 4—5 kg nur unter besonders zwingenden Umständen überschritten werden. Um ein stoßfreies Befahren des Fahrdrahtes zu ermöglichen, ist derselbe vor allem richtig auszuspannen und zu regeln, so daß ein zu großer Durchhang ver-

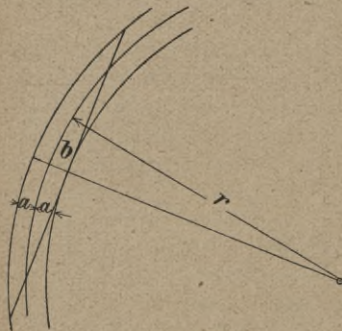


Abb. 63. Kurvenbildung des Fahrdrahtes.

mieiden wird. Außerdem ist das Hereinragen von Befestigungsteilen usw. in die Bahn des Stromabnehmers nach Möglichkeit zu vermeiden. Brandstellen als Folge von Funkenbildung treten auf, wenn der Stromabnehmer schleudert; es kann hierbei ein Ausglühen des Drahtes eintreten, wodurch dessen Festigkeit erheblich vermindert wird. Die schnellste Abnutzung des Fahrdrahtes zeigt sich stets an den Stellen, an welchen ein stärkerer Stromverbrauch stattfindet, also besonders nach Haltestellen und in bergaufwärtsführenden Strecken.

In geraden Strecken wird der Fahrdraht genau über der Gleismitte geführt. Ist eine Schiene überhöht, wie es namentlich bei Verlegung des Gleises am Straßenrande vorkommt, so ist auf die dadurch bedingte Seitenneigung der Fahrzeuge Rücksicht zu nehmen. Bei Verwendung von Rollenstromabnehmern wird der Fahrdraht in gerader Linie ausgestreckt, bei Bügelstromabnehmern

vermieden wird. Außerdem ist das Hereinragen von Befestigungsteilen usw. in die Bahn des Stromabnehmers nach Möglichkeit zu vermeiden. Brandstellen als Folge von Funkenbildung treten auf, wenn der Stromabnehmer schleudert; es kann hierbei ein Ausglühen des Drahtes eintreten, wodurch dessen

wird er schwach zickzackförmig verspannt, um eine möglichst gleichmäßige Abnutzung des Bügelschleifstückes über seine ganze Länge zu bewirken. In Gleiskrümmungen muß der Fahrdraht polygonförmig verlegt werden. Maßgebend für die Wahl der Länge der Polygonseite ist die Forderung, daß stets eine ununterbrochene Berührung des Stromabnehmers mit dem Fahrdrahte stattfinden kann. Die Seitenlänge ergibt sich deshalb aus folgender Überlegung:

Bezeichnet (vgl. Abb. 63) r den Halbmesser der Krümmung in der Gleisachse und a die nach beiden Seiten mögliche Abweichung des Stromabnehmers von der Mitte, so erhält man die Länge b der Polygonseite aus der Formel:

$$\left(\frac{b}{2}\right)^2 = (r + a)^2 - (r - a)^2,$$

also

$$b = 4\sqrt{ar}.$$

Die Größe a ist bei Bügelstromabnehmern durch die Schleiflänge bestimmt; sie ist mit Rücksicht auf die Seitenschwankungen des Wagens etwas kleiner zu nehmen als die halbe Länge des Schleifstückes.

Bei Rollenbetrieb ist die Möglichkeit einer seitlichen Abweichung des Stromabnehmers aus der Mittellage bedeutend geringer als bei Bügelbetrieb, die Polygonseite muß daher hier kürzer gewählt werden. Außerdem ist infolge der Einwirkung der Fliehkraft die Fahrdrahtkurve gegenüber der Gleisachse etwas nach innen zu ziehen. Für das Maß dieser Verschiebung hat Uppenborn die Formel

$$d = R - \sqrt{R^2 - \left(\frac{D}{2}\right)^2 - L^2 + H^2}$$

aufgestellt, worin D den Radstand der Fahrzeuge, L die Länge der Kontaktstange, H die Höhe der Kontaktrolle über einer durch den Fußpunkt der Kontaktstange gelegten horizontalen Ebene und R den Halbmesser der Gleisachse bedeutet. Für die Wahl der Polygonseite gilt bei Halbmessern von weniger als 50 m die Regel, daß der Zentriwinkel zwischen zwei aufeinanderfolgenden Eckpunkten nicht über 11° oder 12° betragen soll, was etwa einer Seitenlänge gleich $\frac{1}{5}$ des Radius entspricht. Die Abspanndrähte in den Kurven werden stets radial gespannt.

Die Aufhängung des Fahrdrabtes erfolgt unter Zwischenschaltung von Isolatoren an Querdrähten oder

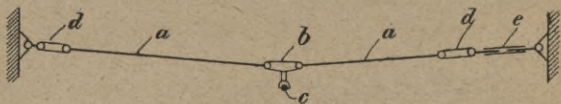


Abb. 64. Fahrdrabtaufhängung an Querdrähten.

an Mastauslegern. Der Abstand der Aufhängepunkte beträgt in gerader Strecke in der Regel etwa 35—40 m, in Krümmungsstrecken ist er auf Grund der oben angegebenen Überlegungen zu bestimmen. Die Aufhängepunkte werden meist in eine Höhe von 6 m über Schienenoberkante gelegt; vereinzelt finden sich auch noch größere Fahrdrabthöhen bis etwa 7,5 m. Geringere Höhen als 5 m über Schienenoberkante sind aus Sicherheitsgründen bei Straßenbahnen ohne eigenen Bahnkörper untersagt und dürfen nur dann verwandt werden, wenn Unterführungen oder dgl. dazu zwingen. In diesem Falle sind geeignete Vorsichtsmaßregeln zu treffen, z. B. Warnungstafeln anzubringen.

Abb. 64 zeigt schematisch das Tragwerk eines einfachen Fahrdrabtes bei Querdrabtaufhängung, $a-a$

sind die beiden Querdrähte, *b* ist der Hängeisolator, der mit Hilfe einer Klemme oder einer Lötöse den Fahrdraht *c* trägt, *d—d* sind die Querdrahtisolatoren, *e* ist eine Nachspannvorrichtung. Es findet stets eine sorgfältige doppelte Isolation des Fahrdrahtes gegen die Querdrähte und der Querdrähte gegen ihre Befestigungspunkte statt. Als Baustoff für die Querdrähte dient verzinkter Stahldraht von 4—7 mm Durchmesser, der in feuchten Gegenden zweckmäßig mit einem gegen Rost schützenden Anstrich versehen wird. In geringerem Maße wird auch verzinkter Litzendraht angewandt. Neben den einfachen Tragdrähten müssen in Kurven und an sonstigen Stellen, an denen es die Führung des Fahrdrahtes erforderlich macht, Spann- und Verankerungsdrähte angebracht werden, deren Querschnitt nach den durch den Drahtzug, das Gewicht usw. hervorgerufenen Spannungen zu berechnen ist.

Die Befestigung des Querdrahtes an den Querdrahtisolatoren geschieht in den meisten Fällen mit Hilfe einfacher Würgebunde nach Abb. 65; von einigen Verwaltungen werden, namentlich für größere Beanspruchungen, besonders ausgebildete Befestigungsklemmen bevorzugt. Die Isolatoren selbst werden vielfach gleichzeitig als Spannvorrichtungen ausgebildet (sog. „Wirbelisolatoren“). Die Fahrdrahtaufhängungen werden gleichfalls in verschiedener Weise mit den Querdrähten verbunden, wobei darauf zu achten ist, daß der Stromabnehmer nicht an dem Tragwerk anstreifen kann. Eine sehr gebräuchliche Aufhängung der Siemens-

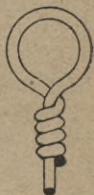


Abb. 65.
Würgebund.

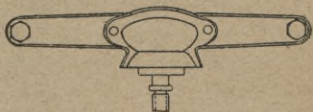


Abb. 66. Hängeisolator.

Schuckertwerke zeigt Abb. 66. Neuerdings werden die Isolatorhalter auch zusammensetzbar hergestellt, so daß aus einigen wenigen, stets gleichbleibenden Einzelteilen Isolatorhalter verschiedener Form gebildet werden können. Als Baustoff mußten Rotguß und Messing in Deutschland durch Eisen ersetzt werden; hierbei werden die Verschraubungen zur Verhinderung des Anrostens mit einer Mischung von Talg und Graphit eingefettet. An den in der Mitte befindlichen Bolzen wird die Fahrdrahtklemme (Abb. 67) angeschraubt, die zwischen zwei Klemmbacken den Arbeitsdraht faßt. Diese Klemmen oder „Ösen“ werden gegossen oder gepreßt oder nach einem neueren Verfahren der AEG auch durch Ziehen hergestellt. Neben derartigen



Abb. 67. Fahrdrahtklemme.



besonders für Runddraht und Rollenbetrieb, auch Lötösen zur Befestigung des Fahr-

drahtes benutzt, die mit demselben durch Verlötung verbunden werden. Diese Lötösen haben gegenüber den Drahtklemmen den Nachteil, daß sich beim Nachspannen des Drahtes die Befestigungsstelle verzerren muß, während die Klemmösen in geöffnetem Zustande eine ungehinderte Längsverschiebung des Drahtes gestatten. Außerdem wird durch das Lötens die Festigkeit des Drahtes ungünstig beeinflusst. Da aber andererseits bei Rollenbetrieb die Verwendung von Klemmösen bei Runddrähten immer zu Stößen des Stromabnehmers führen muß, so ist man bestrebt, in diesen Fällen den Runddraht durch Profildraht zu ersetzen.

Als Isolierstoff dient meist Hartgummi oder Eisen-gummi; daneben finden auch, insbesondere seit Gummi in Deutschland nicht mehr zu bekommen ist, Porzellan, Ebonit, Tenazit und eine Reihe anderer, besonders zusammengesetzter Stoffe Verwendung.

Um der starken Abnutzung des Fahrdrahtes an den Aufhängepunkten entgegenzuwirken, werden häufig Schutzhülsen an ihm angebracht, das sind leicht auswechselbare Messing- oder Kupferhülsen, die an den gefährdeten Stellen um die untere Seite des Fahrdrahtes gelegt werden. Bei der Anordnung dieser Hülsen ist darauf zu achten, daß sie dem Stromabnehmer möglichst wenig Hindernis bieten.

Damit bei Drahtbrüchen an den Aufhängungsstellen ein Herabfallen des Drahtes verhindert wird, führten die Siemens-Schuckertwerke eine Drahtbruchsicherung ein, die aus einem mit dem Fahrdrahte verbundenen und über den Isolator hinweggeführten zweiten Drahtstücke besteht. Im Falle eines Drahtbruches kann dann nur das kurze Drahtstück unter dem Isolator herabfallen, während die Enden der Leitung durch den Schutzdraht gehalten werden.

Der Fahrdraht kommt in Längen von 500 m ohne Lötstellen und in Längen bis zu 3000 m mit ausgewalzten Lötstellen zur Verwendung. Das Verbinden der Drahtenden an den Fahrdrahtstößen erfolgt an den Befestigungsstellen durch entsprechende Ausbildung der Haltvorrichtungen, und zwar entweder durch Klemmen oder Verlöten der Fahrdrahtenden mit den Ösen. Auf freier Strecke werden sie durch muffenartige Verbindungsstücke aneinandergeschlossen, wobei darauf zu achten ist, daß diese Muffen auch bei Verdrehung des Drahtes dem Stromabnehmer kein Hindernis bieten, oder auch schräg gegeneinander gestoßen und verlötet.

Um bei Ausbesserungen, bei Bränden oder in sonstigen Fällen einen Teil der Leitung sofort stromlos machen zu können, werden Strecken- oder Abteilungsisolatoren eingebaut. Die isolierten Enden dieser Isolatoren stehen mit einem Ausschalter in leitender Verbindung,

durch den im Bedarfsfalle der Strom unterbrochen werden kann. Die Länge der voneinander isolierten Drahtstrecken beträgt in verkehrsreichen Straßen in der Regel nicht über 500 m, in den Außenbezirken vielfach bis zu 1000 m, höchstens 2000 m. Abb. 68 stellt einen Streckenisolator in der Ausführung der AEG. dar. Dieser Isolator ist, wie die meisten derartigen Vorrichtungen, gleichzeitig als Nachspannvorrichtung ausgebildet und wird durch die innere und äußere Schraubenmutter der Isolationsbolzen in sich selbst geregelt. Nach Lösen der an den Endstücken befindlichen Schrauben kann der Arbeitsdraht nachgespannt werden. Der Ausschalter wird bei einigen Ausführungen



Abb. 68. Streckenisolator.

unmittelbar mit dem Abteilungsisolator verbunden und muß dann von unten mit Hilfe einer Stange betätigt werden. Häufig wird auch der Ausschalter in einem Kästchen untergebracht, das an einem Leitungsmaste oder einer Mauer befestigt ist und durch dessen bloßes Öffnen der Strom unterbrochen wird. In diesem Falle werden die isolierten Drahtenden durch getrennte Kabel, die zweckmäßig durch den Mast geführt werden, an den Ausschalter angeschlossen.

Der Fahrdraht ist stets ziemlich straff gespannt zu halten, und zwar sowohl mit Rücksicht auf das Aussehen als auf ein gleichmäßiges Befahren durch den Stromabnehmer. Da die Spannung des Drahtes mit den durch die Temperaturschwankungen hervorgerufenen Längenänderungen wechseln würde, so werden Nachspannvorrichtungen

eingebaut, mit deren Hilfe wenigstens zweimal im Jahre, im Frühjahr und im Herbst, die Drahtspannung geregelt wird. Aus diesem Grunde wird auch beim Ausspannen des Drahtes auf die herrschende Temperatur Rücksicht genommen und die Spannung des Dynamometers dementsprechend gewählt. Für die Änderung der Spannung mit der Temperatur ist in der „Elektrotechnischen Zeitschrift“ 1899, S. 653, für einen Draht von 50 mm^2 Querschnitt eine Tabelle aufgestellt, die auch im „Deutschen Kalender für Elektrotechniker“ 1910, S. 6, wiedergegeben ist.

An den Stellen, wo sich zwei Fahrdrastrecken zweigen oder kreuzen, müssen sog. „Luftweichen“ bzw. „Luftkreuzungen“ in den Fahrdrast eingebaut werden. Auch für diese Oberleitungsteile ist eine große Anzahl verschiedener Ausführungen im Gebrauch. Bei Bügelbetrieb bestehen sie in einfachen Weichen- oder Kreuzungsklemmen, da hier infolge der Form des Stromabnehmers ein Entgleisen ausgeschlossen ist. Bei Rollenbetrieb finden plattenförmige Einschaltstücke Verwendung, auf denen in ihrem mittleren Teile die Rolle mit ihren Flanschen aufläuft und gegen seitliches Abgleiten durch Führungsleisten der Platte geschützt ist. Die Führung des Stromabnehmers nach der gewünschten Richtung erfolgt durch das Fahrzeug. Die Kreuzungen werden häufig verstellbar ausgeführt, so daß sie für beliebige Kreuzungswinkel Verwendung finden können. Die Verbindung der Luftweichen und Kreuzungen mit dem Fahrdraste wird am besten durch Klemmen hergestellt.

Die Aufhängung des Tragwerks erfolgt an Wandhaken oder Wandrosetten oder an Leitungsmasten. Um eine Übertragung des Geräusches, das beim Befahren des Arbeitsdrahtes durch den Stromabnehmer auftritt, in die Häuser zu verhindern, werden im ersteren Falle Schall-

dämpfer in die Querdrähte eingeschaltet, oder es werden die Rosetten selbst mit Schalldämpfern ausgeführt. Für die Leitungsmaste kommen je nach den Ansprüchen, die an ihr Aussehen gestellt werden, verschiedene Baustoffe und Ausführungsformen in Frage. Holz maste werden in Außenstrecken vielfach verwendet; das Holz wird zweckmäßig imprägniert, oder es wird wenigstens der in der Erde steckende Teil des Mastes durch Teeren oder Ankohlen oder durch Umhüllung mit Faltenpappe oder auf eine andere Konservierungsart vor dem raschen Anfaulen geschützt. Rohrmaste werden aus Flußeisen oder Stahl nach verschiedenen, von den einzelnen Firmen ausgebildeten Verfahren mit geschweißter Längsnaht, aus spiralgeschweißten Rohren oder aus nahtlosen Rohren hergestellt. Für besonders starke Beanspruchungen eignen sich am besten Gittermaste, welche aus zwei Formeisen gebildet werden, die durch Flacheisen gitterförmig verbunden sind. Mast e einfachster Art können durch Aufstellung von Walzeisen gebildet werden. Auch Zementmaste mit Eisenbewehrung sind in Anwendung. Für die Wahl der Mast e kommen ausschließlich Schönheitsrücksichten und die höheren oder geringeren Kosten in Frage. Durch entsprechende Ausstattung können einfache glatte Mast e bis zu reich ausgestatteten Ziermasten gebildet werden. Die Querdrähte werden an den Masten mit Hilfe von Mast schellen befestigt. Die Höhe der Stützpunkte über dem Fußboden bestimmt sich aus der Fahrdrathöhe in den Aufhängepunkten und der Neigung und Länge der Querdrähte. Die Neigung der Querdrähte schwankt je nach Verwendung von Holz- oder Eisenmasten oder Wandhaken etwa zwischen 1:8 bis 1:15.

Das Ausspannen von Querdrähten entfällt bei Verwendung von Auslegermasten. Um die notwendige Nach-

giebigkeit der Aufhängung auch hier zu erreichen, werden die Fahrdrahtalter nicht unmittelbar starr an den Auslegerarmen befestigt, sondern es wird ein kurzes Querseil eingeschaltet, das in seiner Mitte den Fahrdrahtalter trägt und durch je einen zweiten Isolator von dem Maste getrennt ist (vgl. Abb. 69, Ausführung der Siemens-Schuckertwerke). Auslegermasten eignen sich nur für breite Straßen, da sonst der Verkehr zu stark beeinträchtigt wird. Bei zweigleisigen Linien werden die Maste als Doppelmaste mit beiderseitigen Auslegern ausgeführt.

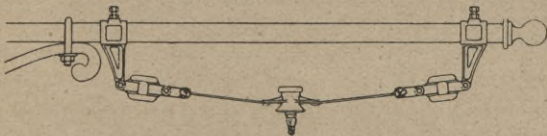


Abb. 69. Fahrdrahtaufhängung an Auslegermast.

In den letzten Jahren wurde auch die bei Vollbahnen in größerem Umfange eingeführte sog. Vielfach- oder Kettenaufhängung der Fahrleitung auf Straßenbahnlinien übertragen. Hierbei wird der Fahrdraht, als Einfach- oder Doppelleitung, an einem auf seine ganze Länge über ihm laufenden Tragseil in kurzen Zwischenräumen — bei Straßenbahnen etwa in Abständen von 15—20 m — mit gelenkigen Hängedrähten aufgehängt. Dadurch wird der Durchhang der Fahrleitung verringert und die sonst als dessen Folge auftretende Funkenbildung beim Befahren der Aufhängepunkte vermieden. Das Tragseil wird an Isolatoren befestigt, die stehend oder hängend von Querjochen oder Mastauslegern getragen werden. Zum Schutze gegen seitliche Schwingungen wird der Fahrdraht durch Stützrohre oder dgl. seitlich festgelegt. Als Tragseil dient entweder ein Stahlseil oder, wenn die Fahrleitung

aus Eisen besteht, besser ein Aluminiumseil, das dann zugleich die Verstärkungsleitung bildet (S. 91).

Zum Schutze der Leitungen gegen atmosphärische Entladungen werden in angemessenen Abständen, mindestens für jeden abschaltbaren Streckenabschnitt, Blitzschutzvorrichtungen angebracht. Am weitesten verbreitet

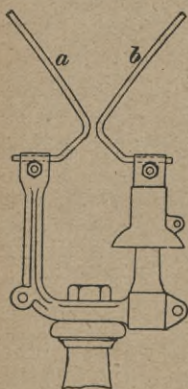


Abb. 70. Hörnerblitzableiter.

sind die Hörnerblitzableiter, die infolge der Vermeidung aller beweglichen Teile große Betriebssicherheit gewährleisten. Diese Blitzableiter wirken selbstunterbrechend. Abb. 70 zeigt den Streckenblitzableiter der Siemens-Schuckertwerke. Die beiden Hörner bestehen aus Hartkupferdrähten, deren einer (*a*) durch den Leitungsmast oder eine unmittelbare Erdleitung mit der Erde in Verbindung steht, während der andere (*b*) an das zu schützende Fahrdratende angeschlossen wird. Das Horn *b* ist gegen Erde doppelt isoliert. Die Erdung erfolgt entweder durch besondere Erdplatten oder durch Anschluß des Blitzableitermastes an die Schienen durch Kupferdrähte.

Bei einem Blitzschlag entsteht nun zunächst an der Stelle, an welcher sich die beiden Hörner am nächsten befinden — der Abstand beträgt an den Knickpunkten in der Regel etwa 3—4 mm —, ein Lichtbogen; dieser wird durch die elektrodynamische Wirkung der Hörner nach oben geblasen und infolge des wachsenden Abstandes der Hörner schließlich zum Abreißen gebracht. Diese Vorrichtungen sind daher nach jedem Blitzschlage sofort wieder von neuem wirksam. Neben den Hörnerblitzableitern finden

auch Blitzableiter mit magnetischer Funkenlöschung Verwendung.

An den Stellen, an welchen Starkstromleitungen von Schwachstromleitungen gekreuzt werden, müssen Schutzmaßregeln getroffen werden, um für den Fall eines Drahtbruches den Übergang des Starkstromes in den Schwachstromdraht zu verhindern. Bei Straßenbahnen handelt es sich hier in der Regel um Kreuzungen mit Telephonleitungen. Damit keine stromleitende Berührung eines gerissenen Telephondrahtes mit der Bahnleitung stattfinden kann, wird die letztere an den Kreuzungsstellen durch geeignete Schutzvorrichtungen nach oben isoliert. Vielfach in Verwendung sind Holzleisten, die über dem Fahrdrachte angebracht und an den Aufhängungen meist durch Drahtbügel miteinander verbunden werden. An ihren Enden werden Drahhaken angebracht, um einen abschnellenden Schwachstromdraht aufzufangen. Dauerhafter sind Schutznetze aus Drahtgeflecht oder Schutzdrähte, die parallel zum Fahrdrachte gezogen und durch einen mit den Schienen verbundenen Kupferdraht an Erde gelegt werden.

2. Speiseleitungen.

Die Zuführung des Stromes vom Kraftwerke zu der Fahrleitung erfolgt durch besondere Speiseleitungen. Nur bei ganz kurzen Bahnstrecken genügt es, den Arbeitsdraht unmittelbar an die Sammelschiene der Stromerzeugungsstelle anzuschließen. Die Anzahl der Speiseleitungen bestimmt sich nach der Länge und der örtlichen Lage der einzelnen Linien des Straßenbahnnetzes. Sie werden in solchen Abständen mit der Fahrleitung verbunden, daß der mittlere Spannungsabfall in den Speisepunkten nicht mehr als etwa 10% beträgt. Die Führung der Speiseleitungen auf dem kürzesten Wege zu den Speisepunkten

ist an sich erwünscht, doch werden sie zur Erhöhung der Übersicht und Verringerung der Anlagekosten in Gruppen zusammengefaßt, wobei darauf zu achten ist, daß die stärkeren Leitungen möglichst wenig Umweg machen müssen. Im Innern der Städte werden die Speiseleitungen unterirdisch verlegt, wobei eine Kreuzung von Kanälen, Gas- und Wasserleitungen nach Möglichkeit vermieden wird. Die Leitungen bestehen aus umspunnenen Bleikabeln oder eisenbandarmierten Kabeln. Der Querschnitt ist für die höchsten in Frage kommenden Beanspruchungen der einzelnen Streckenteile zu berechnen. Er schwankt deshalb für die einzelnen Fälle zwischen ziemlich weiten Grenzen. Bei der Querschnittsbemessung dürfen nicht nur Rücksichten auf den Spannungsabfall mitsprechen, sondern es ist auch der Energieverlust der Leitung zu beachten, da sonst besonders kürzere Leitungen häufig einen unwirtschaftlich schwachen Querschnitt erhalten¹⁾.

Für Ausgestaltung und Verlegung der unterirdischen Speisekabel sind die Vorschriften des Verbandes deutscher Elektrotechniker maßgebend. Die Kabelenden werden durch Lötung oder Verschraubung verbunden. Zur Abdeckung dienen Ziegelsteine oder Formsteine aus Zement; einzelne Verwaltungen umgeben die Kabel auch mit einer Umhüllung aus Sand oder säurefreiem Lehm, andere legen über die Steindeckung noch ein Gitter aus verzinktem Draht, um die Leitung bei Erdarbeiten kenntlich zu machen. Auch Betonstücke von mindestens 5 cm Stärke wurden mit gutem Erfolge als Kabeleindeckung verwendet. Zum Schutze gegen Bruch in nicht festem Erdreich werden die Kabel schlaff oder in Windungen verlegt, so daß sie bei Bodenbewegungen nachgeben können.

¹⁾ Eine Formel zur Berechnung des wirtschaftlichen Leitungsquerschnittes gibt „Zeitschr. f. Kleinbahnen“ 1913, S. 853.

Zur Verbindung mit der Oberleitung läßt man das Kabel in einer vor einem Maste verlegten Erdmuffe oder mit Kabelendverschluß im Mastsockel endigen und führt von hier im Innern des Mastes ein biegsames Kabel zu den außen befestigten Ausschaltern und von hier, in gleicher Weise zur Fahrleitung. Durch Einbau von Induktionsspulen an den Speisepunkten lassen sich Beschädigungen der Speisekabel verhindern. Bei Straßenbahnlinien außerhalb von Städten werden die Speiseleitungen am einfachsten an dem Leitungsgestänge der Fahrleitung geführt.

Der Anschluß der Speiseleitungen an die Sammelschienen erfolgt entweder unmittelbar, wenn das Kraftwerk unmittelbar Gleichstrom von der Arbeitsspannung liefert, oder sie werden an Umformer- oder Transformatoranlagen angeschlossen, die ihrerseits den Strom von dem Kraftwerke erhalten.

3. Stromrückleitung.

Die Rückleitung des Stromes erfolgt bei Oberleitungsbetrieb fast stets durch die Schienen, die meist an den negativen Pol der Sammelschiene angeschlossen sind. Bei Verwendung von Laschenstößen genügt die Stoßanordnung nicht, um einen genügenden Stromübergang zwischen zwei aufeinanderfolgenden Schienen zu gewährleisten. Die Laschen und Schienen rosten an ihren Berührungsflächen leicht an, wodurch die Stromleitung gestört wird. Es müssen daher an jedem Stoße besondere, elektrischleitende Schienenverbinder angebracht werden. Als solche dienen Bügel aus Kupferdraht, die mit den beiden Schienen leitend verbunden werden. Die Verbindung erfolgt gewöhnlich durch Vernietung oder durch konische Bolzen, die in entsprechende Löcher des Schienensteiges eingetrieben werden. Größere Sicherheit gegen eine Lockerung

unter den Stößen des Betriebes gewährt eine Verlotung oder Verschweißung mit Sauerstoff-Wasserstoff-Gebläse. Statt der steifen Drahtverbindungen können auch elastische Kupferseile oder -Bänder angeordnet werden, die eine Nachgiebigkeit gegenüber den Längenänderungen des Gleises gestatten. Doch ist diese Anordnung für Straßenbahnen mit ihren fest eingebetteten Schienen nur von geringer Bedeutung. Die Schienenverbinder reichen entweder über die Laschen hinweg, oder sie werden unter den Laschen in dem Spielraum zwischen Lasche und Schienensteg geführt. Letztere Anordnung hat den Vorteil, daß Beschädigungen der Schienenbunde beim Aufgraben des

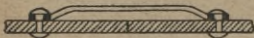


Abb. 71. Schienenverbinder.

Bodens und Diebstahl ausgeschlossen sind; auch sind derart angeordnete Verbinder gegen unmittelbare Einwirkungen des

Erdreiches geschützt. Die Zahl der in den Handel gebrachten verschiedenen Ausführungen von Schienenverbindern ist außerordentlich groß. Eine einfache Ausführung eines Drahtverbinders, der durch an seinen Enden angeschmiedete Augen mit dem Schienensteg vernietet ist, zeigt Abb. 71. Der Querschnitt der Verbindungen beträgt in der Regel 50—100 mm². Als Ersatz für kupferne Schienenverbinder dienen neuerdings Zinkstäbe oder Stahldrahtseile, die mit Stahlstiften oder durch Kabelschuhe mit den Schienen verbunden werden. Infolge der geringeren Leitfähigkeit sind entsprechend größere Querschnitte zu wählen oder mehrere Verbinder nebeneinander anzuordnen.

Die Notwendigkeit der Anordnung stromleitender Verbinder entfällt bei Gleisen, die mit fugenlosen Stoßverbindungen (nach Abschnitt III, c, 2) ausgestattet sind, also bei einer Verschweißung oder Umgießung der

Schienenstöße, da hier auch am Stoße der volle Schienenquerschnitt für den Stromübergang in Betracht kommt. Auch dies ist ein Vorzug dieser Stoßanordnungen, der zu ihrer weiten Verbreitung beiträgt. Das gleiche gilt von dem in Abb. 44 dargestellten Schienenschuh von Scheinig und Hoffmann und ähnlichen Anordnungen, bei welchen eine leitende Verbindung dadurch erzielt wird, daß zwischen die blanken Berührungsflächen von Schienenfuß und Schienenschuh Zinkbleche eingeklemmt oder die Zwischenräume mit Zink ausgegossen werden.

Die Schienen zu beiden Seiten von Weichen und Kreuzungsstücken werden durch besondere Überbrückungen in gut leitende Verbindung gebracht. Auch die beiden Schienen eines Gleises und ebenso die Schienen von Doppelgleisen werden durch Querverbindungen, in der Regel aus Kupferdraht, mindestens an jedem zehnten Stoße aneinander angeschlossen. Der Mindestquerschnitt dieser Verbindungsleitungen soll bei Verwendung von Kupfer 80 mm^2 betragen, bei anderen Materialien ist er für eine gleiche Leitfähigkeit zu berechnen. Bei Verwendung von Eisenquerschwellen sieht man in Amerika von derartigen Querverbindungen ganz ab.

Da die Schienen nicht von Erde isoliert sind, so kann ein Stromübergang zwischen Schiene und Erde nicht unbedingt verhindert werden. Derartige „vagabundierende oder abirrende Ströme“ treten bei Gleichstrombahnen auf und können Störungen in anderen in der Nähe liegenden Leitungsnetzen hervorrufen; sie führen ferner zu einer elektrolytischen Zersetzung von Gas- und Wasserrohren, die in ihrem Bereiche liegen. Aus diesen Gründen ist es erforderlich, den Spannungsabfall möglichst niedrig zu halten und auch sonst alle Vorkehrungen zu treffen, die geeignet sind, das Auftreten vagabundierender Ströme zu

verhindern oder eine schädliche Einwirkung auf Rohrnetze auszuschalten. Die große Bedeutung dieser Frage hat schon im Jahre 1906 die beteiligten Fachvereine — den Deutschen Verein der Gas- und Wasserfachmänner, den Verband deutscher Elektrotechniker und den Verein deutscher Straßenbahn- und Kleinbahnverwaltungen — veranlaßt, eine Erdstromkommission zu bilden, die auf Grund eingehender Versuche bestimmte Vorschläge aufstellte, die als „Vorschriften zum Schutze der Gas- und Wasserröhren gegen schädliche Einwirkungen der Ströme elektrischer Gleichstrombahnen, die die Schienen als Leiter benützen“ von den Vereinen angenommen wurden. Der wesentlichste Inhalt dieser Bestimmungen ist im folgenden in gedrängter Form wiedergegeben. Unberührt hiervon bleiben Bahnen, deren Gleise auf eigenem Bahnkörper isoliert, z. B. auf Holzschwellen, verlegt sind, ferner alle Schienenstränge, die an jedem Punkte wenigstens 200 m von dem nächstgelegenen Punkte eines Rohrnetzes entfernt sind.

Betreffs der Schienenleitung wird gefordert, daß der Widerstand einer Gleisstrecke durch die Stoßverbindungen höchstens um 20% gesteigert werden darf gegenüber jenem eines ununterbrochenen Gleises von gleichem Querschnitte und gleicher spezifischer Leitfähigkeit. Bei Verwendung mehrteiliger Schienen darf der Berechnung der volle Querschnitt beider Schienen nur dann zugrunde gelegt werden, wenn sowohl die Stöße der Hauptschienen als die Stöße der Nebenschienen und außerdem beide Schienen untereinander gut leitend verbunden sind.

Hinsichtlich der Spannungsverhältnisse unterscheiden die Vorschriften zwischen dem „inneren verzweigten Schienennetze“ und den „auslaufenden Strecken“. Im ersteren und innerhalb eines anschließenden Gürtels von

2 km Breite soll bei mittlerem fahrplanmäßigen Betriebe die sich rechnerisch ergebende Spannung zwischen zwei beliebigen Schienenpunkten 2,5 Volt nicht überschreiten; auf den auslaufenden Strecken soll der größte Spannungsabfall nicht mehr als 1 Volt auf 1 km betragen. Die Spannungen dürfen auch durch den Anschluß anderweitiger stromverbrauchender Anlagen an das Bahnnetz nicht über diese Grenzen gesteigert werden. Abweichungen können bei besonders gearteten Betriebsverhältnissen zulässig sein.

Der Übergangswiderstand zwischen dem Schienennetze und der Erde soll möglichst hoch gehalten werden. Man strebt deshalb danach, die Schienen auf möglichst schlecht leitender Unterlage zu verlegen. Jede metallische Verbindung der Gleise oder der an sie angeschlossenen Stromleitungen mit den Röhren muß unterbleiben. Der Abstand zwischen den Schienen und den in die Straßenoberfläche eingebauten Teilen des Rohrnetzes soll so groß als möglich gehalten werden und mindestens 1 m betragen.

Elektrische Anlagen, die aus der Bahnleitung gespeist werden, sind mit dem Schienennetze oder dessen Stromleitungen durch isolierte Leitungen zu verbinden mit Ausnahme kurzer Anschlußleitungen von geringem Querschnitte, die im allgemeinen blank verlegt werden dürfen.

Da für die elektrolytische Zersetzung die Dichte des aus den Röhren austretenden Stromes maßgebend ist, so wird als Grenzwert hierfür eine Stromdichte von 0,75 Milliampere pro dm^2 festgesetzt; wird dieses Maß überschritten, so müssen besondere Schutzmaßregeln ergriffen werden.

Bei langen und starkbelasteten Strecken genügt es häufig nicht, das Schienennetz allein zur Rückleitung des Stromes in Anspruch zu nehmen, ohne die angegebenen Spannungsgrenzen zu überschreiten. In diesen Fällen

müssen besondere Rückleitungen an die Schienen angeschlossen werden; die Rückleitungspunkte werden so gewählt, daß sie möglichst fern von den gefährdeten Rohrleitungen und in möglichst schlecht leitendem Boden liegen. Die Rückleitungen bestehen aus eisenbandarmierten Bleikabeln; sie werden durch blanke Kupferleitungen an die Schienen angeschlossen. Da bei geringen Spannungsdifferenzen die Ausführung der Rückleitungen zu kostspielig würde, so wird der Spannungsunterschied zweckmäßig durch Einschaltung von Widerständen oder durch Anordnung von Saug- oder Zusatzdynamos oder Saugakkumulatoren künstlich erhöht.

Von den Schienenanschlußpunkten werden Prüfdrähte nach der Kraftstation geführt, um dort jederzeit die Spannungsunterschiede messen zu können. Zur dauernden Überwachung der Leitfähigkeit der einzelnen Schienenstöße dienen Galvanometer oder besondere Prüfeinrichtungen, wie der Schienenstoßprüfer der AEG., bei welchem das Vorhandensein abirrender Ströme in sinnreicher Weise durch ein sehr empfindliches tragbares Telephon festgestellt wird.

4. Würdigung des Oberleitungssystems.

Ästhetische Bedenken haben frühzeitig dazu geführt, trotz der betriebstechnischen und wirtschaftlichen Vorzüge des elektrischen Oberleitungssystems für Straßenbahnen nach einem Ersatze für dasselbe zu suchen. Es ist ja unbestreitbar, daß das Straßenbild durch die über die ganze Straße gespannten Drähte und die Maste eine Beeinträchtigung erfährt, und namentlich auf Plätzen, über denen sich oft ein ganzes dichtes Netz von Fahr-, Quer- und Spanndrähten ausbreitet, kann dadurch eine sehr unschöne Wirkung hervorgerufen werden. Aus diesem Grunde wurde und wird bisweilen auch heute noch die Ge-

nehmung zur Führung von elektrischen Oberleitungen über architektonisch besonders wichtige Stellen von den einschlägigen Behörden versagt. Andererseits ist man früher mit solchen Bedenken wohl vielfach zu weit gegangen. Denn einmal gewöhnt sich das menschliche Auge in ziemlich weitgehendem Maße an derartige Beigaben des Straßenbildes, so daß uns beim räumlichen Sehen, anders als bei einer bildlichen Wiedergabe, die elektrischen Leitungsdrähte häufig gar nicht zum Bewußtsein kommen und wir gewissermaßen darüber hinwegsehen, ohne daß sie unseren Genuß bei Betrachtung eines architektonischen Kunstwerkes erheblich beeinträchtigen können. Und dann kann doch überhaupt wenigstens in den verkehrsreichen Straßen und Plätzen unserer Großstädte — und gerade um solche handelt es sich meist — nur in sehr wenigen Fällen von einem künstlerisch einheitlichen, in sich geschlossenen Straßenbilde die Rede sein. Abgesehen von dem meist bestehenden Mangel einer ästhetischen Gesamtwirkung der Gebäudefassaden lassen schon der durch die Straßen flutende Verkehr mit seiner Unruhe und in Geschäftsstraßen vor allem die aufdringliche Reklame nur selten einen ästhetisch befriedigenden Gesamteindruck aufkommen. Diese Erkenntnis hat denn auch dazu geführt, daß in immer steigendem Maße die ästhetischen Bedenken gegen die elektrische Oberleitung hinter ihren großen technischen und wirtschaftlichen Vorzügen zurücktreten mußten, so daß heute mit geringen Ausnahmen fast alle elektrischen Straßenbahnstrecken mit Oberleitung betrieben werden. Sollte es allerdings in der Zukunft gelingen, eine Stromzuführung zu finden, die bei gleichen übrigen Verhältnissen eine derartige Verunstaltung des Straßenbildes vermeiden läßt, so wäre dies zweifellos im Interesse unseres städtischen Straßenbildes zu begrüßen.

b) Unterirdische Stromzuführung.

Die Bestrebungen zur Beseitigung der elektrischen Oberleitung führten zu zahlreichen Versuchen mit unterirdischer Stromzuführung. Die zur Ausführung gelangten Anordnungen lassen sich in zwei Systeme scheiden: in die Stromzuführung in einem Schlitzkanale und in das Teilleiter- oder Oberflächenkontaktsystem.

1. Das Schlitzkanalsystem.

Bei diesem Systeme erfolgt die Stromzuführung durch Kontaktschienen, die in einem Betonkanal im Straßenkörper verlegt werden. Die Stromleitung ist in diesem Falle stets doppelpolig, so daß je eine gesonderte Schiene für die Hin- und Rückleitung verlegt werden muß. Die Leitungsschienen bestehen aus Formeisen und werden an Isolatoren befestigt, die ihrerseits von gußeisernen Böcken getragen werden. Der Kanal besitzt oben in seiner Mitte einen etwa 25—33 mm weiten Schlitz, der bis in die Straßendecke reicht. Durch diesen Schlitz wird ein Stromabnehmer eingeführt, der mittels eines Schleifkontaktes den Strom aus der Fahrleitung entnimmt und nach Durchleitung durch den Motor usw. mittels eines zweiten Kontaktes wieder der Rückleitungsschiene zuführt. Der Stromabnehmer ist unten am Wagen angebracht und wird, da es sich meist nur um kurze, in eine Oberleitungsstrecke eingeschaltete Streckenabschnitte handelt, zweckmäßig mit einer Vorrichtung versehen, die einen unmittelbaren Übergang von der unterirdischen zur oberirdischen Leitung gestattet. Die Leitungsschienen müssen an ihren Stößen stromleitend verbunden werden. Besonders verwickelt gestalten sich die Weichen und Kreuzungen bei der unterirdischen Stromzuführung.

Der Kanal wird entweder in der Mitte des Gleises oder unter dem einen Schienenstrange verlegt; in diesem Falle wird die Schiene als Doppelschiene mit offenem

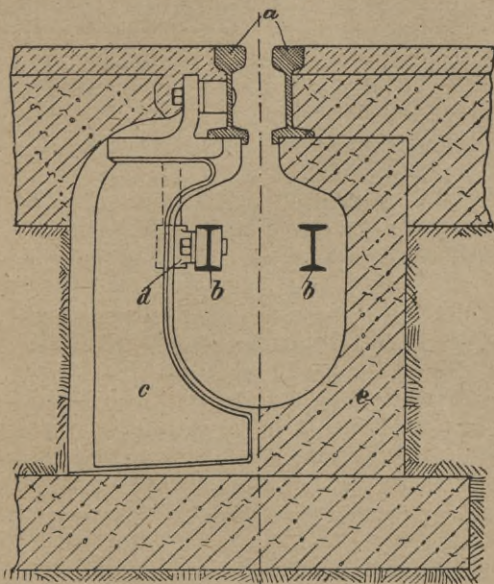


Abb. 72. Unterirdische Stromzuführung mit Seitenkanal: a) Schlitzschiene, b) Stromleitungsschiene, c) gußeiserner Kanalbock, d) Isolator, e) Betonfüllung.

Schlitze ausgeführt, der zugleich als Spurrille dient. Eine Ausführung der letzteren Art zeigt Abb. 72. Die Führung des Kanales in Gleismitte findet sich namentlich häufig in Amerika, wo vielfach die Kanäle der alten Kabelbahnen als Leitungskanäle für elektrischen Betrieb umgebaut wurden. Die Ausführung der Weichen und Kreuz-

zungen gestaltet sich bei dieser Anordnung etwas einfacher als bei der Verlegung des Schlitzkanales an den Gleisrand. Andererseits wird aber durch die letztere Anordnung die sonst unvermeidliche weitere Beanspruchung der Straßendecke mit ihren Unzuträglichkeiten vermieden.

Ein Hauptaugenmerk bei der Ausführung der Schlitzkanäle ist auf sorgfältige Entwässerung zu legen, da bei ungenügender Entwässerung fortwährende Störungen der sehr empfindlichen Leitungs- und Weichenanlagen nicht vermieden werden können. Überhaupt erfordert die Herstellung und Instandhaltung der Leitungsanlagen bei unterirdischer Stromzuführung im Interesse der Betriebssicherheit äußerste Sorgfalt und führt dadurch zu sehr hohen Bau- und Unterhaltungskosten, die meist ein Vielfaches der Aufwendungen für Oberleitungsanlagen betragen. Trotzdem bleibt die Betriebssicherheit stets geringer als bei diesen, und besonders bei großer Feuchtigkeit oder starkem Schneefalle treten mitunter sehr erhebliche Störungen auf. In dieser Hinsicht ist namentlich das vollständige Versagen der mit unterirdischer Stromzuführung ausgerüsteten Strecken der Berliner Straßenbahnen bei den starken Schneefällen im Winter 1907 bemerkenswert. Durch das in großen Mengen in den Kanal eintretende, mit Salz vermischte Schmelzwasser wurden vielfach Kurzschlüsse zwischen den beiden Leitungen herbeigeführt; desgleichen wurde die Isolation des Stromabnehmers durch die Einwirkung des Schneeswassers derart beschädigt, daß ein Stromübergang zwischen den beiden Polen des Stromabnehmers möglich war und dadurch gleichfalls Kurzschluß zwischen den beiden Kontaktschienen hergestellt wurde. Infolge dieser Kurzschlüsse wurden die Zuführungskabel stark überlastet und brannten teilweise durch. Auch Störungen an den

Höchststromausschaltern und Sicherungen, ferner mechanische Klemmungen des Stromabnehmers im Schlitzkanale traten als Wirkung des Frostes ein.

Alle bisherigen Erfahrungen haben gezeigt, daß die unterirdische Stromzuführung im Schlitzkanal in ihrer gegenwärtigen Ausführungsart trotz ihrer ästhetischen Vorzüge gegenüber dem Oberleitungsbetriebe infolge ihrer weit überwiegenden Nachteile hinsichtlich Betriebsicherheit und Kostenaufwand nur unter dem Zwange ganz besonderer Verhältnisse zur Ausführung gelangen soll.

2. Teilleitersystem.

Bei dem Teilleiter- oder Oberflächenkontaktsystem werden in Abständen von einigen Metern in Gleismitte Kontakte im Boden verlegt, die durch Relais mit einer in einem unterirdischen Kanale geführten Kontaktleitung verbunden sind. Diese Kontaktknöpfe sind im gewöhnlichen Zustande stromlos. Nur wenn ein Wagen darüberfährt, werden sie durch magnetische Einwirkung angezogen und dienen zur Herstellung einer stromleitenden Verbindung zwischen Zuführungsleitung und Wagen. Die Rückleitung des Stromes erfolgt durch die Schienen. Es ist eine ziemlich große Anzahl von derartigen Anordnungen erdacht worden, von denen jedoch nur wenige zur Einführung im dauernden Betriebe gelangten.

Hauptnachteile des Teilleitersystems sind seine große Betriebsunsicherheit, ferner die Behinderung und Gefährdung des Personen- und Fuhrwerksverkehrs durch die Kontaktknöpfe, die schwierige Entwässerung, die verwickelte Ausgestaltung der Weichen und Kreuzungen; hierzu kommen sehr bedeutende Ausführungs- und Unterhaltungskosten, die jene bei elektrischer Oberleitung gleichfalls um ein Vielfaches übertreffen. Da eine dauernde

Betriebsfähigkeit hier noch schwerer zu erzielen ist als bei dem Schlitzkanalsystem, so wird letzteres im allgemeinen vorgezogen, wenn überhaupt von der Oberleitung Abstand genommen werden muß. Immerhin können besondere Fälle vorkommen, in welchen die Anlage eines Teilleitersystems sich als notwendig erweist.

VI. Abschnitt.

Betriebsanlagen.

a) Betriebsanlagen auf der Strecke.

Irgendwelche besonderen Anlagen im Zuge der einzelnen Straßenbahnlinien entfallen bei vielen Straßenbahnnetzen vollständig. Die Haltestellen werden durch einfache Tafeln mit entsprechenden Aufschriften gekennzeichnet, bisweilen fehlen auch diese und werden durch ein farbiges Zeichen an einem benachbarten Leitungsmaste ersetzt. Bei größeren Netzen ist es sehr zweckmäßig, auf den Haltetafeln auch Angaben über die für den betreffenden Haltepunkt in Frage kommenden Linien, über die Fahrtrichtung und das Endziel zu machen, wie dies z. B. auf dem ganzen Netze der Münchener Straßenbahn durchgeführt ist.

An den wichtigsten Haltestellen, namentlich an Stellen mit starkem Umsteigeverkehr und an den Endhaltepunkten der Hauptlinien, werden auch in manchen Orten gedeckte Warterräume oder vollständige kleine, mit Diensträumen versehene Stationsgebäude errichtet, die zur Aufnahme der Fahrgäste und zum Schutze gegen die Witterung bestimmt sind. Häufig werden diese Wartehallen mit unterirdischen Abortanlagen verbunden. Derartige Einrichtungen finden sich u. a. in Wien, München, Leipzig, Zürich;

sie bedingen natürlich eine entsprechende Erhöhung der Anlagekosten, zu der sich in der Regel wohl nur gemeindliche Straßenbahnverwaltungen entschließen dürften.

Weitere Betriebseinrichtungen der Strecke sind die obenerwähnten Anordnungen zur elektrischen Weichenstellung (s. Abschn. IV b). Vereinzelt sind in Amerika vollständige Stellwerke zur Ausführung gelangt, bei welchen die elektrische Steuerung der Kernzugmagnete durch von Hand bediente Schalter erfolgt. Zu diesem Zwecke sind die Schalter für eine größere Anzahl von Weichen in einem Stellwerksturme untergebracht, der so aufgestellt wird, daß von ihm aus die sämtlichen bedienten Weichen übersehen werden können. Außerdem befindet sich in dem Stellwerke eine verkleinerte Nachbildung der gesamten Weichenanordnung, an welcher der Stellwärter jederzeit die augenblickliche Stellung der Weichen ablesen kann. Der Wagenführer wird durch deutlich sichtbare Zeichen von der Stellung der Weiche in Kenntnis gesetzt. Um den Straßenverkehr möglichst wenig zu beeinträchtigen, sind diese Stellwerkshäuschen in Washington als kräftige, an der Fußsteigkante aufgestellte Säulen ausgeführt, auf welchen oben ein laternenartiges Gehäuse von $1,25 \times 1,25$ m² Fläche zur Aufnahme der Stellwerkseinrichtung und des Wärters sitzt.

Zur Gewährleistung eines sicheren Betriebes auf eingleisigen Strecken und stark befahrenen Kreuzungen werden auch Blockierungseinrichtungen eingebaut, die in der Regel aus elektrischen Lichtzeichen bestehen, welche von dem Wagen während der Dauer der Durchfahrt selbsttätig eingeschaltet werden. Dadurch wird verhindert, daß eine eingeleisige Strecke zwischen zwei Ausweichstellen gleichzeitig von Wagen verschiedener Fahrtrichtung befahren wird, wobei je nach der Dichte

des Verkehrs nur einer oder mehrere Wagen der gleichen Fahrtrichtung in die Teilstrecke eingelassen werden können. An verkehrsreichen Kreuzungen ferner, die nicht mit Haltepunkten zusammenfallen, wird durch derartige Einrichtungen einem Zusammentreffen zweier Wagen gerade im Schnittpunkte der Kreuzung vorgebeugt. Auch gegen Zusammenstöße der Straßenbahnwagen mit Straßenfuhrwerken, wie sie namentlich in engen Straßen vorkommen können, wenn plötzlich ein Fuhrwerk aus einer Seitenstraße auf das Gleis einbiegt, kann man sich in ähnlicher Weise durch Warnungszeichen schützen, die solange eingeschaltet bleiben, bis der Straßenbahnwagen vorbeigefahren ist.

Von größerer Bedeutung wurden ferner in den letzten Jahren mit der Zunahme des Güterverkehrs die Gleisanlagen zur Abwicklung des Ladeverkehrs. Vielfach wurden besondere Anschlußgleise nach Bahnhöfen, Postämtern, Fabrikhöfen usw. verlegt, auf denen sich mit Hilfe von Rampen das Lade- und Entladegeschäft ohne Störung des durchgehenden Straßenbahnverkehrs erledigen läßt¹⁾.

b) Betriebsbahnhöfe und Werkstätten.

Den wichtigsten Teil der Betriebsanlagen bilden die Betriebsbahnhöfe, das sind die Wagenhallen zur Unterbringung und Ausbesserung der Fahrzeuge mit den für den Verschiebedienst erforderlichen Gleisanlagen. Die Zahl und Größe der erforderlichen Wagenschuppen ist abhängig von der Ausdehnung des Straßenbahnnetzes und dem Umfange des Wagenparks. Bei kleinen Straßenbahnnetzen genügt in der Regel ein Depot, das in die Nähe der Peripherie, meist an das Ende einer Haupt-

¹⁾ Nähere Angaben über derartige Anlagen und die verschiedenen Hilfsmittel der Güterbeförderung auf Straßenbahnen s. z. B. „Verkehrstechn. Woche“ 1918, S. 163, u. „Zeitschr. d. Ver. d. Ing.“ 1919, S. 607.

linie, gelegt wird. Bisweilen findet sich auch das Depot mit dem Kraftwerke vereinigt, wodurch an Aufsichtspersonal gespart werden kann. In ausgedehnten Städten werden an mehreren Stellen Betriebsbahnhöfe eingerichtet, um eine leichtere und schnellere Aufnahme und Beendigung des täglichen Betriebes zu ermöglichen.

Die Anlagen bestehen in der Regel aus den Wagenschuppen, die zur Unterbringung und laufenden Untersuchung der Fahrzeuge und zur Vornahme kleinerer Ausbesserungen bestimmt sind, aus den davon abgetrennten Werkstätten, die mit den erforderlichen Sondermaschinen — Räderdrehbänken, Wasserdruckpressen, Wagenwinden, Kranen usw. — ausgerüstet und mit einer entsprechenden Zahl von Hebeständen, Umbauständen, Lackierständen, Schnellreparaturständen versehen sind¹⁾, und aus dem für die Einfahrt und Ausfahrt der Fahrzeuge dienenden, mit Gleisen versehenen Hofraume. Bei großen Netzen findet sich auch bisweilen noch eine besondere Hauptwerkstätte, die dann eine möglichst vollständige maschinelle Ausrüstung erhält. Als Anhaltspunkte für die erforderlichen Flächenabmessungen mögen die folgenden Angaben dienen, die einer ausführlichen Tabelle in Herzogs „Taschenbuch“ entnommen sind:

Fassungsraum für Wagen	Flächeninhalt der Schuppen	Gesamtflächen- inhalt der Werkstätten	Hofraum	Gesamt- fläche
Stückzahl:	in m ²	in m ²	m ²	m ²
10	280	110	140	530
20	560	140	260	960
50	1400	260	610	2270
100	2800	380	1200	4380
200	5600	600	2300	8500

¹⁾ Ausführl. Angaben s. u. a. Bieber in „Elektr. Kraftbetriebe und Bahnen“ 1919.

Die Anzahl der Schuppengleise ist so hoch zu bemessen, daß sie die ganze Menge der dem Depot zugewiesenen Betriebsmittel aufnehmen können; dabei ist darauf zu achten, daß nicht zu viele Wagen auf einem Gleise hintereinander zu stehen kommen, da sonst die Bewegung der einzelnen Fahrzeuge zu sehr erschwert wird.

Der Abstand der Parallelgleise in den Schuppen beträgt 3—3,5 m. Um eine bequeme Untersuchung der am Wagenuntergestelle befindlichen Motoren usw. zu ermöglichen, werden sämtliche Gleise auf einen Teil ihrer Länge mit Gleisgruben von etwa 1,2—1,5 m Tiefe versehen. Für die Breitenbemessung dieser Gruben ist die Forderung maßgebend, daß die Motoren bequem nach unten ausgebaut werden können. In manchen Fällen werden der ganze Raum unter den Gleisen unterkellert und die Gleise selbst auf säulenartigen Pfeilern gelagert, damit man unter dem Fußboden der Halle von einem zum andern Gleise gelangen kann. Zweckmäßig erhalten die Gleise ein schwaches Gefälle in der Richtung der Ausfahrt.

Um ein gutes Arbeiten in den Schuppen zu ermöglichen, ist für eine ausreichende Beleuchtung zu sorgen. Zu diesem Zwecke wird der reichliche Zutritt von Tageslicht durch Oberlichter oder ausreichende Seitenfenster ermöglicht. Für die Arbeiten bei Nacht werden die Hallen mit elektrischen Bogenlampen ausgestattet; außerdem sind Glühlampen für die Arbeiten in den Gleisgruben vorzusehen. Ein sehr wesentlicher Gesichtspunkt für die Anlage der Wagenhallen ist ferner die Sorge für eine reichliche Wasserzufuhr zu Reinigungszwecken und für eine sorgfältige Entwässerung, insbesondere der Gruben.

Die Fahrdrahtleitungen werden mit einzelnen Ausschaltern versehen, durch die sie von dem ganzen Netze

abgetrennt werden können; außerdem wird ein Hauptstromausschalter angeordnet, durch den im Bedarfsfalle die ganze Anlage stromlos gemacht werden kann.

Der Anschluß der Einfahrtgleise an die einzelnen Schuppengleise erfolgt am besten durch eine entsprechende Weichenanordnung. Bei beschränkten Raumverhältnissen werden statt dessen auch Schiebebühnen und Drehscheiben verwendet. Diese sind entweder für Handbetrieb oder für motorischen Betrieb eingerichtet, in letzterem Falle zweckmäßig so, daß der Antrieb durch Übertragung von dem zu bewegendem Fahrzeuge aus mit Reibrädern erfolgt. Durch eine derartige Anordnung können besondere Stromabnehmervorrichtungen an den Schiebebühnen entbehrlich gemacht werden. Um eine rasche Verbindung zwischen den einzelnen Schuppen herzustellen, ohne daß die Ein- und Ausfahrt der Betriebsmittel dadurch gehindert wird, wird bisweilen an dem der Einfahrt gegenüberliegenden Ende der Schuppen eine Schiebebühne angeordnet.

Die Schuppen für die Anhängewagen werden bei größeren Anlagen von den Motorwagenhallen abgetrennt und können wesentlich einfacher ausgestattet werden, da die Unterhaltung dieser Fahrzeuge viel geringere Anforderungen stellt. Außerdem finden sich im Anschluß an Wagenschuppen noch besondere Schuppen für die zum Streckenbau und zum laufenden Betriebsdienste erforderlichen Geräte und Fahrzeuge, Montagegerüstwagen, Leitern u. dgl., ferner die Magazine zur Aufbewahrung von Ersatzteilen, Werkzeugen und Hilfsgeräten, und die notwendigen Diensträume für die Beamten. Auch Wohlfahrtseinrichtungen für das Betriebs- und Bureaupersonal werden bisweilen mit diesen Anlagen verbunden.

c) Unterhaltung der Strecke.

Im Anschlusse an die Werkstatteinrichtungen sei noch kurz der wichtigsten Hilfsmittel der Streckenunterhaltung gedacht. Zur Erhaltung einer glatten Fahrfläche der Schienen müssen die Riffeln und die im Laufe des Betriebes auftretenden Höhenunterschiede an den Schienenstößen von Zeit zu Zeit beseitigt werden. Dies geschieht mit Schienenhobeln, die entweder von Hand bedient oder besser fahrbar eingerichtet und durch Ankupplung an die Fahrleitung elektrisch angetrieben werden (Schienenfeilmaschinen). Eine wichtige Aufgabe ist ferner die regelmäßige Reinigung der Schienen, insbesondere der Spurrillen von dem sich darin ansammelnden Schmutze. Auch hier wurde die Handarbeit in den letzten Jahren in mehreren Städten mit Erfolg durch mechanische Arbeit ersetzt, wofür besonders der elektrische Schienenreinigungswagen nach Schörling sich als sehr geeignet erwies, der nicht nur eine mechanische Reinigung, sondern zugleich eine Abfuhr des Schmutzes gestattet¹⁾.

Der Instandhaltung der Oberleitung dienen in der Regel besondere Gerüstwagen, sog. Turmwagen, die oben eine Plattform für die Arbeiter tragen. Zur Behebung von Störungen auf der Strecke, sei es infolge von Zusammenstoß, Entgleisung, Drahtbruch oder dgl., finden besonders ausgerüstete Fahrzeuge, Störungswagen, Verwendung, die, stets betriebsbereit, rasch an die Störungsstelle gefahren werden können. In einfacheren Fällen genügen kleine Gerätewagen, die an Triebwagen angehängt werden; für größere Netze kommen vielfach besondere elektrische Triebwagen, auch Benzinkraftwagen, in Anwendung, die mit allen erforderlichen Hilfsmitteln, ein-

¹⁾ Näheres s. „Elektr. Kraftbetr. u. Bahnen“ 1913; „Zeitschr. f. Kleinbahnen“ 1917. ۱۱

schließlich eigener Lichtquellen, ausgerüstet, zuweilen auch zur Beförderung verunglückter Menschen eingerichtet sind.

Eine eigentümliche amerikanische Einrichtung sind die sogenannten fliegenden Unterhaltungsabteilungen, das sind kleine, stets dienstbereite Trupps von Mannschaften mit den erforderlichen Hilfsgeräten und Fahrzeugen, die ähnlich wie Feuerwehrabteilungen über die ganze Stadt verteilt sind und im Bedarfsfall in wenigen Minuten zur Ausführung einer Reparatur zur Stelle sein können.

VII. Abschnitt.

Statistische Angaben.

Die Zahl der im Betriebe befindlichen Straßenbahnen betrug, nach der in der „Zeitschrift für Kleinbahnen“ veröffentlichten amtlichen Statistik, am 31. März 1916¹⁾, in Preußen 203, im ganzen Deutschen Reiche 298 Bahnen.

Die gesamte Streckenlänge dieser Straßenbahnen belief sich auf 3919 bzw. 5491 km, die Gleislänge, da viele Linien doppelgleisig ausgeführt sind, auf 5712 bzw. 8248 km und unter Einschluß der für Betriebszwecke dienenden Nebengleise auf 6234 bzw. 9053 km.

Auf die verschiedenen Spurweiten verteilen sich diese Bahnen in km-Bahnlänge wie folgt:

Spurweite:	1,435 m	1,00 m	0,75 m	0,60 m	Ge- mischt	Ab- weichend
in Preußen:	1662	1876	10	14,65	149	206
in Deutschland:	2022	2579	10	15,45	174	690

¹⁾ Für die späteren Jahre liegen infolge des Krieges vollständige statistische Zusammenstellungen für das ganze Reich nicht vor. Die Angaben für Preußen nach dem Stande vom 31. März 1918 — s. Z. f. Kleinb. 1919 — weisen nur unerhebliche Abweichungen von obigen Angaben auf.

Als Antriebsmotoren benützen 11 Bahnen mit insgesamt 53 km Dampflokomotiven, 255 Bahnen mit 5154 km elektrische Motoren, 18 Bahnen mit 63 km Pferde; 2 Bahnen mit 26 km verwenden gleichzeitig Dampflokomotiven und elektrische Motoren, 1 Bahn mit 188 km gleichzeitig elektrische Motoren und Pferde; bei 11 Bahnen mit 6,53 km wird die Antriebskraft durch Drahtseile auf die Wagen übertragen.

Hinsichtlich des Betriebszweckes dient die überwiegende Mehrzahl aller Bahnen, 215 Bahnen mit 3834 km, nur dem Personenverkehre; nur 3 Bahnen mit 92 km sind ausschließlich für den Güterverkehr bestimmt, während 80 Bahnen mit 1565 km sowohl Personen- als Güterverkehr übernehmen. Diese Zahlen haben sich jedoch in den letzten Jahren noch erheblich zugunsten des Güterverkehrs verschoben.

Welche hohen wirtschaftlichen Werte in unseren Straßenbahnen festgelegt sind, mag aus der Angabe ersehen werden, daß das gesamte Anlagekapital der deutschen Straßenbahnen im Jahre 1916 den gewaltigen Betrag von 1 490 746 801 Mk. ausmachte, also nahezu 1½ Milliarden erreichte. Demgegenüber beliefen sich die gesamten Einnahmen im Jahre 1915 auf die Summe von 278 476 641 Mk.

Das größte Einzelunternehmen unter den deutschen Straßenbahnen ist die Berliner Straßenbahn, die aus der früheren „Großen Berliner Straßenbahn“ und einer Reihe von Einzelunternehmungen entstanden und im Jahre 1919 von dem Zweckverbände „Groß-Berlin“ übernommen wurde. Die Gesamtlänge der zugehörigen Strecken belief sich 1916 auf 483,58 km. Die gesamte Netzlänge der Straßenbahnen in einer Anzahl deutscher Städte ist aus folgender Zusammenstellung zu ersehen:

Berlin	483,58 km	Essen-Borbeck-Alten-	
Hamburg-Altona	231,18 "	essen	82,85 km
Hannover ¹⁾	164,16 "	Elberfeld-Barmen	76,72 "
Dresden	141,66 "	Düsseldorf	73,75 "
Leipzig	131,91 "	Breslau	69,52 "
München	94,35 "	Stuttgart	69,17 "
Cöln	92,72 "	Nürnberg-Fürth	55,44 "
Frankfurt a. M.-Offen-			
bach	92,65 "		

Was die Betriebsleistungen der deutschen Straßenbahnen betrifft, so betrug die Anzahl der im Personenverkehr gefahrenen Wagenkilometer auf sämtlichen Bahnen im Jahre 1915 688 892 995 km, die Anzahl der beförderten Personen belief sich auf 2 853 262 857; die Anzahl der gefahrenen Wagenkilometer im Güterverkehr für den gleichen Zeitraum ist 2 416 231 km mit 1 469 704 beförderten Gütertonnen.

Die Anzahl der auf einen Wagenkilometer beförderten Personen ist im Durchschnitt für alle deutschen Straßenbahnen 4,3; sie erreichte beispielsweise auf der Großen Berliner Straßenbahn die Höhe von 4,8 Fahrgästen.

Über die einzelnen Leistungen der Straßenbahnen in einigen deutschen Großstädten und über den Zusammenhang des Straßenbahnverkehrs mit der Bevölkerungsdichte unterrichtet die nachstehende Tabelle:

Straßenbahnverkehr in deutschen Großstädten.

	Anzahl der beförderten Personen	Länge der Bahnen in km	Auf je 10000 Einwohner treffen	beförderte Personen
			km Straßenbahn	
Berlin mit Vororten	664 961 380	483,58	1,39	1 910 809
Hamburg-Altona	202 504 793	231,18	2,09	1 832 623
Hannover	63 518 296	164,16	4,37	1 600 298

¹⁾ mit großen Außenstrecken.

	Anzahl der beför- derten Personen	Länge der Bahnen in km	Auf je 10000 Einwohner treffen km Straßen- bahn	beförderte Personen
Dresden	157 557 764	141,66	2,59	2 880 398
Leipzig	126 941 896	131,91	2,24	2 158 876
München	112 929 265	94,35	1,58	1 894 786
Breslau	94 038 307	69,52	1,36	1 836 686

VIII. Abschnitt.

Gesetze und sonstige Bestimmungen für Straßenbahnen.

In rechtlicher Hinsicht werden die Straßenbahnen in der Regel den Kleinbahnen bzw. Lokalbahnen zugezählt, also den Bahnanlagen von örtlicher Bedeutung, deren Züge meist nur eine verhältnismäßig geringe Geschwindigkeit besitzen. Die von den Gesetzen geforderten Sicherheitsmaßnahmen und sonstigen Vorschriften sind dementsprechend bedeutend geringer als bei Vollbahnen oder Nebenbahnen. In Preußen fallen die Straßenbahnen unter das Kleinbahngesetz; im Anschlusse daran sind noch besondere Bau- und Betriebsvorschriften für Straßenbahnen und straßenbahnähnliche Kleinbahnen seit 26. September 1906 mit Nachtrag vom 15. Januar 1914 erlassen. Außerdem sind natürlich die einschlägigen örtlichen und gemeindlichen Behörden befugt, die Genehmigung zum Bau und Betrieb von Straßenbahnen von der Erfüllung gewisser, im allgemeinen Interesse geforderter Bedingungen abhängig zu machen.

Für die Anlage elektrischer Straßenbahnen in Deutschland sind vor allem die Vorschriften des Verbandes deutscher Elektrotechniker maßgebend, die als „Sicher-

heitsvorschriften für elektrische Straßenbahnen und straßenbahnähnliche Kleinbahnen“ in der Generalversammlung des Verbandes im Jahre 1906 beschlossen, 1914 erneut bestätigt und durch die Bau- und Betriebsvorschriften als bindend anerkannt wurden. Diese Vorschriften zerfallen in zwei Hauptgruppen: Bauvorschriften und Betriebsvorschriften, und enthalten in ihrem ersten Teile bestimmte Forderungen über die Beschaffenheit und Verlegung des zu verwendenden Materials — Isolier- und Befestigungskörper, Leitungen, Apparate —, ferner über die Kraftwerke und die diesen gleichgestellten Betriebsräume und Vorschriften für die Strecke und Fahrzeuge. Neben diesen Sicherheitsvorschriften sind noch von besonderer Wichtigkeit für den Bau der Bahnen die auf S. 108 ausführlich besprochenen Vorschriften zum Schutze der Gas- und Wasserröhren gegen die schädlichen Einwirkungen elektrischer Ströme.

IX. Abschnitt.

Straßenbahnähnliche Einrichtungen.

a) Gleislose elektrische Bahnen.

Um die hohen Kosten für den Oberbau und Unterbau einer Kleinbahn zu sparen, werden in manchen Fällen gleislose elektrische Bahnen mit Oberleitung eingerichtet. Die Fahrzeuge sind hierbei ähnlich wie Straßenomnibusse ausgestaltet und entnehmen den Betriebsstrom mit Hilfe einer Kontaktstange aus der Arbeitsleitung, die als doppelpolige Oberleitung über der Straße ausgespannt ist. Außer dem meist üblichen Gleichstrom von etwa 500—600 Volt wird auch einphasiger Wechselstrom mit gutem Erfolge angewendet; hierbei kann die Fahrleitung in das Ver-

teilungsnetz einer Überlandzentrale eingeschaltet, ein doppelter Leitungsausbau also vermieden werden. Derartige Bahnen sind sehr anpassungsfähig, da sie jede vorhandene Straße benützen können. Die Anordnung der Stromabnehmer wird so getroffen, daß die Fahrzeuge eine hinreichende seitliche Beweglichkeit besitzen, um anderen Fahrzeugen ausweichen oder sie überholen zu können. Je nach Ausbildung des Stromabnehmers werden verschiedene Systeme unterschieden, von denen namentlich das System Schieman in Deutschland einige Verbreitung gefunden hat.

Ihrem Wesen nach stellt die gleislose elektrische Bahn ein Mittelding dar zwischen der elektrischen Straßenbahn und dem Kraftwagenverkehr. Von ersterer hat sie die elektrische Oberleitung und die Gebundenheit an den einmal gewählten Straßenzug übernommen, von letzterem die Form der Wagen und die größere Beweglichkeit der Fahrzeuge innerhalb der Straße. Vor der ortsfesten Gleisbahn hat sie vor allem den Vorzug bedeutend geringerer Anlagekosten voraus, da die gesamten Gleiskosten wegfallen. Infolge der stärkeren Reibung zwischen Rad und Fahrbahn können die Wagen in weit höherem Maße als die Straßenbahnwagen ohne besondere Einrichtungen sehr starke und lange Steigungen überwinden. Eine etwa erforderliche Verlegung in andere Straßenzüge kann ohne große Kosten vorgenommen werden. Dank der seitlichen Ausweichmöglichkeit können derartige Linien unbedenklich auch in engen Straßenzügen zugelassen werden, in welchen Gleisbahnen ausgeschlossen sind. Bei stärkerem Verkehr kann die Umwandlung in eine ortsfeste Straßenbahn unter Beibehaltung der Oberleitung erfolgen.

Als Nachteile gegenüber der Straßenbahn sind vor allem die höheren Betriebskosten zu nennen, die unter

sonst gleichen Verhältnissen erst bei einer Wagenfolge von halbstündigem oder größerem Zeitabstande jene der Straßenbahn unterschreiten, ferner der geringere Fassungsraum der Wagen, die niedrigere Fahrgeschwindigkeit u. dgl. Ein Hauptfordernis ist das Vorhandensein guter Straßen. Im allgemeinen dürfte die gleislose Bahn dort am Platze sein, wo das Verkehrsbedürfnis zu gering ist, um die Anlage einer Straßenbahn zu rechtfertigen, wo aber anderseits bei stärkerer Entwicklung des Verkehrs die Wahrscheinlichkeit einer Straßenbahnanlage für die Zukunft gegeben ist. Ihr Arbeitsfeld liegt daher wohl in der Hauptsache in den Vorstädten und auf dem Lande, wo Ausflugsverkehr die Anwendung eines höheren Tarifes möglich macht. Sie ist ferner berufen, zur Aufschließung neuer Gebiete zu dienen, wenn die allgemeine wirtschaftliche Bedeutung eines derartigen Aufschlusses den Verzicht auf unmittelbaren Unternehmergewinn gerechtfertigt erscheinen läßt¹⁾.

b) Fuhrwerksbahnen.

Zur besseren Erhaltung der Straßendecke und zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Zugtiere sind in einigen Gegenden in die Landstraßen Schienen eingelegt worden, welche den Straßenfuhrwerken als Fahrbahn dienen. Die Spurweite dieser Straßengleise ist dem üblichen Abstände der Räder bei den gebräuchlichen Fuhrwerken anzupassen; da dieser nicht immer genau gleichmäßig eingehalten wird, so sind die Schienen ziemlich breit zu wählen, damit ein entsprechender Spielraum gewahrt wird. Die Schienenlaufflächen liegen bündig mit der Straßendecke und erhalten Führungsleisten, um ein Entgleisen der Fahrzeuge

¹⁾ Ausführlichere Unterlagen geben die Erörterungen auf der Vereinsversammlung 1913, s. „Zeitschr. f. Kleinbahnen“, Okt. 1913.

zu verhindern. Besonders günstige Ergebnisse wurden mit einer kastenförmigen Schiene des „Bochumer Vereins für Bergbau und Gußstahlfabrikation“ erzielt, deren Hohlraum mit Beton ausgegossen wird. Da die Reibungswiderstände der Fahrzeuge beim Fahren auf den glatten Schienen erheblich vermindert werden, so können bei derartigen Einrichtungen bedeutend größere Lasten mit größerer Geschwindigkeit von den Zugtieren befördert werden. Infolge der hohen Lebensdauer der Stahlschienen und der geringen Beanspruchung der eigentlichen Straßendecke erweist sich die Anlage von Fuhrwerksgleisen auch für die Straßenverwaltungen unter Umständen als gewinnbringend.



Sachverzeichnis.

- | | | |
|---|---|---|
| <p>Abteilungsisolator 97.
 Abzweigung 34.
 Akkumulatorenbetrieb 16.
 Anpressungsdruck des Stromabnehmers 91.
 Auflaufkeil 82, 85.
 Auflaufkreuz 85.
 Ausdehnungsstoß 69.
 Auslegermast 100.
 Ausweichung 26.</p> <p>Bahnkörper, eigener 25.
 Bau- und Betriebsvorschriften 126.
 Betrieb, gemischter 16.
 Betriebsanlagen 116.
 Betriebsleistung 125.
 Betriebsspannung 89.
 Betriebszweck 124.
 Blattstoß 63.
 Blitzschutzvorrichtung 102.
 Blockierungseinrichtung 117.</p> <p>Dampflokomotive 11.
 Dampfstraßenbahn 11.
 Diagonallinie 21.
 Dilatationsstoß 69.
 Doppelmast 101.
 Doppelschiene 42.
 Drahtbruchsicherung 97.
 Dreileitersystem 89.
 Druckluftbahn 13.</p> <p>Edison-Akkumulator 17.
 Eingleisige Linie 26.
 Endpunkt 31.</p> <p>Fahrdammbreite 22.
 Fahrdrabt 81.
 Fahrdrabtaufhängung 94.
 Fahrdrabhöhe 94.</p> | <p>Fahrdrabhtisolator 95.
 Fahrdrabhtklemme 96.
 Fahrdrabhtstoß 97.
 Fahrleitung 89.
 Federweiche 79.
 Flachschiene 40.
 Flammenbogenschweißung 67.
 Fuhrwerksbahn 129.
 Fußkammerstoß 63.</p> <p>Gasmotor 14.
 Gegenkurve 36.
 Gleisentwässerung 75.
 Gleisführung 20.
 Gleisgrube 120.
 Gleiskreuzung 83.
 Gleislose Bahn 127.</p> <p>Haarmannschiene 43.
 Halbstoß 61.
 Haltestelle 29, 116.
 Haltestellenabstand 29.
 Hamburger Weiche 28.
 Hartwich-Schiene 41.
 Heißdampftriebwagen 11.
 Herzstück 81.
 Herzstückneigung 76.
 Hohlschiene 42.
 Hörnerblitzableiter 102.</p> <p>Kabelbahn 12.
 Kettenaufhängung 101.
 Kleinbahngesetz 126.
 Kletterweiche 86.
 Kreuzung 34.
 Kreuzungsstück 83.
 Krümmungshalbmesser 36.
 Kurvenprofil (Schienen) 53.</p> <p>Langschwelle 57.
 Laschenstoß 60.</p> | <p>Leitungsmast 99.
 Linienführung 17.
 Liniennetz, rechtwinkliges 22.
 Luftkreuzung 99.
 Luftweiche 99.</p> <p>Melaunstoß 61.
 Mitteweiche 28.</p> <p>Nachspannvorrichtung 98.
 Nasenschiene 44.
 Natronlokomotive 14.
 Normalprofil für Schienen 45.
 Normalspur 18.
 Notgais 86.</p> <p>Oberflächenkontaktsystem 115.
 Oberleitung 88.</p> <p>Perambulatorsystem 10.
 Pferdebahn 10.
 Pfasteranschluß 70.
 Phoenixschiene 42.</p> <p>Querdraht 94.
 Querschwelle 57.</p> <p>Radiallinie 21.
 Riffbildung 56.
 Rillenenwässerung 75.
 Rillenerweiterung 52.
 Rillenschiene 42.
 —, einteilige 42.
 —, zweiteilige 43.
 Ringlinie 21.
 Rückleitung 105.</p> <p>Sattelschiene 41.
 Saugdynamo 110.
 Schienenabmessungen 45.</p> |
|---|---|---|

- Schienenfeilmaschine 122.
 Schienenform 39.
 Schienenhobel 122.
 Schienenreinigung 122.
 Schienenschuh 63.
 Schienenschweißung 66.
 —, aluminothermische 66.
 —, elektrische 67.
 Schienenstoß 59.
 Schienenunterlage 57.
 Schienenverbinder 105.
 Schleifenbildung 32.
 Schlitzkanal 112.
 Schmalspur 19.
 Schnellstraßenbahn 26.
 Schnepferweiche 80.
 Schülerweiche 27.
 Schutzhülse 97.
 Schutzinsel 31.
 Schutznetz 103.
 Schwellenschiene 57.
 Seitenlasche 60.
 Spanndraht 95.
 Speisekabel 104.
 Speiseleitung 104.
 Spurrille 43.
 Spurrinne 40.
 Spurweite 18.
 Steigung, zulässige 35.
 Stellwerk 117.
 Störungswagen 122.
 Streckenausschalter 98.
 Streckenisolator 97.
 Stromart 89.
 Stromrückleitung 105.
 Stromzuführung 87.
 Stufenschiene 44.
 Teilleitersystem 115.
 Trägerschiene 41.
 Trogschiene 42.
 Turmwagen 122.
 Übergangsbogen 38.
 Übergangsschiene 64.
 Umgeißung der Schienen 65.
 Umkehr der Wagenzüge 32.
 Unterbettung 70.
 Unterirdische Stromzuführung 112.
 Vagabundierende Ströme 107.
 Verankerungsdraht 95.
 Vielfachaufhängung 101.
 Wagenhalle 118.
 Wandhaken 99.
 Warteraum 116.
 Wechselstegschiene 64.
 Weiche, feste 76.
 — mit einer Zunge 77.
 Weichenhalbmesser 76.
 Weichenumstellung 80.
 Werkstätte 119.
 Widerstandsschweißung 68.
 Würgebund 95.
 Zugkraft, tierische 10.
 Zungenweiche 77.
 Zweigleisige Linie 26.
 Zweileitersystem 88.
 Zwillingschiene 42.

ROBEL

7s

Gleis-Geräte

Schienen-

Bohrmaschinen
Sägemaschinen
Biegemaschinen
Tragzangen
Feil-Hobel u. -Blätter
Bohrer u. -Sägeblätter

Schwellen-

Bohrmaschinen
Bohrer

Gleis-

Heber u. Hebewinden
Spurmaße
Überhöhungsmesser

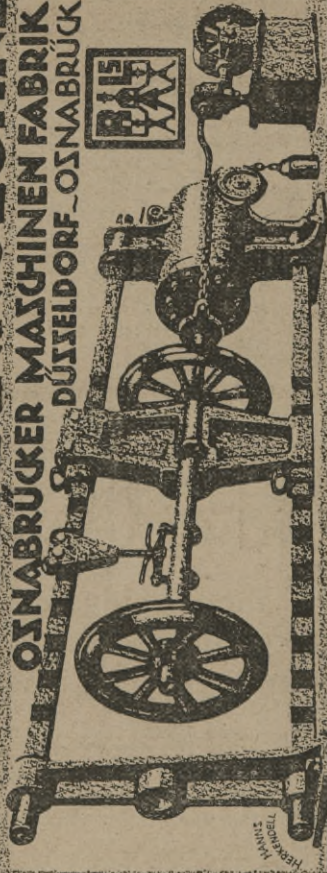
Rillenschienen-Reiniger
und alle anderen Gleisgeräte sowie
alle Wiederinstandsetzungsarbeiten

Fabrik Robel & Co.
München S. 50

Thalkirchner Straße 210—218. Tel.: 7078, 7079

ROB. LINDEMANN & SÖHNE

OSNABRÜCKER MASCHINENFABRIK
DÜSSELDORF - OSNABRÜCK



HEPPELL
MANN'S

HYDRAULISCHE PRESSANLAGEN

Besonderheit: Räderaufziehpressen

Wir bauen diese Pressen für 50, 100, 200, 300 u. 450 Tz
Arbeitsdruck



KNORR-BREMSE A.G.
BERLIN-LICHTENBERG

Druckluft-Bremsen
Handbremsen
Bremsklotz-
Nachstell-Vorrichtungen
Selbsttätige
Wagenkupplungen

für
Straßen-
bahnen.

Weißfeld & Otto
HAGEN i.W.

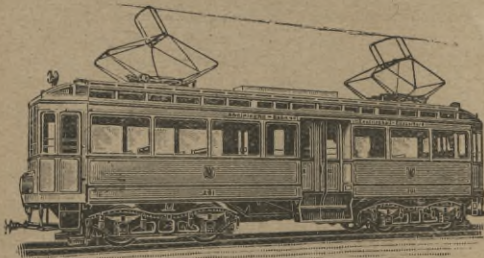
Nordstraße 25

Alteisengroßhandlung

Telegrammadresse: Weißotto. Fernsprecher: Nr. 370

Waggon-fabrik Uerdingen

A. G. (Rhein)



Elektrische Straßen- und Schnellbahnwagen

Aus dem Gebiete des **Eisenbahnwesens**
erschieden noch in der
Sammlung Göschen

Schmalspurbahnen (Klein-, Arbeits- und Feldbahnen) von Dipl.-Ing. Aug. Boshart. Mit 99 Abb. Nr. 524.

Kolonial- u. Kleinbahnen von Geh. Oberbaurat und Prof. F. Baltzer. 2 Bände. Nr. 816, 817.

Die Linienführung d. Eisenbahnen von Prof. H. Wegele. Mit 52 Abb. Nr. 623.

Das elektrische Fernmeldewesen bei Eisenbahnen von Geh. Baurat K. Fink. Mit 50 Figuren. Nr. 707.

Die Kraftstellwerke der Eisenbahnen von Oberbaurat a. D. S. Scheibner. 2 Bände. Mit 72 Abb. Nr. 689, 690.

Die mechanischen Stellwerke der Eisenbahnen von Oberbaurat a. D. S. Scheibner. 3 Bände. Mit 143 Abb. Nr. 674, 688 und 747.

Hochbauten der Bahnhöfe von Eisenbahnbauinspekt. C. Schwab. I: Empfangsgebäude, Nebengebäude, Güterschuppen, Lokomotivschuppen. Mit 91 Abb. Nr. 515.

VEREINIGUNG WISSENSCHAFTLICHER VERLEGER
WALTER DE GRUYTER & CO., VORMALS
G. J. GÖSCHEN'SCHE VERLAGSHANDLUNG
J. GUTTENTAG, VERLAGSBUCHHANDLUNG
GEORG REIMER / KARL J. TRÜB-
NER / VEIT & COMP.
BERLIN W. 10

10-3

2100

S-96



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



I-301392



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000295779