

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

5356

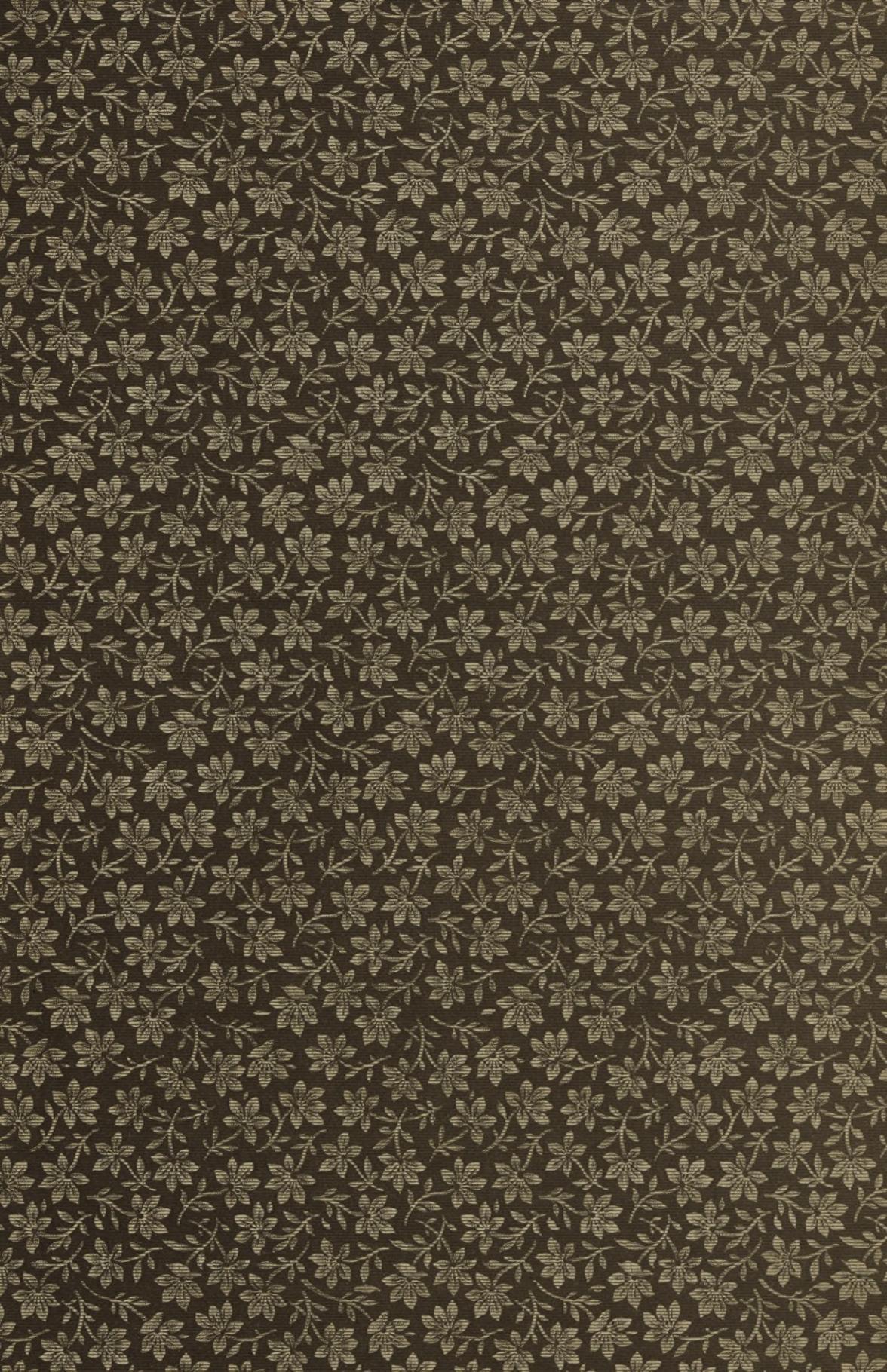
icht

trassenbahnen

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000300157



III^a 20820/02

x
628

Bau

von

Strassen und Strassenbahnen

von

A. H. Weicht.

Stadt-Baurat a. D. und Regierungs-Baumeister.

Mit 241 Abbildungen im Text.

F. Nr. 24944



Berlin. (1902)

Verlag von M. Weicht-Steglitz.

G. 36.

H5.

Alle Rechte — insbesondere das der Uebersetzung — sind vorbehalten.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

III 15356

Akc. Nr. 1605/49

Vorwort.

Das nachstehende Werk enthält in gedrängter Darstellung die wichtigsten Teile über den Bau von Strassen und von Strassenbahnen. Es soll dem Lernenden einen raschen, sicheren Ueberblick über den Gesamtstoff geben, und dem in der Praxis stehendem Ingenieur ein Nachschlagebuch sein. Für den Inhalt und die Gestaltung des Werkes waren in erster Linie die Rücksichten auf den Strassenverkehr d. h. auf die Bewegung bestimmend, deshalb wurde von der Bearbeitung und der Aufnahme der nicht unmittelbar in das Verkehrsgebiet gehörenden Zweige wie z. B. des Erd-Brücken, Tunnelbaues usw. Abstand genommen.

Während zahlreiche hervorragende Sonder-Zeitschriften alle Fortschritte auf dem Gebiete des Strassenbaues und des Strassenbahnwesens verzeichnen, fehlt es in der technischen Litteratur an einer Sammlung der wichtigsten Erfahrungen, und wenn auch vieles in einer solchen Sammlung nicht neu sein dürfte, so ist bei der Eigenart und der hohen wirtschaftlichen Bedeutung der Strassen und Strassenbahn-Technik doch die Annahme berechtigt, dass ein derartiges Werk eine willkommene Aufnahme unter Fachgenossen finden wird.

Ein Auszug aus der Urschrift des Ersten Teiles Abschnitt I., II., III und IV. ist der Commission des Ingenieur Taschenbuches der Hütte i. J. 1899 zur Verfügung gestellt worden.

Berlin, im August 1902.

Der Verfasser.

Inhalts-Verzeichnis.

	Seite.
Vorwort	I
Inhaltsverzeichnis	III
Sachregister	VII
Berichtigungen	XII
Einleitung	1

Erster Teil.

Bau von Strassen.

I. Arbeit von Zugtieren.	
Arbeit von Tieren	5
Leistungsfähigkeit der Tiere	5
Widerstand und Zugkraft	7
II. Strassenfuhrwerke im Allgemeinen.	
Grösse und Gewicht der Strassenwagen	11
Achsstand, Breite, Spurweite, Höhe und Länge des Wagens	11
Raddruck, Felgenbreite, Raddurchmesser	12
III. Landstrassen.	
A. Gesetzliche Bestimmungen für die Aufstellung von Entwürfen und Kosten-	
anschlügen (für Preussen).	
1. Aufstellung des Entwurfes	13
2. Lage und Gefälle des Strassenzuges	13
3. Construction der Strasse	14
4. Durchlässe und Sicherheitsanlagen	15
B. Linienführung.	
Wirtschaftliche und technische Linienführung	15
C. Bahngestaltung.	
Lage der Strasse	18
Krümmungshalbmesser und Strassenbreite	19
Neigungsverhältnisse	20
Querschnitt der Strasse	22
Breite der Strasse	22
Die Fahrbahn	22
Der Sommerweg	22
Berne und Fussweg	23
Maasse üblicher Breiten	24
Quergefälle	25
Seitengräben	26
Schutzstreifen	27
D. Oberbau.	
Schotterstrassen.	
Steinmaterialien	27

	Seite.
Packlage	28
Decklage	28
Binde- und Füllmaterial	29
Gesamtstärke der Schotterstrasse	29
Materialbedarf	29
Untergeordnete Strassen	30
Walzen der Strassen	31
Sommerwege, Fusswege und Bermen	37
Baumpflanzungen	37
Schneeschutzanlagen und Einfriedigungen	38
Abteilungszeichen	38
Unterhaltung der Schotterstrassen	38
Kosten des Neubaus und der Unterhaltung	40
IV. Stadtstrassen.	
A. Allgemeines.	
B. Gesetzliche Bestimmungen.	
a. Gesetz betreffend die Anlegung und Veränderung von Strassen und Plätzen in Städten und ländlichen Ortschaften. Vom 2. Juli 1875.	44
b. Vorschriften für die Aufstellung von Fluchtlinien und Bebauungsplänen vom 28. Mai 1876.	47
C. Gestaltung der Strassen.	
Strassennetz	51
Strassenbreite	52
Oeffentliche Plätze und Strassenkreuzungen	56
Neigungsverhältnisse	58
D. Oberbau.	
Allgemeines	59
a. Pflaster aus natürlichen Steinen.	
Unterbettung	60
Pflasterbahn	61
Herstellung des Pflasters und Unterhaltungsarbeiten	65
Kosten der Herstellung und Unterhaltung	66
b. Pflaster aus künstlichen Steinen.	
Klinkerbahnen	67
Tonplatten	67
Schlackensteine	68
Betonpflaster	68
c. Holzpflaster.	
Unterbettung	68
Material und Herstellung des Holzpflasters	69
d. Asphaltpflaster.	
Unterbettung	70
Material und Herstellung	70
Unterhaltung	71
e. Rinnen und Fusswege.	
Rinnen	72
Fusswege	73
f. Ertragberechnung der Strassenbefestigung	73
V. Strassenfahrwerke.	
Bauart	75
Bock-, Hand- oder Schubkarre	75
Last-, Zug- oder Pferdekarré	76
Wagen	79
Geschichtliches	85

Zweiter Teil.

Bau von Strassenbahnen.

I. Allgemeines.

II. Bahnlinie und Betriebsmittel.

A. Verkehr und Linienführung.

B. Bahngestaltung.

Spurweite	95
Umgrenzung des lichten Raumes	96
Krümmungen	96
Neigungen	97
Gefällwechsel	97
Bahnwiderstände	97
Lage der Gleise in der Strasse	99

C. Oberbau.

Art des Oberbaues	100
Raddruck	102
Spurrille	102
Schienenstoss	102
Einbau des Gleises	103
Entwässerung des Gleises	104
Weichen und Kreuzungen	104
Gleisanordnungen	107

D. Haltepunkte.

E. Betriebsmittel.

a. Untergestelle.

Räder	109
Achsen und Lager	110
Lenkachsen und Drehgestelle	112
Achsstand	114
Federn	114
Bremsen	116
Stoss- und Zugvorrichtungen	117

b. Wagenkasten und innere Einrichtungen.

Breite und Länge des Wagenkastens	117
Sitzbänke	118
Rahmen und Kastengerippe	118
Dächer, Fussboden, Fenster, Türen, Sitze	119
Beleuchtung und Heizung	119
Plattform	120

c. Gestaltung des Wagens.

Eigengewicht der Wagen	121
Lebensdauer	121

d. Rollböcke.

Bauart Langbein	122
Bauart van der Zypen & Charlier	123
Fuhrwerkbahn	123
Gleiskarre	123

III. Besondere Bahnarten.

A. Elektrische Strassenbahnen.

a. Sicherheitsvorschriften für elektrische Bahnanlagen.

Centralen, Kraftstationen, Leitungsanlagen	124
Fahrzeuge, Bezeichnungen, Generatoren, Motoren	125

Accumulatoren, Schalttafeln, Leitungen	126
Apparate, Steuerapparate, Sicherungen	127
Ausschalter, Widerstände, Lampen und Zubehör	128
Schaltungsschema	129
b. Kraftstationen.	
Kessel	130
Maschinenanlage	132
Stromerzeuger	133
Maschinenraum, Kraftspeicher	134
Schalttafel	136
Grundlagen zur Berechnung der Kraftstation	137
Gesamtanordnung von Kraftstationen	139
c. Stromzuleitung.	
Hochleitung, Fahrdrabt, Arbeitsleitung	140
Quer- und Spanndraht, Maste	142
Errichtung des Netzes	143
Speiseleitung	144
Schutzvorrichtungen	145
Abweichungen und Kreuzungen der Fahrdrähte	146
Tiefleitung	148
d. Triebwagen.	
Gesamtanordnung der Leitungen	150
Stromabnehmer	151
Stauspule, Notausschalter, Hauptbleisicherung	152
Triebvorrichtung	153
Aufhängung des Antriebes	155
Triebwerk, Stromschaltung und Regelung	156
Regler oder Schalter	158
Beleuchtung	159
Heizung, Blitzableitung, Bremsen	160
Luftdruckbremse	162
Untergestelle	169
Obergestelle und Wagenkasten	172
Schutzvorrichtungen	173
Gewicht der Triebwagen	174
e. Stromrückleitung.	
f. Kosten elektrischer Strassenbahnen.	
Anlagekosten	175
Betriebskosten	177
B. Dampfstrassenbahnen.	
a. Lokomotiven.	
Spur, Achsstand, Raddruck, Bremsvorrichtung, Wasser u. Kohlenentnahmestellen.	184
Betriebskosten.	
b. Dampfwagen.	
C. Pferdebahnen.	
Pferd	188
Wagen	190

Sachregister.

A.

- Abmessung d. Pflastersteine 62.
- Abschlämmen d. Landstrassen 38.
- Abteilungszeichen 38.
- Achsbuchse 78.
- Achsen d. Strassenfahrwerke 76.
- und Lager d. Strassenbahnwagen 114.
- Achsholz 78.
- schenkel d. Strassenfahrwerke 82.
- stand d. Strassenfahrwerke 11.
- „ d. Strassenbahnwagen 114, 184.
- Ackerwagen 79.
- Akkumulatoren 126.
- Anfänger d. Pflaster-Steine 63.
- Anlagekosten d. Strassen 40.
- d. Strassenbahnen 175.
- Anschluss, wirtschaftlich günstigster an Landstrassen 17.
- Antrieb, elektrischer 155.
- Apparate elektrischer Leitungen 127.
- Arbeit, Maasseinheit 5.
- von Zugtieren 3.
- Arbeitsleistung, höchste des Pferdes 10.
- tägliche der Zugtiere 5.
- Arbeitsleitung, Hochleitung 140.
- Art des Oberbaues bei Strassenbahnen 100.
- der Pflasterung 63.
- Asphalt Bahn, Abnutzung, Kosten der Herstellung 72.
- Beton 61.
- Guss 71.
- Pflaster 63, 71.
- Aufhaltekraft d. Pferde 10.
- Ausschalter 128.

B.

- Bahnarten, besondere 124.
- gestaltung von Landstrassen 18.
- „ der Strassenbahnen 95.
- linie und Betriebsmittel 93.
- widerstände auf Landstrassen 7.
- „ auf Strassenbahnen 97.

- Bau von Strassen 3.
- der Strassenbahnen 89.
- der Strassenfahrwerke 75.
- Baumpflanzungen 15, 37.
- scheibe 37.
- stärke 37.
- Bebauungsplan, Vorschriften für die Aufstellung 47.
- Beleuchtung der Wagen 119, 159.
- Berechnung der Kraftstation 137.
- Bermen 23, 37.
- Betriebsmittel der Strassenbahnen 118.
- kosten elektrischer Strassenbahnen 177.
- kosten für Strassenbahn-Lokomotiven 185.
- Bewegungswiderstände der Strassenfahrwerke 7.
- auf Strassenbahnen 97.
- Beton Plattenpflaster 68.
- Unterbettung 59.
- Bindematerial für Schotterstrassen 29.
- Blitzableiter der Strecke 144.
- der Triebwagen 160.
- Bockkarre 75.
- Böschungen bei Strassen 14.
- Bogenhalter 141.
- Bordschwelle 72.
- Breite der Landstrasse 22, 24.
- der Stadtstrasse 53.
- der Strassenfahrwerke 11.
- der Strassenbahnwagen 99.
- Bremscyliner 165.
- gefälle 10.
- gestänge 166.
- leitung 166.
- vorrichtung bei Strassenbahnlokomotiven 184.
- Bremse, Deri's 161.
- Handbremse 116.
- Luftdruckbremse 162.
- d. Strassenbahnwagen 116.
- d. Triebwagen 160.
- Wirkungsweise 167.

C.

- Cement-Macadam 68.

D.

- Dach d. Strassenbahnwagens 119.
- Dampfstrassenbahnen 179.
- Dampfwagen von Rowan 185.
- Serpollet 186.
- Dampfwalzen 32.
- Decklage der Schotterstrassen 28.
- Decksystem 39.
- Deichsel-Gabel 76.
- länge 12.
- d. Wagens 84.
- Drehgestelle 112.
- Droschken 11.
- Druckfestigkeit d. Pflastersteine 61.
- Durchlässe 15.

E.

- Eigengewicht d. Personenwagen 121.
- Einbau d. Gleises 103.
- Einfriedigungen d. Strasse 38.
- Einleitung 1.
- Eisenbahn, Begriff derselben 2.
- Electrische Strassenbahnen 124.
- Endpunkte d. Strassenbahngleise 108.
- Entwässerung d. Gleises 104.
- Entwurf, Aufstellung desselben für Landstrassen 13.
- Erdung 125.
- Erneuerungsfond 178.
- Ertragberechnung für Landstrassen 16.
- d. Strassenbefestigung 73.

F.

- Fahrbahn, Abnutzung ders. 39, 72.
- Form ders. 63.
- Lage ders. bei Landstrassen 22.
- Seitengefälle 64.
- der Stadtstrassen 60.
- Fahrdraht 140.
- Fahrgeschwindigkeit d. Wagen 32.
- Fahrwegbreite 53.
- Fahrplan graphischer 138.
- Fahrzeuge 125.
- Federn d. Strassenbahnwagen 114.
- Felgen 12, 77.
- Fenster d. Strassenbahnwagen 119.
- Flicksystem 39.
- Fluchtliniengesetz 44.
- plan 47.
- Form d. Pflastersteine f. Stadtstrassen 62.
- Füllmaterial f. Schotterstrassen 29.
- Fuhrwerkbahn 123.
- Fussboden d. Wagenkastens 119.
- Fusswege 23, 37.
- Breite 53.
- Quergefälle 59.
- d. Stadtstrassen 72.

G.

- Gangarten des Pferdes 6.
- Gefälle des Strassenzuges 13.
- Gefällwechsel auf Strassenbahnen 97.
- Gegenstände, feuersichere 125.
- Geländerpfosten 15.
- Generatoren 125.
- Geradhalter 141.
- Gesamtstärke d. Schotterbahn 29.
- Gesamtanordnung d. Kraftstation 139.
- Gesetzliche Bestimmungen über Anlagen und Veränderung der Strassen 44.
- über Aufstellung von Entwürfen und Kostenanschlägen bei Landstrassen 13.
- Geschichtliches über Strassenfuhrwerke 85.
- Geschwindigkeit in Bremsfällen auf Landstrassen 10.
- Gestaltung d. Strassen 51.
- d. Strassenbahnen 120.
- Gesteinsarten d. Pflasters 6.
- Gewicht d. Pferdes 6.
- d. Strassenfuhrwerke 11.
- d. Strassenbahnwagen 174.
- Gleitbügel 151.
- Gleis-Abzweigungen und Anordnungen 107.
- Endpunkte 103.
- Einbau 103.
- Entwässerung 104.
- Karre 123.
- Kreuzung 106.
- Gräben, Längsquelle bei Landstrassen 14, 26.
- Graphischer Fahrplan 138.
- Grösse d. Strassenfuhrwerke 11.
- Grundlagen zur Berechnung der Kraftstation 137.

H.

- Hänger 141.
- Hafenstrassen 53.
- Haltepunkte von Strassenbahnen 108.
- Handkarre 141.
- Hauptbleisicherung 152.
- Heizung d. Strassenbahnwagen 119.
- d. Triebwagen 160.
- Hintergestell d. Wagens 79.
- Hinterrad d. Wagens 12.
- Hochleitung 140.
- Höhe d. Strassenfuhrwerke 11.
- Höchstwert d. Arbeitsleistung d. Pferdes 10.
- Holzpfaster, Herstellung 69.
- Kosten 70.
- Unterbettung 68.

I.

- Isolation 125.

K.

- Kantensteine 28.
 Karre Hand, Bock, Schub 75.
 — Last, Zug, Pferde 76.
 Karrenkasten 78.
 Kesselanlage für Kraftstationen 130.
 Kleinpflaster 64.
 Klinkerbahnen 15, 67.
 Kosten Anschlag für den Bau von Schotterstrassen 41.
 — d. Walzarbeit 36.
 Kraftspeicher 134.
 Kraftstationen 124, 130.
 — Gesamtanordnung 139.
 — Grundlagen der Berechnung 137.
 Kreuzung der Fahrdrähte 146.
 — von Gleisen 104.
 — von Strassen 18, 57.
 Krümmungen der Strassen 19, 20.
 — der Strassenbahngleise 96.

L.

- Ladebreite d. Strassenfuhrwerke 11.
 Ladegewicht d. Strassenfuhrwerke 12.
 Längsfälle d. Strassen 58.
 Länge d. Strassenfuhrwerke 12.
 Längenprofil d. Landstrassen 13.
 Lage d. Strasse zum Hochwasser 18.
 — von Gleisen in der Strasse 99.
 Lager der Achsen bei Strassenbahnwagen 110.
 Lampen u. Zubehör 127.
 Landfuhrwerk, Abmessungen und Gewichte 11.
 Landweg 1.
 Lebensdauer d. Personenwagen 121.
 Leistung des Pferdes 6, 9, 10, 188.
 — d. Walzen 34.
 Leitungen 126.
 Leitungsanlagen 124.
 Leitungsnetz 143.
 Lenkachsen 112.
 Linienführung von Strassen 15.
 — von Strassenbahnen 93.
 Lokomotiven für Strassenbahnen 180.
 Luftbehälter 165.
 Luftdruckbremsen 162.
 Luftweichen 146.

M.

- Maschek, Kraftformel 5.
 Maschinenanlage für Kraftstationen 132.
 Maschinenraum 134.
 Maste für Leitungen 142.
 Material für Asphaltpflaster 70.
 — für Holzpflaster 69.
 — für Schotterstrassen 29.
 Mittlere Zugkraft d. Pferdes 6.
 Möbelwagen, Abmessungen und Gewicht 11.

- Morin, Formel 7.
 Mosaikpflaster 64.
 Motoren 125.

N.

- Nabe 77.
 Neigungsverhältnis 13, 20, 22, 58, 97.
 Netz der Leitung 143.
 Normalformat d. Pflastersteine 63.
 Notausschalter 152.
 Nummersteine 38.

O.

- Oberbau der Landstrassen 27.
 — der Stadtstrassen 59.
 — der Strassenbahnen 100.
 Obergestell der Wagen 76, 80, 117, 172.
 Oeffentliche Plätze 56.
 Omnibus, Abmessungen und Gewichte 11.
 Ortscheit 85.

P.

- Packlage 14, 28.
 Pferd 188.
 Pferde-Bahnen 187.
 — bedarf bei Strassenbahnen 189.
 — kraft 5.
 — leistung 6, 188, 189.
 — Unterhaltungskosten 190.
 — Walze 31.
 Pflaster, Anschlüsse 66.
 — Asphalt 71.
 — Arbeiten. Herstellung u. Unterhaltung 65.
 — Beton 68.
 — Gesteinsarten 61.
 — Holz 68.
 — Kosten d. Herstellung und Unterhaltung 66.
 — Rammern 65.
 — Tonplatten 67.
 Pflastersteine 60.
 — Druckfestigkeit 61.
 — Form und Abmessungen 62.
 — Verwendungsdauer 66.
 Pflasterung, Art und Form 63.
 Plattenpflaster 65.
 Plattformen der Strassenbahnwagen 120.
 Plätze, öffentliche 56.
 Punktsteine 65.

Q.

- Quergefälle der Fusswege 59.
 Quergefälle der Landstrassen 14, 24, 26, 58, 59.
 Querdrähte 142.
 Querprofil der Landstrassen 13, 22.
 — der Stadtstrassen 53.
 Querschnitt, feuersicherer 145.

R.

- Rad 76, 109.
 Raddruck der Strassenfuhrwerke 12.

Raddruck auf Strassenbahnen 102.
 — der Strassenbahnlokomotive 184.
 Raddurchmesser 12, 83.
 Radreifen 77.
 Radsturz 82, 83.
 Rahmen der Wagenkasten 117.
 Rammen des Pflasters 65.
 Rampenneigung 22.
 Regelung und Schaltung 156.
 Regler 158.
 Regulator 164.
 Reibung, rollende und wälzende 7.
 Reihenpflaster 64.
 Rillenschiene 101.
 Rinnen, gepflasterte 14.
 — gefälle 59.
 — von Stadtstrassen 72.
 Rollböcke 121.
 Rollenabnehmer 151.
 Ruheplätze auf Landstrassen 14.

S.

Sandstreuer 172.
 Schalter 158.
 Schalttafel 126, 136.
 Schaltungsschema 129.
 Schenkelsturz 76, 82.
 Schiebepflaster 64.
 Schiene-Rillen 101.
 Schienen Stoss 102
 Schlackensteine 68.
 Schlammkratze 38.
 Schlitten, Widerstandspuffer für 8.
 Schnee Beseitigung 40.
 — pflug 40.
 — verwehungen, Schutz dagegen 19, 38.
 Schotter Strassen 27.
 — Kosten des Neubaus und Unterhaltung 38, 40.
 — nach Mac Adam 31.
 Schubkarre 75.
 Schutz Steine 15.
 — Streifen 14, 27.
 — vorrichtungen gegen Blitzgefahr auf der
 Strecke 145.
 — vorrichtungen desgl. auf Wagen 160.
 — vorrichtungen gegen das Ueberfahren von
 Personen 173.
 Seitengefälle der Strassen 13, 64.
 Sicherungen 127.
 Sicherheitsvorschriften für elektrische Strassen-
 bahnen 124.
 Situationspläne für Landstrassen 13.
 Sitzbänke in Strassenbahnwagen 118.
 Sitze 119.
 Sommerwege 15, 22, 37.
 Spanndrähte 142.

Spannungsverlust 145.
 Spannwirbel 142.
 Speichen 77.
 Speicherraum 135.
 Speiseleitung 144.
 Sperrzeichen 38.
 Spur der Strassenbahnlokomotiven 18.
 — d. Last Wagens 84.
 — weite bei Strassenbahnen 95.
 — weite der Zugkarre 78.
 Stauspule 152.
 Stampfasphalt 70.
 Steinmaterial für Schotterstrassen 27.
 Steinschlag Herstellung 28.
 — Pflaster 64.
 Steuerapparate 127.
 Steuerventil 165.
 Stoss- und Zugvorrichtung 117.
 Strassen Bahnen, Bau von 89.
 — bahnwagen 120.
 — breite 24, 52.
 — fuhrwerke 11, 75, 85.
 — Gestaltung 51.
 — netz der Städte 51.
 — Rinnen 72.
 — Walzen 31.
 Strom Abnehmer 151.
 — erzeuger 133.
 — rückleitung 174.
 — schaltung 156.
 — Zuleitung 139.

T.

Tagesleistung der Pferde 6, 189.
 — der Walzen 35.
 Tiefleitung 148.
 Tilgungsplan 179.
 Tonplattenpflaster 67.
 Tragfähigkeit der Strassenfuhrwerke 11.
 Transformatoren 125.
 Triebvorrichtung 153.
 Triebwagen 150, 174.
 Triebwerk 156.
 Tunnel für Strassen 57.
 Türen der Strassenbahnwagen 119.

U.

Uferstrassen 53.
 Umgrenzung des lichten Raumes 96.
 Umlage des Pflasters 66.
 Umpfenbach, Formel 7.
 Unterbettung für Asphaltpflaster 70.
 — für Holzpflaster 68.
 Untergestell bei Strassenbahnwagen 109.
 — bei Triebwagen 169.
 Untergrund bei Landstrassen 19.

Unterhaltung von Asphaltstrassen 71.
 — von Schotterstrassen 39.

V.

Verkehr und Linienführung 93.
 Verwendungsdauer d. Pflastersteine 66.
 Vorder Räder 12.
 Vorspann 12.
 Vorderwagen 79.

W.

Wagebalken 45.
 Wagen 79.
 — Achsen 81.
 — Deichsel 84.
 — Gestell 70.
 — Räder 81.
 — Kasten 80, 117, 172.
 — Spur 84.
 — für Pferdebahnen 190.
 Walzarbeit 35.

Walzen der Strassen 31.
 Wasser und Kohlenstation der Strassenbahn-
 lokomotive 184.
 Weichen und Kreuzungen 104.
 Weichen, Luftweichen 146.
 Widerstand auf Landstrassen in Krümmungen 7.
 Widerstandsregulierung 157.
 Widerstandsziffer für Wagen und Schlitten 8.
 Widerstände, Summe der Bewegungsw. auf
 Strassenbahnen 99.
 Widerstände auf Strassenbahnen 97.
 Wirkungsweise der Luftdruckbremse 167.

Z.

Zapfenreibung 7.
 Zug und Stossvorrichtung bei Strassenbahnen 117.
 Zugkraft, mittlere des Pferdes 6.
 — und Widerstand 7.
 Zugtiere, Arbeit 5.
 — günstigste Arbeitsleistung 5.
 Zwischenlage 28.

Berichtigung.

- S. 8. Z. 2. v. u. lies Strassenbaukunde statt Strassenbau.
S. 10. Z. 19. v. u. lies z v statt Z v.
S. 15. Z. 11. v. u. lies endgültige statt endgiltige.
S. 22. Z. 16. v. o. lies abgerundetem statt abgarundeten.
S. 24. Z. 4. v. o. lies Grenswerte statt Grenzweite.
S. 31. Z. 15. v. o. lies des Wassers statt das Wassers.
S. 41. Z. 14. v. o. lies den Grenzen statt der Grenzen.
S. 66. Z. 12. v. o. lies von neuem statt vom neuem.
S. 66. Z. 11. v. u. lies einer Strassenfläche statt eine Strassenfläche.
S. 68. Z. 17. v. o. lies Splitt statt Spiltt.
S. 99. Z. 25. v. o. lies Spurille statt Spurrinne.
S. 117. Z. 17. v. o. lies Strassenbahnwagen statt Strassenbahn.
S. 119. Z. 10. v. o. lies nach der Entfernung statt nach Entfernung.
S. 134. Z. 1. v. u. lies W_1 statt W_e .
-

Einleitung.

Weg und Fahrzeug sind Mittel des Verkehrs, sie hängen naturgemäss zusammen wie Meer und Schiff, Landstrasse und Wagen oder Schiene und Radsatz.

Die Ufer der Meere und Flüsse bildeten als Fusspfade die ersten Anfänge des Landweges und so wie der Mensch vom Gebrauche des Holzes und Steines zu dem des Kupfers, vom Kupfer zum Eisen und vom Eisen zum Stahl übergang, ging er vom Gebrauche der menschlichen Kraft als des ausschliesslichen Transportmittels zum Ochsen und Pferd, zum Karren und Wagen über, bis er zuletzt zum Eisenbahnwagen gelangte. Die That von einem Ufer nach dem anderen zu kommen, brachte die Erfindung des ersten Schiffes und vom einfachsten Kahn bis zum neuesten Ocean-Dampfer erkennen wir dieselbe Gesetzmässigkeit in der Bildung. Aus dem Landweg entstand die Strasse*), die in ihrer natürlichen Entwicklung zunächst den Flussthälern folgt, den Fluss an geeigneten Punkten durchschneidet und auf welcher sich der Verkehr mittelst Wagen nach den am Wasser gelegenen tieferen Punkten wälzt und mittelst Schiffen von Ufer zu Ufer gleitet.

Nach Ausnutzung der in der Nähe der Strassen gelegenen, von der Natur gegebenen, leichter zugänglichen Speicher und Lager mussten neue Quellen gesucht und aufgeschlossen werden. Der Wert dieser schwerer zu erreichenden Quellen erzwang die Vervollkommnung der Verkehrsmittel. Zur Kraft des Last und Zugtieres, zur Ruderkraft des Menschen und zur Kraft des Windes trat die Kraft des Dampfes und der Elektrizität, vermöge welcher die Leistungsfähigkeit aller Wege und Betriebsmittel gesteigert und neuer Verkehr geweckt wurde.

Die Massenleistung in der Zeiteinheit bestimmt den Wert von Weg und Fahrzeug und da die Massenleistung der Betriebsmittel auf den natürlichen Wasserwegen diejenige auf künstlichen Landwegen bei weitem überragt, so musste diese billigste aller Verkehrsarten auch die verbreiteste werden. Das Wasser, insbesondere das Meer ist ausserdem der vollkommenste Weg, da er infolge seiner Ausdehnung das Fahrzeug von der Einhaltung einer bestimmten Verkehrs- und Fahrriichtung unabhängig macht. Der Landweg und der Wagen besitzen jene Beweglichkeit nur zum geringeren Teil.

*) Unter Strasse soll stets der mittelst mineralischer Stoffe künstlich befestigte Landweg verstanden werden.

Strassen werden für bestimmte Verkehrsrichtungen in bestimmter Breite angelegt und hierdurch wird die Leistungsfähigkeit von Weg und Fahrzeug beschränkt. Die Anzahl der nach beiden Richtungen verkehrenden Fahrzeuge ist von der Breite der Fahrbahn abhängig. Ferner richtet sich die Grösse des Wagens nach der Breite der Strasse und insbesondere ist dieselbe für das Wenden des Wagens massgebend. Immerhin besitzt das Fahrzeug auf der für bestimmte Verkehrsströme angelegten Strasse die Möglichkeit der freien Veränderung seiner Fahrrichtung. Anders verhalten sich die Eisenbahnen.

Eisenbahnen sind künstliche Landwege, im engeren Sinne Strassen mit metallischer Fahrbahn, bei welchen jeder Veränderung der Fahrrichtung des Wagens notwendiger Weise eine Richtungsveränderung der Fahrbahn vorausgehen muss.

Wie alle Verkehrsmittel so sind auch Strasse und Eisenbahn auf einander angewiesen. Sie unterstützen und ergänzen sich gegenseitig. Die grössere Leistung in der Zeiteinheit macht die Eisenbahn als Verkehrsmittel für grössere Entfernungen wertvoller, während die Strasse als Zubringer und Verteiler für den Nahverkehr an Bedeutung gewinnt. Diese Bedeutung wird durch eine Verbindung zwischen Strasse und Gleis gehoben, insofern als dadurch die Leistungsfähigkeit der Landstrasse gesteigert wird. Aus der unmittelbaren Verbindung von Strasse und Eisenbahn entsteht die Strassenbahn, die als Verkehrsmittel in Städten oder zwischen nahegelegenen Orten eine hervorragende Stellung einnimmt.

Erster Teil.

Bau von Strassen.

I. Arbeit von Zugtieren.

Die **Arbeit** einer Kraft nennt man das Ueberwinden gewisser Widerstände längs gegebener Wege. Die Grösse der Arbeit ist gleich dem Produkt aus der Grösse der Kraft und der Länge des Weges, den ihr Angriffspunkt in der Kraft-richtung während eines bestimmten Zeitabschnittes zurücklegt. Als Maasseinheit der Arbeitsgrösse gilt i. A. die Pferdekraft, die durch Watt in die Technik eingeführt und zu 75 m/kg in der Sekunde auf Grund von Versuchen angenommen wurde.

Bei allen Zugtieren kommt die von diesen geäusserte Kraft als Zugkraft zum Ausdruck. Die Bremskraft, die „Bockelberg“ als Aufhaltekraft bezeichnet, ist von untergeordneter Bedeutung.

Die Tagesarbeit A eines Zugtieres erreicht bei einer ausgeübten mittleren Zugkraft Z kg, einer mittleren Geschwindigkeit von v m/sek des Angriffspunktes von Z in der Richtung von Z und einer mittleren wirklichen Arbeitszeit t/sek einen grössten Wert, die sogenannte günstigste Arbeitsleistung.

$$A = Z v t. \text{ m/sek} \dots \dots \dots (1)$$

In nachstehender Tafel ist die günstigste tägliche Arbeitsleistung während 8 Stunden auf wagerechter Bahn für verschiedene Zugtiere angegeben.

Zugtier	Zugkraft Z. kg	Geschw. v. m/sek	Tägliche Arbeitsleistung A = Z v 8 60 60. m/kg
Pferd	75	1,10	2 376 000
Maulesel	50	1,00	1 440 000
Ochs	60	0,79	1 350 000
Esel	40	0,79	900 000

Ist die Geschwindigkeit mit welcher das Tier arbeitet v_1 gegen v und die tägliche Arbeitszeit t_1 gegen t, so ist nach „Maschek“ in diesem Falle die ausgeübte mittlere Zugkraft.

$$Z = \left(3 - \frac{v}{v_1} - \frac{t}{t_1} \right) Z_1 \dots \dots \dots (2)$$

Dieser Ausdruck erreicht nach „Launhardt“ ein „relatives Maximum“ für $\frac{v}{v_1} = \frac{t}{t_1}$ und zwar

$$Z = \left(3 - 2 \frac{v}{v_1} \right) Z_1 = \left(3 - 2 \frac{t}{t_1} \right) Z_1 \dots \dots \dots (3)$$

Die **Leistungsfähigkeit** eines Tieres wechselt mit Art, Alter und Pflege, und hängt im Besonderen von der gewählten Zugvorrichtung, der Gangart und der Leitung ab. Die Arbeitsleistung des einzelnen Zugtieres nimmt ferner mit der

Zunahme der Kopfzahl der Bespannung ab, und zwar sind für Pferdebespannung durch Versuche folgende Zahlen ermittelt.

Setzt man die beim einspännigen Fuhrwerk erzielte Leistung eines Pferdes = 1, dann ist die Leistung des Einzeltieres und zwar auf ebener Bahn im

Zweigespann etwa	= 0,95
Drei „ „	= 0,85
Vier „ „	= 0,80
Fünf „ „	= 0,73
Sechs „ „	= 0,64

Diese Leistungsfähigkeit wird jedoch nur bei gut geleiteten, gleichmässig eingefahrenen, sowie annähernd gleichartigen, guten Pferden erreicht.

Unter allen Zugtieren nimmt das Pferd eine hervorragende und vornehme Stellung ein. Als Zug und Reitpferd wurde es frühzeitig ein wichtiges Betriebsmittel auf Landwegen und ist als solches durch seine hohe Anpassungsfähigkeit an alle Verhältnisse bis heut für den Verkehr unentbehrlich. Hierzu kommt, dass durch künstliche Zuchtwahl und leichte Erziehung die Leistung des Tieres spezialisiert und wesentlich gesteigert werden kann.

Die Zugkraft des Pferdes ist abhängig von seinem Eigengewicht G und zwar beträgt die mittlere Zugkraft Z etwa $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{5}$ G . Die grösste Zugkraft tritt beim Anziehen ein und steigt i. A. nicht über $\frac{4}{5}$ G .

Erfahrungsgemäss setzt man für

leichte Pferde	$G = 250$ kg;	$Z = 60$ kg
mittelschwere „	$G = 350$ kg;	$Z = 75$ kg
schwere „	$G = 450$ kg;	$Z = 85$ kg

Das Durchschnittsgewicht eines tüchtigen Pferdes beträgt etwa 375 kg woraus jene mittlere Zugkraft

$$Z = 375/5 = 75 \text{ kg}$$

ermittelt werden kann. In England nimmt man als mittlere Zugkraft $Z = 54$ kg an.

Das Pferd besitzt verschiedene Gangarten, welche verschiedenen Geschwindigkeiten entsprechen. Nachstehende Tafel giebt die mittlere Geschwindigkeit des Tieres bei den einzelnen Gangarten an.

Gangart	Mittlere Geschwindigkeit in m/sek
Langsamer Arbeitsschritt	1,0
Schnellschritt	2,0
Kurzer Trab	3,0 bis 4,0
Gestreckter Trab	4,0 „ 6,0
Stärkster Trab	10,0
Gewöhnlicher Galopp	7,0 bis 10,0
Starker Galopp	10,0 „ 12,0
Renngeschwindigkeit	12,0 „ 16,0

Für im Zug vor dem Lastwagen arbeitende Pferde setzt man erfahrungsgemäss die Geschwindigkeit $v = 1,1$ m/sek an, für Pferde vor dem Pflug ist

$v = 0,75$ m/sek. Der mit der Geschwindigkeit $v = 1,1$ m/sek während einer täglichen Arbeitszeit von 8 bis 10 Stunden einschliesslich der Ruhepausen zurückgelegte Weg, beträgt i. M. 30 km.

Widerstand und Zugkraft. Die auf Landstrassen bewegten Fahrzeuge sind der ein und zweiachsige Strassenwagen und der Schlitten.

Der Widerstand, welcher der Bewegung des Wagens entgegengesetzt wird, ist die Zapfenreibung an den Achsschenkeln, die rollende Reibung zwischen Rad und Strasse und die Neigung der Strasse. Von untergeordneter Bedeutung ist der Widerstand der Strassenkrümmung und der Luftwiderstand.

Die Zapfenreibung zwischen Nabe und Achse wird durch die Gleichung ausgedrückt

$$W_0 = u \frac{r}{R} Q$$

Es bezeichnen

- u die Reibungsziffer zwischen Nabe und Achse = rd 0,07,
- r den mittleren Halbmesser des Achsschenkels = rd 0,03 m,
- R den Halbmesser des Rades in m,
- Q das ganze auf dem Achsschenkel ruhende Gewicht.

Die wälzende oder rollende Reibung W_1 beträgt nach

Morin $W_1 = u_1 \frac{Q}{R}$

Umpfenbach $W_1 = u_1 \frac{Q}{\sqrt{R}}$

Gerstner und Brix $W_1 = u_1 \sqrt[3]{\frac{Q^4}{bR^2}}$

Es bezeichnen

- u_1 die Reibungsziffer für die wälzende Reibung,
- b die Radfelgenbreite in m,
- R den Halbmesser des Rades in m,
- Q den Raddruck.

Die Einführung der Radfelgenbreite b hat bei weicher, nachgiebiger Strassenoberfläche bedeutenden Einfluss, bei fester Oberfläche ist sie jedoch ohne Bedeutung.

Der Krümmungswiderstand ist i. A. vom Achsstand und vom Krümmungshalbmesser abhängig. Da jedoch bei zweiachsigen Wagen die Vorderachse stets als freie Lenkachse ausgebildet wird, so ist das Fahrzeug im Stande selbst der kleinsten zulässigen Strassenkrümmung sich bequem anpassen zu können, sodass der Krümmungswiderstand den Widerstand der wälzenden bzw. rollenden Reibung auf gerader Bahn nur unwesentlich erhöht und deshalb bei jeder Rechnung vernachlässigt werden kann.

Ebenso kann der Luftwiderstand ausser Betracht gelassen werden, da bei der geringen Geschwindigkeit und der üblichen Form der Fahrzeuge der Luftdruck auf die Stirnseite sehr klein ausfällt. Anders dagegen verhält es sich mit dem Seitendruck, der von der Grösse und der Form des Wagenkastens abhängt und insofern von Bedeutung ist, als er die Standsicherheit des Wagens beeinflusst.

Die Summe der Bewegungswiderstände für einen auf wagerechter Strasse sich bewegenden Wagen wird deshalb für die in der Wirklichkeit zu berechnenden Fälle genau genug durch die Formel ausgedrückt

$$W = k Q \dots \dots \dots (4)$$

Es bezeichnet

k eine durch Versuche festgestellte Widerstandsziffer,

Q das Gewicht von Wagen und Ladung.

Da der Gesamtwiderstand stets die geäusserte Zugkraft verbraucht, so muss Gleichung (4) gleichzeitig zur Bestimmung der für die Bewegung des Wagens erforderlichen Zugkraft gelten. Es ist

$$Z = k Q \quad \dots \quad (5)$$

Die Grösse der Widerstandsziffer k ist für verschiedene Wege durch Versuche festgestellt und in nachstehender Tafel angegeben.

Art des Weges	k	Art des Weges	k
Eisenbahngleis	0,004	Schotter-Strasse mit Schlamm	
Gleise für Strassenbahnen	0,006	bedeckt oder mit aufgefahrenen	
	bis	Gleisen	0,038
	0,015	Schotter-Strasse von sehr ge-	
Asphaltstrasse	0,013	ringer Beschaffenheit	0,050
Gutes Holzpflaster	0,018	Trockener, fester Erd- und	
Bestes Steinpflaster	0,015	Lehmweg	0,050
Gutes Steinpflaster	0,020	Looser Sand- und Schotterweg .	0,100
Schlechtes Steinpflaster	0,033	Schlechter Erdweg	0,160
Schotter-Strasse in sehr gutem Zustande	0,023		

Für die Bewegung eines Schlittens auf einer glatten Holz- oder Steinbahn ist für hölzerne Kufen

in ungeschmiertem Zustande k = 0,380,

geschmiert mit trockener Seife k = 0,150,

geschmiert mit Talg k = 0,070,

ungeschmiert auf Schnee und Eis k = 0,035,

mit Eisen beschlagen auf Schnee und Eis k = 0,020.

Die Zugkraft auf geneigter Strasse ist vom Neigungswinkel abhängig. Bezeichnet Abb. 1.

a den Neigungswinkel der Strasse,

Q das Gewicht von Wagen und Ladung,

G das Gewicht des Zugtieres,

so ist

$$Z = k Q \cos a + Q \sin a + G \sin a$$

oder für die Wirklichkeit genau genug

$$Z = k Q + (Q + G) \operatorname{tg} a \quad \dots \quad (6)$$

hieraus ergibt sich

$$Q = \frac{Z - G \operatorname{tg} a}{k + \operatorname{tg} a} \quad \dots \quad (7)$$

$$\operatorname{tg} a = \frac{Z - k Q}{Q + G} \quad \dots \quad (8)$$

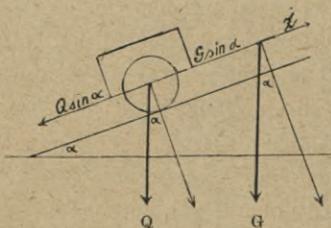


Abb. 1.

Aus Gleichung (6) folgt für $\text{tg } \alpha = 0$ die Zugkraft auf wagerechter Strasse $Z = kQ$. Der Ausdruck $(Q + G) \text{tg } \alpha$ bezeichnet also den zur Ueberwindung der Neigung bei der Bergfahrt erforderlichen Mehraufwand. Für starke Neigungen ist jedoch Gleichung (6) nicht mehr anwendbar, da in Wirklichkeit die Zugkraft des Pferdes auf ansteigender Strasse infolge der Hebung des Eigengewichtes sehr schnell abnimmt und bei $\alpha = 30^\circ$ fast ganz aufhört.

Bei Einführung bestimmter Werte für die mittlere Zugkraft Z und das Gewicht des Pferdes G lassen sich aus Gleichung (6) diejenigen Lasten ermitteln, welche von einem Pferde auf verschiedenen Neigungen bei verschiedener Strassenbefestigung mit Sicherheit bergauf bewegt werden können. Für $Z = 75 \text{ kg}$, $G = 375 \text{ kg}$ ist nachstehende Tafel zusammengestellt.*)

Neigung	Widerstandsziffer k der Strassenfahrbahn									
	$\text{tg } \alpha$	0,007	0,010	0,013	0,020	0,025	0,033	0,050	0,100	0,150
		Lasten Q in Kilogrammen								
0	11250	17500	5625	3750	3000	2250	1500	750	525	
$\frac{1}{200}$	6275	4900	4000	2925	2450	1900	1325	700	500	
$\frac{1}{100}$	4300	3575	3075	2400	2050	1650	1200	650	475	
$\frac{1}{50}$	2550	2275	2050	1700	1500	1275	975	570	425	
$\frac{1}{33,3}$	1750	1625	1490	1290	1175	1020	810	500	375	
$\frac{1}{25}$	1310	1220	1145	1020	940	830	675	440	335	
$\frac{1}{20}$	1015	960	910	820	770	690	575	385	300	
$\frac{1}{16,6}$	810	770	740	675	635	580	490	340	270	
$\frac{1}{14,3}$	660	630	610	560	530	490	420	290	240	
$\frac{1}{12,5}$	540	520	500	470	450	415	360	260	210	

Beträgt z. B. das Gewicht eines leichten Landfuhrwerkes 500 kg und ist $\text{tg } \alpha = \frac{1}{50}$, $k = 0,010$, so ist die von einem Pferde bei der Bergfahrt 1:50 bewegte Nutzlast $570 - 500 = 70 \text{ kg}$. Ist dagegen $\text{tg } \alpha = 0$ so beträgt die Nutzlast für dieselbe Widerstandsziffer $750 - 500 = 250 \text{ kg}$.

Hieraus erkennt man, in wie hohem Masse Neigungen für den Verkehr nachteilig sind, da sie einen ganz erheblichen Aufwand an Zugkraft erfordern. Jedoch darf dabei nicht unerwähnt bleiben, dass bei allen Zugtieren auf viel grössere Leistungen während kurzer Zeit gerechnet werden kann, wenn den Tieren vorher auf schwächeren Neigungen oder durch Ruhepausen Gelegenheit gegeben wird, Kräfte zu sammeln. So kann z. B. die Zugkraft des Pferdes auf nicht zu langen Bergfahrten — etwa bis 700 m — unter Verringerung der Geschwindigkeit sich verdoppeln. Derartige aussergewöhnliche Leistungen sind wirtschaftlich von Nachteil und man wird dieselben stets durch möglichste Verringerung der Strassen-Neigung von vornherein auszuschliessen suchen.

„M. Léchalas“**) macht die Leistung des Pferdes von der Fahrgeschwindigkeit abhängig und bringt diese Abhängigkeit in nachstehender Formel (9) zum Ausdruck.

*) *Handbuch der Baukunde* 1892.

**) *Loewe Strassenbau* 1895.

**) M. Léchalas Mémoire sur le roulage. *Annales des ponts et Chaussées* 1879.

Näherungsweise ist

$$v = 0,21 (5 - 0,1z) + 0,007 (5 - 0,1z^3) \dots \dots \dots (9)$$

Es bezeichnet

v die Fahrgeschwindigkeit in m/sek,

z die Zugkraft in kg für 100 kg der Bespannung

$$\text{nämlich } z = 100 \frac{Z}{G} \dots \dots \dots (10)$$

In nachstehender Tafel sind für z = 0 bis z = 50 kg die entsprechenden Fahrgeschwindigkeiten v in m/sek. angegeben.

z	v	z	v	z	v	z	v	z	v	z	v
0	1,94	6	1,58	12	1,215	18	0,885	24	0,65	30	0,47
1	1,88	7	1,52	13	1,16	19	0,84	25	0,62	32	0,415
2	1,82	8	1,45	14	1,11	20	0,80	26	0,59	35	0,34
3	1,76	9	1,39	15	1,05	21	0,76	27	0,56	40	0,215
4	1,70	10	1,33	16	0,985	22	0,72	28	0,53	45	0,105
5	1,64	11	1,27	17	0,93	23	0,68	29	0,50	50	0,00

Hiernach erreicht die sekundliche Arbeitsleistung ihren Höchstwert für z = 20 kg und v = 0,8 m/sek und zwar

$$Z v = 16 \text{ m/kg sek.}$$

Nach Formel (6) war

$$Z = k Q + (Q + G) \text{tg } a$$

$$\text{Demnach ist } z = 100 \frac{Z}{G} = 100 \left[\frac{Q}{G} (k + \text{tg } a) + \text{tg } a \right]$$

Es lässt sich somit bei gegebener Neigung tg a, der gegebenen Reibungsziffer k und dem aus vorstehender Tafel gewähltem z und v das günstigste Verhältnis $\frac{Q}{G}$ für die Dauerleistung bestimmen.

Für die Thalfahrt ist

$$Z = k Q - (Q + G) \text{tg } a \dots \dots \dots (11)$$

für Z = 0 wird auch G = 0 und k = tg a.

In diesem Falle beginnt der Wagen von selbst abwärts zu rollen. Die Geschwindigkeit des abrollenden Wagens soll bei schwereren Fuhrwerken stets durch Handbremsen oder Bremschuhe geregelt werden und nur bei leichten Fahrzeugen auf schwachen Neigungen sollte ein Bremsen durch die Kraft der Tiere erfolgen. Nach „Bockelberg“ beträgt die Aufhaltekraft (Bremskraft) geübter Pferde etwa $\frac{2}{5}$ bis $\frac{2}{3}$ der mittleren Zugkraft, also etwa 30 bis 50 kg. Diese Zahlen dürften für stärkere Gefälle entschieden zu hoch gegriffen sein.

In Bremsgefällen d. h. dort wo die Zugkraft negativ wird, wird erfahrungsgemäss nur eine Geschwindigkeit v = 1,66 m/sek in Rechnung gezogen.

II. Strassenfuhrwerke im Allgemeinen.

Grösse und **Gewicht** der Strassenwagen richten sich i.A. nach dem Zwecke des Fahrzeugs. Die Bauart desselben, die Anordnung der Räder und die Wahl der Felgenbreite sind von massgebendem Einflusse auf die Verringerung der Zugwiderstände und die Dauer der Fahrbahn.

In nachstehender Tafel sind übliche Abmessungen und Gewichte der gebräuchlichsten Fuhrwerksarten angegeben und zwar beziehen sich diese Angaben auf ein- und zweispännige Wagen.

Bezeichnung des Fuhrwerkes	Abmessungen in m			Eigengewicht in kg		Nutzlast in kg für zweispännige Wagen
	Achsstand	Breite	Läng. ohne Deichsel	ein spännige	zwei Wagen	
Droschken und schwere Kutschen	1,5—2,25	1,6—1,7	2,4—3,0	400	800	bis 700
Leichtes Landfuhrwerk	2,0—3,2	1,5—2,0	2,5—4,0	400	600	bis 2000
Schweres „	2,0—3,2	1,7—2,0	2,5—5,0	—	900	2000 bis 2500
Leichter Omnibus . . .	1,4—1,8	2,0—2,1	2,5—3,0	600	1000	bis 1500
Schwerer Omnibus . . .	1,4—1,8	2,0—2,1	3,0—3,5	—	1500	2000 bis 2500
Roll- u. Frachtfuhrwerk	2,0—3,5	1,8—2,0	4,0—6,0	—	1000—1500	2500 „ 4000
Möbelwagen	2,0—3,5	2,0—3,0	4,0—6,0	—	1500—2000	3500 „ 5000

Beim vierspännigen Möbelwagen schwankt das Eigengewicht zwischen 2000 und 2500 kg, das Gewicht der Nutzlast zwischen 5000 und 6000 kg.

Der **Achsstand** liegt bei Personenwagen meistens zwischen 1,5 und 2,0 m, bei Land-, Fracht- und Möbelwagen zwischen 2,25 und 4,0 m, bei Langholzwagen beträgt derselbe etwa $\frac{2}{3}$ der Stammlänge. Landwagen können in ihrem Achsstand durch Einziehen entsprechender Langbäume verändert werden, sodass dasselbe Untergestell für einen ein- oder zweispännigen Acker-, Last-, Erntewagen oder Langholzwagen benutzt werden kann.

Die **Breite** der Fuhrwerke richtet sich nach der **Spurweite** des Wagens, welche für die meisten Länder gesetzlich festgelegt ist. In Preussen beträgt die Spurweite 1,52 m, welches Mass für Flachland und Hügellandstrassen fast allgemein gilt. Auf Gebirgsstrassen finden sich meistens enge Spuren und zwar sind übliche Masse 1,25 und 1,1 m. Diese Angaben beziehen sich auf die Spur der Hinterräder, während die Spur der Vorderräder fast stest kleiner ist. Die Ladebreite beträgt für städtische Fuhrwerke nicht über 2,5 m, für Landfuhrwerke, Erntewagen u. s. w. bis 3,5 m.

Die **Höhe** des beladenen Wagens von Strassenoberkante aus gemessen beträgt in Städten 3,8 m, für Fracht- und Erntewagen bis 4,4 m.

Die **Länge** der Strassenfuhrwerke ist in Tafel S. 11 ohne Deichsellänge angegeben. Die Deichsellänge beträgt bei Lastfuhrwerken bis 4,5 m. Bei Vorspann kommt für jedes Pferdepaar noch die Länge von 4,0 m hinzu.

Der **Raddruck** ist für die Grösse des Rades und die Felgenbreite massgebend und beträgt erfahrungsgemäss nicht über 2500 kg.

Die **Felgenbreite** hängt vom Raddruck ab und zwar rechnet man auf 1 cm Felgenbreite etwa 125 bis 160 kg. Um zu verhindern, dass durch zu starken Druck der Räder die Strassenoberfläche zerstört wird, sind fast in allen Ländern über das Verhältniss des Ladegewichtes zu den Felgenbreiten gesetzliche Bestimmungen getroffen. In den altpreussischen Provinzen (Gesetz vom 20. Juni 1887) ist für das Befahren von Kunststrassen eine Felgenbreite von mindestens 5 cm vorgeschrieben, ausgenommen sind hiervon Fuhrwerke von weniger als 1000 kg Gesamtgewicht.

Das höchste zulässige Ladegewicht ist nach demselben Gesetz bei einer Felgenbreite von

5 bis 6,5 cm	gleich	2000 kg
6,5 „ 10,0 „	„	2500 „
10 „ 15,0 „	„	5000 „
15 und mehr	„	7500 „

Ladegewichte aus unteilbarer Last von mehr als 7500 kg dürfen nur mit besonderer Genehmigung der Strassenverwaltung befördert werden.

Die Felgenbreite für Lastwagen liegt meistens zwischen 8 bis 12 cm. Eine grössere Felgenbreite als 15 cm wird als wenig empfehlenswert angesehen. Für einachsige Fuhrwerke ist nur die Hälfte der angegebenen Gewichte zulässig, jedoch kann bei Verwendung von Radfelgen von mehr als 15 cm Breite das Ladegewicht bis zu 7500 kg betragen.

Der **Raddurchmesser** ist vom Raddruck und von der Fahrgeschwindigkeit abhängig. Schwere, langsamfahrende Wagen haben kleinere Räder; leichte, schnellfahrende Fuhrwerke dagegen grössere Räder. Bei zweiachsigen Fahrzeugen sind die Vorderräder kleiner als die Hinterräder, wodurch eine grössere Beweglichkeit des Wagens und infolge der niedrigen Anordnung der Zugstränge ein leichteres Bewegen der Last namentlich beim Anziehen herbeigeführt wird.

Als Raddurchmesser kann auf guten Strassen erfahrungsgemäss festgehalten werden, für

	Vorderräder m	Hinterräder m
Zweirädrige Frachtkarren	1,6 bis 1,7 m	
Gewöhnliches Land- und Frachtfuhrwerk	0,90—1,4	1,1—1,5
Kutschen und Omnibusse	0,85—1,0	1,1—1,4
Roll- und Möbelwagen	0,75	0,90

III. Landstrassen.

A. Gesetzliche Bestimmungen für die Aufstellung von Entwürfen und Kostenanschlägen.

In **Preussen** gilt hierfür die Circularverfügung des Handelsministeriums vom 17. Mai 1871, betreffend die Aufstellung von Entwürfen und Kostenanschlägen für den Bau von Kunststrassen.

Ein Auszug aus dieser Circularverfügung ist in nachstehendem angegeben.

1. Aufstellung des Entwurfes.

Uebersichtskarten i. M. 1:20 000 bis 1:200 000.

Situationspläne zur Darstellung des Entwurfes i. M. 1:5000. Expropriationskarten im Flurkartenmstb. bei schwierigeren Stellen i. M. 1:625, 1:1000 und 1:1250.

Die Chausseelinien sind in Stationen von 100 m Länge zu teilen.

Bei je 50 m ist ein Zwischenpunkt einzuschalten. Jede 10. Station ist durch eine römische Ziffer als Hauptstation hervorzuheben.

Im **Längenprofil** werden die Längen im Massstab des Situationsplanes (gewöhnlich 1:5000) aufgetragen, die Höhen in einem 25-fach grösseren (gewöhnlich 1:200).

Die höchsten und niedrigsten Wasserstände der durch die projektirte Strassenlinie berührten Gewässer sind einzuzeichnen.

Querprofile müssen rechtwinklig zur Mittellinie des Strassenplanums aufgenommen (u. zw. bei allen erheblichen Aenderungen der Terrainsoberfläche) und i. M. 1:200 aufgezeichnet werden. Die Normalprofile für die Steinbahn, Quergefälle, Böschungen u. s. w. dagegen i. M. 1:100.

Entwürfe von Kunstbauten sind bis 50 m lichter Weite des Objekts i. M. 1:100 zu zeichnen, die Details i. M. 1:50, 1:25 oder 1:10 jenachdem dies die deutliche Darstellung erfordert. Bei Plänen von Dienstgebäuden, Futtermauern u. s. w. genügt 1:100.

In den Entwürfen von Brücken über 5,0 m Länge sind die Ergebnisse etwaiger Bodenuntersuchungen und die Wasserstände einzuzeichnen.

Maassstäbe (und eine Standlinie in den Karten) sind allen Plänen beizugeben. In sämtliche Zeichnungen sind die wichtigsten Abmessungen einzutragen.

2. Lage und Gefälle des Strassenzuges.

Lage der Strasse. Die Strassen sind dem Gelände tunlichst sich anschliessend und auf trockenem Untergrund zu legen, sodass starke Krümmungen vermieden werden. Sind letztere nicht zu umgehen, so ist bei einem mittleren Halbmesser von 7,5 m und weniger auf eine angemessene Verbreiterung der Strasse bezw. der Steinbahn Bedacht zu nehmen.

Gefälle. Hohe Auf- und Abträge sind tunlichst zu vermeiden, übermässige Neigungen sollen ohne dringende Notwendigkeit nicht vorkommen. Dabei ist ein häufiger Wechsel des Steigens und Fallens zu vermeiden und bei Ueberschreitung von Bergen und Wasserscheiden die Verteilung des Gefälles derart anzustreben, dass bevor die grösste Höhe nicht erreicht ist, die einmal gewonnene Höhe ohne besondere Umstände nicht aufgegeben wird.

Als grösste **Neigungen** gelten in der Regel:

a) in gebirgigen Gegenden 5%, b) im Hügellande 4%, c) im Flachlande 2,5%. Das Gefälle ist nur nach ganzen Millimetern für 1 m Länge zu normieren.

Bei **anhaltenden Neigungen** von grösserer Gesammthöhe als 30 m, und wenn eine stärkere Neigung als 4% angewendet wird, ist auf jede folgende Höhe von 30 m die **Neigung** um je $\frac{1}{2}$ % zu **vermindern**, bis dieselbe 4% erreicht hat.

Ruheplätze. Können Neigungen von mehr als 4% auf längere Strecken nicht vermieden werden, so sind in Entfernungen von 600 bis 800 m Ruheplätze von wenigstens 30 m Länge, denen höchstens eine Neigung von 1% gegeben werden darf, anzulegen.

Wagerechte Strassen sind nur dann zulässig, wenn die Strasse eine freie Lage hat und eine besonders gute Entwässerung stattfindet.

Die Strassenkrone ist wenigstens 0,6 m über den bekannten höchsten Wasserstand, welcher die Strasse erreicht, zu legen.

3. Construction der Strasse.

Breite der Strasse. Die Breite des Planums richtet sich i. A. nach der Frequenz und der hierdurch bedingten Breite der Steinbahn, zugleich aber auch nach dem Erfordernis eines Sommerweges.

In der Regel ist dem Planum nicht über 12,0 m und nicht unter 9,0 m Breite zu geben. Hinsichtlich der Verbreiterung in Krümmungen s. o.

Gräben.)* Liegt das Planum nicht mindestens 0,6 m über dem Gelände, oder ist dasselbe ganz oder teilweise in das Gelände eingeschnitten, so ist auf beiden Seiten, resp. auf der einen Seite ein Graben anzulegen. Ausserdem sind überall da, wo durch die Anlage der Strasse der natürliche Abfluss des Wassers behindert oder konzentriert wird, Vorflutgräben anzulegen.

Die Abmessungen der Gräben richten sich nach der abzuführenden Wassermenge resp. nach ihrem Gefälle.

Die Grabenböschungen sind in der Regel 1½-fach anzulegen, eine 1-fache Anlage ist nur ausnahmsweise in genügend begründeten Fällen zulässig.

Gepflasterte Rinnen. In gebirgigem Gelände und bei seitlichen tiefen Einschnitten ist es zulässig, anstatt des Grabens eine gepflasterte Rinne von 1,0 bis 1,5 m Breite anzulegen. Hierbei ist es übrigens geboten, das Wasser häufig seitwärts unter der Strasse hindurch abzuführen.

Die **Breite des Schutzstreifens** längs des äusseren Grabenrandes oder am Fusse von Dammschüttungen beträgt bei mittlerem und schlechtem Land 0,6 m, bei gutem Land 0,5 m.

Böschungen. Alle Aufträge in reinem Sandboden sofern die Böschungen nicht mit guter Erde bedeckt werden, erhalten eine zweifache, in anderen Bodenarten eine 1½-fache Anlage. Den Abträgen ist nach Beschaffenheit des Bodens oder Felsens eine etwas steilere Anlage zu geben, doch darf nur in besonders festen Felsarten unter die ½-fache Anlage herabgegangen werden. In niedrigen Einschnitten sind dagegen zur Verhütung von Schneesverwehungen die Böschungen abzuflachen.

Strassendämme über moorigem oder nachgiebigem Grunde sind mit breiten Banketts, welche bis zum höchsten Wasserstand reichen, herzustellen. Ist die Strasse Hochwasserfluten oder dem Wellenschlage ausgesetzt, so ist auf geeignete Befestigung oder flache Böschungen Bedacht zu nehmen.

Das Quergefälle der Steinbahn richtet sich zum Teil nach dem Längenprofil der Strasse, sodass bei starkem Gefälle ein geringeres Quergefälle angewendet wird, ausserdem wird dasselbe durch die Härte des Schottermaterials bedingt.

Nach erfolgter Befestigung der Steindecke muss dieselbe bei festem Material ein Quergefälle von 3 bis 5 cm, bei mässig festem von 5 bis 6 cm für 1,0 m der halben Breite der Steinbahn nachweisen.

Der Sommerweg und die Banketts erhalten ein Quergefälle von 3 bis 5 cm für 1 m Breite

Die **Steinbahnen** werden den örtlichen Verhältnissen entsprechend verschieden hergestellt u. zw.:

- a) Aus einer Packlage mit Steinschlagdecke,
- b) „ einem Unterbau von Grobschlag mit Steinschlagdecke
- c) „ Kies (Grant),
- d) „ Kiesunterbau mit Steinschlagdecke,
- e) „ einem Unterbau von Eisenschlacken oder Rasenerz mit Steinschlagdecke,
- f) „ Pflaster von natürlichen Steinen,
- g) „ hartgebrannten Ziegeln sog. Klinkern.

Die **Grösse der Steinstücke** zur **Packlage** richtet sich nach der Stärke dieser Lage, diejenigen zu der etwa erforderlichen Mittellage dagegen nach der Beschaffenheit des Materials.

*) Statt Gräben werden schmale mit Schotter gefüllte Rigolen empfohlen i. Z. f. T. 1891.

Die Steinstärke zur Decklage darf bei festem Material nicht über 3 bis 4 cm und bei weniger festem nicht über 4 bis 5 cm betragen.

Die **Klinkerbahnen** erhalten wie das Pflaster eine Unterbettung von Kies oder reinem Sande. Für erstere von 20 bis 45 cm, für letztere von 15 bis 20 cm Stärke. Nach Fertigstellung ist auf erstere eine 13 cm starke, reine Sandschicht, auf letztere und zum Einfegen eine 4 cm starke Pflastersandschicht aufzubringen.

Der **Sommerweg** ist in der Regel mit Kies in mehreren Lagen von zusammen 8 cm Stärke zu befestigen. Die Befestigung des Banketts richtet sich nach der Beschaffenheit des Bodens.

4. Durchlässe, Baumpflanzungen und Sicherheitsanlagen.

Durchlässe unter dem Strassenniveau dürfen nicht weniger als 0,5 m lichte Weite und Höhe erhalten. Werden Röhren eingelegt, so darf der innere Durchmesser nicht unter 0,25 m betragen, auch muss der Röhrenstrang in gerader Linie liegen. Seitendurchlässe müssen solche Abmessungen erhalten, wie sie der Wasserabfluss und eine gute Räumung erfordern.

Bei **Baumpflanzungen** ist die Entfernung der Bäume von einander stets nach ganzen Metern zu bemessen. Die zu pflanzenden Bäume müssen wenigstens 5 cm Durchmesser und 2,5 m Stammhöhe haben.

Geländerpfosten sind in der Regel auf 4,0 Meter Entfernung zu setzen. Die darauf befestigten Holme müssen mit ihrer Oberfläche wenigstens 1,0 m über Strassenkante liegen.

Werden **Schutzsteine** angewendet, so sind sie nach Erfordernis in Entfernungen von 1,5 m, höchstens von 2,0 m und so zu setzen, dass sie wenigstens 0,75 m über die Planumkante hervorragen.

Die Veranschlagung von Erdarbeiten in ebenem Gelände, auf welchem die Herstellung des Strassenplanums weder nennenswerte Auf- noch Abträge nötig macht, kann nach laufenden Metern erfolgen, wenn die jedesmalige Planumsbreite und das Querprofil der Seitengräben angegeben wird. In anderen Fällen ist nach den Längen und Querprofilen eine Massenberechnung nebst Dispositionstafel zu fertigen. Zum Titel Erdarbeiten gehören auch die Kosten für etwaige Drainirungen und für die Unterhaltung der Böschungen bis zum Umbau der Steinbahn.

In **Bayern** gilt die Ministerialentschliessung vom 26. März 1874 No. 3724 betreffend Behandlung der Entwürfe für Staatsstrassen, Brücken Durchlässe u. s. w.

In **Baden** gilt die Verordnung vom 30. Juli 1864. (Verordnungsblatt von 1864 S. 15).

B. Linienführung.

Landstrassen werden meistens für den Nahverkehr angelegt, zur Bewegung von Erzeugnissen nach nahegelegenen Marktorten, Eisenbahnstationen, Häfen und anderen Güterumschlagstellen.

Aufgabe der Linienführung ist es die Mittellinie der Strasse derart festzulegen, dass die jährlichen Verkehrs- und Unterhaltungskosten, sowie die Anlagekosten so klein wie möglich werden. Ausschlaggebend für die endgiltige Wahl der Linie sind die Verkehrs- bzw. Betriebskosten, da dieselben eine dauernde Ausgabe darstellen, und welche kapitalisiert, ev. eine erhebliche Vergrösserung des Anlagekapitals bei Verringerung der dauernden Ausgaben zulassen.

Man unterscheidet eine **wirtschaftliche** und eine **technische** Linienführung.

Aufgabe der **wirtschaftlichen** Linienführung soll es sein, diejenige Linie ohne Rücksicht auf das Gelände aufzusuchen, bei welcher die Summe der Produkte aus den in Frage kommenden Frachten und den Wegelängen am kleinsten wird.

Aufgabe der **technischen** Linienführung soll es sein, diejenige Linie zu ermitteln, welche bei den vorhandenen Orts- und Geländeverhältnissen aus technischen Gründen die zweckmässigste ist.

Entscheidend für die Wahl einer Linie ist immer ihr wirtschaftlicher Wert, da jeder neu anzulegende Weg stets einem wirtschaftlichen Bedürfnisse entspringt und nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten ausgeführt werden muss. Im Allgemeinen wird die Linie von vornherein in den Hauptrichtungen durch „zwingende Punkte“ im Gelände festliegen, welche technischer und wirtschaftlicher Art sein können. Derartige zwingende Punkte sind Flussübergänge, Gebirgspässe, der Anfangs- und Endpunkt des Weges, grössere in der Nähe gelegene Ortschaften, Gruben, Steinbrüche u. s. w.

Die so eigentlich von der Natur bestimmte Linie wird durch einen Entwurf dargestellt und deren Kosten durch einen Anschlag ermittelt.

Mit der Aufstellung des Entwurfes und den sonstigen erforderlichen Anlagen wird der Nachweis dafür, dass die Ausführung der neuen Strasse aus wirtschaftlichen Gründen zweckmässig und notwendig ist, durch die Ertragsberechnung erbracht. Bezeichnen

A die Baukosten für 1 km in M,

B die vom Verkehr unabhängigen Unterhaltungskosten in M,

l die Länge der Strasse in km,

C die jährliche auf l bewegte Frachtmenge in t,

β die Frachtermässigung für 1 t/km nach erfolgtem Ausbau der Strasse in M,

δ die durch 1 t Last bewirkte jährliche Abnutzung auf 1 km in M,

so ist der jährliche Nutzen der Strasse gleich $\beta C l$.

Ist dieser Betrag ausreichend hoch, um die Unterhaltungskosten $(B + \delta C) l$ zu decken und das Anlagekapital A l zu verzinsen, so ist der Bau der Strasse nützlich und es beträgt die der Bevölkerung zugute kommende Rente

$$R = \frac{\beta C l - (B + \delta C) l}{A l} = \frac{(\beta - \delta) \cdot C - B}{A} \dots \dots (12)$$

Es koste z. B. in derselben Gegend auf Erdwegen die Fracht für 1 t/km 0,5 M., auf besteinten Wegen 0,2 M., so ist $\beta = 0,5 - 0,2 = 0,3$ M. Sind die jährlichen Frachtmengen zu 2500 t ermittelt, betragen ferner die Anlagekosten der neuen Strasse für 1 km = 16 000 M. und werden die vom Verkehr unabhängigen Unterhaltungskosten auf 150 M. geschätzt, so ist

$$R = \frac{(0,5 - 0,2) 2500 - 150}{16 000} = 0,037 \text{ rd } 4 \%$$

Bei mässiger Annahme kommt auf den Kopf der Bevölkerung in Deutschland mindestens 1 t Frachtverkehr i. J. Es würde also bei den angegebenen Einheitsätzen für eine Bevölkerung von 2000 bis 2500 Seelen der kunstmässige Ausbau eines Weges schon vorteilhaft sein.

Ausschlaggebend für den wirtschaftlichen Wert einer Strasse sind, abgesehen von den aufzunehmenden Verkehrspunkten, ausserdem die Neigungsverhältnisse in der Richtung der zu bewegenden grösseren Frachtmenge. Hat man zur Verbindung zweier Punkte mehrere Linien mit nahezu gleichen Anlage und Unterhaltungskosten durch Entwürfe klargelegt, so wird es sich alsdann allein um die Wahl der wirtschaftlich günstigsten Strasse handeln. Hierzu kann folgendes Verfahren dienen.

Bekannt sind die ortsüblichen Pferde, Wagen und Ladegewichte. Nach Gleichung 10 S. 10 ist $z = 100 \frac{Z}{G}$. Es lassen sich somit für die einzelnen Neigungs-

längen $l_1 = \frac{h_1}{s_1}$ die zugehörigen z berechnen und aus der Tafel S. 10 die betreffenden Geschwindigkeiten v ermitteln. Werden diese Werte für beide Fahrrichtungen aufgestellt und bezeichnet v_1 die Fahrgeschwindigkeit auf der Hinfahrt, v_2 diejenige auf der Rückfahrt, so ist die mittlere Dauer zum Durchfahren der Strassenlinie in Sekunden.

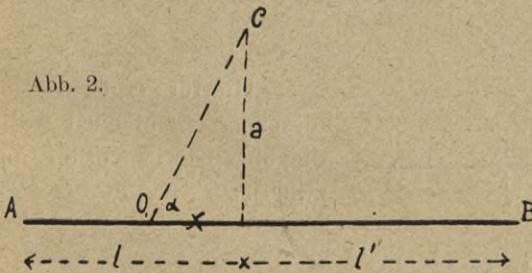
$$D = \frac{\sum (l_1 v_1) + \sum (l_1 v_2)}{2} \dots \dots \dots (13)$$

Durch örtliche Erhebungen sei festgestellt, dass auf zwei Linien A u. B, für welche $D = D_A$ und $D = D_B$ berechnet wurde, m Fahrzeuge täglich in n Tagen im Jahre verkehren werden. Betragen ferner die Kosten eines 10 stündigen Pferde-Arbeitstages einschliesslich des Kutschers in der betreffenden Gegend w Mark, so ist für einen Zinsfuss von p Procent

$$K = \frac{100 (D_A - D_B) m n w}{60 \cdot 60 \cdot 10 p} \dots \dots \dots (14)$$

das Kapital in Mark, um das die Baukosten der Linie B höher sein dürfen, als die der Linie A.*)

Häufiger ist in der Wirklichkeit die Aufgabe zu lösen, für einen Ort oder Gutshof, Steinbruch u. s. w. den wirtschaftlich günstigsten Anschluss an eine bestehende abseits gelegene Strasse zu suchen, was in folgender einfacher Weise geschehen kann. Bezeichnen**) Abb. 2.



- C die jährl. Frachtmengen i. t. auf CO,
- A „ „ „ „ „ AO,
- B „ „ „ „ „ BO,
- U „ die Zinsen des Anlagekapitals und die vom Verkehr unabhängigen Unterhaltungskosten für 1 km,
- d „ Frachtkosten für 1 t/km auf AB,
- d' „ „ „ 1 „ „ CO,

so sind die Gesamtbetriebskosten

$$S = (U + C d') \sqrt{a^2 + x^2} + A d (l - x) + B d (l' + x)$$

$$\frac{d S}{d x} = (U + C d') \frac{2 x}{2 \sqrt{a^2 + x^2}} - A d + B d = 0$$

$$\cos \alpha = \frac{d (A - B)}{U + C d'} \dots \dots \dots (15)$$

Es sei z. B. $a = 8$ km. Der jährliche Verkehr von C nach A betrage 800 von C nach B 200 Tonnen. Ferner sind die Anlagekosten des Anschlussweges, der als Erdweg ausgeführt werden soll, auf 6000 M. für 1 km und die jährlichen vom Verkehr unabhängigen Unterhaltungskosten auf 60 M. für 1 km ermittelt. Die

*) S. a. Hütte, „Des Ingenieurs Taschenbuch“.
 **) Handbuch der Baukunde 1892. Launhardt, Theorie d. Trass. 1887.

Frachtkosten für 1 t/km betragen in derselben Gegend auf besteinten Wegen 0,20 M. auf unbesteinten Wegen 0,50 M. Bei einem Zinsfuss von 5% ist alsdann

$$U = 6000 \cdot 0,05 + 60 = 360 \text{ M.}$$

$$\cos a = \frac{0,20 (800 - 200)}{360 + 0,5 \cdot 1000} = 0,140$$

$$a = 82^\circ.$$

Soll der Anschluss mittelst besteinter Fahrbahn hergestellt werden und betragen hierfür die kilometrischen Anlagekosten 15 000 M. und die jährlichen Unterhaltungskosten für 1 km 300 M. so wird

$$U = 15\,000 \cdot 0,05 + 300 = 1050 \text{ M.}$$

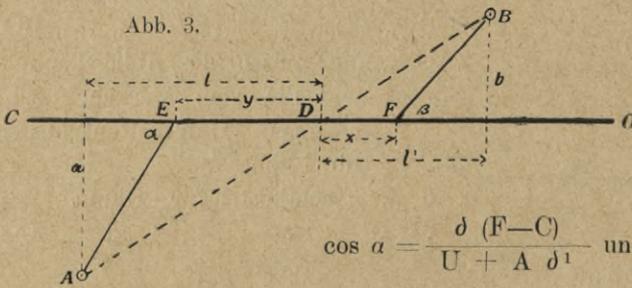
$$\cos a = \frac{0,20 (800 - 200)}{1050 + 0,2 \cdot 1000} = 0,096.$$

$$a = 84^\circ 29'$$

Aus den beiden Beispielen ist ersichtlich, dass die Anlagekosten nur eine unwesentliche Verschiebung der Anschlusslinie C O bzw. des Punktes O auf A B herbeiführen, weil infolge der Steinbahn eine erhebliche Frachtermässigung eintreten muss. Anders dagegen verhält es sich, wenn diese Verschiebung eine wesentliche Veränderung der Neigungsverhältnisse nach sich zieht, alsdann müsste die Untersuchung gemäss den Angaben auf S. 17 durchgeführt werden und zwar sowohl für die Frachtrichtung C O A als auch für diejenige von C O B.

Soll eine Strasse von A nach B Abb 3 derart gelegt werden, dass sie eine bestehende Strasse C G kreuzt, so wird es sich darum handeln, festzustellen, in welchen Punkten E und F zweckmässiger Weise die Anschlüsse von A und B auf C G zu suchen sind.

Abb. 3.



Hierfür ergeben sich dieselben einfachen Bedingungen wie vorhin und zwar ist

$$\cos a = \frac{\delta (F - C)}{U + A \delta^1} \quad \text{und} \quad \cos \beta = \frac{\delta (E - G)}{U + B \delta^1}$$

Es bezeichnen

- A die jährlichen Frachtmengen in t zwischen A und D,
- B desgl. " " B " D,
- C desgl. " " A " C,
- F desgl. " " A " G,
- G desgl. " " B " G,
- E desgl. " " B " C,

δ^1 die Frachtkosten für 1 t/km auf den Anschlusswegen AE und BF,
 δ die Frachtkosten für 1 t/km auf dem bestehenden Wege C G.

C. Bahngestaltung.

Lage der Strasse. Sofern es sich nicht um Ufer- oder Hafenstrassen handelt, welche infolge der gewählten Höhenlage zeitweise überflutet werden, legt man die

Strassenkrone möglichst hochwasserfrei und zwar soll die Krone mindestens 0,60 m über dem bekannten höchsten Wasserstande liegen. Bei Strassen im Flutgebiet ist von vornherein auf eine gute Entwässerung durch breite, tiefe Seitengräben und durch Steinrigolen quer durch den Erdkörper Rücksicht zu nehmen.

Die sichere Lage der Strasse erfordert einen guten, trockenen Untergrund, der erforderlichen Falles durch Gräben und Rigolen zu entwässern ist. Einschnitte in wasserhaltigen, lehmigen Erdschichten sind zu vermeiden, ebenso Anschnitte wasserführender Felsschichten, wandernde Schuttkegel u. s. w. Eventuell sind die Wasseradern oberhalb abzufangen und abzuleiten und die Strasse gegen wandernde Erdmassen durch ausreichend starke Mauern zu schützen.

Um Schneeverwehungen auszuschliessen, sind bei Strassen in der Ebene flache Einschnitte zu vermeiden und die Mittellinie möglichst in die herrschende Windrichtung zu legen. Bei Gebirgsstrassen ist die Linie so zu wählen, dass eine Zerstörung der Strasse durch Erd- oder Schneelawinen ausgeschlossen bleibt. Derartige gefährliche Stellen im Gebirge können ev. durch Sprengung vorher beseitigt werden.

In Wäldern sind auf beiden Seiten ausreichend breite Streifen zu lichten, um Sonne und Wind auf die Strasse wirksam zu erhalten.

Krümmungshalbmesser und Strassenbreite sind vom Achsstand und von der Spurweite des Wagens abhängig. Bei zweiachsigen Fahrzeugen, bei denen die Vorderachse Lenkachse ist, beschreibt dieselbe in Krümmungen einen anderen Weg als die feste Hinterachse. Bezeichnet

a den Achsstand des Wagens,

d die Spurweite „ „

α den für die Vorderachse zulässigen Ablenkungswinkel,

B die Strassenbreite,

$R + \frac{d}{2}$ den Krümmungshalbmesser der äussersten Wegekante,

so ist nach Launhardt Abb. 4

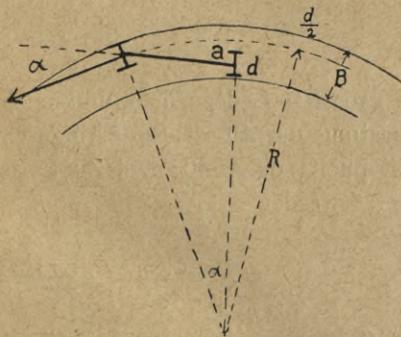


Abb. 4.

$$R = \frac{a}{\sin \alpha}$$

Erfahrungsgemäss beträgt $\alpha = 22^\circ$, demnach wird $\sin \alpha = \text{rd } \frac{3}{8}$ also

$$R = \frac{8}{3} a$$

Die Strassenbreite ergibt sich zu

$$\begin{aligned} B &= R - R \cos \alpha + 2 \frac{d}{2} \\ &= R (1 - \cos \alpha) + d \end{aligned} \quad (16)$$

Für $\alpha = 22^\circ$ ist $\cos \alpha = 0,927$ und

$$B = 0,073 R + d.$$

Der grösste in der Wirklichkeit erreichbare Ablenkungswinkel beträgt $\alpha = 30^\circ$. Hierfür ist $R = 2 a$, $\cos \alpha = 0,866$ und $B = 0,134 R + d$.

Für einen grössten Achsstand von 4,0 m und der üblichen Spur der Landwagen von 1,52 m würde also der kleinste Halbmesser bereits

$$R = 2 \cdot a = 8 \text{ m betragen müssen.}$$

I. A. ist in den einzelnen Ländern der kleinste Krümmungshalbmesser für Strassen vorgeschrieben.

Für Preussen gilt die Bestimmung, dass bei Halbmessern unter 7,5 m auf eine angemessene Verbreiterung der Fahrbahn Rücksicht genommen werden soll.

In Sachsen gilt als kleinster Krümmungshalbmesser

- für Kommunikationswege R = 25 m
- „ Feldwege mit Langholzfrachten R = 30 „
- „ Feldwege ohne Langholzfrachten R = 12 „

Gewöhnlich wird für Strassenkrümmungen, welche von Langholzwagen befahren werden, entweder eine Verbreiterung der Fahrbahn oder die Anwendung eines wesentlich grösseren Halbmessers verlangt. Diese Vorschrift mag in Rücksicht auf den übrigen in längeren Krümmungen zu belegendem Verkehr zweckmässig sein, jedoch ist dieselbe für die Bewegung der Langholzwagen belanglos, da durch Auslösung und Ablenkung der am Stamme befestigten Hinterachse nach Abb. 5 Strassenkrümmungen mit einem Halbmesser von 10 bis 12 m ohne Verbreiterung der Fahrbahn auch mit grösseren Stammlängen durchfahren werden können.

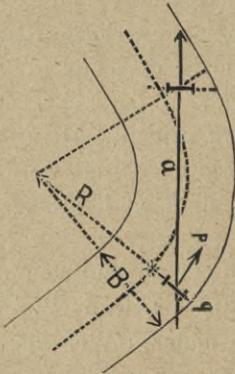


Abb. 5.

Neigungsverhältnisse. Die Neigungsverhältnisse einer neu anzulegenden Strasse richten sich nach dem Befestigungsmaterial der Strassenbahn, nach dem grössten ortsüblichen Ladegewicht und nach der Zugkraft der Pferde.

Aus der auf S. 10 entwickelten Gleichung $k = \text{tg } \alpha$ folgt, dass die zulässige grösste Neigung um so kleiner angenommen werden muss, je besser und glatter die Fahrbahn hergestellt werden soll.

Hat man das grösste ortsübliche Ladegewicht und die Zugkraft des Pferdes festgestellt, so ist nach Gleichung 8 S. 8 die Neigung

$$\text{tg } \alpha = \frac{Z - k Q}{Q + G}$$

Die stärkste Neigung richtet sich nach dem grössten Ladegewicht und nach der grössten Zugleistung des Pferdes. Da die Zugleistung des Pferdes auf kürzeren Wegestrecken, wie bereits früher bemerkt, auf das Doppelte der mittleren Zugkraft steigen kann, so darf für die stärkste Bergfahrt gesetzt werden

$$\text{tg } \alpha = \frac{1,8 Z - k Q}{Q + G} \dots \dots \dots (17)$$

Für ebene Strassen ist $Z = k Q$, also wird $\text{tg } \alpha = \frac{0,8 k Q}{Q + G}$.

Ist z. B.

- $k = 0,035$ für eine durch Regen aufgeweichte gute Chaussee.
- $Q = 6000$ kg das grösste ortsübliche Gewicht für Wagen und Nutzlast.
- $G = 2.350 = 700$ kg das Gewicht zweier mittelstarker Pferde, so folgt als stärkste Neigung

$$\text{tg } \alpha = \frac{0,8 \cdot 0,035 \cdot 6000}{6700} = 0,025 = 2,5 \%$$

Auf Gebirgsstrassen wird der Frachtverkehr gewöhnlich mittelst zweirädriger Karren von rd. 3000 kg Höchstgewicht einschl. Nutzlast bewältigt. Auf schwächer geneigten Strassen genügt für die Bewegung dieses Gewichtes ein starkes Pferd von rd. 400 kg Eigengewicht und $Z = 85$ kg. Auf stärkeren Bergfahrten nimmt man stets zwei Pferde, die voreinander gespannt sind und zwar greifen die Zugketten des vorderen Pferdes an der Achse an. Bei einer derartigen Bespannung wird die Einzelleistung des Tieres höchstens zu 0,95 angesetzt werden können, sodass $Z = 0,95 \cdot 85 = 81,0$ kg wird. Es ist alsdann:*)

$$\text{tg } \alpha = \frac{2 \cdot 1,8 \cdot 81,0 - 0,035 \cdot 3000}{3800} = 0,05 = 5\%$$

Die stärksten Neigungen der Mittellinie, welche beim Strassenbau in Anwendung gebracht werden dürfen, sind in den meisten Ländern gesetzlich oder behördlich festgelegt. Als Regel gilt für

Preussen

im Gebirge	5%
„ Hügellande	4%
„ Flachlande	2,5%

Baden

auf Hauptlandstrassen mit grossem Verkehr	5%
„ Seitenstrassen	6%
„ Gebirgsstrassen, welche nicht zu 1 gehören	8%
„ Wendeplätzen	2%

Braunschweig

im Gebirge (Harz)	6%
„ Hügellande	4%
„ Flachlande	3%

In der Schweiz gelten in einzelnen Kantonen folgende Angaben

auf Kantonstrassen I. Klasse	10%
„ „ II. „	12 bis 15%

„Laisse“ empfiehlt für Hauptstrassen folgende Grösstwerte und zwar

in der Ebene	3%
im Hügelland	4 bis 5%
„ Gebirge	6%
Für Alpenstrassen	7 bis 8%
Für Vicinalwege mit kleineren Lasten	6 bis 7%
Für Feld- und Waldwege, die vornehmlich dem Taltransport dienen	10 bis 12%

„Launhardt“ macht die Neigungen von der Stärke des Verkehrs und den Kosten der Strasse abhängig und findet für Strassen im

Berglande	$\frac{1}{20}$ bis $\frac{1}{30}$
Hügellande	$\frac{1}{30}$ „ $\frac{1}{40}$
Flachlande	$\frac{1}{40}$ „ $\frac{1}{50}$

*) Das Beispiel ist vom Verfasser ausserdem in der 18. Auflage der „Hütte“ des Ingenieurs Taschenbuch veröffentlicht.

Für einen mittelstarken Verkehr und für mittlere Kosten sind alsdann als vorteilhafte Neigungen anzusehen im

Berglande	$\frac{1}{24}$
Hügellande	$\frac{1}{36}$
Flachlande	$\frac{1}{44}$

Um die Frachtkosten auf einer Strasse niedrig zu gestalten, ist der tiefste und höchste Punkt des Weges durch eine möglichst gleichmässig ansteigende Linie zu verbinden, da auf einer solchen Bahn der Arbeitsaufwand am kleinsten wird. Bekanntlich ist jede Senkung oder Erhebung des Längenschnittes unter oder über diese Linie ebenso gut ein verlorenes Gefälle, wie eine unnütz überschrittene Höhe.

Die günstigste Neigung für **Rampen** richtet sich gewöhnlich nach dem Zwecke derselben. Für Deichüberfahrten, für Rampen von Feldwegen u. s. w. kommen Neigungen von 6 bis 8% auch im Flachlande vor. Anrampungen vor Brücken sollen zur Vermeidung von Verkehrsstörungen eine möglichst schwache Neigung etwa 3 bis 4% höchstens erhalten.

Der **Querschnitt der Strassen** ist meistens dachförmig geneigt mit abgerundeten Scheitel und es richtet sich die Stärke der Neigung nach Lage und Zweck des Weges. In Ortschaften mit wesentlich landwirtschaftlichen Betrieben und in der Nähe derselben werden breite, flache Strassen angelegt, um die Einfahrten in die einzelnen Gehöfte möglichst bequem zu halten. Im freien offenen Gelände dagegen fallen diese Rücksichten fort, da die Zu- und Abfahrten nach und von den angrenzenden Ländereien durch Rampen und Ueberfahrten beliebig gestaltet werden können.

Die **Breite** einer Strasse ist abhängig von der Art und Grösse des Verkehrs, von der Sicherheit desselben und von der Breite der Betriebsmittel. Es empfiehlt sich die Strassenbreite mindestens stets so zu bemessen, dass an jeder Stelle der Strasse zwei beladene Fuhrwerke neben einander fahren, bzw. sich begegnen können. Geringere Breiten sind nur ausnahmsweise zulässig und kommen bei Gebirgsstrassen vereinzelt vor, wo sie die Folge zu hoher Anlagekosten sind, oder bei ganz untergeordneten Feldwegen im Flachlande, wo ein Ausweichen des einen Fuhrwerks ev. durch Befahren des angrenzenden Ackerstückes erfolgen kann. Derartige schmale, einspurige Strassen sind sehr teuer in der Unterhaltung und wegen der Anlage von Ausweichstellen unzweckmässig für den Verkehr.

Die Strassenbreite wird eingeteilt in **Fahrbahn**, **Sommerweg**, **Berme** und **Fussweg**. Neben der Strasse befinden sich in der Regel zu beiden Seiten Gräben, welche von den Nachbargrundstücken durch Schutzstreifen getrennt sind.

Die **Fahrbahn** liegt in der Mitte der Strasse derart, dass Strassenachse und Fahrbahnachse möglichst zusammenfallen. Sie hat den Zweck den Druck der Lastfuhrwerke und Zugtiere aufzunehmen und auf eine grosse Fläche des Unterbaues zu verteilen. Ferner muss sie eine sichere und leichte Bewegung der Zugtiere und Wagen gestatten. Die Fahrbahn soll fest, wetterbeständig und möglichst glatt sein, trotzdem muss sie eine ausreichend rauhe Oberfläche besitzen, um das Triebgewicht der Zugtiere voll zur Wirkung kommen zu lassen.

Der **Sommerweg** wird als leicht befestigter Weg vielfach auf Flach- und Hügellandstrassen und zwar neben der befestigten Steinbahn angelegt. Fast immer wird derselbe neben gepflasterten Fahrwegen angeordnet. Er dient in erster Linie dem Verkehr von Reitpferden, unbeschlagenen Zugtieren und dem leichten land-

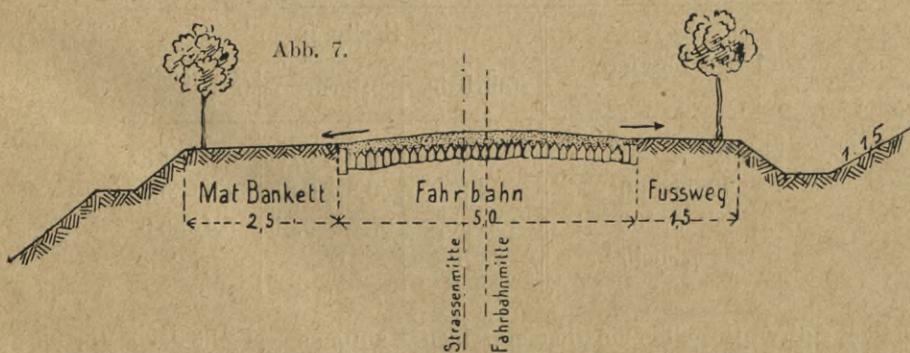
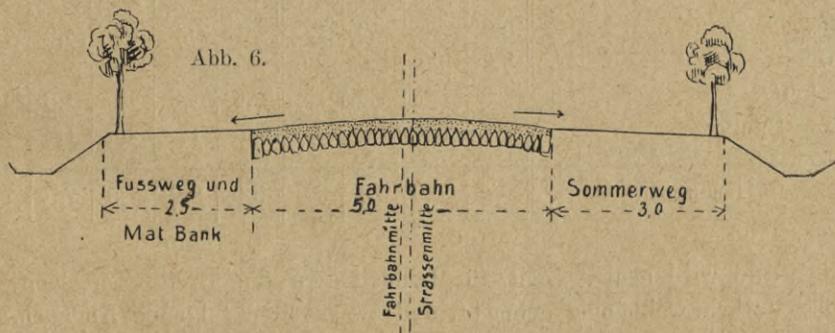
wirtschaftlichen Wagenverkehr. Ferner bietet sich durch Anlage desselben die Möglichkeit, bei anwachsendem Verkehr die Fahrbahn der Strasse entsprechend zu verbreitern, oder den Weg erforderlichen Falles zu Strassenbahnzwecken zu benutzen. Bei stärkeren Neigungen von Flach- und Hügellandstrassen wird der Sommerweg bei der Thalfahrt infolge der grösseren Reibung und der damit verbundenen Schonung der Pferde von Fuhrwerken mit Vorliebe benutzt.

Sind die Anlagekosten einer Strasse sehr hoch, so nimmt man von der Ausführung des Sommerweges meist Abstand. Fast gar nicht finden sich Sommerwege auf Gebirgsstrassen, weil einerseits bei der grösseren Breite der Strasse die Baukosten und infolge der starken Neigungen die Unterhaltungskosten sehr teuer werden, andererseits die Bauart der Wagen und die Ausrüstung derselben mit guten Bremsen zum Befahren stark geneigter Bahnen die Anlage von Sommerwegen überflüssig machen.

Berme und Fussweg werden bei Strassen und Sommerwegen meist zusammen auf der anderen Seite der Fahrbahn angelegt. Die Berme (Bankett) dient zur Anlage von Baumpflanzungen und zur Materiallagerung. Bei kleineren Strassenbreiten wird häufig der Fussweg für die zeitweise Lagerung der Baumaterialien mitbenutzt.

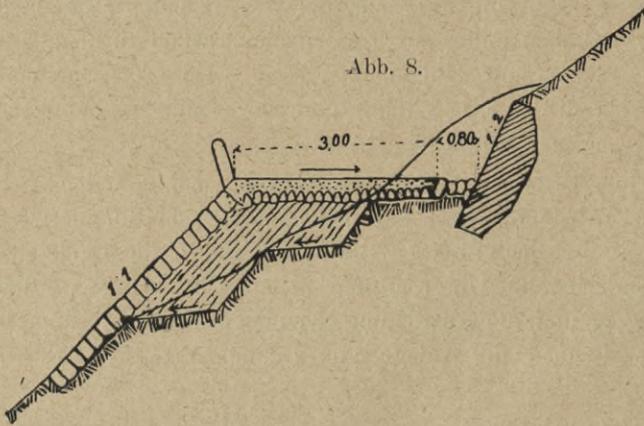
Der Fussweg dient dem Verkehr der Fussgänger und wird zu diesem Zwecke meistens als Lehmschlagbahn (Lehm und Kies) ausgeführt.

Auf Gebirgsstrassen werden Bermen in Rücksicht auf die Sicherheit des Verkehrs in der Regel auf der Thalseite, Fusswege auf der Bergseite angeordnet.



Einen üblichen Strassenquerschnitt für Flach- und Hügellandstrassen zeigt Abb. 6. Kommt der Sommerweg in Fortfall, so empfiehlt es sich, die Strassenteilung nach Abb. 7 zu wählen.

Gebirgsstrassen bestehen vielfach nur aus der Fahrbahn Abb. 8.



Als **Maasse üblicher Breiten** können für Strassen die Grenzweite von 5,0 und 15,0 m angesehen werden. Bei der Breite von 5,0 m entfallen 3,0 m auf die Fahrbahn und je 1,0 m auf die Bermen. Zu diesen Maassen tritt noch die Breite ev. Grabenanlagen und diejenige des Schutzstreifens hinzu.

Für die meisten Länder sind die zu wählenden Strassen-

breiten behördlicherseits vorgeschrieben.

In Preussen gelten nach der Cirkular Verf. S. 13 i. A. als grösste Breite 12,0 m, als kleinste 7,0 m.

Die gebräuchlichsten Abmessungen in m giebt folgende Tafel.

	mit Sommerweg				ohne Sommerweg					
	Steinbahn	5,0	4,5	4,0	4,5	5,6	5,0	5,0	4,5	4,5
Sommerweg	3,0	3,0	2,5	2,5	—	—	—	—	—	—
Mat. Bankett	2,0	1,5	1,5	1,5	2,0	1,8	1,5	1,8	1,5	1,5
Fussgänger Bankett	1,5	1,0	1,0	0,5	1,4	1,2	1,0	1,2	1,5	1,0
Gesamtbreite	11,5	10,0	9,5	9,0	9,0	8,0	7,5	7,5	7,5	7,0

In Baden wird neuerer Zeit für Landstrassen die Breite derselben von der Stärke des Verkehrs abhängig gemacht, und zwar gelten folgende Angaben.

Zahl der Zugtiere	Breite in m		
	Fahrbahn	Berme	Gesamtbreite
bis 30	3,6	0,3—0,6	4,2—4,8
30 bis 60	4,2	0,3—0,6	4,8—5,4
60 „ 100	4,5—5,4	0,45—0,75	5,4—6,0
100 u. mehr	4,8	1,2	7,2

In der Schweiz gelten in den einzelnen Kantonen verschiedene Vorschriften. Es haben die Hauptstrassen,

Kantonstrassen I. Klasse eine Breite von 5,0—7,0 m
 „ II. „ „ „ „ 4,2—6,0 m

„Bockelberg“ empfiehlt für mit Obstbäume bepflanzte Strassen folgende Abmessungen in m.

Steinbahn	3,5—4,1	4,1	4,7—5,3	6,8—7,0
Sommerweg	3,2—3,8	3,8—4,4	4,4—4,7	4,7—5,3
Fussweg	2,0	2,0	2,0—2,3	2,3—2,9
Gesamtbreite	8,7—9,9	9,9—10,5	11,1—12,3	13,8—15,2

Eine andere Angabe von „Bockelberg“ ist für Steinbahnen nachstehende.

Für geringen Verkehr: Steinbahnbreite 3,4 bis 4,0 m

„ mittleren „ „ 4,0 „ 4,6 „

„ grösseren „ „ 4,6 „ 5,7 „

„Umpfenbach“ schlägt folgende Teilung und Abmessung vor.

Steinbahn	3,6	3,6	3,6	4,8	4,8	6,0	6,0	6,0
Sommerweg	—	—	3,6	—	4,8	—	4,8	4,8
Mat. Bankett	0,9	1,2	—	1,8	—	2,4	—	1,2
Fussweg	0,9	1,2	1,8	1,8	2,4	2,4	3,0	1,8
Reitweg	—	—	—	—	—	—	—	1,8
Gesamtbreite	5,4	6,0	9,0	8,4	12,0	10,8	13,8	15,6

In Russland haben die befestigten Landstrassen für den Hauptverkehr in der Regel neben einer 6,3 m breiten festen Fahrbahn zu beiden Seiten 3 bis 4,0 m breite unbefestigte Streifen, welche als Reit- und Marschwege dem Heerverkehr dienen und nicht befahren werden dürfen. Bei geringerem Verkehr wird die Breite entsprechend ermässigt. I. A. werden in Russland die Landstrassen breiter angelegt als in Deutschland ebenso in Frankreich, wo folgende Breiten üblich sind.

Bezeichnung der Strassen	Steinbahn	Fussweg	Gesamtbreite
routes impériales	6,66	6,66	20,00
„ départementales	6,00	3,00	12,00
Chemins de grande communication	6,00	2,00	10,00
Chemins d' intérêt commun . . .	5,00	1,50	8,00

Derartige Breiten sind namentlich bei Hauptstrassen für den Land- und Durchgangsverkehr zum Wenden und Ueberholen von Wagen und für den Heerverkehr angebracht. Ausserdem gewinnen sie für den Verkehr schnellfahrender Fahrzeuge (Automobile) an Bedeutung.

Das **Quergefälle** dient zur Oberflächenentwässerung und zwar soll das Regenwasser so schnell wie möglich nach den Seiten abgeführt werden, um ein Durchweichen der Bettung zu vermeiden. Die Stärke der Neigung richtet sich nach dem Befestigungsmaterial der Strassenoberfläche bzw. nach der Rauigkeit der Fahrbahn und nach dem Längsgefälle der Strasse.

Gewöhnlich wird der Scheitel der Fahrbahn nach einem Kreisbogen geformt, während die Seiten, die Bermen und Sommerwege als Widerlager sich geradlinig anschliessen.

Uebliche Mittelwerte für das Quergefälle giebt folgende Tafel.

Längs- gefälle ‰	Quergefälle in ‰				
	Stein- schlagbahn	Stein- Pflasterb.	Holz- Pflasterb.	Asphalt- bahn	Sommer- weg
0	7,0	5,0	4,0	1,5	5,0
0 bis 3,5	5,5	4,0	3,0	0,5	3,5
3,5 u. mehr	4,0	3,0	2,0	—	1,5

Bermen erhalten meistens eine Querneigung von 4 bis 5‰.

Zu starke Seitenneigungen erschweren den Verkehr und können bei Glatteis sogar gefährlich werden. Immerhin muss hervorgehoben werden, dass für die Entwässerung ein starkes Seitengefälle namentlich bei breiten Strassen zweckmässig ist, um ein Abfliessen des Wassers und ein Ausspülen der Steinbahn in der Längsrichtung zu vermeiden.

Den Gebirgsstrassen wird in Rücksicht auf die Sicherheit des Verkehrs meist ein einseitiges Gefälle nach der Bergseite zu gegeben. Das auf der Bergseite gesammelte Wasser wird alsdann unter dem Strassenkörper mittelst Durchlässen zu Tal geleitet.

Seitengräben sind zur Entwässerung des Strassenkörpers und zur Abführung des Tagewassers erforderlich. Sie werden in Einschnitten oder bei niedrigen Aufträgen bis zu 0,6 m Höhe zu beiden Seiten des Strassenkörpers angelegt. Die Sohlbreite richtet sich nach der Entwässerungsfläche der Strasse und des angrenzenden Geländes und soll nicht unter 0,5 m betragen. Die Tiefe der Gräben wird gewöhnlich zu 0,5 bis 1,0 m angenommen. Uebliche Abmessungen in m giebt nachstehende Tafel.

Obere Breite	4,0	3,6	2,4	2,1	2,0
Sohlen „	1,0	0,6	0,6	0,6	0,5
Tiefe	1,0	1,0	0,6	0,5	0,5
Böschungs-Breite	1,5	1,5	0,9	0,75	0,75

Die Neigung der natürlichen Böschungen ist 1:1,5.

Das Längsgefälle folgt meist der Bodengestaltung. Für die schnelle und sichere Ableitung des Wassers und des Strassenschlammes empfiehlt es sich, den

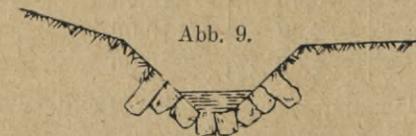


Abb. 9.



Abb. 10.

Seitengräben eine kräftige Neigung zu geben. Uebliche Verhältnisse sind 1:800 und 1:600; „zur Nieden“ empfiehlt 1:500. Wird das Gefälle noch stärker gewählt, so müssen die Böschungen gegen den Angriff des Wassers geschützt werden. Dies erfolgt durch Rasenbekleidung, Einschüttung von Gerölle oder Steinschlag und endlich durch Pflasterung der Sohle und der Böschungen nach Abb. 9.

Bei Anschnitten wird der Graben nur auf der Bergseite angelegt und das Wasser mittelst Durchlässen talwärts abgeleitet.

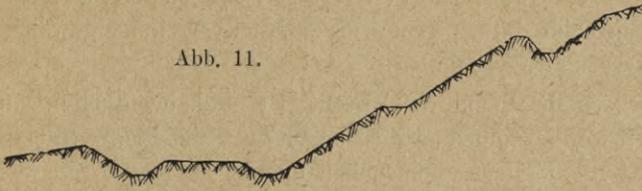
In gebirgigen Gegenden und bei besonders tiefen Einschnitten werden häufig an Stelle der Seitengräben an beiden Seiten gepflasterte Rinnen von 1,0 bis 1,5 m Breite angelegt. Abb. 10.

Das Längsgefälle gepflasterter Rinnen oder Gossen beträgt bei Verwendung

von rauhen Feldsteinen	1:100 bis 1:150
„ glatten Pflastersteinen	1:200 „ 1:300
„ versetzten Klinkern	1:500 „ 1:600

Bei längeren An- und Einschnitten werden an den bergseitigen Rändern zur Sicherung der Einschnitte kräftige Seitengräben gezogen. Abb. 11.

Abb. 11.



Schutzstreifen werden an der Aussenseite der Gräben und am Dammfuss zu beiden Seiten der Strasse angelegt. Die Breite derselben beträgt gewöhnlich nicht über 0,6 m,

bei hohen Grundpreisen wird dieselbe auf 0,5 m eingeschränkt. Sie haben den Zweck die Gräben und Dämme vor den Angriffen der Ackergeräte zu schützen und dienen zur Aufnahme der Grenzmarken.

D. Oberbau.

Unter dem Oberbau der Strasse versteht man die Strassenfahrbahn und ihre Bettung. Je nach der Befestigungsart der Fahrbahn unterscheidet man Schotter- (Steinschlag) Strassen (Chaussee) und Pflasterstrassen.

Landstrassen werden meistens mit Schotterbahnen ausgeführt seltener mit Pflasterbahnen. Pflasterbahnen kommen vorwiegend in Städten*) oder in ländlichen Ortschaften vor und auf Landstrassen nur dann, wenn bei stärkerem Lastverkehr die Anlage und Unterhaltungskosten wesentlich billiger als diejenigen der Schotterbahnen sind.

Schotterstrassen.

Sie bestehen i. A. aus der Packlage, der Zwischenlage und der Decklage.

Besondere Sorgfalt ist auf die richtige Wahl und die zweckmässige Anordnung des Steinmaterials zu verwenden.

Das **Steinmaterial** der Fahrbahn muss vor allem fest, körnig, nicht spröde sein und die Fähigkeit besitzen, gut und schnell abzubinden. Nicht verwendbar sind Steine die stark splintern, wie Feuersteine u. a. oder weiche Steine die Feuchtigkeit ansaugen und leicht zermalmt werden, wie weiche Kalk-, Sandsteine u. a.

1. Fest und gut bindend sind Basalt, Porphy, Granit, Urkalk.
2. Fest und mager sind Gabbro, Grünstein, Syenit, Quarzfels, Keupersandstein, Grauwacke u. a.
3. Weniger fest und gut bindend sind Muschelkalk und ähnliche Kalksteine.
4. Weniger fest und mager sind Buntsandstein und andere lose Sandsteine.

Sind Steine verschiedener Güte vorhanden, so muss das beste Material zur Decklage benutzt werden. Eine Mischung ist unzulässig, da die Verschiedenartigkeit des Materials eine ungleichartige und schnelle Abnutzung der Fahrbahn zur Folge hat.

*) Aus diesem Grunde werden Pflasterstrassen in dem Kapitel IV. Stadtstrassen weiterbehandelt.

Zur Decklage eignen sich besonders die Steinarten unter 1 und 2, während das unter 3 und 4 angeführte Material als Decklage nur bei Strassen mit geringem Verkehr noch geeignet erscheint. Dagegen sind die Steinarten unter 3 und 4 sehr wohl als Pack- und Zwischenlage verwendbar.

Die **Packlage** bildet bei erdigem Unterbau die Bettung für die Fahrbahn und besteht aus hochkantig, pyramidenförmig aufgestellten und im dichten Verband versetzten Bruchsteinen von 10 bis 20 cm Höhe. Die Packlage soll eine sichere, trockene, elastische Unterlage für die Fahrbahn bilden, eine gute Druckverteilung gewähren und ein Emporquellen des Untergrundes verhindern.

Nachdem der Erdkörper entsprechend hergestellt ist und eventuelle Aufschüttungen gehörig festgestampft worden sind, um jedes Sacken zu vermeiden, werden die Packlagesteine mit der breiten Kante möglichst dicht nebeneinander aufgesetzt, die keilförmigen Zwischenräume zwischen den Spitzen durch kleinere passende Steine (Zwicker), welche die Zwischenlage bilden, „verkeilt“ und schliesslich die überstehenden Spitzen abgeschlagen. Die Oberfläche der Packlage wird schwach gewölbt bzw. geneigt gehalten.

Um ein ausreichend starkes Widerlager für die Bettung zu schaffen und zur festen Abgrenzung der Steinschlagbahn gegen Sommerweg und Fussweg werden vielfach noch Kantensteine oder Bordsteine angewendet. Die Kantensteine sind von regelmässiger Form, bestehen gewöhnlich aus demselben Material wie die Packlagesteine und haben eine Stärke von 15 bis 20 cm. Sie werden



Abb. 12.

mit stumpfem Stoss dicht aneinandergesetzt und reichen etwa 10 cm in den Erdkoffer hinein. Abb. 12. Da Kantensteine sehr häufig den Wasserabfluss hindern, somit die Bildung von Wassersäcken und im Winter ein Auffrieren der Strassenseiten be-

günstigen, wird meist von der Anwendung derselben Abstand genommen. Man ordnet dafür an den Seiten etwas kräftigere Packlagesteine an.

Die Stärke der Packlage schwankt i. M. zwischen 10 und 20 cm. Bei festerem Untergrund wird eine Stärke bis 10 cm, bei weicherem Boden häufig eine Stärke bis 20 cm und mehr vorgesehen. Auf Stein- oder Felsuntergrund fällt die Packlage ganz fort, da die Fahrbahn zu hart wird und durch die Stösse der Fuhrwerke die Steine zerschlagen werden. Bei Felsuntergrund empfiehlt es sich die Schotterbahn direkt auf den Fels zu legen, in welchen vorher bis 30 cm breite 10 bis 15 cm tiefe Querrillen eingearbeitet werden, um der Fahrbahn einen ausreichenden Halt zu geben.

Die **Decklage** der Fahrbahn wird aus Steinschlag unter Zusatz von Bindematerialien hergestellt. Sie dient der Bewegung von Zugtieren und Wagen und zur Aufnahme des geäusserten Raddruckes.

Das Material des Steinschlages besteht vorzugsweise aus Basalt, welcher sich infolge seiner Härte und seiner Wetterbeständigkeit selbst bei schwerem Fuhrwerksverkehr zur Fahrbahn sehr gut eignet.

Die Herstellung des Steinschlages geschieht durch Maschinen und Handarbeit. Meistens erfolgt die Herstellung durch Handarbeit entweder mittelst kurzstielliger Hämmer von 3 bis 4 kg Gewicht oder durch langstiellige etwa 0,5 kg schwere Schwunghämmer. Kurze Hämmer liefern ein gleichmässigeres und deshalb besseres Material. Die durchschnittliche Leistung eines Arbeiters bei 8 stündiger Arbeitszeit beträgt bei weichem Gestein 3,5 cbm, mittelhartem Gestein 2,5 cbm und hartem Gestein 1,8 cbm. Viel grösser und billiger sind die Leistungen der Brechmaschinen. Jedoch

liefern dieselben sehr ungleichmässiges und infolge des Zerdrückens und Quetschens der Steine häufig rissiges Material, das für Strassenbauzwecke weniger gut geeignet ist. Deshalb wird bei Maschinenarbeit ein Sieben und gutes Sortieren des Schotters erforderlich. Gewöhnlich sind in den Steinbrüchen beide Betriebe vertreten so z. B. in den Basaltwerken Triebendorf*) in Bayern. Zwei dort aufgestellte Brechmaschinen werden von einer 12-pferdigen Dampfmaschine getrieben. Jeder Steinbrecher erzeugt stündlich 1,25 bis 1,50 cbm Schotter. Im Mittel werden 7% Grobschotter, 29% Normalschotter, 35% Feinschotter und 29% Kutter gewonnen. Der Steinschlag der Decke muss möglichst gleichmässig und würfelförmig sein. Die Korngrösse beträgt je nach der Güte des Gesteins und dem Gewicht des zu erwartenden Verkehrs 3 bis 6 cm. Im Mittel soll hartes Gestein 4 cm, weiches Gestein 5 cm Stärke haben.

Die Stärke der Steinschlagdecke richtet sich nach dem Gewicht der Fuhrwerke, der Stärke des Verkehrs und der Güte des Steinschlages. Sie ist in der Mittè der Fahrbahn grösser als an den Seiten. In Preussen beträgt dieselbe i. M. 9 bis 12 cm. In anderen Staaten gelten als Maasse für die Mitte 10 bis 15 cm, für die Seiten mindestens 5 cm. Zu starke Schotterlagen sind nicht zweckmässig, da sie infolge der ungleichmässigen Abnutzung der Fahrbahn höhere Unterhaltungskosten erfordern. Ausserdem wird das tiefer liegende Schottermaterial nicht genügend ausgenutzt.

Das **Binde- und Füllmaterial** besteht aus Steingruss, Kutter, Steinsplisse, die als Abfälle bei der Herstellung des Schotters gewonnen werden oder aus scharfem, grobem Kies. Ganz zu verwerfen sind erdige und lehmige Bestandteile.

Nach Aufbringen des Schotters wird derselbe zunächst festgewalzt und dann mit dem Bindematerial überworfen, derart, dass die Hohlräume der Schotterbahn eben ausgefüllt werden. Hierauf wird das Material endgültig eingewalzt.

Die **Gesamtstärke** der fertigen Schotterstrasse richtet sich im Wesentlichen nach dem Gewichte der Fuhrwerke und nach der Güte des Steinmaterials. In Preussen gilt für den üblichen Land- und Frachtverkehr als mittlere Stärke 21 cm bis 28 cm. Bei leichterem Verkehr genügt eine Stärke von 15 cm bis 25 cm.

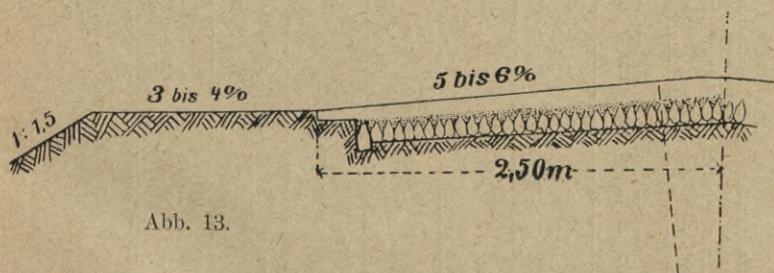


Abb. 13.

Um ein zweckmässiges Seitengefälle zu erzielen wird bereits die Oberfläche des Erdkörpers geneigt angelegt, und die Stärke der Pack-

und Decklage in der Mitte um 2 cm erhöht, dagegen an den Seiten um ebensoviel vermindert. Eine übliche Art der Ausführung zeigt Abb. 13.

Der **Materialbedarf** richtet sich nach der Breite und Stärke der Fahrbahn, nach dem gewählten Baumaterial und nach dem Untergrunde. Zur Beurteilung der für den Ausbau der Strassen erforderlichen Steinmasse mögen folgende Angaben dienen.

1 cbm gewachsener Fels liefert 1,6 bis 1,4 cbm Bruchsteine im geschichteten Haufen gemessen.

*) Vergl. Handbuch der Baukunde III. S. 180.

1 cbm geschichteter Bruchsteine enthält 0,6 bis 0,7 cbm Steinmasse.

1 cbm Kleinschlag enthält 0,5 cbm Steinmasse.

1 cbm geschichteter Bruchsteine liefert $\frac{0,6}{0,5} = 1,2$ bis $\frac{0,7}{0,5} = 1,4$ cbm Kleinschlag einschl. Kutter.

Zu 1 cbm Kleinschlag sind in Rücksicht auf Abfälle 1,2 cbm geschichteter Bruchsteine erforderlich.

1 cbm gedichtete Schotterbahn erfordert etwa 1,35 bis 1,60 cbm Kleinschlag oder 0,7 bis 0,8 cbm Steinmasse.

Bezeichnet a die Breite der Schotterbahn in m und b ihre Stärke in cm, dann erfordern 100 m Strassenlänge folgende Massen c in cbm.

Durchschnittliche Stärke in cm	Decklage			Mittellage			Packlage		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
28	5,6	9	50,5	5,45	7	38,0	5,45	12	65,5
26	5,6	9	50,5	5,45	7	27,5	5,45	12	
24	5,6	12	67,0	—	—	—	5,45	12	
22	5,6	10	56,0	—	—	—	5,45	12	
21	5,6	9	50,5	—	—	—	5,45	12	
28	5,0	9	45,0	4,85	7	34,0	4,85	12	58,0
26	5,0	9	43,0	4,85	5	24,5	4,85	12	
24	5,0	12	60,0	—	—	—	4,85	12	
22	5,0	10	50,0	—	—	—	4,85	12	
21	5,0	9	45,0	—	—	—	4,85	12	
28	4,5	9	40,5	4,35	7	30,5	4,35	12	52,0
26	4,5	9	40,5	4,35	5	22,0	4,35	12	
24	4,5	12	54,0	—	—	—	4,35	12	
22	4,5	10	45,0	—	—	—	4,35	12	
21	4,5	9	40,5	—	—	—	4,35	12	
28	4,0	9	35,0	3,85	7	27,0	3,85	12	46,0
26	4,0	9	36,0	3,85	5	19,5	3,85	12	
24	4,0	12	48,0	—	—	—	3,85	12	
22	4,0	10	40,0	—	—	—	3,85	12	
21	4,0	9	36,0	—	—	—	3,85	12	

An Kantensteinen sind bei 0,05 bis 0,1 m Breite und 0,20 bis 0,25 m Höhe auf 100 m Strassenlänge rd 3,0 bis 5,0 cbm erforderlich.

Die Menge des erforderlichen Bindematerials beträgt bei weicherem, gut bindendem Gestein (Steinarten 3 und 4 S. 27) und schwerer Walze 6% bis 8% der Steinschlagmenge, bei festem Gestein und schwerer Walze 10% bis 15%.

Bei **untergeordneten Strassen** wendet man anstatt der teureren Packlage Steinschlag Unterbau an. Derselbe besteht aus Steinen von 5 bis 8 cm Seitenlänge als unterste Lage. Auf diese werden Steine von kleineren Abmessungen

aufgebracht und schliesslich wird das Ganze unter Kies und Sandzusatz leicht abgewalzt. Zum Bau derartiger Strassen eignet sich alles Steinmaterial, welches nicht auffrostet. Die Anlagekosten derartiger Strassen sind natürlich wesentlich billiger.

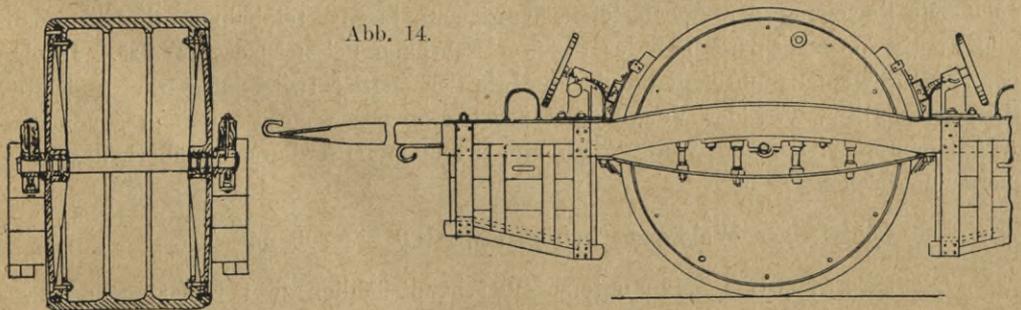
„Mac Adam's“ Schotterstrassen bestanden aus einer 10 bis 20 cm starken Steinbahn von Grobgeschläge, welches mit einer starken, groben Kies oder Sandschicht überworfen wurde. Eine Dichtung durch Walzen fand i. A. nicht statt, vielmehr wurde das Festigen der Strasse dem Verkehr überlassen.

Das **Walzen der Strassen** hat den Zweck, die neue Fahrbahn durch Druck so stark zu dichten und zu festigen, dass ein Einschneiden von Spuren durch Strassenfahrwerke ausgeschlossen bleibt. Die Walzung selbst erfolgt mittelst Pferde oder Dampfwalzen.

Gewalzte Bahnen haben den Vorzug einer glatten sicheren Fahrbahn, welche ohne Weiteres dem Verkehr übergeben werden kann. Die Wasserabführung nach den Seiten erfolgt schnell, wodurch ein Einsickern des Wassers und die Bildung von Wassersäcken im Unterbau der Strasse verhindert wird. Durch den starken Walzendruck werden die Steinmassen in kurzer Zeit zu einer dichten Decke zusammengedrückt, und somit wird Zeit und wesentlich an Material gespart, während bei losen Strassen, welche durch das Gewicht der Wagen festgefahren werden, eine dauernde, gewissenhafte Unterhaltung unter ständiger Ergänzung des Materials erforderlich ist.

Die Pferdewalze Abb. 14 besteht aus dem Walzcyylinder und dem Zuggestell. Der gusseiserne Walzcyylinder ist hohl mit inneren Verstärkungsrippen. Der Durchmesser des Mantels schwankt zwischen 1,0 und 2,0 m. Am häufigsten liegt dieses Maas für kleinere Walzen zwischen 1,0 und 1,5 m, für grössere Walzen zwischen 1,7 und 1,9 m. Schmale Walzen haben den Nachteil, dass sie in die losen Schottermassen zu tief einsinken. Zu breite Walzen sind schwerfällig und lassen sich der Fahrbahnoberfläche schlecht anpassen. Die Stärke des Walzenmantels beträgt i. M. 6 bis 8 cm, die der Seitenwände 3 bis 4 cm. Die Achse besteht aus Stahl und trägt an den Enden das Zuggestell.

Das Zuggestell wird entweder aus Holz oder Eisen ausgeführt. Meistens wird dem Holz der Vorzug gegeben, weil jede Ausbesserung an demselben leicht und



schnell vorgenommen werden kann. Das Zuggestell wird entweder einseitig als bewegliches Gestell oder auf beiden Seiten der Walze als festes Zuggestell Abb. 14

angeordnet. Bewegliche Zuggestelle gestatten ein Wenden der Gespanne bei feststehender Walze. Bei festen Gestellen ist ein Umspannen erforderlich, womit ein gewisser Zeitverlust verbunden ist. Gewöhnlich werden vor die Walze 4 bis 6, häufig auch 8 Pferde gespannt. Beim beweglichen Gestell muss zum Wenden die Walze auf die eine Seite der Strasse gefahren, oder es müssen die vorderen Gespanne ausgelöst werden. Der hiermit gleichfalls verbundene Zeitverlust und die Bewegung des schwerfälligen Zuggestells und der Pferde um 180° machen die Vorzüge des beweglichen Gestells sehr zweifelhaft. Am meisten verbreitet ist das feste Zuggestell. Der Aufwand an Zeit, welcher das Umspannen erfordert, (etwa 6 Minuten) ist ausserdem als Ruhepause für die Pferde nötig.

Zur Reinigung der Walze von aufgewickelterm Schmutz werden verstellbare Streich- und Kratzeisen angeordnet. Für die Regelung der Geschwindigkeit auf geneigten Bahnen sind an jeder Seite der Walze einfache, kräftige Klotzbremsen angebracht, welche mittelst Handrad und Spindelschraube leicht und sicher angezogen werden können.

Das Gewicht der Pferdewalze soll in möglichst weiten Grenzen leicht veränderlich sein. Es richtet sich nach der Art des Steinmaterials und der Tragfähigkeit des Untergrundes. Ausserdem wird jede Walzarbeit tunlichst mit leichten Walzen begonnen und der Druck stetig gesteigert. Die Belastung der Walzen erfolgt durch Ausfüllung des Hohlraumes mit Wasser, Sand, Steinen u. s. w. und ausserdem durch Aufsetzen von Belastungskästen auf die Zuggestelle. Am häufigsten erfolgt die Füllung des Cylinders mit Wasser. Bei teilweiser Füllung oder einseitiger Belastung wird die Bewegung der Walze ungleichförmig und die Arbeit mangelhaft. Das Gewicht der unbelasteten Pferdewalze beträgt etwa 40 bis 50 kg für 1,0 cm Walzenbreite, das der belasteten Walze i. M. 70 bis 100 kg. Als Mittelwert für das Gesamtgewicht gilt für unbelastete Walzen 6000 bis 8000 kg, belastete Walzen 8000 bis 10 000 kg.

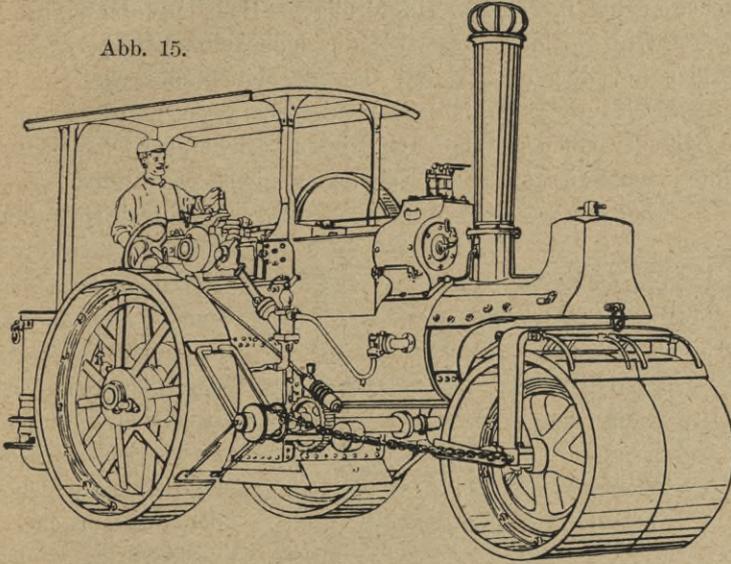
Die Fahrgeschwindigkeit der Pferdewalze muss eine mässige und gleichförmige sein, sie beträgt i. M. 0,5 bis 0,7 m/sek. Zur Bespannung dienen in der Regel 4 bis 6, häufig auch 8 Pferde. I. A. rechnet man 1,0 bis 1,25 t Walzengewicht auf 1 Pferd. Es empfiehlt sich die Bespannungszahl lieber etwas zu gross als zu klein zu wählen, da bei zu starker Anstrengung der Pferde die gewalzte Strecke durch den Eingriff der Hufe wieder zerstört wird. Aus diesem Grunde verwendet man auch zur Bewegung der unbelasteten Walze auf losen Steinbahnen dieselbe Zahl von Zugtieren, wie später auf der festeren Fahrbahn bei belasteter Walze. Infolge der Zerstörung der Fahrbahn durch die Hufe der Zugtiere wird auf stärker geneigten Strassen als 4% von der Verwendung der Pferdewalzen meist Abstand genommen. Auf längeren Neigungen von 8% ist ein Erfolg mit Pferdewalzen überhaupt nicht mehr zu erzielen.

Die Länge eines Walzweges beträgt etwa 400 bis 700 m.

Die Dampfwalze. Man unterscheidet hauptsächlich zwei Bauarten und zwar die französische und englische. Die letztere weniger gebräuchliche ist der Pferdewalze nachgebildet und besteht aus zwei gleichlangen, hintereinander liegenden Walzcyllindern. Am meisten vertreten ist die englische Bauart.

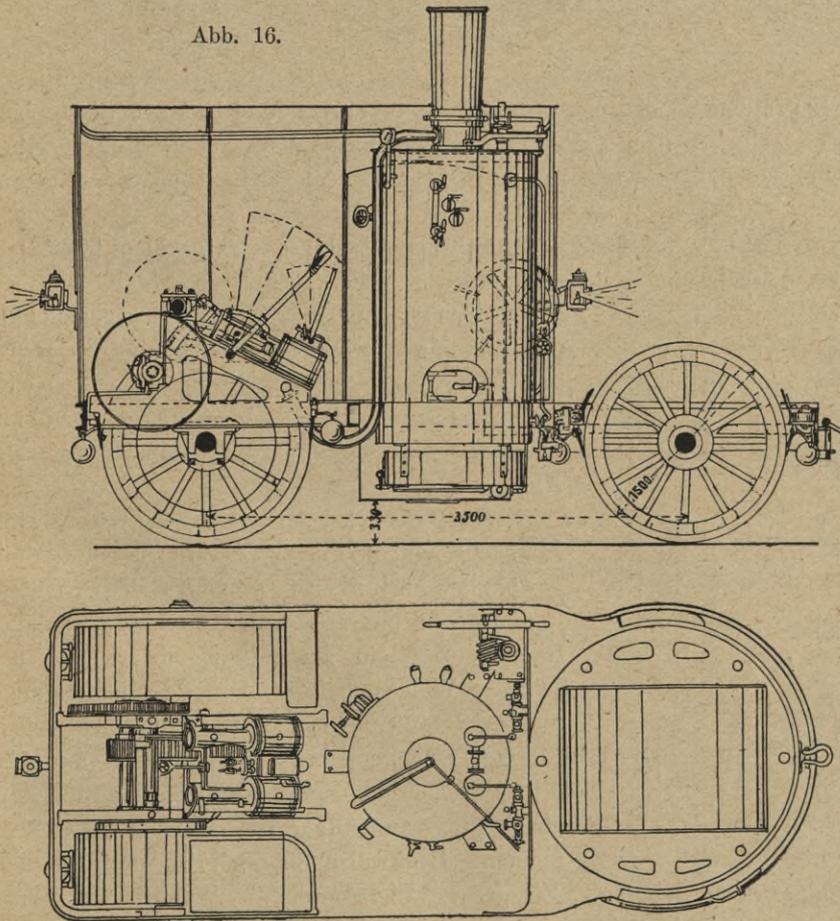
Die englische Walze von Aveling & Porter (Rochester) zuerst gebaut, hat vier

Abb. 15.



Walzen und zwar zwei feste hintere Walzen, welche gleichzeitig die Räder für die Dampfwalze auf der hinteren Achse bilden und zwei vordere Walzen, welche dicht neben einander auf der Vorderachse sitzen. Die Vorderachse ruht in einem beweglichen Rahmen. Die hinteren sind die Trieb-, die vorderen die Lenkwalzen. Der Langkessel ist auf beiden Achsen gelagert.

Abb. 16.



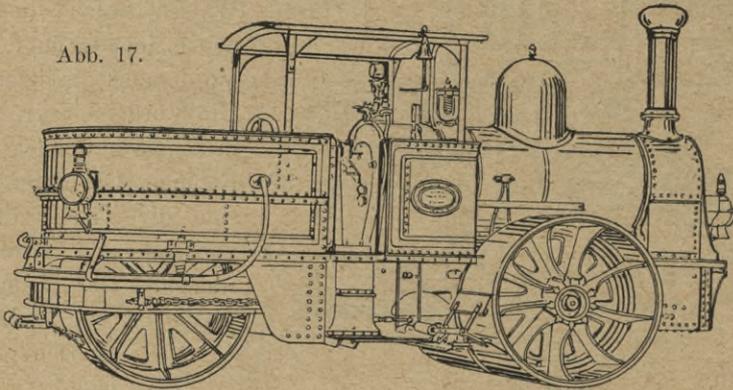
Eine in Deutschland sehr häufig ausgeführte Form zeigt Abb. 15.

Mehlis und Behrens Berlin bauten zuerst Dampfwalzen mit stehendem Röhrenkessel nach Abb. 16.

Die hinteren Walzen haben bei einem lichten Abstand von 1,0 m eine Breite von je 0,5 m.

Die Breite der Vorderwalze beträgt 1,0 m, sodass also eine Walzstrasse von 2,0 m entsteht. Die Vorderachse ruht in einem ringförmigen Rahmen, der mittelst Kette und Spindel bewegt wird. Hierdurch wird die unmittelbare Uebertragung von Stößen der Lenkwalze auf den Kessel und die Maschinenteile, wie sie bei der Lagerung der Langkessel unvermeidlich ist, ausgeschlossen. Die Dampfwalzen mit stehendem Kessel haben infolge der tiefen Schwerpunktslage einen sehr ruhigen Gang, sind jedoch für stärkere Neigungen nicht verwendbar.

Abb. 17.



Eine dritte übliche Bauart ist die von „Dreling“ angegebene und in Abb. 17 dargestellte. Durch den auf der Lenkwalze sitzenden Wasser-tender ist die Möglichkeit gegeben, den Walzdruck zu verändern. Diese Maschinen haben ferner den Vorzug, dass sie sehr leicht

und zwar bis zu einem Walzdruck von 60 kg für 1 cm Walzbreite herab gebaut werden können. Die Walzen arbeiten ruhig, durchfahren ohne Schwierigkeit Krümmungen bis zu 5,0 m Halbmesser und sind noch sicher bei 8% Neigung zu verwenden.

Das Leergewicht ausgeführter Dampfwalzen schwankt zwischen 6000 und 23 000 kg, das Wasser- und Kohlegewicht zwischen 2000 und 3000 kg. Die Breite der einzelnen Walzcyliner richtet sich nach dem Gesamtgewicht der Maschine. Der Druck auf 1 cm Walzenbreite bewegt sich zwischen 60 und 140 kg. Einige Abmessungen der Walzcyliner und deren Grundrissanordnung zeigt Abb. 18.

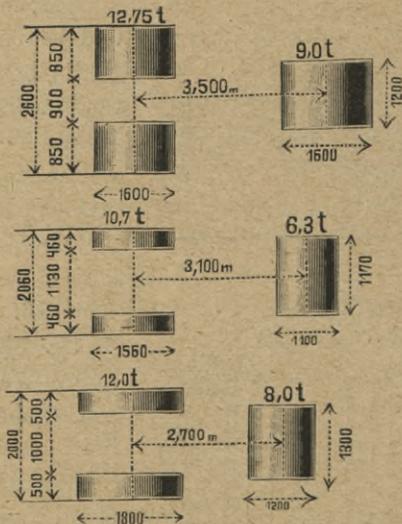


Abb. 18.

Die Triebachse ist stärker belastet als die Lenkachse und zwar erfolgt die Gewichtsverteilung gewöhnlich im Verhältnis von 3 : 2. Breite Walzen und Walzen mit grösserem Durchmesser sinken weniger tief ein als zu schmale, kleine und schwere Walzen, bei welchen das Befestigungsmaterial infolge des Einsinkens nach vorn wellenförmig verschoben wird. Obwohl es sich empfehlen dürfte, die Durchmesser der Walzen einer Maschine gleich gross zu halten, ist die Anordnung einer kleineren Lenkwalze für die grössere Beweglichkeit der Maschine doch geboten. Zu grosse Walzdurchmesser geben der Walze

einen schwankenden, unruhigen Gang.

Der Achsstand bei Walzen auf Hügelland und Bergstrassen ist kleiner als bei den Walzen auf Flachlandstrassen.

Die Walzarbeit beginnt bereits nach Herstellung der Packlage und Aufbringen der Zwischenlage. Die Bettung wird zunächst mit unbelasteten, leichten Walzen ohne Sandzusatz so lange befahren, bis dieselbe eine gleichmässige Dichte und Festigkeit erreicht hat. Elastische, nasse Stellen werden ausgehoben, ev. durch Steinrigolen oder Drains entwässert und von neuem verlegt und abgewalzt. Erst nachdem die Unterbettung genügend tragfähig und steif ist, darf mit dem Einbau des Schottermaterials begonnen werden.

Die Bewegung der Walze soll stets in der Richtung der Strassenachse erfolgen und zwar wird mit der Arbeit immer an den äusseren Rändern der Fahrbahn begonnen, sodass die Walze auf der einen Seite hin, auf der anderen zurückfährt. Erst nachdem die Ränder und die äusseren Seitenflächen ausreichend dicht geworden sind und nicht mehr ausweichen können, wird die Strasse nach der Mitte zu abgewalzt. Die Fahrgeschwindigkeit der Walze beim Beginn der Arbeit ist kleiner etwa 0,4 bis 0,6 m/sek und wird mit zunehmender Festigkeit bei Pferdewalzen bis zu 0,7 m/sek bei Dampfwalzen bis 1,0 m/sek gesteigert. Auf Neigungen muss die Geschwindigkeit wesentlich verringert werden.

Nach Aufbringen des Schottermaterials, das gleich in ausreichender Stärke zu erfolgen hat, wird die Fahrbahn zunächst trocken mit leichten Walzen befahren und überall eine gleichmässige Querneigung eingewalzt, hierauf wird der Schotter mit Füllmaterial dünn überworfen, mittelst Giesskannen leicht angefeuchtet und mit schwereren Walzen fest gewalzt. Während der Arbeit wird weiter das erforderliche Füllmaterial aufgebracht und die Bahn ständig angefeuchtet. Bei nasser Witterung und weichem Untergrunde muss das Anfeuchten vorsichtig geschehen. Die Zahl der Walzübergänge über eine Stelle beim Herstellen einer neuen Strasse hängt von der Art und Form des Steinmaterials, von der Stärke der Fahrbahn, dem Untergrunde, dem Walzengewicht, von der Witterung und von der Fähigkeit des Walzmeisters ab. Bei einem Gewicht der Dampfwalze von 13 000 bis 14 000 kg betrug auf Grund von Beobachtungen die Zahl der Uebergänge auf festem Untergrunde bei Muschelkalk bis 60, bei Basalt bis 110. Als durchschnittliche Tagesleistung einer Dampfwalze von 13000 bis 16000 kg Gewicht kann man erfahrungsgemäss annehmen für

Muschelkalk	50 bis 80	cbm,
Grubenkies	30 „ 70	„
Jurakalk	40 „ 60	„
Basalt	40 „ 60	„
Granit	30 „ 50	„
Porphy	20 „ 40	„

Bei der Zusammenstellung möglichst gleichartiger Strecken in Württemberg ergab sich, dass die Leistung der Dampfwalzen bei hartem Schotter um 21%, bei weichem um 41% grösser als bei Verwendung von Pferdewalzen war, und dass die Kosten für die Dampfwalzung bei hartem Schotter um 36%, bei weichem um 31% kleiner als für die Pferdewalzung waren.*)

*) Handbuch der Baukunde III. 4. Heft.

Die Kosten der Walzarbeit sind bei Dampfwalzen i. A. kleiner als bei Pferdewalzen. Als Mittelwert der Kosten für die festgewalzte Strasse kann man für 1 qm fertige Strassenfläche annehmen bei der

Pferdewalze 0,2 bis 0,4 M,

Dampfwalze 10 bis 25% weniger.

Als Mittelwert für 1,0 cbm fertig eingewalzten Kleinschlag einschl. aller Nebenarbeiten rechnet man bei der

Pferdewalze 1,0 bis 1,2 M,

Dampfwalze 0,8 „ 1,0 „

In nachstehender Tafel sind die Selbstkosten des staatlichen Walzbetriebes für 2 Walzen in Württemberg angegeben.

Gegenstand	Betriebskosten in Mark für eine Stunde.					
	Walze I		Walze II		im Mittel	
	Walz-Stunde	Arbeits-Stunde	Walz-Stunde	Arbeits-Stunde	Walz-Stunde	Arbeits-Stunde
1 Führer und Bedienung	1,73	1,68	1,41	1,36	1,57	1,52
2 Heizmaterial	0,74	0,72	0,71	0,69	0,73	0,71
3 Schmiermaterial	0,12	0,11	0,18	0,17	0,17	0,16
4 Putzmaterial	0,04	0,04				
5 Beleuchtung	0,01	0,01				
6 Unterhaltungskosten des Wagens und der Zubehöerteile	0,56	0,55	0,58	0,56	0,57	0,58
7 Kosten für Magazin- und Schuppenmiete	0,12	0,12	0,14	0,14	0,13	0,13
8 Belohnung und Sondergebühren für das masch. techn. Aufsichtspersonal	0,17	0,16	0,17	0,16	0,17	0,16
9 Verzinsung u. Amortisation	1,07	1,04	1,10	1,06	1,00	1,05
10 Höhere Aufsichtskosten	0,86	0,84	0,93	0,90	0,90	0,87
Zusammen	5,42	5,27	5,22	5,04	5,32	5,16

Setzt man hiervon die unter 10 aufgeführten höheren Aufsichtskosten ab, so erhält man die Kosten des eigentlichen Walzbetriebes, die mit den oben angegebenen Durchschnittswerten ziemlich genau übereinstimmen.

Der Aufwand von Arbeit und Kosten ist bei der Ausbesserung von Strassen um rd. 40% höher als bei der Herstellung neuer Strassen.

Bei Neubauten von Strassen ist die Dampfwalze der Pferdewalze fast durchweg vorzuziehen. Abgesehen von der grösseren Beweglichkeit und Leistung durch welche die Bauzeit wesentlich gekürzt wird, sind die durch Dampfwalzen gedichteten Strassen erheblich fester und können meistens selbst dem schwersten Landfuhrverkehr ohne weiteres übergeben werden. Ausserdem sind die Herstellungskosten

der Strasse billiger. Häufig wird als Nachteil die Unveränderlichkeit des Betriebsgewichtes hervorgehoben — ein Nachteil — der gegenüber den oben angeführten grossen Vorteilen nicht allzu hoch zu veranschlagen ist. Wird die Walzarbeit mit nicht zu schweren Dampfwalzen von etwa 10 000 bis 14 000 kg Dienstgewicht mit geringer Geschwindigkeit begonnen und unter sorgfältiger Beachtung aller Regeln durchgeführt, so werden immer gute, dauerhafte Strassenanlagen zu erreichen sein.

Sommerwege, Fusswege und Bermen. Sommerwege und Fusswege erhalten meist eine leichte Kiesdecke, welche festgestampft oder mittelst Handwalzen gedichtet wird. Vor allem ist für die gute Oberflächenentwässerung der Strasse auf die richtige Höhenlage und die Einhaltung des gewählten Quergefälles zu achten. Ferner müssen die Wege von erdigen Bestandteilen und vom Graswuchs frei gehalten werden. Die Entfernung des Graswuchses geschieht zweckmässig im Herbst, da durch die Winterfroste zurückbleibende Wurzeln zerstört werden.

Bermen werden gewöhnlich berast gehalten. Für den Wasserabfluss werden durch den Rasen Querrinnen von 25 cm Breite und 10 cm Tiefe nach den Böschungen und Gräben gezogen. Diese Rinnen sind stets offen zu halten.

Baumpflanzungen dienen als Verkehrsschutz und zur Zierde der Strasse. Sie geben dem Verkehr in dunklen Nächten und bei Schneeberuhungen die Richtung der Strasse an. Am meisten werden Obstbaumpflanzungen bevorzugt, weil Obstbäume keine weitverzweigten Wurzeln schlagen, wenig Schatten geben und ev. einen Geldertrag liefern. Sie eignen sich sowohl zur Anpflanzung auf Dämmen als auch in tiefen Einschnitten. Häufig werden auch höhere Böschungen der Einschnitte und Dämme mit Obstbäumen bepflanzt. Bevorzugt werden Kirsch-, Apfel- und Birnbäume.

Kirschbäume gedeihen überall, auch auf hartem, steinigem Boden selbst in höheren kälteren Gegenden, vor allem auf Kalk- und Mergelboden. Unter allen Obstbäumen erfordern Kirschbäume die wenigste Pflege.

Apfelbäume gedeihen am besten auf magerem nicht zu kaltem Boden. Sie besitzen flachgehende Wurzeln und liefern das haltbarste, einträglichste Obst, bedürfen aber guter Pflege.

Birnbäume verlangen tieferen, wärmeren Boden und zeichnen sich durch aufwärts gerichtete Aeste aus.

An Waldbäumen kommen vor die Linde, Birke, Eiche, Esche, Ulme, seltener die Buche. Für die freie Strasse weniger geeignet ist die Kastanie, dagegen wird dieser Baum infolge seines starken Schattens häufig auf Promenaden gepflanzt.

Die Baumpflanzungen werden gewöhnlich auf beiden Seiten der Strasse angelegt, bei Bergstrassen dagegen häufig nur auf der Talseite. Die Entfernung der einzelnen Bäume von einander beträgt i. M. 10,0 m, der Abstand von der Wegekante mindestens 0,3 m. Als vorteilhafte Abmessungen für den jungen Baum, der an Baumstangen festgebunden wird, gelten für die Stammhöhe 2,5 m und für die Stammstärke mindestens 0,05 m. Werden Telegraphenstangen aufgestellt, so soll die Entfernung der Zweige von dem nächsten Draht mindestens 0,60 m betragen.

Nach dem Pflanzen und Anbinden wird der Baum mit einem kleinen Erdwall kreisförmig umgeben. Diese sog. „Baumscheibe“ hat i. M. einen Durchmesser von 1,0 m und ist nach der Strassenseite zu offen, um das von der Strasse abfliessende düngereiche Wasser aufnehmen zu können. Ausserdem werden am äusseren Umfange der Baumscheibe nach der Strasse zu weiss angestrichene Schutzsteine oder Abweispfähle eingegraben.

Schneeschutzanlagen und Einfriedigungen. Sind Schneeschutzanlagen für schmalere Strassen erforderlich, so werden sie meistens als lebende Hecken aus Weiden, Schleh und Weissdorn ausgeführt. Man rechnet auf 1,0 m Heckenlänge etwa 8 bis 10 Pflänzlinge.

Als Einfriedigungen genügen meistens die Baumpflanzungen. Auf Dämmen über 1,0 m Höhe und an Abhängen werden trotz der Baumpflanzungen noch besondere Schutzvorrichtungen verlangt. Derartige Schutzanlagen sind Geländer, Schutzsteine, Brüstungsmauern u. s. w. Die Oberkante der Geländer und Mauern liegt gewöhnlich 1,0 m über Strassenoberkante. Schutzsteine haben gleichfalls eine Höhe von 1,0 m und eine freie Entfernung bis zu 2,0 m. Bei grösseren Entfernungen empfiehlt es sich eine Verbindung der Steine durch Drahtseile, Winkeleisen usw. herzustellen.

Abteilungszeichen. Die Strassenzüge werden in Stationen von je 100 m Länge eingeteilt. Diese Stationszeichen sog. „Nummersteine“ geben die Entfernung von einem bestimmten Anfangspunkte an und werden auf beiden Strassenseiten derart aufgestellt, dass für die eine Fahrrichtung die geraden für die andere Fahrrichtung die ungeraden Zahlen zu erkennen sind.

Unterhaltung der Schotterstrassen. Das natürliche Bestreben der Fuhrwerke möglichst auf der äusseren Seite der Strasse zu fahren, um beim Begegnen anderer Wagen nicht ablenken zu müssen, hat eine stärkere Abnutzung der Seiten zur Folge. In Deutschland ist das „Rechts fahren“ und „Rechts ausweichen“ gesetzlich bestimmt. Um durch den Fuhrverkehr eine gleichmässige Abnutzung der Fahrbahn herbeizuführen, werden allgemein Sperrzeichen verlegt. Dieselben bestehen aus grösseren, weiss angestrichenen Steinen, die auf die stärker abgenutzten Strassenteile gelegt werden, wodurch die Gespanne gezwungen werden, vorher abzulenken und die betreffenden Stellen zu schonen. Eine übliche Anordnung zeigt Abb. 19. Durch die Steine a b c

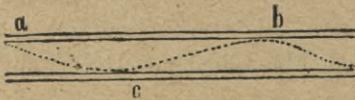


Abb. 19.

wird der Verkehr über die Strassenmitte gedrängt. Das Ausweichen der Wagen, und zwar hat in diesem Falle stets der unbeladene Wagen abzulenken, erfolgt nach den Zwischenräumen a—b usw. zu. Aus diesem Grunde dürfen die Sperrzeichen nicht zu eng gelegt werden. Vor Eintritt der Abenddämmerung und bei Eintritt von Nebel sind die Sperrsteine zu entfernen.

Zur Reinigung und Erhaltung der Fahrbahn muss dieselbe bei nasser Witterung abgeschlämmt werden. Das Abschlämmen erfolgt mittelst Schlammkratze entweder durch Hand- oder Maschinenarbeit. Ein Arbeiter ist im Stande mittelst Handkratze 600 bis 800 qm täglich abzuschlämmen. Unter den Maschinen ist die „Plockhorstsche“ Patent-

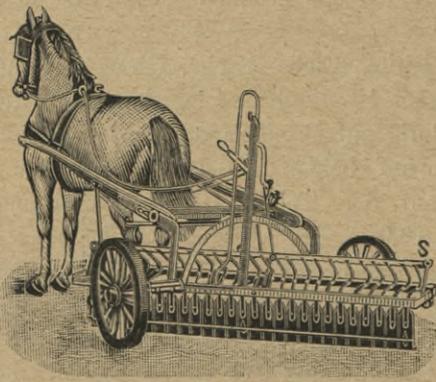


Abb. 20.

maschine Abb. 20 hervorzuheben. Dieselbe besteht aus einer Anzahl dicht nebeneinanderliegender schmaler Hartguss-Kratzen von bestimmter Form, die an der Schiene s beweglich befestigt sind. Durch Veränderung des Schienengewichtes oder durch Federkraft kann der auf die Strasse ausübende Druck geregelt werden. Die Leistung

dieser Maschine beträgt i. M. 7500 qm in der Stunde, die Ersparniss an Kosten gegenüber der Handarbeit 30 bis 40 %.

Das Abschlämmen muss rechtzeitig erfolgen, um ein Einpressen des Schlammes in die Fahrbahn durch die Wagenräder zu vermeiden und um Wind und Sonne auf die Oberfläche wirken zu lassen. Zweckmässig ist es bereits vorher während der trockenen Zeit stärkere Staubschichten nach ev. Besprengen durch leichte Kratzen zu entfernen, wodurch eine ungünstige Schlamm- u. U. ganz vermieden werden kann.

Zur Schonung der Decke wird nach dem Abziehen des Staubes und Schlammes dieselbe mit scharfem Kies, Splitt, scharfer Schlacke usw. überworfen. Nach „Gravenhorst“ betrug auf den im Kreise Stade angelegten 12 Versuchsstrecken nach 6jähriger Beobachtung der Mittelwert der Abnutzung

auf den unbekiesten Strecken	5,11 mm,
auf den jährlich in üblicher Weise mit 1,0 bis 1,25 cbm auf 100 m Länge bedeckten Kiesstrecken	3,55 „
auf den reichlich mit 2,0 bis 2,5 cbm auf 100 m Länge bedeckten Kiesstrecken	2,13 „

Das ständige Erneuern und Erhalten der Kiesdecke ist sehr zu empfehlen. Abgesehen davon, dass die festgewalzte, dichte Schotteroberfläche den Einwirkungen der Witterung entzogen ist, wird sie vor allem vor den unmittelbaren Eingriffen der Hufe und Wagenräder geschützt. Die Bewegung der Tiere und Wagen erfolgt sicherer und ruhiger. Ausserdem wird ein Wundlaufen unbeschlagener Tiere vermieden. Eine gute Bekiesung ermässigt die Unterhaltungskosten und verlängert die Lebensdauer der Strasse.

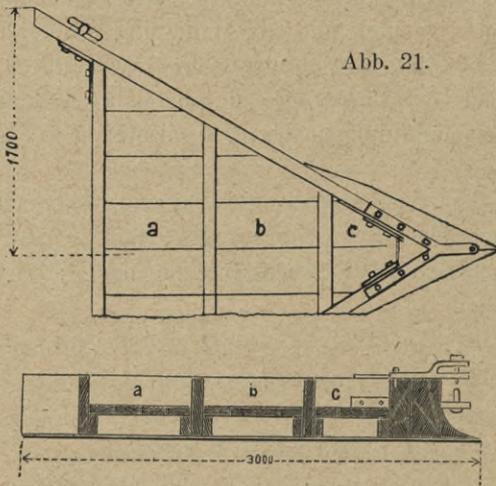
Die Unterhaltung der Strasse erfordert ferner die sofortige Beseitigung von Schlaglöchern, Radspuren, Mulden, Frostbeulen usw. Hierbei werden die schadhafte Stellen aufgehackt (wundmachen) ev. ausgehoben und von neuem regelrecht eingebaut. Die erste Dichtung des Materials erfolgt bei kleineren Ausbesserungen ev. durch Feststampfen mittelst Handrammen, die spätere Dichtung wird den Fuhrwerken selbst überlassen.

Bei stärkerer Abnutzung grösserer Flächen genügt das vorhin beschriebene sog. „Flicksystem“ nicht mehr, da dasselbe zu teuer wird und eine ordnungsmässige dauernde Erhaltung der Fahrbahn nicht mehr zulässt. Es empfiehlt sich alsdann eine teilweise oder völlige Neueindeckung der betreffenden Fläche vorzunehmen. Diese Arbeit bezeichnet man als „Decksystem.“

Vor jeder Neueindeckung einzelner Strecken wird zunächst die Strasse von Schlamm und Schmutz gut gereinigt. Bei der teilweisen Eindeckung werden alsdann an den äusseren Seiten der Deckstellen, mit der Mittellinie der Strasse gleichlaufend, Widerlagsflächen bis auf die Packlage aufgerissen. Desgleichen werden quer zur Fahrrihtung einzelne Streifen, die die schlechtesten Stellen aufnehmen, aufgebrochen. Die wunden Stellen werden gut gereinigt, der Schotter über die ganze Fahrbahn entsprechend der Querneigung der Strasse ausgebreitet und schliesslich unter Sandzusatz in der üblichen Weise festgewalzt.

Bei der vollständigen Neueindeckung einzelner Strecken wird die alte, abgefahrene Schotterbahn ganz beseitigt und nach Reinigung der Packlageoberfläche neues Schottermaterial eingebaut. Das durch den Aufbruch gewonnene Altmaterial

wird vielfach wieder eingebaut. Meist jedoch sind die alten Schottersteine derart rund geschliffen, dass man von der Wiederverwendung derselben bei besseren Strassen zweckmässigerweise Abstand nehmen wird. Arbeiten nach dem Decksystem führt man am besten im Frühjahr aus.



Die Beseitigung von Schnee erfolgt am besten mittelst des Schneepfluges Abb. 21*) der von 4 bis 6 Pferden gezogen wird. Der Eingriff des Schneepfluges wird durch Belastung von Steinen, die in die Kästen a b c geschüttet werden geregelt. Die Belastung wird gewöhnlich so stark bemessen, dass eine 8 bis 12 cm starke Schneeschicht auf der Strasse liegen bleibt, die von mittelschwerem Fuhrwerk bequem durchfahren

wird. Bei zu tiefem Eingriff wird die Fahrbahn aufgerissen. Nach starkem Schneefall wird gewöhnlich der Wagenverkehr eingestellt. Man begnügt sich alsdann, die durch Schneewehen entstandenen Haufen zu durchstechen und eine Fahrbahn für den Schlittenverkehr einzurichten.

Kosten des Neubaus und der Unterhaltung. Die Neubaukosten einer Schotterstrasse richten sich nach den örtlichen Verhältnissen, nach dem Untergrunde, nach den Kosten des Materials, der Breite der Strasse usw. Die Kosten der Fahrbahn sind von der Breite und Stärke des Steinmaterials abhängig.

Die Kosten einer Strasse von 10,0 m Breite von denen 5,0 m auf die Fahrbahn und 5,0 m auf den Sommerweg, Fussweg und die Bermen entfallen, betragen einschliesslich Grunderwerb, Erdarbeiten und aller Nebenanlagen im grossen Durchschnitt für 1 km in Deutschland im

Flachlande	10 000 bis 12 000	M,
Hügellande	12 000 „ 15 000	„
Gebirge	15 000 „ 25 000	„
tiefen Moor und Marschlande	20 000 „ 30 000	„

In der Provinz Preussen betragen die Baukosten i. M. für 1 km 12 000 M, in der Provinz Hannover desgl. 8000 bis 24 000 M.

In Schleswig kostete der Neubau für 1 km i. M.

auf der Geest	16 000 M,
in der Marsch	26 000 bis 27 000 M,
bei Klinkerstrassen	30 000 „ 32 000 „

Für jeden einzelnen Fall lassen sich die Kosten einer Neuanlage am sichersten durch einen Kostenüberschlag schätzen und später auf Grund des Entwurfes durch einen Kostenanschlag genau feststellen. Die Aufstellung der Kostenüberschläge und Anschläge erfolgt zweckmässig nach folgender Einteilung.

*) Handbuch der Baukunde III. 4. Heft.

- I. Grunderwerb und Nutzungsentschädigungen.
- II. Erdarbeiten.
- III. Befestigung der Böschungen.
- IV. Brücken und Durchlässe.
- V. Anfertigung der Steinbahn.
- VI. Baum- und Schutzpflanzungen.
- VII. Geländer und Stationszeichen.
- VIII. Hebestellen, Wohnhäuser u. s. w.
- IX. Gerätschaften.
- X. Anlage von Interimswegen.
- XI. Projektbearbeitung, Bauleitungskosten.
- XII. Insgemeinkosten, unvorhergesehene Ausgaben u. s. w.

Die Kosten der Unterhaltung der Schotterstrassen und aller Nebenanlagen liegen in Norddeutschland zwischen der Grenzen von 300 und 1000 M. für 1 km und betragen i. M. 500 bis 700 M. für 1 km, wovon 70 bis 80 % auf die Schotterbahn entfallen. Für die Unterhaltung der Schotterstrassen in Berlin wurden nach 10 jährigem Durchschnitt 0,56—1,23 Mk. für das Jahr und Quadratmeter bezahlt. Infolge dieser hohen Kosten hat man die Schotterung allmählich durch Stein- und Asphaltpflaster ersetzt.

In nachstehender Tafel sind die jährlichen Unterhaltungskosten für 1 km Strassenlänge verschiedener Provinzen und Staaten zusammengestellt.

Provinz bezw. Staat	Unterhaltungskosten für 1 km in M.	Bemerkungen
Reg.-Bez. Frankfurt a. M.	430	
„ „ Wiesbaden	430	
Provinz Preussen	560	Staatsaufsicht
„ Brandenburg	565	desgl.
„ Schleswig Holstein	520	
„ Hannover	580	
Braunschweig	590	
Oldenburg	300	
Württemberg	320	
Baden	450	
Bayern	200—360	
Schweiz i. A.	340 fr.	für schmale Strassen
in Kanton Neundorf	600—1100 fr.	
„ „ Genf	bis 5000 „	
Italien	956 lire.	
Frankreich	390 M.	

Für die Verteilung der zur Unterhaltung verbrauchten Kosten rechnet man i. A.

1. Gewinnung und Anfuhr des Baumaterials 41,0 %.
2. Arbeit des Aufbringens und Einbau 42,0 „
3. Walzung 4,2 „

4. Unterhaltung der Brücken und Durchlässe	2,5 „
5. Unterhaltung der Hochbauten	0,7 „
6. Einfriedigungen, Meilen- und Nummersteine	0,4 „
7. Baumpflanzungen	1,3 „
8. Geräte	2,0 „
9. Entschädigungen	0,5 „
10. Insgemein	5,4 „

Als Materialverbrauch kann man erfahrungsgemäss jährlich für 1,0 m Strassenbreite und 1,0 km Strassenlänge setzen bei

1. sehr hartem Schotter und einem durchschnittlichen Tagesverkehr von	
20 bis 30 Zugtieren	4 bis 6 cbm
50 „ 100 „	6 „ 7 „
100 „ 300 „	7 „ 8 „
2. Bei mittelhartem Schotter und einem durchschnittlichen Tagesverkehr von	
20 bis 50 Zugtieren	6 bis 8 cbm
50 „ 100 „	8 „ 9 „
100 „ 300 „	9 „ 10 „

IV. Stadtstrassen.

A. Allgemeines.

Selbst die kleinsten Organe der menschlichen Gesellschaft, Familien, Stämme, Gemeinden und Städte sind wie die Völker der Provinzen und Staaten in Lage und Ausdehnung der Wohnsitze von der Natur abhängig. Die gemeinsamen Interessen der Arbeit und des Schutzes führen die Menschen zusammen, deren Wohnsitze an Zahl und Umfang mit der Verdichtung der Bevölkerung zunehmen. Diese Gründe sind auch die wichtigsten für die Lage und Gestaltung der Wohnorte und deren weitere Entwicklung, Gründe die mit fortschreitender wirtschaftlicher Arbeitsteilung immer weiter auswachsen, bis sie auf den von der Natur besonders begünstigten Erdstellen jene Bevölkerungsdichte schaffen, wie sie die Kohlen- und Eisenreviere Nordeuropas, die Goldfelder Australiens und Kaliforniens, die buchtenreichen Ufer Süd- und Ost-Englands und Nordamerikas, der wichtigste Verkehrsknotenpunkt Deutschlands Berlin „die Spinne im Netz“ aufweisen.

Solche Ansammlungen legen sich mit Vorliebe an den Lauf der natürlichen Wege. Die Ströme sind Erzeuger und Nährer von Ortschaften, die nicht nur an den Mündungen sondern auch da wo Nebenflüsse in sie eintreten, wo sie umbiegen, wo sie anfangen schiffbar zu werden, wo andere Wege sie kreuzen oder in sie einmünden, Anlass zur Aufstauung und Ansammlung grösserer Zahlen von Menschen d. h. zur Orts- und Städtebildung geben. Hierbei kommt noch ein anderer wichtiger Faktor in Betracht, nämlich der Uebergang vom Wasser zum Lande und umgekehrt, welcher die Bewegung verzögert und namentlich durch den Wechsel der Betriebsmittel die Entstehung von Wohnorten und Städten wesentlich mitbedingt. Eine

hervorragende Bedeutung für die Anlage von Städten haben auch jene natürlichen Wege, die als Täler und Pässe in die Berge hinein und über sie hinwegführen und besonders sind hierbei ihre Mündungspunkte die natürlich vorbestimmten Stellen für die Lage einer Stadt. Auch diese Täler und Pässe sind nichts anderes als alte trockene Wasserbetten und Rinnen.

Ueberall auf der Erde wo verschiedene Bewegungsrichtungen zusammentreffen, tritt eine Verzögerung der bewegten Massen ein, bis sie mit veränderter Geschwindigkeit einer neuen Richtung folgen. Diese natürlichen Stauschwellen sind die günstigsten Sammelpunkte der Menschen, auf welche sich die Bewegung überträgt, die alsdann unter dem Begriff „Verkehr“ in Erscheinung tritt. Der Verkehr schafft Städte und bezeichnet sie als Mittelpunkte, Kreuzungspunkte oder Wechsellpunkte seiner Bewegungen und Strömungen, er ist für die Entwicklung derselben bestimmend, da die Lage jener Punkte im Hintergrunde tiefer Meeresbuchten, an Flussmündungen, an natürlichen Schnitt- und Sammelpunkten für den Widerstand der Bewegung d. h. für die Ausdehnung des Markt- und Verkehrsgebietes massgebend ist.

Jede Stadt und ihr Verkehr bilden schematisch betrachtet Kreise um einen gemeinsamen Mittelpunkt, welche die Verkehrsgebiete umfassen. Die Verkehrsströme bewegen sich von aussen nach innen und umgekehrt und endlich in der Kreislinie selbst, sie nehmen dabei diejenige Form und Stärke an, welche die Arbeitsteilung in der Stadt ihnen vorschreibt. Aussenverkehr und Binnenverkehr stehen deshalb im ursächlichen Zusammenhang.

Sowohl bei der Anlage einer neuen Stadt oder eines neuen Stadtteiles als bei Abänderung alter Strassenzüge sind es überall Rücksichten auf den Verkehr, durch welche Staat und Gemeinde in ihren Beschlüssen bezüglich der Gruppierung der Gebäude und Wohnungen ja selbst der einzelnen Zimmer bezw. der Feststellung und Durchführung eines Bebauungsplanes geleitet werden. Umsomehr tritt diese Rücksicht in den Vordergrund je beweglicher die Bewohner und je grösser die Widerstände sind, welche sich dem Verkehr entgegenstellen.

Das charakteristische des städtischen Strassenverkehrs ist seine Verschiedenartigkeit. Man unterscheidet den Verkehr von Haus zu Haus, von Strasse zu Strasse und von Platz zu Platz bezw. von Stadtteil zu Stadtteil. Noch verschiedenartiger sind die Betriebsmittel und deren Geschwindigkeit. Der Fussgänger und das Fahrrad, die Handkarre und die Staatskarosse, die Pferdebahn und die elektrische Strassenbahn, die schnellfahrenden Fahrzeuge (Automobile) usw. weichen in Gestaltung und Geschwindigkeit sehr von einander ab. Trotz dieser Vielseitigkeit sind die Verkehrsarten auf den einzelnen Strassenzügen einfach und scharf getrennt. Der Fussgängerverkehr ist auf die Fusswege (Bürgersteige) hauptsächlich angewiesen, während der Fuhrverkehr sich ausschliesslich auf dem Strassen- bezw. Fahrdamm bewegt. Durch diese Trennung des Fuss- und Fahrverkehrs wird bei einer zulässigen grössten Fahrgeschwindigkeit eine hohe Sicherheit gewährleistet. Die Tätigkeit der Bewohner verlangt jedoch nicht allein eine volle Sicherheit für die Person, sondern auch eine schnelle Abwicklung des Verkehrs. Zu diesem Zwecke werden Strassenbahnen von Stadtviertel zu Stadtviertel durch verkehrsreiche Strassenzüge gelegt, die ausser der grösseren Fahrgeschwindigkeit den grossen Vorteil der schärferen Trennung des übrigen Fahrverkehrs nach Richtungen besitzen, wodurch wiederum eine höhere Sicherheit des ganzen Verkehrs herbeigeführt wird. Das Bestreben die Fahrzeit

abzukürzen, den Verkehr einfach und glatt zu erledigen, hat für die Personenbeförderung die Einführung der Selbstabwicklung des Verkehrs zur Folge, welche namentlich im Massenverkehr eine hervorragende Rolle einzunehmen berufen ist.

Die Intelligenz der Bevölkerung kommt im Verkehrsleben zum Ausdruck. Je knechtischer und aristokratischer die Organe und ihre Verwaltung sind, desto einseitiger und untergeordneter ist das Verkehrsleben. Je grösser die Bewegungsfreiheit der Bevölkerung desto vielseitiger und vollkommener sind der Verkehr und seine Mittel. Deshalb bildet der Verkehr in der Geschichte aller Völker die sicherste Grundlage für die Beurteilung ihrer Cultur, denn der Verkehr gehört zum Wesen der Völker und zum Verkehr d. h. zur Bewegung gehören Freiheit in Raum und Zeit. Aufgabe des Staates ist es, den einzelnen Gemeinwesen die Bewegungsfreiheit zu geben und zu erhalten. Aufgabe der Gemeinden ist es, Grundlagen für die ordnungsmässige Entwicklung ihres Verkehrs zu schaffen, denselben in natürliche Bahnen zu leiten und in Gemeinschaft mit dem Staat über die Sicherheit desselben zu wachen.

B. Gesetzliche Bestimmungen.

In **Preussen** wird die Anlegung und Veränderung von Strassen und Plätzen in Städten und ländlichen Ortschaften durch das Gesetz vom 2. Juli 1875 geregelt. Dieses Gesetz umfasst Bestimmungen über:

1. Das Verfahren bei Festsetzung von Fluchtlinien.
2. Die Entschädigung der Grundeigentümer.
3. Die Erleichterung der Gemeinden in Tragung der Kosten für neuanzulegende Strassen und
4. Ausführungs- und Uebergangsbestimmungen.

a. Gesetz

**betreffend die Anlegung und Veränderung von Strassen und Plätzen in Städten und ländlichen Ortschaften.
Vom 2. Juli 1875.**

§ 1.

Für die Anlegung oder Veränderung von Strassen und Plätzen in Städten und ländlichen Ortschaften sind die Strassen- und Baufluchtlinien vom Gemeindevorstande im Einverständnisse mit der Gemeinde, bezüglich deren Vertretung, dem öffentlichen Bedürfnisse entsprechend unter Zustimmung der Ortspolizeibehörde festzusetzen.

Die Ortspolizeibehörde kann die Festsetzung von Fluchtlinien verlangen, wenn die von ihr wahrzunehmenden polizeilichen Rücksichten die Festsetzung fordern.

Zu einer Strasse im Sinne des Gesetzes gehört der Strassendamm und der Bürgersteig.

Die Strassenfluchtlinien bilden regelmässig zugleich die Baufluchtlinien, das heisst die Grenzen, über welche hinaus die Bebauung ausgeschlossen ist. Aus besonderen Gründen kann aber eine von der Strassenfluchtlinie verschiedene, jedoch in der Regel höchstens drei Meter von dieser zurückweichende Baufluchtlinie festgesetzt werden.

§ 2.

Die Festsetzung von Fluchtlinien (§ 1) kann für einzelne Strassen und Strassenteile oder, nach dem voraussichtlichen Bedürfnisse der näheren Zukunft, durch Aufstellung von Bebauungsplänen für grössere Grundflächen erfolgen.

Handelt es sich infolge von umfassenden Zerstörungen durch Brand oder andere Ereignisse um die Wiederbebauung ganzer Ortsteile, so ist die Gemeinde verpflichtet, schleunigst darüber zu beschliessen, ob und inwiefern für den betreffenden Ortsteil ein neuer Bebauungsplan aufzustellen ist und eintretenden Falls die unvorzügliche Feststellung des neuen Bebauungsplanes zu bewirken.

§ 3.

Bei Festsetzung der Fluchtlinien ist auf Förderung des Verkehrs, der Feuersicherheit und der öffentlichen Gesundheit Bedacht zu nehmen, auch darauf zu halten, dass eine Verunstaltung der Strassen und Plätze nicht eintritt.

Es ist deshalb für die Herstellung einer genügenden Breite der Strassen und einer guten Verbindung der neuen Bauanlagen mit den bereits bestehenden Sorge zu tragen.

§ 4.

Jede Festsetzung von Fluchtlinien (§ 1) muss eine genaue Bezeichnung der davon betroffenen Grundstücke und Grundstücksteile und eine Bestimmung der Höhenlage, sowie der beabsichtigten Entwässerung der betreffenden Strassen und Plätze enthalten.

§ 5.

Die Zustimmung der Ortpolizeibehörde (§ 1) darf nur versagt werden, wenn die von derselben wahrzunehmenden polizeilichen Rücksichten die Versagung fordern.

Will sich der Gemeindevorstand bei der Versagung nicht beruhigen, so beschliesst auf sein Ansuchen der Kreisausschuss.

Derselbe beschliesst auf Ansuchen der Ortpolizeibehörde über die Bedürfnissfrage, wenn der Gemeindevorstand die von der Ortpolizeibehörde verlangte Festsetzung (§ 1 Alinea 2) ablehnt.

§ 6.

Betrifft der Plan der beabsichtigten Festsetzungen (§ 4) eine Festung, oder fallen in denselben öffentliche Flüsse, Chausseen, Eisenbahnen oder Bahnhöfe, so hat die Ortpolizeibehörde dafür zu sorgen, dass den beteiligten Behörden rechtzeitig zur Wahrung ihrer Interessen Gelegenheit gegeben wird.

§ 7.

Nach erfolgter Zustimmung der Ortpolizeibehörde, bezüglich des Kreisausschusses (§ 5), hat der Gemeindevorstand den Plan zu Jedermanns Einsicht offen zu legen. Wie letzteres geschehen soll, wird in der ortsüblichen Art mit dem Bemerken bekannt gemacht, dass Einwendungen gegen den Plan innerhalb einer bestimmt zu bezeichnenden präklusivischen Frist von mindestens vier Wochen bei dem Gemeindevorstande anzubringen sind.

Handelt es sich um Festsetzungen, welche nur einzelne Grundstücke betreffen, so genügt statt der Offenlegung und Bekanntmachung eine Mitteilung an die beteiligten Grundeigentümer.

§ 8.

Ueber die erhobenen Einwendungen (§ 7) hat, soweit dieselben nicht durch Verhandlung zwischen dem Gemeindevorstande und den Beschwerdeführern zur Erledigung gekommen, der Kreisausschuss zu beschliessen. Sind Einwendungen nicht erhoben oder ist über dieselben endgültig (§ 16) beschlossen, so hat der Gemeindevorstand den Plan förmlich festzustellen, zu Jedermanns Einsicht offen zu legen und, wie dies geschehen soll, ortsüblich bekannt zu machen.

§ 9.

Sind bei Festsitzung von Fluchtlinien mehrere Ortschaften beteiligt, so hat eine Verhandlung darüber zwischen den betreffenden Gemeindevorständen stattzufinden.

Ueber die Punkte, hinsichtlich deren eine Einigung nicht zu erzielen ist, beschliesst der Kreisausschuss.

§ 10.

Jede, sowohl vor als nach Erlass dieses Gesetzes getroffene Festsetzung von Fluchtlinien kann nur nach Maassgabe der vorstehenden Bestimmungen aufgehoben oder abgeändert werden.

Zur Festsetzung neuer oder Abänderung schon bestehender Bebauungspläne in den Städten Berlin, Potsdam, Charlottenburg und deren nächster Umgebung bedarf es Königlicher Genehmigung.

§ 11.

Mit dem Tage, an welchem die in § 8 vorgeschriebene Offenlegung beginnt, tritt die Beschränkung des Grundeigentümers, dass Neubauten, Um- und Ausbauten über die Fluchtlinie hinaus versagt werden können, endgültig ein. Gleichzeitig erhält die Gemeinde das Recht, die durch festgesetzten Strassenfluchtlinien für Strassen und Plätze bestimmte Grundfläche dem Eigentümer zu entziehen.

§ 12.

Durch Ortsstatut kann festgestellt werden, dass an Strassen oder Strassenteilen, welche noch nicht gemäss der baupolizeilichen Bestimmungen des Orts für den öffentlichen Verkehr und den Anbau fertig hergestellt sind, Wohngebäude, die nach diesen Strassen einen Ausgang haben, nicht errichtet werden dürfen.

Das Ortsstatut hat die näheren Bestimmungen innerhalb der Grenze vorstehender Vorschrift festzusetzen und bedarf der Bestätigung des Bezirksrates. Gegen den Beschluss des Bezirksrates ist innerhalb einer Präklusivfrist von einundzwanzig Tagen die Beschwerde bei dem Provinzialrate zulässig.

Nach erfolgter Bestätigung ist das Statut in ortsüblicher Art bekannt zu machen.

§ 13.

Eine Entschädigung kann wegen der nach den Bestimmungen des § 12 eintretenden Beschränkung der Baufreiheit überhaupt nicht, und wegen Entziehung oder Beschränkung des von der Festsetzung neuer Fluchtlinien betroffenen Grundeigentums nur in folgenden Fällen gefordert werden:

1. wenn die zu Strassen und Plätzen bestimmten Grundflächen auf Verlangen der Gemeinde für den öffentlichen Verkehr abgetreten werden;
2. wenn die Strassen- oder Baufluchtlinie vorhandene Gebäude trifft und das Grundstück bis zur neuen Fluchtlinie von Gebäuden freigelegt wird;
3. wenn die Strassenfluchtlinie einer neu anzulegenden Strasse ein unbebautes, aber zur Bebauung geeignetes Grundstück trifft, welches zur Zeit der Feststellung dieser Fluchtlinie an einer bereits bestehenden und für den öffentlichen Verkehr und den Anbau fertig gestellten anderen Strasse belegen ist, und die Bebauung in der Fluchtlinie der neuen Strasse erfolgt.

Die Entschädigung wird in allen Fällen wegen der zu Strassen und Plätzen bestimmten Grundfläche für Entziehung des Grundeigentums gewährt. Ausserdem wird in denjenigen Fällen der No. 2, in welchen es sich um eine Beschränkung des Grundeigentums infolge der Einsetzung einer von der Strassenfluchtlinie verschiedenen Baufluchtlinie handelt, für die Beschränkung des bebauten Teiles des Grundeigentums (§ 12 des Gesetzes über Enteignung von Grundeigentum vom 11. Juni 1874) Entschädigung gewährt.

In allen obengedachten Fällen kann der Eigentümer die Uebernahme des ganzen Grundstücks verlangen, wenn dasselbe durch die Fluchtlinie entweder ganz oder soweit in Anspruch genommen wird, dass das Restgrundstück nach den baupolizeilichen Vorschriften des Ortes nicht mehr zur Bebauung geeignet ist.

Bei den Vorschriften dieses Paragraphen ist unter der Bezeichnung Grundstück jeder im Zusammenhange stehende Grundbesitz des nämlichen Eigentümers begriffen.

§ 14.

Für die Feststellung der nach § 13 zu gewährenden Entschädigungen und die Vollziehung der Enteignung kommen die §§ 24 ff. des Gesetzes über Enteignung von Grundeigentum vom 11. Juni 1874 zur Anwendung.

Streitigkeiten über Fälligkeit des Anspruchs auf Entschädigung gehören zur gerichtlichen Entscheidung.

Die Entschädigungen sind, soweit nicht ein aus besonderen Rechtstiteln Verpflichteter dafür aufzukommen hat, von der Gemeinde aufzubringen, innerhalb deren Bezirk das betreffende Grundstück belegen ist.

§ 15.

Durch Ortsstatut kann festgesetzt werden, dass bei der Anlegung einer neuen oder bei der Verlängerung einer schon bestehenden Strasse, wenn solche zur Bebauung bestimmt ist, sowie bei dem Anbau an schon vorhandenen bisher unbebauten Strassen und Strassenteilen von dem Unternehmer der neuen Anlage oder von den angrenzenden Eigentümern — von letzteren, sobald sie Gebäude an der neuen Strasse errichten — die Freilegung, erste Einrichtung, Entwässerung und Beleuchtungsvorrichtung der Strasse in der dem Bedürfnisse entsprechenden Weise beschafft, sowie deren zeitweise, höchstens jedoch fünfjährige Unterhaltung, beziehungsweise ein verhältnissmässiger Beitrag oder der Ersatz der zu allen diesen Maassnahmen erforderlichen Kosten geleistet werde. Zu diesen Verpflichtungen können die angrenzenden Eigentümer nicht für mehr als die Hälfte der

Strassenbreite, und wenn die Strasse breiter als 26 Meter ist, nicht für mehr als 13 Meter der Strassenbreite herangezogen werden.

Bei Berechnung der Kosten sind die Kosten der gesamten Strassenanlage und beziehungsweise deren Unterhaltung zusammen zu rechnen und den Eigenthümern nach Verhältniss der Länge ihrer, die Strasse berührenden Grenze zur Last zu legen.

Das Ortsstatut hat die näheren Bestimmungen innerhalb der Grenze vorstehender Vorschrift festzusetzen. Bezüglich seiner Bestätigung, Anfechtbarkeit und Bekanntmachung gelten die im § 12 gegebenen Vorschriften.

Für die Haupt- und Residenzstadt Berlin bewendet es bis zu dem Zustandekommen eines solchen Statuts bei den Bestimmungen des Regulativs vom 31. Dezember 1838.

§ 16.

Gegen die Beschlüsse des Kreis Ausschusses steht dem Beteiligten in den Fällen der §§ 5, 8, 9 die Beschwerde bei dem Bezirksrate innerhalb einer Präklusivfrist von einundzwanzig Tagen zu.

In den Fällen, in denen es sich um Wiederbebauung ganzer durch Brand oder andere Ereignisse zerstörter Ortsteile handelt, tritt an die Stelle dieser Präklusivfrist eine solche von einer Woche.

§ 17.

Die durch die §§ 5, 8 und 9 dem Kreis Ausschusse und in höchster Instanz dem Bezirksrate beigelegten Befugnisse und Obliegenheiten werden in den einem Landkreise angehörenden Städten mit mehr als 10000 Einwohnern, oder wenn unter mehreren beteiligten Gemeinden (§ 9) sich eine solche Stadt befindet, von dem Bezirksrate und in höherer Instanz von dem Provinzialrate, in den Stadtkreisen, oder wenn unter mehreren beteiligten Gemeinden (§ 9) sich ein Stadtkreis befindet, in höherer Instanz von dem Minister für Handel wahrgenommen.

In den Hohenzollerschen Landen tritt an die Stelle des Kreis Ausschusses der Amtsausschuss und steht auch diesem die Bestätigung der Ortsstatuten (§§ 12 und 15) zu. Die Beschwerdeinstanz bildet der Landesausschuss.

§ 18.

Bis dahin, dass in den verschiedenen Provinzen der Monarchie die Kreis Ausschüsse und die Bezirks- und Provinzialräthe gebildet sind, hat die Bezirksregierung (Landdrostei) die denselben durch dieses Gesetz überwiesenen Geschäfte wahrzunehmen.

Die Beschlussfassung in der höheren Instanz steht in den Fällen der §§ 5, 8 und 9 dem Minister für Handel, im Falle der §§ 12 und 15 dem Oberpräsidenten zu.

Für die Stadt Berlin liegt bis zur Bildung einer besonderen Provinz Berlin die Wahrnehmung der in den §§ 5, 8 und 9 dem Kreis Ausschusse beigelegten Funktionen dem Minister für Handel usw., die Bestätigung der Statuten nach den §§ 12 und 15 dem Minister des Innern ab.

§ 19.

Alle den Bestimmungen dieses Gesetzes entgegenstehenden allgemeinen und besonderen gesetzlichen Vorschriften werden hierdurch aufgehoben.

Alle Bestimmungen der im Verwaltungswege erlassenen Bauordnungen, sonstigen polizeilichen Anordnungen und Ortsstatuten, welche mit den Vorschriften dieses Gesetzes in Widerspruch stehen, treten ausser Kraft.

§ 20.

Der Minister für Handel wird mit der Ausführung dieses Gesetzes beauftragt.

b. Vorschriften

für die Aufstellung von Fluchtlinien und Bebauungsplänen vom 28. Mai 1876.

Allgemeine Bestimmungen.

§ 1. Für die Festsetzung von Fluchtlinien (§§ 1—4 des Gesetzes vom 2. Juli 1875) sind der Regel nach und so weit nicht nachstehend (§ 13) Ausnahme-Bestimmungen getroffen werden folgende Vorlagen zu machen:

I. Situations-Pläne, und zwar

- a. Fluchtlinien-Pläne, sofern es um die Festsetzung von Fluchtlinien bei Anlegung oder Veränderung von einzelnen Strassen oder Strassenteilen sich handelt,

- b. Bebauungs-Pläne, sofern es um die Festsetzung von Fluchtlinien für grössere Grundflächen und ganze Ortsteile sich handelt,
- c. Uebersichtspläne.

II. Höhen-Angaben. Hierunter werden verstanden:

- a. Längenprofile,
- b. Quer-Pofile,
- c. Horizontal-Kurven und Höhen-Zahlen in den Situations-Plänen.

III. Erläuternde Schriftstücke.

§ 2. Diese Vorlagen sollen:

- A. den gegenwärtigen Zustand,
- B. den Zustand, welcher durch die nach Maassgabe der beabsichtigten Fluchtlinien-Festsetzung erfolgende Anlegung von Strassen und Plätzen herbeigeführt werden soll,

klar und bestimmt darstellen. Dieselben müssen durch einen vereidigten Feldmesser aufgenommen oder als richtig bescheinigt und durch einen geprüften Baumeister oder einen im Kommunaldienste angestellten Baubeamten, durch welche die Richtigkeit der Aufnahme gleichfalls bescheinigt werden kann, mindestens unter der Mitwirkung eines solchen bearbeitet und dem entsprechend unterschriftlich vollzogen sein.

A. Darstellung des gegenwärtigen Zustandes.

I. Situations-Pläne.

§ 3. Der Maassstab, in welchem die Situations-Pläne (Fluchtlinien- und Bebauungs-Pläne) entworfen werden, darf in der Regel nicht kleiner sein, als 1:1000. Zusammenhängende Strassenzüge sind im Zusammenhange zur Darstellung zu bringen. Erhalten infolge dessen grössere Bebauungs-Pläne eine für ihre Benutzung unbequeme Ausdehnung (§ 12), so darf für dieselben zwar ein kleinerer Maassstab, bis 1:2500, angewendet werden, es ist in diesem Falle aber für jede Strasse, deren Fluchtlinien festgesetzt werden sollen, ein besonderer Fluchtlinien-Plan im Maassstabe von mindestens 1:1000 beizubringen.

Jedes Projekt erfordert die Beifügung eines Uebersichts-Planes, für welchen ein vorhandener gedruckter oder gezeichneter Plan oder auch ein Auszug aus einem solchen verwendet werden kann.

§ 4. Durch die Situations-Pläne soll das in Betracht zu ziehende Terrain mit seinen Umgebungen in solcher Ausdehnung dargestellt werden, dass die im Interesse des Verkehrs, der Feuer-sicherheit und der öffentlichen Gesundheit zu stellenden Anforderungen (§ 3 des Gesetzes vom 2. Juli 1875) ausreichend beurteilt werden können.

Alle vorhandenen Baulichkeiten, Strassen, Wege, Höfe, Gärten, Brunnen, offene und verdeckte Abwässerungen usw., ferner alle Gemarkungs-, Besitzstands- und Kulturgrenzen müssen in den Plänen mit schwarzen Linien dargestellt und, soweit es zur Deutlichkeit erforderlich, mit charakterisierenden Farben, jedoch nur bloss angelegt sein. In die Situations-Pläne sind ferner die Nummern oder sonstigen Bezeichnungen, welche die einzelnen Grundstücke im Grundbuche, beziehungsweise, wo Grundbücher nicht vorhanden sind, im Grundsteuer-Kataster führen und die Namen der Eigentümer einzuschreiben.

Die auf den gegenwärtigen Zustand bezüglichen Schriftzeichen und Zahlen sind schwarz zu schreiben. Jeder Plan ist mit der geographischen Nordlinie und einem Maassstabe zu versehen.

II. Höhen-Angaben.

§ 5. Die Höhen-Angaben müssen sich auf einen speziell zu bezeichnenden, möglichst allgemein bekannten festen Punkt, etwa auf den Nullpunkt eines in der Nähe befindlichen Pegels, am besten auf den Nullpunkt des Amsterdamer Pegels beziehen und ausschliesslich in positiven Zahlen erscheinen.

Von jeder in einem Fluchtlinien- oder Bebauungs-Plan projektierten Strasse ist, insoweit nicht nach den Ausnahme-Bestimmungen des § 13 davon abgesehen werden darf, ein Längen-Profil im Längen-Maassstabe des dazu gehörigen Situations-Planes und im Höhen-Maassstabe von 1:100 beizubringen.

Die Linie des in der Regel durch die Mitte des Strassendamms zu liegenden und in Stationen von je 100 m Länge mit den erforderlichen Zwischen-Stationen von mindestens je 50 m Entfernung einzuteilenden Nivellements-Zuges ist mit ihrer Stationierung in den zugehörigen Situations-Plänen rot punktiert anzugeben.

Wo erhebliche Aenderungen in der Terrain-Oberfläche in Aussicht genommen werden, oder wo nahe liegende Gebäude, Mauern, abgehende Wege usw. eine besondere Berücksichtigung verlangen, sind Quer-Profile aufzunehmen. Diese sind in einem Maassstabe, der nicht kleiner als 1:250 sein darf, zu zeichnen und zur Nummerierung, sowie zu den Ordinaten des Längen-Profiles übersichtlich in Beziehung zu bringen. Sind dieselben nicht rechtwinklig zum Haupt-Nivellement aufgenommen, so ist ihre Lage auch im Situations-Plane anzugeben.

In den Bebauungs-Plänen ist ausserdem bei hügeligem oder gebirgigem Terrain auf Grund eines Nivellements-Netzes die Gestaltung der Terrain-Oberfläche durch Horizontal-Kurven in Höhen-Abständen von je 1 m bis 5 m mittelst schwarz punktirter Linien und beige-schriebener Höhenzahlen übersichtlich darzustellen.

Alle Höhenzahlen werden in Metern angegeben und auf zwei Dezimalstellen abgerundet.

§ 6. Aus den Höhen-Angaben muss die Höhenlage sowohl der vorhandenen Strassen und Wege, als auch ihrer Umgebungen in solcher Ausdehnung hervorgehen, dass die Forderungen des Verkehrs und der zukünftigen Entwässerung, nicht minder die Bedingungen einer etwaigen späteren Fortsetzung vollständig beurteilt werden können.

Die höchsten und niedrigsten Stände aller Gewässer, welche auf die projektierten Anlagen von Einfluss sein können, sowie vorhandene Fachbäume und Pegel, insbesondere die Grundwasserstände, soweit deren Ermittlung bereits ausgeführt ist, oder im speziellen Falle notwendig erscheint, die Tiefen der etwa vorkommenden Moore oder sonstiger, die Strassen-Anlegung benachteiligender Bodenschichten, die Türschwellen der vorhandenen Gebäude, die Schienenhöhe nahe liegender Eisenbahnen usw. ebenso alle Festpunkte, an welche das Nivellement angeschlossen werden, müssen in den Profilen vollständig bezeichnet sein. In denselben werden die Wasserspiegel blau ausgezogen und beschrieben, dagegen alle sonstigen bestehenden Gegenstände, nicht minder die Ordinaten in schwarzer Farbe und Schrift angegeben, die Terrain-Linien braun unterwaschen, die Bodenschichten mit charakterisierenden Farben angelegt.

B. Darstellung des Zustandes, welcher durch die nach Maassgabe der beabsichtigten Fluchtlinien-Festsetzung erfolgten Anlegung von Strassen und Plätzen herbeigeführt werden soll.

Allgemeines.

§ 7. Die Aufstellung der Projekte bedingt eine sorgfältige Erwägung des gegenwärtig vorhandenen, sowie des in der näheren Zukunft voraussichtlich eintretenden öffentlichen Bedürfnisses unter besonderer Berücksichtigung der in dem § 3 des Gesetzes vom 2. Juli 1875 hervorgehobenen Gesichtspunkte.

Im Interesse der Förderung der öffentlichen Gesundheit und Feuersicherheit ist auch auf eine zweckmässige Verteilung der öffentlichen Plätze sowie der Brunnen Bedacht zu nehmen.

Betreffs der Strassenbreiten empfiehlt es sich, bei neuen Strassen-Anlagen die Grenzen, über welche hinaus die Bebauung ausgeschlossen ist,

- a. bei Strassen, welche als Hauptadern des Verkehrs die Entwicklung eines lebhaften und durchgehenden Verkehrs erwarten lassen, nicht unter 30 m,
- b. bei Nebenverkehrsstrassen von beträchtlicher Länge nicht unter 20 m,
- c. bei allen anderen Strassen nicht unter 12 m

anzunehmen.

Bei den unter a und b bezeichneten Strassen ist ein Längen-Gefälle von nicht mehr als 1:50, bezw. von 1:40, bei Rinnsteinen ein solches von nicht weniger als 1:200 nach Möglichkeit anzustreben.

Besonderes.

I. Situations-Pläne.

§ 8. Die anzulegenden oder zu verändernden Strassen und Plätze sind in dem Uebersichts-Plane mit roter Farbe deutlich zu bezeichnen.

In die Situations-Pläne sind die projektierten Bau-Fluchtlinien mit kräftigen zinnoberroten Strichen einzutragen. Fallen dieselben mit den Strassenfluchtlinien nicht zusammen, so sind die letzteren mit minder kräftigen Strichen auszuziehen und ist der Raum zwischen beiden blassgrün anzulegen. Die projektierten Rinnsteine werden durch scharfe dunkelblaue Linien, verdeckte Abwässerungen punktiert, unter Bezeichnung der Gefäll-Richtung mittelst blauer Pfeile, angedeutet,

die Strassen und öffentlichen Plätze blassrot, diejenigen Strassenseiten, welche nicht bebaut werden sollen, grün angelegt. Vorhandene Gebäude oder Teile derselben, welche bei der späteren nach Maassgabe der Fluchtlinien-Festsetzung erfolgenden Freilegung nicht beseitigt zu werden brauchen, sind in ihren charakterisierenden Farben dunkler anzulegen, als die abzubrechenden.

Die Namen, Nummern oder sonstigen Bezeichnungen der projektierten Strassen und Plätze, desgleichen die Breiten derselben werden mit zinnroten Schriftzeichen und Zahlen in die Situations-Pläne eingeschrieben.

II. Höhen-Anlagen.

§ 9. In den Längen-Profilen werden die projektierten Höhenlagen der Strassenzüge, speziell die Kronen-Linien der künftigen Strassenbefestigung mit zinnroten Linien ausgezogen und die Aufträge blassrot, die Abträge grau angelegt. In dieselben sind ferner die Brücken, Durchlässe, unterirdischen Wasserabzüge usw. unter Angabe der lichten Weiten und Höhen einzutragen.

An allen Brechpunkten der Gefälle, an sämtlichen Kreuzungs- oder Abzweigungspunkten von Strassen und an sonst charakteristischen Stellen werden die betreffenden Ordinaten zinnroter ausgezogen und mit den zugehörigen Zahlen ebenso beschrieben. Dagegen erhalten die auf die Abwässerung bezüglichen Höhenzahlen die blaue Farbe.

Die Längen der Strassenzüge von einem Brechpunkte des Gefalles bis zum nächstfolgenden werden, zusammen mit der Verhältniszahl des Gefalles in zinnroter Farbe über das Profil, die Namen, Nummern oder sonstigen Bezeichnungen der Strassen, übereinstimmend mit dem Situations-Plane, über oder unter dasselbe geschrieben.

Wenn zu einem Situations-Plane mehrere Längen-Profile gehören, so ist auf eine deutliche und übereinstimmende Bezeichnung der Anschlusspunkte unter schärferer Hervorhebung der Anschluss-Ordinate zu achten.

§ 10. Von jeder Strasse, deren Fluchtlinien festgesetzt werden sollen, sind mindestens so viele Quer-Profile zu entwerfen, wie dieselbe von einander abweichende Breiten erhält. Wo die in § 5 angegebenen besonderen Verhältnisse obwalten, sind die Quer-Profile entsprechend zu vermehren und zu erweitern.

Die graphische Behandlung der Quer-Profile entspricht derjenigen der Längen-Profile.

III. Erläuternde Schriftstücke.

§ 11. Den Fluchtlinien- und Bebauungs-Plänen sind schriftliche Erläuterungen beizufügen, in welchen unter Darlegung der bisherigen Beschaffenheit, Benutzungs-Art und Entwässerung des zu bebauenden Terrains und der Veranlassung zur Aufstellung des Projekts die bezüglich der Lage, Breite und sonstigen Einrichtung der Strassen, der Entwässerung derselben usw. beabsichtigten Anordnungen zu beschreiben und, wo es erforderlich ist, eingehend zu motivieren sind.

Dem Erläuterungs-Bericht sind beizufügen:

1) Ein Strassen-Verzeichnis, d. i. eine tabellarisch geordnete Uebersicht der Strassen und Plätze, welche verändert, verlängert oder neu angelegt werden sollen.

In das Verzeichnis sind aufzunehmen:

- a. die Namen, Nummern oder sonstigen Bezeichnungen,
- b. die Breiten jeder Strasse zwischen den Bauflucht- bzw. den Strassen-Fluchtlinien,
- c. die Gefäll-Verhältnisse und Längen-Ausdehnung der Strassen nach ihren verschiedenartigen Abschnitten und im Ganzen.

2) Ein Vermessungs-Register des von der Festsetzung der neuen Fluchtlinien betroffenen Grundeigentums.

Dasselbe muss gleichfalls tabellarisch geordnet, unter angemessener Bezugnahme auf den Situations-Plan und das Strassenverzeichnis enthalten:

- a. den Namen, Wohnort usw. des beteiligten Eigentümers,
- b. die Nummer oder sonstige Bezeichnung, welche das Grundstück im Grundbuche bzw. im Grund-Steuerkataster führt,
- c. die Grösse der zu Strassen und Plätzen für den öffentlichen Verkehr abzutretenden Grundflächen,
- d. deren Benutzungsart,
- e. die Bezeichnung und Beschreibung der vorhandenen Gebäude oder Gebäudeteile, welche von einer Strassen- oder Bau-Fluchtlinie getroffen werden oder sonst zur Freilegung derselben beseitigt werden müssen,

- f. die Grösse der Restgrundstücke,
- g. die Angabe, ob dieselben nach den baupolizeilichen Vorschriften des Orts noch zur Bebauung geeignet bleiben oder nicht.

§ 12. Die Zeichnungen und Schriftstücke sind nicht gerollt, vielmehr in einer Mappe oder in aktenmässigem Formate zur Vorlage zu bringen. Den einzelnen Plänen, welche auf Leinwand zu ziehen, mindestens aber mit Band einzufassen sind, ist kein grösseres Format, als dasjenige von 0,50 zu 0,66 m zu geben, und sind dieselben erforderlichen Falls klappenartig aneinander zu fügen.

Ausnahme-Bestimmungen.

§ 13. Die beizubringenden Vorlagen können auf einen Situations-Plan mit den erforderlichen Erläuterungen beschränkt bleiben :

- a. bei einer einfachen Regulierung oder Veränderung vorhandener Strassen, mit der eine Veränderung in der Höhenlage des Strassendamms nicht verbunden ist,
- b. bei einer nicht erheblichen Erweiterung ländlicher Ortschaften und kleiner Städte, die nicht in unmittelbarer Nähe grosser Städte liegen, sofern die Erweiterung nicht zu grösseren Fabrikanlagen, zu Eisenbahnhöfen, Begräbnisstätten oder sonstigen Anlagen, die auf die Feuersicherheit, die Verkehrsverhältnisse und die öffentliche Gesundheit von Einfluss sein können, in Beziehung stehen,
- c. bei einer Fluchtlinien-Festsetzung, die wegen besonderer Dringlichkeit schleunig zu erfolgen hat, und für die nach dem übereinstimmenden Urteile des Vorstandes und der Vertretung der Gemeinde, sowie der Ortspolizei-Behörde die Beibringung ausführlicherer Vorlagen entbehrlich erscheint.

Ausserdem bleibt es derjenigen Behörde, welche zunächst über die Fluchtlinien-Festsetzung zu befinden hat, vorbehalten, in sonstigen besonders motivierten Fällen die Vereinfachung der Vorlagen ausnahmsweise für zulässig zu erklären und zu bestimmen, welche Teile der vorstehenden Vorschriften (§§ 1—12) unausgeführt bleiben dürfen.

In allen diesen Ausnahmefällen einschliesslich der unter a, b und c aufgeführten, kann von den Behörden, die über die Fluchtlinien-Festsetzung nach dem Gesetze vom 2. Juli 1875 zu beschliessen haben, in jedem Stadium des Verfahrens die weitere Vervollständigung der Vorlagen nach Maassgabe der in den §§ 1 bis 12 gegebenen Vorschriften gefordert werden.

Berlin, den 28. Mai 1876.

C. Gestaltung der Strassen.

Das **Strassennetz**. Bei der Aufstellung des Bebauungsplanes für neue Städte oder Stadterweiterungen sind hauptsächlich folgende Punkte zu berücksichtigen:

1. Die Art, Grösse, Richtung und Uebersichtlichkeit des Verkehrs.
2. Die Beschaffenheit des Geländes.
3. Die Anlage von Versorgungsnetzen und die Lage ihrer Endstationen.
4. Der Zweck der einzelnen Stadtteile, die Lage der öffentlichen Gebäude, Plätze, Gärten usw.

Maassgebend für die Entwicklung eines Strassennetzes in verkehrstechnischer Hinsicht ist die Lage der wichtigsten Personen- und Güterumschlagstellen. Bei Hafenstädten sind die Landungsstellen End- und Ausgangspunkte für die Zu- und Abfuhr, welche sich auf Hauptstrassen in der Richtung nach Bahnhöfen, Fabriken, Marktplätzen usw. bewegt. Bei Landstädten ist es vornehmlich der Bahnhof oder der Marktplatz, welcher den Sammel- und Ausgangspunkt des Verkehrs bildet.

Die Anordnung des Strassennetzes kann je nach den örtlichen Verhältnissen und nach der Beschaffenheit des Geländes verschiedene Formen annehmen. Vielfach hat der Grundriss der Hauptstrassenzüge eine Dreieck, Rechteck oder Bogenform mit nach dem Mittelpunkte des Bogens gerichteten Strassen. Vielfach sind alle 3 Formen

vertreten und unter diesen diejenige am häufigsten, welche sich den besonderen Fällen am besten anpassen lässt.

Wird man vor die Aufgabe gestellt, für ein der Bebauung zu erschliessendes Gelände Hauptstrassenzüge anzulegen, oder solche in ein schon bestehendes Netz städtischer Strassen einzufügen, so wird die Lösung in den meisten Fällen darauf hinauslaufen, gegebene oder in der Bildung begriffene öffentliche Umschlagstellen oder Verkehrsknotenpunkte in bequemer Weise und auf kürzestem Wege zu verbinden. In der Regel werden alte, oft schon seit Jahrhunderten bestehende, durch den sich überlassenen Verkehr geschaffene Verkehrsrichtungen dem Ingenieur die Fingerzeige geben, und es wird der Hauptsache nach nur darauf ankommen, Hindernisse, welche der Verkehr ohne Unterstützung durch die wirtschaftliche Gemeinschaft nicht zu überwinden vermochte, zu beseitigen oder in geeigneter Weise zu umgehen.*)

Auch die Anlage der Versorgungsnetze, sowie die Lage ihrer Anfangs- und Endstationen sind von erheblichem Einfluss auf die Gestaltung eines Strassennetzes, wie z. B. die Gas- und elektrischen Kraftanlagen und ihre Leitungen bezw. die Lage derselben in der Strasse. Noch mehr tritt dies bei der Versorgung einer Stadt mit Wasser hervor. Die Lage der Hochbehälter, die der Hauptrohre, der Zuleitungen, die Lage der Ableitungen für die Abwässer und der Fäkalien sowie die Lage deren Verarbeitungsstellen beeinflussen die Gestaltung der Strassenzüge und der Strasse, die Lage der Häuser, deren Grundrissanordnung ja selbst die Anordnung der Wohnzimmer in hohem Maasse. Endlich ist auch der Zweck einzelner Stadtteile von Einfluss auf die Gesamtanlage der Strassenzüge. Die Lage von Geschäftsvierteln, Markthallen von Fabrikvierteln, von reichen Wohnvierteln, von Spielplätzen und Parkanlagen usw. ist für die Stärke und Richtung des Verkehrs und damit zugleich für die Gesamtgestaltung des Strassennetzes und seiner Teile gleichfalls massgebend.

Strassenbreite. Auch für die Bestimmung der zweckmässigsten Strassenbreiten und der Einteilung in Fahrdamm und Bürgersteig ist die Rücksicht auf den Verkehr in erster Linie entscheidend. Für die Gesamtbreite ist ferner die ausreichende Zufuhr von Licht und Luft mitbestimmend und zwar nimmt man $h = n b$ an. Es bezeichnet

h die Haushöhe,

b die ganze Strassenbreite,

n eine Erfahrungszahl des Ortes.

Gewöhnlich setzt man n nicht über 1,25 meistens jedoch kleiner oder gleich 1.

Bestimmend für die Wahl der Breite sind, abgesehen vom Zweck der Strasse, die Tiefen der angrenzenden Häuserblöcke, die Zahl der einmündenden Nebenstrassen und die Entfernung und Richtung der nächsten Hauptstrassen. Im Paragraph 7 der Vorschriften für die Aufstellung von Fluchtlinien und Bebauungsplänen vom 28. Mai 1876 S. 49. wird als Breitenmaass bei neuen Strassenanlagen empfohlen

a. bei Hauptstrassen nicht unter 30 m,

b. bei Nebenstrassen nicht unter 20 m,

c. bei allen anderen Strassen nicht unter 12 m.

Diese Maasse sind in allen grösseren Städten vielfach weit überschritten worden. So haben Nebenstrassen Breiten von 22, 26, 30 m erhalten, während die Baufluchten

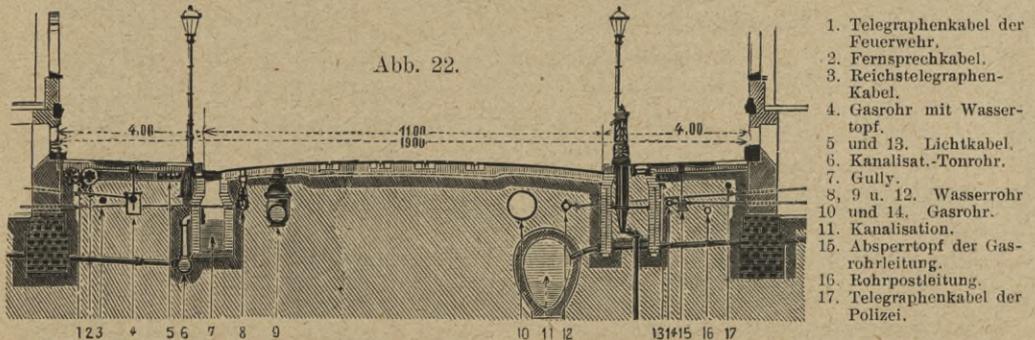
*) Berlin und seine Bauten I. 1896.

von Hauptstrassen 34, 38, 48 m und mehr entfernt sind. Besondere Strassen haben in ihren Abmessungen sogar eine Breite von 68, 77 m und mehr erhalten.

Die Gesamtbreite wird in der Regel in drei, bei grösseren Strassenbreiten in 5, 7 und mehr Teile zerlegt.

Die Breite des Fahrweges richtet sich nach der ortsüblichen Fuhrwerksbreite, welche meistens 1,5 bis 2,1 m und einschliesslich Sicherheitsstreifen 2,5 m beträgt. Sollen Strassenbahngleise angelegt werden, so hat erforderlichen Falls eine entsprechende Verbreiterung des Fahrweges einzutreten. Erfahrungsgemäss genügt eine Fahrdammbreite von 11—12 m selbst für einen ziemlich lebhaften Verkehr.

Fusswege macht man gewöhnlich etwa je 0,2 b breit, wenn b die Gesamtbreite der Strasse bedeutet. Sollen jedoch Versorgungsnetze unter den Fusswegen untergebracht und Baumpflanzungen neben den Bordsteinen angelegt werden, so sind die Fusswege entsprechend zu verbreitern. Breite Fusswege sind immer zweckmässig, da sie bei eintretender Entwicklung der Strasse einmal eine ev. Verbreiterung des Fahrdammes zulassen, andererseits eine bequeme Unterbringung aller Rohr- und Kabelleitungen gestatten, deren Legung und Ausbesserung ohne Störung des Fahrdammverkehrs vorgenommen werden kann. Endlich dienen die Fusswege zur Aufstellung von Laternen, von Leitungsmasten für elektrische Bahnanlagen, von Reklametafeln, Säulen, Pumpen usw., auch wird vielfach die Anordnung der ersten Treppenstufe der Hauseingänge in den Fussweg zugelassen, sodass ein erheblicher Teil Wegbreite



für den ungehinderten Fussgängerverkehr verloren geht. Abb. 22*) zeigt den Querschnitt einer Strasse der Stadt Berlin mit einer üblichen Breite von 19 m, von denen 11 m auf den Fahrdamm und je 4 m auf die Bürgersteige entfallen. Gleichzeitig ist die Anordnung, welche bei Einlegung der Versorgungsnetze in den Strassenkörper in der Regel befolgt wird, daraus zu ersehen. Röhren der Wasserversorgung müssen, um bei Rohrbrüchen die Fundamente der benachbarten Häuser nicht zu gefährden, mindestens 5 m von der Bauflucht entfernt bleiben, während die Entwässerungsleitungen, sofern sie nicht aus grösseren gemauerten Kanälen bestehen, im Allgemeinen unter den Bordschwellen ihren Platz finden. Im Strassenteil unter den Strassenbahngleisen werden Rohre, Kabel und sonstige Leitungen nicht verlegt.

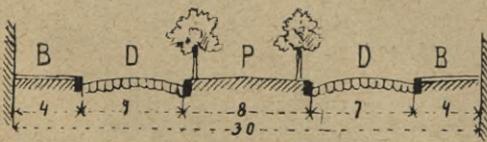


Abb. 23.



Abb. 24.

*) Berlin und seine Bauten I. 1896.

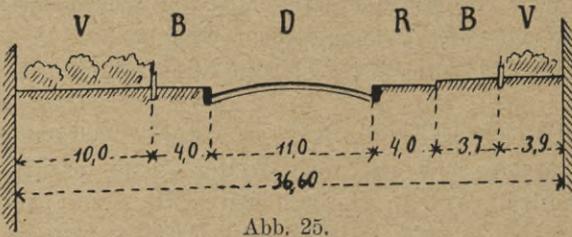


Abb. 25.

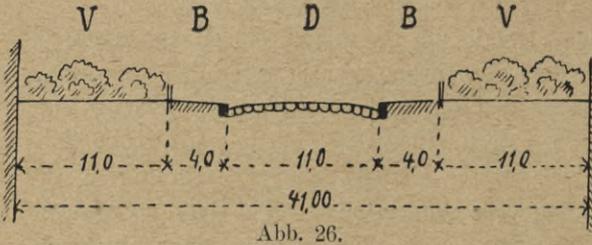


Abb. 26.

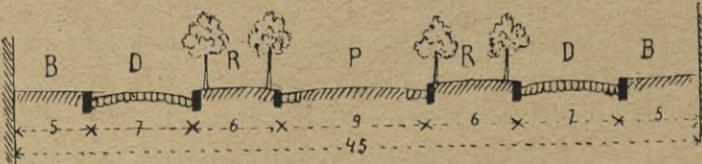


Abb. 27.

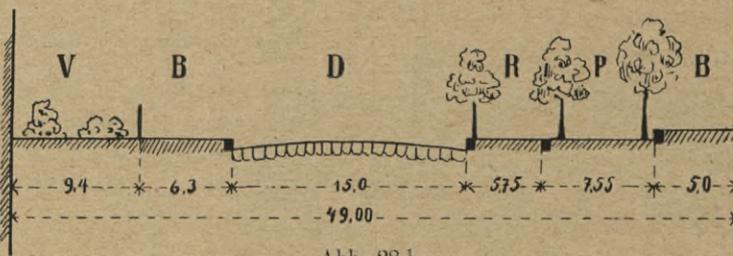


Abb. 28.

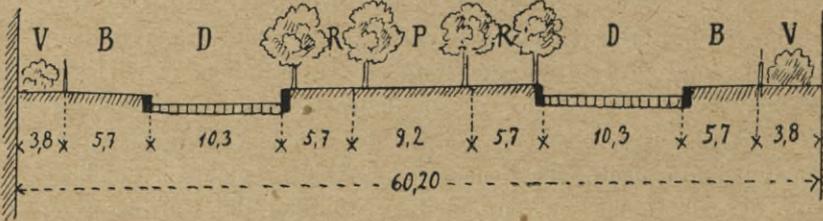


Abb. 29.

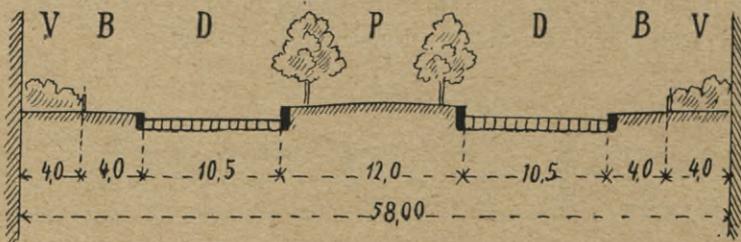


Abb. 30.

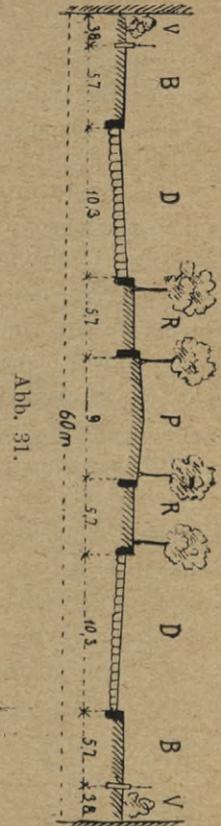


Abb. 31.

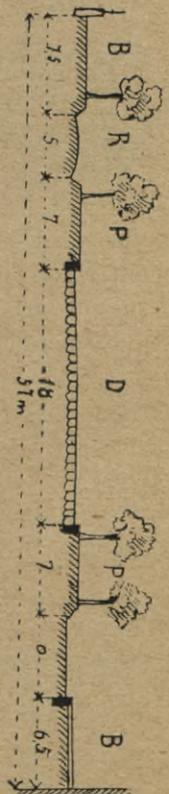


Abb. 32.

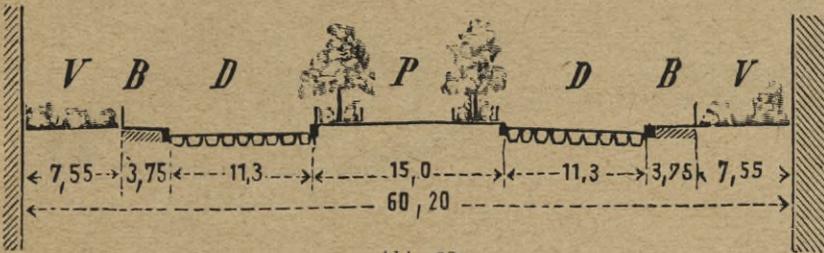


Abb. 33.

In nebenstehenden Abbildungen 23 bis 35 sind einige ausgeführte Strassenquerschnitte angegeben.

Strassen an Häfen, Landungsstellen usw. liegen mit ihrer Krone gewöhnlich

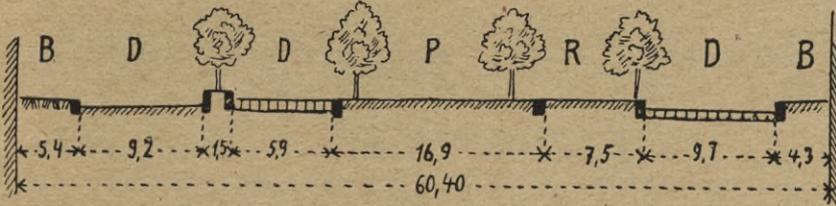


Abb. 34.

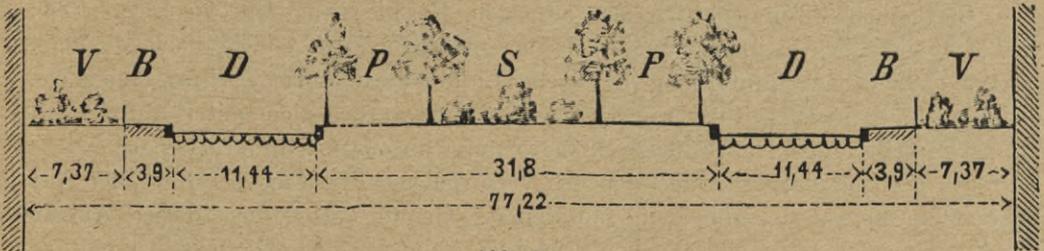


Abb. 35.

über Hochwasser und stehen mit den Lager und Ladeplätzen, den Schuppen usw. in direkter Verbindung. Vielfach jedoch werden die Ladestrassen und Ladegleise

unter den Hochwasserspiegel gelegt, alsdann führen zu den hochwasserfrei gelegten Speichern usw. besondere Anfahrten mit Wendepätzen, Schleifen u. dergl. Bekannte Anordnungen geben nachstehende Abbildungen 36 bis 39.

Ladestrassen vor Schuppen liegen so, dass die Laderampe des Schuppens und die Bodenfläche des Wagens in eine Höhe fallen. Die Höhe

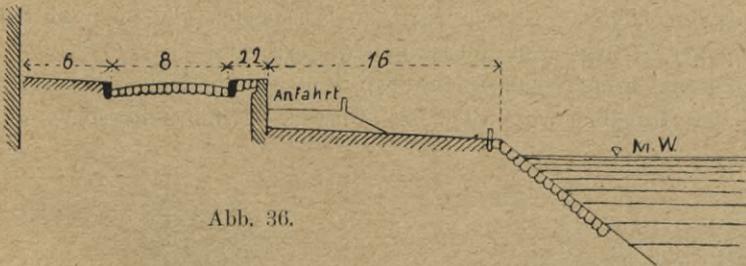


Abb. 36.

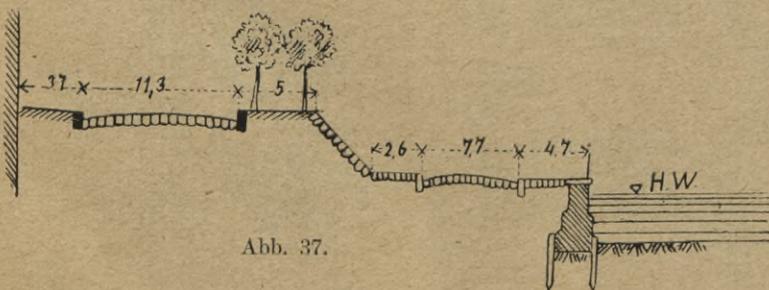


Abb. 37.

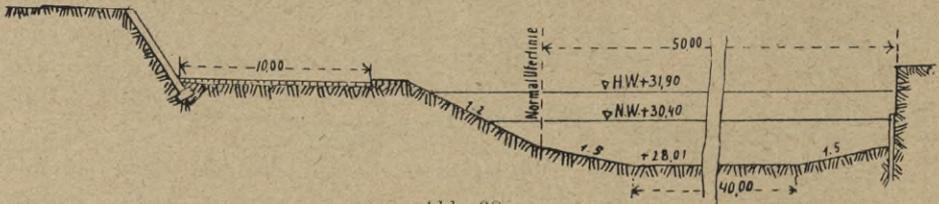


Abb. 38.

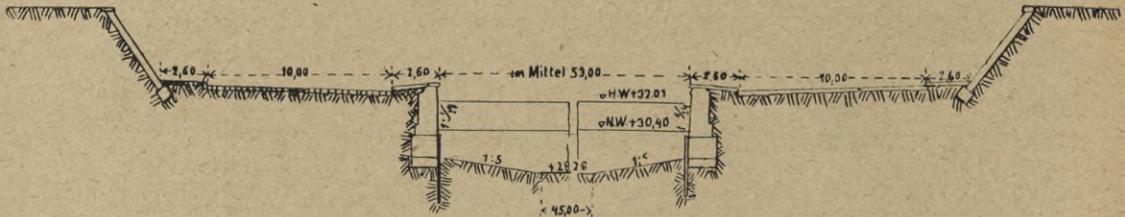


Abb. 39.

zwischen Laderampe und Strassenkrone beträgt i. M. 0,80 bis 1,0 m.

Öffentliche Plätze und Strassenkreuzungen. Für die Gestaltung öffentlicher Plätze sind nicht allein die Ansprüche des Verkehrs ausschlaggebend. Vielmehr dienen die Plätze in Städten vielfach zur Einführung von frischer Luft in das angrenzende Strassennetz. Derartige mit gärtnerischen Anlagen geschmückte Plätze werden nicht mit Unrecht als die „Lungen“ der Stadt bezeichnet. Plätze entstehen durch die Zusammenführung verschiedener Strassen, sie sind daher berufen den aus verschiedenen Richtungen strömenden Verkehr aufzunehmen, zu ordnen und abzuleiten. Gerade die Lösung dieser Aufgabe der Zusammenfassung und schnellen, sicheren Ableitung des Verkehrs ist eine der wichtigsten und schwierigsten der Verkehrstechnik. Da jeder Platz einer Stadt in Form und Ausdehnung verschieden ist, die einzelnen Strassen unter verschiedenem Neigungswinkel zusammenstossen, demnach die Verknüpfung und Auslösung der Verkehrslinien sich sehr verschieden gestalten wird, so lassen sich allgemein gültige Regeln hierfür umsoweniger festlegen, als ausserdem die Art und Grösse des Verkehrs, die Lage von grossen Geschäftshäusern an den Plätzen, die Nähe von Bahnhöfen usw. die Lösung der Aufgaben wesentlich beeinflussen. Erfahrungsgemäss gilt

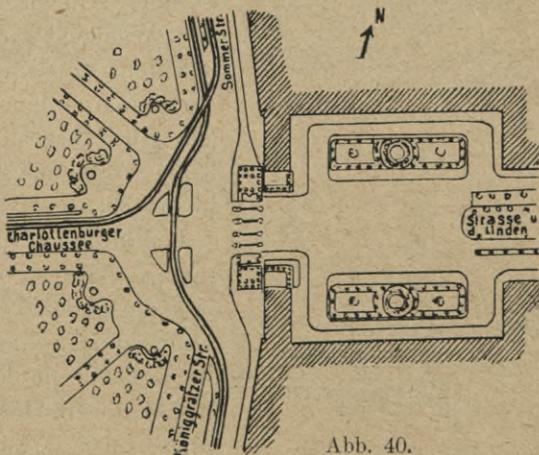


Abb. 40.

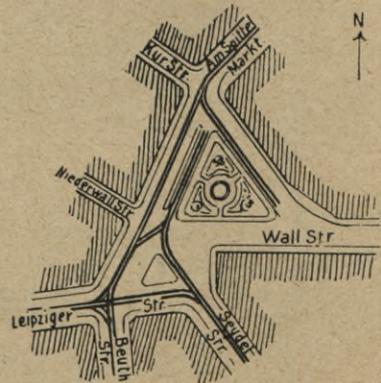


Abb. 41.

es bei stärkerem Verkehr als zweckmässig den Hauptverkehr in der kürzesten Linie über den Platz zu leiten. Vielfach empfiehlt es sich den Strassenbahnverkehr einzelner benachbarter Strassen vorher zusammenzufassen und geschlossen über den Platz zu führen. Die nachstehenden Abbildungen 40 bis 43*) zeigen einzelne ausgeführte Plätze und die Zusammenführung der einzelnen Strassenzüge.

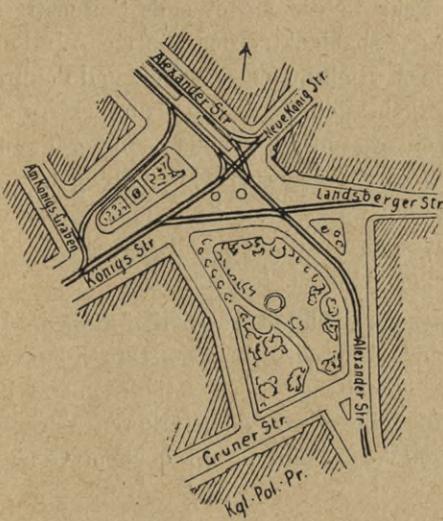


Abb. 42.

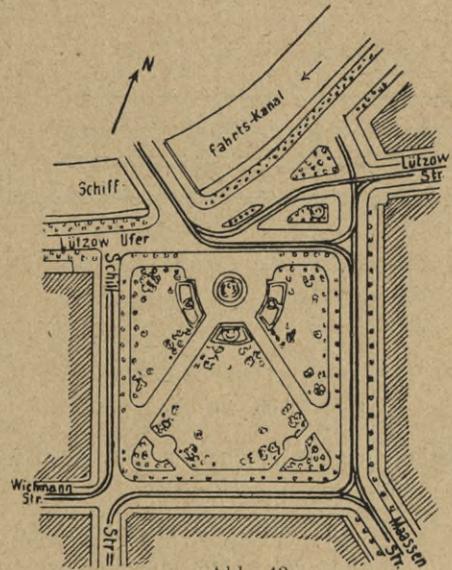


Abb. 43.

Zur Sicherung des Fussgängerverkehrs sind an geeigneten Punkten erhöhte „Inseln“ anzulegen, die ausserdem den Zweck haben, den gesamten Wagenverkehr nach Richtungen zu ordnen und zusammenzufassen. Bei starkem Fussgängerverkehr dürfte es sich sehr empfehlen, für eine freie und schnelle Abwicklung desselben Personentunnels anzulegen.

Als nicht zweckmässig erweisen sich rechtwinklige Kreuzungen von Hauptverkehrstrassen ohne platzartige Verbreiterung der Kreuzungsstellen, wie sie z. B. die Kreuzung der Leipziger- und Friedrichstrasse in Berlin aufweist. Das Durchschleusen des Verkehrs auf der einen Strasse bewirkt immer einen Anstau auf den Seiten der durchkreuzten Stromrichtung, so dass sich notwendigerweise eine stossweise Abwicklung ergibt. Liegt an und für sich diese stossweise Wirkung überhaupt nicht in der Natur eines geregelten glatten Verkehrs und namentlich nicht des Verkehrs in den Hauptrichtungen, so wird die Durchführung desselben in der Diagonale aus einer Strassenrichtung in die rechtwinklig von dieser abzweigenden sehr unzuweckmässig und gefahrvoll, da infolge auch nur einer Diagonalbewegung alle 4 Hauptrichtungen abgeschnitten werden Abb. 44. Fast unmöglich wird die Auf-

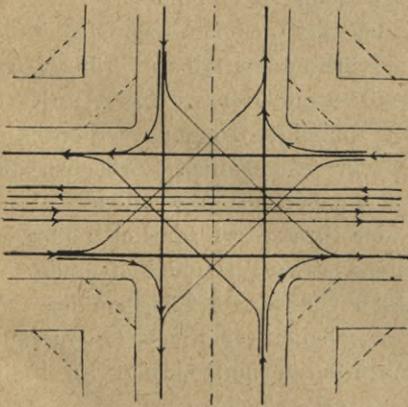


Abb. 44.

*) Berlin und seine Bauten I. 1896.

rechterhaltung dieses Betriebes, wenn eine oder gar beide Strassenzüge durchgehende Gleise erhalten. Es erscheint alsdann geboten, die Diagonalbewegung in die beiden Seitenbewegungen aufzulösen. Abb. 45. Durch die platzartige Verbreiterung, welche infolge des Abschneidens der 4 Ecken entsteht, wird der Verkehr in die anstossende Seitenstrasse frühzeitig abgelenkt, der übrige Verkehr streng nach Richtungen geordnet und dadurch die Verkehrssicherheit ev. durch Anlage von Inseln wesentlich gehoben. Sollen Tunnel für den Fussgängerverkehr durchgetrieben werden, so wären die Ein- und Ausgänge zweckmässigerweise in das Erdgeschoss der vier Eckgebäude zu legen. *)

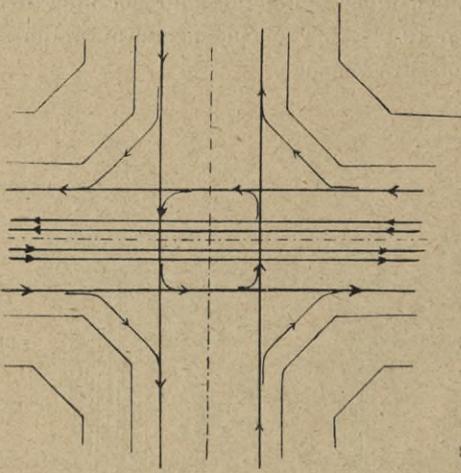


Abb. 45.

in Städten stets bequemer als bei Landstrassen. In Städten auf ebenem Gelände gelten folgende Verhältnisse.

In Berlin für Hauptstrassen	0,02,
für lange Nebenstrassen	0,03.
„ Leipzig im Allgemeinen	0,03.
„ Stettin desgl.	0,03.

In Städten auf hügeligem Gelände sind die Neigungen stärker z. B.

in Stuttgart	0,08,
„ Elberfeld	0,10,
„ Remscheid	0,10.

In Gebirgsstädten muss zur Verbindung des Tales mit dem Scheitel die Strasse entsprechend entwickelt werden. Derartige längere Strassenzüge an Abhängen sind durch kurze steile Querstrassen für den Fussgängerverkehr zu verbinden.

Nach der gewählten Neigung richtet sich die Art der Strassenbefestigung. Steinpflaster ist für jede Neigung bis 0,10 und mehr anwendbar. Für Holzpflaster gilt in Deutschland i. A. 0,025 in England 0,05 als Grenze. Für Asphaltpflaster wird in Deutschland als Grenzwert des zulässigen Neigungsverhältnisses 0,016 bei geringerem und 0,013 bei starkem Verkehr festgehalten. Zwischen den Schienen der Pferdebahnen ist Asphalt höchstens noch bei 0,01 anwendbar.

Das Quergefälle ist für die Entwässerung der Strasse erforderlich und wird fast stets zweiseitig angelegt. Die Stärke desselben ist vom Rauheitsgrade der Oberfläche, von der Breite der Strasse und von der Stärke des Längsgefälles abhängig. Die Sicherheit des Verkehrs erfordert ein möglichst geringes Quergefälle. Dasselbe ist gleichförmig in geraden Linien durchzuführen und beträgt für Bahnen aus:

*) Für den sicheren Fussgängerverkehr an der Kreuzung der Leipziger- und Friedrichstrasse und an anderen Orten in Berlin dürfte bereits jetzt die Anordnung von Tunneln erforderlich sein.

Schotter	0,03 bis 0,07
Steinpflaster	0,02 „ 0,05
Klinker und Holzpflaster	0,015 „ 0,03
Asphalt.	0,005 „ 0,015

Auf Fusswegen schwankt das Quergefälle zwischen 0,02 und 0,04 für alle Befestigungsarten.

Das Rinnengefälle richtet sich nach dem Längsgefälle der Strasse. Bei wagerechten Strassen soll dasselbe mindestens 0,005 betragen. Bei Asphalt kann man allenfalls bis auf 0,0015 herabgehen. Das Gefälle der Rinnen ist ausserdem abhängig von der Art der Entwässerung. Bei unterirdischer Kanalisation sind Einläufe in die Einfallschächte möglichst häufig und so anzuordnen, dass das Wasser nicht um die Ecken fliessen muss. Daher sind bei ebenem Gelände die Strassenkreuzungen als Sattelpunkte und die Einläufe nach der Mitte der Baublöcke zu in Abständen von etwa 40 bis 60 m anzulegen. Nach dem Rinnengefälle richtet sich die freie Höhe des Bordsteines. Dieselbe beträgt 10 bis 18 cm, i. M. 15 cm. Als äusserste Grenzen gelten bei wagerechten Strassen 5 und 22 cm.

D. Oberbau.

Allgemeines. Der Oberbau städtischer Strassen umfasst die Herstellung der Unterbettung, der Fahrbahn, der Bürgersteige, sowie der zugehörigen Nebenanlagen. Im wesentlichen hat der Oberbau folgenden Anforderungen zu genügen:

1. **Trockene Lage.** Dieselbe wird durch eine genügend hohe Lage der Strassenkrone über dem höchsten Grundwasserstande von etwa 0,60 m und durch eine gute ober- und unterirdische Entwässerung erreicht. Die oberirdische Entwässerung umfasst die Anordnung der zweckmässigsten Oberflächen und Seitenentwässerung, die unterirdische Entwässerung erstreckt sich auf die Herstellung von Kanälen, Durchlässen, Drains usw.

2. **Sicherheit des Verkehrs.** Diese ist wesentlich von der zweckmässigen Teilung des Strassenquerschnittes und der Wahl der Befestigungsart für die Oberfläche abhängig.

3. **Gute Tragfähigkeit und gleichmässige Verteilung des Druckes** für die schwersten Verkehrslasten. Diese Eigenschaften werden durch die Anwendung einer ausreichend starken, festen Unterbettung und einer festen Fahrbahn erreicht.

4. **Verringerung der Bewegungswiderstände,** welche durch Ermässigung der Neigungen und die richtige Wahl der Befestigungsart für die betreffende Verkehrsart und Verkehrsstärke herbeigeführt wird. Durch die Verringerung der Bewegungswiderstände tritt ausserdem eine wesentliche Schonung der Zugtiere ein. Andererseits muss eine bestimmte Rauigkeit der Fahrbahn ev. durch Sandstreuen zur Schonung der Tiere aufrechterhalten werden.

5. **Vermeidung von Geräusch, Staub und Geruch.** Geräuschvolle Bahnen werden durch die Herstellung einer möglichst ebenen Fahrbahn mit elastischer Oberfläche auf zusammenhängender, unerschütterlicher Grundplatte vermieden. Die Bildung von Staub und Geruch kann durch ständiges gutes Reinigen der Strassen, durch sorgfältiges Vergiessen sämtlicher Fugen mit Teer, Asphalt usw. wesentlich eingeschränkt bzw. ganz ausgeschlossen werden.

6. **Leichte Ausführung von Ausbesserungen.** Die Ausführung von Ausbesserungen der Strasse oder der in der Strasse liegenden Leitungen, Arbeiten, welche unvermeidlich sind, muss möglichst unter Vermeidung von Verkehrsstörungen namentlich des Fuhrwerkverkehrs vorgenommen werden können. Deshalb ist auf eine ausreichende Breitenabmessung der einzelnen Strassenteile, sowie auf die zweckmässige Anordnung der ober- und unterirdischen Leitungen Rücksicht zu nehmen.

Die Unterbettung der Fahrbahn dient zur Uebertragung und möglichst ausgedehnten Verteilung des Druckes auf den Erdkörper, sie richtet sich nach der Befestigungsart der Fahrbahn und zwar nimmt die Güte der Unterbettung mit der Güte des Pflastermaterials i. A. zu. Bei städtischen Strassen besteht die Unterbettung aus grobem Sand, Kies oder Schotter, Cementbeton und aus Asphaltbeton. Sie muss auf planiertem, gut entwässertem ev. abgewalztem Untergrunde hergestellt werden und umso kräftiger sein, je weicher letzterer ist, um ein Emporquellen oder Nachgeben des Untergrundes auszuschliessen.

Die Fahrbahn dient zur unmittelbaren Aufnahme der Lasten, sie muss fest und dicht sein und eine leichte Bewegung der Lasten gestatten. Als Befestigungsmittel werden Schotter*), Pflaster aus natürlichen und künstlichen Steinen, Asphalt- und Holzpflaster verwendet. Am meisten vertreten sind Pflasterungen aus natürlichen Steinen, da dieselben für alle Neigungsverhältnisse geeignet sind und bei ihrer Dauerhaftigkeit eine leichte Herstellung und leichte Unterhaltung der Fahrbahn zulassen. Für starken Verkehr sind Pflasterungen aus natürlichen Steinen jedoch sehr geräuschvoll. Die Fahrbahn wird meist beiderseits durch erhöhte Bordsteine begrenzt, gegen welche sich die Fusswege legen.

a. Pflaster aus natürlichen Steinen.

Unterbettung. Nach vollständiger Regulierung des Erdkörpers und ev. Festwalgung desselben wird die Unterbettung in ausreichender Stärke derart aufgetragen, dass ihre Oberfläche bereits die Form der Fahrbahn erhält. Die Unterbettung kann bestehen aus:

1. **Grobem Sand.** Derselbe wird schichtweise je nach der Tragfähigkeit des Baugrundes in einer Stärke von 10 bis 40 cm eingefahren, bewässert und durch Handrammen oder Walzen gedichtet.

2. **Kies oder Schotter.** Die Stärke des Kies oder Schotterbettes beträgt 10 bis 20 cm. Nach gehöriger Befestigung desselben wird eine Sandschicht von 5 bis 10 cm zum Einsetzen der Pflastersteine und zum Ausgleich der verschiedenen Höhe derselben aufgetragen.

3. **Schotterstrassen** und zwar aus Packlage, Schotter oder Kies und einer Sandschicht. Als Packlage werden zweckmässig alte Pflastersteine verwendet. Diese Ausführung erfolgt landstrassenmässig in einer Stärke von 20 bis 40 cm. Vielfach wird bei stärkerem Verkehr die alte Schotterstrasse als Unterbettung für eine Neupflasterung benutzt.

4. **Cementbeton** in einer Höhe von 10 bis 30 cm, darüber wird eine Sandschicht von 5 bis 10 cm zum Aufsetzen der Steine und als elastische Zwischenschicht gebreitet.

*) Ueber die Herstellung von Schotterstrassen s. III. S. 27.

Als Mischungsverhältnis für Beton empfiehlt sich in Raumteilen, Cement: Sand: Steingruss = 1:2:4 und = 1:3:6. Der Beton wird gewöhnlich in 2 oder mehr Schichten aufgetragen, gestampft, planiert, gut abgeglichen und nach dem Erhärten mit einer Cementschicht überzogen. Vor allem muss bei der Herstellung der Betonbettung die Bildung von Rissen vermieden werden. Cementbeton ist ausgezeichnet als zusammenhängende tragende Platte, setzt aber infolge seiner Undurchlässigkeit für Wasser eine wasserdichte Fahrbahn voraus. Zwischen Pflaster und Beton gehört stets eine ausreichend starke Sandschicht, da die direkte Berührung mit dem Beton ein hartes Fahren und eine sehr schnelle Zerstörung der Betonschicht zur Folge hat.

5. Asphaltbeton. Derselbe besteht aus Asphalt mit Teerzusatz und Schotter. Der Schotter wird möglichst vorgewärmt und mit der flüssig gemachten Asphaltmasse vermengt. Das Mischungsverhältnis beträgt ein Raumteil Schotter auf 0,4 bis 0,5 Raumteile Asphalt. Asphaltbeton ist ebenso billig und kräftig wie Cementbeton, ausserdem besitzt er den Vorzug, dass er rasch trocknet und weit mehr elastisch ist. Immerhin empfiehlt es sich gleichfalls zwischen Pflaster und Beton eine Sandschicht einzulegen.

Pflasterbahn. Zur Herstellung des Steinpflasters eignet sich dasjenige Material am besten, welches eine genügende Festigkeit und Dauerhaftigkeit besitzt, bei der Abnutzung nicht glatt wird und ausserdem sich leicht zu regelmässigen Körpern bearbeiten lässt. Die Güte des Pflastermaterials wächst mit der Stärke des Verkehrs und der Radbelastung. Besonders wichtig für den Verkehr und die Unterhaltung der gepflasterten Strassen ist die Gleichartigkeit des Materials. Harte Steine werden an der Oberfläche bald hochrund, weiche Steine nützen sich schnell ab.

Bezüglich der Druckfestigkeit gelten Steine von

600 bis 1200 kg/qcm als mittelhart,
1200 „ 1800 „ „ hart.

Steine von einer Druckfestigkeit von über 1800 kg/qcm sind zu hart und in der Bearbeitung zu teuer, solche von unter 600 kg/qcm zu weich und nur für kleine Radlasten zulässig. Die wichtigsten Gesteinsarten sind:

1. Kristallinische Gesteine: Granit, Grünstein (Diorit), nordische Geschiebe, Gabbro.

Granit kommt infolge seines häufigen Auftretens, seiner Gleichartigkeit und seiner guten Eigenschaften als Pflasterstein sehr häufig in Anwendung. Zu harte Granite sind spröde und werden leicht glatt. Grünstein ist ein gutes Pflastermaterial aber weniger fest. In der nordischen Tiefebene und sonst bei untergeordneten Strassen kommen vielfach nordische Geschiebe als Findlinge in Anwendung. Das Material ist ungleichartig und zu Pflasterungen nicht gut geeignet.

2. Vulkanische Gesteine: Basalt, Porphyr, Melaphyr, Trachyt und Lava zeichnen sich meist durch Gleichartigkeit aus.

Basalt wird in kleinem Format viel gebraucht, hat aber den Nachteil, dass die Steine namentlich bei nassem Wetter sehr glatt werden und unter dem Verkehr sich schnell hochrund abnutzen.

3. Sandsteine: Grauwacke, Kohlensandstein, Buntsandstein.

Grauwacke ist oft von ungleichmässiger Festigkeit und dann wenig empfehlenswert. Feste Sandsteine sind gut zu bearbeiten und werden nicht glatt, unterliegen jedoch den Einflüssen der Witterung und sind infolgedessen wenig dauerhaft.

4. Kalksteine splintern leicht, werden infolge ihres Tongehaltes glatt und sind deshalb selten tauglich. In Verwendung sind Marmor und Lias.

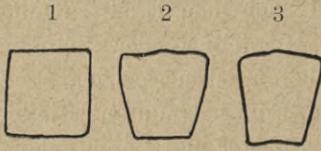
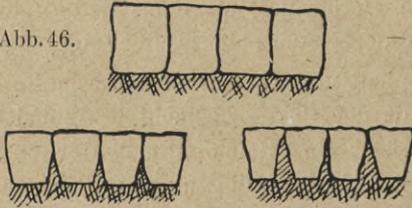


Abb. 46.



Form der Pflastersteine. I. A. unterscheidet man drei Grundformen: Abb. 46.

1. Die parallelepipedische Form. Die Steine sind nach erfolgter Abnutzung der Oberfläche zum Umkehren geeignet und gewährleisten infolge ihrer rechteckigen Seiten eine dichte Berührung und gute Druckverteilung. Die gleichmässige Bearbeitung erhöht die Kosten wesentlich, deshalb wird nur gutes Material zur Herstellung verwandt, welches auf Hauptstrassen bei stärkerem Verkehr verlegt wird. Die Dauerhaftigkeit des Pflasters und die Möglichkeit die Steine umzukehren rechtfertigen die Höhe der Mehrkosten. Man bezeichnet derartige Steine gewöhnlich als Steine „erster Klasse.“

2. Form 2 hat auf etwa 3 bis 8 cm (gewöhnlich nicht über 5 cm) zur Oberfläche lotrechte Seitenflächen, welche sich nach der Fussfläche zu um etwa $\frac{1}{5}$ der Kopffläche verjüngen. Gewöhnlich beträgt diese Verjüngung nicht über 1 cm. Steine von dieser Form kommen meistens auf Nebenstrassen mit geringerem Verkehr zur Verwendung und führen die Bezeichnung Steine „zweiter Klasse.“

3. Bei Form 3 beginnt der Anzug der Seitenflächen direkt an der Kopffläche. Die Fussfläche beträgt etwa $\frac{1}{3}$ bis $\frac{2}{3}$ der Kopffläche. Die Form ist wenig zweckmässig, da die Kanten sehr schnell abgestossen und infolge der eintretenden Erweiterung der Fugen die Steine rund gefahren werden. Der Pflasterstein eignet sich nur für kleine Raddrücke und führt die Bezeichnung Pflasterstein „dritter Klasse“. Kopf- und Fussfläche der Steine erster und zweiter Klasse sollen stets parallel sein.

Was die Abmessungen der Steine betrifft, so wächst mit denselben die Standicherheit. Ferner gewähren grosse Steine eine gute Druckverteilung, dagegen erleichtern sie infolge der grossen Angriffsflächen das Einarbeiten der Spur und bieten den Hufen der Pferde, welche in den Fugen Halt finden, nur geringen Widerstand, wodurch die Unsicherheit des Strassenbetriebes erhöht wird. Meistens steigt auch der Preis mit der Grösse des Steines. Aus diesen Gründen empfiehlt es sich über bestimmte Abmessungen nicht hinauszugehen. Am meisten vertreten sind prismatische Steine. Die Breite des Steines b in der Richtung der Fahrbahn nimmt man klein an und lässt die Länge mit abnehmendem b wachsen, um so eine ausreichende Standfestigkeit und gute Druckübertragung und Druckverteilung zu erreichen, während die Höhe h vom Raddruck, vom Steinmaterial und vom Untergrunde abhängig ist. Möglichst klein wird b auf Neigungen gewählt, um viel Fugen zum Festkrallen der Hufe bei der Bergfahrt zu erhalten. Die Fugung soll dabei rechtwinklig zur Strassenachse laufen. Je grösser Raddruck, Strassenneigung und Härte des Materials sind, desto mehr muss der Grundriss vom Quadrat zum schmalen Rechteck übergehen. Eine geringe Breite ist beim harten Material deshalb erforderlich, weil die Abnutzung der Mitten und Kanten gleichmässiger wird und die ganze Fahrbahn dadurch gleichartiger bleibt.

E. Dietrich macht die Abmessungen der Steine von ihrer Festigkeit abhängig und setzt in cm bei einer

Druckfestigkeit von	b =	l =	h =
$k \geq 1200$ kg/qcm .	10	22,5	15
$k = 800$ bis 1200 .	10	22,5	20
$k < 800$	12	25	20
	18	18	18

Im Allgemeinen sind zu empfehlen je nach Raddruck, Neigung und Härte $b = 8$ bis 18 cm, $l = b$ bis $2\frac{1}{2} b$ und $h = 15$ bis 20 cm.

In den meisten grösseren Gemeinden haben sich Normalformate, welche den örtlichen Verhältnissen am meisten entsprechen, entwickelt. In Berlin z. B. beträgt

$h = 15$ bis 16 cm oder 19 bis 20 cm,

$b = 11$ „ 12 „ „ 12 „ 13 „ oder 13 bis 14 cm,

$l = 15$ „ 30 „ .

Ausser in Strassen mit starkem Gefälle empfiehlt es sich stets prismatische Steine dort zu verwenden, wo Strassenbahngleise vorhanden oder später voraussichtlich eingebaut werden. Die Höhe der Steine richtet sich alsdann nach der Höhe der Schienen. In Berlin werden Strassen letzterer Art mit Steinen von $h = 15$ bis 16 cm befestigt, in Uebereinstimmung mit den 15,50 cm hohen Schienen der Strassenbahnen.

Würfelartige Steine kommen seltener in Anwendung. Sie werden vielfach in Strassen mit schwachem Gefälle, sofern daselbst Strassenbahngleise nicht vorhanden sind, verlegt und zwar zumeist diagonal zur Strassenrichtung. Daher sind zur Herstellung eines regelrechten Verbandes und Anschlusses an die Rinnensteine Fünfeck, anderthalbfache und Doppelsteine erforderlich.

Besonderer Wert ist bei der Ausführung von guten Pflasterungen auf die Gleichartigkeit des Materials und die gleiche Form der Steine zu legen. Die Bedingung des gleichen Formats aller Steine lässt sich streng nicht durchführen, vielmehr ist schon in Rücksicht auf die Kosten ein gewisser Spielraum zuzulassen. Bei Steinen erster Klasse lässt man Abweichungen für b und h von $\pm \frac{1}{2}$ bis ± 1 cm zu, für Steine zweiter und dritter Klasse kann die Abweichung für b und h bis $\pm 1,5$ und ± 2 cm betragen. Mit Höhen und Breitenunterschieden von ± 3 cm lässt sich eine solide Pflasterung nicht mehr erreichen. Für die Längen sind grössere Abweichungen bis ± 3 cm zulässig, jedoch geht man auch hierbei über das Mass von ± 2 cm gewöhnlich nicht hinaus.

Bei allen Arten von Pflastersteinen kommen sog. „Anfänger“ in Anwendung welche eine grössere Länge und zwar bis zu $1\frac{1}{2} l$ der gewöhnlichen Steine besitzen. Durch das Ansetzen derselben sollen die Querfugen in den richtigen Verband gebracht werden.

Form und Art der Pflasterung. Als günstigste Form der Fahrbahn kann für den Fahrverkehr diejenige angesehen werden, welche nach allen Richtungen hin der Bewegung des Fuhrwerks den kleinsten Widerstand entgegengesetzt. In dieser Hinsicht gilt die wagerechte Fahrbahn als die beste. Da jedoch durch den Wagenverkehr die Oberfläche stark abgenutzt wird, eine Abnutzung die bei wagerechter Fahrbahn durch das Einarbeiten von Schlaglöchern, in welchen sich Wasser sammelt, erheblich gesteigert wird, so muss die Steinbahn ein Seitengefälle erhalten

Dasselbe wird durch Erhöhung der Mittellinie gewonnen, so dass vom Scheitel aus die Fahrbahn nach beiden Seiten hin gleichmässig fällt. Da sowohl für die Entwässerung wie für den Lastfahrverkehr die gerade Linie die zweckmässigste ist, so wird in den weitaus meisten Fällen der Fahrbahn die Form nach Abb. 47 gegeben. Ueber die Grösse des Seitengefälles s. S. 26 u. 59.

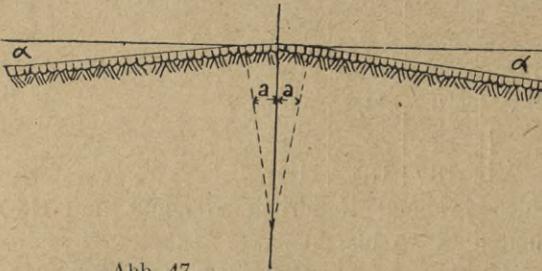


Abb. 47.

Hinsichtlich der Art der Pflasterung unterscheidet man

1. Das Reihenpflaster. Die Steine werden derart versetzt, dass die Längsfugen entweder winkelrecht oder schräg unter 45° zur Strassenaxe liegen. Abb. 48 und 49. Im letzteren Falle gehen die Längsfugen quer durch die ganze Strasse, im anderen Falle werden die Steine so gesetzt, dass die Fugen in der Strassenaxe unter dem Winkel von 90° zusammenstossen. Ein Vorteil der schrägen Stellung der Steine liegt in der schwächeren und gleichmässigeren Abnutzung der Oberfläche. Als Nachteil muss die schwierigere Herstellung der dreieckigen und trapezförmigen Anschlusssteine hervorgehoben werden.

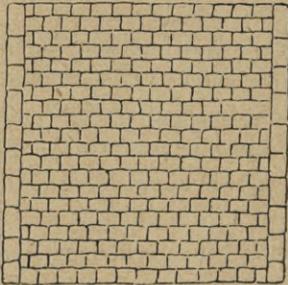


Abb. 48.

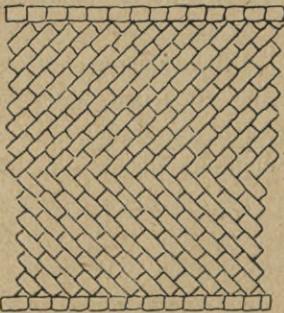


Abb. 49.

Besondere Sorgfalt ist auf die Herstellung der Anschlüsse abzweigender Strassen und auf Strassenkreuzungen zu legen. Der einfachste Fugenverband der ohne weitere Bearbeitung von Steinen durchführbar ist, ist in diesem Falle der Zweckmässigste. Deshalb wird vielfach sowohl bei Abzweigungen als auch bei Kreuzungen die Strasse mit dem stärkeren Verkehr durchgeführt, während die Nebenstrasse stumpf dagegen stösst. Sehr häufig findet sich auch die Anordnung nach Abb. 50.

2. Das Mosaik- oder Schiebepflaster. Dasselbe hat keine regelmässige Fugung, vielmehr werden die unregelmässig bearbeiteten Pflastersteine mit den passenden Seiten dicht aneinander gesetzt. Ein derartiges Pflaster wird nur für untergeordnete oder noch nicht völlig angebaute Strassen verwendet.

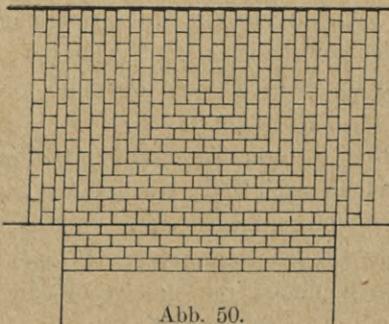


Abb. 50.

In neuerer Zeit ist auf wagerechten Fahrwegen vielfach das sog. „Steinschlagpflaster“ oder „Kleinpflaster“ in Gebrauch. Dasselbe besteht aus Steinen kleinen Formats von etwa 5 bis 7 cm Seitenlänge. Die Steine werden unregelmässig jedoch dicht aneinander auf eine 6 bis 10 cm starke Sandschicht gesetzt. Als Unterbettung dient ein Packlageunterbau. Sehr zweckdienlich lassen sich als Unterbau die abgefahrenen Schotterstrassen benutzen, welche gut abgeglichen und abgewalzt werden.

Auf diese Bettung kommt eine Sandschicht und hierauf die Pflasterung, welche leicht abgerammt und abgewalzt wird. Bei derartigem Pflaster ist die Anlage von Kantensteinen als Widerlager für die Fahrbahn erforderlich. Kleinpflaster von Steinen mit 3 bis 5 cm Seitenlänge findet sich als leichtes Pflaster auf Sandbettung häufiger bei Fusswegen als sog. Mosaikpflaster.

3. Das Plattenpflaster wird in Deutschland fast nur auf Fusswegen verwendet. Die Platten bestehen aus Granit, Trachyt, Sandstein oder aus künstlichen Steinen (Cement, Beton, Granitoid usw.) von rechteckigem Format. Für Fusswege kommen Flächen von 75 bis 100 cm Seitenlänge vor. Uebliche Seitenlängen der Pflastersteine für Fahrwege sind 30 bis 50 cm bei einer Plattendicke von 5 bis 10 cm. Die Platten werden auf einer CementMörtelunterbettung mit zwischenliegender Sandschicht oder einer guten Sandunterbettung von 10 bis 16 cm Stärke verlegt.

Herstellung des Pflasters und Unterhaltungsarbeiten. Nach Beendigung der Erdarbeiten werden zunächst die Bordsteine versetzt und damit die Strasse in ihren Breiten- und Höhenmaassen festgelegt. Hierauf wird die Unterbettung für den Fahrdamm hergestellt. Dieselbe besteht für Strassen mit starkem Verkehr bei erstklassigem Pflaster oder bei nachgiebigem, quelligem Untergrunde aus Packlage, Schotter, Schotterstrassen oder Beton (Cement, Asphalt), bei schwächerem Verkehr oder festem Untergrunde genügt meist eine gute Sand- oder Kiesschicht, die in einzelnen Lagen geschüttet, genässt und festgestampft oder gewalzt wird. Auf diese Unterbettung, deren Oberfläche bereits die Querneigung der fertigen Strasse erhält, wird der Pflastersand 5 bis 8 cm stark aufgebracht und die Pflastersteine versetzt.

Die genaue Einhaltung der vorgeschriebenen Neigungen und Höhen wird durch Abschnüren der Achsen und Aufstellen von hölzernen Lehren bewirkt, nach welchen in Abständen quer zur Pflasterbahn einzelne „Punktsteine“ gesetzt werden. Jeder Pflasterstein muss rechtwinklig zur Querneigung gestellt, durch Hammerschläge gegen die Nachbarsteine und fest gegen die Unterbettung getrieben werden. Von grosser Wichtigkeit für die Haltbarkeit des Pflasters namentlich auf geneigten Strassen ist es möglichst schmale Fugen zu erhalten, da die Heftigkeit der Radstösse mit der Weite der Fugen zunimmt. Die Fugen, welche eine Weite von 5 bis 8 mm bei bestem und bis 12 mm bei weniger gutem Pflaster haben, werden alsdann gedichtet. Die Dichtung erfolgt bei Pflasterungen zweiter und dritter Klasse meist durch Einschleppen von Sand und feinem Kies. Bei erstklassigem Pflaster werden dagegen die Fugen in der unteren Hälfte mit gesiebtem Perlkies, in ihrer oberen Hälfte mit Asphalt oder einer Mischung von Pech und Teeröl ausgefüllt. Die Dichtung mit Asphalt usw. giebt ein elastisches geräuschloses Pflaster, eine gute Druckverteilung und verhindert das Einsickern von Wasser und faulenden Flüssigkeiten.

Besteht die Unterbettung aus Sand, Kies oder Schotter und die Dichtung der Fugen aus Sand und Kies, so muss das Pflaster „gerammt“ werden. Das Rammen wird zunächst mit leichten, später mit schwereren Handrammen ausgeführt. Besteht die Unterbettung dagegen aus einer Schotterstrasse oder Beton, so darf nach erfolgter Sand- und Kiesdichtung nur ein leichtes Abrammen vorgenommen werden. Ebenso empfiehlt es sich vor der Dichtung mit Pech und Teeröl ein leichtes Abrammen auszuführen. Das Rammen erfolgt stets wie das Walzen von den Seiten gleichmässig nach der Mitte zu. Vielfach wird bei Sand, Kies oder Schotterunterbettung das Pflaster abgewalzt und darauf leicht abgerammt.

Nach endgültiger Fertigstellung der Fahrbahn wird die Oberfläche mit einer etwa 2 cm starken Schicht von scharfem Sand überworfen.

Die Unterhaltungsarbeiten umfassen das Einsetzen zersprungener Steine, das Beseitigen von Senkungen und Hebungen, sowie das Umlegen ganzer Pflasterstrecken nach erfolgter Abnutzung der Fahrbahn.

Das Zerspringen mangelhafter Steine tritt namentlich beim Rammen neuer Pflasterstrecken ein. Deshalb ist das Festrammen die beste Prüfung für die Güte des Materials. Zersprungene Steine müssen herausgehoben und durch gute Steine derselben Grösse ersetzt werden.

Aufquellungen und Senkungen entstehen meist durch Wasser führende Schichten. Die betreffenden Stellen sind aufzubrechen, die nasse Bettung und Erde zu beseitigen ev. ist die Stelle zu entwässern und vom neuem auszubauen.

Das Umlegen ganzer Pflasterstrecken ist im wesentlichen vom Verkehr, den Neigungsverhältnissen, der Stärke des Raddruckes und der Güte des Materials abhängig und erfolgt im Mittel bei Pflastersteinen geringerer Sorte nach 5 bis 8 Jahren, bei solchen mittlerer Sorte nach 6 bis 12 Jahren und bei Pflaster bester Ausführung nach 12 bis 20 Jahren. Die ausgewechselten Steine, welche 10 bis 60% betragen, werden nachgearbeitet und für Strassen geringerer Bedeutung ev. nochmals verwendet oder zu Packlage und Schottersteinen verarbeitet. Die Verwendungsdauer guter Pflastersteine ist nach zweimaligem, bei würfelförmigen Steinen nach dreimaligem Umlegen beendet.

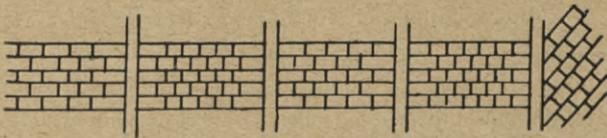


Abb. 51.

Besondere Sorgfalt ist auf die Herstellung und Unterhaltung der Anschlüsse an die Strassenbahngleise Abb. 51, Einsteige, Einfallschächte usw. zu legen, da infolge der in der

Richtung des Verkehrs durchlaufenden Fugen eine schnelle Zerstörung der Anschlüsse erfolgt.

Kosten der Herstellung und Unterhaltung. Die Abnahme der Pflastersteine erfolgt gewöhnlich nach der fertigen Einpflasterung. Die Summe der Fugen beträgt i. M. 20% der Gesamtfläche und ist etwa gleich den Zwischenräumen im dichtgesetzten Haufen. Demnach entspricht 1 cbm aufgesetzter Steine eine Strassenfläche von $\frac{100}{h}$ qm, wenn h die Höhe der Pflastersteine in cm bedeutet.

Die Höhe der Kosten der Pflastersteine eines Ortes ist wesentlich von der Frachthöhe abhängig. In Berlin wurden bis zum Jahre 1896 für 1 qm bezahlt,

Steine I. Klasse in Höhe von cm		Steine II. Klasse in Höhe von cm		Steine III. Klasse in Höhe von cm	
19—20	15—16	19—20	15—16	19—20	15—16
M.	M.	M.	M.	M.	M.
16,90—15,60	15,25—14,40	11,75—9,70	10,50—9,35	10,25—9,20	9,75—8,50

Hierzu kommen die Kosten für die Anfuhr der Steine, die Herstellung des Pflasters einschl. Lieferung und Anfuhr aller übrigen Materialien, wie Kies, Fugen-

ausgussmasse usw., ferner die Kosten für die Planierung des Strassenkörpers. Der Gesamtbetrag dieser Leistungen berechnet sich bei Umpflasterungen auf durchschnittlich 4,70 M. für ein Quadratmeter. In diesem Preis ist die Beschaffung der Pack- und Schuttsteine, welche aus alten, beim Aufbruch von bestehendem Pflaster gewonnenen Steinen geschlagen werden, nicht enthalten. Der Preis für eine gleiche Fläche einer Neupflasterung auf Kiesunterbettung, jedoch ausschliesslich der Steine und der in ihrem Umfang sehr wechselnden Erdarbeiten beträgt in Berlin durchschnittlich 2,90 M.*).

Die Unterhaltungskosten gepflasterter Strassen betragen im grossen Ganzen 0,05 bis 0,15 M. für 1 qm auf ein Jahr.

b. Pflaster aus künstlichen Steinen.

Pflaster aus künstlichen Steinen ist auf Fahrbahnen selten und nur da in Anwendung, wo natürliche Steine teuer und schwer zu beschaffen sind. Künstliche Steine haben meist nur eine sehr geringe Widerstandsfähigkeit, sodass die Fahrbahnen häufigen und umfangreichen Unterhaltungsarbeiten unterworfen sind. Deshalb eignen sich künstliche Steine mehr zur Befestigung von Fusswegen. Zur Verwendung kommen Klinker, Tonplatten, Schlackensteine, Beton u. a.

Klinkerbahnen kommen häufig in Norddeutschland, Holland, Nordamerika usw. vor. Die Klinker müssen hart gebrannt sein, dürfen nicht Wasser ansaugen und nicht zu spröde sein.

Die Unterbettung der Fahrwege besteht aus Sand von 30 bis 40 cm Stärke, welcher in einzelnen Lagen gleichmässig aufgebracht, genässt und festgewalzt wird, sodass ein völlig dichter und harter Bettungskörper entsteht, der dann nach der Schablone abgeglichen wird.

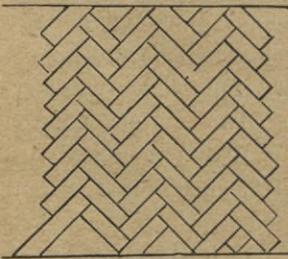


Abb. 52.

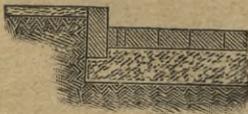


Abb. 53.

Das Setzen der Klinker erfolgt im möglichst dichten Verband Abb. 52 und 53 hochkantig derart, dass die eine Läuferfläche auflagert. Zu beiden Seiten der Steinbahn werden zuerst zwei Läuferreihen sog. Saumsteine angelegt. Beim Setzen bleiben die Fugen leer und werden nachher mit Sand zugeschlemmt oder mittelst Asphalt, Teer usw. gut vergossen. Es empfiehlt sich ferner die ganze Oberfläche mit einem stärkeren Asphalt oder Teerüberzug zu versehen und darüber eine etwa 2 cm starke Schicht aus grobem Sand zu breiten.

Zu 1 qm Pflaster werden 75 bis 100 Stück Klinker von 23 : 11 : 5 gebraucht. Die Klinkerstrassen bedürfen sehr sorgfältiger Unterhaltung, da die Steine stark bröckeln, zersplittern und unter Frost leiden.

Tonplatten werden meist zur Pflasterung von Höfen und Fusswegen benützt. Sehr selten sind sie auf Fahrwegen in Gebrauch. Am bekanntesten sind die Platten aus Mettlach, Charlottenburg, Leipzig, Saargemünd und Bitterfeld. Die Grösse der Platten beträgt i. A. 15 bis 12 cm, die Stärke 3 bis 5 cm. Die Platten sind auf

*) Berlin und seine Bauten I. 1896.

der Oberfläche gerippt oder gemustert und werden in Cementmörtel verlegt. Als Unterbettung dienen Beton oder eine doppelte Ziegelflachschiicht.

In Budapest sind auf einzelnen Strassenzügen Keramikplatten für die Fahrbahn in Anwendung, die sich durch Sauberkeit und Dauerhaftigkeit bewährt haben sollen. Ebenso sollen sie für den Fahrverkehr völlig sicher sein. Die Grösse der einzelnen Platten beträgt 10 bis 20 cm, die Stärke 8 bis 10 cm.

Schlackensteine werden entweder durch Bearbeiten erstarrter Schlackenklumpen oder aus flüssiger Schlacke, welche in Würfelformen gegossen wird, gewonnen. Die in die Form gegossene Schlacke lässt man langsam etwa 2 bis 3 Tage unter einer Decke erkalten, „tempern“. Die Würfel haben etwa 16 cm Seitenlänge. Auch Platten werden vielfach so gegossen und zwar mit Seitenlängen von 8:10 oder 12:15 bis 15:20 cm bei einer Stärke von 8 bis 12 cm. Schlackensteine werden nach dem Setzen leicht abgerammt und später abgewalzt. Die gegossenen Steine zeichnen sich durch Dauerhaftigkeit aus, werden jedoch leicht glatt.

Da die Schlacke als Nebenprodukt bei metallurgischen Prozessen gewonnen wird, so findet der Schlackenstein namentlich in Gegenden mit Hüttenwerken Verwendung. Sehr gut lässt sich die Schlacke zu Pflastersand oder Splitt verarbeiten. Ferner werden vielfach Bordsteine aus Schlacken gearbeitet.

Betonpflaster kommt sowohl als Plattenpflaster als auch als zusammenhängender Betonkörper auf Fahrbahnen und Fusswegen in Anwendung.

Betonplatten von 50 qm Fläche und 8 bis 10 cm Stärke werden gewöhnlich auf einer etwa 30 bis 40 cm starken Sandschicht verlegt. Einfahrten nach Höfen und Fusswege werden vielfach direkt aus Beton hergestellt. Der Betonkörper wird 12 bis 15 cm stark in 2 Lagen aufgetragen. Ein übliches Mischungsverhältnis in Raumteilen ist 1 Teil Cement auf 5 bis 6 Teile Kies. Hierauf wird eine 2 bis 3 cm starke Cementmörtelschicht aus 1 Raumteil Cement und 2 Raumteilen Sand bestehend aufgebracht, abgerieben und die Decke mit scharfem Sand überworfen.

In neuerer Zeit wird für Fahrbahnen städtischer Strassen mit leichterem Verkehr „Cement-Macadam“ mit Erfolg verwendet. Auf einer etwa 15 cm starken mageren Stampfbetonschicht von 1 Raumteil Cement auf 8 Raumteile Kies wird eine fettere etwa 10 cm starke Betonschicht aus 1 Raumteil Cement auf 4 Raumteile Kies aufgebracht, welche nochmals durch eine 5 bis 6 cm starke Deckschicht aus Kleinschlag in Cementmörtel von 1 Raumteil Cement auf 2 Raumteile Sand abgedeckt wird. Hierbei soll der abgebundene Cementmörtel dieselbe Härte haben, wie der verwendete Steinschlag, der meistens aus Granit, Trachyt u. a. Gesteinsarten besteht, ein Härtegrad, der jedoch von abgebundenem Cementmörtel kaum zu erreichen sein dürfte. Vor dem Erhärten wird die Oberfläche mit einer Schicht von scharfem Kies überworfen. Derartige Fahrbahnen sind geräuschlos, eignen sich für leichteren Wagenverkehr und stärkere Neigungen bis etwa 1:30. Unter schwerem Verkehr tritt sehr bald ein Einarbeiten von Wagenspuren ein, sodass häufige Ausbesserungen erforderlich werden.

C. Holzpflaster.

Unterbettung. Holzpflaster erfordert stets eine gute, feste, zusammenhängende und wasserdichte Unterbettung. Am besten eignet sich hierfür Kiesbeton oder Asphaltbeton. Beide Stoffe ergeben eine gute, wasserdichte, unerschütterliche Grundplatte.

Der Kiesbeton wird in einer Stärke von 20 bis 25 cm lagenweise eingebaut; das Mischungsverhältnis beträgt 1:8 bis 1:10 also i. M. 1 Fass Cement von 170 kg Nutzw. auf 1 cbm gewaschenen Kies. Die Oberfläche dieser Unterbettung, die bereits das genaue Längs- und Quergefälle der Strasse erhält, wird mit einer etwa 1 cm starken Cementmörtelschicht überzogen und sorgfältig geglättet.

Die Herstellung der Unterbettung aus Asphaltbeton erfolgt wie auf S. 61 beschrieben.

Auf diese Unterbettung und zwar nach völliger Erhärtung des Betons wird das Holzpflaster direkt aufgesetzt.

Material und Herstellung des Holzpflasters. Zur Verwendung kommen von einheimischen Hölzern die Fichte, Tanne und Buche, von fremden Hölzern die amerikanische Cypresse, Jellow-pine und Pitch-pine. Das zu Pflasterklötzen zu verarbeitende Holz muss sorgfältig ausgesucht werden, es muss ast- und splintfrei und von möglichst gleicher Dichtigkeit sein. Diese wichtigen Eigenschaften sind bei langsam gewachsenen Hölzern wie bei der amerikanischen Cypresse, der schwedischen Fichte, Jellow-pine u. a. am besten vertreten. Das für eine bestimmte Strasse gewählte Holz muss ferner gleichartig sein, d. h. das Holz soll nie aus verschiedenen Gegenden oder Höhenlagen stammen oder aus verschiedenen Holzarten bestehen. Bei der Abnahme der Holzklötze sollte stets eine sehr sorgfältige Sichtung derselben nach der Dichtigkeit der Jahresringe erfolgen. Zur Verminderung vorzeitiger Fäulnis werden die geschnittenen Holzklötze mit Teeröl oder Zinkchloridlauge getränkt, was sich besonders deshalb empfiehlt, weil dadurch das Aufsaugen von Wasser und das Quellen der Klötze wesentlich vermindert wird.

Die beste Form der Pflasterkörper ist die rechteckige. Der Klotz muss ferner vollkantig und glatt sein. Die Abmessungen sind verschieden und betragen i. M. $l = 18$ bis 20 cm, $b = 7$ bis 10 cm, $h = 12$ bis 18 cm. Das Normalformat für London und Paris ist $22,5:15,0:7,5$. Sehr häufig ist auch die Würfelform vertreten. Die Seitenlänge der Würfel schwankt zwischen 8 bis 13 cm. In Budapest sind Würfel von 8 bis 9 cm Seitenlänge in Gebrauch.

Ist der Beton genügend ausgetrocknet und erhärtet, wozu 10 bis 14 Tage erforderlich sind, so werden die Holzklötze mit durchgehenden Querfugen und mit Längsfugen im Verband versetzt. Die Querfugen liegen entweder rechtwinklig zur Strassenachse bzw. zur Verkehrsrichtung oder unter 45° geneigt. Die Fugen sollen gleichmässig und möglichst eng sein, jedoch müssen sie dem Quellen des Holzes nachgeben können. Die gleichmässige Weite der Querfugen beim Setzen der Klötze wird durch zwischengelegte Latten von 2 bis 10 mm Stärke und 20 bis 30 mm Höhe erzielt. Die Klötze werden entweder trocken versetzt oder vorher mit ihrer Satzfläche in Cementmörtel, Asphalt oder in heissen Teer getaucht, leicht angetrieben und dann vergossen. Die Breite der Fugen richtet sich nach der Art des Vergussmittels und beträgt bei Teer und Asphalt 2 bis 5 mm, bei Cementmörtel 5 bis 10 mm. Als guter Mittelwert sind 5 mm zu empfehlen. Vielfach werden die Fugen in der unteren Hälfte mit Teer oder Asphalt und darauf nach Erkalten der Masse in der oberen Hälfte mit Cement gefüllt, wodurch ein Heraustreten der bituminösen Stoffe beim ev. Quellen des Holzes verhindert wird.

Nach Fertigstellung wird das Pflaster mit einer dünnen Teer- oder Asphalt-schicht überzogen und mit scharfem, grobkörnigem Kies überworfen. Zu diesem

Ueberwurf eignen sich auch scharfer Basaltplitt, eisenschüssiger Schlackenkie, Porphyrgruss u. a., welche durch den Wagenverkehr in das Hirnholz eingepresst und mit den zermalmten Hirnholzfasern eine etwa 1 bis 2 cm starke sehr widerstandsfähige Filzschicht bilden. Dieser Filz „wächst“ nach unten und zwar bei starkem Verkehr um etwa 5 mm im Jahre. Da diese Filzschicht sehr widerstandsfähig ist und da von deren Pflege die Dauer des ganzen Pflasters wesentlich abhängt, so wird zur Erhaltung derselben die Oberfläche häufig sorgfältig gereinigt und oft mit neuem scharfkantigem Material überworfen.

Holzpflaster eignet sich für Strassen mit starkem Verkehr und stärkeren Neigungen bis 5%. In Berlin hat sich die Verwendung von Holzpflaster nicht bewährt. Es ist deshalb dort in den letzten Jahren nur ausnahmsweise auf Brückentrampen und stark geneigten kürzeren Strassenstrecken in Anwendung gelangt. Für Droschkenhalteplätze, auf Strassen mit starkem Viehverkehr usw. ist es infolge des Eindringens der flüssigen tierischen Ausscheidungen in die bei Trockenheit sich öffnenden Poren nicht zu empfehlen. Die ungleiche Widerstandsfähigkeit der einzelnen Blöcke und in Verbindung hiermit die ungleiche Abnutzung der Fahrbahn machen häufige Ausbesserungen erforderlich. Besonders schwierig ist das Ansetzen neuer Blöcke an die bereits abgenutzten. Die ganze Fahrbahn wird dadurch wellenförmig, höckrig, ausserdem sehr un schön, sodass meist sehr bald eine völlige Neueindeckung erfolgen muss.

Die Lebensdauer einer guten Pflasterung bei sorgfältig ausgewähltem Holze beträgt 10 bis 15 Jahre und ist, abgesehen von der Güte des Holzes, abhängig von den Witterungsverhältnissen, dem Verkehr und vor allem von der Unterhaltung.

Die Kosten eines guten Holzpflasters einschl. der Herstellung des Bettungskörpers und Lieferung aller Materialien jedoch ohne Erdarbeiten betragen in Deutschland etwa 14 bis 18 M. für 1 qm. In Berlin betragen diese Kosten 16,50 M. für 1 qm.

d. Asphaltpflaster.

Unterbettung. Auch die Unterbettung für Asphaltpflaster muss ebenso wie diejenige des Holzpflasters kräftig, unverschieblich, dicht gegen aufsteigende Feuchtigkeit und vor allem dicht gegen Gasausströmungen deshalb sein, weil Gas den Asphalt brüchig macht und das Pflaster leicht zerstört. Da die Stärke der Asphaltbahn auf Fahrwegen höchstens 6 cm beträgt, so ist ersichtlich, dass der Unterbettung im wesentlichen die Druckverteilung zufällt und aus diesem Grunde von besonderer Festigkeit sein muss. Fast durchweg wird der Bettungskörper aus einer Betonschicht hergestellt, deren Stärke für Fahrbahnen 15 bis 25 cm, für Fusswege 10 bis 15 cm beträgt. Die Ausführung erfolgt wie früher S. 60 und 61 angegeben. Die Oberfläche der Betonschicht ist genau mit Cementguss abzugleichen und vor Aufbringen des heissen Asphaltes durchaus trocken zu halten, da Dampfentwickelungen beim Auftragen des heissen Asphaltes denselben hochtreiben.

Material und Herstellung. Der zu Strassenbauzwecken dienende Asphalt kommt als Stampf-, Guss- und Plattenasphalt in Anwendung.

Stampfasphalt besteht aus möglichst feinem Asphaltsteinpulver, zu welchem die gebrochenen Asphaltsteine in Schleudermühlen verarbeitet werden. Das Pulver wird an der Verwendungsstelle auf 110 bis 140° erhitzt, in Streifen quer zur Fahr-

richtung ausgebreitet, mittelst erhitzter eiserner Stampfen und Walzen zusammengepresst und gedichtet. Hierauf wird die Fahrbahn mit heissen Bügeleisen abgerieben und geglättet. Nach Erkalten des Asphalt, welches wenige Stunden erfordert, kann die Strasse dem Betriebe übergeben werden. Die lockere Schicht des heiss aufgetragenen Asphaltsteinpulvers erhält etwa 50 bis 75% Ueberhöhung. Das spezifische Gewicht des aufgetragenen Pulvers ist etwa 2,0 bis 2,1, das des längere Zeit dem Verkehr ausgesetzten 2,25 bis 2,35.

Die Stärke der fertigen Fahrbahn beträgt für Fahrwege stärksten Verkehrs 4 bis 6 cm, für Fahrwege leichteren Verkehrs 3 bis 4 cm, für Fusswege 2 bis 3 cm.

In Berlin, wo Asphalt eine sehr ausgedehnte Verwendung findet, beträgt die Stärke des zur Fahrbahn aufgebrauchten Pulvers 6 cm, welches durch Stampfen und Walzen auf 5 cm zusammengepresst wird. Das zur Verwendung kommende Asphaltgestein wird gebrochen in der Schweiz im Val de Travers, in Sicilien bei Ragusa, in Italien bei Ancona, in Frankreich bei St. Jean-Marujol, in Deutschland in Limmer und Vorwohle Provinz Hannover.

Stampfasphalt eignet sich für die Fahrwege am besten, da die Fahrbahn in der ganzen Breite und schnell hergestellt werden kann. Ausserdem wird die Asphaltbahn infolge ihrer grösseren Dichtigkeit durch die Sonnenwärme wenig beeinflusst.

Gussasphalt wird meistens nur für Fusswege, Höfe und mit Vorteil bei Ausbesserungen von Asphaltfahrbahnen verwendet. So werden vornehmlich Bahnsteigdecken aus Gussasphalt hergestellt. Ferner wird Gussasphalt zweckmässig zur Herstellung der Anschlüsse zwischen den Strassenbahngleisen und der aus Stampfasphalt ausgeführten Strassenfahrbahn in Anwendung gebracht. Gussasphalt wird aus Mastix unter Zusatz von Bitumen geschmolzen und mit reinem, gewaschenem, gut getrocknetem Sand, Kies oder feinem Schotter, der vorher angewärmt wird, innig gemengt. Das Schmelzen erfolgt in transportablen Kesseln, die häufig als Langkessel auf Wagen gelegt sind. Die Achsen des Wagens sind mit Rührapparaten verbunden, sodass durch die Bewegung des Wagens die Masse ständig umgerührt wird. Der zähe, heisse Asphalt wird auf der Betonunterlage ausgebreitet, nach der Schablone geebnet, gedichtet, mit feinem, trockenem Sande überworfen und dieser dann eingerieben. Bei der Herstellung von Asphaltbahnen wird der Gussasphalt gleichfalls quer zur Verkehrsrichtung aufgebracht.

Plattenasphalt besteht aus gepressten Asphaltplatten von regelmässiger Form, welche nach Erwärmen im Verband verlegt werden. Die Fugen werden mit Gussasphalt vergossen und abgeglichen. Plattenasphalt kommt gleichfalls vornehmlich auf Fusswegen, Höfen, Hausfluren usw. in Anwendung und wird alsdann auf einer etwa 10 cm starken Betonschicht verlegt. Die Stärke der gepressten Asphaltplatten beträgt 2 bis 3 cm.

Die **Unterhaltung** des Asphaltpflasters erstreckt sich auf die Ausbesserung von Rissen, von brüchigen Stellen, Schlaglöchern usw.

Risse entstehen quer zur Fahrbahn, in der Längsrichtung an den Anschlüssen der Bordsteine, Schienen, Einfallroste und der Einsteiggeschächte.

Die Querrisse in der Fahrbahn haben ihre Ursache meist in der Unterbrechung der Arbeit beim Neubau des Pflasters. Der Anschluss an den erhärteten Asphalt erfolgt vielfach sehr unvollkommen, da beim Abbrechen der Arbeit die Randschicht niemals dieselbe Dichte erreichen wird, wie der neue Anschluss. Deshalb sollte jede

Neuasphaltierung einer Strasse ohne Unterbrechung der Arbeit durchgeführt werden. Besondere Sorgfalt ist auf die Anschlüsse an Strassenbahn-Schienen, Bordsteinen, Roste usw. zu legen, da die in der Richtung des Verkehrs laufenden Fugen sehr schnell undicht werden und infolgedessen eine schnelle Zerstörung der anschliessenden Asphaltbahn herbeiführen.

Die Beseitigung derartiger Risse, brüchiger Stellen, von Schlaglöchern usw. erfolgt durch Aufhauen der betreffenden Stellen mittelst Aexte und zwar werden möglichst rechteckige Flächen herausgeschlagen. Die Ausbesserung selbst wird meist durch Gussasphalt bewirkt, da sich derselbe der bestehenden abgenutzten Fahrbahn am besten anpassen lässt.

Die Abnutzung der Fahrbahn beträgt bei starkem Verkehr etwa 2 bis 10 mm jährlich. Ist die Fahrbahn auf 20 mm abgeschliffen, so empfiehlt sich deren gänzliche Erneuerung.

Asphaltpflaster kommt zweckmässig in ebenen Strassen mit schnellem Verkehr zur Verwendung, ausserdem aber vor öffentlichen Gebäuden, Schulen, Kirchen, Krankenhäusern usw., überhaupt dort, wo es darauf ankommt, das durch den Wagenverkehr verursachte Geräusch nach Möglichkeit zu dämpfen. Strassen mit stärkerem Längsgefälle als 1:80 eignen sich nicht für Asphaltpflaster. Hiernach richtet sich auch das stärkste Quergefälle. Wird in stärker geneigten Strassen geräuschloses Pflaster notwendig, so muss zu Holzpflaster gegriffen werden.

Die Kosten des Asphaltpflasters für eine Fahrbahn einschliesslich der Betonunterbettung von 20 cm Stärke betragen i. M. 14 bis 18 M.

In Berlin erhalten die Unternehmer für das von ihnen hergestellte Pflaster einschl. der Unterbettung 14,0 M. für 1 qm und haben ausserdem eine unentgeltliche Garantie von 4 bis 5 Jahren zu übernehmen. Für die weiteren 15 Jahre erhalten sie 0,50 M. Unterhaltungskosten für 1 qm, welcher Preis für Strassen ohne Eisenbahngleise gezahlt wird. Sind Gleise vorhanden, so werden für die Flächen innerhalb und zwischen den Gleisen und für je einen Streifen von 0,65 m Breite zu beiden Seiten der äusseren Schienen 0,75 M. für 1 qm und Jahr bezahlt.

e. Rinnen und Fusswege.

Rinnen (Gossen) dienen zum Sammeln und Abführen des Regen- und Schmutzwassers. Sie werden auf beiden Seiten der Fahrbahn angelegt, gegen diese durch Saumsteine und gegen den Fussweg durch Bord- oder Kantensteine abgegrenzt. Das Gefälle der Rinnen schliesst sich dem Strassengefälle an und wird bei wagen-

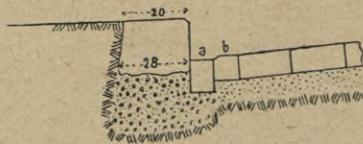
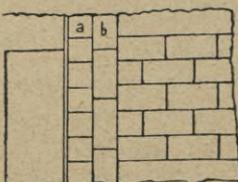


Abb. 54.



rechten Fahrbahnen künstlich hergestellt s. S. 59. Die Bordsteine auch Bordschwellen genannt, werden aus Granit, Lava, hartem Sandstein, getemperter Schlacke usw. gefertigt. Die einzelnen Stücke sind durchschnittlich 1,0 bis 1,5 m lang, oben 20 bis 30 cm, unten an der Gossensohle 25 bis 35 cm breit. Abb. 54, 55 u. 56. Die Leitkante ist entweder abgeschrägt, rund oder auch scharfkantig. Meist giebt man der Vorderfläche zum Schutz der Bordsteinkante gegen Beschädigung durch Räder der Fuhrwerke einen Anlauf. Als

Abb. 55.

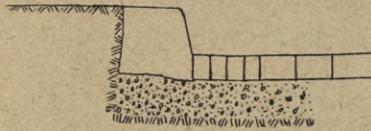
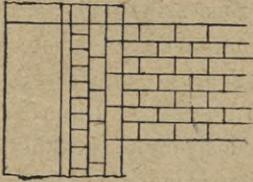
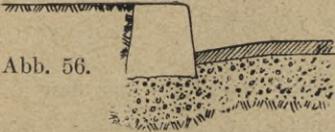


Abb. 56.



Unterbettung ist Beton und Mauerwerk bis zu 50 cm Tiefe zu empfehlen. Bei schweren Bordsteinen oder untergeordneten Strassen wird vielfach Sand oder Kies als Unterbettung gewählt.

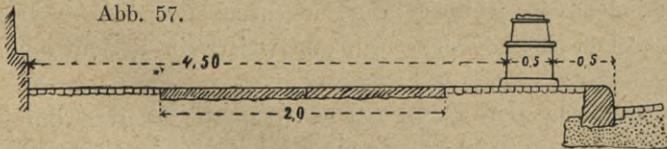
Zur geschlossenen Abführung des Schmutzes wird der Gossenstein a etwas vertieft gesetzt und die Kante des Saumsteines b abgeschragt. Abb. 54 zeigt die Anlage aus Pflastersteinen, Abb. 55 eine Rinne aus Holzpflaster und Abb. 56 eine solche aus Asphaltpflaster.

Fusswege dienen in erster Linie dem Fussverkehr, ausserdem der Aufstellung von Laternen, Strassen und Strassenbahnschildern, Anzeigesäulen, Brunnen usw. Da ferner Gas, Kabel und sonstige Leitungen in die Fusswege gelegt werden, so haben sie sowohl bezüglich ihrer Abmessungen als auch der Befestigung ihrer Oberfläche bestimmten Anforderungen zu genügen.

Der lichte Abstand zwischen Laternenständer und äusserer Bordsteinkante wird i. M. auf 0,50 m gehalten. Berücksichtigt man, dass der untere Durchmesser eines Laternenpfostens für elektrische Beleuchtung etwa 0,50 bis 0,60 m beträgt, so ist ersichtlich, dass allein hierdurch ein erheblicher Teil der Breite für den ungehinderten Fussgängerverkehr verloren geht. Dazu kommt, dass in Geschäftsstrassen vor den Schaufenstern ein weiterer Teil durch Schaulustige in Anspruch genommen wird. Rechnet man für diese Fälle eine erforderliche Breite von 1,50 m und für jeden Fussgänger zur Bewegung eine Breite von 0,75 m, so ergibt sich, dass schon bei verkehrsreicheren Geschäftsstrassen eine Fusswegbreite von 5,0 bis 6,0 m notwendig wird.

Die Befestigung der Fusswege muss fest, nicht zu hart und nicht zu glatt sein, da ausserdem diese Wege bei der Untersuchung und den Ausbesserungen der Leitungen, Kabel usw. sehr häufig aufgebrochen werden, so muss ferner das Befestigungsmaterial dauerhaft sein, um den Aufbruch und die Wiederherstellung der Oberfläche leicht und schnell ausführen zu lassen. Am besten eignen sich zur Befestigung

Abb. 57.



Granitplatten, Tonplatten, Mosaikpflaster und ähnliche Steine. Die Ausföhrung mit Granitplatten, welche im Verband verlegt

werden, erfolgt nach Abb. 57. Die Unterbettung besteht meist aus Sand. Zum Zwecke einer guten Entwässerung gibt man der Oberfläche eine Querneigung von etwa 0,02 bis 0,04 und mehr.

f. Ertragberechnung der Strassenbefestigung.

Eine in der Wirklichkeit häufiger vorkommende Aufgabe besteht darin, festzustellen, welche von verschiedenen, möglichen Befestigungsarten die wirtschaftlich vorteilhafteste ist.

Wenn die Ertragbildung und die Veränderlichkeit derselben zahlenmässig feststellbar wäre, so wäre die Untersuchung mit Hilfe der Zinseszins und Rentenrechnung derart zu führen, dass ermittelt würde, welche Befestigungsart die höchste Verzinsung ermöglicht. Für Strassenbefestigungen ist der wirtschaftliche Gesamteffekt, trotzdem derselbe vorhanden ist, nicht immer zahlenmässig darstellbar. Dann hat man die Untersuchung in bezug auf die Frage nach der Höhe desjenigen Kapitals zu führen, welches die Herstellung, die Instandhaltung und die ewige Dauer des Objektes sichert. Ergeben sich für verschiedene Befestigungsarten gleiche oder nahezu gleiche Anlagesummen, so müssen schliesslich für die Entscheidung die anderen wirtschaftlichen Effekte wenigstens schätzungsweise in Betracht gezogen werden.

Z. B.*) Es sei der Wert von Basalt und Sandsteinpflasterung zu vergleichen und zwar betragen die Kosten

für 1 cbm Basaltpflastersteine	24 M.
„ 1 „ Sandstein „	20 „
„ 1 qm Pflasterherstellung	1,0 „
auschl. Sandlieferung usw.	

Die Umlegung erfolge in der Gegend erfahrungsgemäss für

Basaltpflaster in 3 Perioden zu je 15 Jahren
Sandstein „ „ 3 „ „ „ 9 „

Der Zuschuss an neuem Material betrage bei den einzelnen Umlegungsperioden bei Basalt 10, 30 u. 60%, bei Sandstein 20, 30 u. 50%.

Der Wert des Abfalles sei für beide Materialien 20% des Neuwertes.

Nimmt man für beide Pflasterungen eine Stärke von 20 cm an, so kostet

1 qm Basaltpflaster	$1 + 0,2 \cdot 24 = 5,8$ M.
1 „ Sandstein „	$1 + 0,2 \cdot 20 = 5,0$ „ .

Die Umlegekosten für 1 qm betragen

für Basalt	für Sandstein
I. Umlage $1 + 0,1 \cdot 0,2 \cdot 24 (1 - 0,2) = 1,38$ M.	I. Umlage $1 + 0,2 \cdot 20 \cdot 0,8 = 1,64$ M.
II. „ $1 + 0,3 \cdot 0,2 \cdot 24 \cdot 0,8 = 2,15$ „	II. „ $1 + 0,3 \cdot 20 \cdot 0,8 = 1,96$ „
III. „ $1 + 0,6 \cdot 0,2 \cdot 24 \cdot 0,8 = 3,34$ „ .	III. „ $1 + 0,5 \cdot 20 \cdot 0,8 = 2,60$ „ .

Zu der Berechnung des Erneuerungs-Kapitals führt nun folgende Erwägung.

Der Betrag der I. Umlage von 1,38 M. für Basalt ist aus den Zinsen nach 15 Jahren, dann weiter in Perioden von je 45 Jahren zu entnehmen. Der Betrag der II. Umlage von 2,15 M. zuerst nach 30 Jahren, dann weiter in Perioden von je 45 Jahren.

Ist das Kapital zur Bestreitung der Umlage I = x , so wächst dasselbe in 15 Jahren mit Zinseszinsen auf $x = 1,05^{15}$, da das Kapital 1 mit 5% in einem Jahr auf 1,05 M. anwächst. Hiervon werden jetzt 1,38 M. entnommen. Der Rest muss jedoch durch seine Zinseszinsen alle 45 Jahre den Betrag von 1,38 M. liefern und selbst aber für ewige Zeiten erhalten bleiben; also $(x \cdot 1,05^{15} - 1,38)(1,05^{45} - 1) - 1,38 = 0$

$$x = 1,05^{30} \cdot \frac{1,38}{1,05^{45} - 1}$$

Durch ähnliche Schlüsse in Bezug auf die Kapitalanteile, welche die Beträge der anderen Umlageperioden zu liefern haben, erhält man

*) Zoeller, Der ökonomische Wert der Bauwerke. Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1883.

für Basalt:

$$K = 5,80 + \left[1,38 \cdot 1,05^{30} + 2,15 \cdot 1,05^{15} + 3,34 \right] \frac{1}{1,05^{45}} = 7,52 \text{ M.}$$

für Sandstein:

$$K = 5,0 + \left[1,64 \cdot 1,05^{18} + 1,96 \cdot 1,05^9 + 2,60 \right] \frac{1}{1,05^{27} - 1} = 7,58 \text{ M.}$$

V. Strassenfuhrwerke.

Die **Bauart** der Strassenfuhrwerke ist abhängig von der zu bewegenden Last und von der Form und Festigkeit der Strassenoberfläche. Infolge der hohen Anpassungsfähigkeit, welche diese Fahrzeuge und deren Betriebskraft an alle wirtschaftlichen Verhältnisse auf dem festen Lande haben, sind sie die verbreitetsten und in ihrer Gestaltung höchst mannigfaltig. Fast jedes Gewerbe hat seinen Sonderwagen. Trotz dieser Vielseitigkeit lassen sich alle Fuhrwerke auf bestimmte Grundformen zurückführen und von der einfachen Walze, welche zum Fortschaffen schwerer Lasten dient, bis herauf zur elegantesten Kutsche eine bestimmte Entwicklung verfolgen.

Die einfachste Form eines Fuhrwerks ist die **Bock-, Hand- oder Schubkarre**. Sie besteht aus dem Rad, den beiden Lang- oder Handbäumen und dem Kasten, und wird aus Holz oder Stahl hergestellt. Abb. 58.

Der Schwerpunkt der beladenen Karre soll möglichst nahe der Radachse und so

liegen, dass nach dem Anheben die Schubkraft durch den Schwerpunkt geht.

Das Rad besteht aus Nabe, Speichen, Felgenkranz und Radreifen. Bei eisernen Rädern sind Radreifen und Felgenkranz aus einem Stück gearbeitet. Die Speichen, 6 bis 8 an Zahl, stehen rechtwinklig zum Felgenkranz und zur Achse. Die Achse selbst ist lose, gewöhnlich in Oesen gelagert, welche unten an den Langbäumen sitzen, wodurch es dem Rade ermöglicht wird, Seitenbewegungen, die infolge der Unebenheit der Fahrbahn entstehen, leicht ausführen zu können. Der Durchmesser des Rades beträgt i. M. 45 cm.

Die Langbäume sind an der Handseite nach oben geschweift und schräg oder

parallel gelagert. Die Entfernung der beiden Handgriffe beträgt 55 bis 65 cm, diejenige der Lagerösen für die Radachse bei schrägen Handbäumen 25 bis 40 cm.

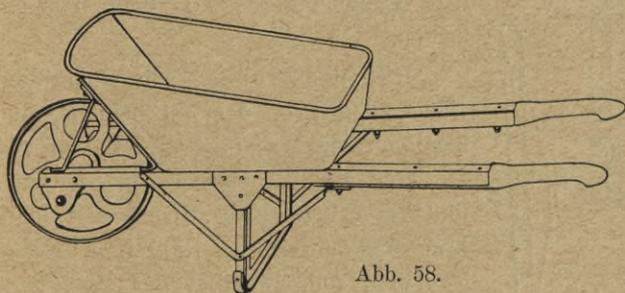


Abb. 58.

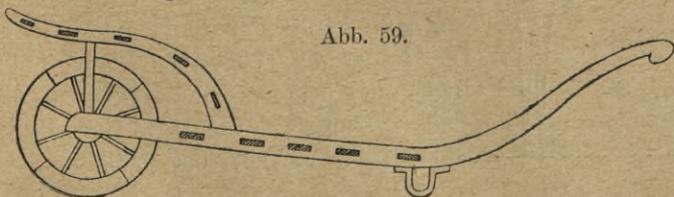


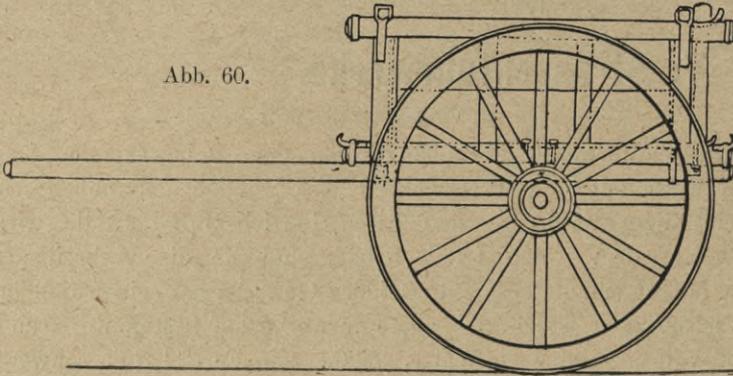
Abb. 59.

Der Karrenkasten wird möglichst dicht an das Rad gerückt. Zur Vergrößerung des Fassungsraumes, der etwa 0,75 bis 1,0 hl beträgt, sind die Seiten vielfach schräg gestellt. Etwa in der Mitte des Langbaumes wird der Kasten durch Beine gestützt.

Eine im landwirtschaftlichen Betriebe häufiger vorkommende Karrenform zeigt Abb. 59.

Aus der einrädigen Schub- bzw. Handkarre hat sich die zweirädige **Last-, Zug- oder Pferdekarre** entwickelt. Abb. 60 bis 62. Die Langbäume sind parallel

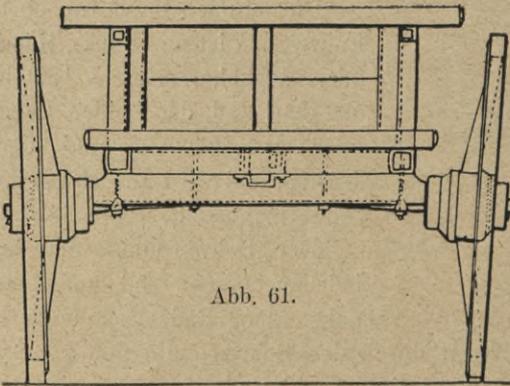
Abb. 60.



und bilden die sogen. Gabeldeichsel, in welche das Zugtier gespannt wird. Man unterscheidet bei diesem Fuhrwerk ein Unter- und Obergestell und zwar besteht das Untergestell aus den Rädern, der Achse und dem Achsholz, das Obergestell aus

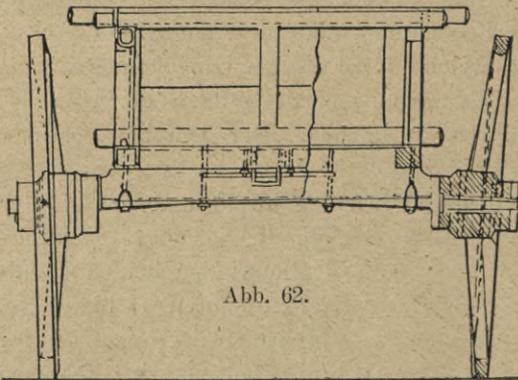
den Langbäumen und dem Karrenkasten.

Abb. 61.



Rad und Achse. Die Bauart des Rades hängt von der Fahrbahn ab und bestimmt die Leistung des Fuhrwerks. Die Räder sind hölzerne Speichenräder und bestehen aus Nabe, Speichen, Felgenkranz und dem eisernen Radreifen. Sie sind gestürzt und zwar ist der Radsturz gleich dem Schenkelsturz. Unter dem Radsturz versteht man den Winkel, welchen die Speichenachse mit der Lotrechten auf die wagerechte Ebene bildet. Derselbe ist abhängig von der Grösse des Rades und der Güte der Fahrbahn, und beträgt i. A. für hohe Räder, welche auf guten Strassen mit schwachem Quergerfälle bewegt werden $\text{tg } a$ bis 0,09, für Räder auf weniger guten und stärker geneigten Strassen wird $\text{tg } a$ bis 0,140. Die Räder des Lastkarrens sind hohe Räder mit einem Durchmesser von 1,40 bis 1,60 m und es beträgt der Sturz i. M. $\text{tg } a = 0,07$ bis 0,09.

Abb. 62.



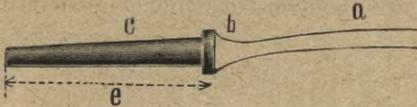


Abb. 63.

Die eiserne Achse hat vielfach eine gesprengte Form (Abb. 63) und besteht aus dem Mittelstück a, der Stossscheibe b und dem Achsschenkel c. Der Achsschenkel ist meist kegelförmig seltener walzenförmig und sitzt stets

rechtwinklig zur Stossscheibe. Die Neigung der Kegelseiten heisst der Schenkelsturz und es stehen die Mittellinien der Speichen rechtwinklig auf den Kegelseiten des Achsschenkels. Die Länge e des Achsschenkels richtet sich nach der Stärke des Sturzes und ist für den stärkeren Sturz grösser als für den schwächeren. Im Mittel wird $e = 30$ bis 40 cm gewählt. Auf dem Achsschenkel bewegt sich lose die Achsbuchse, welche mit der Radnabe fest verbunden und gegen ein Abgleiten durch die Kapsel mit Vorstecker (Splint) geschützt wird. Der Achsschenkel ist zum Festhalten der Schmiere mit angefeilten Flächen oder eingearbeiteten Nuten versehen. Die Stossscheibe ist vielfach zur Aufnahme einer Lederscheibe eingedreht, ebenso die Kapsel, wodurch der Stoss des Rades wesentlich gemildert wird. Abb. 75 u. f.

Die Nabe, welche gewöhnlich aus einem Stück seltener aus 2 bis 4 Teilen zusammengesetzt ist, wird fast ausschliesslich aus Eichenholz hergestellt. Nach Einsetzen der Speichen werden auf die hölzerne Nabe zur Sicherung gegen Zerspringen und zum Zusammenpressen der einzelnen Teile eiserne Ringe warm aufgezogen.

Zu den Speichen, die meistens einen elipsenförmigen Querschnitt aufweisen, wird junges, gut getrocknetes, astfreies Eichen- oder Eschenholz gewählt. Die Zahl der Speichen richtet sich nach der Höhe der Räder und beträgt bei Zugkarrenrädern 12 bis 14. Die Speichen sind gepaart d. h. so angesetzt, dass je 2 in einen Kranzteil des Felgens greifen. Abb. 64.

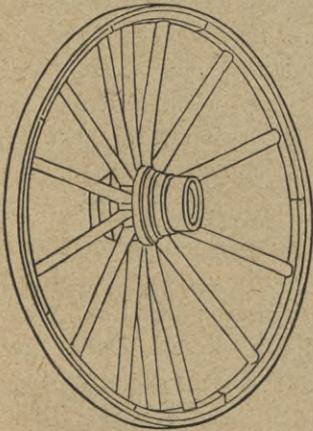


Abb. 64.

Die Felgen werden gewöhnlich aus Buchenholz derart geschnitten, dass die Holzfasern möglichst der Krümmung folgen. Der Radkranz besteht aus 6 bis 7 Felgen, die mit einander verzapft werden. Die Löcher für die Speichen werden durchgebohrt und stehen rechtwinklig zur Oberfläche des Felgenkranzes. Der Querschnitt der Felge ist schwach trapezförmig und die Oberfläche leicht gewölbt. Nachdem die Holzteile zusammengesetzt und festgetrieben sind, wird der eiserne Radreifen

warm aufgezogen und nach dem Erkalten durch Nägel mit versenkten Köpfen oder durch Schrauben befestigt. Durch eine schwache Wölbung des Radreifens, welche sich derjenigen des Felgenkranzes anpasst, wird eine bessere Druckübertragung erzielt und die Reibung zwischen Rad und Strasse vermindert. Die Breite des eisernen Reifens, die mit dem zu übertragenden Drucke wächst, ist etwas grösser als die Breite der Felgenoberfläche, sodass die Ränder zum Schutze des Holzes etwas über die Kanten des Felgens greifen. Abb. 65. Da der Fassungsraum des Kastens, sowie die ganze Form des Fuhrwerks zur Bewegung schwerer Lasten, wie sie der



Abb. 65.

vierrädrige schwere Lastwagen ermöglicht, nicht geeignet sind, so wird infolge der begrenzten Leistungsfähigkeit auch die Felgenbreite in verhältnismässig engen Grenzen gehalten. Die Felgenbreite beträgt bei Steinkarren mit einer Radhöhe

von 1,4 bis 1,5 m i. M. 6 bis 7 cm, bei Karren für landwirtschaftliche Betriebe mit einer Radhöhe von 1,50 bis 1,60 m etwa 9 cm.

Nach dem Aufziehen des Reifens wird die Buchse kalt eingepresst. Um jede Bewegung der Buchse in der Nabe auszuschliessen, erhält letztere zwei Rippen Abb. 72.

Der Querschnitt eines Rades wird somit durch zwei gleichseitige Kegel auf gemeinschaftlicher gleicher Grundfläche gebildet. Die Spitzen s und s_1 dieser Kegel

liegen auf der Kegelachse in entgegengesetzter Richtung. Abb. 66. Hierdurch wird Folgendes erreicht:

a. Infolge der schrägen Stellung der belasteten Speichen wird die Standsicherheit des Wagens erhöht und das Einsinken der Räder im nachgiebigen Boden erschwert.

b. Der Druck der Speiche auf den Achsschenkel wird in die beiden Seitenkräfte V und H zerlegt und da die Achsbuchse auf dem Achsschenkel leicht gleitet, würde sich das Rad durch den Druck von H ständig an der Stossscheibe bewegen. Infolge seiner Kegelform

jedoch wird das Rad gezwungen, um den ideellen Mittelpunkt s_1 eine kurze, kreisförmige Bewegung auszuführen, wodurch, unterstützt durch das Gewicht G der oberen freien Radhälfte, das Rad von der Stossscheibe wieder abgezogen wird. Die Bewegung des Rades ist somit eine schlingende. Jedes Rad schlingert frei für sich.

c. Die Seitenstösse und Schwankungen, welche die ungleichartige Bewegung der Räder und die Unebenheit der Fahrbahn hervorrufen, werden durch den Sturz der Räder und Schenkel aufgehoben bzw. stark geschwächt. Die verlängerten Mittellinien der belasteten Speichen schneiden sich über dem Schwerpunkte der Achse, sodass die Bewegung des Karrens so erfolgt, als ob derselbe in diesem Punkte aufgehängt wäre, bzw. alle wirkenden Kräfte dort angriffen. Durch diese Wirkung des Sturzes und durch die Unabhängigkeit der Bewegungen der einzelnen Räder unter sich, wird ein ruhiger Lauf des Karrens erzielt.

Die Spurweite ist verschieden und richtet sich nach dem Zweck des Karrens und nach der Güte und Art der Wege. Bei Stein- und Erdkarren, auf Berg- und Hügellandstrassen beträgt die Spur von Mitte zu Mitte Reifen gemessen 1 bis 1,36 m, dagegen ist bei Fuhrwerken für den landwirtschaftlichen Betrieb und Flachlandstrassen die Spur grösser, z. B. in Preussen 1,52 m.

Das Achsholz sitzt auf dem eisernen Mittelstück der Achse. Das Mittelstück wird in das Holz eingelassen und beide durch eiserne Bügel fest verbunden, dadurch wird eine elastische gleichmässige Druckverteilung herbeigeführt und die Achse im schwächsten Teile gegen Stösse geschützt. Abb. 62 und 73. Das Achsholz trägt die Langbäume und auf diesen lagert der hölzerne Kasten.

Der Kasten hat meist einen rechteckigen, vielfach auch trapezförmigen Querschnitt und einen Inhalt bis zu 0,75 cbm. Der Schwerpunkt des beladenen Karrens

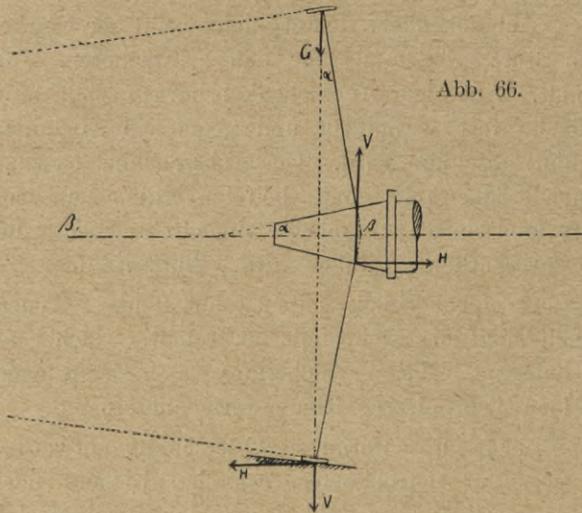


Abb. 66.

liegt etwas vor der Achse, sodass bei der Bergfahrt auf der stärksten Neigung das Hauptgewicht der Last noch über der Achse ruht. Die Ladefähigkeit der Stein- und Erdkarren geht gewöhnlich nicht über 1500 Kg hinaus.

Der Vorzug der Zugkarren vor allen andern Lastfahrwerken besteht in der guten Ausnutzung der Zugkraft des Einzeltieres und in der geringen Länge des Fahrzeuges. Infolge der hohen Räder und der damit verbundenen hohen Befestigung der Zugketten wird das Gewicht des Tieres nur zum Rollen bzw. Wälzen der Last verwendet. Jede Hebung der Last, wie sie beim vierrädrigen Wagen vorkommt, ist vermieden. Die Länge des Karrens beträgt 4,0 bis 4,5 m und dementsprechend können Krümmungen mit sehr kleinem Halbmesser durchfahren werden. Besonders leicht ist das Wenden auf der Stelle, wozu eine Strassenbreite von nur 5,0 m ausreicht.

Der **Wagen** ist als vierrädriges Strassenfahrwerk durch Zusammenfügung zweier Zugkarren entstanden. Man unterscheidet bei jedem Wagen ein Vorder- und ein Hintergestell, welche den Wagenkasten tragen. Das Hintergestell ist mit dem Wagenkasten fest verbunden, während das Vordergestell am Kasten drehbar angeordnet wird, infolgedessen ist die Hinterachse als feste Achse, die Vorderachse als freie Lenkachse ausgebildet.

Der Wagen ist bei der gegebenen tierischen Zugkraft das vollkommenste Strassenfahrwerk, sowohl in Bezug auf seine Gestaltung als auch in Bezug auf das Zusammenwirken der einzelnen Teile und die Leistung derselben. Beim einfachen Ackerwagen könnte jedes Gestell als Zugkarre benutzt werden und durch Zusammenfügung beider entsteht der leichte Ackerwagen, der Lastwagen, der Erntewagen und der Langholzwagen. Wo immer das Bedürfnis zur kürzeren Bewegung von Gütern auf dem festen Lande vorhanden ist, lässt sich der Wagen in Spur und Form diesem Bedürfnis, ja selbst jedem Wunsche des Einzelnen anpassen. Der Kinderwagen, die Kutsche, der Rollstuhl, der Kranken und Leichenwagen, der Postpaket- und Aktenwagen, der Fleischer- und Viehtransportwagen, der Brauerwagen, der gewöhnliche Lastwagen, der Roll- und Möbelwagen u. a. sind Beispiele für die hohe Anpassungsfähigkeit dieser Beförderungsart. Alle Wagenarten können jedoch auf eine Grundform zurückgeführt werden, die sich im gewöhnlichen Ackerwagen vorfindet und deshalb soll der weiteren Erörterung diese Wagenform als Unterlage dienen.

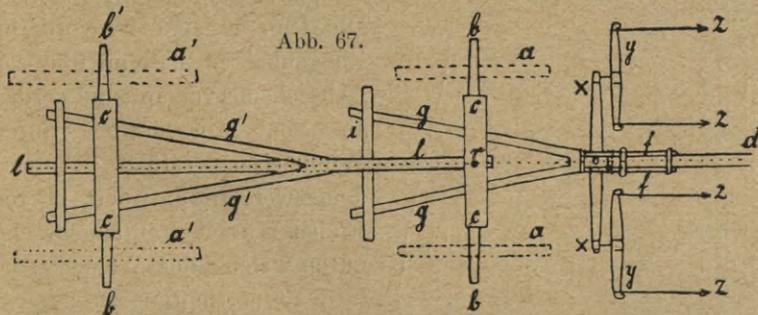


Abb. 67.

Wie schon früherbemerkt, besteht jeder Wagen aus dem Vordergestell oder Vorderwagen und dem Hintergestell oder Hinterwagen.

Abb. 67 zeigt das Gestell eines

Acker- und Lastwagens.

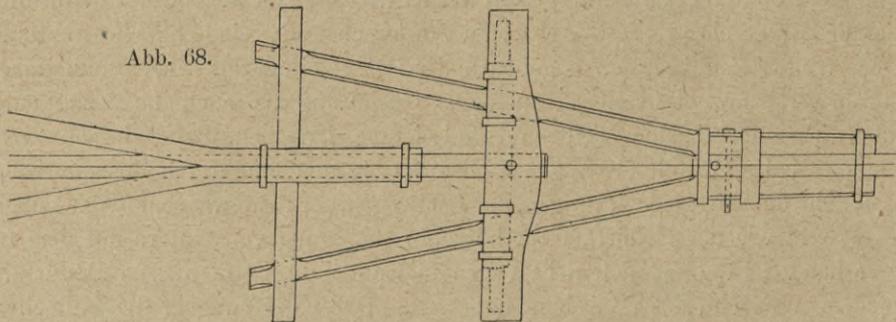
Der Vorderwagen wird von den Rädern aa, der durchgehenden Achse bb und dem Achsholz cc gebildet. Auf dem Achsholz sitzt der Achsschemel, auch Schale genannt, beide sind durch eiserne Bügel fest verbunden. Auf dem Achsschemel ist der Rungenbalken lose derart gelagert, dass er sich um den Schlossnagel r drehen kann Abb. 73. Zwischen Achsholz und Achsschemel gehen die Deichselarme gg hindurch, welche vor der Achse die Scheere ff zur Aufnahme der Deichsel d bilden.

Hinter der Achse sind die Deichselarme durch das Lenk-, Reib- oder Drehscheit *i* verbunden, welches an der Oberfläche mit einem versenkten Flacheisen belegt ist. An der Deichselwurzel bzw. unter derselben wird die Wage aufgehangen. Dieselbe besteht aus dem Wagebalken oder Schwengel *xx* (Klippschwengel) und den beiden Ortscheiten *yy*, die zum Anbringen der Zugstränge *zz* dienen.

Der Hinterwagen setzt sich zusammen aus den beiden Rädern *a'a'*, die jedoch grösser wie die Vorderräder ausgeführt werden, der durchgehenden Achse *b'b'* und dem Achsholz *c'c'*. Ueber dem letzteren und mit diesem gleichfalls fest verbunden liegt der hintere Achsschemel, auch hintere Schale genannt, in welchem die hinteren Rungen sitzen.

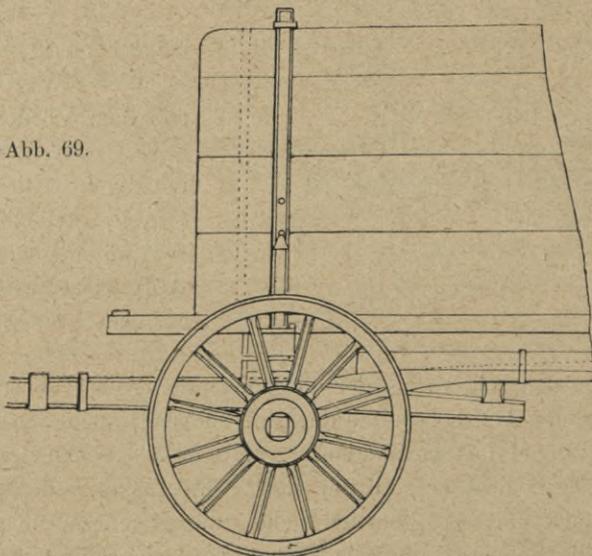
Zur Verbindung des Hinterwagens mit dem Vorderwagen dient der Langbaum *l*, auf welchem die Hinterarme *g'g'* des Hinterwagens aufgesetzt sind. Hinterarme und Langbaum gehen gleichfalls zwischen Schemel und Achsholz des Hinterwagens hindurch und sind hinter der Achse durch ein Querscheit verbunden.

Im Vorderwagen geht der Langbaum zwischen Achsholz und Schemel frei durch und



wird in der Mitte der Achse Abb. 68 u. 73 durch den Schliessnagel das sogenannte „Schloss“ gehalten, um welchen Punkt der Vorderwagen eine entsprechende Drehung ausführen kann. Zur Verminderung der Reibung zwischen Drehscheit und Langbaum wird die reibende Fläche des Langbaumes wie diejenige des Drehscheites mit Eisen beschlagen.

Auf den Achsschalen lagert der hölzerne Wagenkasten, der durch die



Rungen zusammengehalten wird. Die Rungen sind im vorderen Rungenbalken und im hinteren Achsschemel verzapft und werden an den Aussenseiten durch Winkeleisen gestützt. Ausserdem werden an den oberen Enden Würgekettens angebracht, durch welche der Wagenkasten in der Querrichtung zusammengezogen werden kann. Der aus den angegebenen Teilen zusammengesetzte Wagen ist aus den Abb. 69 bis 71 ersichtlich. Bei Personenwagen und städtischen Strassenfuhrwerken ruht der Wagenkasten

meistens auf Federn, um die harten Stöße der Fahrbahn zu mildern. Zur Schonung der Strasse, des Wagens und der Zugtiere sollte für städtische Fuhrwerke eine gute Abfederung aller Wagen vorgeschrieben werden. Nicht empfehlenswert ist die Anordnung von Federn bei Wagen für landwirtschaftliche Betriebe, da auf den weichen, nachgiebigen Ackerflächen die Räder durch die Wucht des schwingenden Wagenkastens zu tief in den Boden getrieben werden.

Achsen und Räder. Für die Räder und Achsen der Wagen gilt dasselbe was bereits

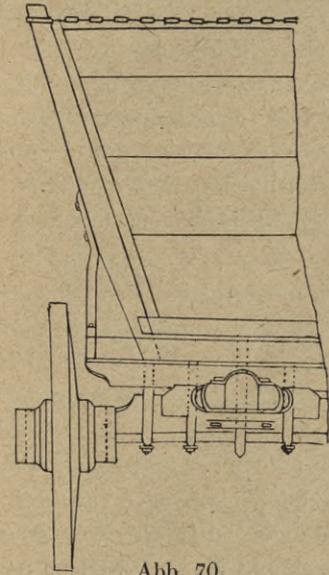


Abb. 70.

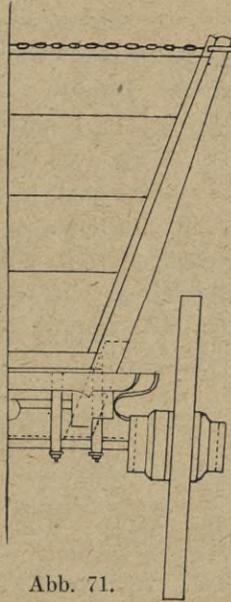


Abb. 71.

auf S. 76 u. f. gesagt wurde. Auch hier sind die Räder gestürzt und zwar ist der Radsturz ebenfalls gleich dem Schenkelsturz. Ebenso unterscheidet man bei den Wagenachsen das Mittelstück, die Stossscheibe und den Acksschenkel. Je nach dem Zwecke des Wagens erhält die Achse verschiedene Formen und zwar entweder die Form

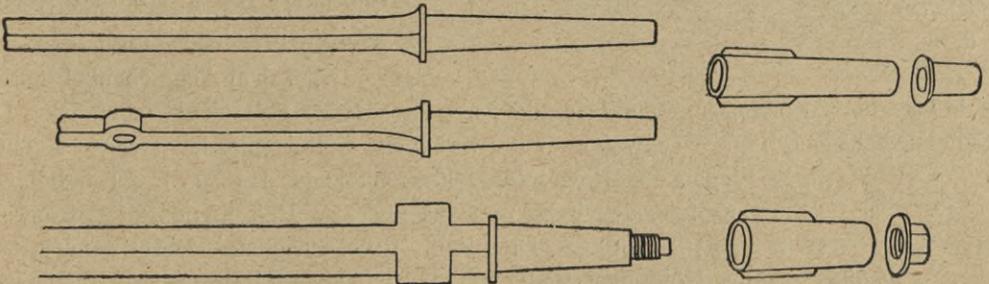


Abb. 72.

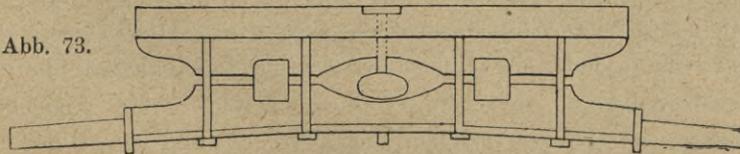


Abb. 73.

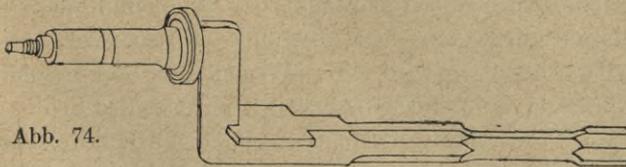


Abb. 74.

Abb. 72 mit gerade durchlaufender Mittellinie diesog. gerade Achse oder die Form der gesprengten Achse Abb. 73 oder endlich die Form der gebrochenen bzw. der gekröpften Achse Abb. 74. Die Form Abb. 72 kommt fast

durchweg bei Wagen des landwirtschaftlichen Betriebes und den gewöhnlichen, schwereren Lastfuhrwerken zur Anwendung. Die gesprengte Achse dagegen findet sich vor-

wiegend bei leichten Wagen des städtischen Strassenverkehrs, bei Droschken, leichteren Geschäftswagen usw., jedoch ist sie auch bei schweren städtischen Strassenfahrwerken vertreten. Die gebrochene oder gekröpfte Achse wird für besondere Wagenarten dann verwendet, wenn es sich darum handelt, den Wagenkasten und damit den Schwerpunkt des ganzen Wagens möglichst tief zu setzen.

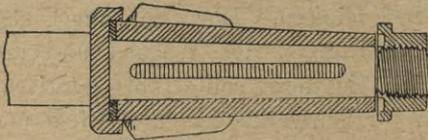


Abb. 75.

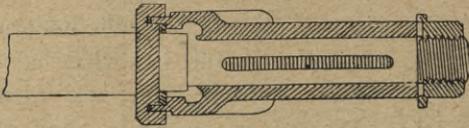


Abb. 76.

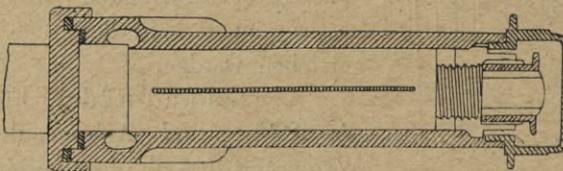


Abb. 77.

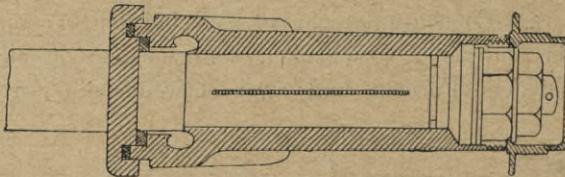


Abb. 78.

Der Achsschenkel wird kegelförmig oder cylindrisch ausgebildet und sitzt stets rechtwinklig zur Stossscheibe. Der in Abb. 75 dargestellte kegelförmige Achsschenkel mit senkrechter Stossscheibe ist bei Lastfuhrwerken, Arbeits- und Ackerwagen vertreten, während bei städtischen leichteren Lastwagen und Wagen sehr leichter Bauart der cylindrische Achsschenkel Abb. 76, 77 u. 78 vielfach in Gebrauch ist. Beim cylindrischen Achsschenkel bildet gewöhnlich eine schwache Neigung des Schenkels gegen die wagerechte Linie den Schenkelsturz. Abb. 79.

Auf dem Achsschenkel bewegt sich lose die Achsbuchse, welche in die Nabe des Rades kalt eingetrieben ist. Die Nabe besteht bei Rädern schwererer Fuhrwerke aus Eichenholz, bei solchen leichter Wagen aus Rüstern und Eschenholz (s. a. S. 77.) Bezüglich der Speichen, des Felgenkranzes und des Radreifens gilt das bereits früher gesagte. Die Zahl der Speichen richtet sich nach der Höhe der Räder und zwar haben Hinterräder 12 oder 14, Vorderräder 10 oder 12 Speichen. Bezüglich des Felgenkranzes ist noch hervorzuheben, dass für leichte Räder und namentlich für solche von Luxuswagen der Felgenkranz aus wenigen Stücken häufig aus 4, 2 oder auch aus einem Stück gebogen wird. Hierzu verwendet man junges Eschen- oder Hikoryholz, das feucht über eiserne Modelle gespannt wird.

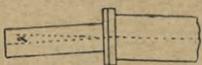


Abb. 79.

Wie gleichfalls früher betont, steht die Grösse des Rad- bzw. Schenkelsturzes im Zusammenhang mit der Querneigung der Fahrbahn und der Höhe des Rades. Bei Landstrassen schwankt das Quergefälle je nach der Längsneigung zwischen 3 und 7%, sodass also $\text{tg } \beta = 0,03$ bis $0,07$ wird. Bei Wagen mit Rädern ohne Sturz würde das Hintergestell, welches mittelst des Schlossnagels am Vordergestell drehbar verbunden ist, durch die Seitenkraft H , s. Abb. 80 während der Fahrt abwärts geschleudert und dadurch die Bewegung des Wagens wesentlich erschwert werden. Infolge des ziemlich grossen

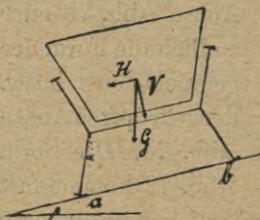


Abb. 80.

Wagen mit Rädern ohne Sturz würde das Hintergestell, welches mittelst des Schlossnagels am Vordergestell drehbar verbunden ist, durch die Seitenkraft H , s. Abb. 80 während der Fahrt abwärts geschleudert und dadurch die Bewegung des Wagens wesentlich erschwert werden. Infolge des ziemlich grossen

Spielraumes zwischen den Achsschenkeln und den Buchsen sind die Räder bzw. die Radreifen im Stande sich der Fahrbahn gut anzupassen. Ausserdem finden hierdurch und infolge des Radsturzes die oberen Räder im Punkt b den erforderlichen Halt, sodass ein Abwärtsschleudern bzw. Gleiten des Hintergestelles vermieden und der gleichartige Lauf mit dem Vordergestell erzielt wird. Im Allgemeinen würde demnach eine Grösse des Sturzes $\text{tg } \alpha = \text{tg } \beta$ genügen. Da jedoch die kurze, kreisförmige Aussenbewegung des tieferen, stärker belasteten Rades die Gefahr des Gleitens erhöht und ausserdem die Reibung zwischen Rad und Fahrbahn je nach den Witterungsverhältnissen sich ändert, so wird der Sturz zweckmässigerweise grösser als das Quergefälle angeordnet und zwar wird für Landstrassen $\text{tg } \alpha$ etwa gleich $2 \text{ tg } \beta$ gewählt, sodass für Wagen auf glatteren Wegen und schwächerer Querneigung $\text{tg } \alpha = 0,06$ bis $0,125$ und für Wagen auf rauheren, schlechteren Wegen mit stärkerer Querneigung $\text{tg } \alpha = 0,09$ bis $0,140$ gemacht wird. Auf städtischen Strassen ist die Querneigung der Fahrbahn wesentlich kleiner, dementsprechend ist auch der Schenkel und Radsturz geringer und zwar liegt für kegel- und walzenförmige Achsschenkel $\text{tg } \alpha$ gewöhnlich zwischen $0,03$ und $0,07$. Ausserdem wird bei städtischen Lastfahrwerken der Radreifen nicht gewölbt, sondern gradlinig und scharfkantig hergestellt.

Die Grösse des Sturzes wird ferner von der Höhe des Rades beeinflusst. Da bei gleichem Sturz der „Schlag“ das ist die Seitenschwankung mit dem Durchmesser des Rades wächst, so ist für den ruhigen Gang hoher Räder eine Ermässigung des Sturzes erforderlich. Eine Erscheinung die für die richtige Wahl der Hinterräder eines Wagens von Bedeutung ist.

Endlich hängt die Grösse des Sturzes von der Grösse der zu bewegenden Lasten bzw. vom Raddruck ab. Die Breite des Radreifens und des Felgens muss mit dem Raddruck wachsen. Da bei grossem Raddruck, breitem Reifen und starkem

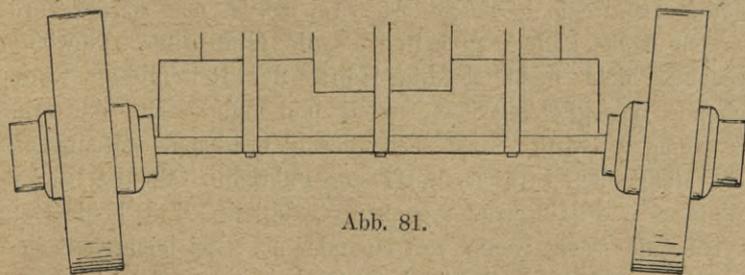


Abb. 81.

Sturz ein Ausbrechen der Speichen aus dem Felgenkranz oder eine gewaltsame Zerstörung der Fahrbahn eintreten würde, so ergibt sich, dass für einen grösseren Raddruck mit breitem

Radkranz ein kleiner Raddurchmesser mit schwachem Sturz gewählt werden muss, wie wir es bei den Rädern schwerer Rollwagen verwirklicht sehen. Abb. 81.

Die Notwendigkeit einer leichteren Seitenbewegung der Vorderachse beim Einlenken vor allem auf weichen, nachgiebigen Wegen erzwang die Anwendung von kleineren Vorderrädern, eine Anordnung die ausserdem den Vorteil des leichteren Anziehens und Fortbewegens des Wagens mitbringt, da bei tieferer Aufhängung des Schwengels beim Anziehen das Vordergestell etwas angehoben wird. Ferner wird durch den Höhenunterschied zwischen Vorder- und Hinterrad noch ein weiterer Vorteil namentlich bei Anwendung kegelförmiger Achsschenkel erreicht. Das Gewicht des stehenden Wagens ruht auf vier Stützpunkten der Achsschenkel, welche in verschiedenen Höhen liegen. Jede Seitenbewegung der Deichsel oder Erschütterung des Wagens verändert diese Stützenlage und veranlasst den Wagen nach vorn zu

fallen, hierdurch wird das Anziehen und ebenso die Fortbewegung gleichfalls erleichtert. Dieser Sturz des Wagens wird durch das Aufsetzen eines schwach nach vorn geneigten Wagenkastens häufig noch verstärkt.

Die Spur des Wagens richtet sich nach dem Zweck desselben und der Strassenart. Auf Gebirgsstrassen ist die Wagenspur kleiner als auf Hügelland und Flachlandstrassen. Als Maass für die Spurweite gilt der Abstand der Hinterräder d. h. der Räder auf der festen Achse und zwar wird dieser Abstand von Mitte zu Mitte Felgenbreite gemessen. Das Höchstmaass der Spurweite ist fast in allen Ländern gesetzlich festgelegt und beträgt für

Bayern	1,125 m
Sachsen	1,138 „
Württemberg }	1,161 „
Baden }	
Mecklenburg }	1,440 „
Braunschweig }	
Preussen	1,520 „

In Gebirgsgegenden kommen Spurweiten von höchstens 1 bis 1,10 m vor. Die Spurweite des Hinter- und Vordergestells eines Wagens ist i. A. verschieden und zwar ist diejenige des Vorderwagens meist kleiner. Bei gleichem Achs- bzw. Radsturz und gleichen Achslängen muss schon infolge der Anordnung von kleineren Vorderrädern die Spur des Vorderwagens entsprechend enger ausfallen. Bei Acker- und Landwirtschaftswagen, die meistens auf weichen Ackerflächen bewegt werden, wäre es in Rücksicht auf die geradlinige Fortbewegung zweckmässig beide Spuren gleich zu halten. Da jedoch hierdurch die Beweglichkeit des Vordergestells und damit des ganzen Wagens beschränkt und ferner durch das Spurhalten eine schnelle und sichere Zerstörung aller weicheren Landwege herbeigeführt wird, so ist man darauf zurückgekommen, die Vorderspur etwas kleiner zu halten als die Hinterspur. Gewöhnlich beträgt diese Spurverengung nicht mehr als die Hälfte der Reifenbreite, wodurch einerseits eine ausreichende Beweglichkeit noch erzielt und andererseits das Hintergestell in die Lage versetzt wird, einen Teil der Vorderspur mitzubenutzen. Bei Lastfuhrwerken auf städtischen Strassen mit fester Fahrbahn fällt die Rücksicht auf das Spuren des Vorder- und Hinterrades ganz fort, deshalb sind beide Spuren häufig gleich oder weichen nur sehr wenig von einander ab. Bei leichten Strassenfuhrwerken dagegen und besonders bei einspännigen Personenwagen ist die Vorderspur häufig viel kleiner als die hintere, wodurch vor allem eine für den städtischen Strassenverkehr notwendige, grössere Beweglichkeit des Fuhrwerks erreicht wird.

Die Deichsel wird bei zweispännigen Lastfuhrwerken aus einem Baum als einfache Deichsel, bei leichten einspännigen Wagen und Karren aus zwei leichteren Bäumen als sog. Gabeldeichsel gebildet. Die einfache Deichsel hat eine durchschnittliche Länge von 3,6 bis 4,0 m und wird meistens aus Birkenholz gefertigt. Am vorderen Ende ist das Holz mit eisernen Ringen eingefasst, an welchen die Deichselketten angebracht werden. Das Wurzelende sitzt in der Scheere und wird durch den Vorstecker gegen das Herausziehen gesichert. Abb. 68 S. 80. Die Deichsel dient im wesentlichen als Lenkvorrichtung, ferner wird durch ihr Gewicht und den Druck nach oben, welchen das Lenkscheit auf den Langbaum des Wagens ausübt, der Kopf des Langbaumes am Schlossnagel vom Achsholz abgehoben und

dadurch eine freiere Beweglichkeit des belasteten Vordergestells ermöglicht. Abb. 69.

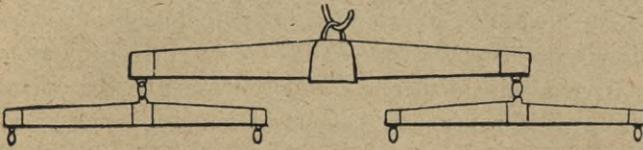


Abb. 82.

Am Wurzelende der Deichsel hängt die Wage Abb. 82. Der Waagebalken ist gewöhnlich 1,05 m, die Ortscheite je 0,85 m lang. Die Ortscheite hängen an dem Waagebalken in Gelenken

ebenso der Waagebalken an der Deichsel, sodass die Bewegungen der Tiere, die in der Hebung und Senkung ihres Gewichtes bei gleichzeitigem Vorschieben desselben bestehen, im Aufhängepunkt der Wage ausgeglichen werden. Bei Luxusfahrwerken, die durchweg höhere Vorderräder, also auch eine höher liegende Zugvorrichtung haben, ist der Waagebalken auf der Deichsel fest gelagert, während die Ortscheite nur eine Pendelbewegung in wagerechtem Sinne zulassen. Vielfach werden bei Luxusfahrwerken auch die Ortscheite festgelagert.

Wenn wir uns am Schlusse dieses Kapitels noch einmal den Bau und den Lauf eines Ackerwagens vergegenwärtigen, so finden wir zunächst als charakteristische Merkmale die lose Lagerung der Achsschenkel in den Buchsen und die Anordnung des Schenkel-, Rad- und Wagensturzes. Durch die lose Lagerung der Räder sind dieselben in den Stand gesetzt, sich den Unebenheiten der Fahrbahn leicht und bequem anzupassen. Der Druck der Räder wird durch die belasteten Speichen rechtwinklig auf die Achsschenkel übertragen und in Seitenkräfte derart zerlegt, dass die wagerechten Kräfte in die Richtung der Achsen fallen. Im übrigen findet ein Ausgleich der Seitenschwankungen in den Achslagern statt und zwar pendelt jede Achse so, als ob sie im Schnittpunkt der Mittellinien der belasteten Speichen aufgehängt wäre. Die Schwankungen in der Längsrichtung des Wagens werden durch das Lenkscheit auf die Deichsel übertragen und durch das Gewicht derselben im längeren freien Hebelarm ausgeglichen. Die Deichsel dient jedoch nicht allein zum Ausgleich der Längsschwankungen, sondern gleichzeitig zur Führung des Wagens, also zum Spurhalten. Eine Führung des Wagens ohne Deichsel ist unmöglich, während die Anordnung einer Deichsel an Wagen deren Räder Spurkränze haben, wie wir sie bei Eisenbahnfahrzeugen vorfinden, überflüssig ist.

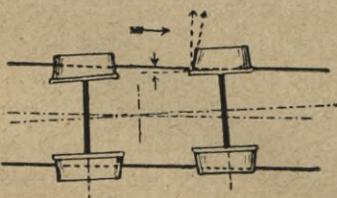


Abb. 83.

Bei der Bewegung des Wagens gleiten die Räder an den Achsschenkeln aufwärts, der obere Teil des Wagens fällt nach vorn und zwingt die Räder zur rollenden Bewegung, dabei gleiten dieselben infolge ihrer Kegelform und der damit verbundenen kleinen kreisförmigen Bewegung um s^1 als Mittelpunkt Abb. 66 S. 78 wieder abwärts, um das Spiel von neuem zu beginnen. Die Räder führen also eine schlingende Bewegung aus. Jedes Rad des Wagens schlingert für sich, entgegen der schlingenden Bewegung der Eisenbahnwagen, wie sie in Abb. 83 angedeutet ist.

Geschichtliches.

Merkwürdiger Weise sind in der bekannten Literatur über die geschichtliche Entwicklung der Strassenfahrwerke keine Angaben über den Radsturz bezw. den

Achsschenkelsturz verzeichnet, und doch ist diese Erfindung eine der wichtigsten in der Verkehrstechnik. Auf den künstlich gespurnten Steinstrassen des frühen Altertums sind Wagen mit gestürzten Rädern nicht bewegt worden, dagegen findet sich neben den zweirädrigen Karren, die als Fuhrwerke vornehmlich dem Personenverkehr dienten, auch der vierrädrige Wagen mit kleineren Vorderrädern. Dieser Wagen mit zwei festen Achsen hatte infolge seines hohen Eigengewichtes und seiner geringen Beweglichkeit als Verkehrsmittel nur eine untergeordnete Bedeutung. Häufiger wurde er dagegen zu Cultzwecken verwendet und die Harmamaxa, auf welcher die Leiche Alexander des Grossen von Babylon nach Aegypten befördert wurde, kann hierfür als Beispiel gelten. Auch in den folgenden Entwicklungsstufen des Strassenbaues, welche die spurlose, künstlich befestigte, wagerechte und später die gewölbte Fahrbahn einnehmen, ist die Anwendung des Sturzes unbekannt.

Bei den Römern aller Zeiten war die zweirädrige Karre als Rennwagen (*biga*, *quadriga*), als Luxuswagen (*carpentum*), als Leichenwagen (*carpentum funebre*), als leichtes Cabriolet (*cisium*), als Land- und Landfuhrwerk (*plaustrum*) u. a. im Tagesgebrauch, während von den vierrädrigen Fuhrwerken die gallische Rheda als Gesellschaftswagen, als schwerer Last- und Heerwagen, für Krankentransporte erst in der römischen Kaiserzeit grössere Aufnahme fand. Zur Zeit Neros, der auf seinen Reisen gewöhnlich 1000 kleinere vierrädrige Wagen (*carruca*) mitnahm, finden wir auch bereits Wagen mit lenkbarer Vorderachse. Viel früher findet sich der vierrädrige Wagen bei den Galliern und Belgiern in ausgedehnterem Betriebe, wo er die Bezeichnung „*benna*“ führt, bereits als Korb-, Bretter- und Leiterwagen vertreten ist und in diesen Formen von den Römern übernommen wurde. Eine weitere Ausbildung scheint diese Wagenform jedoch erst sehr viel später erfahren zu haben, denn noch von Karl dem Grossen (768—814) wird berichtet, dass er auf seinen Reisen sich eines einfachen Karrens bediente, vor welchen man 4 Ochsen gespannt hatte, die von nebenhergehenden Treibern geleitet wurden. Auch König Johann von England 1200 n. Ch. brauchte auf seinen Reisen dasselbe Fahrzeug mit hölzernen Scheibenrädern und einer Gabeldeichsel.

In Deutschland sind bereits Ende des 12. Jahrhunderts vorzugsweise vierrädrige Wagen im Gebrauch gewesen. Die Abbildungen*) derartiger Wagen aus der Zeit von 1250 bis 1400 lassen die Anwendung sehr langer Buchsen erkennen und diejenige des Radsturzes vermuten. Mit Sicherheit dagegen lässt sich der Radsturz an den Geschützen Karl des Kühnen von Burgund nachweisen. Ein Geschütz, die sogenannte burgundische, schmiedeeiserne Steinbombarde, die aus der Schlacht bei Nancy stammt, in welcher Karl der Kühne 1474 geschlagen wurde, trägt auf der Laffette die Zahleu 1450 bis 1480. Die beiden Räder des Geschützes haben einen Durchmesser von 1,0 m, die Buchsen eine Länge von 0,43 m. Der Speichensturz beträgt $\alpha = 0,29$.

Die Geschwindigkeit, welche mittelst zweirädriger Karren ohne Radsturz auf Landstrassen erreicht wurde, war eine verhältnismässig sehr kleine. Merkel**) giebt als zutreffende, für die gewöhnlichen Verhältnisse in betracht kommende Tages-

*) Ginzrot. Die Wagen und Fuhrwerke der Griechen, Römer u. a. Völker usw. München 1817.

Derselbe. Die Wagen und Fuhrwerke der verschiedenen Völker des Mittelalters usw. München 1830.

**) Merkel. Die Ingenieur-Technik im Altertum 1899.

leistung etwa 53 km an, also 4 bis 5 km stündlich. Caesar, der wegen seiner raschen Reisen berühmt war, erzielte eine stündliche Geschwindigkeit von 11 km. Als aussergewöhnliche Leistung muss diejenige von Tiberius Nero angesehen werden, der 300 km in 24 Stunden zurücklegte, also eine Fahrgeschwindigkeit von 12,5 km stündlich erreichte. Wenn man berücksichtigt, dass heut mittelst vierrädriger mehrsitziger, zweispänniger Personenfuhrwerke eine stündliche Fahrgeschwindigkeit von 10 bis 12 km auf Landstrassen bequem erreicht wird, eine Leistung die im wesentlichen der leichten Beweglichkeit der Personenwagen, also dem Radsturz zuzuschreiben ist, so erkennt man, welche hervorragende Bedeutung jene Erfindung für Handel und Gewerbe am Ende des Mittelalters haben musste und umsomehr gewinnt diese Erfindung an Bedeutung, als mit dieser grösseren Geschwindigkeit auch grössere Lasten bewegt wurden, da der Fassungsraum des Wagenkastens etwa das 1,5 bis 2,0fache des Inhaltes des damaligen Karrenkastens betrug. Die Entwicklung des Handels unter den Fuggern, des Verkehrswesens unter den Posthaltereien und Fuhrunternehmungen derer von Taxis kann im wesentlichen auf jene Erfindung zurückgeführt werden.*)

*) Von der weiteren und eingehenderen Behandlung des Wagenbaues und der Geschichte desselben musste hier abgesehen werden.

Zweiter Teil.

Bau von Strassenbahnen.

I. Allgemeines.

Unter Strassenbahnen sollen alle diejenigen Gleisanlagen verstanden werden, welche in einer Strasse liegen und auf denen Fahrzeuge mit Spurkränzen bewegt werden. Strassenbahnen gehören zu den Kleinbahnen*) und dienen dem Nahverkehr von Personen und Gütern. Insbesondere sind es Anlagen für den Personenverkehr

*) Von der Wiedergabe des Gesetzes über Kleinbahnen und Privatanschlussbahnen vom 28. Juli 1892 musste hier Abstand genommen werden. Während die meisten übrigen Länder schon vor dem Jahre 1880 ein sog. Kleinbahngesetz aufführen, hat der Minister der öffentlichen Arbeiten Thielen erst i. J. 1892 Veranlassung genommen, ein solches Gesetz für Preussen zu beantragen. Obwohl die Gesetze und Erfahrungen der meisten Länder vorlagen, haben doch die Ausführungsanweisungen aus dem Jahre 1898, die Betriebsvorschriften von 1898 und alle sonstigen ministeriellen Ergänzungen und Abänderungen, die bis auf das Jahr 1902 fast jährlich gefolgt sind, einen solchen Umfang erreicht, dass die Materie des Anhangs diejenige des Gesetzes um das 4- bis 5-fache übertrifft.

Zum grössten Teil hat die schlechte Fassung und Handhabung des Gesetzes, die schlechte Finanzlage der Kleinbahnunternehmungen mit verschuldet. Das in seiner Fassung unklare, vielversprechende Gesetz von 1892 hat das Privatkapital gereizt und nachdem eine gehörige Beteiligung erfolgt war, hat man vom Jahre 1898 durch Erlasse und Verordnungen Daumenschrauben gefertigt, die jede gesunde Entwicklung der kleinen Verkehrsunternehmungen unter Beteiligung des Privatkapitals fast unmöglich machen. Ein nennenswerter Unterschied zwischen der normalspurigen Staats-Nebenbahn und der normalspurigen Privat-Kleinbahn dürfte heut kaum noch zu verzeichnen sein. Auch werden sich die Privatbahnen neben dem Staatsbahnkoloss zu wirtschaftlich starken Unternehmungen niemals emporingen, vielmehr werden sie dauernd ein Anhängsel bleiben, welches der ministeriellen Laune und Willkür ausgesetzt ist.

Obwohl das betreffende Gesetz auch die Strassenbahnen umfasst, obwohl dem Minister während seiner Amtsdauer dutzende von Millionen Mark für Kleinbahnzwecke zur Verfügung standen, sind gerade die städtischen Strassenbahnen unberücksichtigt geblieben und mit nichts bedacht worden, ja man hat sich nicht einmal bemüsst gesehen, das Privatkapital, welches sich städtischen Strassenbahnunternehmungen zuwandte, vor einer Ausbeutung zu schützen. Es ist deshalb nicht zu verwundern, dass auch auf dem Gebiete der Strassenbahnunternehmungen das Privatkapital infolge verkehrter Anregungen und Maassnahmen auf vielen Stellen entschieden Schiffbruch gelitten hat.

In der Geschichte des Deutschen Eisenbahnwesens gibt es keinen Zeitabschnitt, der durch solche Verluste gekennzeichnet ist, wie der Anfang des neuen Jahrhunderts und noch niemals hat sich die Kurzsichtigkeit eines Ministers in der Handhabung der Verwaltungsgeschäfte des öffentlichen Verkehrs glänzender erwiesen. Die Neuerung auf dem Gebiete des Eisenbahnverwaltungs-wesens vom Jahre 1895, die im wesentlichen in der Schaffung von 8 durch Juristen verwalteten Eisenbahndirektionen nach vorhandenem Muster und in der gleichzeitigen Vernichtung zahlloser Technikerstellen bestand, hat bei Eingeweihten nur das Gefühl des Bedauerns und Mitleids erregt. Regierungsbaumeister, Regierungsbauführer, Ingenieure, Secretäre, Techniker, Zeichner, — Hunderte von Beamten wurden entlassen, zum grössten Teil dem Elend Preis gegeben und der Socialdemokratie mit Gewalt in die Hände getrieben. Die Einführung der Durchgangswagen, die sich in anderen Staaten bereits ein Jahrzehnt bewährt haben, ist eine Leistung die jeder mittelmässig begabte Regierungs-Bauführer auch aufweisen könnte. Von einem Minister der öffentlichen Arbeiten müsste während einer 10 jährigen Amtsdauer unter normalen Verhältnissen etwas mehr geleistet werden.

Die Furcht vor der energievollen, gesunden Entwicklung unseres Verkehrslebens ist es, welche die excellenten, juristische Leitung des Staatsbahnkolosses veranlasst, jede freiere Regung ähnlicher Unternehmungen zu unterdrücken und sie ist es, welche dem Staatsbahnkoloss die Beweglichkeit und wirtschaftliche Anpassungsfähigkeit von Jahr zu Jahr nimmt. Deshalb werden auch alle überseeischen Privat-Eisenbahnunternehmungen sowohl in der Anlage als in der Ent-

innerhalb grösserer Städte und als solche nehmen sie unter den Kleinbahnen die wichtigste Stelle ein. In Rücksicht auf den Wettbewerb mit Strassenfuhrwerken zeichnen sie sich dadurch aus, dass sie eine häufige, schnelle, bequeme Fahrgelegenheit und die Möglichkeit der stossweisen Massenbeförderung von Personen in kurzen Zeitabschnitten bieten. Mit den Haupt- und Nebenbahnen verglichen, besitzen sie den Vorzug der höheren Anpassungsfähigkeit an alle Gelände- und Wirtschaftsverhältnisse innerhalb von Ortschaften.

In Nachstehendem sollen besonders die Strassenbahnen für den Personenverkehr behandelt werden.

Die Bedingungen, welche an einen möglichst vollkommenen Strassenbahnbetrieb für den Personenverkehr zu stellen sind, umfassen Betriebssicherheit, grosse Zugkraft, möglichst grosse Geschwindigkeit und leichte Abänderung derselben, schnelles Erreichen der höchsten zulässigen Geschwindigkeit nach dem Anfahren, schnellstes fast augenblickliches Anhalten, geräuschloses Arbeiten, Sauberkeit des Betriebes, geringe Betriebs- und Unterhaltungskosten, schnelle und möglichst vollkommene Anpassung an alle Verkehrsverhältnisse.

Als Betriebskraft dient meistens Elektrizität und Dampf, seltener Pferdekraft.

Elektrisch betriebene Strassenbahnen erfüllen die oben angeführten Bedingungen am besten und deshalb haben sie in grösseren Städten alle anderen Betriebsarten fast verdrängt. Zur Zeit giebt es in Deutschland keine Stadt über 100 000 Einwohner, die nicht elektrischen Betrieb eingeführt hätte. Ja selbst in kleineren Städten wird diese Betriebskraft mit Vorteil dann in Anwendung gebracht, wenn gleichzeitig mit der Kraftabgabe eine ausreichende Lichtabgabe verbunden ist, oder billige Naturkräfte zur Erzeugung elektrischer Energie nutzbar gemacht werden können. Der elektrische Betrieb eignet sich ebensogut für den Innen- wie für den Aussenverkehr. Hierzu kommt noch, dass infolge grosser Kraftentwicklung an leichten Wagen von verschiedenem Fassungsraum eine hohe Geschwindigkeit und eine fast vollkommene Anpassung an alle Verhältnisse erreicht wird.

Der Dampfbetrieb erfüllt jene Bedingungen nur zum Teil. Vor allem fehlt den Dampfstrassenbahnen die hohe Anpassungsfähigkeit in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht. Das Verhältnis zwischen Zuggewicht und Nutzlast ist ein sehr ungünstiges und kurze Fahrstrecken mit kurzen Zügen und schneller Wagenfolge liegen nicht in der Natur des Dampfbetriebes. Auch die Sauberkeit im Betriebe kommt nicht derjenigen elektrischer Bahnen gleich. Der Dampflocomotivbetrieb ist deshalb für das Innere von Städten weniger geeignet. Häufiger findet er sich noch in Vororten ausgedehnter Städte zur Verbindung der letzteren unter sich und mit nahegelegenen Ortschaften, oder dort wo es sich um Bewältigung grösserer Massen auf längeren Strecken handelt und wo die Bewegung längerer Züge den übrigen

wicklung die berechneten Erfolge kaum erreichen, weil allen diesen Privatunternehmungen der entsprechende und gleichartige Rückhalt im Vaterlande fehlt.

Es ist Zeit, dass das leitende Juristentum der Staatsbahnverwaltung in die gebührende Schranke verwiesen wird, wenn diese ausgezeichnete und in jeder Hinsicht bevorzugte Verwaltungskaste in ihrer abwartenden, lauernden Haltung jedem gesunden Fortschritt nicht hinderlich oder gefährlich werden soll. An die Spitze des deutschen Verkehrswesens gehört schon längst ein zielbewusster, tatkräftiger, fach- und sachkundiger Leiter, der ausserdem dafür zu sorgen haben dürfte, dass der eventuellen Entwicklung einer repräsentativen Faulenzerei von vornherein die Spitze abgebrochen wird.

Strassenverkehr nicht hindert. Eine grössere Ausdehnung haben Dampfstrassenbahnen in Italien, Belgien, Holland und in anderen Staaten gefunden.

Der Pferdebetrieb erfüllt die oben angegebenen Bedingungen nur zum kleinsten Teil. Der Betrieb ist geräuschvoll, die Fahrgeschwindigkeit gering und die Verunreinigung der Strassen durch den Auswurf der Pferde gross. Ausserdem unterliegen Pferde und Wagen einer starken Abnutzung, wodurch der Betrieb sehr teuer wird. Alle diese Eigenschaften machen den Pferdebetrieb besonders für den Massenverkehr grosser Städte ungeeignet und deshalb ist diese Betriebsart, obwohl sie die älteste ist, im modernen Strassenverkehr von untergeordneter Bedeutung.

Die Spurweite unserer Strassenbahnen liegt zwischen 0,75 und 1,435 m und richtet sich nach der Grösse des Verkehrs und der nutzbaren Strassenbreite. Die Spur von 0,60 m ist infolge der geringen Leistungsfähigkeit und der geringen Standicherheit der Fahrzeuge für Strassenbahnen nicht geeignet.

Der Bau unserer Strassen macht die Anwendung des einfachsten und solidesten Schwellenschienen-Oberbaues zur Bedingung, weil bei Anordnung von Querschwellen die Strassendecke über den Schwellen für eine ausreichende Festigkeit der Strasse zwischen und neben den Schienen zu niedrig ist. Noch höhere Anforderungen in bezug auf einfache und kräftige Bauart werden an alle Verbindungen und insbesondere an den Schienenstoss gestellt. Am besten hat sich bis jetzt für alle Strassen die Phönix-Rillenschiene bewährt, die auch die grösste Verbreitung gefunden hat. Sie giebt dem Spurkranz der Räder eine sichere Führung, bietet eine verhältnismässig gute Druckverteilung und gestattet eine einfache Stossverbindung.

II. Bahnlinie und Betriebsmittel.

A. Verkehr und Linienführung.

Eine besondere Erscheinung im Strassenbahnbetriebe ist das stossweise Auftreten des Personenverkehrs. Derselbe verteilt sich ungleichförmig über Monate und Tage. Er ist am stärksten in den Sommer- am schwächsten in den Wintermonaten. Der grösste Wochentagsverkehr tritt früh, mittags und abends vor Anfang und nach Schluss der Geschäfte und Schulen ein. Der grösste Sonntagsverkehr fällt auf die Sonn- und Festtage im Sommer, an welchen bei günstiger Witterung auf verschiedenen Linien und zu verschiedenen Tageszeiten nach einzelnen ausserhalb der Städte gelegenen Ausflugsorten Personen befördert werden. Dieser Festtagsverkehr selbst wird in den Abendstunden zur Zeit der Rückfahrt am grössten und erreicht in den meisten deutschen Städten in dieser Zeit das höchste Maass im Jahre. In den grösseren deutschen Städten betragen die Einnahmen der Strassenbahnen an den Sonn- und Festtagen eines Jahres bis 30% der Jahreseinnahmen.

Zum Vergleich der Verkehrsstärke verschiedener Länder, Städte oder einzelner Linien, dient entweder die mittlere Frequenz oder die Summe aller Fahrten bezogen auf den Kopf der Einwohnerzahl.

Die Jahresfrequenz des Personenverkehrs ist gleich dem Bruch aus der

$$\frac{\text{Anzahl der jährlich beförd. Personen}}{\text{Betriebslänge der Bahn in km}}$$

und ergibt den richtigsten Maassstab für den Verkehrsvergleich. Die Jahresfrequenz, die sogenannte „spezifische Frequenz“ betrug 1885

1.	in allen deutschen Städten	250 000,
2.	„ „ englischen „	270 000,
3.	„ Berlin	500 000,
4.	„ Wien	500 000,
5.	„ London	750 000.

Unter der mittleren Tagesfrequenz versteht man den Bruch aus der

$$\frac{\text{Anzahl der jährl. verk. Fahrkarten}}{\text{Einwohnerzahl des Ortes}}$$

Das zweite Verfahren, die Verkehrsmenge durch die Anzahl der Fahrten bezogen auf den Kopf der Einwohner auszudrücken, wird aus dem Bruch

$$\frac{\text{Anzahl der jährl. verk. Fahrkarten}}{\text{Einwohnerzahl des Ortes}}$$

gebildet. Diese Art des Vergleiches ist die gebräuchlichere. Im Jahre 1885 betrug diese Zahl

	für London	30,9
	„ Paris	33,0
	„ Wien	42,6
	„ Glasgow	60,6
	„ Leipzig	65,0
	„ Hamburg	77,9
	„ Berlin	87,3
	„ „ 1877	28,0
	„ „ 1885	87,3
	„ „ 1894	90,0

Um einen Ueberblick über die Entwicklung des Verkehrs einer modernen Stadt zu geben, ist in nachstehender Tafel die Zahl der Fahrgäste und die Beförderungsart für Berlin, den Zeitabschnitt von 1880 bis 1895 umfassend, zusammengestellt.

Jahr	Anzahl der Fahrgäste				Einwohnerz.
	Strassenbahn	Dampfschiff	Stadt- und Ringbahn	Omnib., Strassb., Stadt- u. Ringb., Dampfschiff	
1880	51 000 000	226 000	10 500 000	62 726 000	1 100 000
1885	87 000 000	223 600	14 341 000	118 064 000	1 300 000
1890	141 000 000	336 500	33 200 000	204 417 000	1 550 000
1895	164 000 000	725 000	68 230 000	273 000 000	1 700 000

Im Jahre 1890 betrug die in Berlin an den beiden Pfingstfeiertagen allein auf der Strassenbahn verkauften Fahrkarten 1 079 000 Stück bei einer Einwohnerzahl von 1 550 000 Seelen. In New York betrug im Jahre 1895 die Zahl der täglich beförderten Personen $1\frac{1}{3}$ Millionen.

Während Bahnen, die entfernt von einander liegende Orte verbinden, diese Orte i. A. am äusseren Kreis berühren und an ihrem Berührungspunkte an den Ort Verkehr abgeben oder von demselben aufnehmen, sind die Strassenbahnen dazu berufen, dem Binnenverkehr der Städte von Strasse zu Strasse zu dienen. Es kann deshalb bei Strassenbahnen von einer wirtschaftlich günstigsten Linienführung im Sinne der bezüglichen Linienführung bei Bahnen von Ort zu Ort und im freien Gelände nicht die Rede sein. Vielmehr ist das Hauptziel der Linienführung in der vollkommensten Anpassung der Spur, der Linie und der Betriebskraft an die bestehenden Verhältnisse eines Ortes zu suchen. Bei Strassenbahnen ist eine wirtschaftlich günstige und technisch berechnete Linie stets durch die Lage der Hauptverkehrsstrassen und durch die Lage der Verkehrsknotenpunkte gegeben.

Im Besonderen sind für die wirtschaftliche Linienführung folgende Punkte maassgebend: Grösse und Richtung des Verkehrs von und nach den Geschäftsmittelpunkten, Lage von öffentlichen Gebäuden, Bahnhöfen, Schulen, Marktplätzen, grösseren Fabriken, Vororten, Ausflugspunkten und endlich die Tätigkeit der Bewohner. Bei überlasteten Hauptstrassen empfiehlt es sich die Verbindungen von Geschäfts- und Verkehrsknotenpunkten durch Nebenstrassen zu leiten. Derartige Verbindungen, die dem Durchgangsverkehr dienen, führen namentlich dann eine Entlastung der Hauptstrassen herbei, wenn bei erhöhter Fahrgeschwindigkeit die Zahl der Haltestellen möglichst beschränkt bleibt.

Maassgebend für die technische Linienführung sind gleichfalls die Hauptverkehrsstrassen oder die nahegelegenen Nebenstrassen, die Lage von Brücken, Tunnel, Depot-Plätzen, Lokomotiv- und Wagenschuppen, Kraftstationen und von anderen Betriebsgebäuden. Für städtische Strassenbahnnetze ist stets ein Gesamtplan zu entwerfen und die Linie in Haupt- und Nebenstrecken zu teilen.

Vielfach sollen einzelne Strecken als Verbindungen von Bahnhöfen, Häfen usw. gleichzeitig dem Güterverkehr dienen. In diesem Falle werden die Strassenbahngleise zweckmässigerweise an die Gleise der Vollbahn direkt angeschlossen. Für den Uebergang der Betriebsmittel der Staatsbahn auf normalspurige fremde Gleise gelten alsdann die Bestimmungen des Gesetzes über Kleinbahnen und Privatanschlussbahnen vom 28. Juli 1892. Will man aus örtlichen oder wirtschaftlichen Gründen für die Strassenbahn die schmale Spurweite anwenden, so erfolgt die Bewegung der Vollbahnwagen auf Rollböcken wie z. B. in Guben, Forst u. a. O.

B. Bahngestaltung.

Die Gestaltung der Bahnlinie ist im wesentlichen von der Betriebskraft abhängig. Indessen haben alle städtischen Bahnanlagen bestimmte und allgemein gültige Bedingungen in bezug auf die Spurweite, Lage der Gleise in den Strassen usw. zu erfüllen.

Spurweite. Für das gesamte Strassenbahnnetz einer Stadt ist die Durchführung einer einheitlichen Spurweite erforderlich, welche von den Ortsbehörden auch durchweg verlangt wird. Häufige Ausnahmen machen dagegen Vorortbahnen, die alsdann in irgend einem Stadtviertel des Aussenbezirkes stumpf enden. Am meisten vertreten ist die Normalspur von 1,435 m. Sie ist für jede Betriebsart die bequemste, bietet bei grossem Fassungsraum der Wagen eine hohe Standsicherheit

derselben, gestattet grosse Fahrgeschwindigkeiten, hat eine hohe Anpassungsfähigkeit an den Verkehr durch Stellung grosser und kleiner Wagen und ist somit bei starkem Verkehr grosser Städte die leistungsfähigste. Die normale Spur erfordert für die volle Entwicklung ihrer Leistungsfähigkeit breite Strassen. Bei schmalspurigen Anlagen schwankt die Spurweite zwischen 0,75 und 1,0 m. Häufiger ist die Spur von 1,0 m vertreten. Schmalspurige Bahnen sind zweckmässig in Städten mit engen Strassen und Strassen mit starken Neigungen oder für kleinere Orte mit geringem Verkehr. Das Verhältnis von Eigengewicht der Wagen zur Nutzlast ist klein und deshalb günstiger wie bei normalspurigen Wagen. Ausserdem besitzen schmalspurige Bahnen eine bessere Anpassungsfähigkeit an das Gelände.

Eine **Umgrenzung des lichten Raumes** ist gesetzlich nicht vorgeschrieben, vielmehr bleibt es den Orts- und Regierungsbehörden überlassen, nach Lage der örtlichen Verhältnisse Entscheidungen zu treffen. Bei Durchfahrten soll der freie Raum zwischen Wagen und Widerlager auf jeder Seite nicht unter 0,60 m besser 1,0 m, der lichte Raum zwischen Konstruktionsunterkante der Brücke und den höchsten Teilen des Wagendaches nicht unter 0,50 m, bei Decksitzen nicht unter 1,80 m betragen.

Krümmungen. Der kleinste Halbmesser ist durch die nutzbare Strassenbreite und den Winkel der abzweigenden Strasse bestimmt. Die stärkste Krümmung ist maassgebend für den Achsstand und die Gestaltung der Betriebsmittel. Scharfe Krümmungen erfordern eine grosse Zugkraft und haben eine starke Abnutzung der Schienen und Bandagen zur Folge. Deshalb sind Krümmungen stets mit dem grössten zulässigen Halbmesser durchzuführen und namentlich muss bei der Anwendung von Pferdebetrieb auf möglichst grosse Halbmesser Rücksicht genommen werden. Um bei Strassenkreuzungen den grössten Halbmesser zu erreichen, empfiehlt es sich, die Anordnung nach Abb. 84 zu treffen, wobei auf den erforderlichen Abstand der äussersten Kante der Fahrzeuge von der Bordsteinkante zu achten

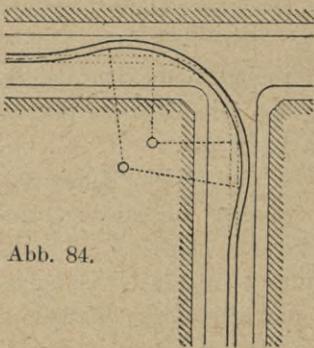


Abb. 84.

ist. Als unteres Grenzmaass für Krümmungen hat sich als zweckmässig erwiesen:

1. für normalspurige Bahnen.

- a Dampflokomotivbetrieb r = 50 m,
- b elektrischer Betrieb, Dampfwagen und Pferdebetrieb bei Anwendung von Drehgestellen und Lenkachsen . . . r = 15 „
- stärkste Krümmung r = 12,5 „

2. für schmalspurige Bahnen.

- a Dampflokomotivbetrieb r = 25 „
- b elektrischer Betrieb, Dampfwagen und Pferdebetrieb unter Anwendung von Drehgestellen und Lenkachsen . . . r = 10 „
- stärkste Krümmung r = 8 „

Die Spurerweiterung des Gleises beträgt für Krümmungen bis

20 m Halbmesser 10 mm
 50 „ „ 5 „

Bei der Verwendung von Rillenschienen erhält die Spurrille, welche bei normalspurigen Bahnen in der geraden Strecke eine obere Lichtweite von 30 mm hat, dieselbe Erweiterung, um so ein Zwängen der Spurkränze zu vermeiden. Ausserdem werden in den Krümmungen die Rillen zur Verringerung der Reibung in trockenen Zeiten mit Wasser, Graphit usw. geschmiert.

Sollen auf normalspurige Strassenbahngleise die Betriebsmittel der preussischen Staatsbahn übergeleitet werden, so gilt als kleinstes Maass des Krümmungshalbmessers für den Uebergang von

Lokomotiven	r = 180 m
Wagen mit einem Radstand über 4,5 m	r = 150 „
„ „ „ „ bis 4,5 „	r = 100 „

In diesen Fällen beträgt die grösste zulässige Spurerweiterung 30 mm.

Von einer Ueberhöhung des äusseren Schienenstranges wird in städtischen Strassen infolge der geringen Fahrgeschwindigkeit Abstand genommen.

Die **Neigungen** von Strassenbahnen richten sich nach den für die maassgebende Linienführung bestehenden Strassenneigungen. Auf starken Neigungen ist für die Bergfahrt namentlich bei Dampftrieb ein grosses Triebgewicht der Triebwagen, bei Pferdebetrieb dagegen ein möglichst kleines Eigengewicht des Wagens erforderlich. Die stärkste Neigung beträgt

für die normale Spur bei

elektrischen Bahnen 80 ⁰ / ₀₀	}	wobei die Anzahl der Triebachsen möglichst gross zu wählen ist.
Dampfbahnen 80 ⁰ / ₀₀		
Pferdebahnen 40 ⁰ / ₀₀		
mit Vorspann 70 ⁰ / ₀₀		

für die Schmalspur bei

elektrischen Bahnen 110 ⁰ / ₀₀	(Remscheid Spurweite 1,0 m.)
Dampfbahnen 80 ⁰ / ₀₀	
Pferdebahnen 50 ⁰ / ₀₀	

Auf stärkeren Neigungen wie 110⁰/₀₀ können Reibungsbahnen mit Sicherheit nicht mehr betrieben werden und erfolgt dann die Anwendung von Seil oder Zahnradbahnen, welche Neigungen bis 250⁰/₀₀ zulassen.

Gefällwechsel. Die Ausrundung der Gefällwechsel bedingt die Anlage langer Rampen, was in Städten in Rücksicht auf die anliegenden Häuser zu vermeiden ist. Deshalb muss der Halbmesser für die Ausrundung möglichst klein gewählt werden. Gewöhnlich beträgt der Krümmungshalbmesser nicht über 500 m.

Bahnwiderstände. Unter Bahnwiderstände sind alle diejenigen Widerstände zu verstehen, welche bei der Bewegung des Wagens überwunden werden müssen. Die wichtigsten sind:

1. der Widerstand auf ebener, gerader Strecke.
2. „ „ „ geneigter „ .
3. „ „ „ gekrümmter „ .

Von untergeordneter Bedeutung für die Fahrgeschwindigkeit ist der Luftwiderstand, da für niedere und mittlere Geschwindigkeiten, die grösste Geschwindigkeit bei Strassenbahnen beträgt nicht über 20 bis 25 km/st., der Widerstand so klein wird, dass man ihn in Wirklichkeit vernachlässigen kann.

1. Widerstand auf ebener gerader Strecke.

Bezeichnet

G das Gewicht von Wagen und Nutzlast in t.

W_g die Reibungsziffer für die Zapfen und Schienenreibung in kg,

so ist die Zugkraft auf ebener, gerader Bahn

$$Z = W_g G.$$

Infolge der Unreinheit der Schienen und der Verwendung von Rillenschienen für Strassenbahnzwecke setzt man die Reibungsziffer W_g höher als bei Vignolschienen der freien Linie. Während bei Haupt- und Nebenbahnen $W_g = 4$ bis 7 kg/t beträgt, wird bei Strassenbahnen $W_g = 8$ bis 15 kg angesetzt.

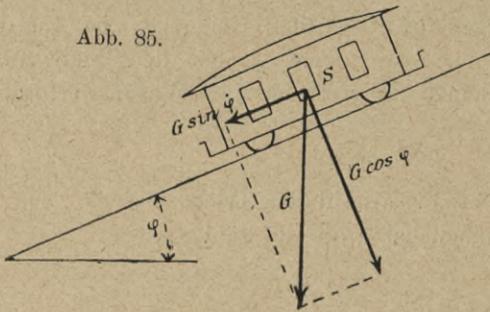
Krauss München setzt für Wagen $W_g = 8$ kg,

für Lokomotiven $W_g = 15$ „

In England wird allgemein gesetzt $W_g = 15$ „

„ Wien $W_g = 10$ „.

Abb. 85.



2. Widerstand auf geneigter Strecke. Nach Abb. 85 wirkt die Seitenkraft $G \sin \varphi$ der Aufwärtsbewegung des Wagens entgegen. Ferner ist bei dieser Fahrt der Bewegungswiderstand $\frac{G}{1000} \cos \varphi$ zu überwinden.

Die zur Bergfahrt des Wagens erforderliche Zugkraft Z muss also mindestens sein

$$Z = G \sin \varphi + W_g \frac{G}{1000} \cos \varphi.$$

$$Z = \frac{G}{1000} \cos \varphi (W_g + 1000 \operatorname{tg} \varphi) \text{ in kg.}$$

Bezeichnet man mit W_s die Neigung in Tausendstel der wagerechten Strecke, so wird

$$\frac{W_s}{1000} = \operatorname{tg} \varphi \text{ und}$$

$$Z = G \cos \varphi (W_g + W_s) \text{ in t.}$$

Da die Neigungswinkel bei Reibungsbahnen sehr klein sind, so kann man $\cos \varphi = 1$ setzen und erhält für die Ausführung genau genug

$$Z = G (W_g + W_s).$$

3. Widerstand in Krümmungen. Wie bei allen Fahrzeugen so stehen auch hier Krümmungshalbmesser der Bahn und Achsstand des Fahrzeuges in ursächlichem Zusammenhang. Trotz der engen Achsstände, der Anordnung von Lenkachsen und Drehgestellen ist infolge der Verwendung der Rillenschiene die Reibung in Krümmungen sehr gross. Eine Berechnung des Krümmungswiderstandes auf Grund der für Neben- und Kleinbahnen u. a. in der „Hütte II“ angegebenen Formeln ist nicht möglich, weil die Ausdrücke für Halbmesser von 10 m, wie sie bei Strassenbahnen vorkommen, unbrauchbare Werte liefern. Da die Grösse des Krümmungswiderstandes ausserdem vom Zustand des Gleises und der Strasse, von den Witterungsverhältnissen usw. abhängig ist, so genügt es vollkommen den Krümmungswiderstand W_r als ein Vielfaches von W_g zu setzen. Erfahrungsgemäss ist für

r bis 15 m,	$W_r = 5 W_g$
r „ 30 „,	$W_r = 4 „$
r „ 60 „,	$W_r = 3 „$
r „ 100 „,	$W_r = 2 „$

Kommen auf einer Neigung gleichzeitig Krümmungen vor, so ist die für die Bergfahrt erforderliche Zugkraft

$$Z = G (W_g + W_s + W_r)$$

Die Lage der Gleise in der Strasse richtet sich nach der bestehenden Strassenbreite. Vor allem muss darauf Rücksicht genommen werden, dass die übrigen Strassenfuhrwerke unmittelbar am Fussweg vor den Häusern halten können. Deshalb liegen die Gleise zweckmässig in der Mitte der Strasse, wodurch ausserdem die Höhenlage des Fahrdammes in Bezug auf die Entwässerung am wenigsten beeinflusst wird. In sehr engen und langen Strassen mit eingeisiger Bahn wird vielfach das eigentliche Fahrgleis dicht an den einen Fussweg gelegt. Zur Vermeidung von Verkehrsstörungen wird ein zweites Gleis an dem anderen Fussweg angeordnet und beide durch Weichen mehrmals verbunden, um so stehenden Geschirren ausweichen zu können.

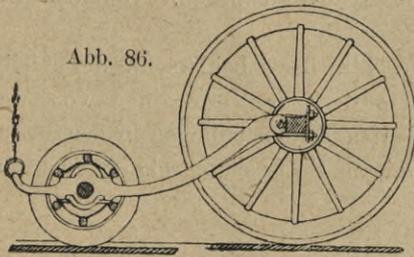


Abb. 86.

In Städten mit engen Strassen und mittlerem Verkehr kommt der Omnibusbetrieb auf Schienen vielfach vor. Zu diesem Behufe wird der Wagen, dessen Laufräder keine Spurräder haben, von einem kleinen Leitrad mit Spurräder, welches vom Kutscher mittelst Hebel

in die Spurrinne eingesetzt werden kann, zwangsläufig auf den Schienen geführt und herausgehoben, damit der Wagen auf die freie Strasse ausweichen kann. Abb. 86.

Der Abstand der Gleismitten nebeneinanderliegender Gleise wird durch die Breite der Strassenbahnwagen bestimmt. Die Wagenbreite richtet sich nach der gewählten Spur und beträgt bei der Spurweite von

1,435 m	etwa	1,80 bis 2,40 m	meistens	2,00 m
1,00 m	„	1,50 „ 2,00 m	„	1,80 m
0,75 m	„	1,30 „ 1,80 m	„	1,80 m

Der Abstand der Gleismitten beträgt alsdann bei Wagenbreiten von 2,0 bzw. 1,8 m und für die Spur von

1,435 m	nicht unter	2,5 m
1,00 m	„	2,30 m
0,75 m	„	2,30 m.

In Krümmungen sind diese Abstände infolge der überstehenden Wagenteile so weit zu vergrössern, dass der Lichtraum zwischen den auf gerader Strasse sich bewegenden Wagen auch in der Krümmung überall gewahrt bleibt.

Der Abstand der Strassenbahn-Wagenkante von der Bordsteinkante richtet sich nach der Ladebreite der ortsüblichen Strassenfuhrwerke und beträgt für ein Fuhrwerk i. A. $2,5 + 2 \cdot 0,5 = 3,5$ m besser 4,0 m, für zwei Fuhrwerke 6,0 m. Auf kurze Strecken, in engen Strassen sowie an Haltestellen kann dieser Abstand wesentlich eingeschränkt werden, jedoch empfiehlt es sich, als äusserstes Maass zwischen Bordsteinkante und Strassenbahnwagen die Entfernung von 0,50 m festzuhalten.

Nach vorstehendem ergibt sich für die Strassenteilung bei einer Strassenbahnwagenbreite von 2,0 m und einer üblichen Ladebreite städtischer Fuhrwerke von 2,5 m folgende Anordnung.

Fahrbahn- breite in m	Anzahl der		Fahrbahn- teilung in m	Gleislage
	Gleise	Strassen- fuhrwerke		
5,00	1	1	2,0 + 2,5 + 0,5	Ein Gleis an der Seite
5,50	2	—	4,5 + 2. 0,5	Zwei Gleise in der Mitte
7,00	1	2	2,0 + 2. 2,5	Ein Gleis in der Mitte
7,50	2	1	4,5 + 2,5 + 0,5	Zwei Gleise an der Seite
9,50	2	2	4,5 + 2. 2,5	Zwei Gleise in der Mitte

Liegt ein Fussweg in der Mitte einer fünf- oder mehrteiligen Strasse, so sind die Gleise zweckmässig an beiden Seiten des mittleren Fussweges auch dann anzuordnen, wenn mehrere Linien dieselbe Strasse benutzen. Es empfiehlt sich alsdann die einzelnen Linien je an einer Seite des Fussweges anzulegen. Uebliche Anordnungen siehe unter D Haltepunkte.

Bei neuen Strassen wird die Breite so gewählt, dass beiderseits der Gleise noch je zwei Wagen Platz finden. Ausserdem werden zur Vermeidung von Verkehrsstörungen durch Ausbesserungen usw. gleichlaufende Rohrleitungen in der Strasse nicht unter die Gleise gelegt. Einen zweckmässigen Strassenquerschnitt für Neuanlagen zeigt Abb. 22 S. 53.

C. Oberbau.

Art des Oberbaues. Die Anforderungen, welche an einen soliden Oberbau der Strassenbahnen gestellt werden müssen, sind folgende:

1. Sichere Druckübertragung, gute Druckverteilung auf die Unterbettung und Dauerhaftigkeit.
2. Ausreichende Seitensteifigkeit.
3. Einfachste und kräftige Ausführung der einzelnen Verbindungen und namentlich des Stosses.
4. Gute ober- und unterirdische Entwässerung.

Die Anordnung des Querschwellenoberbaues hat sich nicht bewährt, weil, wie früher schon bemerkt, die Strassendecke über den Schwellen zu schwach wird und deshalb eine ausreichende Festigkeit der Fahrbahn nicht erzielt werden kann. Ebenso ist man von der Anwendung des Langschwellenoberbaues abgekommen, da die zahlreichen Verbindungsteile namentlich des Schwellenstosses häufige Ausbesserungen, die immer einen umfangreichen und tiefen Aufbruch des Strassenkörpers zur Folge haben, erfordern.

Wenn auch der Raddruck auf Strassenbahnen für den Personenverkehr wesentlich kleiner wie derjenige auf Haupt- und Nebenbahnen ist, ja i. A. noch weit unter dem höchsten zulässigen Raddruck für Kleinbahnen überhaupt liegt, so ist doch auf eine hohe Betriebssicherheit, ruhigen Gang, Vermeidung von Ausbesserungen und Betriebsstörungen dieselbe und zum Teil grössere Rücksicht zu nehmen wie auf den anderen Bahnen, umsomehr, als durch die Lage der Schienen und aller Verbindungen innerhalb der Strasse das Gleis jeder äusseren Prüfung entzogen ist, und erst der Eintritt fauler Stellen an der Strassenoberfläche in der Nähe der Schienen einen Fehler des

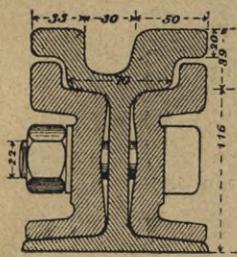


Abb. 87.

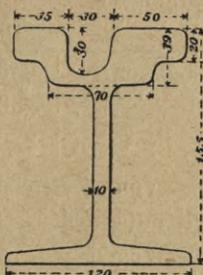


Abb. 88.

Gleises vermuten lassen. Deshalb sind Holzkonstruktionen irgend welcher Art ganz zu verwerfen.

Die oben benannten Bedingungen werden durch den Rillenschienenoberbau, wie er in den folgenden Abbildungen dargestellt ist, am besten erfüllt.

Die Phönixschiene hat allerdings den Nachteil einseitiger Druckübertragung, wodurch ein Kanten nach aussen begünstigt wird, jedoch kann diesem Nachteil durch kräftige Querverbindungen begegnet werden. Die Abb. 87 und 88 zeigen den Querschnitt von Rillenschienen, wie sie am häufigsten auf Strassen verlegt werden, und zwar entspricht Abb. 87 einer Schienenform, die wiederholt bei Pferdebahnen zur Verwendung gelangte.

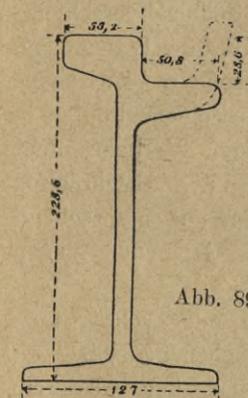


Abb. 89.

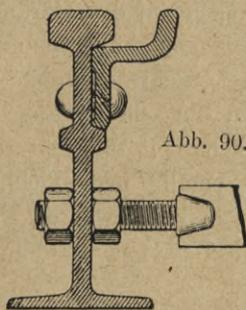


Abb. 90.

Auf amerikanischen Strassenbahnen ist die Schienenform Abb. 89 gebräuchlich, welche namentlich eine gute Druckübertragung, einen guten Anschluss der Strassenbefestigung an die Schienen und eine feste Einbettung zulässt. Ein Mangel ist das Fehlen einer geschlossenen Spurrille. Man hat deshalb in München und an anderen Orten die Spurrille durch eine besondere Leiste gebildet. Abb. 90.

Das Gewicht der Rillenschienen bei den electrisch betriebenen Strassenbahnen in Berlin beträgt 48 bis 54 kg auf 1 m Schiene.

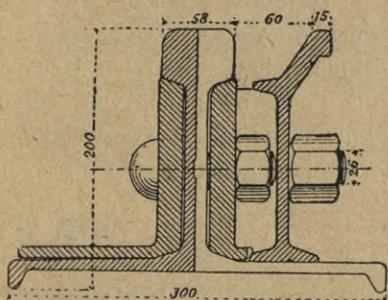


Abb. 91.

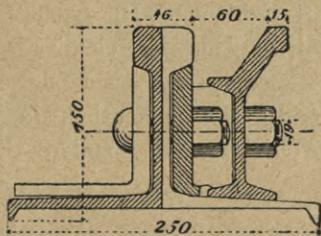


Abb. 92.

Eine sehr zweckmässige Form bietet auch die Haarmannsche Schwellenschiene mit Leitschiene, die für Gütergleise in Strassen und grössere Raddrücke ausgehende Verwendung findet. Abb. 91 entspricht einem Schienengewicht von 60 kg/m, die zugehörige Leitschiene wiegt 20 kg/m, das Gesamtgewicht des Gleises beträgt rd 195 kg/m. Abb. 92 entspricht einem Schienengewicht von $G = 37$ kg/m, die zugehörige Leitschiene wiegt 17 kg/m, das Gesamtgewicht des Gleises beträgt 130 kg/m.

Die Essener Strassenbahn hat Haarmann Schienen mit Keilstossverbindung nach Abb. 93.

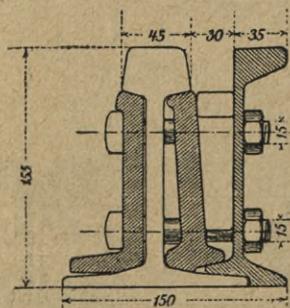


Abb. 93.

Die Essener Strassenbahn hat Haarmann Schienen mit Keilstossverbindung nach Abb. 93.

Der **Raddruck** beträgt gewöhnlich bei

	Normalspur	Schmalspur
elektrischen Strassenbahnen bis	2500 kg	2000 kg
Dampfstrassenbahnen	4500 „	3500 „
Pferdebahnen	2300 „	1800 „

Bei dem direkten Uebergang von Betriebsmitteln der Hauptbahn soll der Schienenquerschnitt einem Raddruck entsprechen

und zwar für Wagen 6000 kg,
 „ Lokomotiven 7000 „ und mehr.

Die **Spurrille** hat in der Geraden eine lichte Oeffnung von 30 mm. Für Krümmungen werden breitere Spurrillen bis 40 mm angewandt. Den Uebergang von der normalen zur breiten Rille vermitteln besondere Uebergangsschienen, in welche die Verbreiterung eingearbeitet wird. Die Rillentiefe bleibt durchweg gleich und beträgt nicht unter 30 mm. Mit Rücksicht auf den stärkeren Schienenverschleiss hält man bei neuen Schienen den Fahrkopf bis 5 mm höher als den Kopf der Leitschiene.

Da eine Schrägstellung breitfüssiger Schienen ohne besondere Zwischenkonstruktion nicht gut durchführbar ist und die schräge Lage des Schienenkopfes in städtischen Strassen aus Gründen der Sicherheit für den übrigen Verkehr nicht erlaubt wird, behilft man sich mit der Abschrägung des Fahrkopfes in 1:20, was im Vereine mit entsprechend geformten Radreifen einen ruhigeren Gang der Wagen herbeiführt.

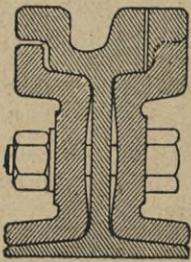


Abb. 94.



Der **Schienenstoss** wird gerade oder schräg ausgebildet und durch kräftige Winkellaschen gedeckt.

Der schräge Stoss Abb. 87 hat bei grösserem Raddruck den Nachteil des stärkeren Verschleisses der Schienenenden. Zur Vermeidung dieses Uebelstandes und zur Erreichung eines möglichst stossfreien Ueberganges der Fahrzeuge ist man zur Anwendung von Stossfanglaschen (System Schmidt), die namentlich in Berlin ausgedehntere Verwendung finden, übergegangen. Abb. 94. Eine andere Stossverbindung ist der Culinsche

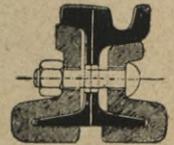
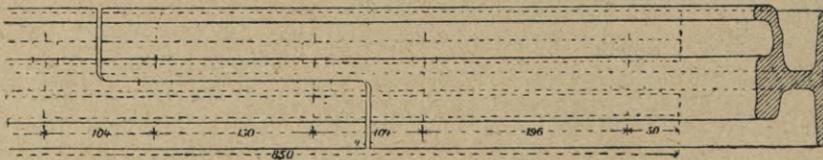
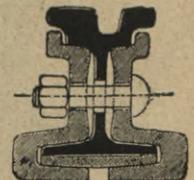


Abb. 95.

Stoss Abb. 95, welcher auf den Hamburger Strassenbahnen eingeführt wurde. Bei der Laschenanordnung Abb. 96 greift die Lasche unter eine Unterlagsplatte am



Abb. 96.



Schienenfuss, welche den Stoss unten deckt. Diese Verbindung hat sich gut bewährt.

In neuerer Zeit werden die Schienenenden am Stoss an Ort und Stelle verschweisst, wodurch alle wesentlichen Nachteile der Laschenverbindung beseitigt werden sollen. Die bisherigen Versuchsergebnisse lassen jedoch bestimmte Schlüsse noch nicht zu.

Zur dauernden Festhaltung der Spur und zur Erhöhung der Seitensteifigkeit des Gleises werden Querverbindungen sog. Spurstangen rechtwinklig zur Gleisachse in Abständen von 1,0 bis 1,5 m angebracht und mit den Schienen durch Niete oder Schrauben verbunden. In Krümmungen werden diese Verbindungen entsprechend kräftiger gemacht und enger gesetzt. Abb. 90 S. 101.

Der **Einbau des Gleises** ist von der Bauart der Strasse abhängig. Infolge des Fehlens eines gemeinschaftlichen Unterzuges wie beim Querschwellenoberbau muss besonders auf eine gute, gleichmässige Auflagerung der Schienen Rücksicht genommen werden. Dieses Auflager wird in den meisten Fällen von dem Unterbau der Strasse selbst gebildet.

Besteht der Unterbau aus Packlage wie bei Schotter- oder Pflasterstrassen, so wird derselbe erforderlichen Falles verstärkt, die Oberfläche durch Steingruss gedichtet, festgerammt und gut abgeglichen. Hierauf wird das Gleis gelegt, unterstopft, gerichtet und mit Spurstangen und sonstigen steifen Querverbindungen namentlich an den Stössen festgelegt. Bei Schotterstrassen wird alsdann das Füllmaterial eingebracht, eingeschlemmt, festgestampft und später mit leichten Walzen gedichtet. Ganz verfehlt ist in diesem Falle das Festwalzen mittelst schwerer Walzen, da der grosse Druck auf die Schienen ein erheblich stärkeres Einsinken derselben herbeiführt.

Bei gepflasterten Strassen wird nach dem Festlegen des Gleises der Teil der Schienen zwischen Kopf und Fuss durch passende Steine, Flachziegel in Cement-

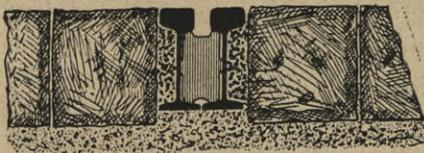


Abb. 97.



mörtel oder Beton ausgefüllt, die Fugen und die Anschlüsse an die Schienen mit Cement oder

Asphalt gut vergossen und hierauf die Pflasterung angesetzt. Abb. 97. Die Anschlusssteine des Pflasters sind aus bestem Material, von grossem Format, vollkantig und mit rechteckigem Querschnitt zu wählen. Namentlich sind kräftige und grosse Binder einzulegen. Die Steinfugen werden vielfach in der unteren Hälfte mit Cement, in

der oberen mit Asphalt und Teer vergossen, wobei besonders die Anschlussfugen an den Schienen gut gedichtet werden müssen. Nicht empfehlenswert ist die Anordnung Abb. 98, weil die scharfe Kante durch Lastfahren, die bekanntlich die Gleise auf Strassen gern benutzen, sehr bald ab-



Abb. 98.

gebrochen, dadurch der Zusammenhang zwischen Strassenfahrbahn und Schienen aufgehoben und die Seitensteifigkeit des Gleises vermindert wird. Vielmehr empfiehlt es sich den Anschlussstein in der punktiert angedeuteten Weise zu bearbeiten.

Bei der Auflagerung der Schienen auf Schotter oder Packlagesteine muss dem Schienenfuss zur Erreichung einer guten Druckübertragung eine möglichst grosse Breite gegeben werden. Trotzdem findet infolge der leichten Zerstörung und Nachgiebigkeit der Bettung ein rasches und einseitiges Senken der Schienen statt. Alle Ausbesserungen die sich namentlich auf tiefliegende Teile der Bettung beziehen, sind umfangreich und mit hohen Kosten verbunden. Deshalb eignet sich die Lagerung des Gleises auf Schotter nur für Bahnanlagen mit kleinerem Raddruck.

Als bestes Lager für die Schienen hat sich bis jetzt der Betonunterbau bei Pflaster- und Asphaltstrassen erwiesen. Das Gleis wird auf dem wagerecht abgeglichenen, vollständig erhärteten Beton in Höhe und Linie festgelegt und alsdann die Steinpflasterung, wie früher angegeben wurde, ausgeführt. Bei Holzpflaster und Asphaltbahnen wird nach Verlegen des Gleises die Betonschicht bis zur Unterkante der Holz- bzw. Asphaltbahn nachträglich verstärkt und die Schienen in Beton eingebettet. Diese Lagerung und Bettung in einer starken zusammenhängenden Grundplatte hat sich bei Strassenbahnen sehr gut bewährt. Sie bietet dem Gleis eine hohe Seitensteifigkeit und eine sichere Lage.

Bei Bahnen auf ländlichen Wegen kann von der Verwendung der Rillenschienen Abstand genommen werden, da die Rille von den Spurkränzen der Wagen selbst eingefahren wird. Bei späterer Pflasterung der Strassen müssen jedoch Rillen durch Leitschienen angesetzt werden.

Die **Entwässerung** ist entweder eine oberirdische oder unterirdische. Bei Strassen auf Betonunterbau erfolgt die Entwässerung oberirdisch durch das Quer- und Längsgefälle der Strasse, bei Schotter- und Packlageunterbettung ist ausserdem eine unterirdische Wasserabführung durch Drains und Rigolen mit starkem Sohlgefälle erforderlich. Namentlich ist auf eine sichere und tröckene Lage des Stosses Bedacht zu nehmen. Das Niederschlagswasser der Gleisstrecke wird in den Rillen gesammelt, zum grössten Teil durch die Stossfuge dem Strassenunterbau zugeführt und bildet hier Wassersäcke, die nicht allein eine schnelle Zerstörung der Strasse, sondern durch Ansetzen von Rost an den Verschluss teilen eine Zerstörung des Oberbaues zur Folge haben. Auch bei der Lagerung der Gleise auf Beton sollte für eine gute unterirdische Abführung des Wassers von den Stössen gesorgt werden.

Weichen und Kreuzungen. Weichen werden bei Strassenbahnen wie der übrige Oberbau meist aus Rillenschienen angefertigt. Die Bedingungen, welche durch die Anlage von Strassenbahnweichen erfüllt werden müssen, sind:

1. Kein Teil der Weiche darf in Rücksicht auf den übrigen Strassenverkehr über die Strassenoberfläche vortreten.
2. Die Weichen müssen leicht und sicher zu bedienen sein.
3. Ausbesserungen sollen in kurzer Zeit erfolgen können und Ersatzteile leicht einzulegen sein.

In städtischen Strassen mit starkem Verkehr muss die Abzweigung so kurz wie möglich gehalten werden. Deshalb beginnt die Weichenkrümmung meistens bereits in den Zungen und wird mit dem gewählten Halbmesser durch die Kreuzung geführt. Der Krümmungshalbmesser der Weichen erreicht alsdann selbst bei Normalspur häufig nur eine Länge von 10 m. Derartige scharfe Krümmungen können jedoch nur von Betriebsmitteln auf Drehgestellen bzw. auf Lenkachsen und mit geringerer Geschwindigkeit ohne Gefahr genommen werden. In breiten Strassen

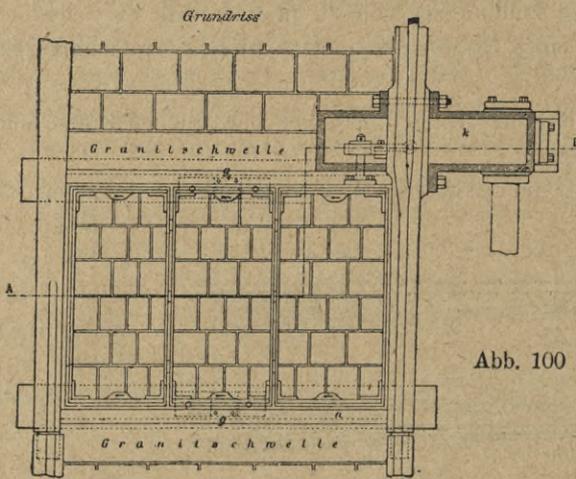


Abb. 100

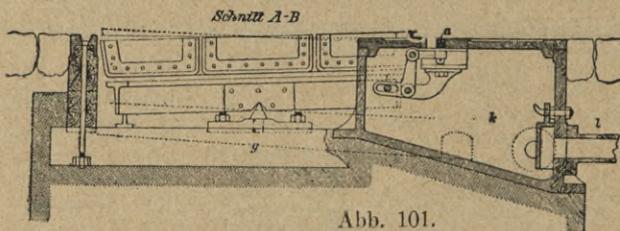


Abb. 101.

Die Herzstücke werden beim Rillenschienenoberbau aus denselben Schienen

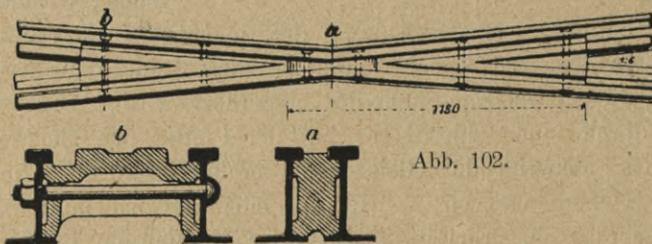


Abb. 102.

geschritten, bei anderen Oberbauarten aus Stahlguss hergestellt. Die Neigung der Herzstücke richtet sich nach dem Krümmungshalbmesser der Weiche und schwankt zwischen 1 : 3 bis 1 : 6. Eine übliche Form des Herzstückes zeigt Abb. 102.

Die Neigung der Herzstücke richtet sich nach dem Krümmungshalbmesser der Weiche und schwankt zwischen 1 : 3 bis 1 : 6. Eine übliche Form des Herzstückes zeigt Abb. 102.

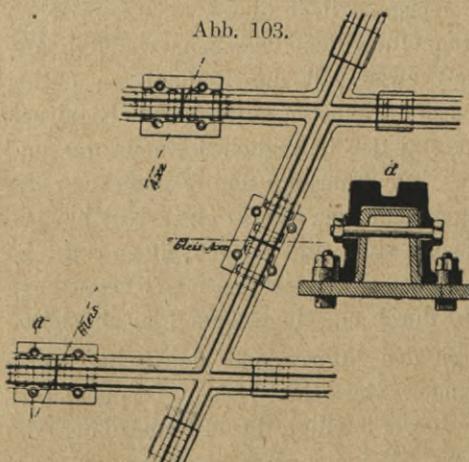


Abb. 103.

Gleiskreuzungen werden beim Rillenschienenoberbau ebenfalls aus Rillenschienen geschritten oder aus Stahlguss hergestellt. Eine Gleiskreuzung ist in Abb. 103 dargestellt. Auch bei den Herzstücken und Kreuzungsstücken werden an den Übergangsstellen die Fahrkanten auf eine Länge von etwa 10 bis 15 cm abgearbeitet, um den Spurkranz auflaufen zu lassen und dadurch den Stoss des Wagens zu mildern.

Bei einer Kreuzung zwischen Strassenbahn und Vollbahn laufen die Fahrschienen der Vollbahn durch, während diejenigen der

Schaffner in verkehrsreichen Strassen droht, ist die Einführung der „Kippweichen“ nach amerikanischem Muster dringend geboten. Bei diesen Weichen die nach Abb. 100 u. 101 in Berlin in Anwendung waren, wird das Umlegen durch das Gewicht des Pferdes bewirkt. Eine schwere, zwischen den Schienen gelagerte Platte schwebt auf der Schneide gg. Die Bewegung wird mittelst Hebel auf die Zungen übertragen und dadurch die Weiche gestellt. Um der unvermeidlichen raschen Verschlamung vorzubeugen, ist auf eine gute Entwässerung Rücksicht zu nehmen. In Berlin wurden die Weichenkasten k mittelst des Rohres l direkt an die Kanalisation angeschlossen.

Strassenbahn unterbrochen werden. Wenn auch hier zur Milderung des Stosses die Schienen der Strassenbahn abgearbeitet werden, so wirkt doch die grosse, offene Lücke namentlich für elektrische Triebwagen sehr störend. Abgesehen von den hohen Ausbesserungs- und Unterhaltungskosten, die für derartige Gleisanordnungen und die Betriebsmittel sowie ferner für die Bewachung der Kreuzungsstelle ausgeworfen werden müssen, sollte schon aus Sicherheitsgründen jede in der Strassenebene liegende Kreuzung mit Vollbahnen überhaupt vermieden und behördlicherseits verboten werden.

In Strassen mit nachgiebiger Bettung aus Packlage, Schotter oder Sand werden die Weichen und Kreuzungsteile zur besseren Lagerung und Druckverteilung auf breiten, an den Schnittstellen zusammenhängenden, eisernen Grundplatten von 10 mm Stärke befestigt. Zum Schutz gegen seitliche Verschiebungen und zum Festhalten der Spur sind kräftige Querverbindungen namentlich an den Stössen anzuordnen.

Strassenbahnweichen bedürfen einer gründlichen Reinigung, die mehrmals am Tage ausgeführt werden muss. Die tiefer liegenden Teile werden in trockenen Zeiten am besten mittelst kräftigem Wasserstrahl ausgespült und die reibenden Flächen mit Grafit geschmiert.

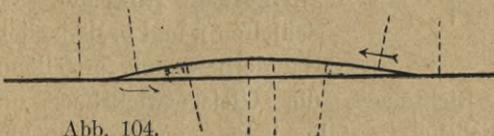


Abb. 104.

Gleisanordnungen. Die Ausweichstellen eingleisiger Bahnen sind stets zum Rechtsausweichen eingerichtet und meistens als Haltepunkte ausgebildet. Ueblich sind derartige Anlagen nach Abb. 104. Die Anordnungen Abb. 105 und 106*) haben den

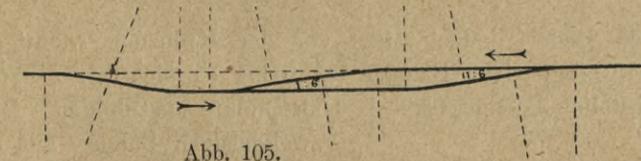


Abb. 105.

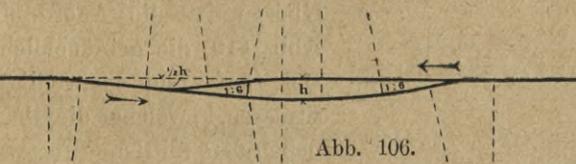


Abb. 106.

Vorteil kurzer Bogenlängen vor der Ausweichstelle und gestatten bei elektrischer Hochleitung eine einfache Anordnung derselben. Sie

haben jedoch den Nachteil, dass die Querneigung der Strasse an der Ausweichstelle beseitigt werden muss, und deshalb hat sich die einfachste Anordnung Abb. 104 mit durchgehendem geraden Gleis in

der Mitte und seitlichem Ausweichgleise am besten bewährt. Ausserdem behält der abzweigende Wagen infolge der wenigen Krümmungen einen ruhigeren Lauf.

Abzweigungen einzelner Linien nach verschiedener Richtung von einer Hauptlinie erfolgen zweckmässiger Weise nicht von einem Punkte aus, vielmehr empfiehlt es sich, um schwierige Weichenan-

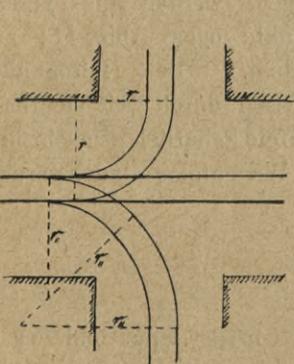


Abb. 107.

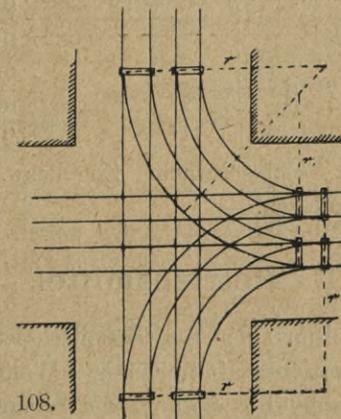


Abb. 108.

ordnungen zu vermeiden, die Abzweigungsstellen zu verschieben. Abb. 107 und 108.

*) Eisenbahntechnik der Gegenwart 1897, Oberbau.

Endpunkte von Strassenbahnen werden entweder mit Ausweichen und Kopfgleis oder mit Schleifen oder Kehren versehen. Ausweichen sind allgemein üblich bei elektrischen Bahnen, Dampflokotivbahnen zum Umsetzen der Lokomotive und bei Pferdebahnen. Erfolgt der Betrieb mittelst Dampfzügen, so müssen zum Umdrehen und Wenden Gleisanlagen in Schleifenform oder Kehren vorgesehen werden, da Drehscheiben, sofern sie nicht abseits aufgestellt werden

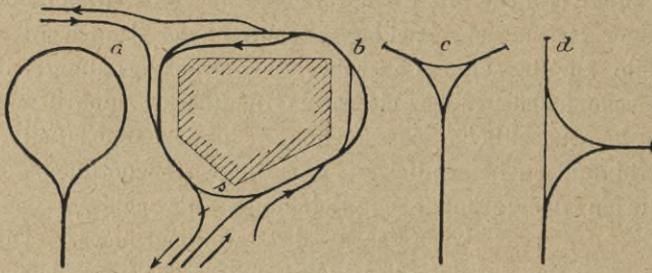


Abb. 109.

können, für den übrigen Strassenverkehr störend und ausserdem in der Bedienung teuer sind. Uebliche Lösungen sind in Abb. 109 a, b, c, d dargestellt. Besonders empfehlenswert auch für andere Betriebsarten ist die Anwendung der Schleifen a und b, da jegliche Rangierbewegung fortfällt und

durch die Trennung der Gleise nach Richtungen die Gleisentwicklung und Gruppierung sich sehr einfach und übersichtlich gestaltet. Bei starker Besetzung kann das Gleisstück s als Kehrgleis benutzt werden.

D. Haltepunkte.

Haltepunkte werden nach Bedarf jedoch stets vor der Kreuzung wichtiger Verkehrsstrassen angelegt. Bei eingleisigen Bahnen empfiehlt es sich, wie schon oben bemerkt, die Ausweichstellen gleichzeitig als Haltepunkte auszubilden. Bei zweigleisigen Bahnen mit in

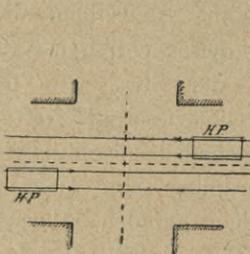


Abb. 110.

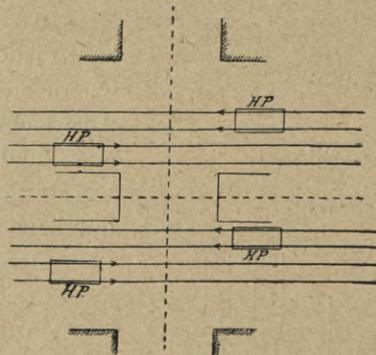


Abb. 111.

der Mitte der Strasse liegenden Gleisen ist die Anordnung Abb. 110 die gebräuchliche. Bei fünf- und mehrteiligen Strassen, in welchen die Gleise neben dem mittleren Fussweg liegen, werden die Haltepunkte nach Abb. 111 anordnet. Die Haltepunkte müssen durch weit sichtbare Tafeln kenntlich gemacht und

abends gut beleuchtet werden. Bei schwacher Zug bzw. Wagenfolge sind erforderlichen Falles Wartehallen anzulegen.

E. Betriebsmittel.

Allgemeines. Die Gestaltung der Betriebsmittel ist von der Spur und der in Anwendung zu bringenden Betriebskraft abhängig. Während bei gewählter Spur die stärkste Krümmung den Achsstand und damit die Länge des Wagens bestimmt, ist die Triebkraft, insofern sie vor den Wagen gespannt oder unmittelbar an den Achsen des zu bewegenden Wagens angebracht wird, für die Breitenabmessung der Betriebs-

mittel maassgebend und somit für die Grösse der zu wählenden Spur mitbestimmend. Da für den Bau der Triebvorrichtungen allein die Betriebskraft entscheidend ist, so sollen die Triebwagen unter den „Besonderen Bahnarten“ Zweiter Teil. III dargestellt werden, während im nachfolgenden der Bau und die Ausrüstung der Wagen, soweit sie der Personenbeförderung dienen, behandelt sind.

Die geringe Geschwindigkeit und die verhältnismässig kleine Zugkraft auf Strassenbahnen gestatten einen leichteren Bau der Wagen und namentlich ist bei Pferdebetrieb sowie für alle Anhängewagen ein kleinstes Eigengewicht geboten. Als Grundsätze für die Bauausführung gelten:

1. Sämtliche Wagenteile sollen innerhalb einer gewählten und damit bestimmten Umgrenzung des Aussenraumes liegen.
2. Gleichartigkeit der Wagen nach vorn und hinten auch hinsichtlich des Führerstandes, der Bremsen, der Beleuchtung usw. um jedes Wenden und Rangieren in Strassen zu vermeiden, was bei elektrischem und Pferde-Betriebe am leichtesten möglich ist.
3. Herstellung des Unterbaues aus Eisen.
4. Verwendung von Lenkachsen und Drehgestellen um auch die kleinsten Krümmungen möglichst bequem durchfahren zu können.
5. Bau grosser und bequemer Wagenkasten mit guter Beleuchtung und Lüftung. Beste für jede Veränderung der Belastung wirksame Abfederung des Kastens.
6. Anordnung sicherer, schnellwirkender Bremsen.

Die Einteilung der Wagen geschieht in erster Linie nach der Anzahl der Achsen, ferner nach der Form und Teilung des Wagenkastens und nach der inneren und äusseren Ausstattung desselben. Nach der Anzahl der Achsen unterscheidet man 2 und 4 achsige Wagen, die mit geschlossenem und offenem Kasten ausgeführt werden. Der Wagenkasten besteht entweder nur aus einem Raum oder aus mehreren Abteilen.

a. Untergestelle.

Die Untergestelle der Strassenbahnwagen richten sich in ihrer Bauart und in ihren Abmessungen nach der Betriebskraft. Während die Gestelle für Pferdebahn- und Anhängewagen in allen Teilen möglichst leicht ausgeführt werden, sind diejenigen der Triebwagen zur Erzielung des gewünschten Triebgewichtes kräftiger und dadurch widerstandsfähiger. Der enge Achsstand des Wagens, die Anordnung von Plattformen und die damit verbundene ungleichmässige Belastung geben namentlich dem zweiachsigen Wagen einen unruhigen Gang, der durch mehrfache gute Abfederung des Wagenkastens gegen das Gestell und gegen die Achsen gemildert werden muss. Das Untergestell besteht aus den Rädern, den Achsen, den Achsgabeln oder Achsrahmen, den Achsbuchsen, den Federn, den Bremsen, den Zug- und den Stossvorrichtungen.

Die **Räder** werden fast ausschliesslich als Speichenräder ausgeführt. Jedes Rad muss infolge der häufigen starken Stösse die grösste Sicherheit gegen Bruch bieten und um eine einseitige Abnutzung auszuschliessen, eine gleichmässige Härte haben. Am besten haben sich bis jetzt Speichenräder aus Stahlguss oder Räder aus schmiedeeisernen Sternen mit aufgezogenem Stahlreifen bewährt. Für ein gegebenes

Strassennetz sind die Räder aller Wagen gleich gross und gleichartig zu gestalten, um Ausbesserungen und Auswechslungen leicht und schnell vornehmen zu können.

Um eine möglichst tiefe Schwerpunktlage der Wagen und damit einen ruhigeren und bequemeren Lauf namentlich in scharfen Krümmungen zu erzielen, wird der Durchmesser der Räder kleiner gehalten als bei den Wagen auf Vollbahnen. Uebliche Abmessungen der Räder sind in nachstehender Tafel angegeben und zwar bezeichnet in mm a der Laufkranzdurchmesser, b der Spurkranzdurchmesser, c die ganze Radbreite, d die Laufkranzbreite.

a	b	c	d
300	340	70	57
390	430	85	65
600	630	70	57
600	640	80	64

Bei Wagen für Pferdebahnen und für Anhängewagen sind leichtere Räder mit schmalen Laufkranz vertreten (Abb. 112) und zwar dürfte eine Laufkranzbreite von

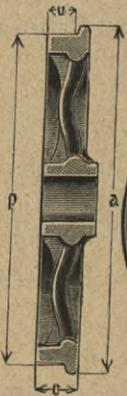


Abb. 112.

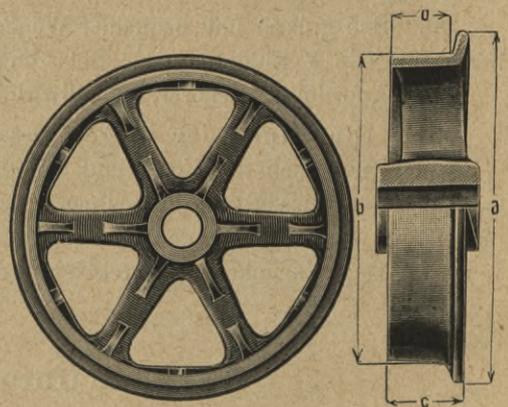


Abb. 113.

45 mm als unterste Grenze gelten. Abb. 113 zeigt eine schwerere Radform wie sie an Triebwagen üblich ist.

Der Laufkranz wird gut und sauber abgedreht und erhält eine Neigung von 1 : 20 oder etwas schwächer. Zweckmässig ist es nicht zu harte Laufkränze zu wählen, da sonst die Schienen zu sehr angegriffen werden. Die Räder durchlaufen i. M. 20 000 bis 25 000 km, und infolge des starken Verschleisses wird ein öfteres Nachdrehen des Laufkranzes erforderlich.

Achsen und Lager. Die Räder sind auf die Achsen kalt aufgepresst. Die Achsen selbst, deren Querschnitt meist rund ist, werden als Lenkachsen oder feste Achsen aus Bessemer oder Martinstahl hergestellt. Der Durchmesser der Welle beträgt für leichte Wagen i. M. 70 bis 80 mm, für schwere Wagen 80 bis 100 mm. Dementsprechend beträgt die Stärke der Achsschenkel 40 bis 50 bzw. 50 bis 70 mm.

Die Achsschenkel lagern in den Achsbuchsen auf bronzenen Schalen, welche den Schenkel nur mit etwa $\frac{1}{6}$ umfassen. Für einen guten Abschluss zum Schutz gegen Staub und sonstige Verunreinigungen des Lagers, sowie für eine reichliche

Oelzuführung bei geringem Oelverlust ist durch Schmierpolster Sorge zu tragen.

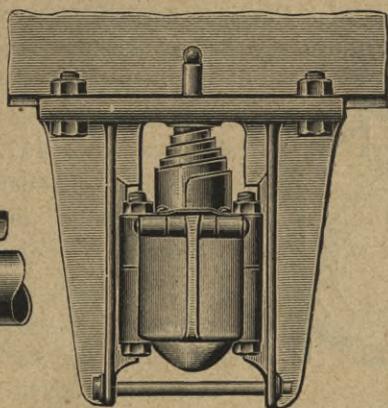
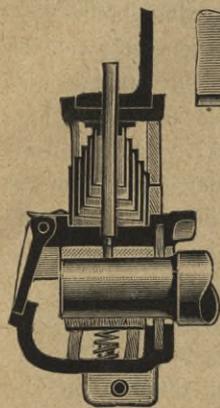


Abb. 114.

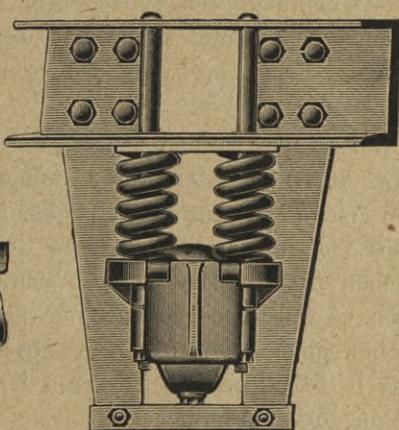
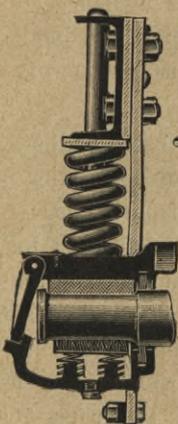


Abb. 115.

Die Buchsen gleiten zwischen den Achsgabeln, welche mit dem Rahmen des Wagens fest verbunden sind. I. A. gleicht die Bildung der Buchsen derjenigen auf Vollbahnen. Besondere Sorgfalt ist auf eine gute Abfederung der Achslager zu verwenden, da der ruhige Gang namentlich der Triebwagen hiervon wesentlich abhängig ist. Die Federn sitzen auf der Achsbuchse und werden durch Bolzen, die lose durch den Rahmen gehen, geführt. Uebliche Anordnungen zeigen die Abb. 114 u. 115.

In neuerer Zeit kommen häufig federnde Rollenlager Abb. 116 zur Anwendung. Am Gussgehäuse a befinden sich zwei Tragarme b mit ovalen Löchern, durch welche die abgefederten Führungsbolzen c gehen. Die Führungsbolzen sind mit dem Langträger fest verbunden. Hierdurch wird dem Lager sowohl eine senkrechte als auch eine wagerechte Bewegung ermöglicht. Die Achse bzw. der Achsschenkel bewegt sich auf den im Gehäuse liegenden

Rollen, welche durch zwei wellenförmig gebogene Drahringe in bestimmten Abständen gehalten werden. Nach Aussen wird das Lager mittelst eines Gussdeckels d dicht verschlossen, der durch eine Bügelschraube e an das Gussgehäuse angeschraubt ist. Die

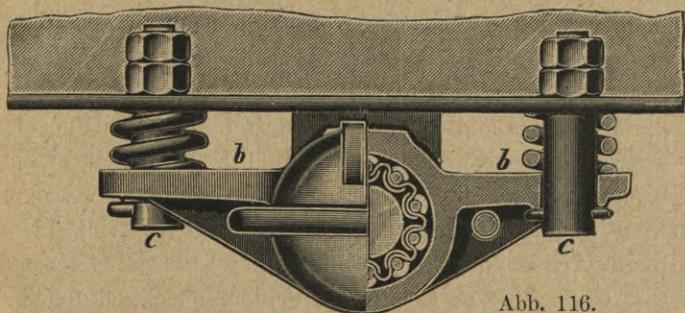
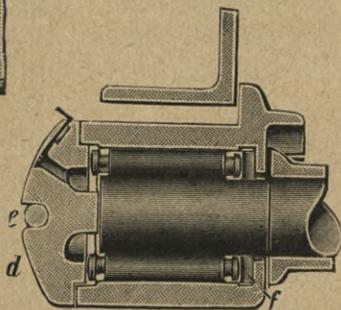


Abb. 116.



Abdichtung des Lagers nach der Innenseite zu erfolgt mittelst eines Filzringes f. Durch diese Bauart ist es ermöglicht, die Rollen nebst den Führungsringsen und dem Dichtungsring von vorn herausnehmen zu können, ohne das Lager von den Langträgern abschrauben zu müssen. Das Lager hat abgesehen von einer ausserordentlich leichten

Welle w , auf welcher die beiden Hebel a b festgekeilt sind, eine gleichmässige Verschiebung beider Achsbuchsen ein.

Auf Strassenbahnen kommen meistens freie Lenkachsen in Anwendung, da für die kurzen und scharfen Krümmungen und namentlich für die Ein- und Ausfahrt aus denselben die Kuppelung der Achsen sich nicht als zweckmässig erwiesen hat. In der Geraden müssen die Achsen in die Mittelstellung zurückgebracht werden und zwar geschieht dies, durch die zwischen den Achsbuchsen und dem Rahmen befestigten Federn. Jeder Ausschlag der Achse hat eine einseitige Beanspruchung der

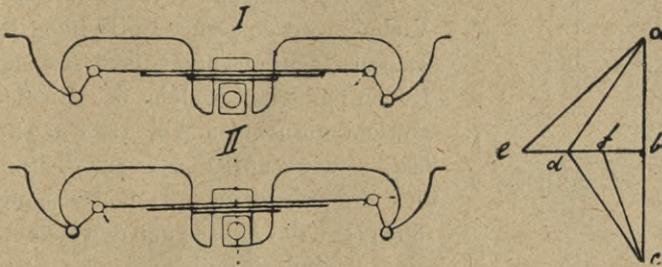


Abb. 120.

Federn zur Folge, die bei der Ausfahrt aus der Krümmung die Achse wieder in die gerade Lage zurückdrängen. Häufigerfolgt dies ausserdem durch eine besondere Abfederung der Achse Abb. 118.

Die Wirkung auf eine geschichtete Dreiecksfeder

zeigt Abb. 120. Beim Einlauf in die Krümmung machen die Enden der Achse zwecks Einstellung nach dem Mittelpunkte entgegengesetzte Bewegungen aus der Mittellage, wodurch die Gelenke verschoben werden. Bezeichnen a b , b c die auf die Enden der Federn im Ruhezustande wirkenden gleichen Lasten, so sind durch a d und d c parallel zu den Hängeeisen in I die Kräfte in denselben dargestellt, deren Schluss in d das Gleichgewicht des ganzen Systems ergibt, da die wagerechten Seitenkräfte d b gleich und entgegengesetzt gerichtet sind. Tritt der Fall II ein, so werden die Kräfte in den Hängeeisen durch a e und c f und die wagerechten Kräfte durch b f und b e ermittelt. Da b e $>$ b f ist, so wird beim Uebergang in die Gerade das Laufwerk wieder in die Mitte gedrückt.

Drehgestelle sind Fahrgestelle mit engem Achsstand, deren Achsen durch zwei Achshalter verbunden sind und unter dem Wagenkasten um einen Zapfen in wagerechtem Sinne drehbar angebracht werden können. Drehgestelle gestatten für alle Spuren die Herstellung von Wagen mit grossen Fassungsräumen und das Durchfahren schärfster Krümmungen ohne wesentlichen Widerstand. Sie kommen deshalb am häufigsten auf elektrischen und Dampfstrassenbahnen bei Triebwagen zur Verwendung, wo es sich um Herstellung grosser Wagen zur Bewältigung grösserer Massen handelt. Weniger eingeführt sind Drehgestellwagen in Städten, deren Strassen häufige und starke Gefällwechsel aufweisen. Dem Drehgestell fehlt die Bewegung um eine wagerecht liegende Querachse und deshalb besitzt es bei Ueberschreitung von Brechpunkten nicht die hohe Anpassungsfähigkeit an das Längs-

gefälle wie die einfache Achse. Ferner wird beim Uebergang des Wagens auf starke Neigungen infolge des langen Wagenkastens die einseitige Belastung eine ziemlich grosse.

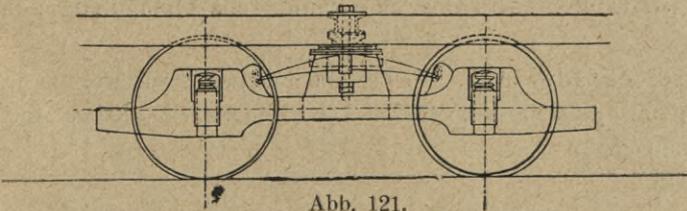


Abb. 121.

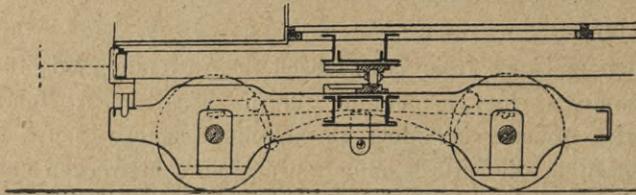


Abb. 122.

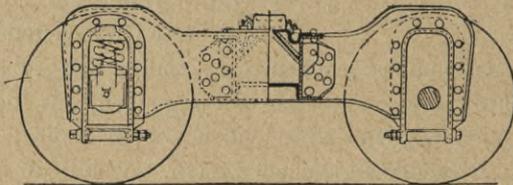
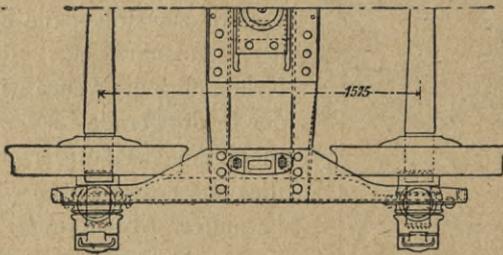


Abb. 123.

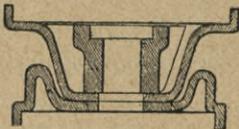


Abb. 124.

Bei Strassenbahnen sind zweichsige Drehgestelle gebräuchlich, welche unter die Enden des Wagenkastens gestellt werden. Der Zapfen liegt meist in der Mitte des Gestells nach Abb. 121 oder an der Kopfseite Abb. 122 (System Weitzer). Vielfach werden zur Entlastung des Zapfens seitlich unter dem Rahmen Rollen angesetzt, welche das Kastengewicht aufnehmen Abb. 122 u. 123, sodass der Zapfen nur zur Leitung des Wagens dient. Die Achshalter sind gegen die Achsen und den Rahmen gut abgefedert und zwar sitzen die Federn entweder über den Achsbuchsen Abb. 123 oder die Abfederung erfolgt zwischen dem Rahmen und dem Achshalter Abb. 122 oder endlich können beide Anordnungen getroffen werden Abb. 121. Der Drehzapfen wird gewöhnlich nach Abb. 124 ausgebildet.

Der **Achsstand** zweichsiger Wagen richtet sich nach der stärksten auftretenden Krümmung. In Strassen mit einer Fahrbahnbreite von nur 5,0 m kann noch ein Halbmesser von 12,5 m eingepasst werden Abb. 84 S. 96. Für diese Krümmung ist bei der Normalspur ein fester Achsstand von über 1,7 m nicht mehr zweckmässig, dagegen kann bei Anwendung von Lenkachsen die Achsentfernung bis 2,3 m betragen. Der Achsstand der Drehgestelle ist i. A. nicht über 1,5 m. Die Entfernung der Drehgestellzapfen beträgt auf deutschen Bahnen gewöhnlich nicht über 5,5 m. Auf amerikanischen Bahnen geht dieser Abstand bis 7,0 m. Normalspurige Wagen auf Drehgestellen können Krümmungen mit einem Halbmesser von 12,5 m noch bequem durchfahren. Als äusserstes Maass für schmalspurige Wagen bei einer Spurweite von 0,75 m kann der Krümmungshalbmesser von 8,0 m angenommen werden.

Die **Federn** kommen aus Stahl als geschichtete Dreieckfedern, cylindrische Schraubenfedern und als sog. Evolutenfedern oder als cylindrische Gummifedern in Anwendung.

Die geschichtete Dreieckfeder Abb. 125 besteht aus zwei Federwerken w, welche durch den Federbund v geschlossen sind. Die Federwerke haben fast durchweg kreisförmige Krümmung.

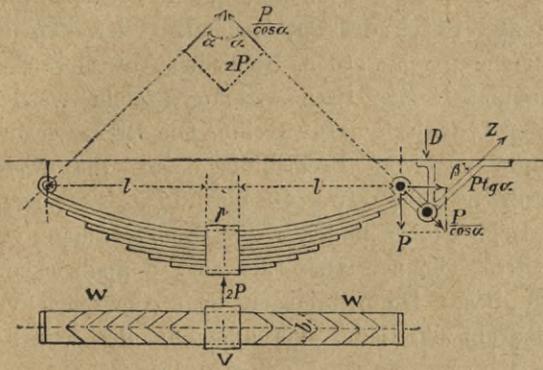


Abb. 125.

Es bezeichnen
 P die Belastung der Federn in kg,
 p_0 der Pfeil des Kreisbogens,
 f die Durchbiegung in cm bei der Belastung P,
 l die Länge in cm,
 n die Zahl der Lamellen,
 k_b die zulässige Biegungsspannung in kg/qcm, welche für Federstahl 6000—7000 kg/qcm beträgt,
 k_d desgl. für Drehung in kg/qcm,
 E den Elasticitätsmodul für Zug in kg/qcm, etwa 2 000 000.

Durch die am Federbund angreifende Belastung 2P verringert sich der Pfeil p_0 auf p, sodass $p_0 - p = f$ wird.

$$\text{Allgemein ist } M = n \frac{bh^2}{6} \cdot k_b \dots \dots \dots (1)$$

Die in den geneigten Gehängen vorhandene Zugkraft $\frac{P}{\cos \alpha}$ zerlegt sich im Federhänge in die lotrechte Kraft P und die wagerechte Kraft $P \operatorname{tg} \alpha$, welche zusammen ein Biegemoment ergeben

$$M = Pl + Pp \operatorname{tg} \alpha \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{Hieraus folgt } P = n \frac{bh^2}{6} \cdot \frac{k_b}{1 + p \operatorname{tg} \alpha} \dots \dots \dots (3)$$

$$f = 6 \frac{l^2}{nbh^3} \cdot \frac{P(1 + p \operatorname{tg} \alpha)}{E} = \frac{l^2 k_b}{hE} \dots \dots \dots (4)$$

Für p kann angenähert p_0 gesetzt werden. Die oberste Federlage hat ausser der Biegungsspannung k_b die Zugkraft $P \operatorname{tg} \alpha$, sowie die Querkraft P auszuhalten.

Der Federbock. Der Druck im lotrechten Schenkel ist

$$D = P + P \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \beta$$

der Zug im schrägen Schenkel

$$Z = \frac{P \operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta}.$$

Die cylindrische Schraubenfeder hat meist einen kreisförmigen Querschnitt, Abb. 126. Es ist



$$P = \frac{\pi d^3}{16 r} k_d = 0,196 \frac{d^3}{r} k_d$$

$$f = \frac{64 n r^3}{d^4} \frac{P}{G} = \frac{4 \pi n r^2}{d} \frac{k_d}{g}$$

G Elasticitätsmodul für Schub in kg/qcm (etwa 800 000 bis 900 000).

Abb. 126. Die Evolutenfeder hat meist rechteckigen Querschnitt, Abb. 127. Es ist



$$P = \frac{2}{9} \frac{b^2 h}{r} k_d$$

$$f = a \frac{3 r^2 l (b^2 + h^2)}{2 b^3 h^3} \frac{P}{G} = \frac{a}{3} \frac{r l (b^2 + h^2)}{b h^2} \frac{k_d}{G}$$

a bezeichnet einen von der Form abhängigen Coefficienten und ist etwa 1,2 bis 1,5 zu setzen.

Abb. 127.

Bremsen. Im Strassenbahnbetriebe ist jeder Wagen mit guten Bremsen auszurüsten. Man unterscheidet Hand- und Kraftbremsen, jenachdem dieselben mit der Hand oder durch mechanische Kraft angezogen werden. Nach den Anforderungen, welche in Bezug auf Stärke und Schnelligkeit der Bremswirkung gestellt werden, teilt man die Bremsen in Betriebs- und Gefahrenbremsen ein. Die Bremswirkung selbst wird fast immer durch Anpressen von Bremsklötzen an die Räder hervorgerufen und zwar beträgt der Bremsdruck etwa 40 bis 50 % des Wagengewichtes. Die Bremsen bestehen aus der Bremsspindel, dem Bremsgestänge und den Bremsklötzen und werden bei Strassenbahnen stets als sog. doppelwirkende Klotzbremsen verwendet. Der Vorzug dieser Doppelbremsen liegt abgesehen von der gleichen Druckverteilung der Klötze auf die Räder vor allem in der schnellen und sicheren Wirkung.

Die Bremskraft erreicht ihren höchsten Wert, wenn die Räder eben noch auf den Schienen rollen, also unmittelbar vor Eintritt des Schleifens. Tritt Stillstehen der Räder ein, so findet ein Flachsleifen des Reifens statt und um dies zu vermeiden, muss der für die Rechnung anzunehmende Reibungswert f unter dieser Grenze bleiben.

Nach den Versuchen von Galton und Wichert wurde gefunden

$$f = c \frac{1 + 0,0112 \cdot v \text{ km/St.}}{1 + 0,06 \cdot v \text{ km/St.}}$$

worin für trockene Flächen $c = 0,45$

„ nasse „ „ $c = 0,25$

und für v die grösste Geschwindigkeit 25 km/St. zu setzen ist.

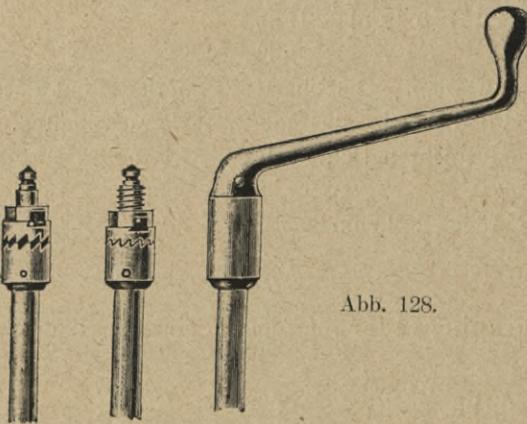


Abb. 128.

Das Bremsgestänge besteht aus Rundeisen mit geschweissten Oesen und endet in der Bremsspindel Abb. 128. Beim Anziehen der Spindel wird gleichzeitig eine Feder gespannt und deren Auslösung durch eine Klinke gesperrt, sodass der Wagen nach Rechtsdrehung der Kurbel dauernd festgebremst bleibt. Erst durch Auslösung der Sperrklinke, was seitens des Führers mit dem Fusse geschieht, bewegt sich die Spindel durch die Federkraft rückwärts und

löst dadurch die Bremsklötze. Das Material der Bremsklötze ist fast durchweg Stahlguss. Bei nicht angezogener Bremse soll zwischen Klotz und Radreifen ein Spielraum von etwa 5 bis 6 mm verbleiben. Um ein Schleifen der einzelnen Bremsklötze an den Rädern zu verhindern, werden die Klötze durch einstellbare Schraubenfedern, vermöge welcher nach Abnutzung die Klötze ausserdem entsprechend eingestellt werden können, gehalten.

Die Rücksicht auf die Sicherheit des übrigen Strassenverkehrs macht die Anwendung der vorzüglichsten Bremsvorrichtungen notwendig, durch welche jeder Wagen bei der grössten Fahrgeschwindigkeit in der kürzesten Zeit zum Stehen gebracht werden muss. Bei den mit Elektrizität und Dampf betriebenen Strassen-

bahnen werden deshalb Luftdruckbremsen als Betriebs- und Gefahrenbremsen eingestellt. Dieselben besitzen den Vorteil einer schnellen, gleichmässigen und sicheren Wirkung auf alle Räder und sind namentlich bei grossen Wagen in Gebrauch.

Die Anhängewagen sind meistens nur mit Handbremsen ausgerüstet. Die durch

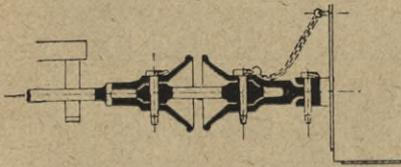


Abb. 129.

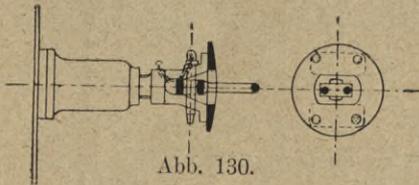


Abb. 130.

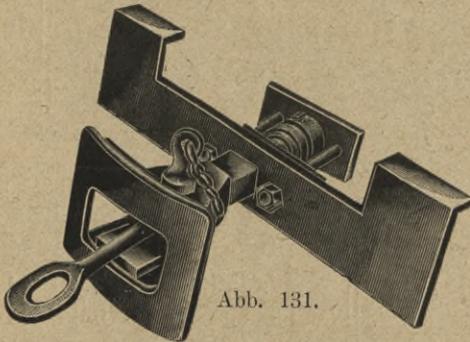


Abb. 131.

das ungleichzeitige Anziehen der Bremsen des Vorder- und Hinterwagens verursachten starken Stösse und Schwankungen sind für die Fahrgäste ausserordentlich störend. Es sollte deshalb bei Einstellung von Anhängewagen zu längeren Zügen die Einrichtung durchgehender d. h. auf alle Räder gleichzeitig wirkender Bremsen, die ausserdem aus Gründen der Betriebssicherheit erforderlich sind, behördlicherseits vorgeschrieben werden.

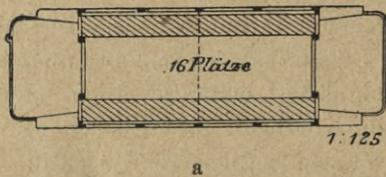
Stoss- und Zugvorrichtungen sind fast bei allen Strassenbahnen vereint und zwar derart angebracht, dass die mit Zug- und Druckfeder versehene Bufferstange ihren Drehpunkt am Untergestell des Wagens in der Mitte der Kopfrahmen erhält. Die Mitte des Buffers liegt bei normalspurigen Strassenbahnen meistens 500 mm über Schienenoberkante. Die einmal gewählte Höhe des Buffers ist für alle Wagen eines Ortes festzuhalten.

Die Kuppelung wird meistens als Trichter, Kuppelung Abb. 129 oder Gelenkkuppelung Abb. 130 ausgeführt. Die in Abb. 131 dargestellte Ausführung zeigt einen schmiedeeisernen Buffer schwerer Bauart, welcher aus dem Bufferkopf mit Schaken und Stift, der Führungsplatte, Feder, Stossscheibe und dem Bolzen besteht, und sich für Wagen bis 3000 kg Raddruck eignet.

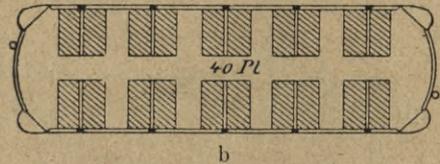
b. Wagenkasten und innere Einrichtungen.

Die **Breite** des Wagenkastens ist von der Spur, die **Länge** vom Achsstand abhängig und zwar beträgt die Länge des Kastens ohne Plattform bei einem Achsstand bis zu 2,3 m i. M. 4,5 bis 5,5 m. Die Wagenkasten auf Drehgestellen haben eine Länge von 10 m und mehr. Die Plattformen, welche an beiden Kopfseiten des Wagens angesetzt werden, sind gewöhnlich 1,0 bis höchstens 1,4 m lang. Nicht empfehlenswert ist es, Wagen mit engem Achsstand und langen Ueberständen herzustellen, da derartige Fahrzeuge bei einseitiger Belastung stark schwanken, infolgedessen einen unruhigen Gang haben und viel Zugkraft verbrauchen. Die freie Länge des Ueberstandes von der Achse bis zur vorderen Kante des Wagens gemessen, richtet sich jetzt nach der stärksten vorkommenden Strassenneigung und wird so bemessen, dass beim Uebergang über den Brechpunkt ein Aufschlagen des vorderen bezw. hinteren Wagenteiles selbst bei der stärksten Schwankung nicht erfolgt.

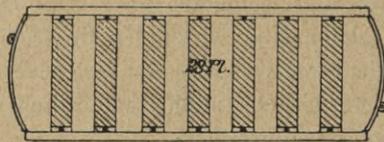
Die Anordnung der **Sitzbänke** ist verschieden und zwar werden sie bei geschlossenen Wagen entweder an den äusseren Längsseiten oder quer zur Längsachse des Wagens angebracht. Offene Sommerwagen, die bei starkem Verkehr eine schnelle Be- und Entladung gestatten sollen, haben stets Querbänke.



a



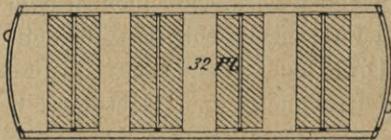
b



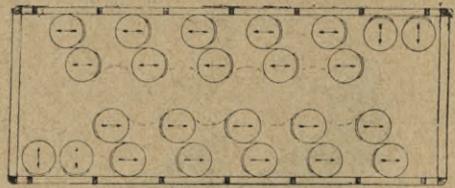
c



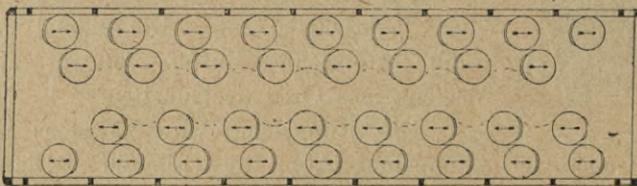
d



e



f



g

Abb. 132.

Wird die Stellung einsitziger Bänke nach Abb. 132e*) gewählt, so sind die Rücklehnen zum Umklappen eingerichtet. Wagen mit Decksitzen kommen auf Strassenbahnen mit Pferdebetrieb und als Anhängerwagen vor.

Der **Rahmen** wird meist aus **U-** oder **T-**Eisen, für leichte Wagen schmalspuriger Bahnen auch aus Holz gefertigt. Bei der Anordnung von grösseren Plattformen sind die Rahmen fast stets aus Eisen hergestellt, und zwar werden die Unterzüge für die Plattformen entweder an den Kopf des Rahmens angenietet oder Rahmen und Unterzug sind aus einem Stück gearbeitet. Der Querschnitt muss der stärksten Belastung mit einem Zuschlag von etwa 100% entsprechen.

Das **Kastengerippe** besteht aus Holz mit möglichst grossen Fensteröffnungen. Die Säulen oder Rippen werden aus Eichen- oder Eschenholz geschnitten und zwar sind die Tür- und Ecksäulen kräftiger als die Zwischensäulen. Die Verbindung der Säulen in der Längs- und Querrichtung erfolgt durch Riegel, welche gleichzeitig zur Befestigung der Verschalung dienen. Alle Stösse und Fugen sind durch Zierleisten gut zu decken. Die Dachspriegel sind 0,80 bis 1,00 m breit, bis 0,50 m hoch und mit Seitenfenstern, welche zwecks guter Lüftung zum Oeffnen einzurichten sind, versehen. Seiten- und Stirnwände werden in den unteren Teilen durch Holz (Kiefer)

*) Handbuch der Baukunde 1890 Abt. III.

von 10 mm oder verzinktem Eisenblech von 2 mm Stärke verschalt. Sämtliche Holz- und Eisenteile sind gut zu lackieren.

Im Inneren des Kastens und zwar über den Gängen sind Riemenschleifen zum Festhalten anzubringen.

Die Abdeckung der **Dächer** erfolgt gleichfalls mittelst einer 10 bis 15 mm starken Holzverschalung, welche mit geölter Leinwand überzogen wird. An den Langseiten des Daches werden kleine Dachrinnen mit lotrechten Abfallrohren an den Enden des Kastens zur Ableitung des Wassers angebracht.

Der **Fussboden** besteht aus einer Holzdielung mit Feder und Nut, um ein Werfen zu vermeiden. Die Fussbodenstärke richtet sich nach Entfernung der Riegel und beträgt nicht unter 25 mm. Mittel- und Seitengänge werden mit Laufroste aus Buchenholz ausgelegt.

Die **Fenster** sind für eine gute Beleuchtung sowohl in den Stirn- als auch namentlich in den Seitenwänden möglichst gross zu machen. Die Fenster der Seitenwände sollen leicht verschiebbar und durch gute Federvorrichtungen gegen Geräusch gesichert sein. Vielfach sind die Fenster zum Versenken oder Herausnehmen eingerichtet, sodass derselbe Wagen bei schlechtem Wetter als geschlossener oder bei gutem Wetter als offener Sommerwagen in den Betrieb eingestellt werden kann.

Die **Türen** werden als Schubtüren in den Stirnwänden vor dem mittlerem Gange entweder ein- oder zweiteilig und mit gutem Verschluss angeordnet. In den Türen, die im oberen Teil Glasfenster erhalten, sind Zahlfensterklappen anzubringen. Die Breite der Tür richtet sich nach der Mittelgangbreite zwischen den Bänken und zwar ist die Lichtweite der geöffneten Tür gleich der Gangbreite zu halten.

Die **Sitze** sind als Latten, Leisten oder Fourniersitze gestaltet und mit Decken, Polster usw. belegt oder frei. Die Sitzhöhe beträgt 0,47 m, die Sitzbreite 0,50 m. Die Zahl der Sitzplätze richtet sich nach dem Achsstand und beträgt bei normaler Spur für kleinere Wagen i. A. 12 bis 20, für grössere Wagen ohne Decksitze 20 bis 30. Hierzu kommen die Stehplätze auf den Plattformen mit 4 bis 6 Plätzen, sodass die Gesamtzahl der unteren Plätze sich auf 20 bis 28 für kleinere und auf 32 bis 42 für grössere Wagen beläuft. Die Zahl der Decksitze bei Pferde- und Anhängewagen beträgt i. M. 14 bis 18. Die Gangbreite zwischen den Langsitzen wird bei schmalspurigen Wagen 65 bis 75 cm, bei normalspurigen Anlagen 0,80 bis 1,00 m gewählt.

Beleuchtung und Heizung. Die Beleuchtung der Wagen geschieht durch Lampen, welche an der Decke und den Stirnseiten angebracht werden.

Die grossen Abkühlungsflächen der bewegten Wagen erfordern im Winter eine sehr wirksame Heizung, welche mittelst Heizkörper oder Presskohlen erfolgt. Elektrische und Dampfheizungen kommen nur bei elektrischen Bahnen und Dampfstrassenbahnen vor.

Die Heizkörper sind entweder Wärmflaschen oder Kästen, welche nach ihrer Erhitzung unter die Sitze geschoben und auf bestimmten Stationen nach etwa 2 bis 3 Stunden ausgewechselt werden.

Die Presskohle kommt in Form von Pressziegel, welche aus Holzkohle gepresst wird, zur Verwendung. Die angeglühte Kohle wird in eisernen Kästen unter die Sitze geschoben, wo sie ihre Wärme an den Wagenkasten abgibt. Die Brenndauer beträgt i. M. 4 bis 5 Stunden. Die Kosten der Presskohlenheizung betragen etwa 6 bis 10 Pfg. für die Stunde.

Die **Plattform** mit Führerstand ist stets überdacht und im unteren Teil geschlossen. Die freien Dachenden werden von eisernen Säulen, die sich auf den Unterzug stützen, getragen. Die Ein- und Ausgänge befinden sich an beiden Seiten und zwar werden dieselben nach der gleisfreien Seite der Strasse zu offen gehalten, nach der anderen Seite durch Gitter abgeschlossen. Die Stufe vor den Eingängen liegt so, dass kein Teil derselben die äussere Wagenkasten-Umgrenzung überragt. An beiden Seiten der Stufe sind am Wagenkasten und an der nächsten Plattformssäule lotrechte Handgriffe aus Messing zum Festhalten beim Aufsteigen anzubringen. Gewöhnlich wird nur eine Stufe bis zur Plattform angelegt. Bei höher liegendem Wagenkasten empfiehlt es sich, eine ev. zweite Stufe von der Plattform nach dem Kasten an der Schubthür anzuordnen.

c. Gestaltung des Wagens.

Die **Gestalt** des Wagens hängt im besonderen von der Betriebskraft und deren Anordnung ab. Es muss deshalb auf den Abschnitt III „Besondere Bahnarten“, in welchem die Triebwagen eingehender behandelt sind, verwiesen werden. Dagegen sind die Anhängewagen für alle Betriebsarten gleichartig gestaltet.

Die Abb. 135 und 136 zeigen ausgeführte Anhängewagen und zwar stellt Abb. 135 einen vollspurigen, zweiachsigen Personenwagen von 24 Sitz- und 16 Steh-

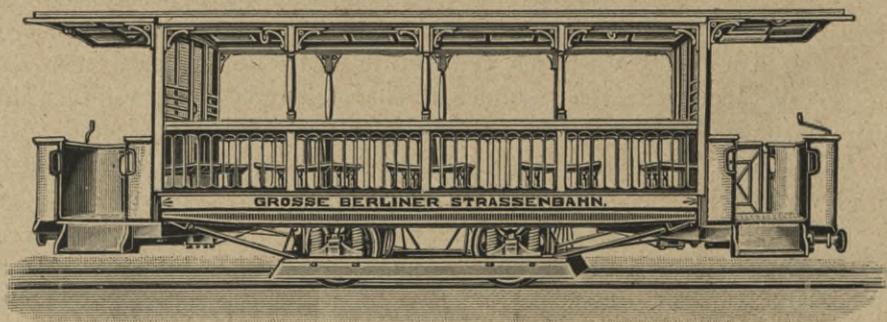


Abb. 135.

plätzen dar. Der Rahmen besteht aus Eschenholz, ebenso der Kasten. Der Eintritt in das Innere erfolgt von der Plattform aus, und zwar sind die quergestellten

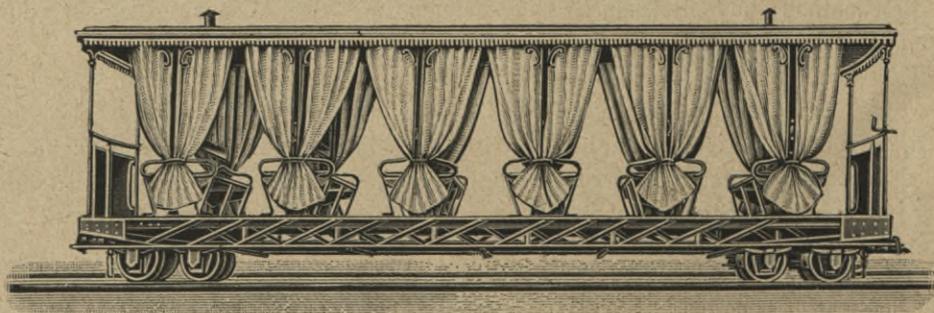


Abb. 136.

Sitzbänke von dem Mittelgange zu erreichen. Abb. 136 ist ein offener Personenwagen auf Drehschemeln, wie er vielfach auf Vorortbahnen vorkommt. Der Auf-

und Abstieg zu den festen Querbänken erfolgt von der Seite. Derartige Wagen werden mit 0,75 m und 1,0 m Spur für 50 bis 60 Sitzplätze gebaut.

Das **Eigengewicht** der Personenwagen hängt von der Zahl der Plätze ab und schwankt bei normalspurigen Wagen ohne Triebvorrichtung zwischen 1500 und 4500 kg, das entsprechende Gewicht der vollen Nutzlast liegt zwischen 1500 und 4000 kg.

Die **Lebensdauer** eines gut gebauten Wagens beläuft sich

in Städten mit schwächerem Verkehr auf 15 bis 20 Jahre

„ „ „ stärkerem „ „ 10 „ 15 „ .

Die jährlich geleistete Weglänge eines Wagens beträgt in deutschen Städten i. M. 20 000 bis 30 000 km.

Infolge der leichteren Bauart und des häufigen Bremsens werden Strassenbahnwagen viel schneller abgenutzt als Wagen anderer Bahnen.

Die Unterhaltungskosten betragen etwa 200 bis 500 M für einen Wagen im Jahre. Dementsprechend werden bei Jahresabschlüssen 6 bis 8 % der Anlagekosten abgeschrieben.

d. Rollböcke.

Rollböcke sind Eisenbahnfahrzeuge für den Güterverkehr, welche dazu dienen zweiachsige Güterwagen aufzunehmen, um sie auf Gleisen weiter zu bewegen, die von diesen Güterwagen nicht befahren werden können. In den weitaus meisten Fällen handelt es sich um die Weiterbeförderung normalspuriger Wagen auf Schmalspurbahnen, jedoch kommt es bei Strassenbahnen mit normaler Spur vielfach vor, dass infolge vorhandener starker Neigungen und scharfer Krümmungen normalspurige Wagen auf normalspurige Rollböcke aufgesattelt werden müssen. Nicht empfehlenswert ist der Rollbockbetrieb bei Spurweiten unter 0,75 m, da bei kleineren Spuren die hohe Schwerpunktslage des aufgesattelten Wagens namentlich beim Durchfahren scharfer Krümmungen ein seitliches Umkippen des ganzen Systems begünstigt. Die Vorteile der Rollböcke, welche in ihrer Ausführung den Drehgestellen sehr ähneln, haben die früher nur vereinzelt versuchte Beförderung von Vollbahnwagen durch Rollböcke auf schmalspurigen Bahnen schnell zur allgemeinen Anwendung gebracht. Dieses Betriebsmittel ist besonders da zu empfehlen, wo es sich um die Beförderung von empfindlichen Gütern handelt, die das Umladen nicht ertragen können, oder deren Umschlag viel Zeit und Geld kostet.

Der Bau der Rollböcke ist unabhängig vom Radstande und die Einstellung der Rollbockpaare unabhängig vom Achsstande der Vollbahnwagen. Der Rollbock ist leicht drehbar, wodurch Krümmungen bis zu 12,5 m Halbmesser unter Verminderung schädlicher Reibung und Schienenabnutzung durchfahren werden können. An der Hand dieses Betriebsmittels für den Güterverkehr konnte man sich auch leichter dazu entschliessen Schmalspurbahnen für den Personenverkehr namentlich dort anzulegen, wo sie bei schwierigen Geländebedingungen, engen Strassen oder geringerem Verkehr billiger in der Anlage und im Betriebe sind als normalspurige Bahnen.

Der **Rollbock**, **Bauart Langbein** Abb. 137 besteht aus einem schmiedeeisernen Gestell, welches mittelst Achsbuchsen auf zwei Radachsen F F gelagert ist. In

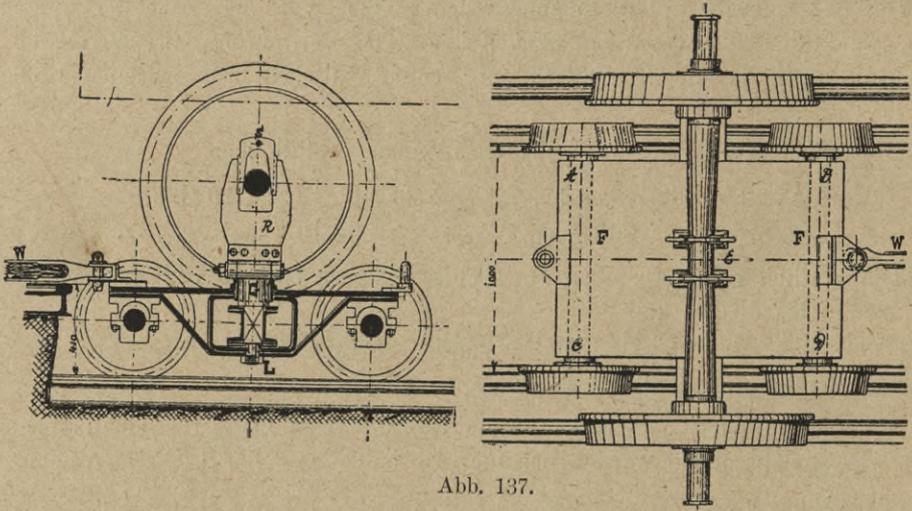


Abb. 137.

der Mitte des Gestells liegt der Zapfen mit Drehschemel, welcher an den beiden Enden mit Stahlstücken zur Aufnahme der Spurkränze der Vollbahnräder versehen ist und sich in jeder Krümmung leicht einstellen kann. Das Aufsatteln des Hauptbahnwagens in der Rollbockgrube geschieht wie folgt. In das Ende M N



Abb. 138.

Abb. 138 des Vollbahn-Schienenstranges läuft der Strang des Schmalspurgleises derart ein, dass die Schienenoberkanten des Schmalspurgleises etwa 38 cm tiefer liegen. Das Schmalspurgleis liegt wagerecht, das Normalspurgleis schwach nach M ansteigend mit einer kurzen, stärkeren Rampe O P in der Mitte von etwa 0,20 m Länge. Der Güterwagen wird in M aufgestellt, alsdann werden die Rollböcke mit niedergeklappten Gabeln R unter die Vollbahnnachsen gefahren, die Gabeln wieder aufgerichtet und die Rollböcke mit dem Wagen nach N abgezogen, wobei sich infolge der Rampe O P die Spurkränze des Güterwagens auf die Enden des Drehschemels aufsetzen. Hierauf werden die Achsgabeln durch Keile und Bolzen gut verbunden und die Radreifen des Vollbahnwagens mittelst Klauen und Schrauben auf dem Drehschemel festgelegt. Der auf Rollböcken stehende

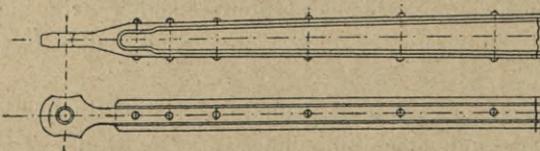


Abb. 139.

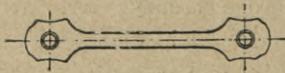
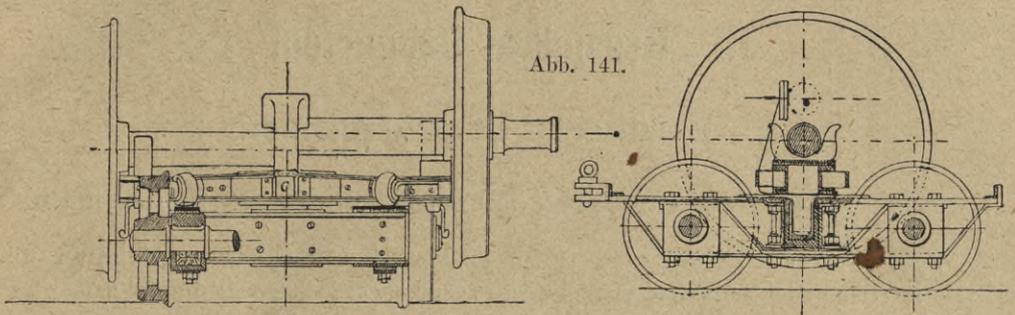


Abb. 140.

Wagen wird mittelst Kuppelungen Abb. 139, welche am Rollbock und der Lokomotive oder an andere Wagen direkt angreifen, verbunden. Unbeladene Rollböcke werden in den Zügen mit kleinen Kuppelungen Abb. 140 gekuppelt.

Das Absatteln der Wagen erfolgt nach Lösung der Kuppelungen gleichfalls in den Rollbockgruben.

Der **Rollbock Bauart van der Zypen & Charlier** Abb. 141 unterstützt die Achsen der Vollbahnwagen durch kräftige Gabeln. An den Drehschemeln werden Mitnehmer



eingesetzt, welche die Rollböcke aufnehmen, sodass sich die Achsen der Vollbahnwagen bei gleichmässig und schwach ansteigendem Schmalspurgleise allmählich in die Gabeln legen. Diese Bauart zeichnet sich durch Einfachheit in der Ausführung und durch die tiefe Schwerpunktslage des aufgesetzten Wagens aus.*)

Normalspurige Rollböcke werden als niedrige Plattformwagen mit Drehplatte ausgeführt. Die Drehplatte ist um einen mittleren Zapfen drehbar und wird ausserdem durch einen Rollenkranz gestützt.

Eine andere Anwendung des Rollbockbetriebes ist die sog. **Fuhrwerkbahn**

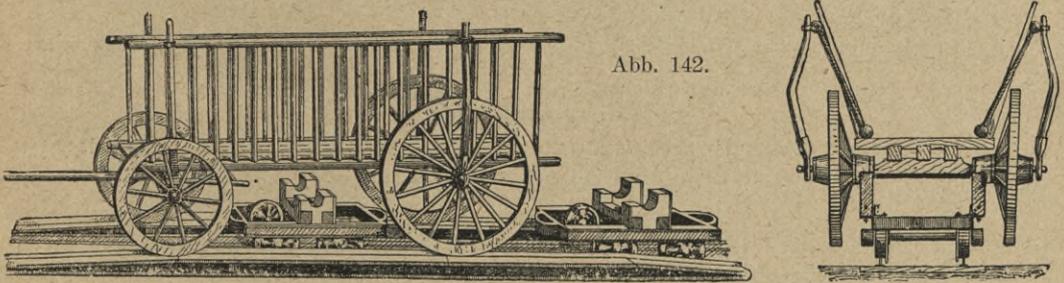


Abb. 142, die sich vielfach in landwirtschaftlichen und anderen Betrieben vorfindet. Diese Bewegungsart empfiehlt sich dort, wo der Pferdebetrieb billiger als die Einführung einer anderen Betriebskraft ist, so z. B. zur Verbindung abseits gelegener Holzschleifereien, Töpfereien, Grubenfelder usw. mit Landstrassen. Fuhrwerkbahnen kommen mit Spurweiten bis herab zu 55 cm vor. Bei der in Preussen für Strassenfuhrwerke üblichen Spurweite von 1,52 m beträgt das kleinste Spurmaass für Fuhrwerkbahnen nur in besonderen Fällen weniger als 60 cm.

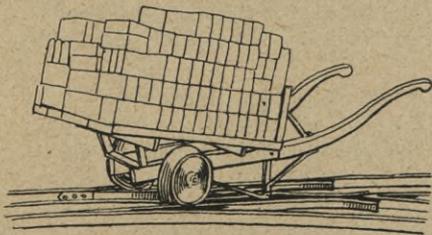


Abb. 143.

Endlich ist hier noch die **Gleiskarre** zu erwähnen, die auf Lagerplätzen, Ladestrassen, in Steinbrüchen, Ziegeleien usw. vorkommt und in Abb. 143 dargestellt ist. Die Räder haben etwa 270 mm Laufkranzdurchmesser und eine Tragfähigkeit bis zu 1000 kg. Als geeigneteste Spurweite für derartige Gleiskarren hat sich im Betriebe diejenige von 50 cm bewährt.

*) Eisenbahn-Technik der Gegenwart 1898.

III. Besondere Bahnarten.

A. Elektrische Strassenbahnen.

a. Sicherheitsvorschriften für elektrische Bahnanlagen.

Vom Verband Deutscher Elektrotechniker sind Sicherheitsvorschriften für elektrische Bahnanlagen herausgegeben worden und zwar gelten die im folgenden gegebenen Vorschriften für die elektrischen Einrichtungen von Bahn-Anlagen mit oberirdischer Zuleitung, sowie mit Akkumulatoren in den Wagen, soweit die Betriebsspannung zwischen 250 und 1000 V liegt. Diejenigen Teile von Bahnanlagen, welche mit mehr als 1000 V betrieben werden, fallen unter die Hochspannungsvorschriften.

I.

Centralen und Kraftstationen.

§ 1.

Für die Kraftstationen, welche dem elektrischen Bahnbetrieb dienen, gelten die Sicherheitsvorschriften für elektrische Mittelspannungsanlagen*).

Wagenschuppen sind als Betriebsräume im Sinne der Mittelspannungsvorschriften anzusehen.

II.

Leitungsanlagen.

Auch für die Leitungsanlagen elektrischer Bahnen gelten die Sicherheitsvorschriften für elektrische Mittelspannungsanlagen, jedoch mit folgenden Ausnahmen:

§ 2.

An Stelle des § 9 der Vorschriften für Mittelspannung treten folgende Bestimmungen:

- a. Für Bahnen sind wetterbeständige isolierte Freileitungen zulässig.
- b. Fahrdrähte und Speiseleitungen, welche nicht auf Porzellandoppelglocken verlegt sind, müssen gegen Erde doppelt isoliert sein.
- c. Die Höhe der Leitungen über öffentlichen Strassen darf auf offener Strecke nicht unter 5 m betragen. Eine geringere Höhe ist bei Unterführungen zulässig, wenn geeignete Vorsichtsmaassregeln getroffen oder Warnungstafeln angebracht werden.
- d. Bei elektrischen Bahnen auf besonderem Bahnkörper, soweit dieser dem Publikum nicht zugänglich ist, können die Leitungen in beliebiger Höhe verlegt werden, wenn bei der gewählten Verlegungsart die Strecke von instruiertem Personal ohne Gefahr begangen werden kann. An Haltestellen und Uebergängen sind die Leitungen gegen zufällige Berührung durch das Publikum zu schützen und Warnungstafeln anzubringen.
- e. Spannweite und Durchhang müssen derart bemessen werden, dass Gestänge aus Holz eine zehnfache und aus Eisen eine vierfache Sicherheit, Leitungen bei minus 20° C eine fünffache Sicherheit, bei Leitungen aus hartgezogenem Metall eine dreifache Sicherheit, dauernd bieten. Dabei ist der Winddruck mit 125 kg für 1 qm senkrecht getroffener Fläche in Rechnung zu bringen.
- f. Den örtlichen Verhältnissen entsprechend sind Freileitungen durch Blitzschutzvorrichtungen zu sichern, die auch bei wiederholten Blitzschlägen wirksam bleiben. Es ist dabei auf eine gute Erdleitung Bedacht zu nehmen, die unter möglicher Vermeidung von Krümmungen auszuführen ist. Fahrschienen können als Erdleitung benutzt werden.
- g. Alle blanken oberirdischen Leitungen in bebauten Strassen müssen streckenweise ausschaltbar sein.

*) Mittelspannungsanlagen umfassen 250 bis 1000 V.

h. Bezüglich der Sicherung vorhandener Telephon- und Telegraphenleitungen gegen Störungen durch elektrische Bahnen wird auf § 12*) des Telegraphengesetzes vom 6. April 1892 verwiesen.

§ 3.

Fahrdrähte unterliegen nicht der Bestimmung, dass ihre Anschluss- und Abzweigstellen vom Zuge entlastet sein müssen; dieselben müssen aber an den Unterbrechungen verankert werden.

§ 4.

An die Stelle des § 24b der Mittelspannungsvorschriften tritt folgende Bestimmung: Der Isolationswiderstand von oberirdischen Bahnleitungen muss bei Regenwetter und mit der Betriebsspannung gemessen mindestens 50 000 Ohm für das km einfacher Länge betragen.

In mindestens halbjährigen Zwischenräumen sollen besondere Kontrollmessungen vorgenommen werden, bei denen jede Speiseleitung mit dem zugehörigen Teile des Arbeitsdrahtes als besonderer Messkreis gilt. Ueber den Befund der Messungen ist Buch zu führen.

In mindestens halbjährigem Turnus sind die einzelnen Isolationspunkte durchzumessen.

§ 5.

An Stelle des § 26a Absatz 1 der Mittelspannungsvorschriften tritt folgende Bestimmung: Das Arbeiten an stromführenden Fahrdrähten und Speiseleitungen ist gestattet, wenn es von instruierten Arbeitern geschieht, die auf einem isolierenden Turmwagen oder einer isolierenden Leiter stehen. Zum Zwecke gegenseitiger Hülfeleistung sollen stets 2 Arbeiter gemeinschaftlich arbeiten.

§ 6.

Bei Bahnen, deren Schienen als Leitung dienen ist der negative Pol der Dynamomaschine durch isolierte Leitungen mit der Gleisanlage zu verbinden.

III.

Fahrzeuge.

Für Motorwagen und für Anhängewagen, soweit die letzteren mit Starkstromleitung ausgerüstet sind, gelten die sämtlichen im folgenden aufgeführten Bestimmungen und nur diese.

§ 7.

Bezeichnungen.

a. Isolation. Eine Isolation gilt als genügend, wenn die Isolierstoffe in solcher Stärke verwendet werden, dass sie bei den im Betrieb vorkommenden Temperaturen von einer Spannung, welche die Betriebsspannung um 1000 Volt überschreitet, nicht durchschlagen werden. Ausserdem muss das Isoliermaterial derartig gestaltet und bemessen sein, dass ein merklicher Stromübergang über die Oberfläche, Oberflächenleitung, unter normalen Verhältnissen nicht eintreten kann.

Bei Steuerapparaten, Kontrollern ist imprägniertes Holz als Isolationsmaterial zulässig.

b. Erdung. Als genügende Erdung für Fahrzeuge gilt die leitende Verbindung mit den Radreifen durch das Untergestell.

c. Isolierte Leitungen. Als isolierte Leitungen gelten umhüllte Leitungen, die nach 24-stündigem Liegen im Wasser eine Ueberspannung von 1000 Volt gegen das Wasser eine Stunde lang aushalten.

d. Feuersichere Gegenstände. Als feuersicher gilt ein Gegenstand, der nicht entzündet werden kann oder nach Entzündung nicht von selbst weiter brennt.

§ 8.

Generatoren, Motoren und Transformatoren.

Die Gestelle von zugänglich aufgestellten Generatoren, Motoren und Transformatoren müssen dauernd geerdet sein. Durch die Art der Aufstellung oder durch besondere Geländer muss dafür gesorgt sein, dass Personen auch bei Schleudern des Wagens nicht in Berührung mit blanken stromführenden oder sich bewegenden Teilen gelangen können. Die Aufstellung ist derart auszuführen, dass etwaige im Betriebe auftretende Feuererscheinungen keine Entzündung von brennbaren Stoffen hervorrufen können.

*) Dieser Paragraph lautet: „Elektrische Anlagen sind, wenn eine Störung des Betriebes der einen Leitung durch die andere eingetreten oder zu befürchten ist, auf Kosten desjenigen Teiles, welcher durch eine spätere Anlage oder durch eine später eintretende Aenderung seiner bestehenden Anlage diese Störung oder die Gefahr derselben veranlasst, nach Möglichkeit so auszuführen, dass sie sich nicht störend beeinflussen.“

§ 9.

Akkumulatoren.

Akkumulatoren elektrischer Fahrzeuge können auf Holz montiert werden, wobei einmalige Isolation durch nicht hygroskopische Zwischenlagen ausreicht. Soweit nur instruiertes Personal in Betracht kommt, braucht die Möglichkeit, dass eine Person Teile verschiedener Spannung gleichzeitig berührt, nicht ausgeschlossen sein. Während des normalen Betriebes dürfen die Akkumulatoren dem Publikum nicht zugänglich sein.

Celluloid ist zur Verwendung als Kästen und ausserhalb des Elektrolyten unzulässig.

§ 10.

Schalttafeln.

Schalttafeln in oder an Fahrzeugen dürfen Holz nur als Konstruktionsmaterial enthalten. Stromführende blanke Metallteile und solche Apparate, welche betriebsmässig Funken erzeugen, müssen auf feuersicherer Unterlage montiert und müssen derart angeordnet sein, dass die Feuererscheinungen weder Personen noch brennbare Stoffe gefährden können. Blanke stromführende Metallteile müssen gegen zufällige Berührung geschützt sein.

§ 11.

Leitungen.

a. Der Querschnitt aller Leitungsdrähte innerhalb des Fahrzeuges mit Ausnahme der Fahrstromleitungen ist nach der Normalstromstärke der vorgeschalteten Sicherung laut folgender Tabelle oder stärker zu bemessen.

Querschnitt in Quadrat- millimetern	Normal- stromstärke der Sicherung Ampère	Querschnitt in Quadrat- millimetern	Normal- stromstärke der Sicherung Ampère
0,75	4	35	90
1	6	50	100
1,5	10	70	130
2,5	15	95	165
4	20	120	200
6	30	150	235
10	40	185	275
16	60	200	330
25	80		

Die Normalstromstärke der Sicherungen für Fahrstromleitungen darf um 50 Procent höher sein als in vorstehender Tabelle angegeben.

Drähte für Bremsstrom sind mindestens von gleicher Stärke wie die Fahrstromleitungen zu wählen.

b. Isolierte Leitungen müssen eine Gummiisolierung in Form einer ununterbrochenen nahtlosen und vollkommen wasserdichten Hülle besitzen. Die Gummiisolierung muss durch eine Umhüllung aus faserigem Material noch besonders geschützt sein.

c. Mehrfachleitungen sind zulässig, wenn jeder Leiter nach b isoliert ist. Es ist hierbei statthaft, die isolierten Leitungen anstatt einzeln auch durch gemeinsame Umhüllung aus faserigem Material zu schützen.

d. Wenn vulkanisierte Gummiisolierung verwendet wird, muss der Leiter verzinnt werden.

e. Blanke Leitungen sind nur als Verbindungsglieder zwischen Batteriezellen oder Widerstandselementen und nur dann zulässig, wenn sie sicher isoliert verlegt und gegen Berührung geschützt sind.

f. Isolierte Leitungen in Fahrzeugen müssen so geführt werden, dass die Isolierung nicht durch die Wärme benachbarter Widerstände gefährdet werden kann.

g. Alle festverlegten Leitungen sind derart anzubringen, dass sie nur dem instruierten Personal nicht aber dem Publikum zugänglich sind.

h. Leitungsdrähte dürfen nur durch Verlöten, Verschrauben oder auf eine gleichwertige Verbindungsart mit einander verbunden werden. Drähte durch einfaches Umeinanderschlingen der

Drahtenden zu verbinden, ist unzulässig. Zur Herstellung von Lötstellen dürfen Lötmitel, welche das Metall angreifen, nicht verwendet werden. Die fertige Verbindungsstelle ist entsprechend der Art der betreffenden Leitungen sorgfältig zu isolieren.

i. Die Verbindung der Leitungen mit den Apparaten ist mittels gesicherter Schrauben oder durch Lötung auszuführen. Drahtseile bis zu 6 qmm und Drähte bis zu 25 qmm Kupferquerschnitt müssen mit Kabelschuhen oder einem gleichwertigen Verbindungsmittel versehen sein. Drahtseile von geringerem Querschnitt müssen, wenn sie nicht gleichfalls Kabelschuhe erhalten, an den Enden verlötet werden.

k. Nebeneinander verlaufende isolierte Leitungen müssen entweder zu Mehrfachleitungen mit einer gemeinsamen wasserdichten Schutzhülle zusammengefasst werden, derart, dass ein Verschieben und Reiben der Einzelleitungen ausgeschlossen ist; dabei ist die Isolierhülle an den Austrittsstellen von Leitungen gegen Wasser abzudichten; oder die Leitungen sind getrennt mittels Isolierkörper zu verlegen und, wo sie Wände oder Fussböden durchsetzen, durch Isolierhüllen so zu führen, dass sie sich an diesen Stellen nicht scheuern können.

l. Isolierte Drähte können direkt auf Holz verlegt werden und Holzleisten können zur Verkleidung derselben benutzt werden.

m. Verbindungsleitungen zwischen Motorwagen sollen so angebracht sein, dass das Publikum nicht in die Lage gesetzt wird, sie zufällig zu berühren. Bewegliche Kuppelungsstücke sollen so mit Isoliermaterial bekleidet sein, dass auch die ausgelösten Kontaktteile bei etwaigen Niederfallen keine leitende Berührung machen können.

n. Leitungen, die einer Verbiegung oder Verdrehung ausgesetzt sind, müssen aus leicht biegsamen Seilen hergestellt und über der Isolierung mit einem wasserdichten Schlauch versehen sein.

o. In unmittelbarer Nähe von Metallteilen sind die Leitungen über der Isolierung noch mit einem besonderen feuchtigkeitsbeständigen Isolierrohr oder Schlauch zu überziehen; alsdann ist die Erdung und Verbindung der Metallteile nicht erforderlich.

p. Krampen sind zur Befestigung von blanken Leitungen, die mit dem Wagengestell dauernd in leitender Verbindung sind, zulässig.

q. Rohre können zur Verlegung isolierter Leitungen in und auf Wänden, Decken- und Fussböden verwendet werden, sofern sie die Leitungen gegen die Wirkungen von Feuchtigkeit schützen. Sie können aus Metall oder feuchtigkeitsbeständigem Isolierstoff oder aus Metall mit isolierender Auskleidung bestehen. Bei Verwendung eiserner Rohre für Ein- oder Mehrphasenstromleitungen müssen sämtliche zu einem Stromkreise gehörige Leitungen in demselben Rohre verlegt werden. Drahtverbindungen dürfen nicht innerhalb der Rohre, sondern nur in Verbindungsdosen ausgeführt werden, die jederzeit leicht geöffnet werden können.

Die Rohre sind so herzurichten, dass die Isolierung der Leitungen durch vorstehende Teile oder scharfe Kanten nicht verletzt werden kann; die Stossstellen müssen sicher abgedichtet sein. Metallrohre sind leitend zu verbinden und zu erden. Die Rohre sind so zu verlegen, dass sich an keiner Seite Wasser ansammeln kann.

§ 12.

Apparate.

Die stromführenden Teile von Apparaten müssen, soweit sie der zufälligen Berührung zugänglich sind, mit Schutzkästen umgeben sein.

Die Kontakte sind derart zu bemessen, dass im regelrechten Betriebe keine Erwärmung von mehr als 50° C über Lufttemperatur eintreten kann.

§ 13.

Steuerapparate.

Die Kurbeln der Steuerapparate müssen und zwar nur in ausgeschalteter Stellung abnehmbar sein.

Die Axen der Steuerapparate müssen geerdet sein.

§ 14.

Sicherungen.

a. Jeder Motorwagen muss mindestens eine Abschmelz-Hauptsicherung für die motorischen Teile haben. Die Lichtleitung und die Heizleitung müssen besonders gesichert sein, ebenso sind Akkumulatorenstromkreise zu sichern.

Der Stromkreis einer Kurzschlussbremse darf keine Sicherung enthalten.

b. Die Abschmelzsicherungen, sowohl wie die Automaten müssen derart konstruiert sein, dass beim Funktionieren derselben (selbst bei Kurzschluss) ein etwa entstehender Lichtbogen sofort erlischt. Bei Abschmelzsicherungen darf der Kontakt nicht unmittelbar durch weiche plastische Metalle und Legierungen vermittelt werden, sondern, wenn die Sicherung aus weichem Metall besteht, müssen die Schmelzdrähte oder Schmelzstreifen in Kontaktstücke aus Kupfer oder gleichgeeignetem Metall eingelötet sein.

Abschmelzsicherungen für Fahrstromleitungen müssen derart konstruiert sein, dass sie vom kalten Zustande aus plötzlich mit der doppelten Normalstromstärke belastet, in längstens fünf Minuten abschmelzen.

Bei den Abschmelzsicherungen für andere Stromkreise ist die Abschmelzzeit auf zwei Minuten beschränkt.

Die Maximalspannung und die Normalstromstärke sollen auf dem auswechselbaren Einsatz der Sicherung verzeichnet sein.

c. Sicherungen und Automaten müssen so angebracht sein, dass sie beim Funktionieren weder das Publikum gefährden oder belästigen noch für benachbarte brennbare Gegenstände eine Feuersgefahr herbeiführen.

§ 15.

Ausschalter.

Der Lampenkreis, der etwaige Heizkreis und der etwaige Akkumulatorenkreis müssen selbstständig ausschaltbar sein. Die Schalter müssen so konstruiert sein, dass sich kein dauernder Lichtbogen bilden kann, und dass man erkennen kann, ob der Stromkreis geschlossen oder offen ist.

Metallkontakte sollen Schleifkontakte sein.

Die Schalter müssen so angebracht bzw. geschützt sein, dass sie weder das Publikum noch benachbarte brennbare Teile gefährden können.

Griffe und Gehäuse sind tunlichst aus Isoliermaterial herzustellen.

§ 16.

Widerstände.

Widerstands- und Heizapparate sind derart anzuordnen, dass eine Berührung zwischen den wärmeentwickelnden Teilen und entzündlichen Stoffen sowie eine feuergefährliche Erwärmung der letzteren nicht vorkommen kann.

Die stromführenden Teile derselben dürfen während des normalen Betriebes dem Publikum nicht zugänglich sein.

§ 17.

Lampen und Zubehör.

Die unter Spannung stehenden Teile von Lampen nebst Zubehör müssen, soweit sie ohne besondere Hilfsmittel erreichbar sind, mit einer Schutzhülle aus Isoliermaterial versehen sein.

Die stromführenden Teile der Fassungen müssen auf feuersicherer Unterlage montiert und durch feuersichere Umhüllung vor Berührung geschützt sein. Stoffe, die in der Wärme entzündlich sind oder Formveränderungen erleiden, sind als Bestandteile im Innern der Fassungen ausgeschlossen.

Fassungen mit Ausschalter, Hahnfassungen, sind verboten.

Für Bogenlampen gelten die allgemeinen Mittelspannungsvorschriften.

§ 18.

Schlussbestimmungen.

Der Verband Deutscher Elektrotechniker behält sich vor, Abänderungen und Erweiterungen dieser Vorschriften nach Bedürfniss herauszugeben.

Für jede Starkstromanlage soll bei Fertigstellung ein Plan und ein Schaltungs-
schema hergestellt werden.

Der Plan soll enthalten:

a. Bezeichnung der Räume nach Lage und Verwendung. Besonders hervorzuheben sind feuchte oder durchtränkte Räume und solche, in welchen ätzende oder leicht entzündliche Stoffe oder explosive Gase vorkommen.

b. Lage, Querschnitt und Isolierungsart der Leitungen. Der Querschnitt wird in Quadratmillimetern ausgedrückt neben die Leitungslinien gesetzt. Die Isolierungsart wird durch die unten angeführten Buchstaben bezeichnet.

c. Art der Verlegung (Isolierglocken, Rollen, Ringe, Rohre usw.); hierfür sind ebenfalls nachstehend Bezeichnungen angegeben.

d. Lage der Apparate und Sicherungen.

e. Lage und Art der Lampen, Elektromotoren und sonstigen Stromverbraucher.

Das Schaltungsschema soll enthalten:

Querschnitte der Hauptleitungen und Abzweigungen von den Schalttafeln mit Angabe der Belastung in Ampère.

Bei elektrischen Betriebsanlagen ist auch das Schaltungsschema der Stromerzeugungsanlage beizulegen.

Diese Vorschriften gelten auch für alle Abänderungen und Erweiterungen.

Der Plan und das Schaltungsschema sind von dem Besitzer der Anlage aufzubewahren.

Für die Pläne und Schemata sind folgende Bezeichnungen anzuwenden:

\times = Feste Glühlampe.

$\sim \times$ = Bewegliche Glühlampe.

$\otimes 5$ = Fester Lampenträger mit Lampenzahl (5).

$\sim \otimes 3$ = Beweglicher Lampenträger mit Lampenzahl (3).

Obige Zeichen gelten für Glühlampen jeder Kerzenstärke, sowie für Fassungen mit und ohne Hahn.

$\odot 6$ = Bogenlampe mit Angabe der Stromstärke (6) in Ampère.

\odot_D^6 = Dauerbrandlampe mit Angabe der Stromstärke (6) in Ampère.

$\odot 10$ = Dynamomaschine bezw. Elektromotor jeder Stromart mit Angabe der höchsten zulässigen Beanspruchung in Kilowatt.

$\text{---}|||||\text{---}$ = Speicher.

$\text{---})$ = Wandfassung, Anschlussdose.

$\odot_6 \odot_6 \odot_6$ = Einpoliger bezw. zweipoliger, bezw. dreipoliger Ausschalter mit Angabe der höchsten zulässigen Stromstärke (6) in Ampère.

$\odot 3$ = Umschalter, desgl.

$\text{---}|$ = Sicherung (an der Abzweigstelle).

$\boxtimes 10$ = Widerstand, Heizapparate und dgl. mit Angabe der höchsten zulässigen Stromstärke (10) in Ampère.

$\sim \boxtimes 10$ = Desgl., beweglich angeschlossen.

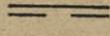
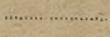
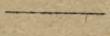
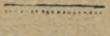
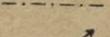
$\text{---} \text{---} \text{---} 7.5$ = Transformator mit Angabe der Leistung in Kilowatt (7,5).

$\text{---} \text{---} \text{---}$ = Drosselspule.

$\text{---} \text{---} \text{---}$ = Blitzschutzvorrichtung.

$\text{---} \text{---} \text{---}$ = Erdung.

$\text{---} \text{---} \text{---}$ = Zweileiter- bezw. Dreileiter- oder Drehstromzähler mit Angabe des Messbereichs in Kilowatt (5 bezw. 20).

-  = Zweileiterschalttafel.
 = Dreileiterschalttafel oder Schalttafel für mehrphasigen Wechselstrom.
 = Einzelleitung.
 = Hin- und Rückleitung.
 = Dreileiter- oder Drehstromleitung.
 = Fest verlegte Mehrfachleitung jeder Art.
 = Nach oben führende Steigleitung.
 = Nach unten führende Steigleitung.

b. Kraftstationen.

Die wesentlichsten Bestandteile für den elektrischen Betrieb einer Bahnanlage sind die Kraftstation, die Stromzuleitung, die Triebwagen und die Stromrückleitung.

Die Kraftstation deren Hauptteile die Kessel und Maschinenanlage, der Kraftspeicher und das Schaltbrett sind, dient zur Erzeugung des elektrischen Stromes durch elektrische Kraftmaschinen, welche durch Kraftanlagen aller Art, wie Dampf-, Gasmaschinen, Wasserräder usw. angetrieben werden können. In den weitaus meisten Fällen wird die Bewegung elektrischer Kraftmaschinen durch Dampfmaschinen bewirkt.

Je nach den Gefäll- und Krümmungsverhältnissen der Strecke, der Zahl und Belastung der Wagen ist die Stromzuführung und damit die Arbeit der Maschinen starken Schwankungen unterworfen. Eine Dampfmaschine, welche ihre Kraft an einen solchen Betrieb abzugeben hätte, müsste, um dem stärksten Anspruch zu genügen, in erster Linie nach dem voraussichtlichen grössten Kraftverbrauch bemessen werden. Da die stärkste Belastung der Maschine nach Eintritt des stärksten Verkehrs s. S. 93 und vielfach in unregelmässigen, grösseren Zeitabschnitten stossweise erfolgt, so ist ersichtlich, dass in allen übrigen Zeiten eine derartige grosse Maschine nur mit einer niedrigen Leistung arbeiten würde, welche häufig weit unter ihrer normalen Leistung zu suchen wäre. Die Einstellung einer grössten Maschine wäre demnach wirtschaftlich verfehlt und eine kleinere Maschine, welche ständig mit der mittleren Leistung der grossen arbeiten könnte, weit zweckmässiger, wenn es möglich wäre, den aussergewöhnlichen Mehrbedarf an Kraft auf andere Weise zu befriedigen. Um diesen Vorteil zu erreichen, wird ein Kraftspeicher (Bufferbatterie) eingeschaltet, welcher den Zweck hat, die seitens der Kraftmaschine in den Zeiten des schwächsten Verkehrs zu viel gelieferte Kraft aufzuspeichern und in den Zeiten des stärksten Verkehrs entsprechend Kraft abzugeben. Ein derartiger Speicher unterstützt und ergänzt also die Kraftmaschine. Ausserdem werden durch diesen Speicher alle Schwankungen, welche bei Abgabe des Stromes und infolge des Rückstaus eintreten, aufgenommen und von der direkten Einwirkung auf die Maschinen abgehalten. Hierdurch wird eine möglichst ausgleichende, bufferartige Wirkung zwischen den Stromerzeugern und den Verbrauchsstellen herbeigeführt, und der Betrieb der Bahn sowie die Arbeit der Kraftmaschinen gleichmässiger gestaltet. Trotzdem ist die Einwirkung auf die Maschinenanlage infolge des Rückstaus eine nicht unerhebliche, sodass infolgedessen auf die Bauart und die Abmessungen der gesamten Kraftanlage besondere Rücksichten genommen werden müssen.

Die **Kessel** sind mit Rücksicht auf die schnell- und starkschwankenden Kraft-

bedürfnisse stets so einzurichten, dass sie schnell angefeuert werden können und

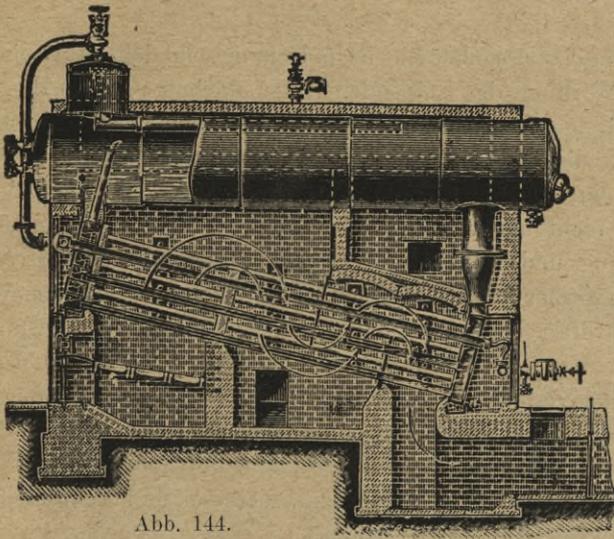


Abb. 144.

stossweise grosse Dampf-
mengen abzugeben im stande
sind, und zwar muss die
Kesselanlage einem 50 %
stärkeren Dampfverbrauch
genügen können, ohne dass
die Bauausführung und die
Dauerleistung beeinträchtigt
werden. In der Regel ver-
wendet man Wasserröhren-
kessel mit grossen Dampf-
räumen, die ausserdem den
Vorteil geringer Anlagekosten
haben. Häufiger findet man
die Bauart Gehre, Steinmüller,
Heyne, Wilcox u. a. Flamm-
rohrkessel sind bei ständigem

Betriebe und hinreichendem Raume vorzuziehen. Gehres Kessel Abb. 144 nimmt wenig Platz ein, ist demnach für räumlich beschränkte Anlagen sehr zweck-

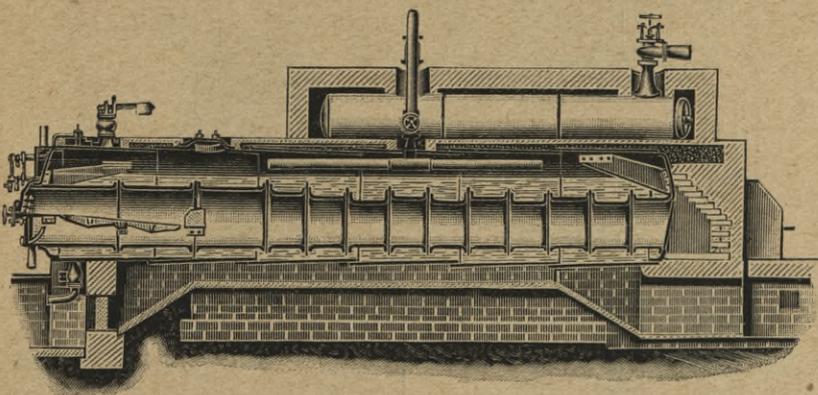
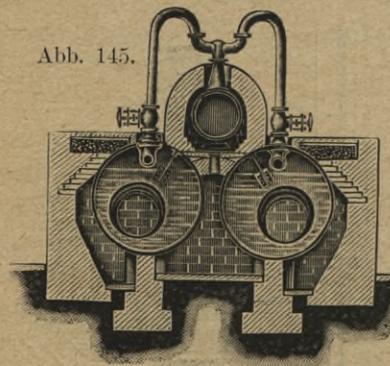


Abb. 145.

mässig. Er besitzt für jede
Rohrreihe gesonderte
Dampfabführ-
ungsrohre nach
den darüber be-
findlichen
Dampfräumen,
sodass ohne
Wasserzirkula-
tion der er-
zeugte Dampf

schnell abgeführt wird. Die wasserberührte Heiz-
fläche ist gegenüber der dampfberührten sehr gross
und ermöglicht somit eine hohe Leistungsfähigkeit.

Der Flammrohr-Kessel Abb. 145, Bauart Pauk,
besteht aus einem Flammrohr. Infolgedessen ist die
wasserberührte Heizfläche sehr gross und die Aus-
nutzung der Feuergase eine gute. Der Raumbedarf
für die Anlage ist jedoch so umfangreich, dass man
häufig den Flammenrohrkessel mit einem Siede-
rohrkessel vereinigt.



Die günstigste Ausnutzung einer Kesselanlage
tritt bei Einführung des Dauerbetriebes ein. Die
Dampferzeugung erfolgt in grossen Kesselanlagen und ebenso die Kraftabgabe in

grossen Maschinenanlagen weit billiger als in zerstreut gelegenen Kraftstationen, da allein durch die Verminderung des Bedienungspersonals nennenswerte Ersparnisse herbeigeführt werden.

Die Maschinenanlage. Da von einer regelmässigen Umdrehungszahl der elektrischen Kraftmaschine die gleichmässige Wirkung der treibenden Kraft abhängt und von dieser wieder der sichere und gleichmässige Lauf der Wagen, so ist es immer zweckmässig eine Kraftmaschine zu wählen, die selbst möglichst gleichförmig arbeitet. Die Regelung der Bewegung muss derart erfolgen, dass die Umdrehungszahl bei plötzlicher und völliger Entlastung nicht mehr als 5% zunimmt. Die Dampfmaschine benötigt daher Präzisionssteuerung und selbsttätige durch den Regulator beherrschte Expansion. Die Maschine muss ferner infolge der stark und plötzlich auftretenden Belastungsschwankungen stark, kräftig und stabil gebaut und mit schweren Schwunrädern ausgerüstet werden. Der Bau erfolgt entweder stehend oder liegend, je nach den zur Verfügung stehenden Platzverhältnissen. Vom Standpunkte der Bedienungsbequemlichkeit sind stehende Dampfmaschinen stets vorzuziehen, da man sämtliche Ventile, Steuerungsteile usw. bequem und leicht erreichen kann. Stehende Maschinen haben ausserdem den Vorteil, dass sie sehr wenig Platz einnehmen und sehr standfest ohne breite Fundamente aufgestellt werden können.

Der Antrieb der elektrischen Kraftmaschinen erfolgt mittelst Riemens oder falls die Umdrehungszahlen der elektrischen und der Dampfmaschine die gleichen sind durch direkte Kuppelung beider Achsen. Da elektrische Maschinen, welche

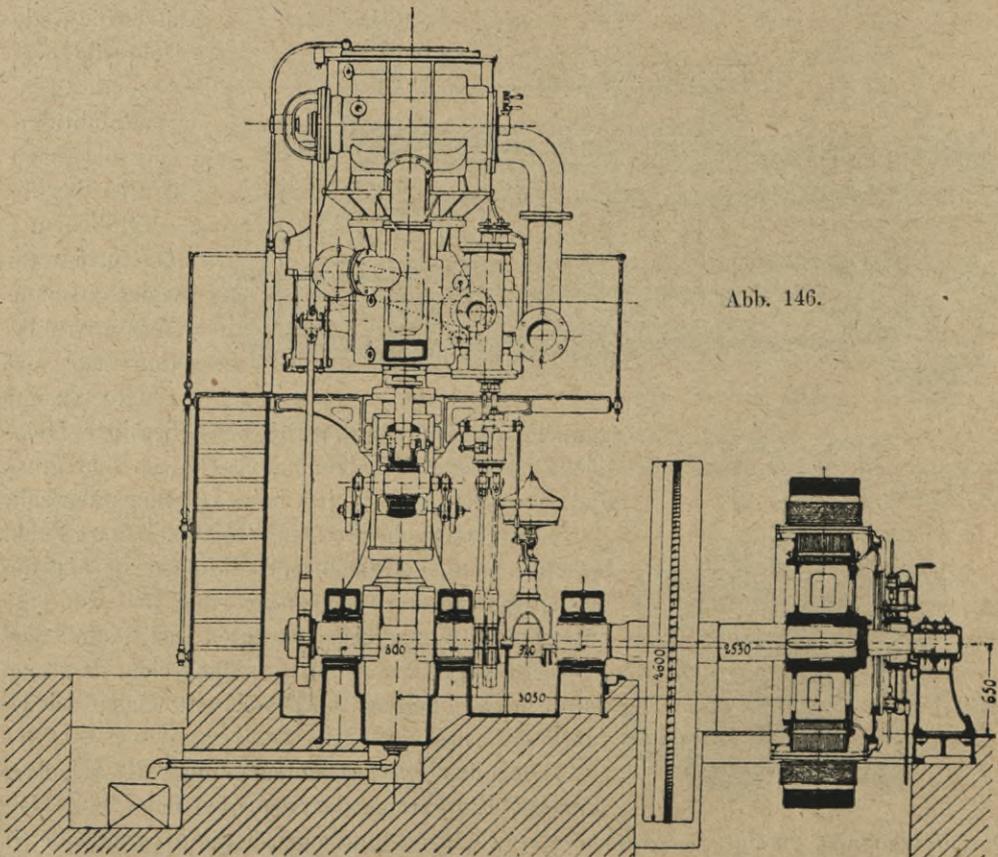


Abb. 146.

nur rotierende Massen besitzen, eine weit grössere Zahl von Umdrehungen in der Zeiteinheit leisten können als die zugehörigen Dampfmaschinen, so bedingt die direkte Kuppelung die Anwendung einer langsamer laufenden und daher verhältnismässig grossen elektrischen Maschine. Aus diesem Grunde wird meistens der Riemenantrieb der direkten Kuppelung vorgezogen, falls nicht die Raumverhältnisse eine gedrängte Bauart der Maschinenanlage und somit eine direkte Kuppelung vorschreiben.

Abb. 146 zeigt die direkte Kuppelung der elektrischen und Dampfmaschine, von 150 Turen in der Minute bei 250 bis 300 P. S. eff. Die Leistung der elek-

elektrischen Maschine beträgt max. 210 K. W. bei 110 Volt*).

Abb. 147 stellt eine elektrische Maschine für Riemenantrieb dar.

Bei Verwendung von Wasserrädern werdendieselben zweckmässig mit selbsttätiger Regulierung des Wassereintritts oder mit Bremsregulatoren ausgerüstet.

Der **Stromerzeuger** oder die elektrische

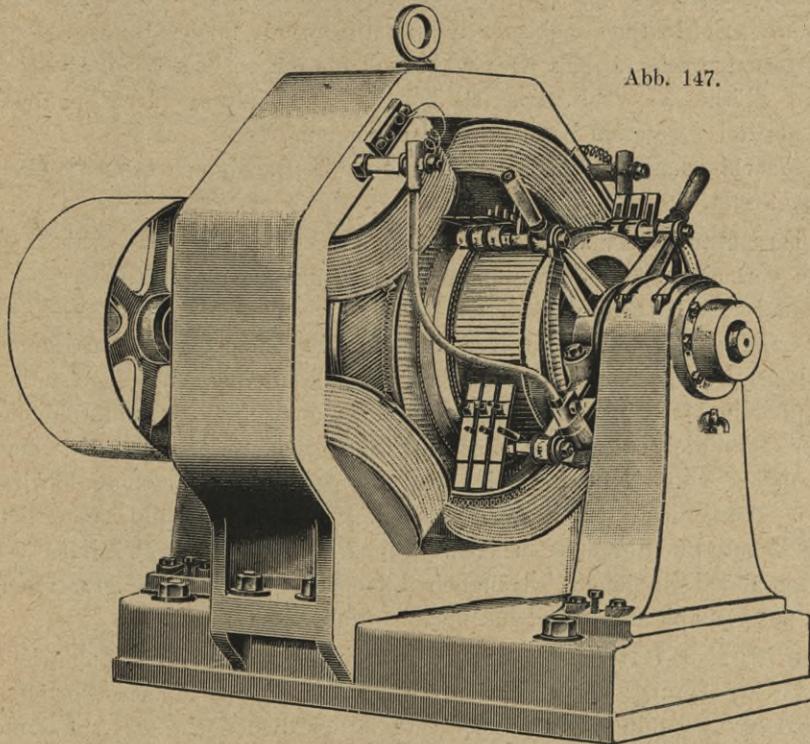


Abb. 147.

Maschine Abb. 147 liefert den für den Betrieb erforderlichen elektrischen Strom und zwar kommt derselbe auf elektrischen Strassenbahnen fast durchweg als Gleichstrom in Gebrauch. Die Maschinen für Gleichstrom lassen sich durch entsprechende Wickelung den verschiedenen Verhältnissen mit Leichtigkeit anpassen und können mit einer sehr hohen Anzugskraft und weitgehenden Regulierbarkeit ausgerüstet werden. Ausserdem kommt hinzu, dass der Gleichstrom direkt zur Speicherung benutzt werden kann, und dass die Zuleitung und Verteilung des Stromes im Arbeitsnetz, sowie die ganze Anlage des Leitungsnetzes selbst sich sehr einfach gestalten lässt, ein Vorzug, der namentlich für Ausführungen von Hochleitungen in verkehrsreichen Strassen hervorgehoben werden muss.

Die Spannung im Fahrdrathe beträgt für Bahnzwecke in Rücksicht auf die Betriebssicherheit gewöhnlich 500 bis 600 Volt. Bei ausgedehnten Bahnnetzen und auch bei Ausnutzung abgelegener Naturkräfte erscheint die Verwendung hochgespannter Wechselströme vorteilhaft. Die Spannung in der Speiseleitung beträgt

*) Fischer, Elektrische Licht und Kraftanlagen. 1898.

alsdann bis über 20 000 Volt. Dieser hochgespannte Wechselstrom wird in feststehenden Wechselstromumformern, die auf der Strecke verteilt sind, in Betriebsstrom (Gleichstrom) niedriger Spannung von 500—600 Volt umgearbeitet und dann in den Fahrdrabt geleitet. Die Umformung hochgespannten Wechselstromes in Gleichstrom von 500—600 Volt bietet selten wirtschaftliche Vorteile, weil sie teurer Vorrichtungen und besonderer Wartung bedarf. Ein weiterer Nachteil der hohen Spannungen ist die damit verbundene Lebensgefahr. Auch ist die Sicherheit des Betriebes selbst in vielen Fällen unter sonst gleichen Umständen bei Niederspannungsanlagen grösser als bei hochgespannten Strömen. Man hilft sich ev. dann besser durch Einrichtung mehrerer Kraftstationen für Gleichstrom, welche man im Gesamtnetze entsprechend dem Kraftverbrauch für die zu bedienenden Gleise anordnet und ihre Stärke so wählt, dass sie bei der Ausschaltung der Nachbarstation ausserdem als Reservestation benutzt werden können.

Kessel und Maschinenanlagen jeder Kraftstation müssen mit den erforderlichen Reserven ausgerüstet sein.

Der **Maschinenraum** muss vor allem trocken sein, um Störungen durch Ableitung der Elektrizität zu vermeiden. Aus demselben Grunde sind auch die Stromerzeuger gut zu isolieren und Metallarbeiten in deren Nähe zu vermeiden. Die Kessel für eine Anlage mit Dampftrieb sind, wenn irgend tunlich, in einem besonderen Raume unterzubringen, ebenso die Speicher, da die bei der Gasentwicklung abgehenden Schwefelsäuredämpfe die Maschinen und Apparate stark angreifen. Der Maschinenraum muss ferner eine gleichmässige Temperatur aufweisen. Vor allem ist eine starke Ueberhitzung zu vermeiden, da bei hoher Temperatur die Erzeuger unwirtschaftlich arbeiten. Ausserdem ist für grosse Helligkeit aller Räume und namentlich des Teiles an der Schalttafel Sorge zu tragen. Die Anordnung der Maschinen ist so zu treffen, dass alle Teile leicht zugänglich bleiben. Sind mehrere Maschinen vorhanden, so ist die Gruppierung durchaus übersichtlich zu gestalten.

Kraftspeicher (Buffer-Batterie). Die Kraftspeicher haben im Bahnbetriebe den Zweck der Aufspeicherung von Elektrizität, um Strom auch nach Abstellen der Maschine der Leitung zuführen zu können und ferner dienen sie zur Aufnahme starker Betriebsschwankungen. Durch die Speicher wird die Möglichkeit geboten die ganze Maschinenanlage kleiner zu halten und den Betrieb wirtschaftlicher zu gestalten. Die Kohlenersparnis beim Betriebe einer Kraftstation mit Speicheranlage beträgt 20 bis 30%. Die Speicher setzen sich aus Zellen zusammen, die unter sich zu Gruppen vereint werden. Die Zelle besteht gewöhnlich aus zwei Bleiplatten, welche in verdünnte Schwefelsäure, deren spec. Gewicht im ungeladenen Zustande 1,5 im geladenen 1,21 betragen soll, tauchen. Die Platten bestehen aus gegossenen oder gepressten Bleigittern oder aus gerieften Bleiplatten, welche mit Bleiverbindungen ausgefüllt sind, und zwar ist die positive mit Mennige (braun) die negative Platte mit einem Gemisch von Bleiglätte und Mennige (grau) gefüllt.

Die Spannung einer Zelle beträgt beim Beginn des Ladens 2,1 V, steigt beim Laden bis 2,7 V und fällt beim Entladen anfangs auf 2,0 V und nach kurzer Zeit auf 1,8 V.

Die Schaltung der Zellen erfolgt meistens hintereinander.

Es bezeichne W_a den äusseren Widerstand }
 W_c „ inneren „ } einer Zelle.

Werden n Zellen nebeneinander und h Gruppen hintereinander geschaltet, so ist bekanntlich

$$J = \frac{h E}{\frac{h}{n} W_i + W_a} \quad \text{und für:}$$

reine Hintereinanderschaltung

$$J = \frac{h E}{h W_i + W_a} = \frac{E}{W_i + \frac{W_a}{h}} \quad n = 1$$

reine Nebeneinanderschaltung

$$J \text{ max.} = \frac{E}{\frac{W_i}{n} + W_a} \quad h = 1$$

Bei gegebener Zahl Z der Zellen wird J zum Höchstwerth für

$$h = \sqrt{\frac{Z W_a}{W_i}} \quad \text{oder} \quad n = \sqrt{\frac{Z W_i}{W_a}}; \quad J \text{ max.} = \frac{E}{2} \sqrt{\frac{Z}{W_i W_a}}$$

Die reine Hintereinanderschaltung ist also vorteilhaft wenn W_a gegen W_i sehr gross ist, die reine Nebeneinanderschaltung, wenn W_i gegen W_a sehr gross wird. Sonst empfiehlt es sich h Gruppen zu n Zellen zu wählen. Die Zahl der in einer Gruppe hintereinander zu schaltenden Zellen ergibt sich infolge Division der Spannung, welche die Gruppe liefern soll durch die Spannung der einzelnen Zelle. Für die Einzelzelle ist hierbei die niedrigste Spannung zu 1,8 V in Ansatz zu bringen. Hierzu kommt ein Zuschlag von 10 bis 20% für Reservezellen.

Die Stromstärke beim Laden und Entladen richtet sich bei gegebener Zellenzahl nach der Grösse der Zelle, die wiederum von der Fähigkeit, welche die Zelle haben soll, abhängt. Das Laden der Zellen, wozu zweckmässigerweise eine Nebenschlussmaschine zu verwenden ist, beginnt nach Eingiessen der Säure und wird solange fortgesetzt, bis die positiven Platten dunkelbraun geworden sind und das spec. Gewicht der Säure wenigstens bis 1,19 gestiegen ist, was einen Zeitraum von etwa 16 bis 40 Stunden umfasst. Es sollen stets diejenigen Zellen gleichzeitig geladen werden, welche gleichartig erschöpft sind. Das Entladen darf nie vollständig geschehen, ferner müssen die Platten stets mit Säure bedeckt sein und in einem kühlen Raume stehen. Am besten ist es den Speicher ständig im Betriebe zu halten, d. h. demselben dauernd Strom zu- und abzuführen.

Der Speicherraum muss zur Entfernung der Säuredämpfe hoch, luftig und gut ventilierbar angelegt werden. Die Abführung der Dämpfe erfolgt durch möglichst direkte Verbindung des Raumes mit dem Schornstein und nötigenfalls durch Anordnung eines Ventilators. Alle Apparate, welche durch Säuredämpfe angegriffen werden können, sind aus dem Speicherraum zu entfernen.

Die Zellen sind sorgfältig gegen einander und gegen die Erde zu isolieren. Sie stehen auf einem stark mit Oel getränktem Holzgestell und werden zur grösseren Sicherheit nochmals besonders auf Porzellan- oder Hartgummifüsse gestellt. Die Zellen sind so anzuordnen, dass sie leicht zugänglich sind, leicht geprüft und leicht ausgewechselt werden können.

Die Fussböden werden meist mit Linoleum bedeckt, um den Boden vor dem Angriff eventuell ausfliessender Säure zu schützen. Ferner wird der ganze Raum mit einem säurefesten Lack gestrichen. Zur Beleuchtung des Speicherraumes sind nur Glühlampen zu verwenden.

Die übliche Aufstellung von Buffer-Speicherreihen zeigt Abb. 148.

Schalttafel. Der in der elektrischen Maschine erzeugte Strom wird zunächst nach der Schalttafel geleitet, welche im Maschinenraum angebracht wird und welche alle Apparate und Vorrichtungen zur Messung und Sicherung, ferner Verteilung des Stromes nach den Arbeitsstellen und dem Speicher besitzt. Die Anforderungen, die an eine Schalttafel gestellt werden

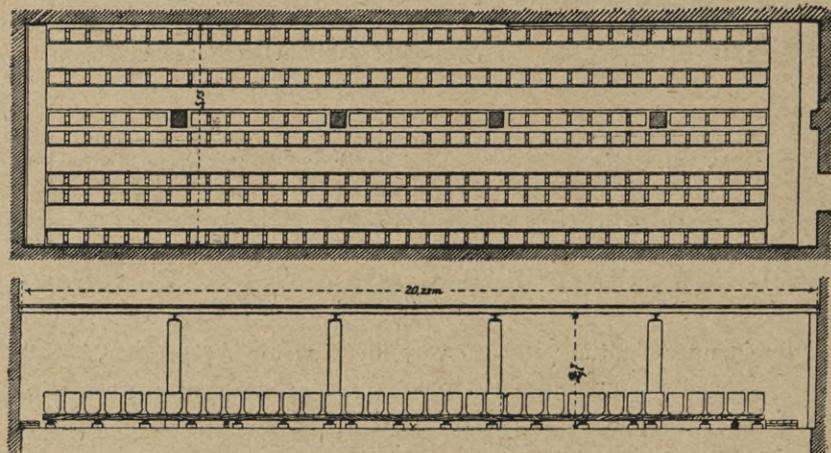


Abb. 148.

müssen sind Uebersichtlichkeit, Betriebssicherheit und leichte Zugänglichkeit aller Teile.

Die eigentliche Tafel besteht entweder aus Holz (Esche oder Eiche) oder aus Stein (Marmor oder Schiefer). Steintafeln verdienen wegen ihrer Feuersicherheit und Isolierfähigkeit den Vorzug, jedoch ist hierbei besonders darauf zu achten, dass das Material keine Metalladern enthält. An Apparaten finden auf der Vorderseite der Tafel meistens nur diejenigen Platz, welche zur Bedienung der Stromerzeuger oder der einzelnen Stromkreise erforderlich sind also die Spannungsmesser und Stromzeiger, die Ausschalter, Umschalter und Zellschalter sowie die Reguliervorrichtungen. Die Sicherungen werden bei grösseren Schalttafeln am besten hinten angebracht, jedoch müssen auch diese leicht zugänglich bleiben. Sind verschiedene

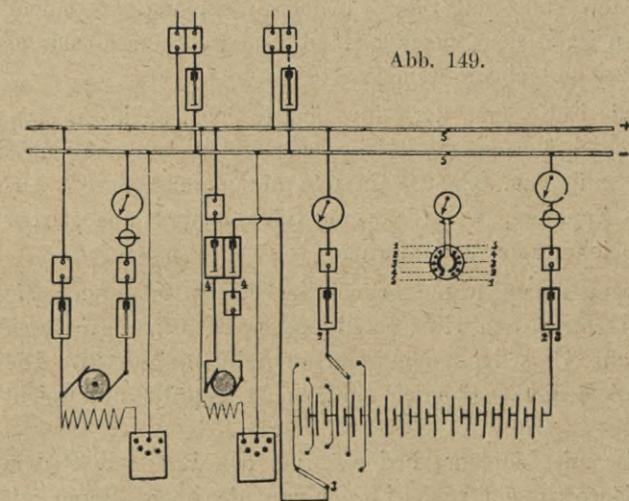


Abb. 149.

Stromerzeuger, Speicher und Stromkreise zu bedienen, so empfiehlt es sich, die zusammengehörigen Apparate in Gruppen zu vereinigen. Wo Hoch- und Niederspannungsapparate vertreten sind, ist eine räumliche Trennung derselben auf gesonderten Schalttafeln vorzunehmen.

Abb. 149*) zeigt das Schaltungsschema einer Schalttafel, bei welcher die Ladung der Batterie von zwei Verteilungsschienen aus unter normaler Betriebsspannung erfolgt. Eine in den Ladestrom-

*) Fischer, Elektrische Licht und Kraftanlagen. 1898.

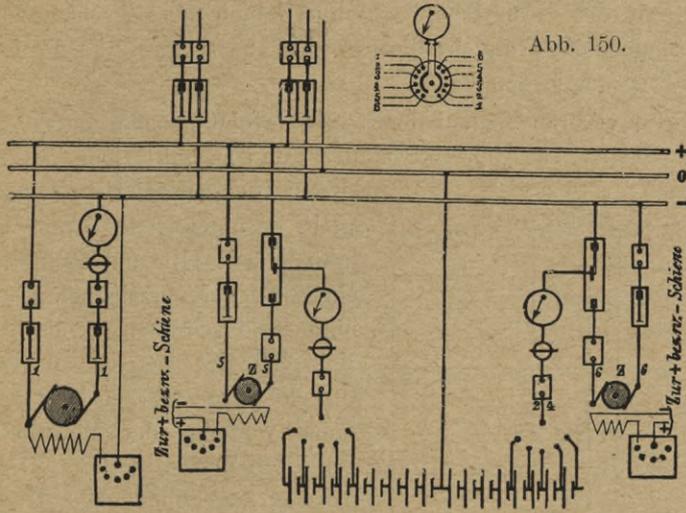


Abb. 150.

kreis geschaltete Zusatzmaschine liefert sowohl Strom nach Aussen als auch an den Speicher, welcher auch während der Ladung direkt an die Verteilungsschienen angeschlossen bleibt. Abb. 150 zeigt ein Schaltungsschema mit einem Dreileitersystem und einem Speicher als Ausgleicher. Die Ladung erfolgt durch zwei Zusatzmaschinen Z Z und zwar gleicht die Batterie auch während

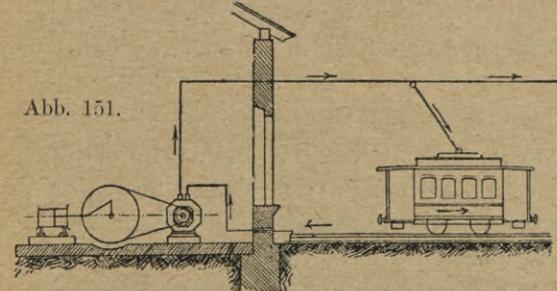
der Ladung aus. In den Abb. 149 und 150 bezeichnen



Doppelleitung wird an den Fahrdrabt der andere für die Rückleitung an die Schienenangeschlossen. Abb. 151.

Von der Schalttafel wird der Strom dem zunächst gelegenen Punkte der Bahnstrecke mittelst einer Doppelleitung zugeführt. Der eine Draht der andere für die Rückleitung an die Schienenangeschlossen. Abb. 151.

Grundlagen zur Berechnung der Kraftstation. Die Grösse und Stärke der ganzen Anlage insbesondere des Kraftspeichers richtet sich nach dem grössten Kraftverbrauch auf der Strecke. Den grössten Kraftverbrauch ermittelt man aus dem für das Bahnnetz für den stärksten zu erwartenden



Verkehr aufzustellenden Fahrplan unter Berücksichtigung der grössten Widerstände in den vorhandenen Krümmungen und Neigungen. Hat man so die ungünstigste Verteilung der Wagen ermittelt, so wird man aus Sicherheitsgründen die Linien grössten Widerstandes ausserdem durch 2 oder mehr Wagen ev. auch voll belastet annehmen.

Der Stromverbrauch bezw. die Zugkraft für den einzelnen Triebwagen wird aus seinem Gesamtgewicht gefunden. Mit Rücksicht auf Fahrplanverschiebungen, auf das

Zusammenfallen des Anfahrens mehrerer Wagen und Züge und auf die höhere Leistung beim Anfahren selbst wird zu dem ermittelten Stromverbrauch ein Zuschlag von 30% gemacht. Die so gefundene Zahl ergibt die erforderliche Stromstärke an den auf der Strecke laufenden Triebwagen gemessen.

Die Ermittlung des Stromverbrauches auf der Strecke erfolgt bequem und übersichtlich auf zeichnerischem Wege. In Abb. 152 ist der Längenschnitt einer 1,0 km

langen zweigleisigen Bahn dargestellt, darunter ist der Stromverbrauch für die Hin- und Rückfahrt eines Wagens verzeichnet. Wird nunmehr durch einen graphischen Fahrplan der Betrieb auf der Strecke dargestellt, so lässt sich ohne weiteres der Verbrauch für jeden Zustand ablesen. Den grössten augenblicklichen Stromverbrauch findet man durch eine wagerechte Schnittlinie $x-y$ und durch Hinaufloten der so ermittelten gleichzeitigen Wagenstellungen nach den Stromverbrauchslinien, deren Ordinaten ohne weiteres die Grösse des erforderlichen Stromes in Amp ablesen lassen. Im graphischen Fahrplan ist ein 5-Minuten-

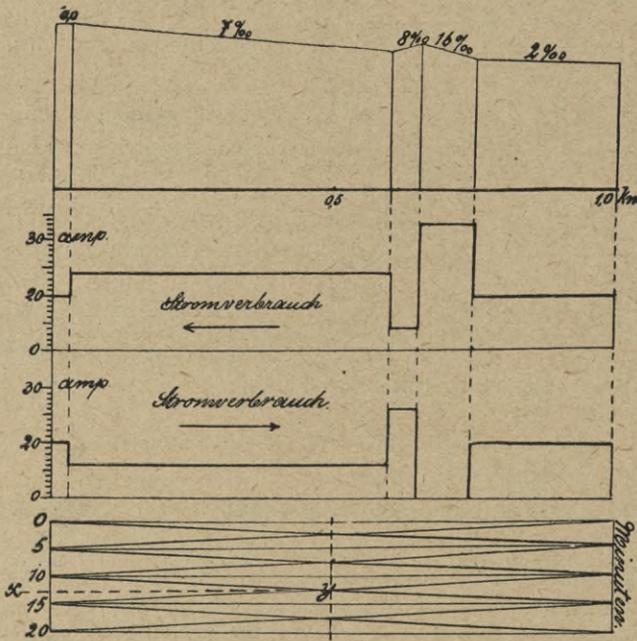


Abb. 152.

betrieb angenommen. Die im Längenschnitt angegebenen Neigungsverhältnisse sind gleichzeitig die zugehörigen Neigungswiderstände, während die Krümmungswiderstände in Neigungswiderstände umgesetzt wurden. Wird für jede einzelne Strasse ein derartiger Betriebsplan aufgestellt, so ergibt die Summe aller Ordinaten alsdann, die für den in Aussicht genommenen stärksten Betrieb erforderliche Stromstärke, wozu noch ein Zuschlag von 30% und der Spannungsverlust in der Speise-, Fahr- und Rückleitung hinzu kommt.

Der Spannungsverlust in der Speise- und Fahrleitung beträgt bei nicht zu langen Strecken 10 bis 15%, bei längeren Leitungen 20 bis 30%, in der Rückleitung 1%. Unter Berücksichtigung dieser Zahlen lässt sich alsdann die Spannung an der Stromerzeugungsstelle berechnen. Den Wirkungsgrad der elektrischen Maschine in der Station nimmt man i. A. zu 90% an.

Der so ermittelten Leistung hat die Kraftstation mit der Speicheranlage zu entsprechen.

Für überschlägliche Berechnungen nimmt man bei kleinen Anlagen von 4—5 gleichzeitig laufenden Wagen 20 P S, für mittlere Anlagen von 10—20 Wagen 12—15 P S und bei grossen Anlagen von mehr als 25 Wagen 10 P S für einen Wagen einschl. Lichtabgabe an. Für jeden Anhängewagen ausserdem 5—7 P S. Hierbei ist vorausgesetzt, dass auf den Linien einzelne Neigungen bis 25‰ vorkommen.

durch Umformer in Gleichstrom von normaler Spannung verwandeln, der durch Speiseleitungen in die Arbeitsleitungen geschickt wird. Wie schon früher erwähnt, sieht man bei sehr langen Linien und verzweigten Netzen aus Zweckmässigkeitsgründen von der Anlage von Unterstationen ab und stellt dafür besser neue Kraftstationen ein. Die Einführung des Stromes aus der Speiseleitung in die Arbeitsleitung erfolgt stets vor den grösseren Bahnwiderständen und so, dass der ganze Fahrdraht eine möglichst gleichmässige Spannung erhält.

Die Leitungen können bei Strassenbahnen als Hoch- oder Tiefleitung ausgebildet werden. Die Hochleitungen werden oberirdisch über den Gleisen, die Tiefleitungen unterirdisch meist unter der einen Schiene des Gleises verlegt.

1. Die Hochleitung.

ist auf Strassenbahnen am meisten verbreitet. Der **Fahrdraht** oder die **Arbeitsleitung** liegt 5,5 bis 6,0 m über dem Gleise parallel zu demselben und besteht aus

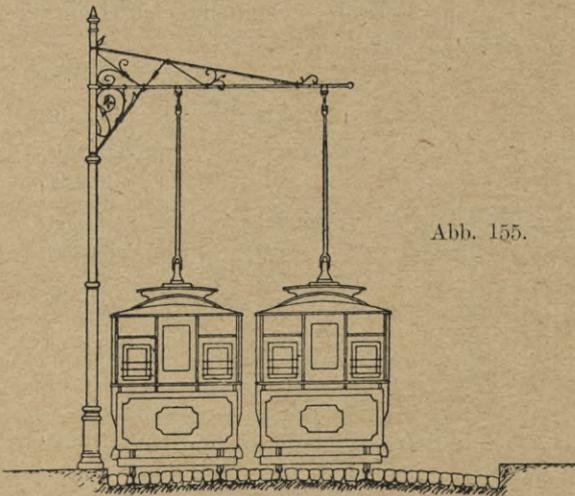


Abb. 155.

hartgezogenem Kupferdraht, Siliciumbronedraht, von 7 bis 8 mm Durchmesser. Derselbe wird in einzelnen Adern von 1500 kg Gewicht hergestellt, welche eine Länge von 4300 m bei 7 mm Durchmesser und 3300 m bei 8 mm Durchmesser haben. Die Zerreißfestigkeit des Fahrdrahtes beträgt 40 kg/qmm, die Leitungsfähigkeit 97%.

Die Arbeitsleitung hängt bei Bahnen, die in der Mitte der Strasse liegen, an Querdrähten sog. Spanndrähten, welche in Abständen von 30 bis 35 m an besonderen Masten oder direkt an den Häusern befestigt sind. Liegen die Gleise an der Seite der Strasse, so erfolgt die Aufhängung des Fahrdrahtes an Auslegermasten oder an Auslegern, welche an den Häusern angebracht werden. Uebliche Ausführungen zeigen die Abb. 155 u. 156.

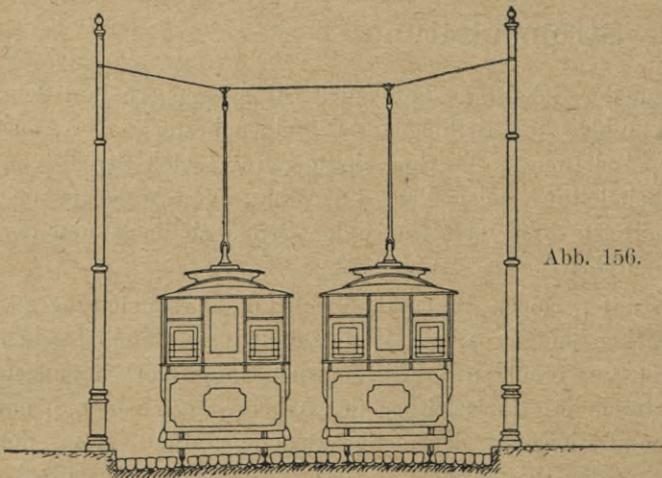


Abb. 156.

Die Befestigung der Querdrähte an den Masten und Mauerankern erfolgt

mittelt Gabelösen Abb. 157 und Wirbelisolatoren. Abb. 158. Um eine Ableitung des Stromes aus dem Fahrdraht nach der Erde zu verhindern, werden die Aufhängevorrichtungen als Isolatoren ausgebildet und ausserdem am Querdraht oder an den Masten Isoliervorrichtungen angebracht.

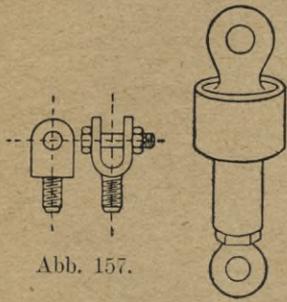


Abb. 157.

Abb. 158.

Die Vorrichtungen für die Aufhängung des Arbeitsdrahtes an die Spanndrähte sind für gerade und gekrümmte Strecken verschieden.

In der Geraden erfolgt die Verbindung durch sog. Geradhalter oder Hänger Abb. 159. Bei diesen wird der Fahrdraht in der Nut a a eingeklemmt und gut verlötet, während der Querdraht in b b festgelegt wird. Der

Arm a a ist an die Isolatorglocke, die im Innern gewöhnlich mit Hartgummi angefüllt ist, angeschraubt. Abb. 160 u. 161. Eine andere häufiger vorkommende Anordnung zeigt Abb. 162*). Hier wird der Fahrdraht k von Klemmen gehalten, die durch Schrauben zusammengepresst werden. Das Gewinde der in die Glocke eingeschraubten Klemme besteht aus Iso-

liermasse.

In Gleiskrümmungen muss der Fahrdraht nach aussen abgezogen und möglichst lotrecht

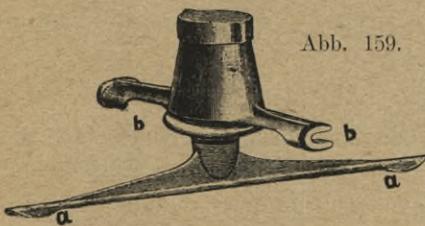


Abb. 159.

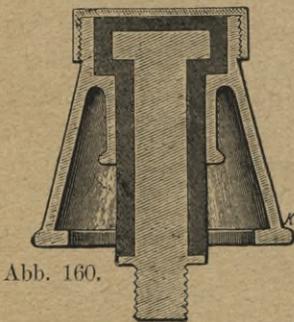


Abb. 160.

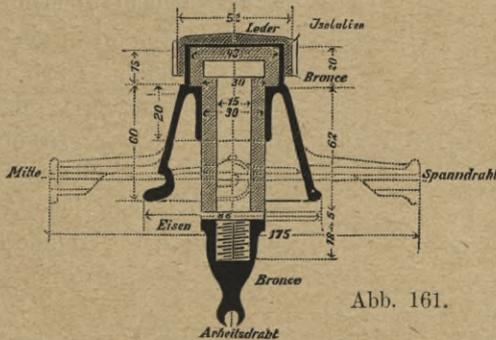


Abb. 161.

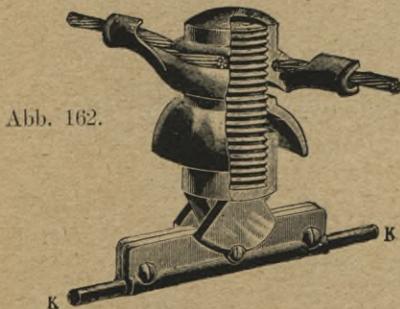


Abb. 162.

über der Gleisachse gehalten werden, was durch Bogenhalter erzielt wird. Man unterscheidet hierbei den einfachen und doppelten Bogenhalter. Abb. 163 u. 164. Die Seitenzahl des durch das Anspannen entstehenden Vielecks richtet sich nach der Art und Beweglichkeit des Stromabnehmers. Für Gleitbügel oder Querwalzen ergibt sich die Seitenzahl aus der Länge des Bügels bzw. der Länge der Walze und wird am besten zeichnerisch

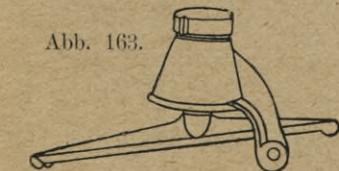


Abb. 163.

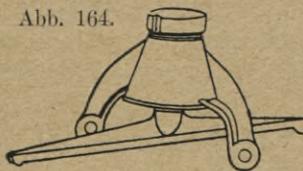


Abb. 164.

gefunden. Bei diesen Abnehmern liegt die Gleisachse in der Mitte des ein und umschriebenen Kreises des Vielecks. Bei Rollenabnehmern sollen die Ecken

*) Schiemann. Elektrische Bahnen I. 1898.

der Abspannungen über der Gleismitte liegen. Die Seitenlängen des Vielecks für Rollenabnehmer bei verschiedenen Krümmungen sind aus nachstehender Tafel ersichtlich.

Krümmungshalbmesser in m	Länge der Vieleckseite in m
15	4,50
20	5,50
25	6,50
30	7,25
35	8,00
40	8,75
50	9,50
60	10,50

Die Ueberspannung einer Gleiskrümmung zeigt Abb. 165.

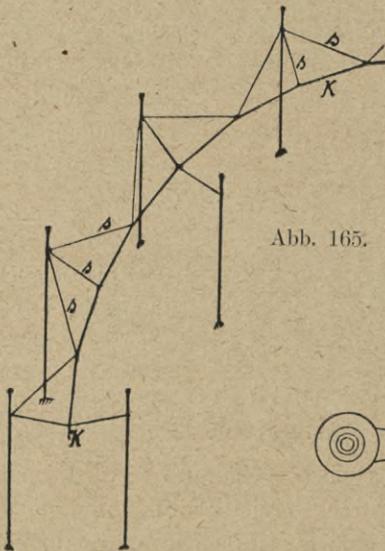


Abb. 165.

Die **Quer- und Spanndrähte** bestehen aus verzinkten Stahldrähten von 6 bis 7 mm Stärke und einer Festigkeit von 100 kg/qmm. Um den Arbeitsdraht festzuhalten und ihn vor stärkeren Schwankungen zu schützen, wird derselbe scharf und straff in einer Neigung 1:15 angezogen. Eine übliche Spannvorrichtung ist der Spannwirbel Abb. 166. Werden mehrere Drähte zusammengeführt, so erfolgt die Vereinigung derselben in Luftringen Abb. 167. Um jede Ableitung des Stromes nach der Erde zu verhindern, erhalten die Querdrähte

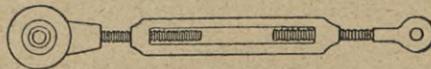


Abb. 166.

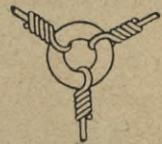


Abb. 167

ausserdem Zwischenisolatoren, welche aus Porzellan- und Glas-Isolatoren nach Abb. 168 u. 169 bestehen. Meistens sind auch die Spannwirbel mit Isolatoren versehen.

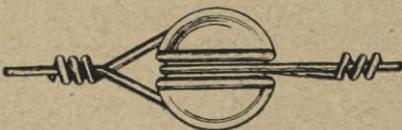


Abb. 168.

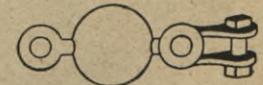


Abb. 169.

Die **Maste** gelangen als hohle Stahlmaste Abb. 170 mit Verzierung des Umfanges in Städten und vielfach als Gittermaste Abb. 171 in Aussenbezirken zur

Aufstellung. Abb. 170 zeigt einen einarmigen Auslegermast und seine Befestigung in der Erde. Bei der Führung des Arbeitsdrahtes nach Abb. 165 ist namentlich in Krümmungen auf eine ausreichende Seitensteifigkeit und Biegefestigkeit der Maste zu achten. Das Fundament besteht meistens aus Beton oder gutem Mauerwerk von mindestens 1,2 m Stärke, welches durch Grund

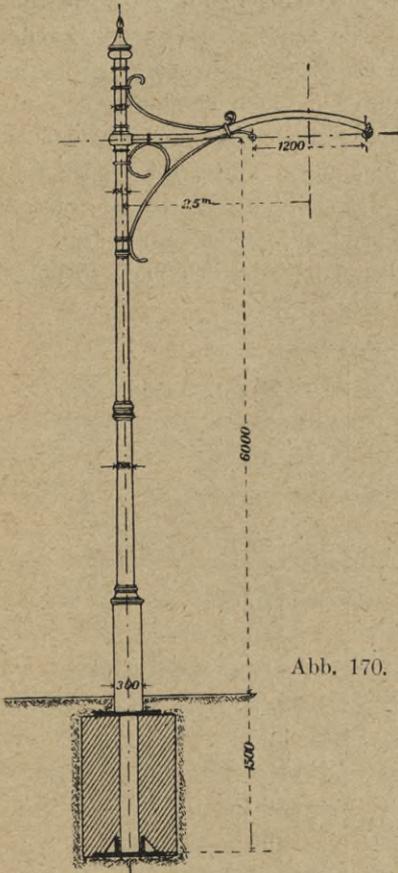


Abb. 170.

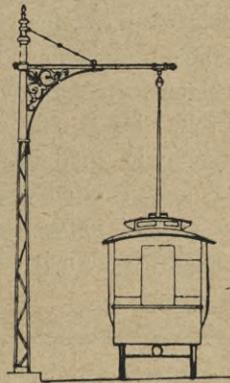


Abb. 171.

und Lagerplatten abgeschlossen wird.

Der Abstand der Aussenkante des Mastes von der Bordsteinkante beträgt 0,50 m. In engen Strassen und auf schmalen Fusswegen sollte die Aufstellung von Masten ganz unterbleiben, da sie den Fussverkehr hindern, vielmehr empfiehlt es sich, in solchen Fällen die Befestigung der Querdrähte an den Gebäuden mittelst Maueranker und verzierten Rosetten vorzunehmen. Abb. 172. Die Befestigung in der Mauer selbst geschieht durch trocken eingesetzte Patent Keilschrauben Abb. 173 mit elastischem Einsatz, um das durch die Leitung auf die Gebäude übertragene Geräusch abzuhalten.

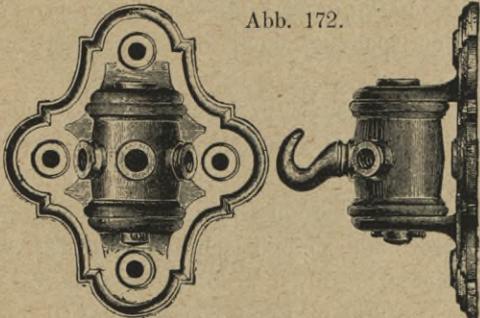


Abb. 172.

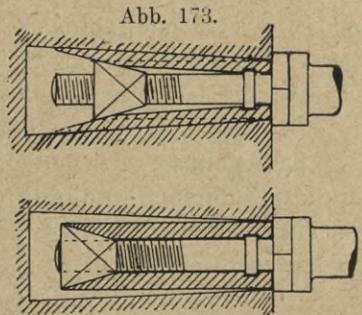


Abb. 173.

Ausserdem wird ein besonderer Schalldämpfer aus Gummizwischenlage gewöhnlich vor den Maueranker gesetzt. Abb. 174.

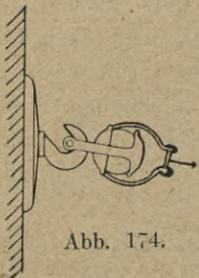


Abb. 174.

Die Errichtung des Netzes erfolgt nach einem vorher aufgestelltem Plane, in welchen alle Teile des Netzes eingetragen sind. Es werden zunächst die Maste und Rosetten gesetzt und dazwischen die Querdrähte gezogen. Die Maste sind derart aufzuführen und fest einzusetzen, dass sie sich nach Spannung des Drahtes nicht verbiegen. Häufig wird eine Schrägstellung der Maste angeordnet. Jedoch ist diese

Stellung aus Schönheitsgründen zu verwerfen, da eine sichere lotrechte Stellung bei genügender Fundierung stets zu erreichen ist. Die Querdrähte werden an den Anschlusspunkten des Fahrdrahtes entsprechend belastet gewöhnlich mit 15 kg bei eingleisigen und 30 kg bei zweigleisigen Anlagen und wie schon erwähnt, auf 1:15 Neigung gespannt. Hierauf erfolgt das Aufziehen des Fahrdrahtes, welcher zunächst an den einzelnen Punkten festgebunden und in Krümmungen mittelst Flaschenzügen und Spansschrauben abgezogen und gehalten wird. Ist auf diese Weise eine Strecke von 300 bis 400 m gelegt, so erfolgt unter Berücksichtigung der Luftwärme und Beobachtung des Spannungsmessers das Anziehen des Arbeitsdrahtes nach folgender Tafel.

Luftwärme C°	Erster Zug in kg	Zweiter Zug in kg	Dritter Zug in kg
-20	620	600	570
-15	585	565	525
-10	555	535	495
- 5	525	505	470
0	490	475	440
+ 5	460	440	410
+10	427	410	385
+15	395	380	355
+20	365	350	330
+25	330	320	300
+30	300	290	265

Dieser Tafel ist der jetzt allgemein verwendete Hartkupfer oder Siliciumbronce- draht von 8,25 mm Durchmesser mit 35 bis 40 kg/qmm Zugfestigkeit zu Grunde gelegt. Nach zweimaliger Nachregulierung der Spannung kann der Fahrdraht endgültig an die Isolatoren gelötet werden.

Bei der Ausführung dieser Arbeiten bedient man sich besonderer Rüstwagen.

Speiseleitung. Längere Linien werden je nach der Ausdehnung und Belastung des Netzes durch Streckenunterbrecher in einzelne Abteilungen geteilt, die durch besondere Speisekabel versorgt werden. Hierdurch werden Störungen durch Kurzschlüsse und ev. Ueberlastungen auf die betreffende Teile beschränkt. Diese Abteilungen werden wiederum durch Stromunterbrecher in Unterabteilungen von etwa



Abb. 175.

300 m Länge zerlegt, um so diese kurzen Strecken ohne Störung des übrigen Betriebes bei Ausbesserungen, bei Feuersbrünsten usw. stromlos machen zu können. Einen

üblichen Strecken- oder Stromunterbrecher zeigt Abb. 175. Derselbe besteht aus Kupferplättchen mit zwischengelegten Isolationsschichten. Die Ueberwindung der stromlosen Stelle erfolgt durch die lebendige Kraft des Wagens.

Die Berechnung der Speisekabel geschieht unter Berücksichtigung eines Spannungsverlustes von höchstens 10% also von etwa 50 bis 60 Volt. Den Quer-

schnitt der Leitung wird man in Rücksicht auf die bedeutenden Kosten des Leitungsmaterials so klein wie möglich halten. Eine unterste Grenze wird abgesehen von der erforderlichen Festigkeit durch die höchste zulässige Erwärmung der Leitung und die höchsten zulässigen Spannungs- und Energieverluste gegeben.

Der feuersichere Querschnitt ergibt sich aus der Bedingung, dass für 1 qmm Kupferdraht bei dünnen Drähten 3,5 Amp, bei starken Leitungen 2,5 Amp. und bei Kabeln 2,0 Amp höchstens zulässig sind.

Ist der gewählte Spannungsverlust gleich p in Volt, der Querschnitt q , die Stromstärke J in Amp. und die Länge der Leitung gleich l Meter, so ist

$$q = 0,018 \frac{J l}{p}$$

Die Speiseleitung wird in Städten unterirdisch, ausserhalb der Orte vielfach oberirdisch verlegt. Unterirdische Leitungen werden als Kabel hergestellt mit Isolation aus imprägnierter Jute oder Hanf usw. umgeben, gegen Feuchtigkeit durch Bleimäntel und gegen mechanische Verletzung durch eiserne Umhüllungen geschützt. Von diesen Kabeln zweigen die Speisedrähte, die durch das Innere der Hohlmaste geführt werden, zum Fahrdrabt ab und zwar so, dass die Füllung des Arbeitsdrahtes sicher und gleichmässig auf dem ganzen Streckenteile erfolgen kann. Die oberirdisch verlegten Kabel werden an den Masten isoliert befestigt.

Schutzvorrichtungen gegen Blitzgefahr. Die in der Luft ausgespannten blanken Leitungen des Netzes sowie die durch dieselben verbundenen Wagen und Maschinen sind einer hohen Blitzgefahr ausgesetzt. Zur Vermeidung dieser Gefahr werden Blitzableiter eingelegt, welche direkt an das Leitungsnetz anschliessen und welche die in der Luft entstehenden elektrischen Ströme von höherer Spannung als diejenigen der Betriebs- bzw. Arbeitsströme sind, in den Erdboden direkt ableiten. Die Ausführung aller Blitzableiter erfolgt deshalb von dem Gesichtspunkte aus, dass die Betriebsspannung einen äusserst hohen Widerstand zur Erde zu überwinden hat, während die viel höhere Spannung des Blitzes diesen Widerstand leicht überwindet.

Abb. 176.



Von dem gegen die Erde 2- bis 3-mal isolirtem Fahrdrabt führt eine besondere, isolierte Zweigleitung bis zum Aufhängepunkt, woselbst der Anschluss an den Blitzableiter erfolgt. Gewöhnlich legt man diesen Anschluss mit dem Stromunterbrecher und dem Anker der Leitung zusammen, derart dass alle 300 m ein Blitzableiter angesetzt wird.

Abb. 176 stellt eine Säule von Metallplatten dar, welche durch Isolierschichten getrennt sind. Die Anzahl der Platten ist so gross zu wählen, dass der Betriebsstrom nicht abgeleitet wird. Die oberste Platte ist mit dem Netz, die unterste mit der Erde verbunden. Der Blitz überwindet an der Aussenseite den Luftwiderstand und nimmt seinen Weg direkt zur Erde.

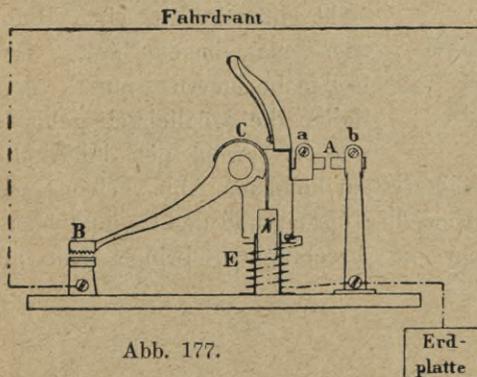


Abb. 177.

Abb. 177 zeigt den Anschluss des Fahrdrabts an den Blitzableiter. Die Platte 'A' ist mit dem Netz verbunden, die Platte 'B' mit der Erde verbunden. Der Blitzableiter 'E' ist an der Aussenseite angeschlossen.

Abb. 177*) zeigt eine Blitzschutzvorrichtung von Schuckert & Co. mit elektromagnetischer Auslösung. Der Blitz nimmt aus der Fahrleitung seinen Weg über den Hebel B C und die zwischen 2 Kohlestäben liegende Luftstrecke A zur Erde. Durch den nachfließenden schwächeren Strom entsteht bei A ein Lichtbogen, der in den Polen a und b einen Spannungsunterschied hervorbringt, sodass ein Teil des Stromes durch die Spule E geht, diese magnetisiert und den Eisenkern K in sich hineinzieht. Die Bewegung wird auf den Hebel B C übertragen, und der Lichtbogen bzw. der Strom in B abgerissen. Der Apparat tritt alsdann in die Ruhelage zurück, um einen neuen Blitzschlag aufzunehmen. Die in Abb. 176 u. 177 dargestellten Apparate werden in verschlossenen Kästen an den Masten und Häusern angebracht. Von denselben führt die Leitung die aus verzinktem Eisen oder verzinnem Kupfer besteht nach der Erde, wo sie in einem Metallkörper endet, der bis in das Grundwasser zu versenken ist. Für

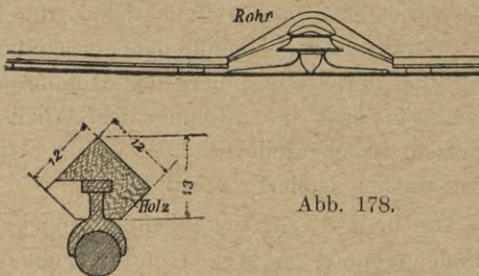
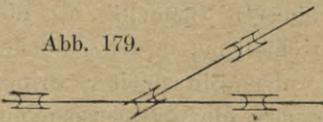


Abb. 178.

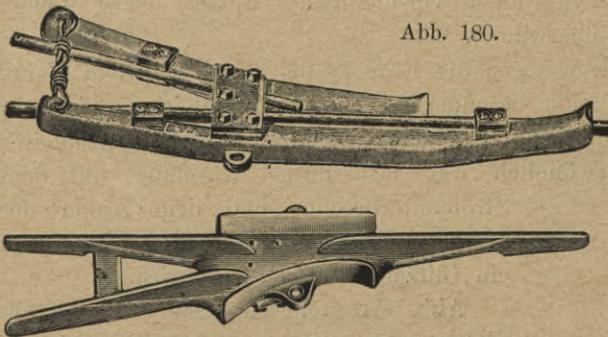
gefährlichen Stellen mit Holz

Abb. 179.



oder Bambusleisten belegt Abb. 178**). Gegen herabfallende höhere Leitungen werden Zwischennetze gespannt, die gleichzeitig zur Vermeidung von Induktionsströmen dienen.

Abb. 180.



zu benutzen, als auch in die Abweichung einlaufen zu können. Abb. 179 u. 180. Man erreicht dies, indem man den Rollenflanschen die Führung und den Contact überlässt. Um ausserdem die Entgleisungsgefahr zu beschränken, bringt man an

eine im Grundwasser liegende Platte genügt eine Berührungsfläche von 1 qm, für nur feuchtes Erdreich 2 qm. Stangen und Röhren als Erdleitung müssen mindestens 5 m im Grundwasser stehen. Kupferne Erdleitungen sind 2 mm, eiserne 5 mm stark zu wählen.

Zum Schutze von Fernsprechleitungen wird die Starkstromleitung an gefährlichen Stellen mit Holz

Abweichungen und Kreuzungen der Fahrdrähte (Luftweichen) verschiedener Linien erfordern infolge des Stromabnehmers eine besondere Bauart. Der Stromabnehmer besteht entweder aus einer Rolle oder aus einem Bügel. Bei Rollenabnehmern muss den Rollen die Möglichkeit geboten werden, sowohl den Fahrdracht

*) Schiemann. Elektrische Bahnen I 1898.

***) Eisenbahn-Technik der Gegenwart. 1898.

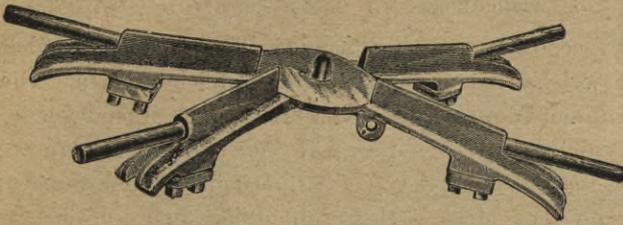


Abb. 181.

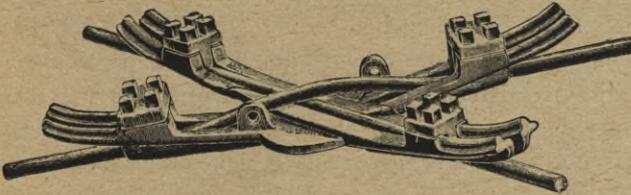


Abb. 182.

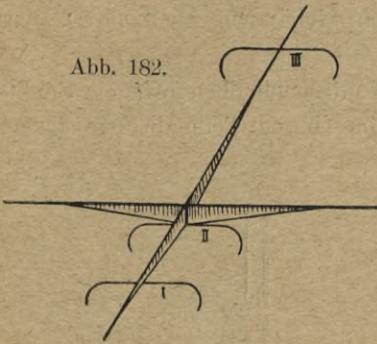


Abb. 183.

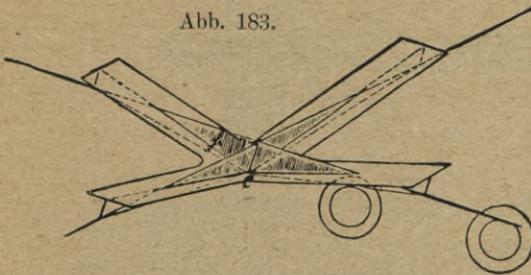


Abb. 184.

dem Weichenkörper noch seitliche Führungsflanschen an. Abb. 180 u. 181.

Kreuzungen werden nach Abb. 181 ausgeführt.

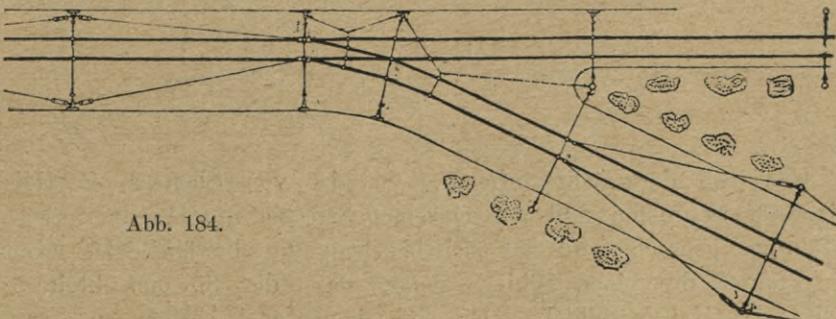
Bei der Anwendung des Bügels muss darauf Rücksicht genommen werden, dass derselbe nirgends hängen bleibt. Eine übliche Vorrichtung der Kreuzung für Bügelabnehmer zeigt Abb. 182, wobei die Stellung des Bügels in I, II und III

dargestellt ist. Besondere Weichenkonstruktionen sind für Bügelabnehmer nicht erforderlich.

Handelt es sich darum Kreuzungen sowohl für Rollen als auch für Bügelbetrieb einzurichten, so werden dieselben gewöhnlich nach Abb. 183 ausgeführt. Um die Schläge der Rolle beim Uebergang des Rollenflansches in c zu schwächen, wird die Schrägung der Flächen f möglichst sanft gehalten.

Die Luftweichen werden über den Stellen des Gleises eingebaut, an welchen die Gleismitten etwa 30 bis 40 cm auseinander liegen. Der Wagen, der bereits in seiner ganzen Länge in das abzweigende Gleis eingefahren ist, zwingt somit durch seine veränderte Stellung den Stromabnehmer in die Luftweiche und in den abzweigenden Fahrdrabt einzulaufen.

Besondere Sorgfalt ist auf die Abspannung der Luftweichen zu legen. Die



Ueberspannung einer Gleisweiche zeigt Abb. 184.

2. Tiefleitung.

Bei den auf städtischen Strassenbahnen vorkommenden Tiefleitungen handelt es sich stets um solche Anlagen, welche unter der Strassenoberfläche liegen. Die Tiefleitung bietet für alle Strassen den Vorteil, dass von Leitungen irgendwelcher Art auf bzw. über den Strassen nichts zu sehen ist. Die Maste und Drahtnetze kommen in Fortfall, dadurch wird die Strasse frei von allen unschönen Anordnungen, die in verkehrsreichen Strassen zum Teil dem Verkehr hinderlich und auf öffentlichen Plätzen, vor öffentlichen Gebäuden, vor Denkmälern usw. in jeder Hinsicht störend sind. Ferner giebt der hohe Stromabnehmer über dem Wagen bei der Hochleitung gleichfalls kein schönes Bild und die Strom- und Fahrtunterbrechungen, welche das sehr häufige Abgleiten des Abnehmers von der Leitung verursachen, gehören sicher nicht zu den Annehmlichkeiten des modernen Strassenverkehrs. Deshalb ist die Tiefleitung für das Innere einer grossen Stadt geeigneter als die Hochleitung und trotz der hohen Kosten sollte man an der Einführung derselben zum mindesten auf den Hauptstrassen, vor öffentlichen Gebäuden, Denkmälern usw. festhalten.

Die Tiefleitung besteht aus einem Schlitzkanal mit nach oben offenem Schlitz, in welchen der Stromabnehmer greift, um von den im oberen Teile des Kanals angebrachten Leitungen den Strom abzunehmen.

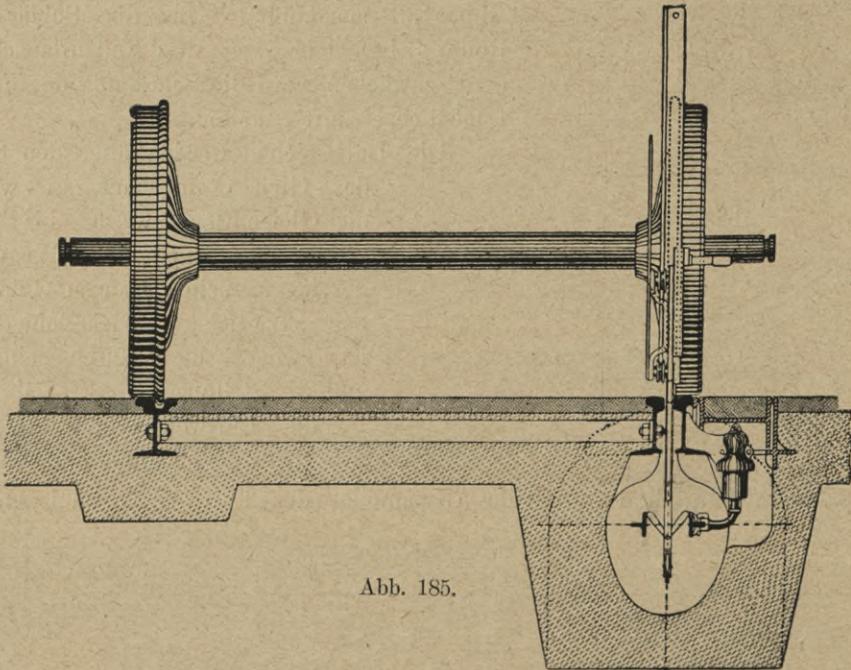


Abb. 185.

Der in Abb. 185 dargestellte offene Kanal ist von Siemens & Halske bei der Budapester Stadtbahn und auf einzelnen Strecken der Berliner Strassenbahn zur Ausführung gebracht und hat sich bis heut gut bewährt. Der Kanal liegt gewöhnlich unter der einen Schiene derart, dass die 35 mm breite Spurrille den Schlitz des Kanals bildet. Der eiförmige Kanal besteht aus gusseisernen Rippen Abb. 186, welche in Abständen bis zu 1,25 m aufgestellt werden und zur

Unterstützung und Befestigung der Schienen und der Leitungen dienen. Die Rippen sitzen auf einer starken, gemeinsamen Betonplatte und sind durch Kanäle

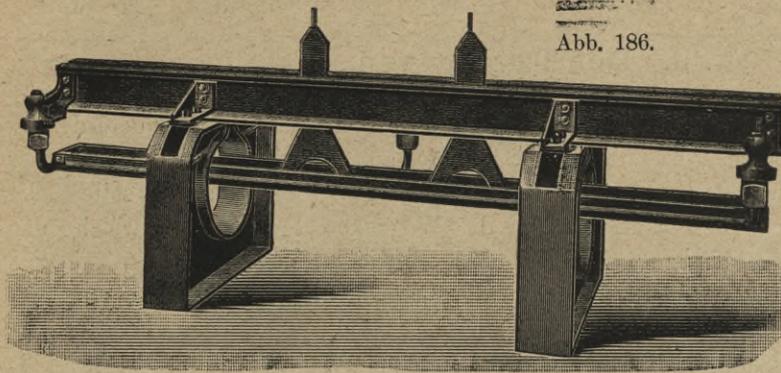


Abb. 186.

von demselben Querschnitt aus Stampfbeton oder Mauerwerk mit einander verbunden. Um ein Verschieben der Schienen zu vermeiden, ist der Schienenfuss abgesetzt und legt sich gegen eine Nase des Rahmens.

Abb. 187.

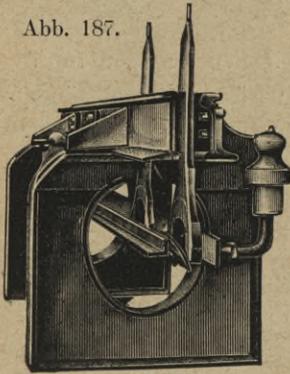


Abb. 185. An den Rippen oder den Fahrstienen sind die Isolatoren zur Aufnahme der Stromleitung befestigt und zwar sitzen dieselben an der äusseren Seite des Schienensteiges und werden durch besonders hierfür vorgesehene Oeffnungen von Aussen angesteckt und angeschraubt. Die Oeffnung wird darauf mit einem Deckel dicht verschlossen. Zur Aufnahme der Stromleiter enden die Isolatoren in losen Klauen, in welche die aus \perp -Eisen bestehenden Leiterschienen eingehangen werden. Die bis 10 m langen Leitungsschienen werden an den Stössen elastisch und leitend verbunden und durch den Schienenschlitz in die Klauen eingehangen.

Die Kanäle erhalten ein starkes Längsgefälle und sind mit den tief gelegenen Rohrleitungen der Kanalisation durch Abflussrohre verbunden, um das durch den Schlitz eintretende Tagewasser schnell und sicher abzuführen. Erforderlichen Falles sind Schlammfänge und Rückstauklappen vorzusehen.

Die Wirkung des Stromabnehmers ist aus Abb. 185 ersichtlich. Die beiden Stromabnehmerzungen federn auseinander, sodass sie bequem durch die Rille geführt werden und sich sicher an die Stromleiter anlegen können. Da jedes Drehgestell bzw. jede Achse einen Stromabnehmer erhalten kann, wird es möglich auch an den stromlosen Kreuzungsstellen durch den zweiten Abnehmer den Triebvorrichtungen ausreichend Strom zuzuführen. Jedoch genügt meistens die Anordnung nur eines Abnehmers, da die kurzen stromlosen Stellen bequem durch die lebendige Kraft des Wagens überwunden werden. Um die federnden Abnehmer an den Enden der Stromleiter einführen zu können, werden die freien Schienenenden auseinander gebogen.

Bei doppelgleisigen Anlagen erfolgt die Anordnung des Kanals an der äusseren Seite der Schienen und zwar rechts von der Fahrriichtung. Hierdurch wird die Durchschneidung von Kanälen bei Herzstücken vermieden und die Herstellung der Weichen und Kreuzungen eine sehr einfache.

Der Uebergang aus der oberirdischen zur unterirdischen Leitung bedingt die Anwendung zweier gesonderter Stromkreise. Für diese Betriebsart muss das Schaltbrett der Kraftstation entsprechend eingerichtet werden. In Berlin sind in den Stationen

besondere Umformer für die Unterleitung aufgestellt, welche vom Kraft- bzw. Lichtnetz gespeist werden und deren elektrische Kraftmaschine den besonderen Stromkreis liefert.

d. Der Triebwagen.

Bau und Einrichtung der Wagen, soweit dieselben der Personenbeförderung dienen, sind bereits im Abschnitt II. Bahnlinie und Betriebsmittel eingehender behandelt, auf welchen deshalb hingewiesen wird. In nachstehendem sollen alle diejenigen Anordnungen und Einrichtungen der Wagen erörtert werden, welche den mittelst Elektrizität getriebenen Personen-Fahrzeugen eigen sind.

Der Triebwagen auf elektrischen Strassenbahnen dient gleichzeitig zur Umwandlung des elektrischen Stromes in mechanische Arbeit, welche zum Fortbewegen des Wagens direkt benutzt wird und zur Aufnahme von Fahrgästen. Auch die Triebwagen werden entweder zweiachsig mit Lenkachsen oder vierachsig mit Drehgestellen ausgeführt und bestehen aus dem Untergestell, dem Wagenkasten, den Vorrichtungen für die Leitung und für die Arbeit des Stromes, den Anlagen für die Sicherung, Beleuchtung und Heizung des Wagens und aus den Ausrüstungsgegenständen. Da die Betriebsart bzw. die Aufnahme aller Vorrichtungen für die Leitung und Verarbeitung des Stromes von wesentlichem Einfluss auf den Bau der Triebwagen und die Gestaltung derselben ist, so sollen zunächst alle Einrichtungen für den elektrischen Betrieb beschrieben werden.

Die **Gesamtanordnung** aller elektrischen Leitungen und Vorrichtungen ist aus

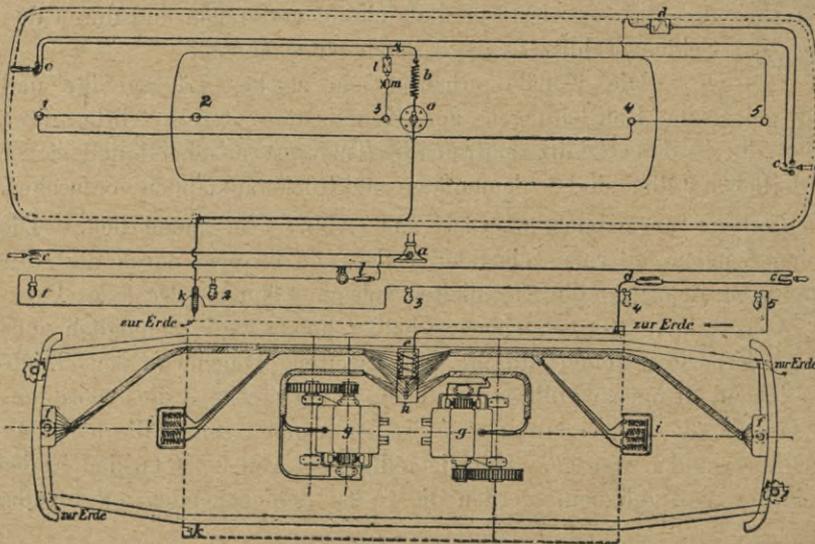


Abb. 188.

Abb. 188*) erichtlich. Von dem Arbeitsdraht der Streckenleitung geht der Betriebsstrom durch den Stromabnehmer a, die Stauspule b zunächst nach den Notauschaltern c, welche gewöhnlich an den äusseren Stirnseiten des Wagenkastens angebracht sind. Von den Notauschaltern wird der Betriebsstrom direkt nach der Hauptbleisicherung d und von da nach dem Verteilungsbrett e geleitet. Von hier aus geht der Fahrstrom nach den Reglern f, den beiden Triebvorrichtungen g, dem Umschalter h und ausserdem zu den Widerständen i.

*) Abb. 188 ist aus Eisenbahn-Technik der Gegenwart. I. Band S. 683 entnommen.

Im Punkte x zweigt vom Betriebsstrom der Lichtstrom für die Beleuchtung ab. Derselbe geht durch die Bleisicherung für Licht l und durch den Ausschalter für Licht m, welcher an der Innenseite des Wagens sitzt nach den Lampen 1, 2, 3, 4, 5, und von da nach der Erde. Von der isoliert gelagerten Grundplatte des Stromabnehmers a zweigt ferner der Blitzableiter k direkt ab, ausserdem sind die Regler f mit der Erde leitend verbunden.

Sämtliche Leitungen des Triebwagens werden aus isolierten Drähten und Kabeln gebildet und müssen so verlegt sein, dass sie Unberufenen völlig unzugänglich bleiben.

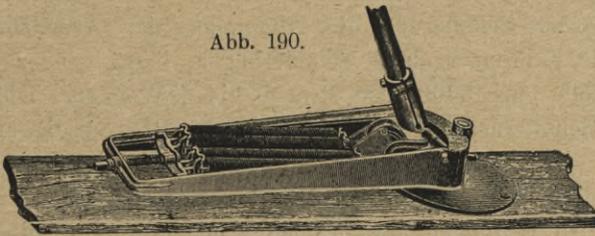
Der **Stromabnehmer** (Fahrkontakt) besteht bei oberirdischer Stromzuleitung entweder nach dem System Sprague aus einer Rolle als Kontakt und einem Arm zur Verbindung zwischen Rolle und Wagen oder nach dem System Siemens & Halske aus einem breiten Gleitbügel.

Der Rollenabnehmer Abb. 189. Die Rolle, meistens aus Aluminiumbronce



Abb. 189.

Abb. 190.



bestehend, wird von einer Stahlrohrtange getragen. Die Befestigung der Rollenstange auf dem Wagendach erfolgt mittelst isoliert gelagerter

Holzbalken, die mit dem Wagengerüst fest verbunden sind. Abb. 190. Die Rollenstange selbst sitzt in einem wagerecht drehbarem Federbock, um so dem Fahrdrabt in Krümmungen oder bei seitlichen Verlegungen desselben über Bahnkreuzungen usw. leichter folgen und um ausserdem ein Umstellen des Abnehmers für die entgegengesetzte Fahrriichtung

ausführen zu können.

Der Gleitbügel Abb. 191 besteht aus dem Kontaktbügel aus Hartkupferdraht

und dem Bügelgestell. In neuerer Zeit wird der Kontaktbügel als sogenannter „Schmierbügel“ ausgeführt. Abb. 192.

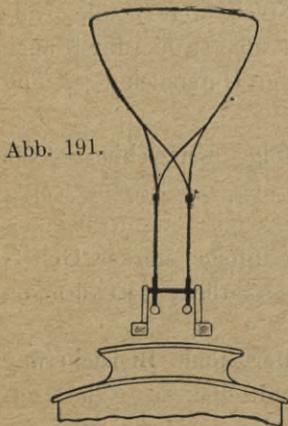


Abb. 191.

Die Kontaktschiene a des Bügels wird von dem Mantel b umgeben. Der Zwischenraum wird mit einem Docht c verstopft, welcher aus dem Hohlraum d flüssiges Schmiermaterial saugt. Oder es wird der ganze Raum

c und d mit konsistentem Fett gefüllt. Vielfach wird die Gleitfläche des Bügels flach abgerundet und mit einem weichen Metallüberzug versehen.



Abb. 192.

Für die entgegengesetzte Fahrriichtung wird das Bügelgestell nicht wie der Rollenabnehmer mit dem Federbock gedreht, sondern nach der anderen

Seite umgelegt. Zur Erleichterung des Umlegens sind die Bügelgestelle mit einer nach unten versenkbaren Drehachse versehen, welche durch Federn ausbalanciert wird. Hierdurch wird ein Anheben des Fahrdrabtes und ein zu starker Druck auf



Abb. 193.

3,5 bis 4 kg von der Rolle 4 bis 5 kg betragen.

Was die Vorzüge der einen oder der anderen Anordnung betrifft, so bietet der Bügel eine grössere Betriebssicherheit, da ein Abspringen desselben von der Leitung, das bei der Rolle häufiger erfolgt, sehr selten eintritt. Ferner wird beim Bügel die Anordnung der Fahrdrähte infolge Fortfalles der Luftweichen einfacher und bei Anwendung der Schmierung die Abnutzung des Arbeitsdrahtes und des Bügels geringer. Die Fahrdauer eines Schmierbügels beträgt über 32 000 Wagenkilometer, die der Rolle nur 5000 also etwa 5 bis 6 Wochen. Die Gesamtkosten des Bügels einschl. Schmierung ergeben sich zu 0,055 Pfg. für das Wagenkilometer. Die Abnutzung des Fahrdrahtes von 8 mm Stärke durch Bügel betrug bei der Dresdener Strassenbahn nach 3½-jährigem Betriebe etwa 0,3 mm.

Bei unterirdischen Leitungen mit offenen Kanälen werden die Abnehmer nur äusserlich anders ausgebildet. Die Abnehmer greifen durch den Schlitz unter die Schienen und bewegen das rollende oder gleitende Abnehmerstück an den Leitungen, die meistens sowohl für die Hin- als auch die Rückleitung aus besonderen Schienen bestehen.

Vom Gleitbügel bezw. von der Rolle wird der Strom nach dem Wagenkabel geleitet. Die Verbindung zwischen dem Wagenkabel und der Leitung des Stromabnehmers bildet die sog. **Stauspule**, welche den Zweck hat, die Stromschwankungen vom Stromabnehmer auszugleichen.

Notausschalter dienen dazu, bei Störungen der Leitung oder bei Eintritt von Gewittern den Betriebsstrom zu unterbrechen. Zu diesem Zweck werden die Notausschalter dicht hinter den Stromabnehmern angelegt. Ferner können hierdurch auch sämtliche Leitungen im Wagen stromlos gemacht werden, um Untersuchungen und Ausbesserungen auf der Strecke vornehmen zu können.

Die **Hauptbleisicherung** tritt in Thätigkeit, wenn infolge Kurzschlusses die Stromstärke zu gross wird und dadurch die Streckenleitung und die Stromerzeuger gefährdet werden, oder wenn bei der Triebvorrichtung infolge starker Ueberlastung eine gefährliche Erwärmung eintritt.

Notausschalter und Bleisicherung müssen in unmittelbarer Nähe des Wagenführers liegen. Häufig wird an Stelle der Hauptbleisicherung ein Höchststrom-Ausschalter eingesetzt Abb. 194. Der Betriebsstrom geht über die Kohlenstifte b und c, durch den Hebel d, die

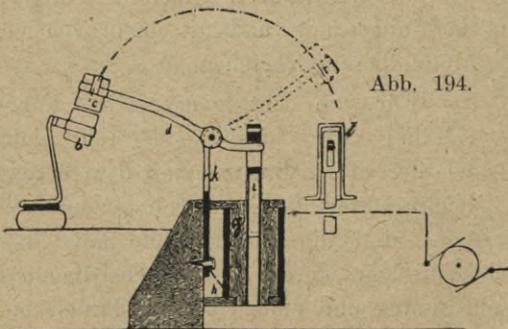


Abb. 194.

Verbindung k, h und das Solenoid g zur Triebvorrichtung. Wird der Strom zu stark, so hebt der Anker i den Hebel d, entfernt c von b und es wirkt der zwischen b und c entstehende Lichtbogen als starker Widerstand. Durch einen plötzlichen, zu starken Stromstoss wird c nach l hinübergeworfen und der Strom dauernd unterbrochen. Dieser von Siemens & Halske gebaute Ausschalter ist gegen Erschütterungen des Wagens unempfindlich und hat sich gut bewährt.

Die **Triebvorrichtung** besteht aus dem Antrieb und dem Triebwerk.

Für elektrische Bahnen kommen fast ausschliesslich schnellwirkende Antriebe wegen ihres geringen Gewichtes und des kleinen Raumbedarfes zur Verwendung. Der Antrieb ist eine elektrische Kraftmaschine und dient dazu, die dem Wagen zugeführte elektrische Energie in mechanische Arbeit umzuwandeln, eine Umwandlung, die dadurch erfolgt, dass ein vom Arbeitsstrom durchflossener Leiter (Ankerdraht) in drehende Bewegung versetzt wird. Die Wirkungsweise ist also eine der in der Kraftstation feststehenden elektrischen Maschine entgegengesetzte.

Die erforderliche Leistung ergibt sich genau genug aus der Formel

$$\text{Leistung} = \frac{P \cdot v \cdot (w + s)}{n \cdot 0,75}$$

P = Gesamtgewicht von Wagen und Nutzlast in t.

v = Fahrgeschwindigkeit in m/sek.

w = Bewegungswiderstand auf ebener gerader Bahn in kg/t.

s = Der grösste Bewegungswiderstand der Strecke in Neigung und Krümmung, kg/t.

n = Wirkungsgrad des Antriebes auf die Triebräder.

Der Wert w beträgt für Rillenschienen 8—15 kg/t bei ber Fahrt auf ebener, gerader Bahn. Beim Anlaufen und in Krümmungen je nach Beschaffenheit der Fahrbahn, Radstand, Spurweite, Witterungsverhältnisse ist w erheblich grösser und oft über 40—50 kg/t. Es müssen deshalb die Antriebe in der Lage sein, vorübergehende Mehrleistungen bis zum doppelten und dreifachen Betrage ihrer Normalleistung zu übernehmen.

Der Wert von n hängt ab von der Art und den Abmessungen der Uebersetzung und schwankt zwischen 0,70 und 0,85.

Für den Bau der Wagenantriebe sind folgende Grundsätze maassgebend.

a. Einfachheit und Zugänglichkeit um schnell und leicht Ausbesserungen vornehmen zu können.

b. Kräftige Bauart aus bestem Material und bester Schutz gegen Strassenschmutz, Staub usw. Durch die Lage des Antriebes unter dem Wagenkasten und durch seine Verbindung mit der Achse ist derselbe heftigen Erschütterungen und Einwirkungen des Strassenschmutzes ausgesetzt. Der Fussboden des Wagenkastens wird deshalb leicht herausnehmbar angelegt, um sowohl von oben als auch von unten schnell an die einzelnen Teile der Triebvorrichtung herankommen zu können.

c. Möglichst kleines Gewicht um an Kraft zu sparen und eine starke Abnutzung von Rad und Schiene zu vermeiden.

d. Vorzügliche Isolation. Die Isolierung wird von den starken Stössen, dem Strassenschmutz, der Wärme usw. stark angegriffen, ausserdem treten zwischen dem Antrieb und den Schienen, welche als Rückleitung benutzt werden, hohe Spannungsunterschiede ein, die starke Stromverluste zur Folge haben. Infolgedessen erfordern alle Antriebe die besten Isolierungen und eine aufmerksame Wartung.

Die Grösse und damit das Gewicht des Antriebes ist abhängig von der Spurweite und der lichten Höhe zwischen Unterkante des Wagenkastens und Schienenoberkante.

Die Antriebe bei Strassenbahnen werden gewöhnlich vierpolig ausgeführt.

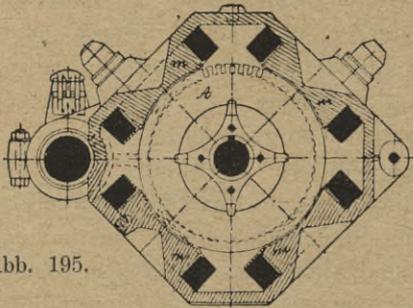


Abb. 195.

Abb. 195 zeigt ein vierpoliges Magnetgestell bzw. Antriebsgestell. Die Magnete *m* lagern dicht um den Anker *A*, sodass der Lauf der magnetischen Linien möglichst kurz wird. Infolge seiner hohen magnetischen Leistungsfähigkeit besteht das Magnetgestell aus Fluss-eisen. Die Magnetbewicklung liegt in Reihe mit dem Anker d. h. dieselbe Stromstärke, welche im Anker herrscht, besitzt auch die Magnetbewicklung. Die Anker werden meistens

als Ringanker gebildet und bestehen aus etwa 1 mm starken Scheiben von weichem, ausgeglühtem Eisen mit zwischen gelegten Papierblättern. Die Ankerwindungen werden in Nuten ver-

legt, um Verschiebungen derselben an den Polen zu verhindern.

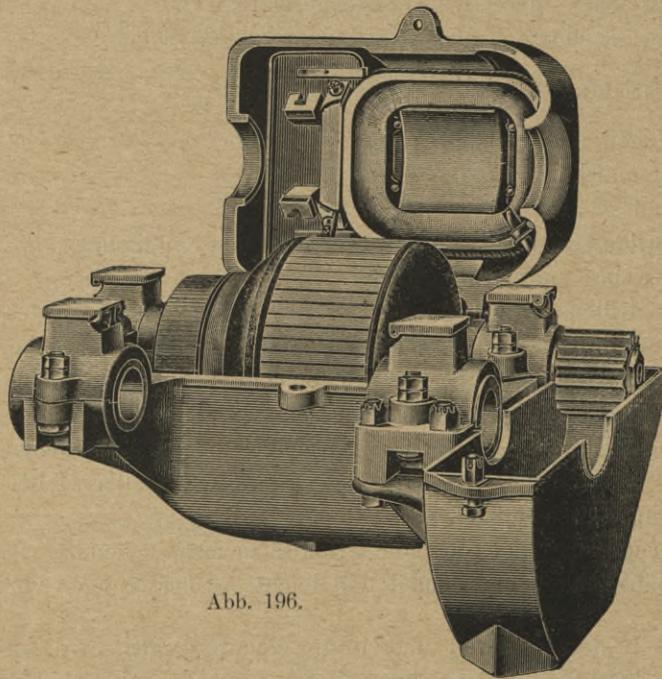


Abb. 196.

Zur Sicherung und vollständigen Abdichtung des Antriebes gegen Nässe, entstehende Luftströmungen, Staub usw. wird die ganze Triebvorrichtung durch einen Schutzkasten dicht abgeschlossen. Abb. 196 zeigt einen zweiteiligen Antrieb der Union Elektrizitäts-Gesellschaft, dessen Oberteil aufzuklappen ist, um Anker und Magnetspulen leicht herausnehmen zu können. Abb. 197 zeigt den Sitz der Antriebsvorrichtung auf der Achse.

Die Einführung des Stromes in den umlaufenden Anker erfolgt mittelst Kohlebürsten, die auf einem Stromsammel-

(Kollektor) schleifen. Der Stromsammel- besteht aus Hartkupfer mit Glimmerzwischen-lagen. Die Kohlenbürsten sind nach dem Mittelpunkt gerichtet und stehen wegen des Vor- und Rücklaufes des Antriebes in der neutralen Magnetzone.

Die Lager der Anker

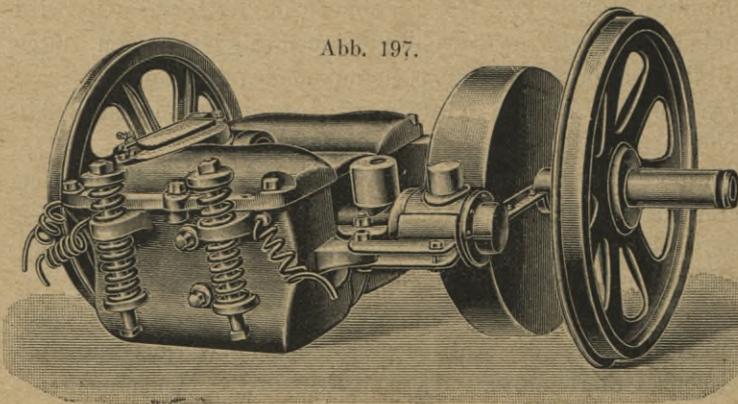


Abb. 197.

erfordern sowohl in Bezug auf Bauart als Wartung besondere Berücksichtigung. Wie bei allen schnell laufenden Getrieben sind die Ankerlager mit Weissmetall zu füttern und deren Stärke so zu bemessen, dass die Achse beim Heisslaufen und Schmelzen des Weissmetalles auf der eisernen Lagerschale läuft. Ein Berühren der Magnetpole und der Ankerhülle muss auf alle Fälle ausgeschlossen bleiben. Die Schmierung, welche reichlich vorzusehen ist, erfolgt mit Maschinenfett, dessen Abfluss in das Innere des Antriebes durch gut schliessende Dichtungsringe verhindert werden muss.

Die **Aufhängung des Antriebes** muss im Schwerpunkte desselben und so erfolgen, dass die Schläge, welche Gleisunebenheiten verursachen, möglichst aufgehoben werden.

Abb. 198 zeigt die Aufhängung eines Gleichstrom Reihenschlussantriebes mit aufklappbarem Schutzgehäuse. Zur Verhütung von schädlichen Einwirkungen der Stösse ruht der Antrieb auf Gummibuffern und ist um eine durch seinen Schwerpunkt gehende Achse drehbar.

Eine andere sehr empfehlenswerte Aufhängung des Antriebes ist die Walkersche Abb. 199 mittelst Schwinge. Diese Aufhängung erfolgt in allen Punkten elastisch und sichert der Wagenachse eine freie Beweglichkeit.

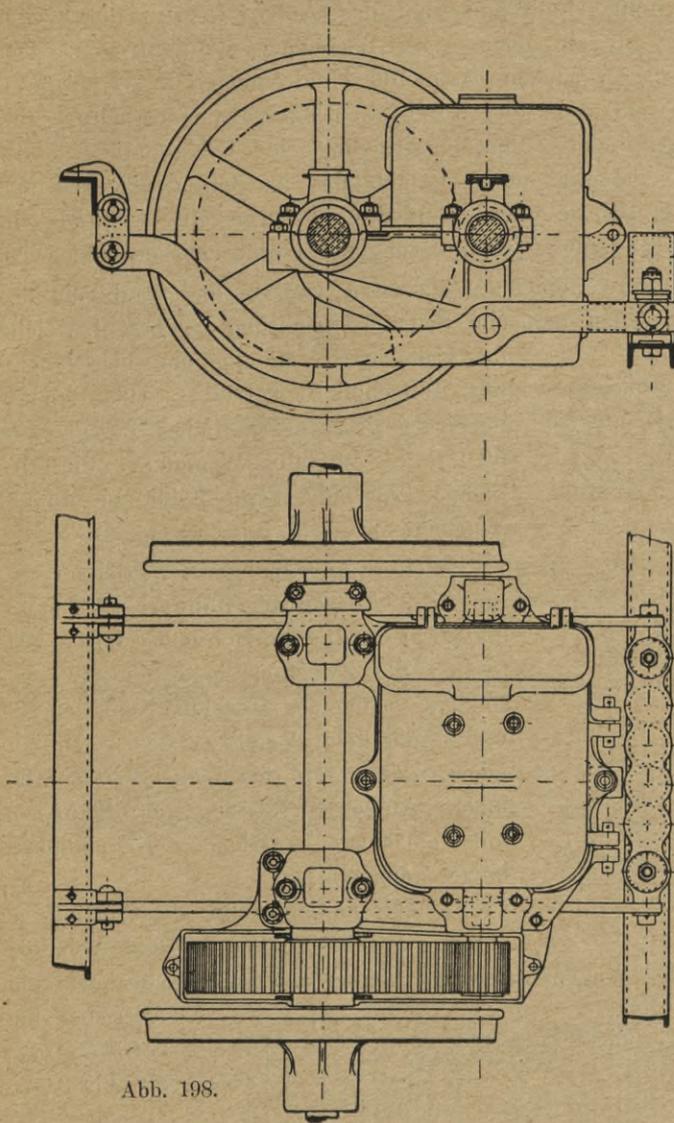


Abb. 198.

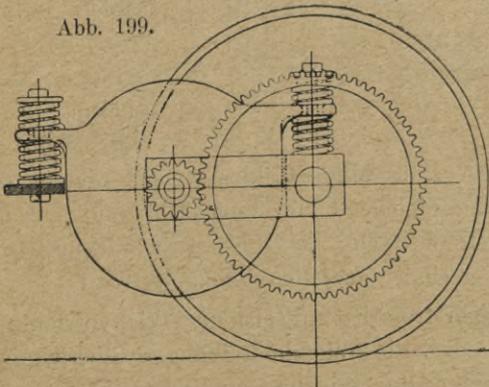


Abb. 199.

Das **Triebwerk**. Die hohe Umdrehungszahl des Antriebes wird durch eine Uebersetzung ins Langsame auf ein oder zwei Wagenachsen übertragen. Die Antriebe für Strassenbahnzwecke machen etwa 400 Umdrehungen in der Minute. Für diese Umdrehungszahl genügt in der Regel ein Uebersetzungsverhältnis von 1:3 bis 1:5. Fast durchweg findet Zahnradübertragung durch Kammräder statt. Das Laufachs Zahnrad ist gewöhnlich aus Gusstahl, das Antriebsrad dagegen aus weicherem Material und zwar Bronze oder Schmiedestahl hergestellt, wodurch ein sanfter Uebergang der Zähne und eine Verminderung des Geräusches erreicht wird.

Die Zahnräder werden durch einen Schutzkasten wasser- und staubdicht abgeschlossen. In dem Kasten selbst wird eine Schmiervorrichtung angebracht, welche den Zahneingriff ständig und ausreichend mit Fettschmiere versieht. Die Lebensdauer des grossen Zahnrades beträgt etwa 50 000 bis 90 000 Wagenkm., die des kleinen Zahnrades etwa 30 000 bis 45 000 Wagenkm.

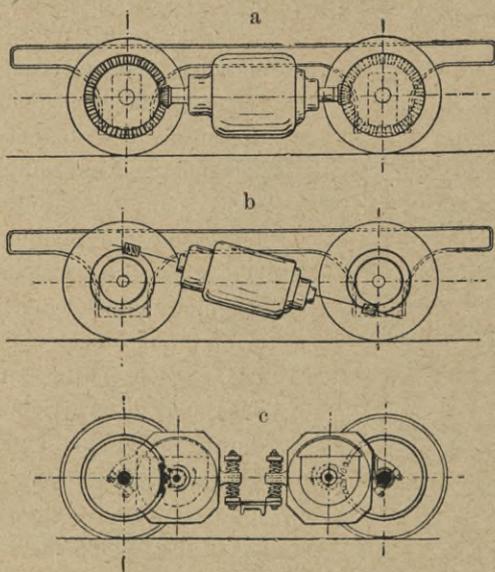


Abb. 200.

Weitere Anordnungen der Triebvorrichtungen an Achsen zeigen die Abb. 200 a, b, c und zwar ist die Vorrichtung c mit 2 Antrieben die Zweckmässigste, da eine besonders sparsame Regelung möglich ist und ferner beim Versagen des einen Antriebes der andere den Wagen fortschaffen kann. Ausserdem können sich die Achsen mit einzelnen Antrieben Krümmungen besser anpassen.

Die Gesamtanordnung der Antriebe an einem zweiachsigen Wagen zeigt Abb. 201.

Der Wirkungsgrad der Wagenantriebe ist kleiner als derjenige feststehender

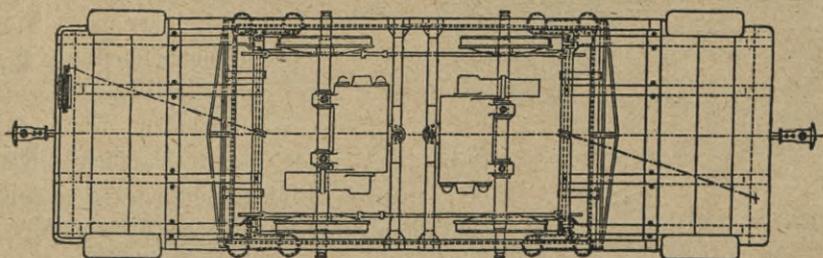


Abb. 201.

Antriebe und beträgt etwa 80 bis 85%. Da die Umdrehungszahlen eines Antriebes im geraden Verhältnis zur Stromstärke

und im umgekehrten Verhältnis zur Stärke eines Magnetfeldes stehen, müssen die Antriebe eines Wagens in Bezug auf eine gleiche Umdrehungszahl und auf die gleiche Wirkung ihrer Magnete gut abgestimmt sein, da sonst der Wirkungsgrad durch den verschiedenen Stromverbrauch geringer ausfallen kann.

Stromschaltung und Regelung. Der Fahrstrom hat mittelst der Triebvorrichtung den Widerstand zwischen Rad und Schiene d. i. die rollende Reibung zu überwinden. Um nur diejenige Strommenge des Fahrdrahtes zur Wirkung zu bringen, welche für

ein schnelles, stossfreies Ingangsetzen und für die Dauerbewegung des Wagens erforderlich ist, werden vor die Triebvorrichtungen künstliche Widerstände eingeschaltet und durch deren stufenweise Ein- und Ausschaltung der Stromeintritt zur Triebvorrichtung und damit der Lauf des Wagens geregelt. Durch Einschaltung aller Widerstände wird der Strom völlig unterbrochen und durch aufeinanderfolgendes Ausschalten der Einzelwiderstände soviel Strom durchgelassen, als zum Anfahren und zur Erreichung der gewünschten Fahrgeschwindigkeit erforderlich ist. Eine derartige Widerstandsregulierung bezw. Schaltung ist in der Abb. 202 schematisch dargestellt, wobei a die Anker, m die Magnete und w die Widerstände bedeuten.

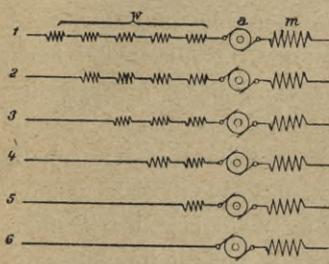


Abb. 202.

Die bekannte Anordnung von Schaltstufen bei reiner Widerstandsregelung hat infolge ihrer Einfachheit, Betriebssicherheit und ihrer Fähigkeit schnell und sicher den Stromzufluss und dadurch die Fahrgeschwindigkeit der Wagen in weiten Grenzen abzuändern, eine sehr ausgedehnte Anwendung gefunden, obwohl sie den Nachteil grossen Stromverbrauches besitzt.

Die Widerstände der Schaltung zur Ingangsetzung und Regelung bestehen meist aus Draht- oder Bandspiralen. Dieselben müssen die elektrische Energie aufnehmen

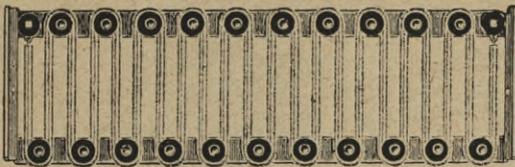


Abb. 203.

und infolge starker Wärmeerscheinungen ausreichend gross bemessen sein. Die Erwärmung soll 50° nicht überschreiten. Die Anlage der Widerstände erfolgt unter dem Wagenboden und zwar ist auf reichliche Luftzuführung zur Abkühlung, wasserdichte und gut isolierte Ausführung besondere Rücksicht zu nehmen. Die Grundform eines üblichen Widerstandes zeigt Abb. 203, welcher aus einer Drahtspirale besteht, die mittelst isolierter Knöpfe auf einem feuerfesten Rahmen befestigt ist. Eine Anzahl derartiger, übereinander gelegter Rahmen wird in einem Kasten untergebracht und abgeschlossen.

Die Triebwagen der Strassenbahnen besitzen gewöhnlich zwei Triebvorrichtungen mit je einem System von Widerständen, welche sowohl unter sich als auch in Verbindung mit den Triebvorrichtungen die verschiedensten Schaltungen zulassen. Unter den Schaltungen der Antriebe ist die Reihenschaltung am meisten verbreitet. Dieselbe besteht darin, dass der Ankerstrom die Magnete m ungeteilt durchfließt und so in denselben ein der Stärke des Magnetes entsprechendes magnetisches Feld erzeugt. Abb. 204. Hierauf beruht die zur Wirkung kommende grosse Kraft beim Anzug, eine Eigenschaft, die den Reihenantrieb für Bahnzwecke besonders geeignet macht*).

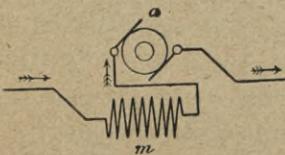


Abb. 204.

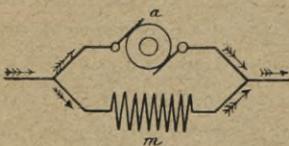


Abb. 205.

Nebenschlussantriebe, deren Stromlauf in Abb. 205 schematisch dargestellt ist, besitzen zwar infolge ihres nahezu unveränderlichen magnetischen Feldes eine un-

*) Eisenbahn-Technik der Gegenwart. 1898.

veränderliche Umdrehungszahl, haben aber beim Anfahren eine wesentlich geringere magnetische Kraft und müssen deshalb eine grössere Stromstärke zur Anfahrt aufnehmen. Die häufigen Anfahrten und Abänderungen der Fahrgeschwindigkeiten auf Strassenbahnen lassen deshalb die Anwendung von Nebenschlussantrieben z. Z. noch nicht als vorteilhaft erscheinen. Dagegen sind diese Antriebe auf langen, steileren Neigungen zweckmässig, wo sie vom abwärtsfahrenden Wagen in Bewegung gesetzt, Strom liefern, der mittelst des Nebenschlusses über die Spannung des Fahrdrabtes bezw. die der Zuleitung gesteigert wird und dann nach der Kraftquelle zurückgeleitet wird. Die von Siemens & Halske in Barmen gebaute Zahnstangenbahn besitzt eine Neigung von i. M. 1,8 auf 1,5 km. Der bei der Talfahrt durch Einführung von Nebenschlussantrieben gewonnene Strom soll 25 bis 30% des Betriebsstromes für die Bergfahrt betragen. Nach verschiedenen Angaben ist die Anwendung dieser Antriebe auf Neigungen von 3% bereits mit Vorteilen verbunden.

Eine andere sehr verbreitete Anordnung der Reihenantriebe ist die durch Hinter- und Nebeneinschaltung derselben. Für die Anfahrt werden gewöhnlich beide Antriebe des Wagens hintereinander und später nebeneinander geschaltet, dadurch laufen die Antriebe mit halber Spannung und geringerer Stromstärke langsam an und arbeiten nach Nebeneinanderschaltung mit voller Spannung und Stärke. Diese Hintereinander- und Nebeneinanderschaltung kann jede für sich wieder in Unterabteilungen abgestuft werden, sodass dadurch eine möglichst vollkommene Anpassung

an alle Verhältnisse erreicht wird. Ausserdem zeichnet sich dieselbe durch einen geringeren Stromverbrauch beim Anfahren aus.

Die reine Widerstandsregelung besitzt vor allen anderen Methoden den Vorzug der denkbar einfachsten Anordnung des Reglers.

Der **Regler oder Schalter** Abb. 206 durch welchen der Strom geht, dient zur Regelung des Stromzuflusses also der Fahrgeschwindigkeit und besteht meistens aus einer Reihe federnder und übereinanderliegender Stromschlusstücke x welche mit den betreffenden Leitungen verbunden sind. Hinter diesen Schlusstücken wird ein Cylinder y aus isolierendem Stoffe mittelst einer Kurbel bewegt. Auf dem Cylinder y sind Metallrippen angebracht, durch welche die Stromschlusstücke, Anker,

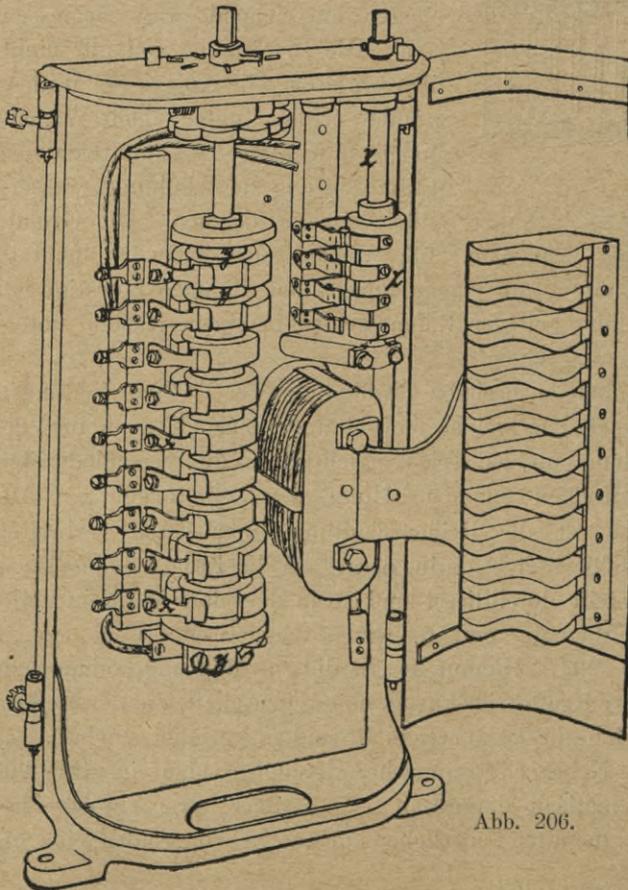


Abb. 206.

Magnete, Widerstände usw. stufenweise und nach Bedarf unter einander verbunden werden können. Dieser Regler und Schalter, welcher der schematischen Darstellung

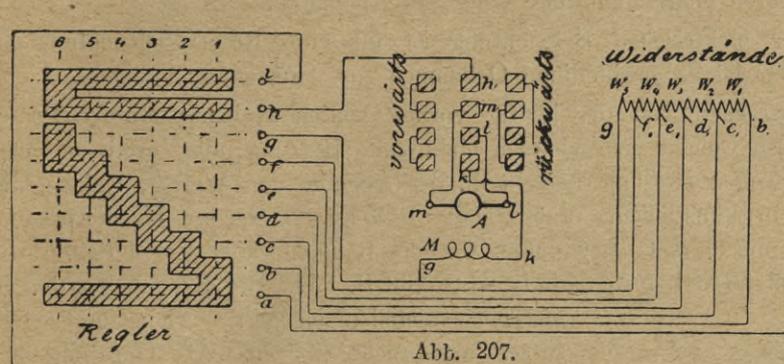


Abb. 207.

Abb. 207 entspricht, wurde zuerst von der General Electric Cp (Carslett) ausgeführt, und kann mit einem Hahn verglichen

werden, durch welchen die erforderliche Menge von elektrischer Kraft abgezapft wird. Die Zapflöcher (in diesem Falle die Metallrippen) liegen übereinander und sind ausserdem in wagerechter Richtung gegeneinander verschoben. Jede Kurbeldrehung verbindet einzelne Metallrippen mit den federnden Stromschlusstück, jede Drehung in entgegengesetzter Richtung hebt diese Verbindung auf, d. h. schaltet Stromwiderstände ein. Ausserdem befindet sich neben dem Regler noch der Richtungswechsler Z Abb. 206 durch welchen der Strom für die Vorwärts- und Rückwärtsfahrt umgeschaltet wird. In Abb. 207 bezeichnet a den Stromabnehmer, i die Stromableitung, A den Antrieb, M die Magnetbewicklung. Ueber dem Antrieb liegt der Richtungswechsler, rechts die Widerstände w, links der Regler.

Die genaue Einstellung des Reglers wird dem Führer durch einen Zeiger am Kurbelkreis und durch Einklinkungen angegeben, und zwar müssen die einzelnen Schaltstellungen durch Federklinken so festgelegt werden, dass der Führer die Kurbel nicht in Zwischenstellungen stehen lassen kann. Ausserdem muss die Kurbel im stromlosen Zustande d. h. in der Haltstellung abnehmbar sein, und nur in diesem Zustande darf die Umkehrung des Stromes und eine elektrische Bremsung eingeschaltet werden.

Der Regler wird links von der Bremskurbel angebracht und zwar an der inneren Seite des vorderen Spritzbleches. Ausserdem wird derselbe mit einem besonderen Bleche umgeben, um so die innere Vorrichtung bei Zusammenstössen vor Beschädigung genügend zu schützen.

Beim Anhalten des Wagens muss der Strom unterbrochen werden, wodurch an den Schlusstellen starke Funken entstehen, welche die Oberfläche der Schlusstücke heftig angreifen. Die Beseitigung dieser Funken und Lichtbogen erfolgt meistens durch die Induktionswirkung einer seitlich angebrachten Magnetvorrichtung. Der in Abb. 206 aufgeklappte Elektromagnet zeigt das Ineinandergreifen der Polschuhe und Stromschlusstücke einer magnetischen Funkenlöschung.

Die **Beleuchtung** der Triebwagen erfolgt durch Glühlampen, die in ausreichender Anzahl anzubringen sind. Die Zahl richtet sich nach der Betriebsspannung. Bei 500 V. können 5 Lampen von 16 bis 25 Normalkerzen hintereinander geschaltet werden, welche durch einen besonderen Nebenstromkreis zu speisen sind. Die Lichtleitung zweigt hinter der Stauspule vom Betriebsstrom ab und geht durch eine

Bleisicherung und den Ausschalter Abb. 188 S. 150. Um die Glühlampen vor Zerstörungen durch Erschütterungen des Wagens zu sichern, werden die Kohlefäden in der Glasbirne durch eingeschmolzene Querdrähte gehalten.

Ausser dieser elektrischen Beleuchtung ist für eine Reservebeleuchtung zu sorgen, für welche meistens gewöhnliche Oellampen zur Anwendung kommen.

Heizung. Abgesehen von der häufig vorkommenden Heizung mittelst Presskohle oder Heizrohre wendet man vielfach elektrische Heizung mit Vorteil an. Das Prinzip der elektrischen Heizung besteht in der Abgabe von Wärme, welche der elektrische Strom in künstlichen Widerständen erzeugt. Derartige Heizkörper bestehen aus einem mit Draht bespanntem flachem Rahmen, auf dessen Seiten die Drähte mittelst Isolatoren befestigt sind. Abb. 203 S. 157. Die Rahmen werden in eisernen Gestellen gelagert, welche unter den Sitzen angebracht werden. Als Heizdraht hat sich am besten Nickelstahldraht bewährt, der einen hohen Widerstand besitzt und bei starker Erwärmung durch eine grosse Bruchsicherheit sich auszeichnet. Eine andere Form des Heiz-



Abb. 208.

körpers zeigt Abb. 208. Bei demselben werden Drahtspiralen schraubenförmig um einen leitungslosen Körper gewunden*).

Bei der Anordnung einer elektrischen Heizung giebt man grossen Heizflächen mit geringerer Beanspruchung vor kleinen Heizflächen mit hoher Beanspruchung den Vorzug. Die Wärmeentwicklung selbst wird durch Umschalter geregelt. Als Vorzüge einer elektrischen Heizung gelten Reinlichkeit, Platzersparnis, sofortige Inbetriebsetzung und leichte Regulierbarkeit. Die Heizleitung muss besonders gesichert sein.

Blitzableitung. Um bei eintretenden Gewittern den Wagen vor der Blitzgefahr zu sichern, wird eine Blitzableitung eingelegt und zwar führt die Leitung vom Stromabnehmer Abb. 188 S. 150 auf dem kürzesten Wege zu der unter dem Wagen befindlichen Schutzvorrichtung. Dieselbe soll Blitzentladungen sicher zur Erde abführen und den nachfliessenden Arbeitsstrom schnell unterbrechen. Die Ausführung der Blitzableiter im Wagen gleicht derjenigen, wie sie für die Strecke nötig wird, s. S. 145. Durch seine sichere Wirkung zeichnet sich der Wurtz'sche Blitzableiter aus, der aus einer Anzahl Metallscheiben besteht, die durch Glimmerzwischenlagen stromlos getrennt sind. Abb. 209.



Abb. 209.

Bremsen. Die Bremsung der Triebwagen erfolgt entweder mechanisch durch Hand, oder mittelst Magnete, oder mittelst Luftdruck. Zur Sicherheit sind an einem Wagen stets zwei verschiedene Bremsantriebe vorzusehen. Bei stärkerem Strassenverkehr und wechselndem Gelände wird die Beanspruchung des Wagenführers zu gross. Diese Ueberlastung und die damit verbundene Betriebsgefahr verlangen die Anwendung selbsttätiger Bremsen, welche in Rücksicht auf den übrigen Strassenverkehr kräftig auszuführen sind und ferner schnell und sicher wirken müssen.

Ueber Handbremsen s. S. 116.

Die magnetischen Bremsen bestehen in ihrer einfachsten Form aus einer auf der Wagenachse festgekeilten Eisenplatte und eines vorgelagerten, mittelst Gleich-

*) Eisenbahn-Technik der Gegenwart. 1898.

strom stark erregten Magneten. Der entgegengesetzte Einfluss der sich drehenden Eisenplatte und des feststehenden Magneten hat eine hemmende Wirkung der Massen zur Folge, eine Wirkung, welche durch den magnetischen und elektrischen Widerstand in der durch Wirbelströme erregten Metallplatte erzeugt wird. In Abb. 210 ist eine derartige Bremsvorrichtung dargestellt. Die Bremsscheibe *b*, die zwecks vollkommener Ausnutzung der magnetischen Kraft cylindrisch die Magnete umschliesst, schleift an

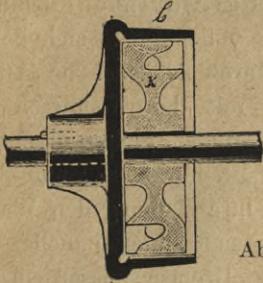


Abb. 210.

den Polflächen eines durch Umwicklung magnetisch gemachten Eisenkernes *K*. Zur Vermeidung schädlicher Wärmeentwicklung beim Leerlauf werden die sich berührenden Flächen geschmiert. Eventuell auftretender remanenter Magnetismus, der nach Abschluss des Stromes eine unbeabsichtigte Bremsung bewirken könnte, wird beim Stillstand des Wagens durch die Achse direkt abgeleitet.

Um ein möglichst schnelles Anhalten herbeizuführen, wird ausser der magne-

tischen eine mechanische Bremse betätigt und zwar sind die beiden Bremsysteme gewöhnlich derart verbunden, dass unmittelbar nach Eintritt des Bremsstromes ausserdem ein mechanisches Anpressen der Bremsklötze erfolgt.

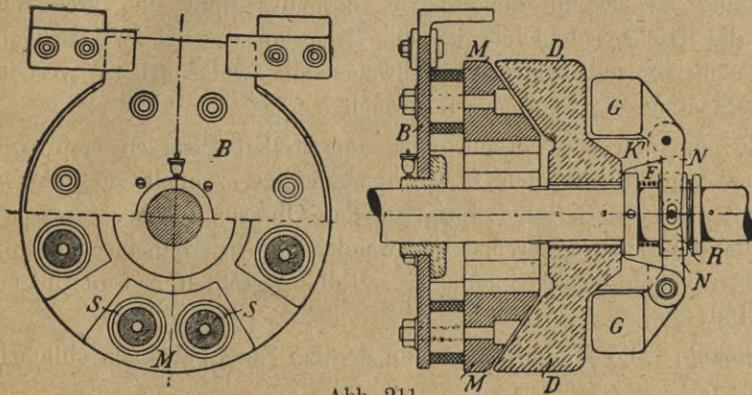


Abb. 211.

Eine andere Verbindung der magnetischen und mechanischen Bremswirkung zeigt folgende Anordnung Abb. 211, welche von „Deri“ angegeben und in einem Bericht der Elektro-Technischen Zeitschrift dargestellt ist. (Siehe auch Schiemann. Elektrische Bahnen I. 1898.)

Auf einer gemeinsamen Platte *B*, welche mit dem Rahmen des Wagens fest verbunden ist, sitzt ein System von Elektromagneten *S* im Kreise um die Achse. Die Magnete sind zur Sicherheit gegen Staub und Wasser mit einem Blechmantel dicht umschlossen. Vor dem Polkranz liegt der gusseiserne Anker *D*, der sich mit der Wagenachse dreht, jedoch auf der Achse in der Längsrichtung verschiebbar ist. Die mit dem Anker *D* festverbundenen Arme tragen zwei um die Punkte *K* bewegliche Fluggewichte *G*. Bei der Drehung der Achse wirken infolge der Centrifugalkraft die Gewichte *G* nach aussen und drücken mittelst ihres gabelförmigen Hebels *N* den Stelling *R* gegen die Feder *F*. Durch die Feder *F* sowohl als auch durch die Fliehkraft der Gewichte *G* wird der Anker *D* von den Polschuhen *M* abgezogen bis zu einer durch einen Anschlag begrenzten Entfernung von einigen Millimetern. Fließt Strom durch die Spulen, so wird dagegen der Anker angezogen.

Die Kräfte sind nun derart abgestimmt, dass die Magnete die Federkraft allein, nicht dagegen die Federkraft und die auf dieselbe gleichzeitig wirkende Fliehkraft der Gewichte überwinden können. Die Bremsung eines in voller Fahrt sich befindenden Wagens erfolgt durch Schliessung des Stromes, wodurch zunächst im Anker Wirbelströme entstehen, welche allein und ohne Berührung mit den Magneten die Fahrgeschwindigkeit verzögern. Mit dieser Verzögerung findet gleichzeitig eine schnelle Verminderung der auf die Gewichte G ausgeübten Fliehkraft so lange statt, bis Anker und Magnete sich völlig berühren, und durch ihre Reibung den Wagen zum Stehen bringen. Durch einen kräftigen Strom lässt sich eine schnelle und sichere Bremsung namentlich dann herbeiführen, wenn diese Bremse ausserdem mit einer Handbremse derart verbunden wird, dass die Reibung zwischen den Polen durch die Reibung der Bremsklötze an den Rädern unterstützt wird. Die oben beschriebene Bremsvorrichtung hat ferner den Vorteil, dass nach Abschluss des Stromes die Anker sofort von den Polen abgezogen werden. Eine ausgedehntere Anwendung hat Deris Bremse nicht gefunden.

Die Anordnung magnetischer Bremsen richtet sich i. A. nach der Spur bezw. nach dem zur Verfügung stehendem Raume. Bei normaler Spur und kleineren Antrieben macht man die Triebachse gleichzeitig zur Bremsachse. Bei zweiachsigen Fahrzeugen mit einem Antriebe und bei Drehgestellwagen mit zwei Antrieben werden die freien Achsen zweckmässig zu Bremsachsen gewählt.

In grossen Städten mit starkem Verkehr oder auf steilen Strassen empfiehlt es sich ausserdem, eine vom elektrischen Strom unabhängige, schnell und sicher wirkende Bremse einzuführen. In Berlin, Leipzig, auf den Oberschlesischen Strassenbahnen u. in a. O. wird die Luftdruckbremse angewandt, die in Gemeinschaft mit der elektrischen oder der Hand- bezw. Spindelbremse die gestellten Anforderungen bis jetzt am besten erfüllt.

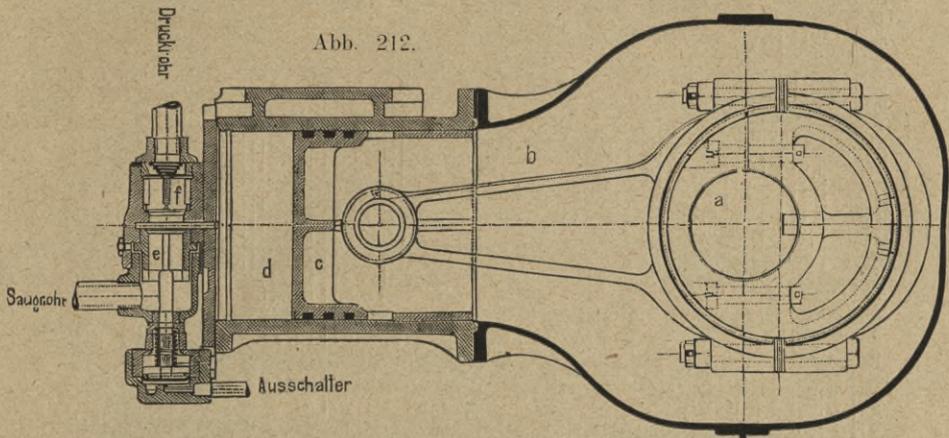
Die **Luftdruckbremse**.*) Die Hauptbestandteile der bei Strassenbahnen üblichen Luftdruckbremsen sind:

1. Die Luftpumpe.
2. Der Regulator.
3. Der Luftbehälter.
4. Der Bremscylinder.
5. Das Steuerventil.
6. Die Bremsleitung.
7. Das Bremsgestänge.

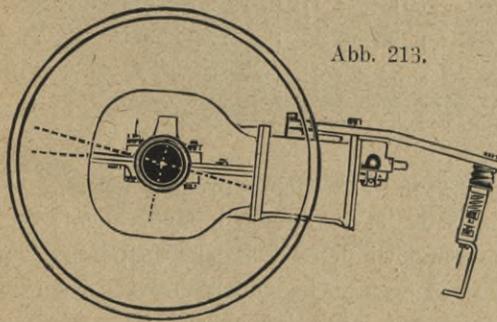
1. Die Luftpumpe. Die Antriebsvorrichtung derselben ist entweder mit einer Wagenachse fest verbunden, oder es wird ein besonderer elektrischer Antrieb angeordnet. Für mittlere Geschwindigkeiten und schwächeren Verkehr genügt die Befestigung der Antriebsvorrichtung auf einer Wagenachse, bei grösseren Geschwindigkeiten, schweren Wagen und starkem Betriebe dürfte es zweckmässiger sein, den besonderen Antrieb zu verwenden. Fest mit der Achse verbundene Antriebe sind der Excenterantrieb und der Zahnradantrieb.

*) Den Ausführungen sind die Verzeichnisse und Handbücher über die Luftdruckbremse der Firma H. H. Böker & Cp. Lichtenfelde zu Grunde gelegt.

Die Luftpumpe mit Excenterantrieb Abb. 212 besteht aus einer einfach wirkenden Luftpumpe, welche durch einen auf der Wagenachse sitzenden zweiteiligen



Excenter a vermittelt der Excenterstange b angetrieben wird. Der Kolben c ist im Cylinder d durch selbstspannende Ringe gedichtet. Das ganze Triebwerk umgibt ein zweiteiliges Gussgehäuse, welches einerseits mit dem Cylinder verschraubt und zu beiden Seiten des Excenters auf der Wagenachse gelagert ist, andererseits mit dem freien Ende entweder federnd aufliegt oder am Wagenkasten gleichfalls federnd aufgehängt wird. Eine übliche Anordnung zeigt Abb. 213. Der Cylinderdeckel enthält die über- oder nebeneinander angeordneten Ventile. Durch das Saugventil e gelangt die Luft in den Cylinder und wird beim Stoss des Kolbens durch das Druckventil f in das Druckrohr bzw. in den Luftbehälter gepresst. Unter dem Saugventil e ist ein selbsttätiger Ausschalter angebracht, der gleichfalls mit dem Luftbehälter verbunden ist, und welcher das Saugventil anhebt, wenn der Druck im Luftbehälter das zulässige Maass überschreitet, sodass dann die Pumpe leer arbeitet. Dieser Ausschalter besteht aus einem durch eine Membrane gedichteten Kolben. Strömt unter die Membrane Luft von höherem Druck ein, so wird die Spannung einer Feder überwunden, der Kolben geht in die Höhe und hebt mittelst eines Bolzens das Saugventil von seinem Sitze ab.



Die Luftpumpe mit Zahnradantrieb Abb. 214 besteht aus einer doppelwirkenden Pumpe, deren Antriebswelle a a mit der Wagenachse parallel läuft. Auf dieser Welle sitzt ein Zahnrad b, welches mit dem auf der Wagenachse aufgekeiltem Zahnrad c im Eingriff steht. Die Antriebswelle a a hat im Kolbenlager eine Kröpfung, auf welcher sich ein mit zwei Gleitflächen versehener Stein e dreht, der die Bewegung auf den Doppelkolben l überträgt. An den Luftcylindern g sitzen die Saugventile, welche durch einen gemeinschaftlichen Kanal verbunden sind, und an welche die Saugleitung mit dem Ausschalter anschliesst. Die Druckventile befinden sich über dem Cylinder und sind gleichfalls durch einen gemeinschaftlichen Druck-

Die Luftpumpe mit Zahnradantrieb Abb. 214 besteht aus einer doppelwirkenden Pumpe, deren Antriebswelle a a mit der Wagenachse parallel läuft. Auf dieser Welle sitzt ein Zahnrad b, welches mit dem auf der Wagenachse aufgekeiltem Zahnrad c im Eingriff steht. Die Antriebswelle a a hat im Kolbenlager eine Kröpfung, auf welcher sich ein mit zwei Gleitflächen versehener Stein e dreht, der die Bewegung auf den Doppelkolben l überträgt. An den Luftcylindern g sitzen die Saugventile, welche durch einen gemeinschaftlichen Kanal verbunden sind, und an welche die Saugleitung mit dem Ausschalter anschliesst. Die Druckventile befinden sich über dem Cylinder und sind gleichfalls durch einen gemeinschaftlichen Druck-

kanal verbunden, an den die Druckleitung angesetzt ist. Die Arbeit der Ventile erfolgt in derselben Weise wie bei der Luftpumpe mit Excenterantrieb. Das ganze

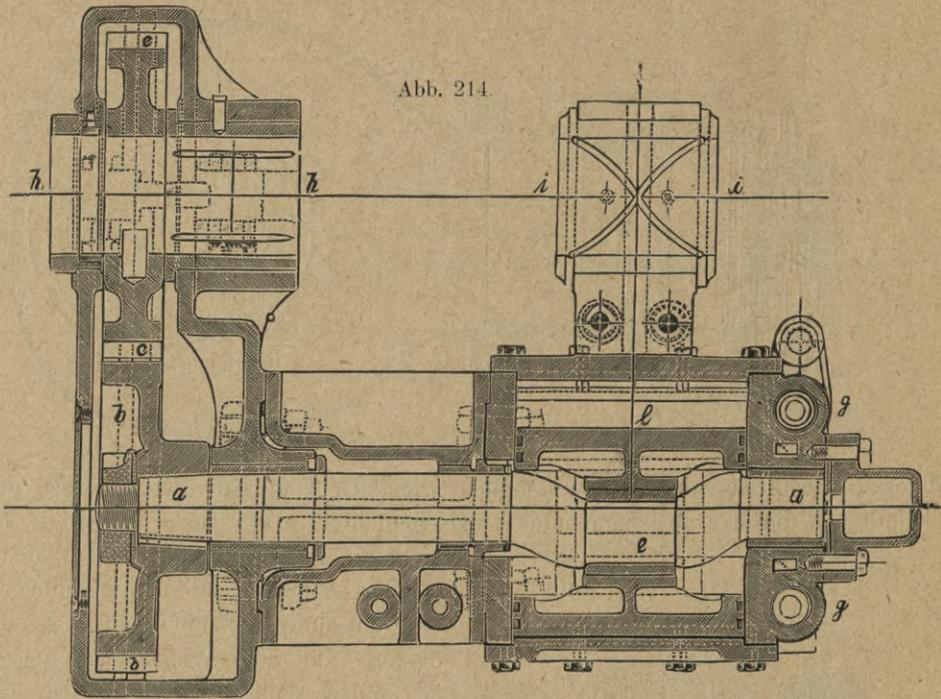


Abb. 214.

Triebwerk wird durch ein Gehäuse, das auf der Wagenachse drehbar gelagert ist, vollständig umschlossen, und zwar befindet sich das eine Lager *h h* neben dem Zahnrad *c*, während das zweite Lager *i i* mit dem Cylinderdeckel der Luftpumpe verbunden ist und die Wagenachse ebenfalls lose umfasst. Gegenüber der Achslagerung wird das Gehäuse am Untergestell des Wagens federnd aufgehangen.

Endlich erfolgt der Betrieb der Luftpumpe durch selbständige, von der Bewegung des Wagens unabhängige Antriebe, und zwar ist es dann fast stets eine kleine elektrische Kraftmaschine, welche auf der Triebwelle einer doppelt wirkenden Luftpumpe sitzt und vom elektrischen Strom in Betrieb gesetzt wird.

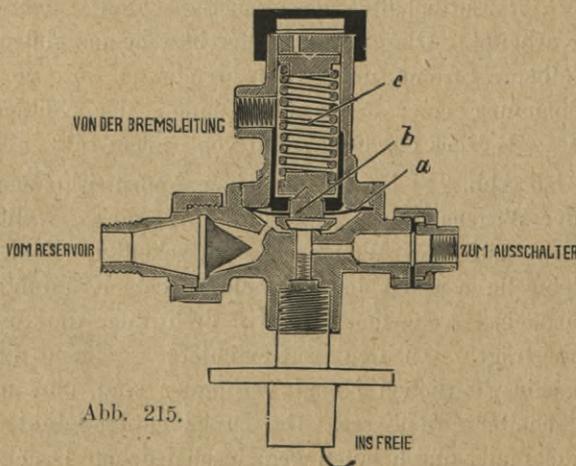


Abb. 215.

2. Der Regulator hat den Zweck den Luftdruck im Behälter auf einer bestimmten Höhe zu erhalten und falls derselbe überschritten wird, die Verbindung mit dem Ausschalter herbeizuführen. Der Regulator besteht im wesentlichen aus einem Rotgussgehäuse mit einer Membrane *a*, einem damit verbundenem Ventil *b* und einer Feder *c*, welche das Ventil *b* geschlossen hält. Durch den Luftdruck von der Bremsleitung über der Membrane und dem Luftdruck

aus dem Luftbehälter (vom Reservoir) unter der Membrane wird die Feder im Gleichgewicht gehalten. Wird der Luftdruck im Behälter grösser, so wird die Federspannung überwunden und die Verbindung vom Reservoir zum Ausschalter hergestellt. Sinkt der Druck im Luftbehälter, so drückt die Regulatorfeder das Ventil zu und die in der zum Ausschalter führenden Leitung befindliche Luft entweicht durch eine feine Oeffnung nach unten ins Freie.

3. Der Luftbehälter dient zur Ansammlung der für die Bremsung erforderlichen Druckluft. Um mehrere Bremsungen hintereinander mit Sicherheit ausführen zu können, ist es notwendig, die Behälter ausreichend gross zu bemessen und mehrere Behälter 2 bis 3 unter einem Wagen anzuordnen. Die Behälter sind aus Stahlblech hergestellt, die Nähte sind geschweisst. Auf der unteren Seite ist jeder Kessel mit einem Ablasshahn für Oel und Wasser versehen. Der Luftdruck im Behälter beträgt unter normalen Verhältnissen etwa 2,5 bis 3,0 Atm.

4. Der Bremscylinder Abb. 216 überträgt die in dem Luftbehälter angesammelte Kraft auf das Bremsgestänge des Wagens. Der Bremskolben a ist durch

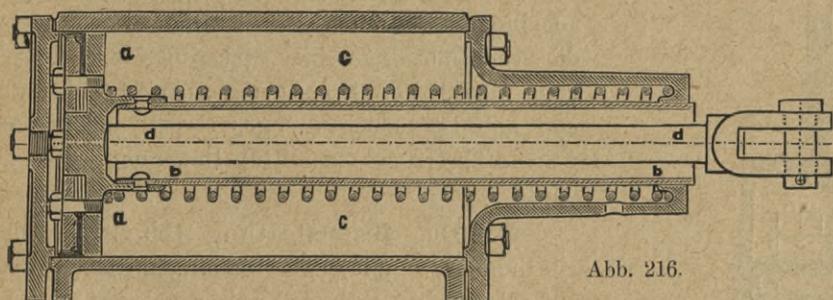


Abb. 216.

eine Leder-
manschette
gedichtet und
vermittelt
einer hohlen
Kolben-
stange b in
dem vorderen
Cylinder-
deckel ge-

führt. Eine Feder c hält den Kolben in seiner Endstellung, solange keine Druckluft die Bewegung des Kolbens veranlasst. Innerhalb der hohlen Kolbenstange bewegt sich die lose Druckstange d, welche mit ihrem gabelförmigen Ende an dem Bremsgestänge angreift. Der Kolben hat gewöhnlich einen Durchmesser von 23 cm. Der Luftdruck beträgt i. M. 2,3 kg/qcm.

5. Das Steuerventil Abb. 217 dient zum Abzapfen der für das Bremsen erforderlichen Druckluft aus den Luftbehältern und besteht aus einem einfachen Muschelschieber a, der durch ein Zahnradgetriebe b c in Bewegung gesetzt wird. Das kleine Zahnrad c sitzt auf der senkrechten Welle d, welche in der Mitte eine Kuppelung e und am oberen Ende eine Hülse f trägt, in welcher der Steuerhebel g sitzt. Die Hülse f ist mit einer Kapsel (Steuerkopf) umgeben, die oben ein Manometer h trägt. Der Steuerhebel kann nur an einer bestimmten Stelle durch die Wand des Steuerkopfes in die Hülse f eingeführt bzw. herausgezogen werden und zwar dann, wenn sämtliche Kanäle von einander abgeschlossen sind. Um stets einen vollen Eingriff des Zahnradgetriebes b c zu besitzen und einen möglichst dichten Anschluss der Gleitflächen zwischen dem Schieber a und der Grundplatte k herbeizuführen, ist die Feder i eingesetzt, deren Spannung durch eine Schraube geregelt werden kann. In der Grundplatte k befinden sich zwei Einstromungsöffnungen l und m und eine Ausströmungsöffnung n. Das Innere des Schieberkastens ist mit den Luftbehältern verbunden. Wird der Schieber nach rechts bewegt, so wird zunächst die kleine Oeffnung aufgedeckt, die Druckluft strömt

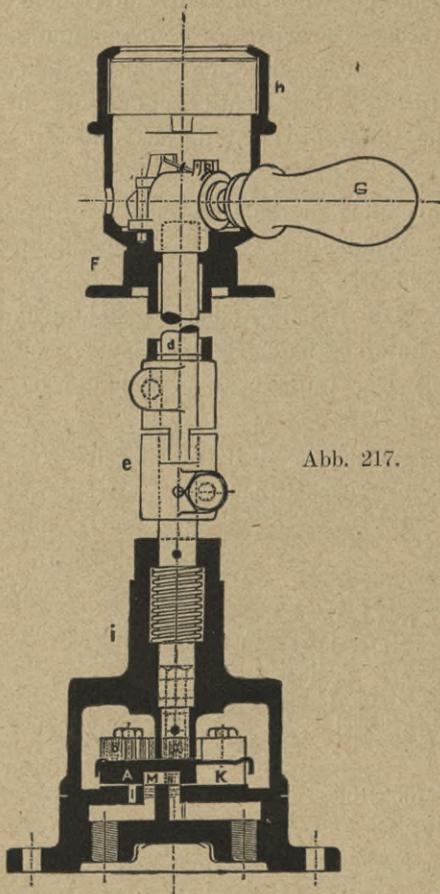


Abb. 217.

nach dem Bremscylinder und die Bremsen werden langsam angezogen. Wird durch weiteres Drehen des Steuerhebels auch die grössere Oeffnung m aufgedeckt, so werden die Bremsen schnell angezogen. Die in Abb. 217 gezeichnete Stellung des Schiebers entspricht der neutralen Stellung d. h. derjenigen mit losen Bremsen. Die Endstellungen des Schiebers werden durch den Hub des Steuerhebels, der durch am Manometerkopf vorgesehene Führungsschlitze begrenzt ist, bestimmt. Die Schiebervorrichtung wird durch ein Gussgehäuse nach Aussen völlig luftdicht abgeschlossen.

Gewöhnlich werden zwei Steuerventile am Wagen und zwar an jedem Ende eins, welches neben der Bremskurbel am Spritzblech sitzt, angebracht. Vielfach jedoch findet man auch die Anordnung nur einer Steuerung, welche alsdann direkt am Bremscylinderdeckel befestigt und mittelst Schieberstange, Hebel und Kette vom Führerstand aus in Bewegung gesetzt wird.

6. Die Bremsleitung Abb. 218. Die Luftpumpe a mit dem Zahnradantrieb b ist auf der freien, kleinen Achse gelagert. Von der Luftpumpe führt die Druckleitung nach dem Luftbehälter c, welcher mit einem zweiten Behälter g durch das Rohr f direkt verbunden ist. In die Druckleitung ist vor den ersten Behälter ein Rückschlagventil eingeschaltet, welches die Druckventile der Luftpumpe entlastet und beim Bruch der Leitung, die über der Achse den Einwirkungen der Stösse am meisten ausgesetzt ist, ein plötzliches Ausströmen der Luft aus den Behältern verhindert. Von den Luftbehältern führt die Druckleitung i nach den Steuerventilen o an den Wagenenden und geht von den Ventilen o als eigentliche Bremsleitung s nach dem Bremscylinder t. An die Druckleitung i ist bei k der Regulator l, der gewöhnlich im Innern des Wagens unter den Sitzen liegt, angeschlossen. Von dem Regulator l geht ein Verbindungsschlauch m nach dem Ausschalter der Luftpumpe, während ein zweites Rohr n eine Verbindung zwischen dem Federraum des Regulators mit der Bremsleitung s herbeiführt. Von den Steuerventilen o geht ein Ausblasrohr abwärts und endet unter dem Wagen in dem Schalldämpfer z. Die senkrechte Welle des Steuerventils führt zum Steuerhebel q über welchem der Manometerkopf p sitzt. Die Enden der Bremsleitung u sind nach oben geführt und dort mit einer Schlauchkuppelung w für den Anschluss der Anhängewagen versehen. Am Kopf der Spritzbleche sind Blindkuppelungen x befestigt, in welche die nicht benutzte Kuppelung eingegangen wird.

7. Das Bremsgestänge ist sowohl für die Handbremse als auch für die Luftdruckbremse eingerichtet. Abb. 218. Wird die Handkurbel durch Rechts-

drehung angezogen, so bewegt sich der liegende Hebel 1 2 3 um Punkt 2 und 3, wodurch einerseits der Arm 4 5 und damit die hängenden Hebel 6 7 und 8 9 in Tätigkeit gesetzt werden; andererseits wird durch Uebertragung der Bewegung auf die Hebel 9 10 und 11 12 und Drehung derselben um die festen Punkte 0 und 11 der Arm 13 14 und damit die hängenden Hebel 14 15 und 16 17 betätigt, bzw. die Bremsklötze angezogen. Der kleine Hebel 18 dient als Ausgleichhebel und bewirkt die gleichmässige Bewegung des Gestänges, wodurch auch ein gleichmässiges Anpressen aller Bremsklötze erreicht wird.

Bei der Luftdruckbremse greift die Kolbenstange des Bremszylinders t an den Hebel 9 10 an, wodurch genau dieselbe vorhin beschriebene Bewegung herbeigeführt wird.

Wirkungsweise der Bremse. Bei den mit einer Wagenachse fest verbundenen Antrieben beginnt die Luftpumpe bei der Abfahrt des Wagens vom Bahnhofe zu arbeiten und braucht bis zur Füllung der Behälter auf 2 Atm. einen Weg von durchschnittlich 300 bis 500 m. Soll ein Luftdruck von 2,5 bis 3,0 Atm. erreicht werden, so muss die Fahrt auf einen längeren Weg etwa bis 1000 m ausgedehnt werden. Bis zu diesem Zeitpunkte ist von der Handbremse Gebrauch zu machen. Wird der Luftdruck noch höher, so treten Regulator und Ausschalter in

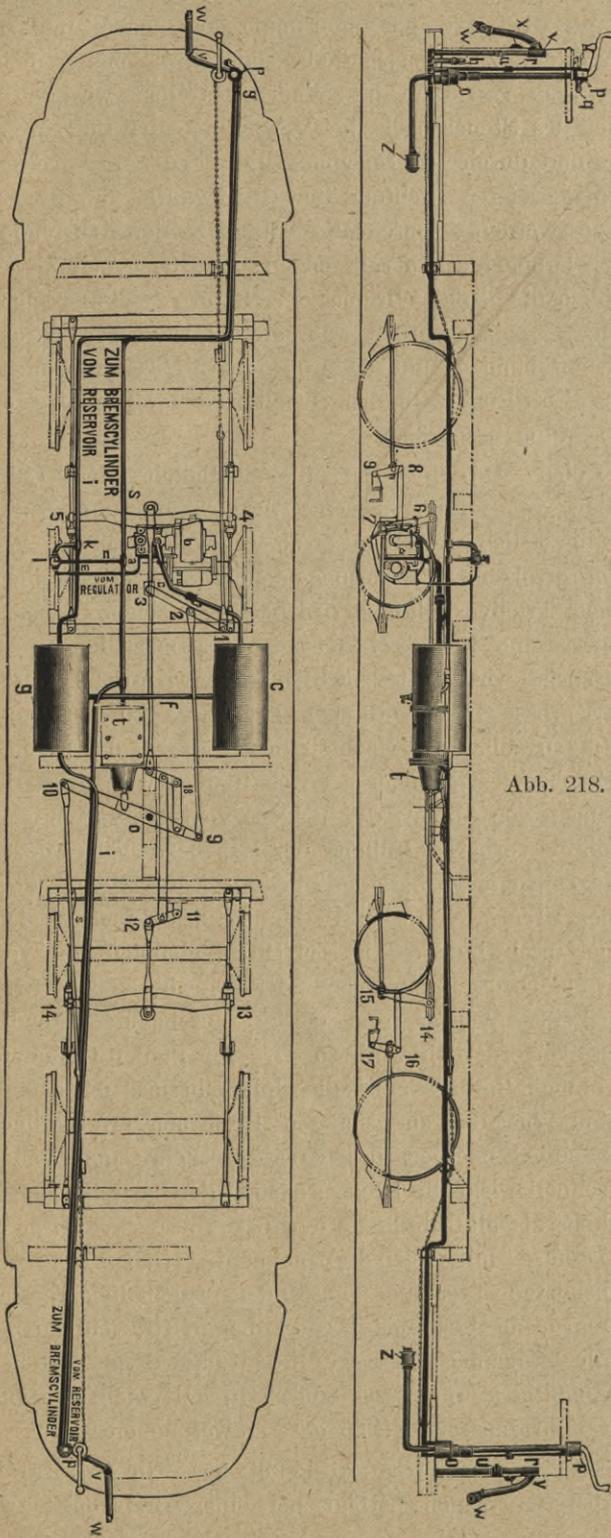


Abb. 218.

Tätigkeit und die Pumpe läuft leer bis zu dem Augenblick der ersten Bremsung. Sobald Luft zum Bremsen abgezapft wird, arbeitet die Pumpe von neuem und ersetzt die verbrauchte Luft noch während der Bremsperiode, sodass im Behälter nicht ganz der höchste Druck noch vor dem Stillstand des Wagens erreicht wird. Für die Weiterfahrt wird durch Drehung des Steuerhebels die Verbindung der Luftleitung mit der Auspuffleitung hergestellt und durch die Spannung der Feder der Kolben im Bremszylinder nach der entgegengesetzten Richtung bewegt, wodurch die Bremsklötze von den Rädern abgezogen werden. Durch die Tätigkeit der Luftpumpe während der Bremsdauer wird der Druckabfall in sehr engen Grenzen gehalten, sodass bis auf die erste Anfahrt ziemlich die höchste Wirkung der Bremsen stets gesichert ist. Ferner wird der Hauptteil der Ergänzungsarbeit während der Bremsperiode aus der lebendigen Kraft des Wagens entnommen und dadurch der Mehrverbrauch an Strom, der für die Erzeugung des Luftdruckes in den Behältern beim Ingangsetzen des Wagens erforderlich ist, wesentlich beschränkt.

Bei Verwendung eines freien Antriebes ist die Tätigkeit der Luftpumpe unabhängig von der Bewegung des Wagens. Die Füllung des Luftbehälters kann zu jeder Zeit in beliebiger Höhe erfolgen, sodass auch nach wiederholten, schnell hintereinander erfolgenden Bremsungen noch der erforderliche Betriebsdruck übrig bleibt. Als freie Triebvorrichtung wird bei elektrischen Bremsen, wie schon früher bemerkt, durchweg eine kleine elektrische Kraftmaschine angewendet, welche vom Fahrstrom gespeist wird. Als Nachteil dieser Antriebe gelten die hohen Anlagekosten und der grosse Stromverbrauch zum Bewegen der Luftpumpe, welcher 15 bis 18 % betragen soll. Als Nachteil der Bremsen, deren Luftpumpe durch einen auf der Wagenachse feststehenden Antrieb bewegt wird, wird die späte Inbetriebnahme der Bremse nach der Abfahrt des Wagens vom Wagenschuppen angesehen, ein Nachteil, der sich durch vorherige Füllung der Kraftluftbehälter durch besondere im Schuppen aufgestellte Luftpumpen beseitigen liesse. Ein weiterer Nachteil liegt in der Abhängigkeit der Bremse von der Bewegung des Wagens. Die Bewegung des Wagens bzw. seine Geschwindigkeit ist bei Strassenbahnen eine verhältnismässig kleine, durch welche ein Druck im Bremszylinder von höchstens 3 Atm. erreicht werden kann. Da im Strassenverkehr ein häufig aufeinanderfolgendes Anhalten bzw. Bremsen des öfteren erforderlich wird, so wird die in den Cylindern vorhandene Luft sehr schnell verbraucht und es muss die Spindelbremse mit Handbetrieb solange in Tätigkeit treten, bis der zur sicheren Bremsung erforderliche Luftdruck wieder erreicht ist. Da die Sicherheit des Strassenverkehrs unter allen Umständen eine stets sicher und schnell wirkende Bremse namentlich bei Fahrzeugen, welche eine höhere Geschwindigkeit als alle übrigen Fuhrwerke besitzen, verlangt, so sollte an der Einführung von Bremsen mit freien Luftpumpen-Antrieben trotz der höheren Anschaffungs- und Betriebskosten unter allen Umständen festgehalten werden, und zwar muss diese Luftdruckbremse als Gebrauchsbremse möglichst leicht zu bedienen sein. Als Notbremse würde zweckmässigerweise die Handbremse bestehen bleiben können, die nur dann zu betätigen wäre, wenn durch irgend einen Umstand die Luftdruckbremse während der Fahrt ausser Betrieb gesetzt werden müsste.

Das Gewicht vierachsiger leerer Wagen beträgt rd 12000 kg. Die Bremskraft der mit Luftdruckbremsen ausgerüsteten Wagen beträgt bei einer Bremsung etwa 90 % des Leergewichtes.

Die **Untergestelle** müssen die Last sicher tragen können und eine genügende Beweglichkeit besitzen. Sie müssen in den Lagern und gegen den Wagenkasten gut abgedefert sein, um starke Stöße, die namentlich für die Antriebe gefährlich sind, zu vermeiden. Endlich muss der Wagenkasten leicht abnehmbar sein, um Ausbesserungen am Untergestell und den einzelnen Teilen bequem ausführen zu können.

Anfangs hatte man die Untergestelle der Strassenbahnwagen denjenigen von Hauptbahnen nachgebildet.

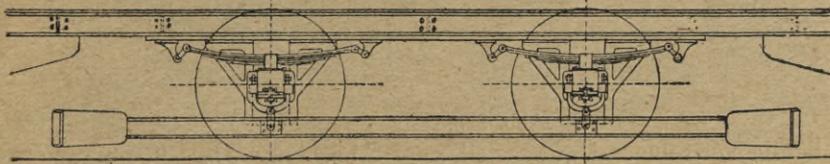


Abb. 219.

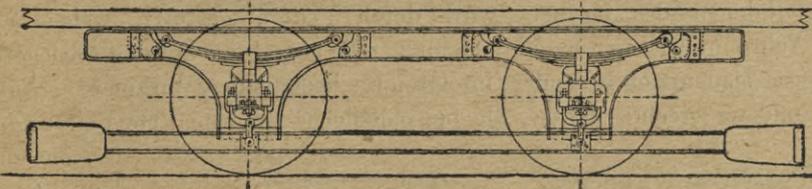


Abb. 220.

wenn sie mit möglichst langen Blattfedern und kleinen Rädern ausgerüstet sind. Die hohe Schwerpunktslage der ersten direkten Nachbildungen war jedoch ein Fehler, der bei den starken Krümmungen der Strassenbahnen sehr in Erscheinung trat. Hierzu kam, dass einseitig belastete Plattformen ein starkes Nicken und die hohen Räder ein heftiges Schlingern verursachten. Diese Beobachtungen, ferner die Notwendigkeit der Anwendung von Lenkachsen und Drehgestellen zwangen zunächst dazu, Antrieb und Bremsvorrichtung vom unteren Rahmen des Kastens abzulösen und diese Vorrichtungen mit dem Untergestell zu verbinden. Die stark wechselnden Belastungen, die häufigen, kräftigen Stöße und Erschütterungen machten dazu eine gute Abfederung des Gestelles und des Wagenkastens erforderlich. Aus diesen

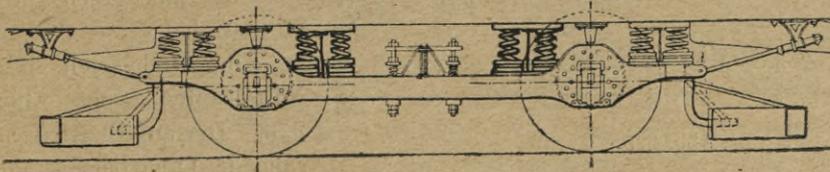


Abb. 221.

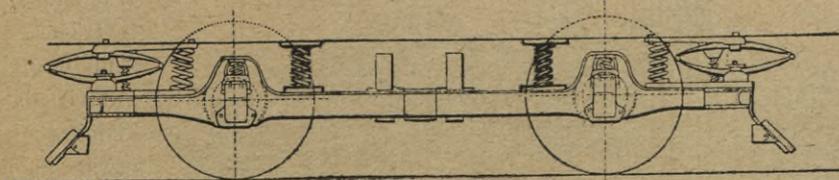


Abb. 222.

Hauptbahnen nachgebildet. Die Abb. 219 und 220 zeigen Formen, die noch heute vornehmlich bei Anhängewagen üblich sind. Wagen auf diesen Gestellen laufen namentlich dann ruhig,

Gründen ist man zu der Bauart Abb. 221 und 222 übergegangen. Hierbei verbinden beide Achshalter die Achsen und tragen auf ihrer auslegerartigen Verlängerung

die Federn für den Kasten. Ausserdem sind die Achshalter gegen die Achsen

selbst abgefedert. Hierdurch wird bei nicht zu weiten Auslegern eine sichere Auflagerung des langen Wagenkastens, eine Verminderung der nickenden Bewegung und vor allem eine tiefe Schwerpunktslage des Fahrzeugs erreicht. Ferner gestattet diese Abfederung Wagen mit grösseren Fassungsräumen herzustellen.

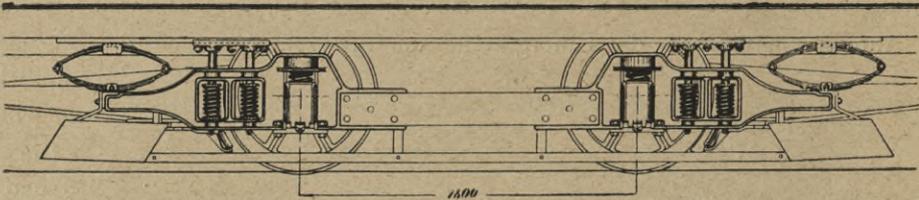


Abb. 223.

Ein sehr häufig vertretenes Untergestell zeigt Abb. 223. Dasselbe besteht aus zwei aus Stahlblech gepressten Achshaltern, welche gabelförmig die beiden Achslager umfassen. Die Achshalter sind an beiden Enden durch Uförmige Querstreifen verbunden. Der Rahmen des Kastens wird durch Federn gestützt, welche an beiden Seiten der Achse im Ausleger angeordnet sind. Die ausserdem auf den Auslegern sitzenden Blattfedern eignen sich besonders infolge ihrer hemmenden Wirkung zur Aufnahme lotrechter und wagerechter Stösse, die bei plötzlicher Bremsung stets eintreten.

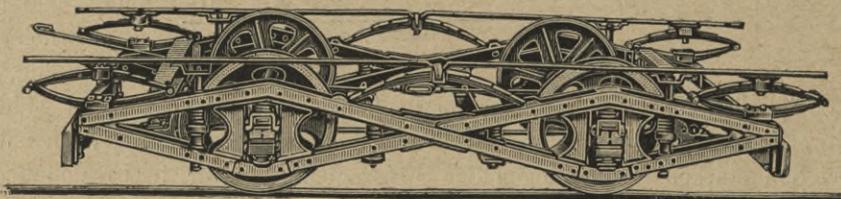


Abb. 224.

Eine andere elegantere Form zeigt Abb. 224. Der Achshalter besteht hier aus Flacheisenstäben, über deren Schnittpunkten die Blattfedern bequem eingepasst worden sind.

Drehgestelle sind bereits früher auf Seite 113 eingehend behandelt. Die Abfederung der Drehgestelle erfolgt meistens nach Abb. 225, eine Anordnung, die sich bis jetzt recht gut bewährt hat.

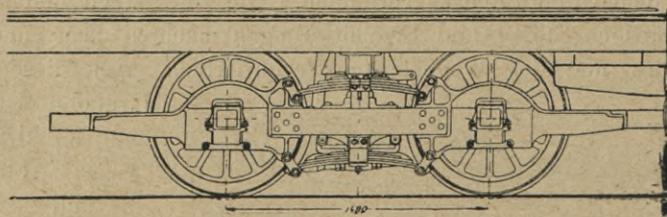


Abb. 225.

Ein Drehgestell mit Mittelzapfen zeigt Abb. 226. Der auf Blattfedern ruhende Querträger trägt dicht neben dem Scheitel der Federn ein Gleitstück, auf welchem ein entsprechender

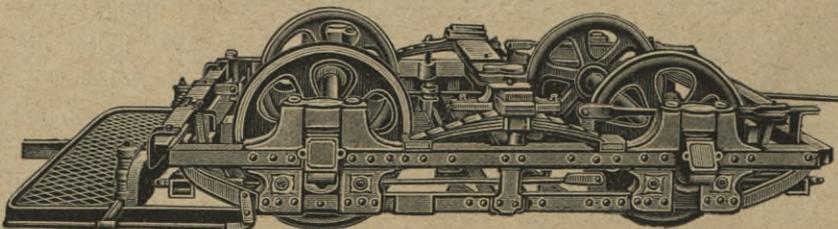


Abb. 226.

Kastenquerträger schleift, und zwar ist das Gleitstück etwas nach innen verschoben, um Seitenstösse

sicherer auf die Federn übertragen zu können. Der Mittelzapfen ist unbelastet und hat nur die Aufgabe der Führung.

Am meisten Schwierigkeiten bei Drehgestellen macht sowohl die Durchführung des Bremsgestänges als auch das Anbringen grösserer Antriebe. Man hat deshalb

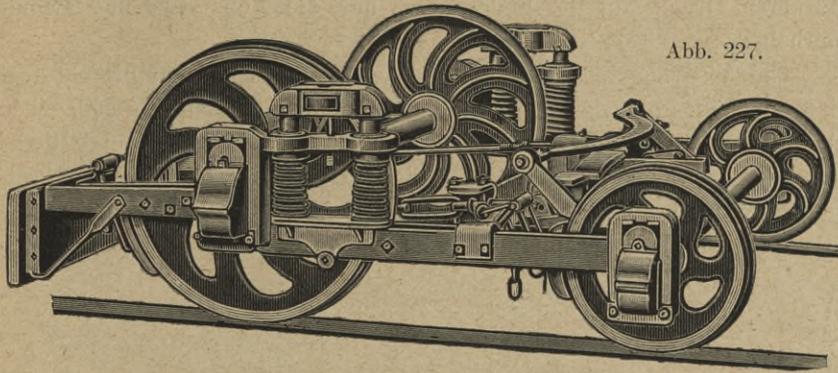


Abb. 227.

Drehgestelle nach Abb. 227 und 228 zur Ausführung gebracht, bei denen das eine Rad etwas kleiner ist. Hierdurch wird die Last des Wagens ungleich-

mässig etwa im Verhältnis 1:4 auf die Achsen verteilt. Die grösseren Triebräder

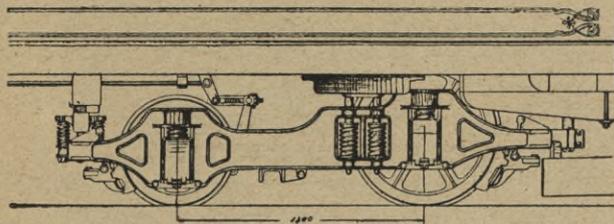


Abb. 228.

liegen vorn bzw. hinten nahe am Drehpunkt, während die Leiträder kleineren Durchmesser haben und nach innen zu liegen. Bei dieser Anordnung kann das Gestell niedrig und der Rahmen kurz gehalten werden. Die über den Spiralfedern angebrachten

Rollenträger Abb. 227 übernehmen infolge des Fehlens eines Mittelzapfens das Tragen und die Führung des Kastens. Der Antrieb- und das Bremsgestänge, sowie alle Bremsvorrichtungen können sehr bequem durchgeführt werden. Ausserdem wird diesen Gestellen der Vorzug nachgerühmt, dass sie sich in Krümmungen bequem und sicher nach dem Mittelpunkt zu einstellen, und infolgedessen die Krümmungen leichter durchfahren als Drehgestelle mit gleichen Rädern, ein Vorzug, den die Wirklichkeit leider nicht bestätigt hat. Im Gegenteil zeigen die kleinen Räder infolge ihrer geringen Belastung und der steifen Verbindung der Nebenachse mit der Hauptachse die Absicht aufzulaufen, sodass alle Krümmungen vorsichtig und mit mässiger Geschwindigkeit durchfahren werden müssen. Trotzdem finden diese Drehgestelle mehr und mehr Verbreitung, weil sie ein bequemes Anbringen des Bremsgestänges, des elektrischen Antriebes, der Luftpumpen usw. gestatten und ausserdem bei Ausbesserungen ein leichtes Abnehmen des Wagenkastens zulassen,

Vorzüge, die namentlich für schmalspurige Wagen von grosser Bedeutung sind. Den Nachteil des Auflaufens der kleineren Räder und der dadurch bedingten langsamen Fahrt in Krümmungen sucht man auf jede Weise zu beseitigen. Die Firma H. H. Böker

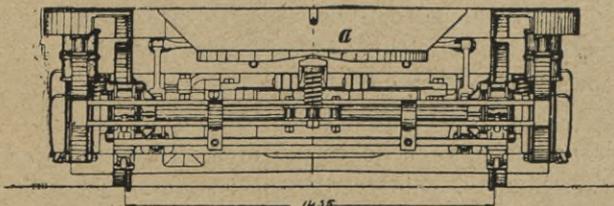
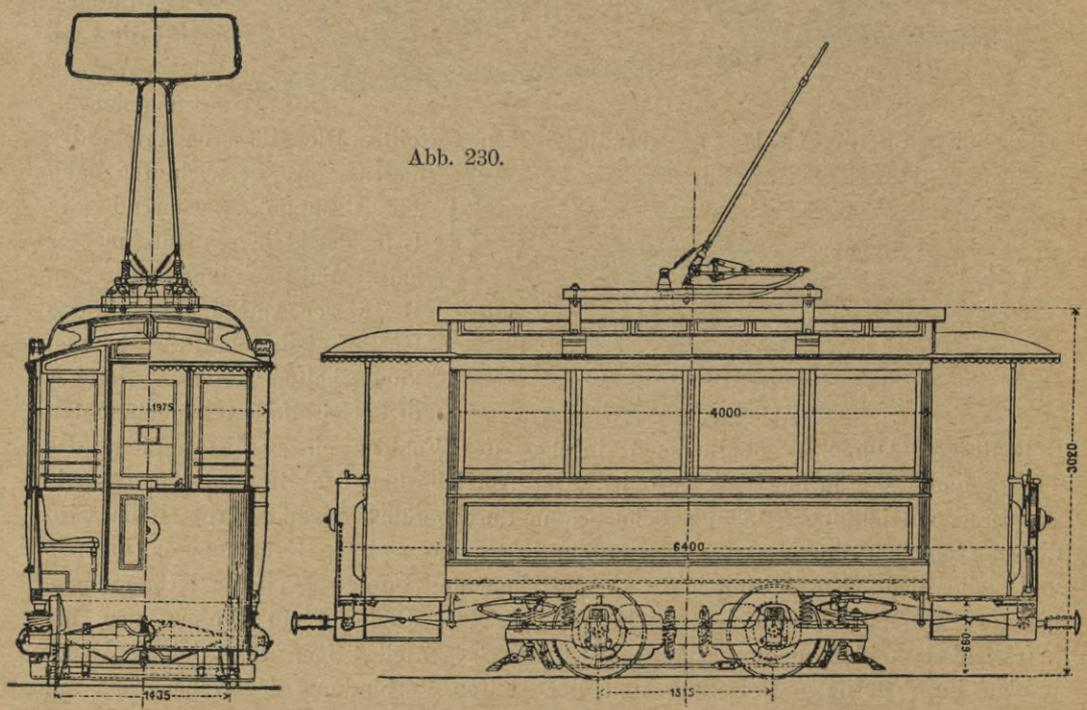


Abb. 229.

Lichterfelde hat eine Anordnung getroffen, die in Abb. 229 dargestellt ist. Auf der

Mitte der kleinen Achse sitzt ein federnder Bolzen, dessen runder Kopf an einem geschweiften Gleitrahmen des Wagenkastens a gleitet. Beim Eintritt in die Krümmung dreht sich das Gestell unter dem Kasten und damit der Bolzenkopf unter dem Gleitstück. Infolge der schrägen Flächen des Gleitstückes übt das Kastengewicht einen stärkeren Druck auf die Feder bzw. auf die Achse aus und zwingt dieselbe zum Spurhalten.

Obergestelle und Wagenkasten. Das Obergestell der Triebwagen besteht fast durchweg aus eisernen Längsrahmen oder bei kleineren Wagen aus eisenbeschlagenen Holzträgern, welche durch Stirn und Querriegel verbunden sind. Rahmen und Riegel werden meist aus U-Eisen gleicher Stärke gebildet. Die Unterzüge für die Plattformen sind an den Stirnriegeln oder den Rahmen befestigt und werden an den Längsseiten eingezogen um Raum für die Stufen zu gewinnen. Abb. 231. Bei zwei-

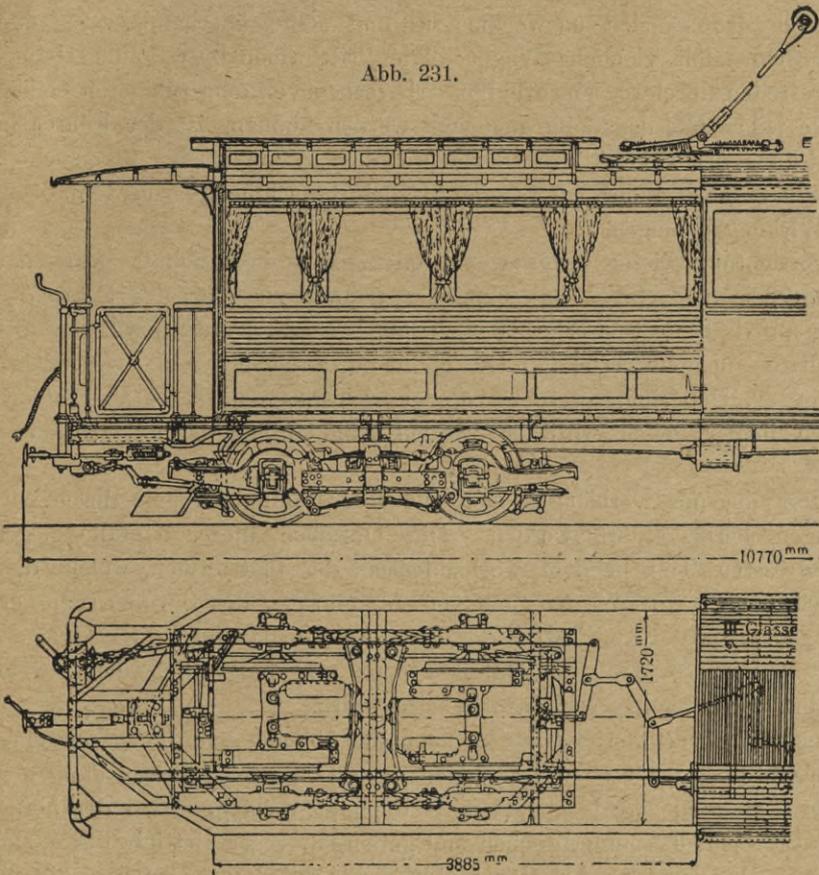


achsigen Wagen sitzen an den Stirnriegeln die Vorrichtungen zur Aufnahme der Zug- und Stossvorrichtungen sowie der Bremshebel. Bei Drehgestellwagen sind dieselben dagegen am Rahmen des Untergestells befestigt. Die Abb. 230 stellt einen häufiger ausgeführten zweiachsigen Triebwagen mit 1,435 m Spur vor, während Abb. 231 einen Triebwagen auf Drehgestellen mit 1,00 m Spur zeigt.

Der Bau, die Ausrüstung, die Anordnung der Sitze usw. des Wagenkastens erfolgt nach den auf Seite 117 angegebenen Gesichtspunkten. Als besondere Ausrüstungsgegenstände für den Triebwagen sind hervorzuheben die Sandstreuer und die Fangschutzevorrichtungen.

Sandstreuer sind erforderlich, um bei glatten Schienen durch streuen von Sand ein Schleudern der Triebräder zu verhindern. Sie werden meist unter den Sitzbänken angebracht und bestehen aus einem Trichter mit Schieber und Streurohr und zwar wird der Schieber durch Fuss oder Hand vom Führer bedient. Bei Luft-

Abb. 231.



druckbremsen empfiehlt es sich, ein Sandgebläse mit den Luftbehältern in Verbindung zu setzen.

Schutzvorrichtungen.

Zum Schutz gegen Ueberfahren von Personen und Tieren werden an der Stirnseite des Wagens Fangnetze aus Drahtgeflecht nach Abb. 226 angebracht. Der Abstand des tiefsten Punktes des Fangnetzes von der Schienoberkante be-

trägt etwa 6 bis 10 cm. Ausserdem werden dicht vor den Rädern Bahnräumer und an den Seiten Streichlatten befestigt.

Die Fangvorrichtung an der Stirn des Wagens hat eine mehr als zweifelhafte Wirkung. Abgesehen davon, dass sie die Aufmerksamkeit des Führers von vorn und den Seiten nach unten ablenkt, bietet der kräftige, tiefe Stoss bei schnellerer Fahrt des Wagens keine Sicherheit gegen Unfälle. Ausserdem wird bei der stark nickenden Bewegung des Fahrzeuges und der federnden Aufhängung der Fangvorrichtung ein liegender Körper sehr selten aufgefangen bezw. aufgehoben.

Die Hauptursachen der meisten Unfälle sind in der Bauart der Wagen und in der Unvorsichtigkeit der Menschen zu suchen. Die grosse, freie Länge der Plattformen, welche die Achsen auslegeartig überragen, bewirken die stark nickende Bewegung der Wagen, die durch eine einseitige Belastung noch mehr gesteigert wird. Dieser freie Ueberstand hat bei einzelnen zweiachsigen Wagen bereits die bedenkliche Länge von 3,50 m bis zur Bufferscheibe gemessen erreicht, während der feste Achsstand nur 1,70 m beträgt. Wird eine Person umgefahren und, was gewöhnlich der Fall ist, von der Fangvorrichtung nicht aufgenommen, so muss die hämmernde Bewegung des vorderen Teiles von vernichtender Wirkung werden. Gelingt es dem Körper bis an die Bahnräumer, die etwa 1,5 m freitragend vor der Achse sitzen, zu kommen, so wird er bei der Aufwärtsbewegung der Räumer und

der gleichzeitigen Vorwärtsbewegung des Wagens zermalmt. Die Anordnung überstehender Wagenteile ist an sich unzweckmässig und sollte überhaupt vermieden werden. Es empfiehlt sich vielmehr Wagen ohne Plattformen bezw. ohne Ueberstände auf Drehgestellen durchweg einzuführen. Abgesehen von dem ruhigeren Gange dieser Wagen, die jedem Fassungsraum angepasst werden können, ist der Führer in der Lage die Wirkung der Bremsklötze an Rädern, die fast unmittelbar unter seinen Füßen sich befinden, ganz anders zu regeln, als bei Bremsklötzen, die 3 bis 4 m hinter ihm zur Wirkung gelangen.

Die Fangvorrichtung bietet somit wenig oder gar keinen Schutz gegen das Ueberfahren. Dagegen erscheint es zweckmässiger, durch elastische Vorrichtungen getroffene Körper auf die Seite zu werfen oder zu schieben. Aber auch durch derartige Anordnungen dürften nennenswerte Erfolge nicht zu erreichen sein. Der beste Schutz gegen ein ev. Ueberfahrenwerden ist der Selbstschutz, da es aber unvorsichtige Menschen immer geben wird, so werden auch Unfälle durch Ueberfahren niemals aufhören.

Etwas anders dagegen verhält es sich mit den Unfällen, welche durch vorzeitiges Abspringen herbeigeführt werden. Die Ursachen dieser Unfälle liegen gleichfalls zum grössten Teil in dem Vorhandensein der Plattformen, welche dem Fahrgast die Gelegenheit zum Warten und zur Ausführung des Sprunges am ersehnten Punkte geben. Mit dem Fortfall der Plattform verschwindet diese Gelegenheit und damit auch diese Art von Unfällen ganz und namentlich dann, wenn während der Fahrt der Wagen geschlossen gehalten wird.

Nicht zweckmässig für den Betrieb ist auch die übliche Anordnung nur einer Ein- und Aussteigeöffnung. Durch das Drängen nach Innen und Aussen staut sich der Verkehr, der Aufenthalt wird an jedem Haltepunkt verlängert und der übrige Verkehr auf der Strassenhälfte unterbrochen und gefährdet. Der Betrieb liesse sich sehr wohl derart regeln, dass der Aufstieg hinten der Abstieg vorn erfolgen könnte.

Für die Sicherheit des Betriebes wäre es ferner erwünscht, den Schaffner durch Vereinfachung des Fahrkartenverkaufes zu entlasten und ihm Strassenbahn-Polizeibefugnisse zu übertragen, die ihn in den Stand setzen und es ihm zur Pflicht machen, den Betrieb besser zu überwachen und zu regeln. Der Fahrgast hat nicht allein das Recht für sein Geld nur befördert, sondern auch das weitere Recht sicher bis zum Endpunkt seiner Fahrt gebracht zu werden.

Das **Gewicht** der Triebwagen richtet sich nach der Grösse des Wagens bezw. der Anzahl der Plätze und der Zahl der Antriebe. Das Eigengewicht zweiachsiger Triebwagen mit zwei Antrieben wird im Band II der „Eisenbahn-Technik der Gegenwart“ angegeben zu

$$G_{kg} = 6000 + (n - 16) 150$$

n = Anzahl der Sitzplätze.

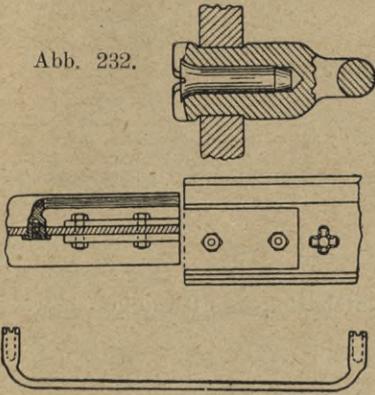
Die Anzahl der Stehplätze ist gleichbleibend zu 10 bis 12 angenommen. Das Eigengewicht der Wagen mit Drehgestellen ist wesentlich höher und kann für grosse Wagen i. M. zu 12 000 kg angenommen werden.

e. Stromrückleitung.

Zur Rückleitung des Stromes dienen die Gleise. Die Erde als Rückleitung zu benutzen hat sich nicht bewährt, da die auftretenden Erdströme das oberirdische

Leitungsnetz zu ungünstig beeinflussen und ferner die elektrische Wirkung des Stromes auf die im Erdboden liegenden Gas- und Wasserrohre eine schädliche ist. Man sucht deshalb jede Ableitung des Stromes von den Schienen nach der Erde zu vermeiden. Zu diesem Zwecke werden die Schienenenden durch besondere

Abb. 232.



Leitungsstücke verbunden, um Stromunterbrechungen bei Rostbildungen zwischen Laschen und Schienen auszuschliessen. Abb. 232. Der Verbindungsbügel besteht aus einem Kupferkabel, dessen verstärkte Enden in genau passende Schienenlöcher, deren Wandung vorher blank gerieben wird, gesteckt und schliesslich durch einen eingesetzten Dorn aufgetrieben werden. Diese Bügel müssen ausreichend lang bemessen werden, damit sie bei der Längswanderung der Schienen oder infolge von Stössen nicht gelockert werden. Ausser diesen Längsverbindungen werden alle 100 m Querverbindungen von Schiene

zu Schiene derselben Art hergestellt. Bei zweigleisigen Strecken werden ferner alle 250 bis 300 m beide Gleise nochmals durch Querbügel verbunden.

f. Kosten elektrischer Strassenbahnen.

Anlagekosten. Ueber Anlagekosten ausgeführter Bahnen können allgemein gültige Angaben nicht gemacht werden. Die Höhe der Kosten ist im wesentlichen abhängig von der Ausdehnung des Bahnnetzes, der Dichte des Verkehrs und von der Güte der Strassenbefestigung. Jedoch lässt sich die Kostenhöhe für jeden einzelnen Fall auf Grund eines gut durchgearbeiteten Entwurfes, der zugehörigen Fahr- und Betriebspläne usw. mittelst des Kostenanschlages bestimmen. Jede Anlage einer Strassenbahn muss zunächst durch einen Entwurf klargelegt werden. Der Entwurf umfasst:

1. Die Herstellung eines Uebersichtsplanes, in welchen alle Bahnlinsen, die Lage der Kraft und Unterstationen und die in das Verkehrsgebiet fallenden Stadtteile einzutragen sind.

2. Die Darstellung der einzelnen Strassenzüge durch Sonderentwürfe. Die zugehörigen Lage und Höhenpläne, Querschnitte usw. müssen alle Gleise, Ausweichungen, Maste, Leitungen usw. genau erkennen lassen. Unter den Höhenplänen sind die Fahr- und Kraftpläne anzugeben. Endlich ist für jede Strasse eine besondere Massenberechnung aufzustellen.

3. Die Herstellung von Sonder-Plänen für die Kraftstationen und zwar für die Haupt- und Unterstationen. Diese Pläne sind sowohl für den Bau aller Gebäude als auch für den Bau und die Aufstellung der Kessel, der Maschinen, Speicher usw. anzufertigen. Den Zeichnungen sind genaue Berechnungen der Kraftstation und aller Teile sowie ev. ein kurzer Erläuterungsbericht beizufügen.

4. Die genaue Darstellung des Oberbaues, aller Betriebsmittel, insbesondere diejenige der Triebwagen.

Auf Grund der Pläne und im Anschluss an dieselben ist der Kostenanschlag für die Bauausführung aufzustellen, welcher die Kosten für den Grunderwerb, die

Materialien und für die Arbeit zu umfassen hat. Für die Zusammenstellung der Baukosten hat sich folgende Form als zweckmässig erwiesen.

I. Grunderwerb.

II. Kraftstationen.

1. Hauptstation.

a. Hochbauten.

b. Kessel, Maschinen, Speicheranlage.

2. Unterstation.

III. Oberbau.

1. Bahnkörper.

2. Gleise und Weichen.

IV. Leitung.

1. Hochleitung.

a. Zuleitung, Speiseleitung, Arbeitsleitung, Luftweichen usw.

b. Sicherungsanlagen.

c. Rückleitung.

2. Tiefleitung.

V. Betriebsmittel.

1. Triebwagen.

2. Anhängewagen.

VI. Ausrüstung der Bahnanlagen.

1. Streckenausrüstung.

2. Uniformierung und Ausbildung der Beamten.

3. Arbeiterkrankenkasse, Beamtenversicherung usw.

VII. Vorarbeiten.

VIII. Bauleitung.

IX. Zinsen während der Bauzeit, unvorhergesehene Fälle und Insgemeinkosten.

X. Deckung etwaiger Ausfälle in den ersten Betriebsjahren.

XI. Kursverluste.

XII. Erste Dotierung der Rücklagen, Reserve u. a. Fonds.

Nach der Zusammenstellung verschiedener ausgeführter Bahnanlagen mit Hochleitung verteilen sich die Kosten für 1 km Bahnlänge ohne Grunderwerb im grossen Ganzen wie folgt:

II. Kraftstation	33,0 %
III. Oberbau in gepflasterten Strassen ohne Betonbettung	25,0 „
IV. Leitungen	12,5 „
V. Betriebsmittel	20,0 „
VI. Ausrüstung der Bahnanlagen	1,5 „
VII. Vorarbeiten	0,5 „
VIII. Bauleitung	1,0 „
IX. Zinsen während der Bauzeit usw.	4,0 „
X. Deckung etwaiger Ausfälle in den ersten Betriebsjahren	1,5 „
XI. Kursverluste	0,5 „
XII. Erste Dotierung der Rücklagen	0,5 „

Den gesamten Unterlagen ist ein gut durchgearbeiteter Erläuterungsbericht beizufügen.

Betriebskosten. Die Betriebskosten zerfallen in die Ausgaben für den Betrieb, für den Erneuerungsfond und diejenigen für die Verzinsung und Tilgung des Anlagekapitals.

Die Betriebsausgaben umfassen die jährlichen Kosten für die Betriebsmaterialien, die Gehälter und Löhne, die Instandhaltung und Ausbesserung der gesamten Betriebsanlage.

Als Betriebsmaterial kommt bei Anlagen mit Dampftrieb zunächst der Kohlenverbrauch in Betracht. Für das Anheizen der Kessel rechnet man etwa 2 bis 3 kg Kohlen auf 1 qm Heizfläche, für den Betrieb selbst bringt man erfahrungsgemäss bei Eincylindermaschinen 2 bis 3 kg, bei Compoundmaschinen 1 bis 2 kg für die eff. geleistete P.S.-Stunde in Ansatz. Bei Gasbetrieben rechnet man 0,5 bis 1 cbm Gas, bei Petroleumbetrieben 0,5 bis 1,0 l Petroleum für die P.S.-Stunde und zwar gelten die kleineren Zahlen für grössere und gute Maschinen.

Den Verbrauch von Oel, Schmier- und Putzmaterialien kann man für Dampftrieb bei grösseren Anlagen mit 2 bis 3 Pf. für die P.S.-Stunde ansetzen. Bei kleineren Dampfanlagen, bei Gas- und Petroleummaschinen etwa das doppelte.

Die Stromkosten sind bei kleineren Anlagen höher als bei grossen und betragen bei Kraftstationen von 500 K W Leistung etwa 9 Pf. in der Station, bei mittleren Anlagen etwa 5 bis 7 Pf. und bei grossen Anlagen unter günstigen Verhältnissen 3 bis 4 Pf. für die K. W. St. Bei allen Bahnanlagen wird man dahin streben eine eigene Kraftstation aufzustellen. Abgesehen davon, dass hierdurch das ganze Unternehmen wirtschaftlich unabhängig und dauernd selbständig bleibt, ist die eigene Herstellung der Kraft immer billiger als die gekaufte. In Hamburg und in a. O. wird die Betriebskraft für Bahnzwecke aus den städtischen Elektrizitätswerken entnommen und bei der Abnahme von 10 Mill. K. W. ein Preis von 10 Pf. für die K. W. St. gezahlt, der sich bei eigener Herstellung des Stromes nicht unwesentlich ermässigen dürfte.

Die Grosse Berliner Strassenbahn Gesellschaft legt ihren Vertragabschlüssen mit den Gemeinden, einen ungefähren Selbstkostensatz von 35 Pf. für ein Wagen km zugrunde, ein Preis, der als hoch angesehen werden muss.

Die Ausgaben für Löhne und Gehälter lassen sich nur auf Grund eines genau durchgearbeiteten Betriebsplanes feststellen, für welchen der graphische Fahrplan maassgebend ist, und zwar ist der Fahrplan für eine Reihe verschiedener Wagenfolgen also für den 5, 10, 15, 20 usw. Minutenbetrieb aufzustellen und demselben stets möglichst die höchste durchführbare Geschwindigkeit zu Grunde zu legen. Aus dem gewählten Fahrplan ergibt sich die Anzahl der Wagen, der Führer, Schaffner, Oberschaffner usw. Der Wagenumlauf ist vorschriftsmässig zu regeln ev. durch Aufstellung graphischer Tafeln. Hiernach bestimmt sich die Dienstzeit des Fahrpersonals und die Stärke der Reserven. An der Spitze des Fahrpersonals steht als leitende und durchgreifende Kraft meistens ein Bahn- oder Betriebsmeister, dem gleichzeitig das Streckenpersonal für die Instandhaltung der Strecke unterzuordnen ist. Der Bahnmeister ist für die richtige Abwicklung des Fahrdienstes nach dem ihm übergebenem Fahrplan, sowie für die betriebsichere Instandhaltung der Strecke verantwortlich. Grössere Anlagen sind in Bahnmeistereien zu teilen.

Die Verwaltung der Gesamtanlage liegt in Händen der Direktion, die sich aus einzelnen Abteilungen einschl. derjenigen für die Kraftstationen zusammensetzt. Als

verantwortlichen Leiter ist es erforderlich eine gute technische Kraft mit der nötigen Vollmacht an die Spitze zu stellen, welcher zur Unterstützung und zur besonderen Verwaltung des Kassenwesens eine gewissenhafte kaufmännische Kraft anzugliedern ist. Die gesamte Verwaltung ist durch Statuten in grossen Zügen, der Betrieb dagegen in allen Teilen durch genaue Geschäfts- und Betriebsordnungen festzulegen.

Für die Ausbesserung und Instandhaltung der Anlage bezw. deren Teile rechnet man erfahrungsgemäss folgende Werte auf 1 Jahr, welche in Prozent des Anlagekapitals des Gegenstandes ausgedrückt sind.

Gebäude	1/2 bis 1%
Gesamte Maschinenanlage: Kessel, Dampf, Gas, Petroleum u. a.	
Maschinen nebst den elektrischen Kraftmaschinen	1,5%
Umformer	1 bis 2%
Speicherung	2 „ 3%
Schalttafel nebst Zubehör	2%
Freileitungen	2%
Kabel	1/2 bis 1%
Gleise auschl. Strassenbefestigung	1%
Triebwagen	4%
Anhängewagen	3%

Die jährlichen Unterhaltungskosten der Strecke liegen zwischen 500 bis 1200 M. für 1 km einfaches Gleis. Meistens bewegen sich diese Kosten zwischen 600 und 900 M., eine Ausgabe, welche als hoch anzusehen ist, und deren Ursache grösstenteils auf den von vornherein zu schwach gewählten Gleisoberbau und auf den schlechten Zustand der Strassenbefestigung zurückzuführen ist. Ueberall da wo ein kräftiger Oberbau für Eisenbahn und Strasse vorgesehen ist, sind die Unterhaltungskosten kleiner.

Die jährlichen Unterhaltungskosten einer Hochleitung können auf 100 bis 200 M. je nach der Stärke des Betriebes überschläglic angesetzt werden.

Für die jährliche Unterhaltung einschl. Reinigung der Betriebsmittel kann man ungefähr für Anhängewagen bis zu 40 Plätzen 1,7 bis 2,0 Pf. für 1 Wg/km ansetzen. Bei Triebwagen kommen hierzu die Kosten der Unterhaltung und Reinigung der Triebvorrichtung und aller sonstigen elektrischen Betriebs- und Leitungsvorrichtungen, die mit etwa 1,4 bis 1,6 Pf. für ein Wg/km in Ansatz gebracht werden können.

Der Erneuerungsfond ist für die einzelnen Teile der Anlage besonders zu berechnen. Die Höhe der jährlichen Rücklagen ist von der Lebensdauer des betreffenden Teiles abhängig und ist so zu bemessen, dass nach Ablauf der Lebensdauer die jährlichen Rücklagen nebst den Zinsen die Anlagekosten abzüglich des Altwertes erreichen. Der Sicherheit wegen wird man den Zinsfuss und die Lebensdauer nicht zu hoch veranschlagen und namentlich gilt dies für alle bewegten Teile. Zur Zeit dürfte ein Zinsfuss von 3 bis 4% als angemessen gelten. Als durchschnittliche Lebensdauer der einzelnen Teile einer Anlage kann man erfahrungsgemäss folgende Zahlen annehmen.

Massive Gebäude	100 Jahre
Dampfkessel	15 „
Dampfmaschinen	20 „

Elektrische Kraftmaschinen	25 Jahre
Speicher	15 „
Schalttafel	15 „
Freileitungen	15 „
Erd-Kabel	30 „
Oberbau	15 „
Wagen	15 „
Pumpen, Turbinen, Rohrleitungen	30 „
Riemen, Seile, Handwerkzeug	5 „

Als jährliche Abschreibungswerte für den Erneuerungsfond kann man in Prozent des Buchwertes ausgedrückt, überschläglic in Ansatz bringen. Für

Dampfkesselanlagen	5%
Dampf, Petroleum usw. Maschinen	5%
Elektrische Kraftmaschinen und Antriebe	4 bis 5%
Speicherungen	6 „ 7%
Schaltungen, Regler usw.	4 „ 5%
Freileitungen, Fahrdrabt	9 „ 12%
Spanndraht, Maste, Luftweichen	3 „ 4%
Kabel	2 „ 3%
Gleis-Oberbau	4 „ 5%
Wagen	5 „ 7%
Pumpen, Turbinen, Rohrleitungen	2 „ 3%
Riemen, Seile, Handwerkzeug und sonstige Werk- stätteneinrichtungen	8 „ 10%

Ausser diesen Rücklagen für den Erneuerungsfond sind noch folgende Ausgaben zu berücksichtigen: Mieten, Steuern, Versicherungen, Lizenzgebühren, aussergewöhnliche Abfindungen usw.

Eine Verzinsung des Anlagekapitals wird stets erforderlich sein. Erfolgt die Ausführung einer Bahnanlage mit Unterstützung von Staatsgeldern, so wird aus gemeinwirtschaftlichen Gründen meistens ein sehr niedriger Zinsfuss etwa 2 bis $2\frac{1}{2}$ % verlangt. Bei Benutzung von Privatkapital, Bankgeldern usw. wird ein höherer Zinsfuss 4 bis $4\frac{1}{2}$ % und ausserdem für die pünktliche Zahlung der Zinsen eine „Zinsgarantie“, die seitens des Erbauers zu leisten ist, festgelegt.

Die Tilgung d. i. die Rückzahlung geliehener Gelder erfolgt nach einem vorher aufgestelltem Tilgungsplane, der sich den wirtschaftlichen Verhältnissen aller Beteiligten gut anzupassen hat. Allgemein gültige Regeln für die Tilgungszeit bzw. die jährliche Tilgungssumme, sowie den anzusetzenden Zinsfuss lassen sich nicht angeben, da der Tilgungsplan im Anschluss an die Ertragsberechnung aufgestellt werden muss, die Ertragsberechnung aber selbst nur auf Grund genauer Kenntnis der örtlichen Verhältnisse, guter Sachkenntnis und gewissenhafter Bewertung aller Faktoren aufgestellt werden kann.

B. Dampfstrassenbahnen.

Die Verwendung von Dampfstrassenbahnen im Inneren der Städte wurde bereits früher erörtert, ebenso die Linienführung dieser Bahnart. Auch bezgl. des

Oberbaues gilt das auf S. 100 gesagte, sodass im wesentlichen nur noch die Behandlung der Triebwagen zu erfolgen hat.

Die Triebvorrichtung auf Dampfstrassenbahnen besteht entweder aus einer selbständigen Maschine der „Strassenbahn-Lokomotive“, welche vor die zu ziehenden Wagen gespannt wird, oder aus einer unmittelbar mit dem Personenwagen verbundenen maschinellen Einrichtung dem „Dampfwagen.“

a. Lokomotiven.

Strassenbahnlokomotiven müssen infolge des häufigen Anfahrens und der beständigen Einwirkung von Staub und Strassenschmutz eine grosse Zugkraft besitzen und in allen Teilen kräftig gebaut sein, umsomehr als die sachverständige Leitung und Ueberwachung der Maschinen sowohl als des Oberbaues meist fehlt. Der starke, kräftige Bau bedingt ein verhältnismässig hohes Gewicht, was wiederum die Anwendung eines schweren Oberbaues zur Folge hat. Bei äusserster Beschränkung beträgt das Betriebsgewicht der Lokomotiven für schwach geneigte Strassen und schwachen Verkehr mindestens 10000 kg. Im allgemeinen wird man das Betriebsgewicht der Lokomotiven nicht unter 12000 kg wählen und da infolge der scharfen Krümmungen stets zweiachsige Maschinen, deren Achsen gekuppelt werden, in Anwendung kommen, so ergibt sich als Raddruck die Zahl von 3000 kg und mehr, die mit dem Raddruck elektrischer Triebwagen verglichen, als hoch bezeichnet werden muss. Hierzu kommt, dass der Bahnzug infolge seiner Länge wesentlich mehr Strassenraum einnimmt als der elektrisch betriebene Wagenzug von gleichem Fassungsraum und endlich, dass die Dampfbahn nicht die hohe und schnelle Anpassungsfähigkeit durch Stellung verschiedener Züge und Wagen besitzt wie die elektrische Strassenbahn. Deshalb sind trotz der kleineren Betriebskosten die Dampfbahnen fast überall aus dem Inneren grösserer Städte verdrängt worden und auch in Aussenbezirken und zur Verbindung der Vororte können sie nur noch dort mit Vorteil den Wettbewerb bestehen, wo eine langsame Folge stärkerer Züge auf lange Zeit die Grundlage des Fahrplanes bildet.

Dagegen ist der Dampfbetrieb dem Pferdebetrieb infolge seiner grösseren Leistungsfähigkeit und seiner niedrigeren Betriebskosten bei weitem überlegen. In nachstehender Tafel ist ein überschläglicher Vergleich der Kosten für Lokomotiv und Pferdebetrieb gegeben und obgleich alle Angaben zum Nachteil des Dampfbetriebes und zu Gunsten des Pferdebetriebes gemacht sind, ergeben sich für letzteren wesentliche Ersparnisse.

Kosten einer Lokomotive von 20 H. P.	Kosten von 20 Pferden.
Bremstoffverbrauch für 1 Tag zu 10 Stunden. Etwa 400 kg à 1,20 M. = 4,80 M.	Jährliche Unterhaltung, Bedienung, einschl. Geschirr und Beschlag à 1000 M. = 20000 M.
Schmier- und Putzmaterial . . . = 1,25 „	Zinsen 4 % = 800 „
Bedienung = 6,00 „	Abschreibung 20 % = 4000 „
Instandhaltung = 1,50 „	<u>Jährlich 24800 M.</u>
Zinsen und Abschreibung . . . = 4,00 „	Bei 365 Tagen beträgt die tägliche Ausgabe
Rücklagen u. Zinsen für die Ersatz- maschinen = 4,45 „	$\frac{24800}{365} = 68,0 \text{ M.}$
<u>täglich 22,00 M.</u>	

Wird angenommen, dass infolge der grösseren Teilbarkeit der Kraft und damit verbunden infolge der höheren Anpassungsfähigkeit von nur 10 Pferden dieselbe Leistung täglich ausgeführt wird wie von der 20 pferdigen Lokomotive, so bleibt doch noch immer der sehr erhebliche Kostenunterschied von $34,00 - 22,00 = 12,00$ M. bestehen.

Die Strassenbahnlokomotiven werden stets als Tenderlokomotiven mit zwei gekuppelten Achsen ausgeführt, deren bewegliche Teile in Rücksicht auf das Scheuwerden von Pferden gut zu verdecken sind. Die Geschwindigkeit beträgt innerhalb der Städte i. M. nicht über 10 bis 15 km, ausserhalb etwa 15 bis 20 km.

Um die Rauchentwicklung und die Dampfabgabe in den bewohnten Strassen zu vermeiden bzw. möglichst einzuschränken, erfolgt die Heizung der Lokomotiven mit Coks, ausserdem werden für den Abdampf besondere Niederschlagsvorrichtungen gewöhnlich auf dem Dache der Lokomotiven angebracht.

Mit Bezug auf die Bauart der Maschinen unterscheidet man 3 verschiedene Formen und zwar:

1. Maschinen mit ausserhalb des Rahmens liegenden Cylindern nach Krauss-München, Wöhlert-Berlin, Kessler-Esslingen u. a.
2. Maschinen mit innerhalb des Rahmens liegenden Cylindern nach Merryweather-London, Henschel-Cassel u. a.
3. Maschinen mit über dem Rahmen liegenden Cylindern nach Brown-Winterthur, Schwarzkopf-Berlin u. a.

1. Abb. 233 stellt eine Lokomotive von 50 P.S. mit ausserhalb des Rahmens liegenden Cylindern von Krauss-München dar, welche sich durch einfache Anordnung

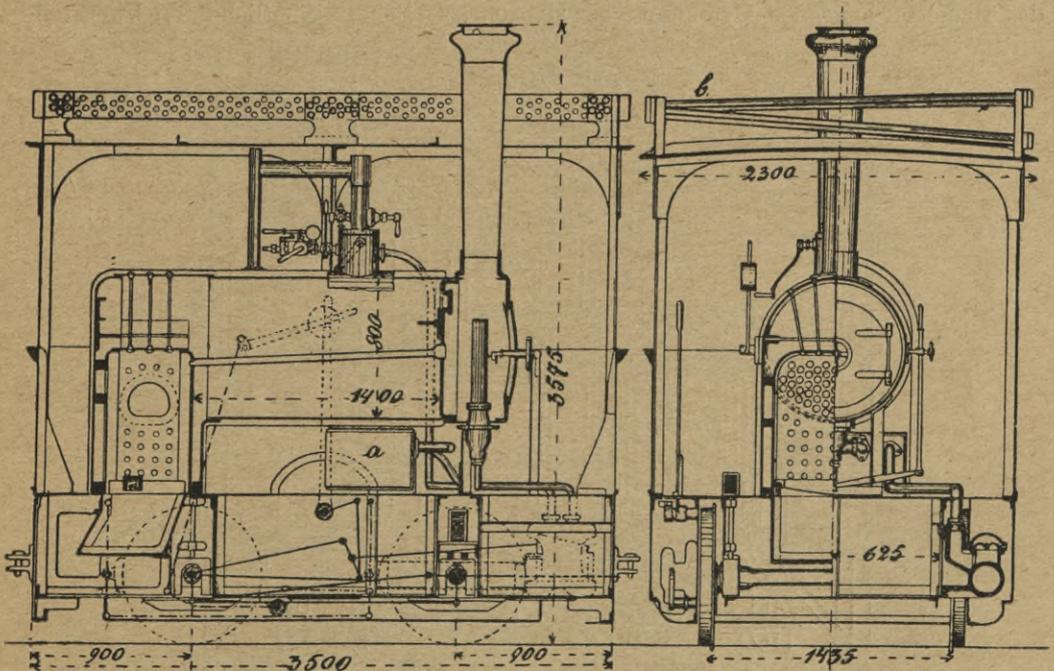


Abb. 233.

und gedrungene Ausführung aller Teile auszeichnet. Der Rahmen ist kastenförmig ausgebildet und dient gleichzeitig als Behälter für das Speisewasser, wodurch eine

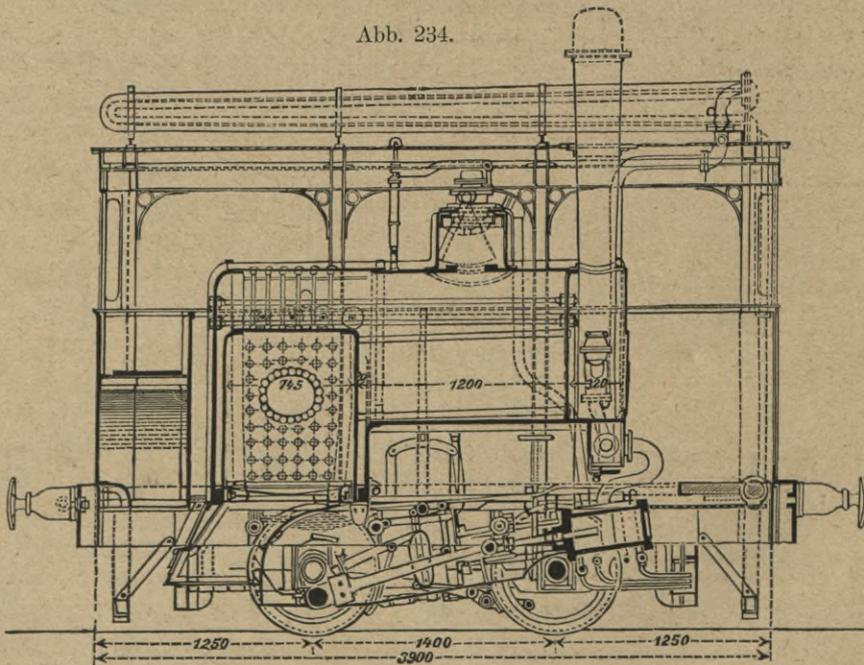
grössere Steifigkeit des unteren Teiles und eine höhere Standsicherheit der ganzen Maschine erreicht wird. Die Unterstützung erfolgt durch 3 Federn von denen die hintere als Querfeder unter der Feuerbüchse angebracht ist, infolgedessen bleibt eine ruhige Lage des Kessels selbst bei rascher Fahrt gesichert. Der einfache Kessel ist niedrig gehalten. Die Bedienung des Feuers erfolgt von der Seite, sodass der Führer von seinem Stande aus die freie Uebersicht über die Strasse behält.

Die Feuerbüchse hat einen verhältnismässig grossen Fassungsraum, mit welchem längere Fahrten ohne häufige Beschickung des Feuers ausgeführt werden können. Zum Schutz vor Strassenschmutz und zur Sicherung des Betriebes sind alle Gangteile durch ein tief herabreichendes Schutzblech verdeckt.

Der verbrauchte Dampf durchströmt zunächst den Auspuffkasten a, in dem ein Schlangenrohr sitzt, durch welches das Speisewasser hindurchgedrückt und durch den Dampf vorgewärmt wird. Hierauf geht der Abdampf nach der Niederschlagsvorrichtung auf dem Dache, strömt durch die Querrohre b und fliesst endlich nach einem besonderen Kasten mit Kühlwasser ab. Das Niederschlags- und Kühlwasser kann infolge seines Gehaltes an Fettsäure zur Speisung des Kessels nicht wieder verbraucht werden, deshalb wird es am Endpunkte der Fahrt abgelassen. Die Niederschlagsvorrichtung selbst besteht aus 3 Längsleitungen mit etwa 3 qm, und von 130 querliegenden Kupferrohren von $d = 35$ mm mit etwa 32 qm Kühlfläche. 1 qm Kühlfläche schlägt i. M. 3,5 kg Dampf von 1,5 Atm. bei 17° C Luftwärme in einer Stunde nieder, und da der Dampfverbrauch im Cylinder grösser ist, so muss der Rest im Kühlwasserbehälter verarbeitet werden.

Die Abb. 234 zeigt eine Lokomotive von 12 000 kg Dienstgewicht mit innerhalb des Rahmens liegenden Cylindern von Henschel & Sohn. Sämtliche Triebwerkteile

Abb. 234.



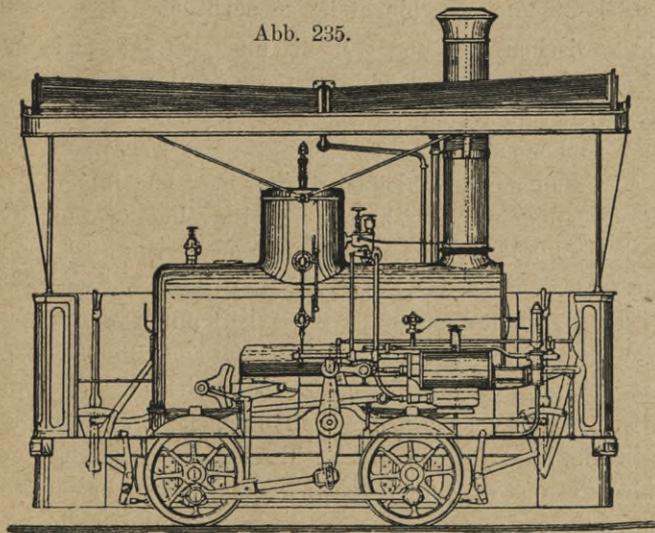
liegen innerhalb des Rahmens und zwar in einem nach oben offenem Kasten, derart, dass sie dem Auge des Führers sichtbar sind. Hierdurch ist allerdings ein möglichst

vollkommener Schutz aller Teile vor dem Angriff des Strassenstaubes und Schmutzes erreicht, jedoch wird andererseits die Untersuchung, das Oelen usw. erschwert. Die Feuerung mit einer Rostfläche von 0,57 qm liegt ebenfalls an der Seite. Die Maschine hat 17 qm Heizfläche, einen Speisewasserraum von 0,8 cbm und einen Kühlwasserraum von 0,9 cbm. Infolge der Anordnung der Wasserbehälter an der Hinterseite wird die Lokomotive länger und die Lastverteilung ungleichmässig, ebenso ist die freie Uebersichtlichkeit und die Beweglichkeit des Führers beschränkt. Die Maschine ruht auf 4 getrennten Federn, die im Vereine mit der ungleichmässigen Lastverteilung namentlich bei mangelhafter Gleislage einen unruhigeren Gang herbeiführen.

Die Niederschlagsvorrichtung besteht aus Röhren, welche in der Längsrichtung des Daches gelagert sind. Auch hier wird der durch die Vorrichtung nicht verflüssigte Dampf vom Kühlwasserraum aufgenommen.

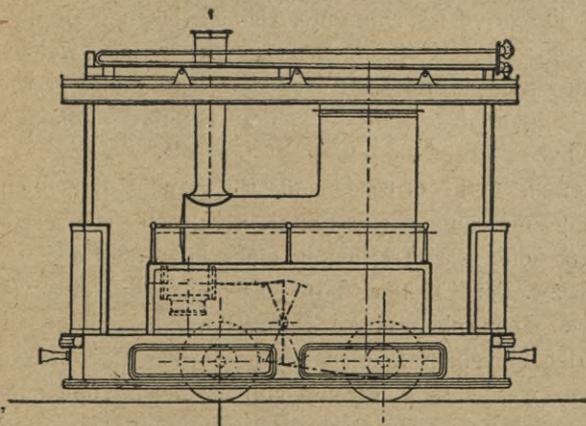
3. Lokomotiven mit über dem Rahmen liegenden Cylindern nach Brown

Abb. 235.



Winterthur zeigen die Abb. 235*) und 236. Bei dieser Bauart sind die Cylinder sowie die wichtigsten Triebwerkteile hoch gelagert, sodass sie dem herumspritzenden Strassenschmutz entzogen sind. Ferner können diese Teile vom Führer während der Fahrt bequem untersucht, gereinigt und geschmiert werden. Nur die Kurbel und das Kuppelstangenlager sind dem Angriffe des Staubes und Schmutzes ausgesetzt. Die Kraftübertragung erfolgt mittelst eines Balanciers, der entweder zwischen den Achsen oder am hinteren Ende der Lokomotive angebracht ist.

Abb. 236.



Der Kessel ist kurz gehalten und kräftig gebaut. Meistens ist derselbe mit einem Stehkessel Abb. 236 verbunden, in welchem der Wasserstand selbst auf den stärksten Neigungen sich einstellen und schwanken kann, während der Langkessel stets voll bleibt. Den Dampfraum enthält der Stehkessel. Bei der Verwendung zusammengesetzter Kessel erfolgt die Auf-

*) Handbuch der Baukunde. III. 1890.

lagerung auf 3 Federn, wodurch trotz der hohen Schwerpunktslage ein ruhiger Lauf der Maschine erzielt wird. Ein besonderer weiterer Vorzug, welchen die Bauart Brown besitzt, ist die Anordnung von 2 Führerständen vorn und hinten mit vollständiger Ausrüstung (Steuerung, Regler, Bremse usw.) sodass der Führer stets vorn d. h. an der Spitze des Zuges steht und vollständig freie Aussicht hat, wodurch eine hohe Sicherheit gegen Unfälle erreicht wird.

Die Niederschlagsvorrichtung ist ähnlich derjenigen von Henschel & Sohn gebildet und besteht aus \sqsubset förmigen Röhren, welche in der Längsrichtung des Daches gelagert sind. Der Dampf gelangt zunächst in einen Auspuffkasten und von da nach den hochgelegenen Röhren. Der von hier aus noch abströmende Dampf wird in einem besonderem Kühlwasserraum verdichtet.

Die **Spur** ist bei Dampfstrassenbahnen in den meisten Fällen die normale. Häufig kommt jedoch auch die Schmalspur von 1,0 m und 0,75 m vor. Bei schmaler Spur liegen bei allen Lokomotivarten die Rahmen ausserhalb der Räder, um eine ausreichende Breite für die Kessel und die Maschinenteile zu schaffen.

Der **Achsstand** schwankt zwischen 1,3 und 1,6 m und beträgt meistens nicht über 1,5 m. Die Länge des Kessels und damit das Gewicht der Lokomotive ist vom Achsstand und dieser wiederum von der schärfsten Krümmung abhängig. Die Lokomotive von Brown mit stehendem Kessel hat einen engen Achsstand und ist deshalb besonders befähigt Krümmungen mit kleinem Halbmesser und infolge des hohen Reibungsgewichtes starke Neigungen zu befahren. Für Barcelona wurde eine Lokomotive geliefert, welche bei 16 500 kg Dienstgewicht Neigungen von 80‰ und Krümmungen von 11 m Halbmesser nahm. In der Ebene zog diese Lokomotive 100 t mit $v = 10$ bis 15 km/st, auf der Bergfahrt von 80‰ 8 bis 10 t mit $v = 8$ km/st.

Der **Raddruck** liegt bei Schmalspurmaschinen zwischen 1500 und 3000 kg, bei normalspurigen Lokomotiven zwischen 3000 und 5000 kg. Vergleicht man hiernit den Raddruck elektrischer Strassenbahnen von normaler Spurweite, der i. M. 2500 kg beträgt, so ist ersichtlich, dass für letzteren ein erheblich schwererer Oberbau erforderlich wird, der die Anlagekosten wesentlich beeinflusst, umsomehr als in Anbetracht der schweren Lokomotiven der Oberbau ausserdem stets die Bedingung einer bestimmten Dauerleistung zu erfüllen hat.

Bremsvorrichtung. Für jede Lokomotive ist eine gute, schnellwirkende Bremsvorrichtung erforderlich. In der Regel sind Klotzbremsen in Anwendung, welche durch Umwerfen und Anziehen eines Hebels mittelst Gegengewichtes angepresst werden, wodurch schnell und kräftig gebremst werden kann. Häufiger kommen auch Luftdruckbremsen zur Anwendung.

Wasser und Kohlenentnahmestellen. Die Grösse und Entfernung derselben richtet sich nach den bezüglichen Fassungsräumen der Lokomotive. Bei stärkerem Betriebe ist ein häufigeres Nachfüllen schon zur Erreichung eines höheren Betriebsgewichtes erforderlich. Die Kohle bezw. der Coks wird in einzelnen Cylindern von bestimmtem Fassungsraum mitgeführt. Der Inhalt eines Cylinders reicht immer zur einmaligen Beschickung aus. Auf den einzelnen Kohlenstationen, die eine mittlere Entfernung von 10 bis 12 km haben, werden die leeren Cylinder gegen volle ausgetauscht. Das Wasser wird meistens dem Hydranten direkt entnommen. Sind Wasserleitungen nicht vorhanden, so müssen besondere Hochbehälter mit Brunnen und Pumpen angelegt werden.

Die **Betriebskosten** sind von der Stärke der Lokomotiven, von der Beschaffenheit der Strecke, von der Zahl der Fahrten usw. abhängig. Die Kosten für eine 20 HP. Lokomotive sind bereits auf S. 180 überschläglich angeführt. Eine andere Angabe findet sich im Handbuch der Baukunde Abt. III S. 147. Hiernach betragen die Kosten eines Zugkilometers für

Bedienung einschl. Remisendienst	0,06—0,14 M.
Brennstoff	0,05—0,15 „
Schmier und Putzmaterial	0,01—0,04 „
Ausbesserungen	0,02—0,11 „

Zugkraftkosten für 1 km 0,14—0,44 M.

Für die Versinsung und Erneuerung der Lokomotiven ist noch ein Zuschlag von 10 bis 12% zu geben.

Die Zahl der Lokomotiven und Wagen einer Bahnanlage lässt sich nur auf Grund eines genau durchgearbeiteten Fahr- und Betriebsplanes bestimmen. Aus demselben ergibt sich gleichzeitig die Stärke des Fahr- und Betriebspersonals, die Grösse der Wagen und Lokomotivschuppen, sowie der Umfang aller sonstigen Betriebs-einrichtungen.

Bezüglich der Unterhaltung der Wagen gilt das auf S. 121 gesagte.

b. Dampfwagen.

In dem Bestreben die tote Last zu verringern und das Verhältnis von Eigengewicht zur Nutzlast möglichst günstig zu gestalten, gelangte man zur direkten Vereinigung der Lokomotive mit dem Personenwagen. Von den zahlreichen derartigen Ausführungen hat sich am besten der Dampfwagen des Dänen „Rowan“ und derjenige der Franzosen „Gardner und Serpollet“ bewährt. Beide Wagen sind noch heute in ausgedehnter Verwendung.

Beim Rowanschen Dampfwagen Abb. 237 ist das Maschinengestell mit dem

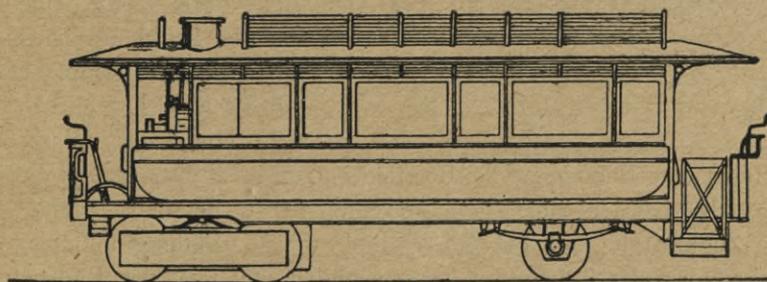


Abb. 237.

stehenden Kessel in den Wagen hereingeschoben, derart, dass das Gestell der Maschine den vorderen Teil des Wagens trägt, während der hintere Teil von einer Lenkachse oder

einem Drehgestell gestützt wird. Hierdurch wird ein leichter Gang des Wagens selbst in den schärfsten Krümmungen erreicht. Diese Dampfwagen, welche 50 PS. und mehr leisten, sind imstande unter gewöhnlichen Verhältnissen bis 3 Stück vierachsige Personenwagen vollbesetzt zu ziehen und finden ihre Vollaussnutzung namentlich an verkehrsreichen Tagen. Hierzu kommt, dass zur Bedienung der Maschine nur ein Mann erforderlich wird, sodass auch die Betriebskosten verhältnismässig niedrig ausfallen.

Die Kessel Abb. 238 werden als stehende Kessel ausgebildet und mit Koks

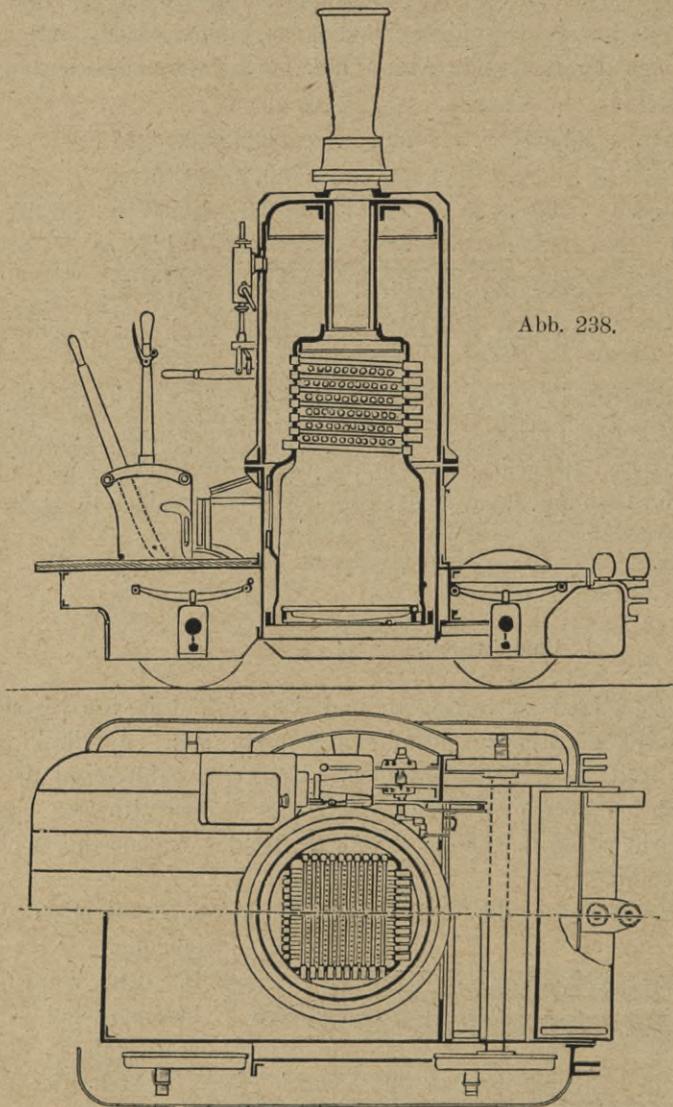


Abb. 238.

geheizt. In den bebauten Strassen wird stets mit Condensation gefahren und zwar bestehen die Condensatoren meistens aus zusammengesetzten Kupferwellblechen, welche auf dem Wagendache gelagert sind. Die Wasserentnahme erfolgt aus Hydranten.

Koks wird in Blechbüchsen abgemessen mitgenommen. Die Zahl der Blechbüchsen zu 3 kg beträgt 15 bis 20. Das mitgeführte Wasser und der Kohlenvorrat reichen bei einer 50 PS. Maschine höchstens für 15 km Fahrt aus. Die Cylinder liegen wagerecht im Inneren des Rahmens. Alle Gangteile sind wie bei den übrigen Strassenbahnlokomotiven gut verdeckt.

Bei einer normalspurigen 50 PS. Maschine beträgt die Zahl der Heizrohre 134 Stück mit einem inneren Durchmesser von 25 mm. Der Dampfraum des Kessels enthält 0,22 cbm, der Wasser-

raum 0,37 cbm, die Heizfläche 10,36 qm, die Rostfläche 0,38 qm. Der Dampfüberdruck beträgt 14 Atm., das Gewicht der leeren Maschine 6,0 t, der betriebsfähigen Maschine 6,8 t. Die Zugkraft beträgt bei 0,5 % und 0,7 % Füllung 900 bzw. 1270 kg. Der Durchmesser des Triebrades ist gewöhnlich 600 mm, der Radstand 1540 mm.

Als Nachteil des Rowanschen Dampfagens für Strassenbahnzwecke wird das Wenden des Wagens an den Endpunkten angesehen. Da jede Wendung bzw. Drehung jedoch bequem namentlich in Aussenbezirken durch Anlage von Schleifen ausgeführt werden kann, so dürfte bei den sonstigen grossen Vorzügen, die diese Wagen haben, der angeführte Nachteil von untergeordneter Bedeutung sein.

Der Dampfagen von Gardner und Serpollet*) zeichnet sich durch sein

*) Deutsche Strassen- und Kleinbahnzeitung 1902.

geringes Eigengewicht und seine hohe Leistungsfähigkeit aus. Der Serpolletsche Dampferzeuger, der einen eigentlichen Dampfraum kaum besitzt, besteht aus gepressten, starken Siederohren. In diese schmalen Rohre wird das Wasser durch Pumpen hereingedrückt und augenblicklich in schnell überhitzten Dampf verwandelt. Dieser Dampferzeuger entwickelt jeder Zeit genau so viel Dampf, als gerade gebraucht wird. Zur Verminderung der Dampfspannung wird im Gegensatz zu den gebräuchlichen Dampfkesseln Wasser abgelassen, wodurch der Dampfraum vergrössert wird. Die Dampferzeugung und damit die Leistung der Maschine wird durch ein Ventil dertart geregelt, dass das zum Betrieb des Wagens von der Speisepumpe gelieferte Wasser ständig in den Kessel gelangt, während die ev. nicht verbrauchte Wassermenge in den Wasserbehälter zurückläuft. Dem Normaldruck sind bei dieser Kesselausführung keine Grenzen gezogen und in letzter Zeit wird derselbe von Serpollet auf mindestens 40 Atm. festgelegt. Nach neueren Berichten sollen Versuche mit 70 und 100 Atm. gemacht worden sein. Bedenken gegen die Einführung eines höheren Druckes liegen nicht vor, da der Kessel für alle Fälle mit entsprechenden Sicherheitsventilen versehen werden kann. Ebenso eigenartig und einfach wie der Kessel und seine Arbeit ist die maschinelle Vorrichtung des Serpollet'schen Wagens. Die vier einfach wirkenden Cylinder werden paarweise so gelagert, dass deren Kolben unmittelbar durch die Kurbelstangen mit der Kurbelwelle verbunden sind. Auf diese Weise sind alle dicht zu haltenden Stopfbüchsen vermieden. Auch die Dampfverteilung erfolgt ausschliesslich durch Ventile und nicht durch Schieber. Der Cylinderdurchmesser einer zwölfpferdigen Maschine beträgt 75 mm, der Kolbenhub 90 mm. Die Triebwerksteile sind völlig geschützt und unsichtbar. Als Brennmaterial dient gewöhnliches Petroleum. Niederschlagsvorrichtungen sind nicht vorhanden, da der stark überhitzte Dampf sehr wenig sichtbar ist. Die Brennstoffkosten giebt Serpollet auf 4 bis 8 Pf. für ein km an. Die Bedienung der Maschine ist sehr einfach und nimmt die Aufmerksamkeit des Führers nicht mehr in Anspruch als bei elektrischem Betriebe. Die Anstellung eines besonderen Heizers ist nicht erforderlich.

In Nizza erwarb sich 1901 ein zwölfpferdiger Serpolletwagen den Rothschild-Preis, indem er die Geschwindigkeit von 101 km in der Stunde erreichte. Bei der Wettfahrt Nizza—Draguingen—Nizza kam derselbe Wagen als erster 27 Minuten früher an das Ziel als alle anderen Wagen mit 16,20 und sogar 35 PS.

C. Pferdebahnen.

Allgemeines. Die Pferdebahnen sind die ältesten städtischen Strassenbahnen. Im Jahre 1832 wurde in New York eine Strassenbahn angelegt, deren Betrieb mit Pferden bewerkstelligt wurde. Hierauf folgten andere Städte wie Paris 1854, Kopenhagen 1862, Berlin 1865 und bereits im Jahre 1885 gab es in Deutschland keine grössere Stadt, deren Hauptverkehrsstrassen nicht mit Pferdebahnen ausgerüstet waren. Bald nach der Einführung derselben trat die Strassenbahnlokomotive in den Wettbewerb, welcher der elektrische Betrieb folgte. Sowohl der Betrieb mittelst Pferden als auch derjenige mittelst Dampf vermochte dem Einzug des elektrischen Betriebes auf den Strassenbahnen aller grösseren Städte nennenswerte Schwierigkeiten nicht entgegenzustellen. Die Einfachheit, Sauberkeit und Schnelligkeit sind so ausserordentliche Vorzüge, welche die Verdrängung der übrigen Betriebs-

arten aus dem städtischen Strassenbahnbetriebe von vornherein gewährleisten mussten, und der beste Beweis für die hohe wirtschaftliche Durchschlagskraft der Elektrizität auf dem Gebiete der Personenbeförderung ist die schnelle Beseitigung der Pferde und Dampfbahnen aus den Strassen grösserer Städte. Nur wo aus zwingenden Gründen noch am Dampfbetrieb festgehalten werden muss, verzögert sich die Einführung der Elektrizität, während der Pferdebetrieb von durchaus untergeordneter Bedeutung geworden ist, und diese Umwälzung hat sich allein in Deutschland für eine städtische Bevölkerung von fast 20 Millionen Seelen innerhalb 10 Jahren vollzogen. Die deutschen Strassenbahnen hatten 1901 zusammen eine Länge von 3000 km, davon entfallen $\frac{2}{3}$ allein auf Preussen und $\frac{1}{10}$ aller Bahnen auf das Königreich Sachsen. Der Betrieb aller Bahnen ist zu 95 % elektrisch und nur zu 5 % noch Pferdebetrieb. Die deutschen Strassenbahnen befördern jährlich rd eine Milliarde Menschen, sodass jeder Deutsche die Strassenbahn im Jahre durchschnittlich zwanzigmal benützt.

Irgend einen Vergleich zwischen dem Betrieb mittelst Pferden und demjenigen mittelst Elektrizität oder Dampf zu ziehen, dürfte nach dem früher gesagten überflüssig erscheinen, vielmehr kann sich eine derartige Untersuchung nur auf die Leistung der Pferdebahnen verglichen mit derjenigen der gewöhnlichen Strassenfuhrwerke ausdehnen.

Das **Pferd**. Ueber die Leistung des Pferdes s. Erster Teil I Arbeit von Zugtieren. Ein Pferd zieht auf gut erhaltenen, gepflasterten, ebenen Fahrbahnen mit gewöhnlichem Landfuhrwerk eine Last von 2500 kg einschliesslich des Wagen Gewichtes bei einer Fahrgeschwindigkeit von 4,5 km/st. Hieraus ergibt sich eine Arbeitsleistung von 4,5 · 2,50 = 11,25 t/km als höchste Stundenleistung. Je nach Beschaffenheit der Fahrstrasse sinkt diese Leistung bis auf die Hälfte und darunter herab. Auf gut verlegten, ebenen Strassenbahngleisen zieht dasselbe Pferd das 100 bis 150fache seiner Zugkraft mit einer Geschwindigkeit von etwa 5,5 km/st.

Demnach beträgt die Leistung des Pferdes i. M. $\frac{125 \cdot 75 \cdot 55}{1000} = 51,5$ t/km in einer Stunde, eine Leistung, die selbst bei schlecht verlegten Gleisen auf höchstens 75 % also auf etwa 38 t/km sinkt.

In nachstehender Tafel ist für eine Droschke, einen leichten Omnibus und einen Pferdebahnwagen die Leistung in einer Stunde angegeben, wobei für alle 3 Fuhrwerke die Bespannung mittelst eines Pferdes und eine gleiche Geschwindigkeit von 5 km/st angenommen ist.

Fuhrwerk	Gewicht i. t.				Leistung t/km in 1 Std.	Verh. d. Nutz- Last z. Ges. Last in %
	Pferd	Wagen	Bedienung	Fahrgäste		
Droschke. 4 Fahrgäste 1 Kutscher	0,250	0,450	0,085	0,340	5,625	30
Omnibus. 10 Fahrgäste 1 Kutscher u. 1 Schaffner	0,350	0,600	0,170	0,850	9,850	43
Pferdebahnwagen. 28 Fahrgäste, 1 Kutscher u. 1 Schaffner . . .	0,400	1,200	0,170	2,380	20,750	57

Zur Beförderung von 28 Personen mittelst Droschken wären also 7 Fahrten d. h. eine Arbeit von 39,375 t/km in der Stunde, demnach fast das Doppelte der Arbeitsleistung eines Pferdebahnwagens erforderlich. Wobei jedoch gleich hier bemerkt werden muss, dass eine Geschwindigkeit von 5 km/st für Pferdebahnen als zu niedrig angenommen worden ist. Gewöhnlich beträgt diese Geschwindigkeit 9–12 km/st also das Doppelte der Droskengeschwindigkeit.

Auf wagerechten Strassen und auf kurzen Steigungen bis 0,01 zieht ein Pferd etwa 32 Personen mit einer Geschwindigkeit von 1,5 m/s. Auf stärkeren Steigungen bis 0,03 sind zur Bewegung derselben Last bereits 2 Pferde erforderlich, welche dabei eine mittlere Geschwindigkeit von $v=0,5$ bis 0,8 m/s. erreichen.

An Zugkraft erfordert ein vollbesetzter kleiner Wagen auf wagerechter Bahn i. M. $(1000 + 1500) 0,015 = 38$ kg und ein grösserer Wagen etwa $(3500 + 4500) 0,15 = 120$ kg.

Nach den von Lindley*) in Frankfurt a. M. aufgestellten Versuchen, welchen ein Wagen von 1940 kg Eigengewicht und 1925 kg Personengewicht zu Grunde gelegt wurde, ergaben sich folgende Resultate.

Die bei regelmässiger Fahrt ausgeübte Zugkraft betrug

auf ebener Bahn	30—50 kg
in Krümmungen von $r = 200$ bis $r = 16$ m	100—200 „
auf der Steigung von 1,87 % bei $v = 3,3$ m/sec.	150 „

Die beim Ingangsetzen des Wagens ausgeübte Zugkraft war dagegen:

auf ebener Bahn	200—220 kg
auf Steigungen	200—250 „
in Krümmungen und Weichen	250—300 „

und stieg manchmal auf 350 bis 360 kg, und zwar letzteres in einer Krümmung von $r = 16,2$ m bei 1 % Steigung. Das Pferd hatte ein Gewicht von 560 kg und übte demnach eine Zugkraft bis zu 65 % seines Eigengewichtes aus und teilweise eine Zugkraft, welche mehr als das zehnfache des mittleren betrug.

Die Tagesleistung eines Pferdes liegt bei den verschiedenen Strassenbahnen meistens zwischen 20 und 25 km. Bei reichlichen Ruhepausen, wenig Steigungen und wenig scharfen Krümmungen kann die Tagesleistung bis auf 30 und 35 km höchstens gesteigert werden.

Die Geschwindigkeit beträgt bei Pferdebahnen einschliesslich der Aufenthalte 7 bis 12 km/st i. M. 9 km/st und nimmt bei der Bergfahrt sehr schnell ab. Für längere Strecken gilt die Steigung von 0,025 als Höchstmaass, für kurze Strecken 0,4. Mit Vorspann können noch Steigungen von 0,05 und höchstens von 0,08 mit veringerter Geschwindigkeit genommen werden.

Der Pferdebedarf einer Bahn richtet sich im wesentlichen nach der Fahrtenzahl, den Gefällverhältnissen der Strecke, dem Zustande der Gleise und der Güte der Strassenfahrbahn. Die Ermittlung des Bedarfes erfolgt zweckmässiger Weise wie folgt:

Nimmt man eine Strecke von 5 km und eine stündliche Geschwindigkeit von 9 km/st an, so bedarf der Wagen zum Durchfahren der Strecke einer Fahrzeit von 33 Minuten, wozu für den Aufenthalt noch 7 Minuten gerechnet werden sollen. In

*) Lindley. Ueber die versch. Systeme der elektr. Bahnen. E. T. Z. 1891.

14 Dienststunden würde demnach die Strecke $\frac{60.14}{40} = 21$ mal von einem Wagen durchfahren werden. Es soll nunmehr fahrplanmässig alle 10 Minuten ein Wagen nach einer Richtung verkehren, dann sind täglich 2. 16. 14 = 168 Fahrten und hierfür $\frac{168}{21} = 8$ Wagen erforderlich, welche je nach dem Längenschnitt der Strecke und dem Verkehrsbedürfnis als ein- und zweispännige Wagen eingestellt werden können. Erfahrungsgemäss rechnet man bei einer Geschwindigkeit von $v = 9$ km/st i. M. 4 bis 5 Gespanne täglich, wozu noch ein Zuschlag von 10 bis 15 % für Krankheit, Schonzeit, Reserve, Sonderfahrten, Nebendienste usw. kommt, sodass der Pferdebedarf für einspännige Bedienung zwischen 35 bis 45 Stück schwanken wird.

In Deutschland entfielen beim Pferdebahnbetriebe von den Arbeitstagen eines Pferdes auf Krankheit 3 bis 10 %, auf Ruhetage 2 bis 6 %, sodass von der jährlichen Arbeitszeit nur 85 bis 95 % höchstens in Anrechnung gestellt werden können. Besondere Ansprüche an die Leistungsfähigkeit der Pferde werden in bezug auf eine hohe Bewegungsgeschwindigkeit, ferner an eine hohe Zugkraft gestellt, welche namentlich zum Anfahren nötig wird. Da eine grosse Zugkraft ein grösseres Gewicht des Tieres bedingt, andererseits für höhere Geschwindigkeiten gesunde, leichtere Pferde erforderlich werden, so ist ersichtlich, dass das Pferdmaterial für Strassenbahnen ein besonders gutes sein muss. Trotzdem sind die Abnutzung und der Abgang der Tiere ausserordentlich hoch und es stellt sich der Abgang auf 16 bis 20 % für ein Jahr. Die Dienstzeit eines Pferdes beträgt etwa 5 bis 6 Jahre. Der Ankaufwert eines Pferdes beläuft sich in Deutschland auf 700 bis 800 Mk., der Verkaufwert nach Unbrauchbarkeit oder Tod desselben auf etwa 200 bis 250 M., demnach beträgt die Abnutzung 500 bis 650 M. Von 1316 Arbeitstagen, welche ein Pferd während 5 bis 6 Jahren leistete, betrug die Abnutzung täglich 0,44 M. Nach diesen Angaben ist der jährliche Buchwert der Pferde festzustellen und die entsprechende Abschreibung vorzunehmen bzw. ist der erforderliche Betrag für die Erneuerung in die Jahresausgaben einzustellen. Bei den einzelnen Pferdebahngesellschaften beträgt diese Abschreibung 12 bis 25 % des jeweiligen Buchwertes der Pferde.

Der Gesamtunterhalt eines Pferdes ohne Kutscherlohn beträgt in Deutschland für Futter, Streu, Hufbeschlag, Geschirr, Krankenpflege usw. täglich 1,65 bis 2,25 M. und ist im wesentlichen von den Futterpreisen abhängig und zwar entfallen hiervon auf Futterkosten etwa 90% und auf Hufbeschlag, Geschirr und Krankenpflege 10%.

Die Betriebsdauer eines Pferdes für Droschken und Lastfuhrwerke in Berlin beträgt i. M. 7 Jahre. Nach Abzug des Wertes des abgenutzten Tieres ergab sich ein Verschleiss i. J. von 125 M. für ein Pferd am Personen und 120 M. für ein Pferd am Lastwagen. Die Hufbeschlagkosten stellen sich durchschnittlich entsprechend auf 66 bzw. 50 M. jährlich.

Die **Wagen** der Pferdebahnen zeichnen sich vor allen anderen Strassenbahn-Wagen durch ihre leichte Bauart und durch den kleineren Wagenkasten aus. Um an Eigengewicht zu sparen, erfolgt die Ausführung des Kastens und des Rahmens aus Holz. Ebenfalls wird die Stärke der eisernen Achsen und Räder möglichst klein gehalten. Zur Verringerung der Zugkraft namentlich in Krümmungen erhalten die

Wagen einen möglichst engen Achsstand. Die Folge davon ist, dass die Plattformen bzw. die freien Ueberstände über die Achsen sehr gross werden, wodurch eine stark nickende Bewegung des Wagens hervorgerufen wird, die auf den Oberbau und die Leistung der Pferde sehr ungünstig wirkt.

Anfangs waren die Wagen aller Spuren nur für den einspännigen Betrieb eingerichtet. Die schnelle Entwicklung des Strassenbahnverkehrs erzwang jedoch sehr bald die Einstellung grösserer Wagen mit zwei Pferden. Nur auf schmalspurigen Bahnen wird infolge der kleineren Wagen und der damit verbundenen geringeren Belastung am einspännigen Betriebe festgehalten.

In Abb. 239 ist ein einspänniger Pferdebahnwagen von 1,0 m Spurweite dargestellt, derselbe hat 12 Sitz- und 16 Stehplätze. Auffallend ist der enge Achs-

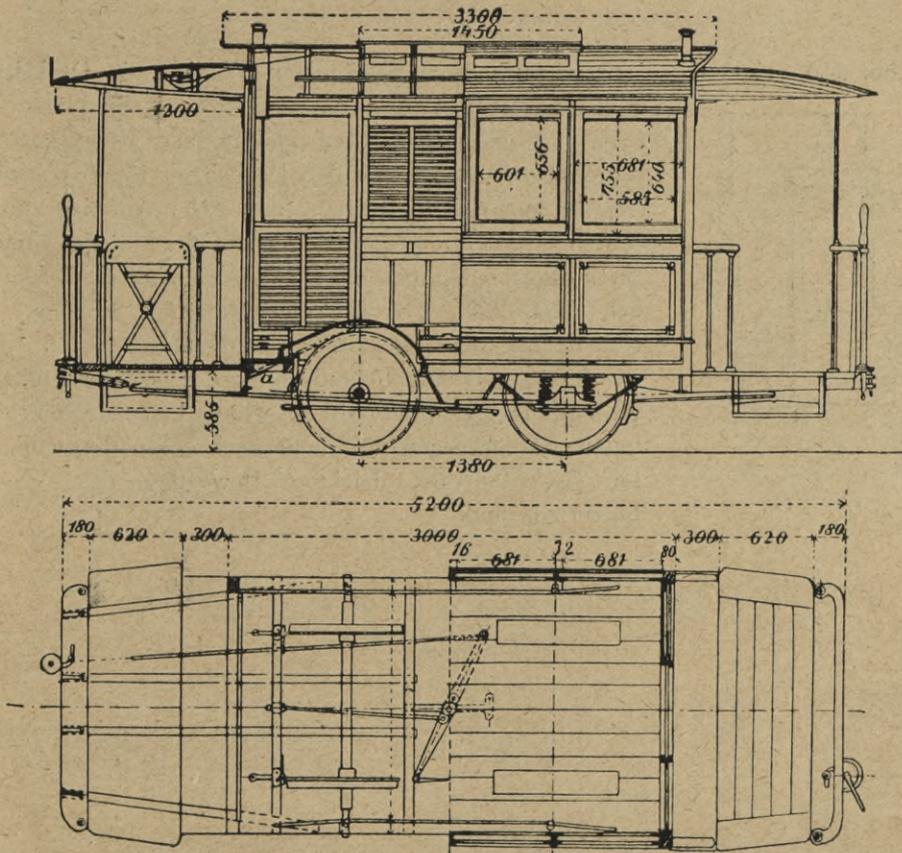


Abb. 239.

stand von 1,38 m und die grossen Ueberstände mit den Plattformen von 2,15 m. Um eine möglichst tiefe Schwerpunktslage des Fahrzeugs zu erzielen, sind Aussparungen in dem unteren Wagenkasten für die Räder vorgesehen. Der Kasten ist vollständig aus Holz hergestellt ebenso die Unterzüge für die Plattformen, welche mit den hölzernen Längsträgern des Kastens verbunden sind. Die Fenster sind zum herausnehmen bzw. zum versenken eingerichtet, sodass derselbe Wagen als geschlossener Winterwagen oder als offener Sommerwagen benutzt werden kann.

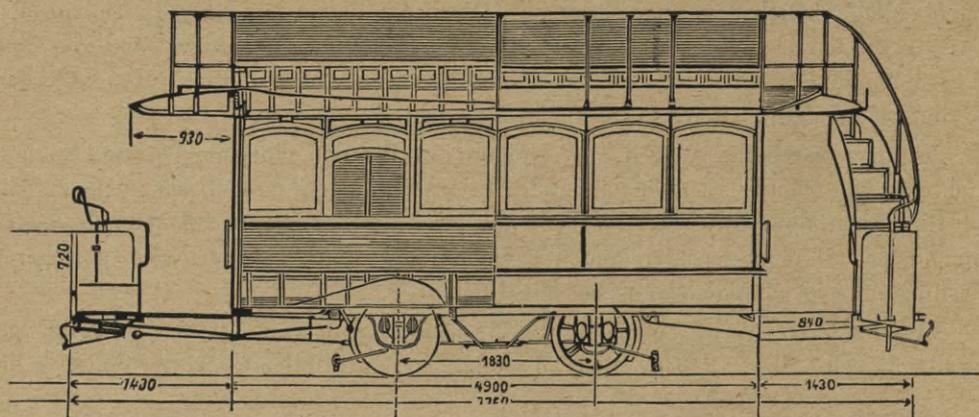


Abb. 240.

Abb. 240 zeigt einen normalspurigen, zweispännigen Wagen mit Decksitzen und zwar enthält der Wagenkasten 20 Sitzplätze im innern, 20 Sitzplätze oben und unten 9 Stehplätze auf beiden Plattformen. Zu den Decksitzen führen Wendeltreppen von den Plattformen aus. Der Aufstieg zu den oberen Sitzen erfolgt gewöhnlich auf der hinteren Treppe. Im übrigen entspricht die Bauart des Wagens derjenigen von Abb. 239. Der Achsstand beträgt 1,83 m, der Ueberstand bis zur äussersten Kante 3,00 m. Unzweckmässig ist die Ueberdachung der Decksitze mittelst wasserdichter Schirme, da dieselben keinen genügenden Schutz weder gegen die Sonne noch gegen Regen bieten, im Gegenteil der leichten Bewegung des Wagens hinderlich sind.

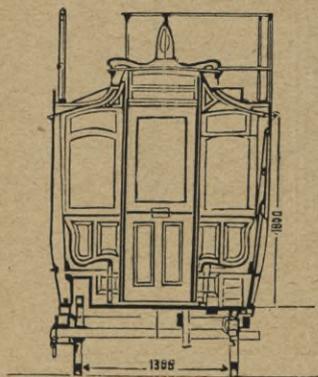
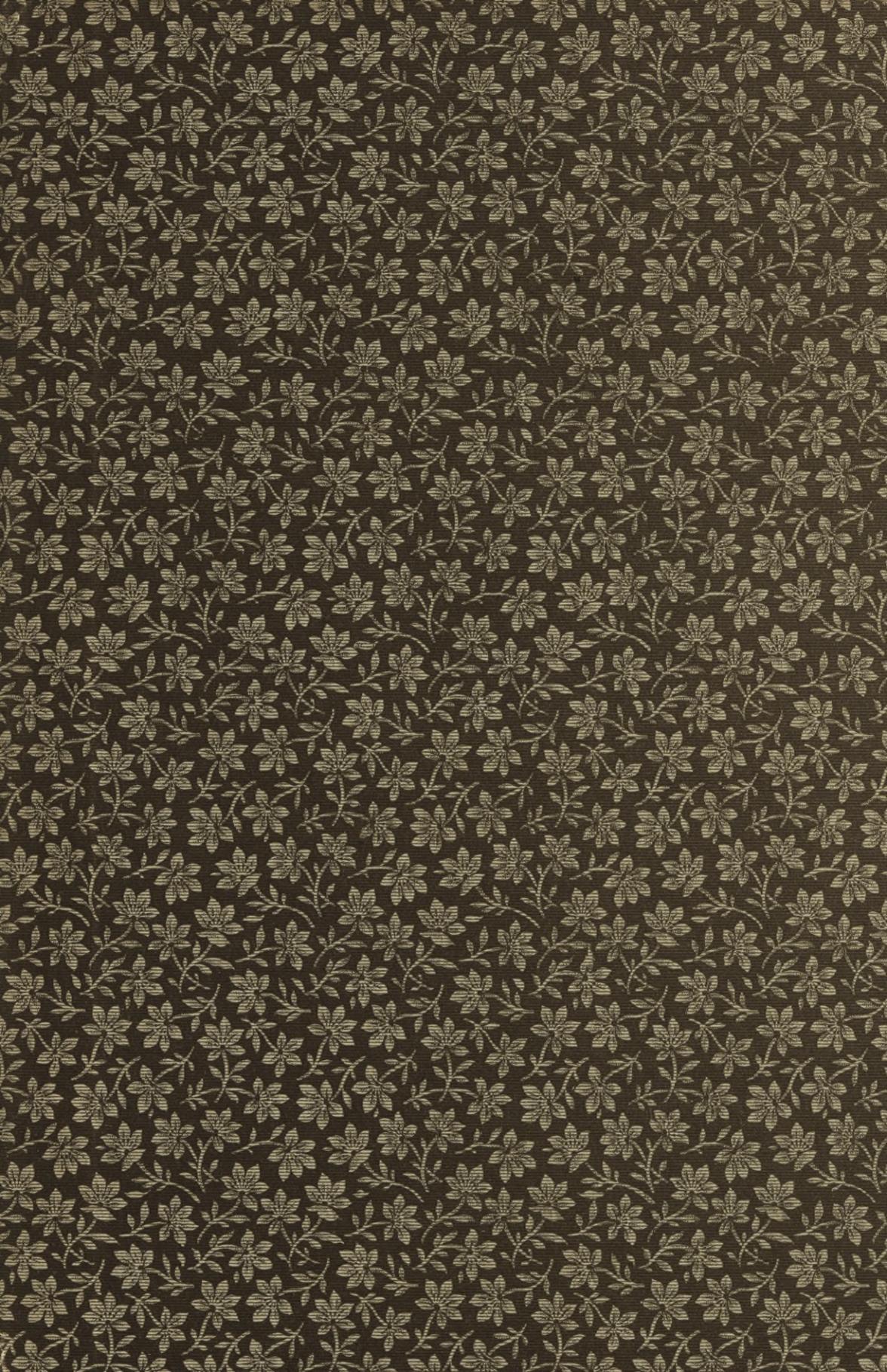


Abb. 241.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW





Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300157