

# Straßenbahnen.

---

## Taschenbuch

für deren

Berechnung, Konstruktion, Montage, Lieferungs-  
ausschreibung, Projektierung und Betrieb.

Herausgegeben

von

**S. HERZOG,**

Ingenieur.

---

Mit 377 Figuren im Text und 4 Tafeln.



**München und Berlin.**

Druck und Verlag von R. Oldenbourg.

**1903.**

# Inhaltsverzeichnis.

## I. Teil: Berechnung, Konstruktion und Montage von elektrisch betriebenen Straßenbahnen.

	Seite
1. Kraftzentralen: . . . . .	1
Allgemeines . . . . .	1
Arbeitsbedarf . . . . .	3
Gebäude . . . . .	4
Turbinen . . . . .	14
Kessel . . . . .	18
Dampfmaschinen . . . . .	20
Lokomobilen . . . . .	23
Dampfturbinen . . . . .	23
Gasmotoren . . . . .	24
Übertragungsmechanismen . . . . .	26
Generatoren . . . . .	30
Pufferbatterien . . . . .	33
Apparatenanlagen . . . . .	39
2. Unterstationen: . . . . .	40
Allgemeines . . . . .	40
Umformung . . . . .	40
Apparatenanlagen . . . . .	41
3. Oberbau: . . . . .	42
Schienen . . . . .	42
Weichen und Kreuzungen . . . . .	47
Geleisebettung . . . . .	50
Elektrische Schienenverbindungen . . . . .	53
Werkzeuge, Instrumente und Maschinen für den Bau und Unterhalt der Geleise . . . . .	59
4. Oberirdisches Stromzuführungssystem: . . . . .	62
Leitungsberechnung . . . . .	62
Drahtmaterial . . . . .	67
Fahrdraht: . . . . .	68
Einfluss der Temperatur auf den Fahrdraht . . . . .	68
Durchhang und Zugspannung des Fahrdrahtes . . . . .	70
Winddruck auf den Fahrdraht . . . . .	70
Zugspannung in den Abspanndrähten . . . . .	70
Gerade Strecken . . . . .	72
Bestimmung der Kurven . . . . .	72
Abspannung der Kurven . . . . .	79
Maste: . . . . .	81
Holzmaste . . . . .	81
Röhrenmaste . . . . .	83
Gittermaste . . . . .	85
Allgemeines . . . . .	92

	Seite
Mauerrosetten . . . . .	97
Oberleitungsmaterial: . . . . .	100
Isoliermaterialien . . . . .	100
Fahdrahtisolatoren . . . . .	100
Drahthalter . . . . .	101
Abspanndrahtisolatoren . . . . .	103
Streckenisolatoren . . . . .	106
Verbindungsuffen . . . . .	107
Spannschrauben . . . . .	108
Stromleiter . . . . .	108
Luftweichen . . . . .	108
Luftkreuzungen . . . . .	109
Sicherung der Leitungen . . . . .	110
Streckenausschalter . . . . .	114
Drahtbrüche . . . . .	115
Speiseleitungen . . . . .	116
Isolationsprüfung der Leitungen . . . . .	119
Vagabundierende Ströme . . . . .	123
Schutzvorrichtungen . . . . .	124
Automatische Ausschalter . . . . .	124
Unterführung von Eisenbahnbrücken . . . . .	124
Schutz von Schwachstromleitungen . . . . .	124
Montage der Oberleitung: . . . . .	129
Fahdraht . . . . .	129
Montagewagen . . . . .	132
Werkzeuge . . . . .	133
5. Unterirdische Stromzuführungssysteme: . . . . .	133
Allgemeines . . . . .	133
Schlitzkanalsysteme: . . . . .	134
System Siemens & Halske . . . . .	134
Griffensches System . . . . .	139
System Union E. G. . . . .	139
System der Londoner Straßenbahnen . . . . .	140
Teilleitersysteme: . . . . .	143
System Ciria . . . . .	143
System Thompson und Walker . . . . .	144
System Diatto . . . . .	145
System Lorain Steel Comp. . . . .	146
6. Betrieb mit Akkumulatoren: . . . . .	146
Allgemeines . . . . .	147
Reiner Akkumulatorenbetrieb: . . . . .	149
Straßenbahn Bremerhaven . . . . .	149
Straßenbahn Gent . . . . .	150
Nachladebetrieb: . . . . .	151
System Pollak . . . . .	151
Pariser Strassenbahnen . . . . .	152
Gemischter Betrieb: . . . . .	152
Straßenbahn Hannover . . . . .	153
System Engl . . . . .	155
Wiener städtische Straßenbahn . . . . .	155
Dresdener Straßenbahn . . . . .	155

	Seite
Untergestelle . . . . .	166
Federn . . . . .	170
Achsen . . . . .	171
Lager . . . . .	172
Räder . . . . .	172
Straßenbahnmotoren: . . . . .	172
Berechnung der Straßenbahnmotoren . . . . .	172
Konstruktionsbedingungen der Straßenbahnmotoren . . . . .	177
Konstruktionsarten der Straßenbahnmotoren . . . . .	177
Baart der Straßenbahnmotoren . . . . .	181
Übertragungsmechanismen . . . . .	195
Wirkungsgrad . . . . .	196
Fahrschalter und Schaltungen . . . . .	199
Wagenleitungen . . . . .	209
Ausschalter, Sicherungen, Blitzschutzapparate und Widerstände für Motorwagen . . . . .	210
Stromabnehmer . . . . .	214
Bremsen . . . . .	223
Beleuchtung der Wagen . . . . .	233
Heizung der Wagen . . . . .	235
Nebenapparate der Motorwagen . . . . .	238
Kupplungen . . . . .	238
Signalglocken . . . . .	239
Sandstreuapparate . . . . .	239
Winden . . . . .	240
Schleibürsten . . . . .	240
Zahlkastensystem . . . . .	240
Schutzvorrichtungen an Straßenbahnwagen . . . . .	240
Elektrische Gesamtausrüstung eines Motorwagens . . . . .	245
9. Wagenremisen: . . . . .	246
Gebäude . . . . .	246
Schiebebühnen, Drehscheiben . . . . .	247
Remisenleitung . . . . .	248
Werkstätten . . . . .	249
Magazine . . . . .	249
Diensträume . . . . .	249

## II. Teil: Projekte, Verträge, Lieferungsvorschriften und Rentabilitätsberechnung von elektrisch betriebenen Straßenbahnen.

1. Grundlagen für ein Ausführungsprojekt einer elektrisch betriebenen Straßenbahn . . . . .	250
2. Rentabilitätsberechnung für eine zu erstellende elektrisch betriebene Straßenbahn . . . . .	254
3. Kostenvoranschlag für eine zu erstellende elektrisch betriebene Straßenbahn . . . . .	255
4. Beilagen zu einem Projekte für eine zu erstellende elektrisch betriebene Straßenbahn . . . . .	258
5. Technische Bedingungen betreffend die Lieferung und Installation der elektrischen Einrichtung einer Straßenbahn-Kraftzentrale . . . . .	259
6. Offert für einen Dampfkessel . . . . .	261
7. Offert für eine Dampfmaschine . . . . .	262

12. Besondere Bedingungen der preussischen Staatsbahnverwaltungen für die Lieferung von Schienen . . . . .	277
13. Schema für die Aufstellung einer Betriebsrechnung einer elektrisch betriebenen Strafsenbahn . . . . .	280

### III. Teil: Betrieb, Behandlungsvorschriften und Betriebskosten von elektrisch betriebenen Strafsenbahnen.

1. Verhaltensmaßregeln zur Erzielung eines ökonomischen Betriebes . . . . .	284
2. Vorschriften für Aufstellung und Wartung von Dynamomaschinen . . . . .	286
3. Anweisung der Akkumulatoren-Werke System Pollak A.-G. zur Behandlung einer Ausgleichbatterie . . . . .	289
4. Behandlungsvorschriften der Akkumulatoren-Werke A.-G. für transportable Batterien . . . . .	290
5. Anleitung zur ersten Hilfeleistung bei Unfällen in elektrischen Betrieben . . . . .	293
6. Betriebsergebnisse . . . . .	295
7. Durchschnittspreise . . . . .	296
8. Statistik . . . . .	298

### IV. Teil: Sicherheits- und Dienstesvorschriften für elektrisch betriebene Strafsenbahnen.

1. Sicherheitsvorschriften für elektrische Bahnanlagen . . . . .	299
2. Ortspolizeiliche Vorschrift der Kgl. Polizeidirektion über den Betrieb der elektr. Trambahn in München . . . . .	304
3. Dienstesvorschriften der Münchner Trambahn für die Schaffner . . . . .	310
4. Dienstesvorschriften der Münchner Trambahn für die Wagenführer . . . . .	313

### V. Teil: Tabellen.

1. Elektrotechnische Tabellen: . . . . .	318
I. Tafel der wichtigsten magnetischen Größen . . . . .	318
II. Elektrotechnisches Maßsystem . . . . .	318
a) Absolutes elektromagnetisches Maßsystem . . . . .	318
b) Vergleich zwischen absolutem elektromagnetischen und elektrostatischen System . . . . .	319
c) Praktisches, vom Pariser Kongress 1881 und 1889 adoptiertes Maßsystem . . . . .	319
d) Widerstandseinheiten . . . . .	319
e) Wärmeeinheiten . . . . .	320
III. Tabelle über Widerstandskoeffizient und -zunahme einiger Metalle, Legierungen und Halbleiter . . . . .	320
IV. Drahttabellen . . . . .	321
a) Gewicht und Widerstand von Kupferdrähten und Rundkupfer bei 15° C . . . . .	321
b) Vergleich von Kupfer- und Aluminiumdrähten bzw. -kabeln bei gleichem Widerstande . . . . .	325
c) Reduktion des Kupferwiderstandes auf 15° C . . . . .	325

	Seite
f) Reduktionstabellen für englische Kabelquer- schnitte und Leitungsdrähte auf metrisches Maß	327
g) Spannungsverlust in Kupferkabeln	328
V. Spezifischer Widerstand von Nichtleitern in Abhängig- keit von der Spannung, der Temperatur und dem Druck	329
a) Spezifischer Widerstand der Isolatoren nach einer Elektrisierung von mehreren Minuten	329
b) Widerstand der Luft	330
2. Maschinentechnische Tabellen:	330
I. Festigkeitskoeffizienten	330
II. Tabelle der Trägheitsmomente	331
III. Tabelle der Biegemomente	332
IV. Zerknickungsfestigkeit oder rückwirkende Festigkeit	333
V. Drehfestigkeit oder Torsionsfestigkeit	333
VI. Gewinde nach Withworth	334
VII. Metrisches Gewinde nach Delisle	335
VIII. Gehrungsgewinde	335
IX. Reibungskoeffizienten	335
X. Geschwindigkeiten	336
XI. Tabelle des Verhaltens der Reibungskoeffizienten bei zunehmender Geschwindigkeit	336
3. Geometrische Tabellen:	337
I. Flächentabelle	337
II. Körpertabelle	338
4. Physikalische Tabellen:	339
I. Tabelle der spezifischen Massen oder Dichtigkeiten einiger Körper	339
a) Feste Körper	339
b) Flüssige Körper	341
II. Vergleichung von Thermometerskalen	341
III. Spezifische Wärme	342
a) Feste Körper	342
b) Flüssigkeiten	342
c) Gase	342
IV. Tabelle der Spannkraft des Wasserdampfes	343
5. Praktische Tabellen:	344
I. Flacheisen	344
II. Quadrat- und Rundeisen	346
III. Gewicht von Schrauben und Nieten	346
IV. Gleichschenklige Winkeleisen	346
V. Ungleichschenklige Winkeleisen	347
VI. T-Eisen	347
VII. Eisenbahnschienen	347
VIII. Tabelle über einige Millenschienenprofile, System Phönix	348
IX. Zinsseszins-Tabelle	349
X. Amortisationstabelle für ein Kapital $\alpha = 100\,000 \text{ M}$	350
XI. Maßstabellen und Maßeinheiten	351
a) Maß- und Gewichtstabellen	351
1. Metrisches Maß	351
2. Englisches Maß	351

**VI. Teil: Allgemeine Gesetze und Verordnungen.**

	Seite
1. Sicherheitsvorschriften und Normalien für elektrische Starkstromanlagen und Materialien . . . . .	357
2. Das Telegraphen-Wege-Gesetz . . . . .	396
3. Gesetz über das Telegraphenwesen des Deutschen Reiches . . . . .	400
4. Gesetz, betreffend die elektrischen Maßeinheiten . . . . .	402
5. Bekanntmachung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt über die Prüfung elektrischer Meßgeräte . . . . .	403
6. Normalien für elektrische Maschinen und Transformatoren . . . . .	408
7. Auszug aus der Bekanntmachung, betreffend allgemeine polizeiliche Bestimmungen über die Anlegung von Dampfkesseln . . . . .	417
8. Normen für Leistungsversuche an Dampfkesseln und Dampfmaschinen . . . . .	421
9. Normen für die Berechnung des Honorars für elektrotechnische und Ingenieurarbeiten . . . . .	432

**VII. Teil: Mathematische Tabellen.**

1. Tabelle der Quadrate, Kuben, Quadrat- und Kubikwurzeln u. s. w. . . . .	436
2. Die trigonometrischen Zahlen . . . . .	459
3. Die Logarithmen der natürlichen Zahlen . . . . .	460
4. Die Antilogarithmen der natürlichen Zahlen . . . . .	462
5. Die Logarithmen der trigonometrischen Zahlen . . . . .	464
6. Die Logarithmen oft vorkommender Zahlen . . . . .	470

**Alphabetisches Sachregister.**

## I. Teil.

### Berechnung, Konstruktion und Montage von elektrisch betriebenen Straßenbahnen.

#### 1. Kraftzentralen.

**Allgemeines.** Die Kraftzentralen werden entweder mit Wasserkraft, mit Dampf oder Gas betrieben. Der direkte Betrieb durch Wasserkraft kommt mehr bei Überland-Straßenbahnen in Betracht, da im allgemeinen ausgiebige Wasserkräfte seltener in der Nähe großer Städte zu finden sind. Der Betrieb durch Wasserkraft zeichnet sich, unter der Voraussetzung einer konstanten, entsprechend großen Wasserkraft und keiner allzu kostspieligen Anlagekosten der Wasserbauten, durch billige Betriebskosten aus. Auch dort, wo nur während eines, wenn auch großen Teiles des Jahres eine entsprechende Wasserkraft zur Verfügung steht, wird unter den vorher erwähnten Bedingungen eine rentable Ausnutzung derselben bei Aufstellung einer Dampf- oder Gaskraft-Reserve möglich sein. Diese Reserve wird in den meisten Fällen nicht zu groß sein müssen, da sie in wasserarmen Zeiten mit den Turbinen parallel auf die Stromerzeuger arbeiten wird. Beim Vorhandensein sehr großer Wasserkräfte, welche von der Stadt sehr weit entfernt sind, wird sich unter gewissen Umständen eine Verwertung derselben für den Straßenbahnbetrieb unter Zuhilfenahme einer Hochspannungs-Kraftübertragung und Umformerstationen als rentabel erweisen.

Der größte Teil der Kraftzentralen für Straßenbahnbetrieb wird mit Dampf betrieben, doch findet in neuerer Zeit infolge ihrer weitgehendsten Ausbildung auch die Gasmachine, namentlich für kleinere Zentralen große Verbreitung. Da mit Rücksicht auf die teureren Bodenpreise innerhalb der Städte das Raumerfordernis der Kraftzentralen auf ein Minimum reduziert werden muß, trachtet man, die Betriebsmaschine mit dem Stromerzeuger direkt zu koppeln. Die direkte Kuppelung hat übrigens den Vorteil eines ruhigeren, gleichmäßigeren Betriebes. In dieser Beziehung bieten die großen Dampfmaschinen einen gewissen Nachteil infolge ihrer langsamen Umdrehungszahl, welche dem Konstrukteur der elektrischen Maschinen große Schwierigkeiten bereitet.

Die Bemessung der Maschinengrößen wird durch den Umstand stark beeinflusst, daß bei dem Straßenbahnbetrieb momentane Kräftefordernisse bis zu 100% der normalen auftreten. Durch Verwendung von Pufferbatterien kann eine bedeutende Beschränkung der Maschinengrößen und der Kosten erreicht werden.