Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 15/16 (1890)

Heft: 24

Artikel: Ueber den gegenwärtigen Stand der Electrotechnik in den Vereinigten Staaten von Nord-America

Autor: Goldenzweig, Fritz

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-16468

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

INHALT: Ueber den gegenwärtigen Stand der Electrotechnik in den Vereinigten Staaten von Nord-America. Von Ing. Fritz Goldenzweig in Wien. (Schluss.) — Die Abnutzung der Schienen in Folge ihrer elastischen Durchbiegung. — Miscellanea: Ueber den Bau der Sibirischen Eisenbahn. Eisenbahnbau in Siam. Erygmatoscop von G. Trouvé. Versuchsschnellzug auf der franz. Nordbahn. Pneumatischer Meissel. Electr. Trambahnen in London. Electr. Sammler als Betriebselement für den Telegraphendienst. Ein electr. Läutwerk. Ein neues Verfahren beim Aetzen von Zinkplatten für Druckclichés. — Concurrenzen: Evang.-luth. Kirche in Dresden. Brücke in Esslingen. — Correspondenz. — Briefkasten. — Vereinsnachrichten: Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. Stellenvermittelung.

Ueber den gegenwärtigen Stand der Electrotechnik in den Vereinigten Staaten von Nord-America.

Von Ingenieur *Fritz Goldenzweig* in Wien.

(Schluss.)

Die Art der Ausführung der oberirdischen Leitung hängt von den bezüglichen Vorschriften der städtischen Behörden ab, die im Allgemeinen, mit den europäischen verglichen, nicht streng genannt werden können. Es lassen sich hier drei Arten unterscheiden. Bei der ersten — die in den Strassen der Städte allgemein in Gebrauch ist — sind auf beiden Seiten der Strasse einander gegenüber Säulen aus Eisen- oder Stahlrohr (ausserhalb der Stadt oder in Vorstädten aus Holz) aufgestellt. Diese Säulen bestehen aus drei in einander geschobenen Röhren von 10—15 *cm* Durchmesser und werden 7 *m* über dem Terrain, in Intervallen von maximal 40 *m* voneinander aufgestellt. Da sie oft starken Zug auszuhalten haben, werden sie 2 *m* in die Erde eingelassen und solid mit Steinen und Cement befestigt. Am oberen Ende sind die beiden gegenüberstehenden Säulen durch einen Stahldraht verbunden und an diesem ist der eigentliche stromführende Kupferdraht, durch irgend eine Isolirvorrichtung — von denen eine Anzahl Constructionen gebräuchlich sind — über die Mitte der beiden Schienen aufgehängt. Als Contactdraht verwendet Thomson-Houston hartgezogenen Kupferdraht von $8\frac{1}{4}$ *mm* Durchmesser, Sprague meist Siliciumbronzedraht von 4,1 *mm* Durchmesser. Bei Kreuzungen werden Zwischenstücke und Weichen nöthig, die aber alle sehr einfacher Construction sind und kaum je zu Störungen Anlass geben.

Da bei diesen Kreuzungen der Contact oft für einen Moment unterbrochen wird, kann man des Nachts häufig blitzartige Lichterscheinungen in der Luft erblicken; dieselben Blitze sieht man übrigens auch zwischen Rad und Schiene, wenn der Wagen eine stark schaukelnde Bewegung macht. Bei Curven und Kreuzungen wird in der Luft die Lage der Geleise nachgebildet; die Contactdrähte werden hiebei mittelst Stahldrähten und Isolatoren in ihrer gegenseitigen Lage erhalten; eine grössere Kreuzung sieht einem Spinnwebnetz nicht unähnlich, ist aber im Uebrigen dauerhaft und selten Ursache von Störungen. Schöner als diese Art der Leitungsausführung lassen sich die beiden anderen Arten ausbilden, jedoch dürfte sich deren Anwendung auf Landstrassen und Alleen beschränken. Bei der einen Construction befindet sich, an der Säule angeschraubt, eine Console, mehr oder weniger reich verziert, an welcher mittelst einer Isolirvorrichtung der Contactdraht befestigt ist. Ist es möglich, z. B. bei Alleen die Stangen in der Mitte der beiden Geleise aufzustellen, so verwendet man (für zwei Geleise) Consolen auf jeder Seite der Säule und es lässt sich in diesem Falle eine wirklich hübsche, ornamentale Anordnung erzielen. Anstatt der Säulen aus Rohr pflegt man auch solche aus schmiedeisernem Gitterwerk zu verwenden.

An den Leitungssäulen werden oft bei Haltestellen oder zur Strassenbeleuchtung Glühlampen, von einem Schirm geschützt, und zwar je fünf hintereinander geschaltet, verwendet. Parallel mit diesen sind fünf rothe Lampen geschaltet, welche, wenn eine der ersteren versagt, also der „weisse" Stromkreis unterbrochen wird, durch eine automatisch wirkende Vorrichtung eingeschaltet werden. Der Controlbeamte sieht dann die rothen Lampen brennen und muss die gebrochene Lampe durch eine neue ersetzen.

Wenn über dem Contactdrahte andere Leitungen geführt sind, so dass Gefahr wäre, dass diese eventuell auf die Tramwayleitung fallen, so hängt man längs des Contactdrahtes noch Stahlschutzdrähte, welche von ersteren gut isolirt werden. Der Contactdraht befindet sich ungefähr 6 *m* oberhalb des Geleises; oft aber, z. B. wenn die Bahn unter einer Brücke fährt, muss man den Draht tiefer geben, manchmal blos um $\frac{1}{3}$ *m* höher als das Wagendach, das 3,5 *m* hoch ist, so dass man einen 4 *m* hohen Durchlass passiren kann. Bei Eisenbahnkreuzungen ist es andererseits erforderlich, 8 – 8,5 *m* hoch mit dem Drahte zu gehen; deshalb muss der Contactarm am Wagen so construirt sein, dass er sich allen Niveau-Aenderungen leicht anpasst.

Die Art der Stromvertheilung ist je nach der Ausdehnung des Netzes eine verschiedene: im Allgemeinen lässt man Spannungsverluste von 10—12 % zu. Sind die Strecken kurz, so genügt der Contactdraht und man braucht gar keine „Feeder"; bei längeren Netzen sind diese nothwendig und werden entweder oberirdisch mittels wohlisolirter Drähte — an denselben Leitungsstangen, die zur Aufhängung des Contactdrahtes dienen — geführt, oder man verlegt sie unterirdisch. Bei grösseren Bahnen wird das Netz durch Sicherheitsschaltungen in mehrere Theile getheilt, damit, wenn auf einer Linie Kurzschluss entsteht, der Betrieb auf anderen Strassen ungestört weiter geführt werden kann.

Die Einrichtung und Ausführung der oberirdischen Leitung ist bei allen Systemen ungefähr die gleiche; sie ist eine ziemlich einfache Sache und hängt grossentheils vom Geschmack und den Geldmitteln der betreffenden Tramway-Compagnie ab. Noch einfacher als die oberirdische wird die Erd-Rückleitung ausgeführt. Man muss hier den Leitungswiderstand möglichst klein, die Stromleitung selbst sicher machen; deshalb wird ein blanker Kupferdraht von derselben Dimension, wie er für die oberirdische Zuleitung dient, zwischen die beiden Schienen in die Erde gelegt und mit jeder Schiene an beiden Enden derselben durch kurze, angelöthete Kupferdrahtstücke verbunden.

Der wichtigste Theil der electrischen Bahn — insoferne er am öftesten zu Störungen Anlass gibt — ist der Motorwagen. Zunächst am Wagendache befindet sich der Contactarm, der mittelst einer Feder an den stromführenden Contactdraht angepresst wird. Dieser Arm, der aus Holz, oder in neuerer Zeit aus Stahlrohr gefertigt ist, hat an seiner Spitze ein kleines, mit einer Rinne versehenes Metallrad, das am Contactdraht entlang läuft. Der Arm ist drehbar und kann mittelst einer Schnur gehandhabt werden; bei Umkehrung der Fahrtrichtung z. B. zieht der Conducteur den Arm nieder, dreht ihn um und legt ihn wieder an den Draht an.

Durch den Contactarm wird der Strom mittelst gut isolirten Drahtes ins Wageninnere geführt — wo ein „shunt" für die Lampen des Wagens und für den Blitzschutzapparat (den jeder Wagen besitzt) abgezweigt ist — und wird dann zu je einem Hauptausschalter auf jeder Plattform geleitet.

Soweit haben alle Systeme ziemlich die gleiche Einrichtung; bevor wir aber den Strom weiter verfolgen, müssen wir auf den wesentlichen Unterschied zwischen den einzelnen Systemen hinweisen, das ist die Art der Geschwindigkeitsregulirung. Die Motoren aller Systeme haben Serienwickelung; während jedoch Thomson-Houston und Short die Geschwindigkeit durch allmälige Einschaltung von — unter dem Wagen angebrachten — Widerständen in den Hauptstrom reguliren, wodurch beim Langsamfahren unnütze Arbeit geleistet wird, variirt Sprague die Umdrehungszahl des Motors durch Aenderung der Stärke des magnetischen Feldes. Die Bewickelung der beiden Magnetschenkel ist bei Sprague in sechs Gruppen getheilt und durch verschiedene Schaltungsart derselben — parallel, hintereinander oder gemischt — wird der durch die Magnetwickelung gehende Strom stärker oder schwächer und dadurch die Feldstärke geändert. Uebrigens habe ich beim Angehen der Sprague-Motoren ziemlich häufig Stösse gespürt, und

es sollen auch die Sprague-Wagen — um diese zu vermeiden — jetzt einen, blos für's Anfahren bestimmten, kleinen Widerstand erhalten. Auf die allerdings sehr interessanten Details beider Constructionen näher einzugehen ist hier nicht der Platz; ich will nur bemerken, dass die Regulirung und Handhabung bei beiden eine sehr vollkommene ist.

Wir wollen nun den Stromverlauf weiter verfolgen. Bei dem Thomson-Houston und dem Short-System geht der Strom von dem früher erwähnten Hauptausschalter zum Rheostat, von dort zu einem unter dem Wagen angebrachten Reversir-Umschalter, dann zu den Motoren, durchläuft hier die Armaturwickelungen und geht dann durch das Wagengestell, die Räder und die Erde zur Centrale zurück. Bei dem Sprague-System ist der Verlauf der gleiche, nur mit dem Unterschiede, dass kein Rheostat vorhanden ist, sondern der Strom von dem Hauptausschalter zu je einer auf jeder Plattform befindlichen Regulirbüchse — von wo aus die verschiedenen, früher erwähnten Schaltungen vorgenommen werden — und von dort durch die, der Schaltung gerade entsprechenden Magnetwickelungen zur Armatur geführt wird. Alle Wagen sind stets von beiden Plattformen aus in gleicher Weise zu bedienen. Bei Thomson-Houston und Short sind zwei (an einer Achse befestigte) Hebel, der eine zum Reversiren, der zweite zum Reguliren, bei Sprague bloss einer, mit welchem sowohl die Regulirung als auch das Reversiren bewerkstelligt wird, vorhanden. Der Wagenführer regulirt mit der linken Hand die eben erwähnten Hebel für die electrischen Manipulationen, mit der rechten Hand beherrscht er die mechanische Bremse; mit dem rechten Fuss tritt er im Bedarfsfalle auf einen die Alarmglocke bedienenden Hebel. So hat er zwar nur mehr den linken Fuss zur eigenen Disposition, aber dennoch ist die Arbeit für ihn eine ungleich bequemere als bei Pferdebetrieb. Das Halten des Wagens geschieht sehr schnell; der Motor wird ausgeschaltet und zugleich die Bremse angezogen; im Momente grosser Gefahr kann man den Motor durch den Reversirhebel in entgegengesetzter Richtung laufen lassen, ohne dass mehr als im schlimmsten Falle der Bruch eines Zahnrades erfolgen würde. Die Geschwindigkeit des Wagens selbst hat der Wagenführer vollständig in seiner Hand; er kann von ganz langsamem Tempo bis zu Geschwindigkeiten von 40 *km* die Stunde und mehr fahren.

Sehr wichtig, ja vielleicht das Wichtigste an dem ganzen System ist die Ausführung des Motors und der Uebertragungsmechanismen auf die Wagenachse. Die meisten Störungen sind vorgekommen und kommen noch immer vor durch schlechte Ausführung und ungenügende Isolation der Trommeln, was vielleicht in der Ueberhäufung der Fabriken mit Arbeit seinen Grund haben mag. Der Chef-Ingenieur einer Bahn in Cleveland theilte mir mit, dass die Trommeln der ursprünglich gelieferten Motoren infolge schlechter Isolation fast alle ausbrannten; seit jedoch die Tramway Co. selbst eine gründliche Neubewickelung vornahm, kam keine Störung weiter vor. Die Uebertragung von der Trommelachse auf die Wagenachse (etwa 10—11fache Uebersetzung) geschieht ausnahmslos durch Zahnräder mit Einschaltung einer Zwischenachse. Die grossen Zahnräder sind meist aus Gusseisen, die kleinen aus Bronze oder Stahl und werden neuestens, um den Lärm abzuschwächen, aus zusammengepressten Scheiben von Rohhaut und Eisen gefertigt. Ich habe übrigens den Lärm durch die Zahnräder nicht störend gefunden, keinesfalls so sehr als z. B. das Läuten der Pferdebahn-Glocken. Um jedoch auch das wenige Geräusch zu vermeiden, hat man verschiedene Versuche gemacht, z. B. die Zahnräder mit Holz ausgefüttert, und neuestens lässt die Westinghouse Co. die Zahnräder in einem Gehäuse, das mit Oel gefüllt ist, laufen.

Die Art der Befestigung des Motors am Wagengestell ist eines der subtilsten Details und insoferne bei allen Systemen gleich, als der Motor an dem der Wagenachse entgegengesetzten Ende mit dem Wagengestell elastisch (bei Sprague durch eine Feder, bei den Uebrigen durch Gummiunterlagen) verbunden ist.

Während bei Sprague bloss die Trommel- und Zwischenachse gemeinsam gelagert ist und das Magnetjoch auf der Wagenachse aufruht sind bei Thomson-Houston alle drei Lager durch ein Gussstück verbunden und die Westinghouse Co. hat bei ihrem neuen Modell eine Verbesserung insoferne gemacht, als dort ein viereckiger, gusseiserner Rahmen alle Lager zusammenhält, welcher auf der einen Seite auf der Wagenachse aufliegt, am anderen Ende aber mit zwei Gummiunterlagen an dem Gestell befestigt ist.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich bemerken, dass die Westinghouse Co., entgegen einem Gerüchte, nicht beabsichtigt, Wechselstrom für Bahnbetrieb zu verwenden. Der Grund hiefür soll sein, dass die von dieser Gesellschaft benutzten Tesla'schen Wechselstrommotoren eine Zuführung von zwei Strömen mit drei Leitungen erfordern, und hiedurch die Stromzuführung zu complicirt werden dürfte.

Im Gegensatz hiefür bedarf der bekannte Ganz'sche Wechselstrommotor bloss eines Stroms und somit, wie die Gleichstrommotoren, bloss zweier Leitungen.

Die Westinghouse Co. benützt ganz das gleiche System (500 Volt; oberirdisch) wie alle übrigen Gesellschaften und hat eine besondere Sorgfalt auf die Construction ihres Motorwagens verwendet, der im Princip von den bisherigen nicht abweicht, sich jedoch durch eine viel Vertrauen erweckende mechanische Ausführung auszeichnet.

Wichtig und von allen Constructeuren beachtet ist es, alle Theile des Motors leicht auswechselbar und zugänglich zu machen, damit bei eventuellen Reparaturen nicht viel unnütze Zeit verschwendet wird. Zur Instandhaltung der Motoren ist bei grösseren Bahnen ein Mann angestellt, dessen Pflicht es ist, jeden Wagen nach jeder Rundfahrt gründlich zu inspiciren und besonders die Lager und Bürsten zu überwachen.

Die weitaus gebräuchlichste Einrichtung der Wagen ist die mit zwei Motoren zu 15 HP. Jedoch werden für besonders günstige Terrainverhältnisse (bis 6 % Steigung) solche mit zwei Motoren zu 10 HP., für Bahnen mit sehr grosser Steigung und ganz besonders schwierigen Verhältnissen solche mit zwei Motoren zu 20 HP. verwendet. Für Bürsten verwendet man ausnahmslos Kohlenbürsten, die länger dauern als Kupferbürsten und den Commutator mehr schonen sollen.

Sehr effectvoll ist die Beleuchtung der Wagen; es sind fünf Lampen (drei als Luster im Innern und je eine auf jeder Plattform) hintereinander geschaltet, parallel zum Motor und unabhängig davon, ob dieser in Bewegung ist oder nicht. Zur vollständigen Ausrüstung einer electrischen Bahn gehört noch der Schneepflug, von dem verschiedene Constructionen in Gebrauch sind. Die Praxis der letzten Jahre hat gezeigt, dass Schnee beim Betrieb der oberirdischen Bahn keine Störungen hervorruft; nur muss die Leistungsfähigkeit der Centralstation eine ausreichende sein, da der Verbrauch an Arbeit durch den grösseren Widerstand bedeutend steigt.

Im Ganzen betrachtet, glaube ich, dass das eben beschriebene System, wie es in America jetzt gebräuchlich ist, ein vollkommenes genannt zu werden verdient, wenn auch über die Anwendbarkeit der oberirdischen Leitungen für europäische Städte gestritten werden kann. Nothwendig, ja Hauptbedingung für den sicheren Betrieb ist solide Construction und Ausführung der Anlage und aller ihrer Details. Kleinere Störungen und Zufälligkeiten werden sich ja nie vermeiden lassen, doch wird solche kein Mensch übelnehmen, da sie ja bei jedem Betrieb vorkommen. So fuhr ich eines Abends in Cleveland, von einem Ausflug am Eriesee zurückgekehrt, in einem Wagen der electrischen Trambahn zur Stadt, als plötzlich die Lampen verlöschten und wir auch nicht lange darauf stille standen. Ich stieg natürlich aus und sah, dass die Feder des Contactarmes gebrochen war; einige Versuche, durch Stricke das Unglück gutzumachen, nützten nichts, und da unterdessen drei andere Wagen hinter uns angekommen waren, stellte sich ein Conducteur aufs Dach, nahm die Stange in seine Arme, presste die Rolle gegen den Draht und so fuhren wir, mit

dem Mann auf dem Dach, unter Halloh durch die Stadt. Auch das Ausbrennen einer Armatur habe ich auf einem Wagen miterlebt; eine Zeitlang fuhren wir mit dem zweiten Motor weiter, und als dieser bei einer unglücklicherweise starken Steigung das Schicksal seines Genossen theilte, warteten wir auf den nächsten Wagen und liessen uns von diesem ins Schlepptau nehmen. Derartige Fehler, meist durch schlechte Arbeit entstanden, sind allerdings beklagenswerth, können aber keinen Masstab für die Beurtheilung eines Systems abgeben.

Nachdem ich die einzelnen Bahnsysteme durchgegangen, möchte ich in der nachfolgenden Tabelle deren Verbreitung (bis Juli 1890) in den Vereinigten Staaten zeigen.

Elect. Bahnen	Kilometer	Motorwagen	Zugwagen	Zahl der Bahnen	System
fertig	850	698	403	61	Thomson-Houston oberirdisch
im Bau . . .	610	436	12	19	
fertig	770	719	362	62	Sprague oberirdisch
im Bau . . .	45	51	—	9	
fertig	360	354	200	38	Andere Systeme oberirdisch
im Bau . . .	40	29	10	4	
fertig	55	21	—	6	Accumulat.-System
im Bau . . .	—	—	—	—	
Total .	2730	2308	987	199	

Ausser den Accumulatoren haben alle diese Bahnen oberirdische Zuleitung, sieben davon das sog. „Double Trolley system", alle übrigen Rückleitung durch die Erde. Unterirdische Stromzuleitung ist, wie ich schon erwähnt, nirgends angewendet. Von den 42 Bahnen, die nicht nach dem System von Thomson-Houston oder Sprague gebaut sind, haben elf das Short-System, neun dasjenige von Daft, acht das von Vandepoele und acht sind von den Detroit electrical works errichtet. Von obigen 21 Accumulatorwagen gehören allein zehn zur früher citirten Julien Co. in New-York, von denen aber nur mehr zwei in Betrieb sind. Zu den grössten Bahnen gehören die Rochester Ry. Co. mit 90 *km* Trace, 100 Motorwagen und 100 Zugwagen (Short-System); die Omaha Str. Ry. Co. mit 95 *km* Länge, 50 Motorwagen und 60 Zugwagen (Thomson-Houston und Sprague), ferner die East Cleveland R. R. Co. mit 70 *km* Länge, 80 Motorwagen und 120 Zugwagen (Sprague). Die weitaus grossartigste electrische Bahn jedoch wird nach ihrer Vollendung im nächsten Jahre die Boston West End R. R. Co. — von der Thomson-Houston Co. ausgeführt — sein. Es ist dies die grösste Trambahngesellschaft der Welt; sie hatte nach dem vorjährigen Ausweis 410 *km* Geleislänge, 8000 Pferde (dabei schon etwa 1500 HP. electrischer Betrieb), 1860 Wagen, 28 Millionen Wagen-*km* und führte 105 Millionen Passagiere. Gegenwärtig stehen schon etwa 3000 HP. in Betrieb und ist ein ziemlicher Theil der Strecken electrisch ausgerüstet. Doch wird bereits eifrig an dem Bau der zwei neuen, grossartigen Kraftstationen, welche die ganze Bahn vom nächsten Jahre ab betreiben sollen, gearbeitet. Die eine Centrale in Cambridge erhält 8000, die zweite in Boston 13 000 HP. — Es werden dort 13 Stück Tripel-Expansionsmaschinen von je 1000 HP. mit Condensation aufgestellt, von denen jede vier Stück vierpolige Compound-Generatoren von 500 Volt Spannung antreibt. Die Compagnie hat ihr Capital um 4,5 Mill. Dollars (23 625 000 Fr.) vermehrt, um die Umwandlung durchführen zu können.

Bewundernswerth ist es, mit welcher Sicherheit die electrischen Bahnen den schwersten Anforderungen Genüge leisten. Steigungen von 12—14 % bei Curven von 12 *m* Radius sind nicht selten; ich selbst fuhr in Cleveland auf einer Sprague-Bahn mit einem gewöhnlichen Motorwagen von 2—15 HP. Motoren, auf einer Steigung von 13½ %, die etwa 15 Minuten anhielt. Noch vor 1½ Jahren hatte man es in America vielfach für unmöglich gehalten, mehr als 5—6 % mit der electrischen Bahn zu überwinden. Steigungen von 4—8 %, 5 *km* lang, werden von einem gewöhnlichen Wagen, der noch einen Zugwagen mitschleppt, mit Leichtigkeit überwunden. Solche Tracen können mit Pferden gar nicht befahren werden. Die Geschwindigkeit, mit der gefahren wird, hängt von den Bestimmungen der betreffenden Stadt ab, jedoch übertrifft sie im Durchschnitt die der Pferdewagen um über 50 %. In Pittsburg fährt man mit 20—22 *km*, in Chicago und Boston mit 19 *km*, in Vorstädten mit 28—32 *km* per Stunde. Je schneller der Wagen fährt, desto günstiger ist es, weil der Wirkungsgrad des Motors grösser wird und keine Widerstände vorgeschaltet werden müssen, hauptsächlich jedoch, weil, je grösser die Geschwindigkeit, desto weniger Wagen für dieselbe Strecke nöthig werden, woraus bedeutende Ersparnisse für Conducteur- und Kutscherkosten resultiren.

Die Arbeit, welche der Motor zu leisten hat, hängt bei gegebenem Gewicht von der Steigung und dem Curvenradius ab; beim Anfahren ist stets eine sehr bedeutende Mehrarbeit nöthig. Zur Illustrirung der am Wagen erforderlichen Leistung möchte ich einige Versuche von Dr. L. Bell und Crosby anführen. Ersterer fand folgende Resultate (bei Verwendung eines inclus. Passagiere etwa 4 100 *kg* wiegenden Wagens):

Bei ebener Trace:

Geschwindigkeit in Kilometer pro Stunde	Electrische Pferdekräfte
12	5,15
14,5	5,40
17,5	9,35
20	8,93

Bei einer Steigung von 6,5 %:

Geschwindigkeit in Kilometer pro Stunde	Electrische Pferdekräfte
4,5	12,65
6,5	13,47
10,0	15,85
15,0	17,14

Crosby fand bei zwei Bahnen:

Bahn	Geschwindigkeit in Kilometer pro Stunde	Electrische Pferdekräfte bei ebener Bahn	Electrische Pferdekräfte bei Steigungen
Richmond .	9,5	6,5	25,6 bei 9 % Steigung
Scranton . .	9,0	7,4	19,2 bei 7 % Steigung

Interessant sind in mancher Beziehung auch einige neuere, von T. Hutchinson im „N. Y. Electrical Engineer" vom 16. April 1890 veröffentlichte Messungen an sechs verschiedenen Sprague-Bahnen (das complete Gewicht des Wagens sammt Passagieren betrug zwischen 4 500 und 5 000 *kg*.

Die durchschnittlichen Ergebnisse waren folgende:

Anzahl der Motorwagen im Betrieb	12,5
Anzahl der Wagen-Kilometer pro Tag	170
Electrische Pferdekräfte am Motorwagen ohne Zugwagen	7,6
Electrische Pferdekräfte am Motorwagen sammt Zugwagen	9,4
Verhältniss der beiden letzteren	1 : 1,3
Maximale electrische Pferdekräfte in der Station, pro Wagen	6,6
Stärkster Strom beim Anfahren, in Ampère . .	72
Pferdekraft-Stunden pro Wagen-Kilometer . .	0,68

Arbeits-Messungen am Motorwagen bei Steigungen gaben folgendes Resultat:

Steigungen	Electrische Pferdekräfte
1,43 %	11,9
3,25 %	15,—
4,— %	17,9
6,— %	22,1
9,5 %	24,7

Zur Bemessung der für eine Neuanlage nöthigen Leistungsfähigkeit in der Kraftstation sind natürlich zunächst die specifischen Verhältnisse zu berücksichtigen. Je grösser die Bahn ist, desto weniger Kraft wird man für einen Motorwagen anzunehmen haben. Man kann bei Bahnen unter 5 % Steigung und etwa 10 gleichzeitig in Betrieb stehenden Motorwagen 15 HP., bei grösseren Anlagen bis etwa 50 Motorwagen 12 HP., bei solchen über 50 Motorwagen 10 HP. und etwa bei 100 Wagen 7,5 HP. pro Motorwagen rechnen; dagegen wären beispielsweise bei bloss 3—5 Motorwagen mit grossen Steigungen 20 HP. und mehr per Wagen anzunehmen.

Ueber die Kosten der Anlage einer oberirdischen Bahn lassen sich nur Ziffern innerhalb ziemlich weiter Grenzen geben, weil überall die speciellen Verhältnisse berücksichtigt werden müssen. Aus vielen gesammelten Daten habe ich folgende Mittelwerthe herausgezogen:

Kosten der Kraftstation (für grössere Bahnen), complet sammt Grund, Gebäude, Maschinen und Kessel zwischen 750—1000 Fr. per HP.

Kosten für complete Umwandlung eines Kilometers bestehenden) eingeleisigen) Traces sammt Eisensäulen, Drähten etc. zwischen 20—30 000 Fr.

Kosten für Umwandlung eines Wagens für electrischen Betrieb mit zwei Motoren zu 15 HP. sammt allen Apparaten und Gestell ohne Wagenkörper zwischen 20 000 und 27 500 Fr.

Was die Rentabilität der electrischen Bahnen anbelangt, so lassen sich gleichfalls bestimmte Angaben schwer machen; dass die Tramway-Compagnien ihren Nutzen finden, zeigt am Besten die allgemeine, rapide Adoptirung des Systems; aus mir vorliegenden Ausweisen ergibt sich in den Fortbewegungskosten eine durchschnittliche Ersparniss von 25 bis 50 % gegen den früheren Pferdebetrieb, hauptsächlich herbeigeführt durch die bessere Ausnutzung der Wagen, welche von 170 bis fast 250 Wagenkilometer per Tag gegen 70—80 *km* früher mit Pferden zurücklegen. Dazu kommt, dass sich durch die Bequemlichkeit der schnellen Fortbewegung der Verkehr überall sehr stark, oft — wie mir versichert wurde, bis 50 % hebt. Unter so günstigen Verhältnissen ist es kein Wunder, dass die Tramwaygesellschaften nur sehr ungern Rentabilitätsziffern veröffentlichen, da sie sich hiebei der Gefahr aussetzen würden, von der Bevölkerung zur Herabsetzung der Fahrpreise gezwungen zu werden, dass sie dagegen trachten, alle ihre Linien möglichst rasch mit electrischem Betriebe auszurüsten.

Die Abnutzung der Schienen in Folge ihrer elastischen Durchbiegung.

Die stärkste Abnutzung der Schienen findet im Allgemeinen auf der Kopffläche und an der innern seitlichen Anlagefläche des Spurkranzes statt. Wesentlich anderer Art sind die Abnutzungen, die zwischen Fuss und Unterlagsplatte, zwischen dem Fuss und den Schienenbefestigungsmitteln, an den Anlageflächen zwischen Schiene und Lasche stattfinden. Es sind dies im Wesentlichen alles Schleifwirkungen, die durch kleine horizontale Bewegungen der Schiene, in Folge der Verbiegungen derselben auftreten; natürlich werden diese Wirkungen in unberechenbarer Weise durch die hinzutretenden unregelmässigen Stösse der Fahrzeuge vergrössert. Den erstern stetigen Theil derselben hat Herr Dr. Zimmermann im Centralblatt der Bauverwaltung kürzlich in lehrreicher Weise zergliedert und ist dabei an Hand einer kurzen mathematischen Entwickelung zu einem für die Praxis beachtenswerthen Ergebniss gelangt. Wir wollen seinen Gedankengang hier kurz wiedergeben.

Wird auf die Schiene zwischen zwei Schwellen eine Last aufgebracht, so biegt die Schiene sich durch, wobei die untersten Fasern um einen gewissen Betrag ausgedehnt, die obern nahezu um gleichviel verkürzt werden. Ist die Schiene auf einer der beiden Schwellen festgemacht und ruht sie auf der andern frei auf, so wird sie auf dieser um den Betrag der Faserverlängerung gleiten; ruht sie dagegen auf beiden Schwellen frei auf, so wird sie auf derjenigen gleiten, auf welcher die Reibung, demnach bei gleichem Reibungscoefficienten der Auflagedruck kleiner ist. Bewegt sich in diesem Fall das Rad von der einen, sagen wir der linken Schwelle gegen die Mitte hin, so wird, bis dieser Punkt erreicht ist, der Druck auf der rechten Schwelle geringer sein, die Gleitung demnach auf dieser stattfinden und zwar nach rechts hin. Bewegt sich das Rad von der Mitte weg weiter gegen die rechts liegende Schwelle, so ist der Druck auf der links liegenden geringer und während nun die Schiene wieder allmälig in die gerade Form zurückkehrt, die untern Fasern derselben sich also verkürzen, gleiten sie auf dieser Schwelle um den Betrag der Verkürzung, ebenfalls nach rechts hin. Die Reibungsarbeit zwischen Schiene und Unterlageplatte ist in beiden Fällen die nämliche, da jedem Element des Reibungsweges beidseitig der nämliche Auflagedruck zukommt; sie beträgt im Ganzen

$$A = \frac{G^2 e f l^2}{6 E J}.$$

Hierin bedeutet:

G den Raddruck,
e die Höhe der horizontalen Schweraxe der Schiene über ihrer Fussfläche,
f den Reibungscoefficienten,
l die halbe Schwellenentfernung,
J das Trägheitsmoment der Schiene,
E den Elasticitätscoefficienten.

Nebenbei sei auf den Umstand aufmerksam gemacht, dass die Verschiebung der Schiene auf den Schwellen immer in der nämlichen Richtung, und zwar in der Bewegungsrichtung des Fahrzeuges geschieht; dieser Umstand allein schon würde die Neigung zum Wandern der Schienen erklären, doch treten jedenfalls noch andere Ursachen hinzu. Die Grösse des von der Schiene zurückgelegten Weges beim Ueberrollen eines Rades von einer Schwelle zur andern würde erhalten aus

$$w = \frac{G e l^2}{2 E J}.$$

Ist nun aber die Schiene mit der linken Schwelle fest verbunden, so kann sich dieselbe nur noch auf der rechts liegenden bewegen. Während der ersten Hälfte des Radweges bleibt die Reibungsarbeit genau die nämliche wie im vorigen Fall; während sich aber das Rad von der Mitte aus nach der rechten Schwelle hin bewegt, müssen auf dieser die untersten Fasern der Schiene der Fahrrichtung entgegen nach links gleiten trotz des immer wachsenden Auflagerdruckes, mit welchem natürlich der Bewegungswiderstand und die Arbeit wächst. Die gesammte Reibungsarbeit muss also in diesem Fall bedeutender sein als in demjenigen der unbefestigten Schiene und zwar wurde sie gefunden zu

$$A = \frac{G^2 e f l^2}{2 E J},$$

d. h. dreimal so gross. Im übrigen ist der Bau der Formeln der nämliche, es lassen sich daher einige allgemeine, auf beide Verhältnisse gültige Schlussfolgerungen aus denselben ziehen. In erster Linie ist ersichtlich, dass die Reibungsarbeit mit wachsender Steifigkeit der Schiene, d. h. mit wachsenden Werthen von J und E abnimmt, was sich aus der geringern entsprechenden Durchbiegung leicht erklärt; dagegen nimmt sie im quadratischen Verhältniss zu mit der Last und der Schwellenentfernung.

Auffällig ist hier auf den ersten Blick namentlich die Abhängigkeit vom *Quadrat* der Belastung; doch wird dies verständlich, wenn man bedenkt, dass sowohl die Durchbiegung, als auch die Grösse der Reibung zwischen Schiene und Unterlage der Last direct proportional sind. — Wird daher bei Verstärkung des Oberbaues, um ihn einer grösseren Belastung anzupassen, lediglich auf entsprechende Vermehrung der Biegungsfestigkeit der Schiene gesehen, derart z. B., dass die grösste Zug- und Druckspannung die nämliche bleibt, so wird in dem verstärkten Oberbau die Rei-