Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 32 (1941)

Heft: 11

Artikel: Die durchschnittliche Reiselänge der Strassenbahn-Fahrgäste

Autor: Kummer, W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1060013

Für die Feldstärke 6,7 kV/cm (Spitzenfunkenstrecke) findet man die Beziehung:

$$\log (T_{s1} \cdot 10^8) = 0{,}38 \log (L \cdot C \cdot 10^{18}) + 0{,}19$$

Zu T_{s1} findet man in den Kurven der Fig. 8 die zugehörigen *Scheitelwerte* u_s.

Die Kurve für die Feldstärke 6,7 kV/cm wurde durch mehrere Punkte möglichst genau bestimmt, weil sie für Isolationsanordnungen massgebend ist.

Zusammenfassung.

Die bei stufenweiser Entladung auftretenden *sekundären Spannungsstösse*, charakterisiert durch den steilen Spannungsanstieg, sind bestimmt durch:

die Anfangsspannung u_0
die mittlere Feldstärke u_0/s
die Kapazitäten C_1 und C_2
die Induktivität L

Aus Fig. 7 findet man zu $L \cdot C$ auf der der Feldstärke entsprechenden Geraden die *Zeit bis zum ersten Scheitelwert* T_{s1}. Dazu ist aus Fig. 8 die *Scheitelspannung* $u_s/u_{2\,med}$ zu entnehmen. Damit ist der Spannungsanstieg bestimmt.

Für $L \cdot C$ gross ($\sim 10^{-10}$) und $C_1 \gg C_2$ kann eine Spannungsüberhöhung auf den doppelten Wert der Stoßspannung auftreten; allerdings ist dann die Stirnzeit etwa 1 μs.

Ganz steile Stösse (Steilheit 10 000 kV/μs) treten bei kleinem $L \cdot C$ ($\sim 10^{-14}$) und grossen Feldstärken (Kugelfunkenstrecken) auf und können zum *Durchschlag der festen Dielektriken* führen.

Ein Isolator ist so konstruiert, dass die Durchschlagspannung ein Vielfaches der Ueberschlagspannung beträgt. Eine Ueberspannung soll sich *um* den Isolator herum ausgleichen. Steigt die Spannung sehr rasch an, so kann sie infolge der *Durchschlagsverzögerung der Luft* zu einem Werte anwachsen, der zum Durchschlag des festen Dielektrikums führt.

Darüber soll später berichtet werden.

Die durchschnittliche Reiselänge der Strassenbahn-Fahrgäste.

Von *W. Kummer*, Zürich. 656.4

Die durchschnittliche Reiselänge der Strassenbahn-Fahrgäste kann infolge der besondern Tarife dieser Bahnen ihren statistischen Erhebungen nicht unmittelbar entnommen werden; sie kann jedoch, bei Benutzung des Gesetzes der Häufigkeit verschiedener Reiselängen, aus den statistisch normal bekanntgegebenen Verkehrsdaten rechnerisch ermittelt werden.

Par suite des tarifs usuels, la longueur moyenne des voyages en tramvay ne peut être déduite directement des rapports de gestion des tramways; par contre, en combinant la loi des fréquences des parcours avec les données statistiques divulguées normalement par les rapports on peut évaluer analytiquement cette longueur.

In verschiedener Hinsicht, insbesondere auch zur Beurteilung des Energieverbrauchs elektrisch betriebener Bahnen, bedient man sich im Eisenbahnwesen der in tkm ausgedrückten Verkehrsgrösse, die daher in den jährlich ausgeführten Betriebsstatistiken in der Regel berücksichtigt wird. Die Genauigkeit für die im Personen-Verkehrsdienst aus dem Eigengewicht der beförderten Personen folgende Verkehrgrösse war bisher neben den entsprechenden Werten für die meist sehr schwer gebauten Fahrzeuge belanglos. Mit dem Eindringen besonders leichter Fahrzeuge in den Personen-Verkehrsdienst hat aber die genauere Bestimmung der für die Personen selbst anzurechnenden tkm eine erhöhte Bedeutung gewonnen. Diese Verkehrsgrösse ergibt sich als das Produkt der zurückgelegten Personenkilometer und des mittleren Personengewichts. Die geleisteten Personenkilometer erscheinen als Produkt der Gesamtzahl der beförderten Personen und ihrer mittleren Reiselänge. Im normalen Eisenbahnbetrieb kann die mittlere oder durchschnittliche Reiselänge der Fahrgäste ohne weiteres der Statistik der verkauften Fahrkarten entnommen werden, da diese ja stets für den Verkehr zwischen bestimmten Stationen, d. h. je für bekannte Reiselängen ausgegeben werden. Im Strassenbahnbetrieb beruhen aber die Fahrpreise vorzugsweise auf Einheitsansätzen, die bald für ein Gesamtnetz, bald für Zonen eines solchen oder etwa auch für eine Zahl von Tarifteilstrecken gelten. Für Strassenbahnen kann daher im allgemeinen die durchschnittliche Reiselänge der Fahrgäste erst mittels eines besondern Verfahrens festgestellt werden.

Das im folgenden zu entwickelnde Verfahren für die Berechnung der durchschnittlichen Reiselänge der Strassenbahn-Fahrgäste geht von der Gesamtzahl z der beförderten Personen aus, die statistisch regelmässig Jahr für Jahr ermittelt wird. Multipliziert man z mit der vorläufig noch unbekannten durchschnittlichen, in km zu messenden Reiselänge l der Fahrgäste, so stellt das Produkt:

$$P = z \cdot l \tag{1}$$

die Zahl der jährlich geleisteten Personenkilometer (in der Folge Pskm bezeichnet) dar. Nun kann man aber eine sog. Besetzungsziffer b bilden, die das Verhältnis der Pskm zu den statistisch bekannten jährlichen Fahrleistungen, ausgedrückt in Platzkilometern (in der Folge Plkm bezeichnet), mit dem Symbol P_0 als Formelgrösse eingeführt, darstellt; aus der Definition:

$$b = \frac{P}{P_0},$$

die stets $b < 1$ ergibt, folgt eine zweite Beziehung für P gemäss:

$$P = b \cdot P_0 \tag{2}$$

Die Gleichsetzung der Beziehungen (1) und (2) liefert einen Ausdruck:

$$l = b \cdot \frac{P_0}{z}$$

für die gesuchte durchschnittliche Reiselänge l. Da, wie wir sehen werden, auch b aus Betriebergebnissen ableitbar ist, und zwar auf Grund des von uns vor 11 Jahren gefundenen Gesetzes der Häufigkeit verschiedener Reiselängen im Bahnverkehr[1]), so ist mit der gegebenen Gleichung für l das Verfahren zur Ermittlung von l bereits festgelegt. Das Gesetz der Häufigkeit verschiedener Reiselängen ist a priori ableitbar, indem man die Ziffer b als Wahrscheinlichkeit dafür benutzt, dass ein Fahrgast den Weg von der Länge 1 gefahren wird; es folgt dann, dass die Wahrscheinlichkeit für einen Weg von der Länge x den Ausdruck b^x erlangt, und dass nach Massgabe einer Konstanten C, die der Verkehrsbedeutung eines konkreten Falls entspricht, die Zahl y der Fahrgäste über die Länge x durch:

$$y = C \cdot b^x$$

dargestellt wird. Es fällt also nach dem so formulierten Gesetz der Häufigkeit verschiedener Reiselängen die Zahl der Fahrgäste mit der Länge ihrer Reise nach einer Exponentialkurve. Die Statistiken des Fahrkartenverkaufs der Transport-

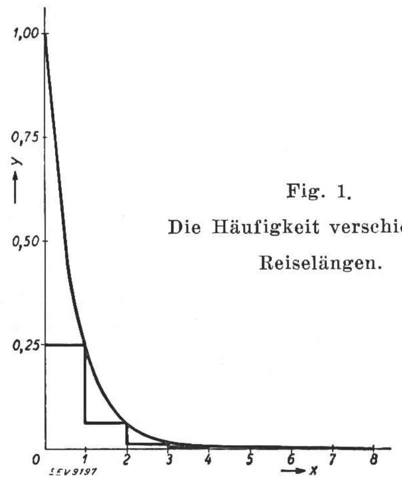

Fig. 1.
Die Häufigkeit verschiedener Reiselängen.

Unternehmungen bestätigen dieses Gesetz, insofern die konkreten, nicht unendlich kurzen Stationsdistanzen eine Treppenlinie anstelle der stetigen Kurve ergeben. In Fig. 1 stellen wir für die Grössen:

$$C = 1 \quad ; \quad b = 0{,}25$$

sowohl die Exponentialkurve y, als auch die Treppenlinie y für die ersten ganzzahligen Werte x dar. In den statistischen Tabellen der Geschäftsberichte der Strassenbahnen finden sich die Werte für P_0 und z meist unmittelbar gegeben, während sich b aus den Angaben betreffend den Absatz von Fahrkarten durch Bildung der Treppe y über x, und durch Ersatz der Treppe durch die passende Exponentialkurve ermitteln lässt. Dann folgt ohne weiteres die gesuchte Länge l, gemäss der Beziehung:

$$l = b \cdot \frac{P_0}{z}.$$

Als *Beispiel* der praktischen Ermittlung von l wählen wir die Verkehrsverhältnisse des grössten schweizerischen Strassenbahnbetriebes, desjenigen der Stadt Zürich. Dem gegenwärtigen Betriebszustand entsprechen Betriebsgrössen, die in runden Zahlen die Werte:

$$P_0 = \sim 750 \text{ Millionen Plkm/Jahr},$$

sowie:

$$z = \sim 80 \text{ Millionen Personen/Jahr}$$

erreichen. Das Tarifsystem beruht auf der Teilung des Netzes in Tarifteilstrecken, wobei für einfache Fahrten vier Einheitspreise, entsprechend vier verschiedenen Zahlen von Teilstrecken, bestehen, deren massgebende mittlere Längen sich etwa wie 1 : 2 : 3 : 4 verhalten. Die Eckpunkte der entstehenden vierstufigen Treppe, mit 1, 2, 3, 4 als Abszissen, und mit den Jahressummen der je verkauften Fahrkarten als Ordinaten fallen mit befriedigender Annäherung in eine Exponentialkurve mit:

$$b = 0{,}25,$$

d. h. in die Kurve der Fig. 1, abgesehen von der vorgenommenen proportionalen Reduktion der tatsächlichen Konstante C auf den Wert 1; gerade im Hinblick auf unser Beispiel hatten wir übrigens der Fig. 1 zum voraus den Wert

$$b = 0{,}25$$

zugrunde gelegt. Falls dieser Wert für die Gesamtheit der beförderten Personen zutrifft, folgt mit:

$$l = \sim 0{,}25 \cdot \frac{750 \cdot 10^6}{80 \cdot 10^6} = \sim 2{,}3 \text{ km}$$

der gesuchte Wert der durchschnittlichen Reiselänge der Fahrgäste. Nun beträgt aber die Zahl der auf Grund von Fahrkarten für einfache Fahrt beförderten Personen nur etwa 40% der total beförderten Personen; wir können sie als eine erste Kategorie von Fahrgästen bezeichnen. Die übrigen 60%, d. h. die zweite Kategorie von Fahrgästen, werden auf Grund von Netzabonnementen, von Teilstreckenabonnementen, Frühabonnementen, Netzkarten, Tageskarten, Wochenkarten usw. befördert. Gewiss gilt auch für die Häufigkeit verschiedener Reiselängen der Fahrgäste der zweiten Kategorie das Exponentialgesetz, dem aber vielleicht ein höherer oder niedrigerer Wert von b als 0,25 zugrunde liegt. Höhere Werte b ergeben höhere Reiselängen l als 2,3 km; es entsprechen sich analog niedrigere b und l. Es lässt sich aussagen, dass durch die Wochenkarten wohl vorwiegend Fahrgäste für grosse Reiselängen, durch die Tageskarten solche für kleine Reiselängen erfasst werden. Auch sonst dürfte innerhalb dieser Kategorie ein Ausgleich stattfinden, der den

[1]) Schweiz. Bauztg. vom 30. August 1930.

bezüglichen Wert von b jenem der ersten Kategorie angleicht. Wir sind übrigens geneigt, die Werte b und l eines gut bedienten Verkehrsgebietes als bedingt durch dessen soziologische Struktur zu betrachten, wobei ein Tarifsystem, das in genügend langer Zeit erprobt ist, die Werte b und l richtig zum Ausdruck bringt.

Nichtsdestoweniger geht aus dem betrachteten Beispiel hervor, dass in der Ermittlung von l eine hohe Genauigkeit nur in besonders günstigen Fällen der Tarifbildung zu erwarten ist. Indem aber die Bestimmung von l in erster Linie im Dienste der Ermittlung der in tkm ausgedrückten Verkehrsgrösse des Eigengewichts der Fahrgäste steht, ist die bezügliche Ungenauigkeit unwesentlich, solange die Zahl der auf die Fahrgäste entfallenden tkm nur geringfügig ist neben der Zahl der auf das Rollmaterial entfallenden tkm. Beispielsweise erhalten wir für die Verkehrsgrösse des Eigengewichts der Fahrgäste der Städtischen Strassenbahn Zürich, auf Grund des üblichen Ansatzes von 0,075 t Fahrgastgewicht, einen Jahreswert:

$$80 \cdot 10^6 \cdot 0{,}075 \cdot 2{,}3 = \sim 13{,}8 \text{ Millionen tkm},$$

der weniger als 5 % des entsprechenden Jahreswertes für das zur Zeit vorwiegend schwere Rollmaterial beträgt.

Mit der nun vorliegenden Möglichkeit einer hinreichend genauen Bestimmung der Grösse l ist somit die Grundlage dafür gegeben, dass auch die Strassenbahnen aus der jährlichen Gegenüberstellung des in Wh ausgedrückten Energieverbrauchs und der in tkm gemessenen Verkehrsgrösse der Transportgewichte die im Vollbahnbetrieb seit langer Zeit übliche, in Wh/tkm erscheinende Ziffer des spezifischen Arbeitsbedarfs bilden und für die Betriebsdiagnose verwenden können.

Indem wir zum Schluss der Darstellung unsere für l ermittelte Bestimmungsformel auflösen nach b, erhalten wir:

$$b = \frac{z \cdot l}{P_0}.$$

Diese Beziehung lehrt, wie das Ideal jeder Transportunternehmung, d. h. die Annäherung der Grösse b an den Wert 1, abhängig ist von den Dispositionen des Betriebes, die geeignet sind, z oder l gross zu machen, oder P_0 zu reduzieren. Die Mittel zur Erreichung des Zieles heissen richtige Tarifbildung und richtige Fahrplanbildung. Es erscheint damit die Grösse l in einem neuen Lichte. Es liegt ausserhalb des Rahmens unserer Arbeit, alle Folgerungen aus der neuen Beziehung zu erörtern.

Steigerung der Energieproduktion von Elektrizitätswerken.

621.311.21.004

Wir erhielten von massgebender Seite folgende, besonders auch für die kleinen und kleinsten Elektrizitätswerke sehr beachtliche Anregung, der wir um so grössere Bedeutung beimessen, als wir überzeugt sind, dass nicht nur in diesem Winter, sondern in der nächsten Zukunft überhaupt alles getan werden muss, um aus allen unsern Wasserkräften alles herauszuholen, was irgendwie möglich ist, wobei wir auch an den Artikel im Bulletin des SEV 1940, Nr. 17, S. 369 erinnern möchten:

Da für den kommenden Winter unter Umständen mit einer Energieknappheit zu rechnen ist, erscheint es ratsam, jede mögliche Verbesserung zur Steigerung der Produktion vorzubereiten. Grössere Kraftwerke sind ja nur wenige im Bau und deren Fertigstellung ist auf frühestens 1942/43 zu erwarten.

Es ist daher angezeigt, nicht nur bei den grossen Werken, wo meistens die nötigen Massnahmen schon seit einiger Zeit getroffen wurden, sondern bei a l l e n, auch den kleinsten, Wasserkraftanlagen sofort zu prüfen, ob nicht ein Höherstau um einige cm oder dm durchführbar ist. Eine solche Massnahme kommt auch da, wo die Zeit für rechtliche Abklärungen nicht mehr ausreicht, vor allem in Frage:

a) für Niederdrucklaufwerke, bei denen oberhalb keine andere Anlage eingestaut wird, oder, wo eine solche dem gleichen Unternehmen gehört, zur Vergrösserung des Gefälles;
b) für Hochdruckspeicherwerke, vor allem zur Vergrösserung des Speicherraumes.

Da in der heutigen Zeit der landwirtschaftlichen Nutzung des Bodens grösste Bedeutung zukommt, ist natürlich darnach zu trachten, dass keine Kulturschäden durch Ueberflutung oder Grundwasser eintreten. Es muss daher unter Umständen geprüft werden, ob für einzelne Werke der Höherstau nur während des Winterhalbjahres oder event. gar nur von Anfang November bis Ende Februar oder März durchführbar wäre.

Solche Höherstauungen lassen sich jedenfalls als kriegswirtschaftliche Massnahme auch finanziell rechtfertigen, weil die aufzuwendenden Baukosten in der Regel sehr klein und daher die gewonnene zusätzliche Energie sehr billig wird. Stauerhöhungen sind besonders günstig, weil auch bei extrem kleinen Abflussmengen eine Steigerung der Energieproduktion erreicht wird, während z. B. der viel teurere Ausbau auf grössere Wassermengen bei Wasserknappheit natürlich keinen Nutzen bringen kann. *Wü.*