

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 39/40 (1902)
Heft: 10

Artikel: Elektrische Traktion auf normalen Eisenbahnen: Ausführung eines Vortrages
Autor: Huber, E.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-23332>

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: 04.04.2026

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

erhält man das allgemeine Integral in der reellen Form:

$$y = \sqrt{x} \left\{ B \sin\left(\frac{\beta}{2} \lg x\right) + B_1 \cos\left(\frac{\beta}{2} \lg x\right) \right\}.$$

Am Kopfe, für $x = a$ ist $y = 0$ also ist

$$B \sin\left(\frac{\beta}{2} \lg a\right) + B_1 \cos\left(\frac{\beta}{2} \lg a\right) = 0;$$

$$\frac{B}{B_1} = -\frac{A_1 \cos\left(\frac{\beta}{2} \lg a\right)}{A_1 \sin\left(\frac{\beta}{2} \lg a\right)}, \text{ und daher}$$

$$y = A_1 \sqrt{x} \cdot \sin\left(\frac{\beta}{2} \lg \frac{x}{a}\right),$$

woraus durch Ableitung folgt:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{A_1}{2\sqrt{x}} \left\{ \sin\left(\frac{\beta}{2} \lg \frac{x}{a}\right) + \beta \cos\left(\frac{\beta}{2} \lg \frac{x}{a}\right) \right\}.$$

Für $x = c$ ist $\frac{dy}{dx} = 0$, also gilt die Gleichung:

$$\sin\left(\frac{\beta}{2} \lg \frac{c}{a}\right) + \beta \cos\left(\frac{\beta}{2} \lg \frac{c}{a}\right) = 0,$$

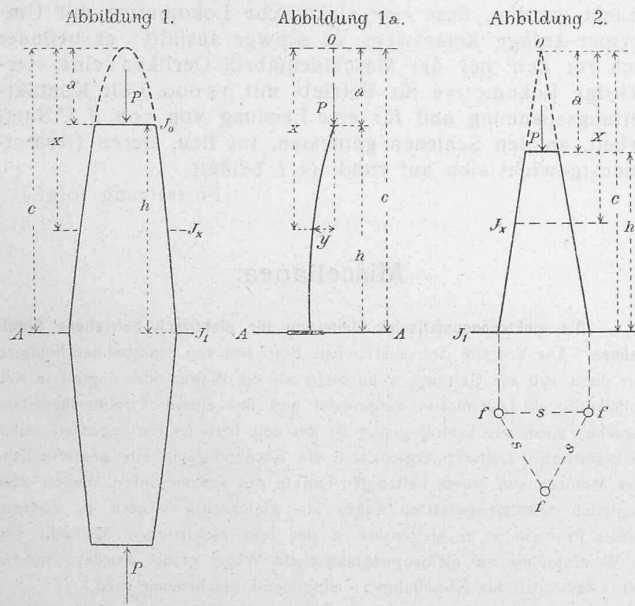
oder
$$\beta = -\operatorname{tg}\left(\frac{\beta}{2} \lg \frac{c}{a}\right)$$

zur Bestimmung des Wertes β und damit auch des

$$\text{Knickwertes } P = (\beta^2 + 1) \frac{E J_1}{4 c^2}.$$

Weil $\frac{\pi}{2} < \frac{\beta}{2} \lg \frac{c}{a} < \pi$, so gilt, bei Wahl des untersten Grenzwertes für das *abgestumpfte* Paraboloid die angegebene Ungleichheit 1). Für das *volle* Paraboloid dagegen gilt, für $a = 0$, $c = b$, weil $\lg \frac{c}{a}$ mit abnehmendem Wert a ungemessen anwächst, der Grenzwert $\beta = 0$, und daher die Beziehung 1) als Gleichheit in der einfachen Formel

$$P = \frac{E J_1}{4 h^2}.$$



Für die entgegengesetzte Grenze, bei welcher das Paraboloid, wenn das Trägheitsmoment J_0 der Kopffläche sich dem Werte des Trägheitsmomentes J_1 der Grundfläche nähert, sich der Cylinderform anschmiegt, folgt für $a = c = b$

und $c = \infty$, der Wert $\lg \frac{c}{a} = 0$, $\beta = \infty$ und daher aus

$$\infty = \beta = -\operatorname{tg}\left(\frac{\beta}{2} \lg \frac{c}{a}\right)$$

der Wert $\frac{\beta}{2} \lg \frac{c}{a} = \frac{\pi}{2}$, $\beta = \frac{\pi}{\lg \frac{c}{a}}$ und die Formel:

$$(\beta^2 + 1) \frac{J_1}{4 c^2} = \left(\frac{\pi^2}{\left(\lg \frac{c}{a}\right)^2} + 1 \right) \frac{J_1}{4 c^2}$$

geht für $c = \infty$, $\left(\lg \frac{c}{c-h}\right) \cdot c = 0 \cdot \infty = h$ über in die bekannte Eulersche Knickformel für den Cylinder:

$$P = \frac{\pi^2 E J}{4 h^2}.$$

Für das abgestumpfte Paraboloid aber liegt P stets irgendwo zwischen den Grenzen $\frac{E J_1}{4 h^2} < P < \frac{\pi^2 E J_1}{4 h^2}$ und sein genauer Wert kann auf Grund der obengemachten Angaben abgeleitet werden.

Einfache Anwendungen: Man kann die gegebenen Formeln nicht nur dann anwenden, wenn thatsächlich ein Paraboloid als Säule vorliegt, sondern überhaupt und ganz allgemein in allen solchen Fällen, in welchen das Trägheitsmoment J_x des Querschnittes dem einfachen Bildungsgesetze $J_x = Cx^2$, entweder mathematisch genau oder mit hinreichender rechnerischer Genauigkeit, entspricht. Für Fälle der Praxis trifft dieses überaus häufig zu. — Beispielsweise folgen alle, aus 3, 4, ... n einfachen Einzelstäben zusammengesetzten Stützen rechnerisch diesem einfachen Gesetze, wenn diese Einzelstäbe sämtlich durch den nämlichen Punkt gerichtet sind, also die Gesamtanordnung das Bild einer Pyramide bietet.

Betrachten wir (Abb. 2) die dreieckige, im Querschnitt ein gleichseitiges Dreieck bildende Pyramide, deren drei Kanten also durch drei Stäbe des gleichen, unveränderlichen Querschnittes F gebildet sein mögen, während diese drei Stäbe unter sich, durch leichte Querverbindungen, leichtes Gitterwerk oder dergl. verbunden und abgesteift sein sollen, so ist das Trägheitsmoment des Grundschnittes

$J_1 = F \frac{s^2}{2}$ zu setzen, und das Trägheitsmoment J_x des Schnittes x folgt rechnungsmässig dem Gesetze $J_x = \frac{x^2 \cdot J_1}{c^2}$.

Wäre hierbei $c = b$, $a = 0$, liefe also diese Pyramide in eine Spitze aus, so wäre die Knickkraft dieser Tragsäule $P = \frac{E J_1}{4 h^2}$. Wäre ein anderes Mal $c = 2b$, $a = \frac{c}{2}$, so kann eine untere Grenze für die Knickkraft dieses Falles sofort gegeben werden nach der Formel

1) $P > \left(\frac{\pi^2}{(\lg 2)^2} + 1 \right) \frac{E J_1}{4 c^2}$ oder, nach Ausrechnung bei Einsetzung $c = 2b$,

$$P > 5,4 \frac{E J_1}{4 h^2}.$$

Wollen wir diesen letzteren Wert genauer, in Bezug auf den Grad der ihm bereits innewohnenden Knicksicherheit prüfen, so bestimmen wir aus:

$$\beta = -\operatorname{tg}\left\{ \frac{\beta}{2} \lg 2 \right\} \text{ oder } \beta = -\operatorname{tg}(0,3465 \beta)$$

den diese Gleichung erfüllenden Wert $\beta = 5,1$ und erhalten demgemäss aus

$P = (\beta^2 + 1) \frac{E J_1}{4 c^2} = \left(\frac{5,1^2 + 1}{4} \right) \frac{E J_1}{4 h^2}$ den gültigen mathematisch genauen Knickwert

$$P = 6,75 \frac{E J_1}{4 h^2}.$$

Elektrische Traktion auf normalen Eisenbahnen. ¹⁾

Ausführung eines Vortrages, gehalten am 27. Februar 1902 im Zürcher Ingenieur- und Architektenverein
von Ingenieur *E. Huber*, Direktor der Maschinenfabrik Oerlikon.

I.

Mit Erfolg sind bis jetzt *zwei* wesentlich verschiedene Systeme elektrischer Traktion auf normalspurigen, sogenannten Vollbahnstrecken von erheblicher Längenausdehnung angewendet worden. Typische Repräsentanten dieser zwei Systeme sind die Eisenbahnen Mailand-Varese und Burgdorf-Thun.

¹⁾ Während der Drucklegung dieses Artikels erschien in der Presse eine Notiz, nach der die M. F. O. den Schweizerischen Bundesbahnen offeriert habe, eine Strecke des Bundesbahnnetzes nach dem von ihr ausgearbeiteten System einzurichten. Wir können erklären, dass diese Notiz der Wahrheit entspricht.
E. Huber.

Man fragt sich: Warum hat der Erfolg solcher Anlagen die, wie allseitig zugestanden wird, dringende Frage der elektrischen Traktion auf den normalen Eisenbahnen seither nicht mehr in Fluss gebracht? Uns scheint, dass von der Elektrotechnik die Aufgabe des elektrischen Betriebes der normalen Eisenbahnen im allgemeinen nicht richtig aufgefasst worden ist.

Es wird immer als Vorzug der elektrischen Traktion bezeichnet, dass diese es ermögliche, die schweren Züge in kleinere Züge, ja in einzelne Wagen aufzulösen, die alle oder doch zum grösseren Teil mit eigenen Motoren ausgerüstet sind. Wenn nun auch für manche Strecken eines Normalbahnnetzes häufigere Fahrgelegenheiten, selbst in Form kleinerer Züge vorteilhafter wären als wenige aber grosse Züge, so ist das allgemeine Problem damit nicht bezeichnet, da es sich vor allem darum handelt, den Güterverkehr, sowie auch die von den Anschlussbahnen zu übernehmenden schweren und beliebig zusammengesetzten Züge weiterzuführen und die Fahrpläne der Anschlussbahnen in ihrem gegenwärtigen Bestande zu berücksichtigen.

Ein System, welches Aussicht haben soll, die Aufgabe der Einführung der elektrischen Traktion auf normalen Eisenbahnen zu lösen, muss daher unserer Ansicht nach der gegenwärtigen Betriebsorganisation keine wesentlichen Einschränkungen in der Freiheit der Zugzusammensetzung und Verkehrs-Verteilung auferlegen, sondern diese vielmehr zur Grundlage nehmen; dann erst wird überhaupt auch ein allmählicher und systematischer Uebergang vom Dampftrieb zum elektrischen Betrieb möglich sein.

Nimmt man aber einmal die jetzige Betriebsweise der normalen Eisenbahnen als wesentliche Voraussetzung an, d. h. will man Eisenbahn-Züge, wie die jetzt üblichen, bewegen, so wird man — für den allgemeinen Fall wenigstens — von automobilen Personenwagen und Güterwagen absehen und notwendigerweise zur Anwendung der elektrischen Lokomotive greifen, welche die Beförderung der Züge, wie sie jetzt sind, an Stelle der Dampflokomotive übernimmt.

Können wir nun die Lösung der Aufgabe in der Anwendung von Lokomotiven auf Bahnen wie die Burgdorf-Thun-Bahn oder die Bahn Mailand-Varese erwarten? Unserer Ansicht nach nicht; denn bei den beiden genannten Systemen ist die anwendbare Stromspannung so beschränkt, dass die Zuführung der Strommenge, welche von eigentlichen Eisenbahnzügen benötigt wird, zu einem unverhältnismässig grossen, wenn nicht unmöglichen Aufwand an Leitungsmaterial und maschinellen Zwischenanlagen führt.

Man überzeugt sich durch einfache Rechnung — die an dieser Stelle nicht ausgeführt zu werden braucht — dass erst bei der Anwendung sehr viel höherer, als der bis jetzt in den Kontaktleitungen angewendeten Spannungen, Wirtschaftlichkeit des Betriebes und der Anlage erzielbar ist.

Die näheren Ausführungen uns für später vorbehaltend können wir jetzt schon folgenden Gedankengang entwickeln: Die hohe Spannung in der Kontaktleitung verbietet die Anwendung des Drehstromes, denn bei diesem sind zwei von einander isolierte Kontaktleitungen notwendig. Nur eine *einpolige* Leitung verspricht, betriebssicher zu sein. Da aber die Spannung hoch ist, erscheint auch Gleichstrom ausgeschlossen und man wird gezwungen, zum Einphasen-Wechselstrom zu greifen. Diesen kann man indessen nicht zum Betriebe der Achsentriebmotoren verwenden. Da wir aber Lokomotiven im Prinzip zulassen, so müssen wir für dieselben ein ausreichendes Adhäsionsgewicht vorsehen. Wir benützen diesen Umstand dazu, den durch die Kontaktleitung zugeführten hochgespannten Wechselstrom durch einen Motorgenerator, durch einen rotierenden Umformer nach vorheriger Spannungstransformierung, oder in noch anderer Weise, in Gleichstrom d. h. in den für die Speisung der Achsentriebmotoren bestgeeigneten Strom umzuwandeln. Statt nun weiter das Anfahren und das Regulieren der Geschwindigkeit mittels Widerständen in bisheriger Art zu bewerkstelligen, wenden wir separate Erregung im Gleichstromteil des Umformers an, wodurch wir vor allem eine

hinsichtlich Oekonomie, Abstufbarkeit und Sicherheit ideale Methode der Geschwindigkeitsregulierung, des Anfahrens, des Bremsens und der Energierückgabe an die Leitung erlangen.

Damit ist ein allgemeines System gekennzeichnet. Dasselbe ist in der hier ausgesprochenen Form — mit Ausnahme der Anwendung hoher Spannung bis auf das Fahrzeug — nicht neu, so findet es sich z. B. bereits im *Electrical Engineer* vom 25. November 1891 von Ward Leonard beschrieben. Auch hat Herr W. M. Mordey in einem Vortrag über „*Electrical Traction on Railways*“ vor der Institution of Civil Engineers am 18. Februar 1902 in allgemeiner Weise dasselbe entwickelt und dessen Vorzüge und Anwendbarkeit hervorgehoben.

Mit seiner Formulierung ist aber das Prinzip noch nicht praktisch verwertbar. Ausser einer Menge besonderer Anordnungen, durch welche das System erst seine volle Befähigung zur Erreichung des Zweckes erlangt, ist die konstruktive Durchbildung der verschiedenen Ausrüstungsteile der Lokomotive, vor allem des Umformers, nötig gewesen. Dazu kommen dann hauptsächlich auch die konstruktiven Details der Stromabnehmer und der Kontaktleitung, die nicht weniger dazu beitragen, die wirkliche Nutzenanwendung des allgemeinen Prinzipes zu erleichtern und trotz der hohen Stromspannung die nötige Betriebssicherheit zu gewähren.

Die M. F. O. hat nun längst die weiter oben gekennzeichnete Auffassung der Aufgabe der elektr. Traktion auf normalen Eisenbahnen gehabt. Sie hat, auf das allgemeine Prinzip des mobilen Einphasenstrom-Gleichstrom-Umformers gestützt, ein die Kontaktleitungen, die Stromabnehmer, den Umformer, die Regulatoren und sämtliche mitwirkende Teile umfassendes System ausgearbeitet und in Ausführung genommen. Damit wird unter anderem der Nachweis erbracht werden, dass eine elektrische Lokomotive mit Umformer-Anlage keineswegs zu schwer ausfällt; es befindet sich zur Zeit bei der Maschinenfabrik Oerlikon eine vierachsige Lokomotive für Betrieb mit 15000 Volt Kontaktleitungsspannung und für eine Leistung von 700 P.S. Nutzarbeit, an den Schienen gemessen, im Bau, deren Gesamt-Dienstgewicht sich auf rund 42 t beläuft.

(Fortsetzung folgt.)

Miscellanea.

Die elektropneumatische Steuerung für elektrisch betriebene Stadtbahnen. Die Vorteile des elektrischen Betriebes von Stadtbahnen kommen nur dann voll zur Geltung, wenn mehr als ein Wagen oder Zugteil in sich vollständig als Lokomotive ausgerüstet und mit einem Triebmechanismus versehen wird, der kräftig genug ist um den betreffenden Zuganteil selbst zu befördern. Dadurch ergibt sich die Notwendigkeit, eine grössere Zahl von Motoren von einem beliebigen Punkte des aus mehreren Wagen oder Zugteilen zusammengesetzten Zuges aus gleichzeitig steuern zu können. Dieses Problem ist im Gegensatz zu der rein elektrischen Methode von G. Westinghouse auf elektropneumatischem Wege gelöst worden, wie in der «*Zeitschrift für Kleinbahnen*» eingehend beschrieben wird.

Die elektropneumatische Vorrichtung befindet sich an den Fahrbez. Ausschaltern an Stelle der von Hand zu bedienenden Hebel. Je nach Wunsch des Führers bethätigt sich der Fahrshalter von Stufe zu Stufe. Die Bewegungen vollziehen sich durch Luftdruck, während die Ventile durch Elektromagnete gesteuert werden. An der Regulierwalze des Fahrshalters ist ein Zahnrad und zwei Sperräder angebracht, die mittels Sperrklinken durch von Luftdruck betriebene Kolben bewegt werden, um den Schalter nach und nach auf die Fahrstellung zu bringen. Eine mit dem Zahnrad in Eingriff stehende, durch einen besonderen Luftdruckcylinder bewegte Zahnstange, dient dazu, den Fahrshalter in die Haltstellung wieder zurück zu bringen. Durch das stufenartige Vorwärtsbewegen der Sperräder wird ein sicheres, stossfreies Anlassen der Motoren erreicht. Das Ausschalten der Motoren vollzieht sich durch einmaligen Hub des die Zahnstange tragenden Kolbens.

Zwei weitere Druckkolben in Verbindung mit einem Zahnrad und einer Zahnstange steuern die Reversiertrommel auf «Vorwärts» oder «Rückwärts». Eine Sperrvorrichtung verhindert die Umsteuerung des Reversier-