Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 59/60 (1912)

Heft: 2

Artikel: Kuppelstangen-Antrieb nach Bauart Brown, Boveri & Cie. für elektrische Lokomotiven mit hochgelagerten Antriebsmotoren

Autor: Buchli, J.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-30014

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: Kuppelstangen-Antrieb nach Bauart Brown, Boveri & Co. für elektrische Lokomotiven mit hochgelagerten Antriebsmotoren. — Die Graubündner Kantonalbank in Chur. — Die neue Linie Lauterbrunnen-Wengen der Wengernalpbahn. — Ausbau des zweiten Simplontunnels — Miscellanea: Ein selbsttätiger Schnellregler zum Ausgleich von Spannungsänderungen in elektrischen Anlagen. Schmalspurbahn Solothurn-Bern. Sören Hjorth und das dynamoelektrische Prinzip. Bebauungsplan für Zürich und Umgebung. Ueber die „Versorgung der Berliner Bahnhöfe mit Oelgas". Drehstrom-Bogenlampe von Schäffer. Schmalspurbahn Sitten-Lenk über den Rawil. Hauenstein-Basistunnel. Genfer Bahnhofangelegenheit (Raccordement). Schweizerische Bundesbahnen. Eidg. Geometerprüfungen. Eidg. Technische Hochschule. — Konkurrenzen: Schulhaus Entlebuch. Neues Museumsgebäude Winterthur. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Gesellschaft ehemaliger Studierender: Generalversammlung. Stellenvermittlung.

Tafeln 5 bis 8: Die Graubündner Kantonalbank in Chur.

Band 60. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und unter genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 2.

Kuppelstangen-Antrieb nach Bauart Brown, Boveri & Cie. für elektrische Lokomotiven mit hochgelagerten Antriebsmotoren.

Von *J. Buchli*, Baden.

Allgemeines.

Die Uebertragung des Drehmomentes von im Rahmen elektrischer Lokomotiven hochgelagerten Motoren auf die Triebräder erfolgt bei den meisten neuern Lokomotiven mit Hilfe von Kuppelstangen und im Rahmen der Lokomotive gelagerten Blindwellen, welche den Zweck haben, das Federspiel zwischen den Rädern und Rahmen der Lokomotive unschädlich zu machen. Soweit es sich um Gestelle von Fahrzeugen handelt mit *nur einem* hochgelagerten Motor, ist die Uebertragung des Drehmomentes mit Kuppelstangen und Blindwelle die einzig praktische Lösung. Wenn Zahnradübersetzungen zur Verwendung gelangen, so übernimmt die das grosse Zahnrad tragende Welle die Funktion der Blindwelle; wenn die Lokomotive zwei im gleichen Gestelle gelagerte Motoren besitzt, kann selbstverständlich die Uebertragung mit Blindwelle und Kuppelstangen in verschiedener Kombination erfolgen. [1])

Eine Antriebsanordnung von zwei hochgelagerten Motoren auf die Triebräder der Lokomotive mit Umgehung der Blindwelle ist von der A.-G Brown, Boveri & Cie. in Baden für eine Versuchslokomotive der „Chemins de fer du Midi" zum erstenmal zur Ausführung gelangt. [2]) Es soll in den nachstehenden Zeilen die Brauchbarkeit dieser Anordnung auf Grund der Untersuchung der Antriebs- und Festigkeitsverhältnisse dargelegt werden.

In Abbildung 1 ist das zu behandelnde Antriebsgestänge (in der Folge stets als Dreieckstange bezeichnet) dargestellt. Die Dreieckstange ist aus einem Stück geschmiedet und trägt an der Verbindungsstelle der zwei schrägen Seiten des Dreiecks einen Schlitz, welcher zur Aufnahme eines Gleitstückes vorgesehen ist; das Gleitstück selbst sitzt zugleich auf dem Kurbelzapfen einer Lokomotivachse. Es bildet somit eine in vertikalem Sinne bewegliche Verbindung zwischen Dreieckstange und Kurbelzapfen der betreffenden Lokomotivachse und ermöglicht eine stossfreie Federung zwischen Rahmen und Rädern des Fahrzeuges. Seitlich des Schlitzes befinden sich Angriffspunkte für horizontale Kuppelstangen, welche Kräfte auf die benachbarten Kuppelachsen der Lokomotive zu übertragen haben. Infolge der abgefederten Abstützung des Lokomotivrahmens auf die Achsen muss die Möglichkeit einer Schrägstellung der Dreieckstangenebene zur Radebene gewahrt bleiben, was dadurch erreicht wird, dass die Kurbelzapfen der Motorkurbeln, die an den zwei obenliegenden Eckpunkten des Dreiecks angreifen, kugelig ausgebildet und die Führungsleisten des Gleitstückes, welche die seitliche Führung des untern Teiles der Dreieckstange besorgen, mit etwas Spiel versehen werden.

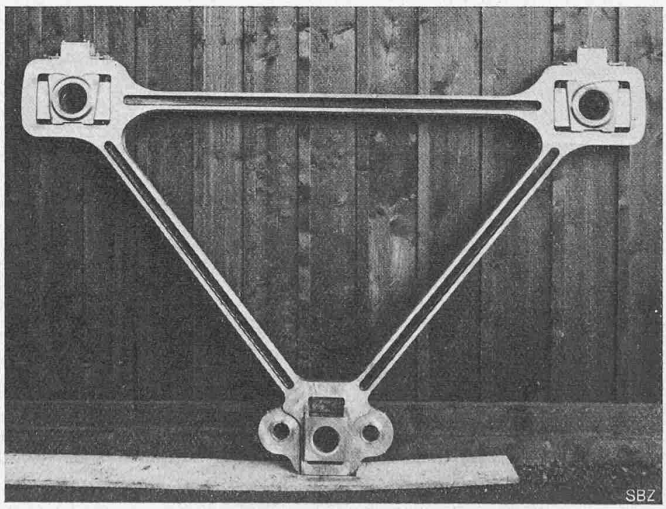

Abb. 1. Dreieckstange, Bauart Brown, Boveri & Cie.

Die Konstruktion der Schlitzkuppelstange ist nicht neu. Dieselbe ist für Dampflokomotiven mit Erfolg vielfach verwendet worden und auch bei elektrischen Lokomotiven längst im Gebrauch [1]) und hat sich dort vorzüglich bewährt. Neu ist aber die Verwendung der Schlitzkuppelstange als Antriebsmechanismus für *hochgelagerte Motoren*, wie selbe zum ersten Male von der A.-G. Brown, Boveri & Cie. für die schon genannte Versuchslokomotive der Midi-Bahn ausgeführt wurde, trotzdem von verschiedenen kompetenten Fachleuten, namentlich aus Eisenbahnkreisen, über die Brauchbarkeit der Konstruktion in dieser Form grosse Bedenken geäussert wurden.

Diese Lokomotive wurde vor kurzem auf der Strecke Spiez-Frutigen der Lötschbergbahn einem mehrwöchentlichen Probebetrieb unterworfen, wobei sich der Antriebsmechanismus glänzend bewährt hat, sodass derselbe ebenfalls für die Lokomotiven der Rhätischen Bahn und der Wiesentalbahn, welche der Firma Brown, Boveri & Cie. in Auftrag gegeben worden sind, ausgeführt wird.

Selbstverständlich sind zur Kraftübertragung für jede Lokomotive zwei Dreieckstangen je auf beiden Längsseiten notwendig, die gegenseitig um einen Kupplungswinkel von 90° versetzt sind.

Es sei an dieser Stelle der Vollständigkeit halber auf die Verwendung von Schlitzkuppelstangen als Kraftübertragungsorgane für elektrische Lokomotiven hingewiesen, wie selbe bis heute Verwendung gefunden haben. Die Versuchslokomotiven der Strecke Seebach-Wettingen [2]), die neuen Lokomotiven der Valle Maggia-Bahn [3]) und der Burgdorf-Thun-Bahn von 1910 [4]) (Abb. 2, S. 16) besitzen Schlitzkuppelstangen, welche gegenüber denjenigen der Simplonlokomotive von 1906 [5]) (Abbildung 3) und der Midi-Lokomotive (Abbildung 4) einen prinzipiellen Unterschied aufweisen. Das Gleitlager sitzt bei den erstgenannten Lokomotiven auf den Motor- oder Blindwellenkurbelzapfen, bei den andern Lokomotiven auf dem Kurbelzapfen eines Triebrades. Die Kupplungsstange nach Abbildung 2 hat den Vorteil, dass dieselbe sich für einmotorigen Antrieb sehr gut eignet und ein ausserordentlich einfaches Uebertragungs-

[1]) Siehe z. B. die auf Seite 202 und 329 von Band LIV dargestellten Anordnungen.

[2]) Vergl. Typenskizze, Seite 250 von Band LVI.

[1]) Von elektrischen Bahnen hat zuerst die Veltlinbahn diese Konstruktionseinzelheit benutzt. Den Anlass dazu gab eine Lokomotiv-Ausschreibung für die Veltlinbahn vom Herbst 1902. Von der A.-G. Brown, Boveri & Cie. in Verbindung mit der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur wurde nun diese Konstruktionseinzelheit vorgeschlagen, die denn auch seitens der Veltlinbahn adoptiert wurde. Die betreffenden Lokomotiven wurden aber, nach im übrigen abweichender Anordnung, seitens der Firma Ganz & Cie. in Budapest geliefert. In der Schweiz findet sich die Schlitzkuppelstange zuerst im Gebrauch bei den Lokomotiven von Seebach-Wettingen, sodann bei denjenigen der Simplonbahn und seit 1910 bei der neuen Lokomotive der Burgdorf-Thun-Bahn. Siehe auch «Beschreibung der hauptsächlichsten, neueren schweizerischen Lokomotiven für elektrischen Vollbahnbetrieb», Band LVI, Seite 247 bis 251.

[2]) Band XLIII, Seite 79. [3]) Band LVIII, Seite 29.

[4]) Band LVI, Seite 248. [5]) Band LIV, Seite 233.

organ ist; sie kann aber nicht mehr Verwendung finden, sobald das Verhältnis $\frac{b}{a}$ (Abbildung 5) einen gewissen Betrag überschreitet, welcher vom Spiel in den verschiedenen Lagerstellen der Stange und der Flexibilität der Tragfedern des Fahrzeuges abhängig ist.

Die verschiedenen Ausführungen ergeben als zulässigen Maximalwert für $\frac{b}{a}$ den Betrag 1 : 10. Es geht daraus hervor, dass Kuppelstangen dieser Bauart für hochgelagerte Motoren mit direktem Antrieb *nicht* Verwendung finden können; für diesen Fall eignen sich Kuppelstangen nach Abbildung 4, im besondern, wenn zwei Motoren auf die nämliche Kuppelstange arbeiten; letzteres ist zwar keine Notwendigkeit, weil anstelle der einen Motorachse ebensogut eine Blindachse treten kann (siehe ✠Patent Nr. 46 520). Letztere Anordnung bietet gegenüber dem gewöhnlichen Blindwellenantrieb in mechanischer Beziehung keinen Vorteil, es kann aber Fälle geben, wo die Verwendung dieser Anordnung angezeigt erscheint.

Wenn es sich um grosse Leistungen handelt, werden die Lokomotiven meistens mit zwei Motoren ausgerüstet; sind nun letztere im gleichen Gestell hochgelagert, so gestattet die Verwendung eines Dreieckstangenantriebes nach Abbildung 4 die Verwirklichung gewisser Vorteile, die nachstehend erörtert werden sollen:

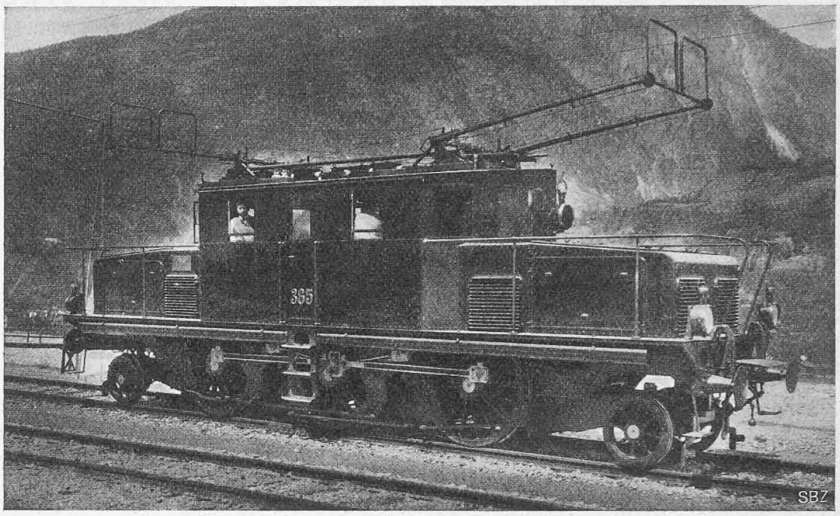

Abb. 3. Elektrische Simplonlokomotive von 1906.

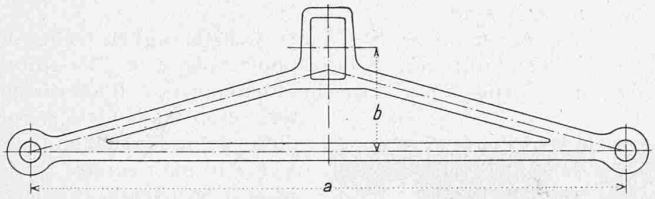

Abb. 5. Schlitzkuppelstange.

Vergleichstabelle.

der Gewichte bei Dreieckstangen- und Blindwellenantrieb für die Lokomotiven nach Abbildungen 6a und 6b.

Gegenstand	Gewicht in *kg* für Lok.	
	n. Abb. 6a	n. Abb. 6b
Dreieck- oder Kurbelstange	850	508
Kuppelstangen	240	770
Motorkurbeln und Gegengewichte	1680	1400
Blindwellenlager	—	1625
Motorträger und Verbindungskonstruktionen zwischen Motorachs- und Blindwellenlager . .	400	1168
Blindwellen mit Kurbeln und Gegengewichten .	—	2580
Gegengewichte in den Triebrädern	360	400
Total. .	3530	8451
Differenz	4921 *kg*	

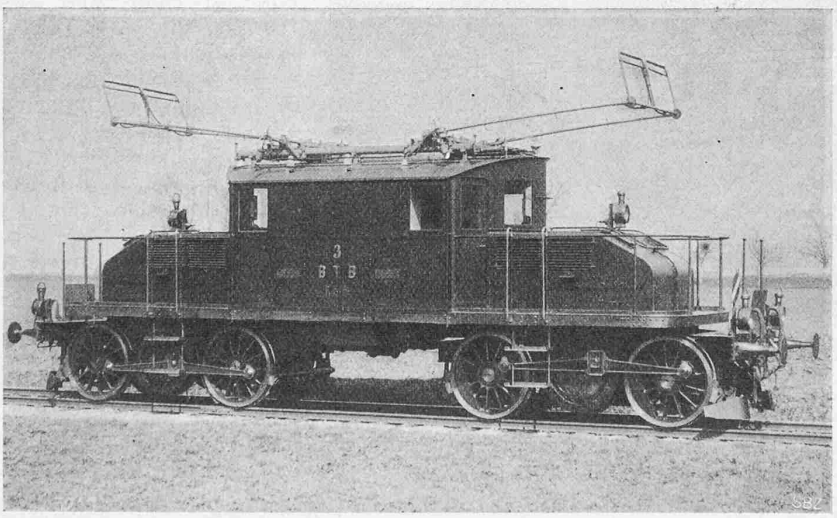

Abb. 2. Elektr. Lokomotive der Burgdorf-Thun-Bahn von 1910.

Die Abbildungen 6a und 6b stellen Triebwerke für zwei Lokomotiven gleicher Leistung masstäblich dar, von denen die eine mit Dreieckstange (Abbildung 6a), die andere mit Blindwellen ausgerüstet ist (Abbildung 6b). Die Gewichtsersparnis bei Verwendung der Dreieckstange nach Abbildung 6a würde für die Lokomotive nach Abbildung 6b einen Betrag von 4913 *kg* ausmachen. In nachstehender Tabelle sind die in Betracht fallenden Gewichte beider Antriebe einander gegenübergestellt.

Die Lokomotive nach Abbildung 6b befindet sich bei der Tochtergesellschaft der A.-G. Brown, Boveri & Cie. in Mailand im Bau und es sind die Gewichte anhand der Konstruktionszeichnungen genau nachgerechnet, während die Gewichte der Lokomotive nach Abb. 6a und Abb. 4 soweit möglich abgewogen worden sind. Zieht man in Erwägung, dass das Mehrgewicht von rund 5000 *kg* lediglich aus Stücken besteht, welche eine teure und sorgfältige Bearbeitung verlangen und wird deshalb ein Preis von 2 Fr. pro *kg* angesetzt, so kann zugunsten des Dreieckantriebes zum vorneherein eine Ersparnis von 10 000 Fr. pro Lokomotive eingesetzt werden, was etwa 18 % des Ankaufspreises des mechanischen Teiles der Lokomotive ausmachen dürfte.

Man wird vielleicht entgegenhalten, dass die beiden Blindwellen der Abbildung 6b durch eine einzige ersetzt werden können. Das ist unter gewissen Verhältnissen möglich. Die Gewichtsersparnis würde aber in diesem Falle kaum mehr als 500 *kg* betragen, wenn berücksichtigt wird, dass entsprechend der grössern Inanspruchnahme der einen Blindwelle, diese sowie ihre Lagerkonstruktionen eine Verstärkung erfahren müssen. Zugunsten des Dreieckantriebes verbleiben daher in obigem Falle immer noch 4500 *kg*.

Der Einbau von Blindwellen in Lokomotivrahmen bedingt ein Auseinanderrücken der Achsen; es sind besonders die Kurbeln und Gegengewichte, welche die Abstände

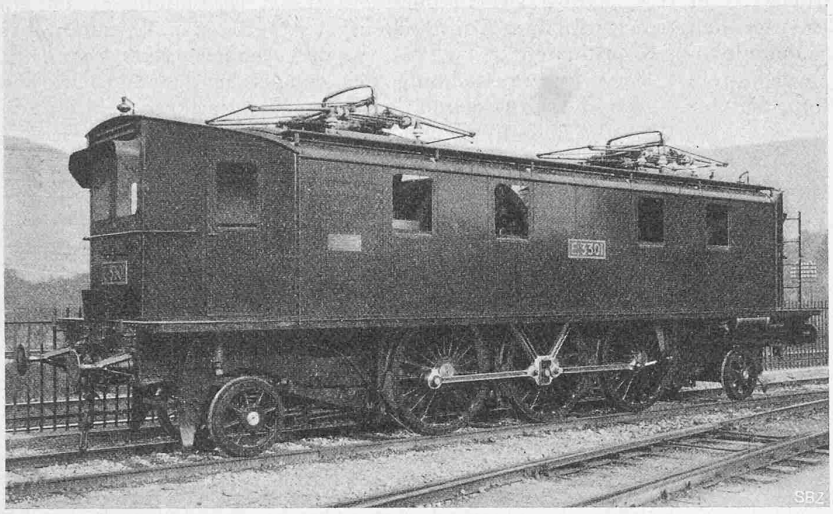

Abb. 4. Elektrische Lokomotive für die «Chemins de fer du Midi» von 1911.

zweier neben der Blindwelle sitzenden Triebachsen bestimmen. Wenn es sich um Lokomotiven mit 4 bis 5 gekuppelten Achsen handelt, so wird unter Umständen der gesamte Radstand so bedeutend, dass eine genügende Kurvenbeweglichkeit der Lokomotive in Frage gestellt wird, will man nicht zu zwei kurz gekuppelten Lokomotiven, jede mit je einem Motor ausgerüstet, übergehen. Dass durch solche Massnahmen die Lokomotive nicht leichter und billiger wird, liegt auf der Hand, nicht zu sprechen von der Komplikation, welche die Verbindungsteile beider Lokomotiven ergeben.

Da man besonders für Schnellzugslokomotiven darnach trachtet, die schweren Massen hoch und möglichst gegen die Mitte des Fahrzeuges zu verlegen, so ist der Einbau der Blindwelle zwischen Kuppelachse und Laufachse in den meisten Fällen ausgeschlossen, will man nicht ausserordentlich lange Kuppelstangen mit in Kauf nehmen. *Der Dreieckantrieb gestattet den kleinstmöglichen Radstand, welcher durch die Raddurchmesser und den Platz für die Bremsklötze bestimmt ist, zu erreichen.* Besonders wertvoll ist diese Eigenschaft für Schmalspurlokomotiven mit mehrfach gekuppelten Achsen.

Es ist einleuchtend, dass infolge dieser Verhältnisse der Lokomotivrahmen kürzer gehalten werden kann, was wiederum einer Gewichtsersparnis gleichkommt, die in der oben angegebenen Gewichtstabelle nicht berücksichtigt wurde.

Durch die Verwendung des Dreieckantriebes kommen die Blindwellen- und ihre Kurbelzapfen-Lager in Wegfall. Dadurch wird der mechanische Wirkungsgrad der Lokomotive um mindestens 2 bis 3 % erhöht, Lager sind zudem Maschinenteile, welche einer besonders sorgfältigen Wartung und Schmierung bedürfen; es ist daher für Lokomotivbetrieb von besonders grossem Nutzen, ihre Zahl möglichst klein zu halten, einerseits um teure Reparaturen und Schmieröl zu ersparen, anderseits um nach Tunlichkeit Maschinenteile zu eliminieren, welche stets eine Quelle von Betriebsstörungen bilden.

Für die Montage des Kupplungsgestänges hat die Dreieckstange insofern besondern Wert, als die Einstellung der Kupplungsdistanzen infolge des Schlitzes ohne besondere Schwierigkeit auch von ungeschultem Personal vorgenommen werden kann, während die Herstellung und Montage der Blindwellen besondere Sorgfalt erfordern. Es gibt Bahnverwaltungen, welche zur Vermeidung von Einstellungsfehlern spezielle und nicht gar einfache Lagerkonstruktionen verlangen, die unnötig werden, sobald wir Dreieckstangen zur Kraftübertragung benutzen.

Ohne besondern Wert darauf zu legen, soll nicht unterlassen werden, auf das ruhige Aussehen hinzuweisen, welche der Dreieckantrieb der Lokomotive verleiht. Der beschriebene Antrieb besitzt allerdings auch nachteilige Eigenschaften, die aber gegenüber den oben erwähnten Vorteilen in den Hintergrund treten.

Bei Defektwerden eines Motor- oder Motorkurbellagers kann die Lokomotive unter Umständen betriebsunfähig werden, wenn der Defekt derart ist, dass die Drehung einer Motorachse unmöglich wird. Bei Blindwellenantrieb kann durch Entfernen der Kuppelstangen ein Motor ausgeschaltet werden, während der andere ungehindert die Weiterbeförderung des Fahrzeuges übernehmen kann.

Durch reichliche Dimensionierung der Motor- und Motorkurbellager und unter Verwendung guter Schmier-

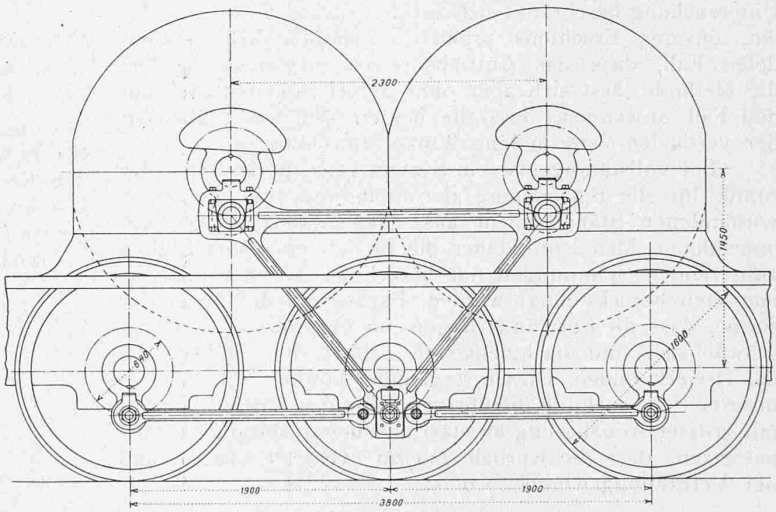

Abb. 6a. Antrieb mit Dreieckstange. — Masstab 1 : 50.

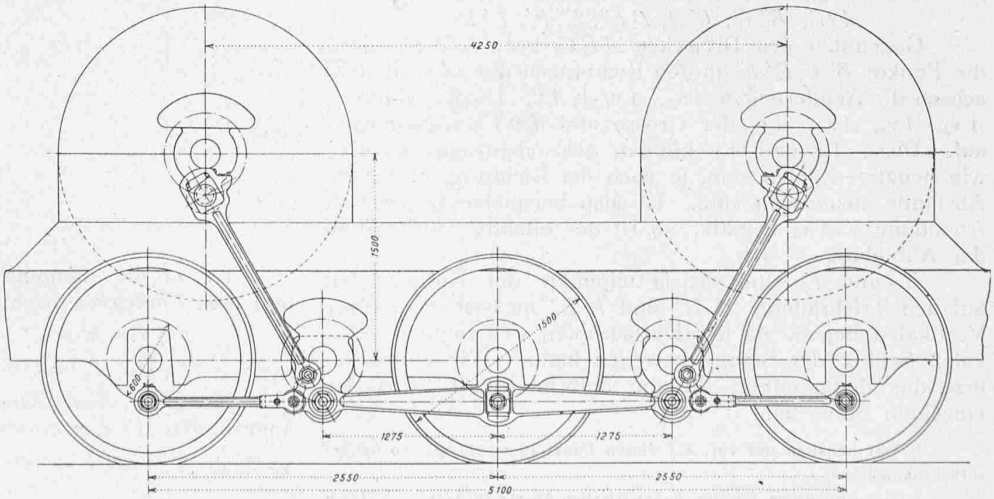

Abb. 6b. Antrieb durch Vermittlung zweier Blindwellen. — Masstab 1 : 50.

einrichtungen ist die Möglichkeit des Defektwerdens dieser Lager fast ausgeschlossen, um so mehr als sie unter den günstigsten Verhältnissen arbeiten. Bei den Simplonlokomotiven sind Defekte an den Motorlagern, welche ein Blockieren des Zuges auf der Strecke verursachten, nie vorgekommen.

Während sich die Fliehkräfte von Kurbeln und Stangen normaler Ausführung vollkommen ausbalancieren lassen, ist der vollkommene Ausgleich beim Schlitzkurbelgetriebe nicht möglich. Ein vollkommen dynamischer Ausgleich der bewegten Massen erscheint aber im Interesse eines ruhigen stossfreien Laufens der Lokomotive geboten, die zulässige Höchstgeschwindigkeit wird sogar hauptsächlich durch den mehr oder weniger ausreichenden Massenausgleich bestimmt. Durch zweckmässige Anbringung der Ausgleichsgewichte in den Triebrädern und an den Motorkurbeln können die in horizontaler und vertikaler Richtung auf das Lokomotivgestell wirkenden freien Kräfte auf ein Minimum reduziert werden.[1])

Die Lokomotive nach Abbildung 4 lief bei 80 *km/std* entsprechend einer Tourenzahl von 270 in der Minute vollständig ruhig.

Die Antriebsverhältnisse beim Dreieckantrieb.

Die Abbildung 7 zeigt schematisch den Dreieckantrieb durch zwei Motoren mit den gleich gerichteten Drehmomenten M_d. Die Untersuchung beschränkt sich auf den speziellen, unseres Erachtens praktisch ausschliesslich verwendeten Fall, dass das Antriebsdreieck *gleichschenklig* ist; die Methode lässt sich aber ohne Schwierigkeiten auch auf den Fall anwenden, dass die beiden schiefen Stäbe mit der vertikalen verschiedene Winkel einschliessen.

Bei vollständig starrem System reichen die Sätze der Statik für die Bestimmung der Spannungen in den sechs vorhandenen Stäben nicht aus; das System ist statisch unbestimmt. Man kann daher die in den einzelnen Stäben auftretenden Spannungen nur berechnen, wenn die Deformationen berücksichtigt werden. Es liegt in der Natur der Sache, dass die Formänderungen am grössten sind in den schwächsten und nachgiebigsten Teilen, den Stäben, die das Dreieck bilden. Diesen gegenüber können wir daher in unserer Untersuchung die übrigen Teile des Antriebssystems mit grosser Annäherung als starr ansehen, insbesondere voraussetzen, dass die Kurbeln um 90° versetzt bleiben und der Verdrehungswinkel = 0 ist.

Geometrische Beziehungen. [2])

Die deformierten Stabachsen sind:

$$AB'',\ B''C',\ C'A,\ DE'',\ E''F',\ F'D.$$

Gegenüber den Dreiecken ABC, bezw. DEF weisen die Punkte $B''C'E''F'$ in den Richtungen der Koordinatenachsen die Aenderungen Δx_1, $\Delta y_1 + \Delta y$, Δx_2, $\Delta y_2 + \Delta y'$, Δx_3, Δy_3, Δx_4, Δy_4 der Grösse und *den Vorzeichen* nach auf. Diese Δx und Δy können also ebensogut positive wie negative Zahlen sein, je nach der Richtung, in der die Abstände abzutragen sind. Ist also beispielsweise, wie in Abbildung 7 Δx_3 negativ, so ist der effektive Abstand in der Abbildung $-\Delta x_3$.

B' und E' sind die Mittelpunkte der Kurbelzapfen auf den Triebrädern. $B'B''$ und $E'E''$ müssen je in einer Vertikalen liegen, da der Kurbelzapfen sich in dem vertikalen Schlitz der Stange bewegen kann. Wir stellen zuerst die Bedingungen für die deformierten Längen der einzelnen Stäbe auf.

[1]) Wir behalten uns vor, auf diesen Punkt in einem spätern Artikel zurückzukommen.

[2]) Die Andeutung für den geometrischen Ansatz verdanke ich Herrn Prof. Dr. *J. Rebstein* in Winterthur.

Sind zwei Punkte P_a und P_b (Abbildung 8) auf ein rechtwinkliges Koordinatensystem bezogen und erfahren ihre Koordinaten x_a, y_a, x_b, y_b die Aenderungen Δx_a, Δy_a, Δx_b, Δy_b in Richtung der entsprechenden Achsen, und zwar der Grösse und dem *Vorzeichen* nach, so geht ihr Abstand l über in l', und zwar ist:

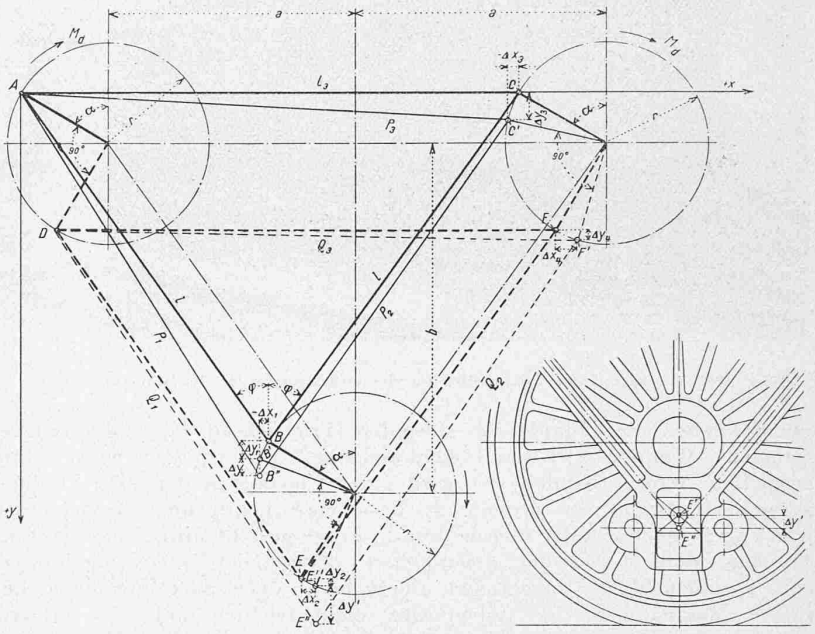

Abbildung 7.

$$l'^2 = (x_b + \Delta x_b - x_a - \Delta x_a)^2 + (y_b + \Delta y_b - y_a - \Delta y_a)^2$$
$$= (x_b - x_a)^2 + (y_b - y_a)^2 + 2\,(\Delta x_b - \Delta x_a)\,(x_b - x_a)$$
$$+ 2(\Delta y_b - \Delta y_a)(y_b - y_a) + (\Delta x_b - \Delta x_a)^2 + (\Delta y_b - \Delta y_a)^2.$$

In den Stäben, deren Längenveränderung wir in der Folge betrachten werden, sind die Δx, Δy gegenüber den Koordinaten x, y *sehr* kleine Grössen, sodass wir die kleinen Grössen zweiter Ordnung $(\Delta x_b - \Delta x_a)^2$, $(\Delta y_b - y_a)^2$ gegenüber denen erster Ordnung vernachlässigen können. Zieht man zudem in Betracht, dass $(x_b - x_a)^2 + (y_b - y_a)^2 = l^2$ ist, so folgt:

$$l'^2 = l^2 + 2\,(\Delta x_b - \Delta x_a)(x_b - x_a) + 2\,(\Delta y_b - \Delta y_a)(y_b - y_a) + \ldots$$

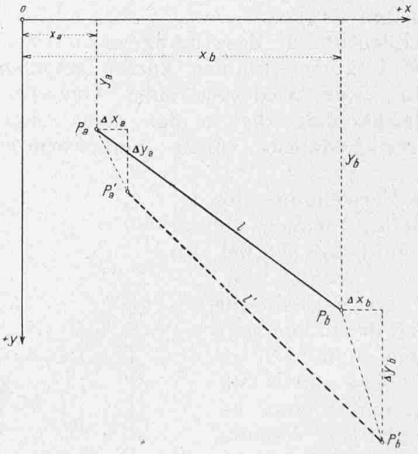

Abb. 8.

Ist Δl die Längenänderung des Stabes der Grösse und dem *Vorzeichen* nach, so folgt:

$$l'^2 - l^2 = (l' + l)\,(l' - l) = 2\,l \cdot \Delta l$$
$$l \cdot \Delta l = (\Delta x_b - \Delta x_a)\,(x_b - x_a) + (\Delta y_b - \Delta y_a)\,(y_b - y_a).$$

Mit Hilfe dieser Gleichung können wir die Längenänderungen Δl der einzelnen Stäbe berechnen.

1. Stab $AB'' = l_1 + \Delta l_1$ $\quad \Delta x_a = 0 \quad \Delta x_b = \Delta x_1$

$$\Delta y_a = 0 \quad \Delta y_b = \Delta y_1 + \Delta y$$
$$l_1\,\Delta l_1 = \Delta x_1 \cdot a + (\Delta y_1 + \Delta y) \cdot b$$

2. Stab $B'' C' = l_2 + \Delta l_2$ $\quad \Delta x_a = \Delta x_1 \quad \Delta x_b = \Delta x_3$

$$\Delta y_a = \Delta y_1 + \Delta y \quad \Delta y_b = \Delta y_3$$
$$x_a = a \quad x_b = 2a$$
$$y_a = b \quad y_b = 0$$
$$l_2 \cdot \Delta l_2 = (\Delta x_3 - \Delta x_1)(2a - a) + (\Delta y_3 - \Delta y_1 - \Delta y)(-b) =$$
$$= a(\Delta x_3 - \Delta x_1) - b(\Delta y_3 - \Delta y_1 - \Delta y)$$

3. Stab $A C' = l_3 + \Delta l_3$ $\quad \Delta x_a = 0 \quad \Delta x_b = \Delta x_3$

$$\Delta y_a = 0 \quad \Delta y_b = \Delta y_3$$
$$x_a = 0 \quad x_b = 2a$$
$$y_a = 0 \quad y_b = 0$$
$$l_3 + \Delta l_3 = 2a \cdot \Delta x_3$$

Für ein parallel verschobenes Koordonatensystem durch den Punkt D ergeben sich analog für die Stäbe des zweiten Antriebsdreiecks:

4. Stab $D E'' = L_1 + \Delta L_1$; $L_1 \cdot \Delta L_1 = \Delta x_2 \cdot a + (\Delta y_2 + \Delta y') b$
5. Stab $E'' F = L_2 + \Delta L_2$

$$L_2 \cdot \Delta L_2 = a(\Delta x_4 - \Delta x_2) - b(\Delta y_4 - \Delta y_2 - \Delta y')$$

6. Stab $D F' = L_3 + \Delta L_3$; $L_3 \Delta L_3 = 2a \Delta x_4$.

Für unser System ergeben sich speziell:

$$l_1 = l_2 = L_1 = L_2 = l$$
$$l_3 = L_3 = 2a$$

$a = l \sin \varphi$; $b = l \cos \varphi$, sodass die Gleichungen 1 bis 6 übergehen in:

$$(1) \begin{cases} \Delta l_1 = \sin \varphi \, \Delta x_1 + \cos \varphi \cdot (\Delta y_1 + \Delta y) \\ \Delta l_2 = \sin \varphi \, (\Delta x_3 - \Delta x_1) - \cos \varphi \, (\Delta y_3 - \Delta y_1 - \Delta y) \\ \Delta l_3 = \Delta x_3 \\ \Delta L_1 = \sin \varphi \, \Delta x_2 + \cos \varphi \, (\Delta y_2 + \Delta y') \\ \Delta L_2 = \sin \varphi \, (\Delta x_4 - \Delta x_2) - \cos \varphi \, (\Delta y_4 - \Delta y_2 - \Delta y') \\ \Delta L_3 = \Delta x_4 \end{cases}$$

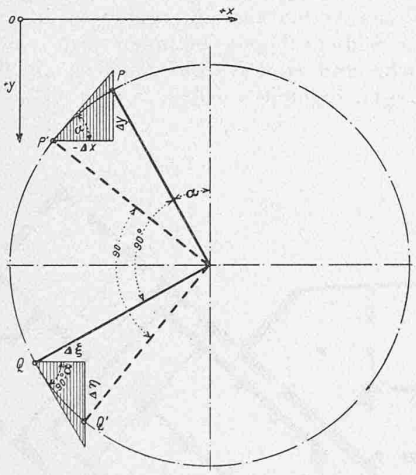

Abb. 9.

Liegen die vier Punkte P, P', Q, Q' (Abbildung 9) auf einem Kreise und sind P, Q und P', Q' um 90° versetzt, entsprechend der Versetzung der Kurbelzapfen, so bestehen zwischen den kleinen Verschiebungen die Gleichungen $P P' = Q Q'$: $\Delta \xi = \Delta y$

$$\Delta \eta = -\Delta x$$
$$tg\, \alpha = -\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{\Delta \xi}{\Delta y}$$

Für die Punkte $B' C' E' F'$ folgt daraus

$$\Delta x_2 = \Delta y_1 \qquad tg\, \alpha = -\frac{\Delta y_1}{\Delta x_1} = \frac{\Delta x_2}{\Delta y_2}$$
$$\Delta y_2 = -\Delta x_1$$
$$\Delta x_4 = \Delta y_3 \qquad tg\, \alpha = -\frac{\Delta y_3}{\Delta x_3} = \frac{\Delta x_4}{\Delta y_4}$$
$$\Delta y_4 = -\Delta x_3$$

Durch diese sechs Gleichungen lassen sich die acht Verschiebungen durch zwei, z. B. Δx_1 und Δx_3 ausdrücken.

$$\Delta y_1 = -\Delta x_1 \, tg\, \alpha$$
$$\Delta x_2 = -\Delta x_1 \, tg\, \alpha$$
$$\Delta y_2 = -\Delta x_1$$
$$\Delta y_3 = -\Delta x_3 \, tg\, \alpha$$
$$\Delta x_4 = -\Delta x_3 \cdot tg\, \alpha$$
$$\Delta y_4 = -\Delta x_3$$

und das Gleichungssystem (1) geht über in:

$$\Delta l_1 = \sin \varphi \, \Delta x_1 + \cos \varphi \, (\Delta y - \Delta x_1 \, tg\, \alpha)$$
$$\Delta l_2 = \sin \varphi \, (\Delta x_3 - \Delta x_1) - \cos \varphi \, (\Delta x_1 \, tg\, \alpha - \Delta x_3 \, tg\, \alpha - \Delta y)$$
$$\Delta l_3 = \Delta x_3$$
$$\Delta L_1 = \cos \varphi \, (\Delta y' - \Delta x_1) - \sin \varphi \, \Delta x_1 \cdot tg\, \alpha$$
$$\Delta L_2 = \sin \varphi \, (\Delta x_1 \, tg\, \alpha - \Delta x_3 \, tg\, \alpha) - \cos \varphi \, (\Delta x_1 - \Delta x_3 - \Delta y')$$
$$\Delta L_3 = -\Delta x_3 \, tg\, \alpha$$

Durch Umformung

$$\Delta l_1 \cos \alpha = \Delta x_1 (\sin \varphi \cos \alpha - \cos \varphi \sin \alpha) + \Delta y \cos \varphi \cos \alpha$$
$$\Delta l_2 \cos \alpha = (\Delta x_3 - \Delta x_1)(\sin \varphi \cos \alpha + \cos \varphi \sin \alpha) + \Delta y \cos \varphi \cos \alpha$$
$$\Delta l_3 = \Delta x_3$$
$$\Delta L_1 \cos \alpha = -\Delta x_1 (\sin \varphi \sin \alpha + \cos \varphi \cos \alpha) + \Delta y' \cos \varphi \cos \alpha$$
$$\Delta L_2 \cos \alpha = (\Delta x_3 - \Delta x_1)(\cos \varphi \cos \alpha - \sin \varphi \sin \alpha) + \Delta y' \cdot \cos \varphi \cos \alpha$$
$$\Delta L_3 = -\Delta x_3 \cdot tg\, \alpha$$

Daraus folgt:

$$(2) \begin{cases} \Delta l_1 \cos \alpha = \Delta x_1 \sin (\varphi - \alpha) + \Delta y \cdot \cos \varphi \cos \alpha \\ \Delta l_2 \cos \alpha = (\Delta x_3 - \Delta x_1) \sin (\varphi + \alpha) + \Delta y \cos \varphi \cos \alpha \\ \Delta l_3 = \Delta x_3 \\ \Delta L_1 \cos \alpha = -\Delta x_1 \cos (\varphi - \alpha) + \Delta y' \cos \varphi \cdot \cos \alpha \\ \Delta L_2 \cos \alpha = (\Delta x_3 - \Delta x_1) \cos (\varphi + \alpha) + \Delta y' \cos \varphi \cos \alpha \\ \Delta L_3 = -\Delta x_3 \, tg\, \alpha \end{cases}$$

Setzt man $\Delta x_3 = \Delta l_3$ ein und subtrahiert die zweite von der ersten und die fünfte von der vierten Gleichung, so folgt:

$$\cos(\Delta l_1 - \Delta l_2) = \Delta x_1 [\sin(\varphi - \alpha) + \sin(\varphi + \alpha)] - \Delta l_3 \cdot \sin(\varphi + \alpha) =$$
$$= 2 \Delta x_1 \cdot \sin \varphi \cos \alpha - \Delta l^3 \sin (\varphi + \alpha)$$
$$\cos (\Delta L_1 - \Delta L_2) = -\Delta x_1 [\cos (\varphi - \alpha) - \cos (\varphi + \alpha)] -$$
$$- \Delta l_3 \cos (\varphi + \alpha) = -2 \Delta x_1 \sin \varphi \sin \alpha - \Delta l_3 \cos (\varphi + \alpha)$$

Durch Elimination von Δx_1:

$$(3) \begin{cases} \cos \alpha \sin \alpha \, (\Delta l_1 - \Delta l_2) + \cos^2 \alpha \, (\Delta L_1 - \Delta L_2) = \\ = \Delta l_3 [\sin \alpha \sin (\varphi + \alpha) + \cos \alpha \cos (\varphi + \alpha)] = \\ - \Delta l_3 \cos \varphi \\ \Delta L_3 = -\Delta l_3 \, tg\, \alpha. \end{cases}$$

Die Formeln für die Stabspannungen, die Kleinow in einer Abhandlung: „Das Parallelkurbelgetriebe als Antriebsmittel für elektrische Lokomotiven“ [1]) aufstellt, ergeben sich aus obigen Formeln mittels der Bedingung

$$\Delta y = 0 \text{ und } \Delta y' = 0.$$

(Schluss folgt.)

Die Graubündner Kantonalbank in Chur.

Architekten *B. S. A. Schäfer & Risch*, Chur.

(Schluss mit Tafeln 5 bis 8.)

„Ueber das Innere des Bankgebäudes sollen in erster Linie die Grundrisse und Abbildungen Aufschluss geben. Wir beschränken uns daher auf wenige Wegleitungen und auf die nötigsten technischen Angaben.

Die geringe Tiefe des Bauplatzes längs der Grabenstrasse liess es nicht ratsam erscheinen, eine der gebräuchlichen Schalterhallen mit Oberlicht und event. mit Lichthof anzulegen. Es wurde daher angestrebt, das Oberlicht durch hocheinfallendes Seitenlicht zu ersetzen. So entstand die durch zwei Geschosse gehende Halle, die durch ihre reichliche, auf alle Zeiten gesicherte Beleuchtung den Verlust an benutzbarem Raum wohl aufwiegt. Die nischenartigen Erweiterungen an der Fensterwand ergaben sich aus der notwendigen Grösse der Tresore und der Anlage des Kontrollganges im Untergeschoss. Sie nehmen zweckmässig die Möblierung auf, sodass die Halle ganz frei bleiben kann. Auf den Granitsäulen, an denen sich der

[1]) *Anmerkung der Redaktion.* Kleinow hat in „Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen“, 1910, Seite 495, aus seinen geometrischen Ansätzen für das einfache Parallelkurbelgetriebe mit Blindwelle die folgenden Gesetze abgeleitet:

1. Für ein Getriebe, bestehend aus einem Paar vertikaler Stangen, die mittels Blindwelle auf ein paar horizontale Stangen übertragen (senkrechter Antrieb), ist für die gemeinsame Kurbel an der Blindwelle der Zapfendruck konstant, aber von wechselnder Richtung; dasselbe gilt auch für den Lagerdruck der Blindwelle.

2. Bei einfach schrägem Antrieb sind der Zapfendruck und der Lagerdruck an der Blindwelle im Verhältnis $\cos \beta : 1$ kleiner als beim senkrechten Antrieb, wenn β der Winkel der Schrägstellung ist.

3. Beim doppelt schrägen Antrieb sind der Zapfendruck und der Lagerdruck an der Blindwelle im Verhältnis $\cos^2 \beta : 1$ kleiner als beim einfachen senkrechten Antrieb.