

<b>Zeitschrift:</b>	Schweizerische Bauzeitung
<b>Herausgeber:</b>	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
<b>Band:</b>	71/72 (1918)
<b>Heft:</b>	20
<b>Artikel:</b>	Die Einphasen-Lokomotiven der Schweiz. Bundesbahnen und neue Lokomotivtypen der Maschinenfabrik Oerlikon
<b>Autor:</b>	Studer, Hugo
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-34756">https://doi.org/10.5169/seals-34756</a>

### **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:** 23.02.2026

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

## Die Einphasen-Lokomotiven der Schweiz. Bundesbahnen und neue Lokomotivtypen der Maschinenfabrik Oerlikon.

Von Prof. Hugo Studer, Ingenieur, Zürich.

Die Generaldirektion der S. B. B. hat im Mai 1917 bei den drei sich mit dem Bau von elektrischen Lokomotiven befassenden schweizerischen Konstruktionsfirmen vier Probelokomotiven für die Gotthardbahn-Elektrifizierung in Auftrag gegeben, die sich z. Zt. im Bau befinden und in wenigen Monaten zur Ablieferung gelangen werden. Es war damals beabsichtigt, diese Lokomotiven vorerst auf der S. B. B.-Strecke Scherzlingen-Brig (84 km) der B. L. S. im regelmässigen Zugdienst zu erproben. Seither ist die Elektrifizierung der anschliessenden Strecke Scherzlingen-Bern (38 km) beschlossen und begonnen worden, sodass sie nunmehr auf einer 116 km langen Strecke, zusammen mit den 14 Lötschberg-Lokomotiven, die elektrische Traktion zu besorgen haben werden. Unterdessen hat ferner die Generaldirektion der S. B. B. den drei gleichen Firmen weitere 20 Lokomotiven in Auftrag gegeben, die in der zweiten Hälfte von 1919 zur Ablieferung gelangen sollen und als erster Lokomotiv-Park für den Dienst der Gotthardlinie bestimmt sind. Daneben sollen in den nächsten Monaten Versuche mit Einzelantrieben, über die in Bd. LXX, S. 83 der „Schweiz. Bauzeitung“ (18. August 1917) bereits berichtet wurde, durchgeführt werden.

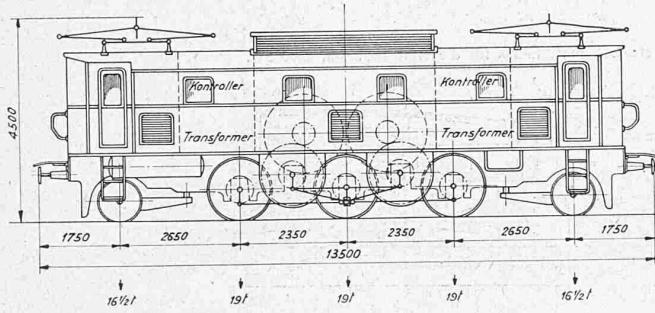


Abb. 1. Probe-Schnellzuglokomotive der M. F. O., 1650 PS. — 1:150.

Im Folgenden sollen nun einige nähere orientierende Angaben über die eingangs genannten Probelokomotiven, sowie über jene für die Gotthardbahn gegeben werden, ohne jedoch dabei heute schon auf die Details der Konstruktion einzutreten.

Die leitenden Organe der S. B. B. haben vorläufig für die Gotthardbahn drei Lokomotivtypen in Aussicht genommen: einen kleineren Schnellzugstyp, einen grösseren Schnellzugstyp und einen Güterzugstyp; wobei unter bestimmten Bedingungen der eine Typ für den andern soll einspringen können. Die gestellten Leistungsbedingungen sind die folgenden:

a) Für die *Schnellzuglokomotiven* innert 24 Stunden, bei 15 Minuten Mindest-Umschlagzeit an den Endpunkten, drei Hin- und Herfahrten Luzern-Chiasso mit 430 t Anhängegewicht, unter Vorspann einer Schnellzugslokomotive des kleineren Typ auf den Rampen von über 21 % Steigung. Für die Fahrt Chiasso-Bellinzona ohne Vorspann darf das Anhängegewicht auf 350 t herabgesetzt werden. Die Rampen von 26 % Steigung sollen mit 215 t Anhängegewicht mit dem kleinen, bzw. 300 t Anhängegewicht mit dem grossen Lokomotivtyp bei 50 km/h Geschwindigkeit befahren werden können. Maximale Fahrgeschwindigkeit 75 km/h.

b) Für die *Güterzugslokomotive* innert 24 Stunden zwei Hin- und Herfahrten Goldau-Chiasso mit 860 t Anhängegewicht bei Schub durch eine zweite Güterzugslokomotive auf den Rampen von über 21 % Steigung. Für die Fahrt Chiasso-Bellinzona mit einer dieser Lokomotiven wird das Anhängegewicht auf 625 t herabgesetzt. Auf den Rampen von 26 % sollen 430 t Last mit einer Geschwindigkeit von 35 km/h befördert werden. Maximale Geschwindigkeit 65 km/h.

Alle Lokomotivtypen müssen Geleisekurven von 180 m und Weichenkurven von 114 m befahren können. Die zulässigen Drücke wurden für die Laufachsen zu minimal 12 t und maximal 16 t und für die Triebachsen zu 18 t festgesetzt. Bei der Güterzugslokomotive wurden für die beiden Mittelachsen 19 t, bei 2 m Abstand

derselben von einander, als zulässig erklärt, wenn die Achsdrücke der beiden Endachsen entsprechend nur je 17 t betragen. Das Gewicht auf den laufenden Meter sollte 7 t nicht überschreiten. Auf der Talfahrt müssen die Lokomotiven wenigstens ihr eigenes Gewicht selbst abbremsen.

Die auf Grund dieser Bedingungen bestellten und im Bau befindlichen *Probelokomotiven*, für die die Schweiz. Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur den mechanischen Teil ausführt, seien durch Skizzen und einige Angaben kurz erläutert.

*Kleine Schnellzuglokomotive 1 C 1 der Maschinenfabrik Oerlikon.* Wie aus Abb. 1 hervorgeht, handelt es sich um eine Lokomotive von 13,5 m Gesamtlänge in symmetrischem Aufbau von ähnlicher Anordnung, wie die grossen Lötschberg-Lokomotiven<sup>1)</sup>, jedoch mit drei statt fünf Kuppelachsen. Die beiden Motoren sind zwölfpolige kompensierte Einphasen-Serie-Motoren nach Patent Oerlikon, von je 825 PS Normalleistung (am Rad gemessen), mit phasenverschobenen Hilfsfedern. Sie sind, im Lokomotivmittel mit einander verbunden, auf dem Rahmen gelagert und übertragen durch beidseitig angeordnete, gefederte Zahnräder mit Uebersetzungs-Verhältnis 1:2,84 die Kraft auf die zugehörigen zwei Blindwellen, die ihrerseits mittels Kurbeldreieck mit Schlitz und Kuppelstangen die Uebertragung auf die drei Triebachsen in ganz gleicher Weise vollziehen, wie bei den grossen Lötschberg-Lokomotiven. Ueber den Motoren sind die elektropneumatisch betätigten Fahrwender, der Deckenventilator und die Bremsapparatur angeordnet. Beidseitig an die Triebmotoren schliessen sich die Trockentransformatoren mit aufgebauten Stufenschaltern und die Hauptschalter, Kompressoren usw. an. Die beiden Führerstände befinden sich direkt an den Stirnwänden. Die Normal-Zugkraft, am Rad gemessen, beträgt 8900 kg, die maximale 13500 kg, die Stundenleistung 1650 PS, die normale Geschwindigkeit 50 km/h, die maximale 75 km/h. Das Totalgewicht wird sich, einschliesslich elektrischer Bremseinrichtung, auf rund 90 t belaufen.

*Grosse Schnellzuglokomotive 1 B + B 1 der M. F. O.* Die allgemeine Anordnung dieser 106 t schweren Drehgestell-Lokomotive von 16,2 m Länge ist aus Abbildung 2 ersichtlich. Je zwei Motoren von je 560 PS (am Rad), 10 polig, im übrigen analoger Konstruktion wie bei der 1 C 1 Lokomotive, sind zwischen den zwei Triebachsen jedem Drehgestell, relativ tief gelagert, eingebaut und übertragen mittels beidseitiger gemeinsamer und gefederter Zahnräder über eine Blindwelle und Schlitzstange die Triebkraft auf die Triebräder. In dem, auf den Drehgestellen ruhenden und auf die ganze Länge reichenden Wagenkasten ist in der Mitte der Oeltransformator mit den zugehörigen Stufenschaltern und dem Deckenventilator aufgestellt, während die Hülfsaggregate, Kompressor und Umformer, in den niedern Vorbauten der Lokomotiv-Stirnen untergebracht sind.

Die Führerstände sind also etwas von der Lokomotivstirne zurückgesetzt. Elektrisch ist durch den einzelnen Transformator eine grosse Vereinfachung erzielt, dafür aber ist eine relativ schwere Tragkonstruktion für den Wagenkasten nicht zu vermeiden. Die Normal-Zugkraft beträgt 12000 kg, maximal 18000 kg, die Normal-Leistung 2250 PS.

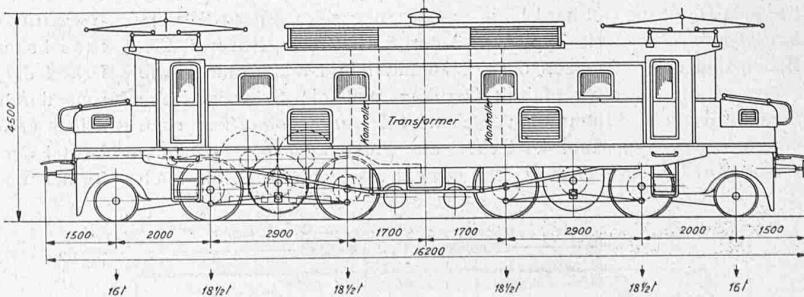


Abb. 2. Probe-Schnellzuglokomotive der M. F. O., 2250 PS. — Typenskizze 1:150.

Bei diesen beiden Lokomotiven ist die Steuerung in ähnlicher Weise wie bei den Lötschberg-Lokomotiven durchgebildet, jedoch ist die Betätigung der Stufenschalter der 1 C 1 Lokomotive elektropneumatisch vorgesehen und es ist die Zahl der Schaltstufen auf 23 vermehrt worden, sodass ein günstiges Anfahren und feineres Einstellen in den normalen Fahr-Stellungen möglich wird. Durch

<sup>1)</sup> Siehe Band LXIII, Seite 22 u. ff. (Januar 1914).

Verwendung der zwangsläufigen Wechselschaltung der zwei Stufenkontroller bei Zuschalten und Synchronschaltung beim Abschalten ist einerseits eine Vermehrung der Transformer-Anzapfungen vermieden und anderseits die rasche Abschaltbarkeit erreicht. Die beiden Lokomotiven erhalten eine Ausrüstung zur Kupplung ihrer Steuerung, sodass also mit sogenannter Vielfachsteuerung, durch einen Führer, beide Lokomotiven gesteuert werden können.

*Grosse Schnellzuglokomotive 1B+B1 von Brown, Boveri & Cie.* Diese Lokomotive hat die gleichen Bedingungen und Leistungen zu erfüllen wie die vorgenannte Lokomotive und ist ihr in der allgemeinen Anordnung ähnlich. Die Führerstände befinden sich jedoch im Gegensatz zu Abb. 2 an den Lokomotiv-Stirnen.

als Güterzug-Lokomotive ausgeführt werden kann, mögen einige Angaben von Interesse sein.

Beim Projektieren elektrischer Lokomotiven kann, wie dies bei den Lötschberg-Lokomotiven geschehen ist, eine vollständige doppelte Anordnung getroffen werden. Diese bietet die Möglichkeit, auch mit der halben Ausrüstung, z. B. bei Defekten, ein Stilllegen zu vermeiden, ja, wenn nötig, einen beschränkten Dienst weiter zu besorgen. Diese Lösung ergibt eine relativ lange Lokomotive und grosse Radstände, sowie auch eine relativ schwere und teure Maschine. Sie war z. B. beim Lötschberg berechtigt, wo es sich um einen ersten Bau grösseren Umfangs handelte. Nachdem nun aber z. B. am Lötschberg schon seit langem Defekte am Roll-

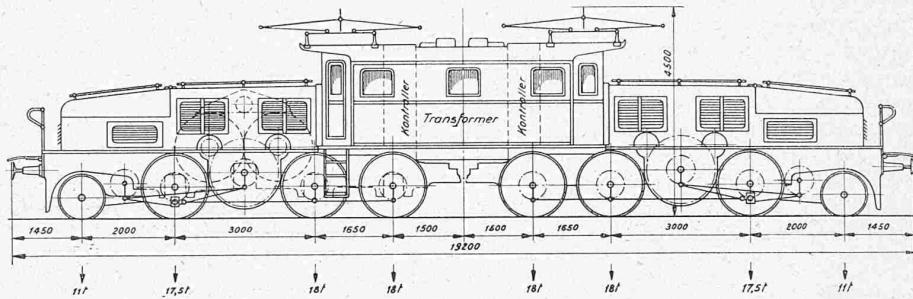


Abb. 4. Güterzug-Lokomotive der M. F. O. und der Schweiz. Lokomotivfabrik für die Gotthardbahn, 2100 PS.

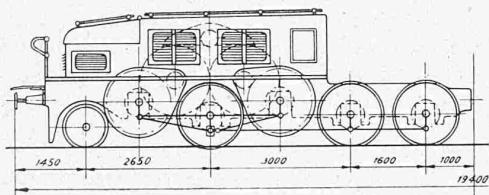


Abb. 5. Drehgestell mit Kurbeldreieck-Antrieb.

Typenskizzen  
1 : 150.

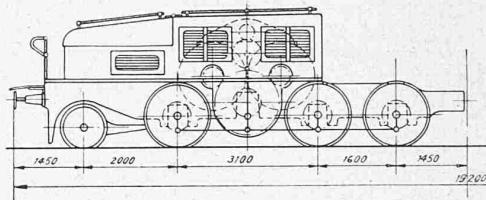


Abb. 6. Drehgestell mit Vertikalstangen-Antrieb.

*Güterzuglokomotive C+C von B.B.C.* Wie Abb. 3 zeigt, ist diese eine dreiachsige Drehgestell-Lokomotive; in jedem Drehgestell ist ein Motorpaar zwischen der zweiten und dritten Achse gelagert, das mit gemeinsamen beidseitigen und gefederten Zahnrädern und Blindwelle mittels Schubstange die Triebkraft auf das Gestänge überträgt. Die Antriebsanordnung ist also eine der ersten Lötschbergbahn-Lokomotive (Nr. 121) analoge, wobei allerdings, statt je einem Motor, einem Motorpaar getreten und die Drehgestelle unter sich vertauscht sind. Die Zugkraft dieser Lokomotive beträgt normal 16 000 kg, maximal 24 000 kg und die Leistung 2050 PS, alles am Rad gemessen. Die Geschwindigkeit ist 35 km/h normal und 65 km/h maximal. Das Gewicht dürfte 112 t betragen, was die S. B. B. bestimmte, die späteren Lokomotiven dieser Art mit hinzugefügten Laufachsen in Aussicht zu nehmen.

\*

Die schon erwähnte erste Bestellung der Generaldirektion der S. B. B. für die Gotthard-Linie umfasst nun zehn grosse Schnellzuglokomotiven, nach Typ Abb. 3 der A.-G. Brown, Boveri & Cie. Baden und der Schweizerischen Lokomotivfabrik Winterthur, sowie zehn an die Maschinenfabrik Oerlikon und die Schweizerische Lokomotivfabrik Winterthur vergebene Güterzuglokomotiven nach einem neuen Typ, Abb. 4. Ueber die Entstehung dieses neuen Lokomotiv-Typs der M. F. O., der sowohl als Schnellzug-, als auch

material eine grosse Seltenheit geworden sind, darf wohl heute auf die Verdoppelung der Ausrüstung verzichtet werden. Will man nun aber mit nur einem Transformator auskommen, so bleibt in den meisten Fällen nichts übrig, als ihn in der Mitte aufzustellen und die Lokomotive mit Drehgestellen auszubilden. Dies bedingt einen schweren Lokomotivkasten, da das Hauptgewicht in dessen Mitte ruht, mit den damit verbundenen Nachteilen.

Die Studien der Maschinenfabrik Oerlikon haben nun dazu geführt, einen Lokomotivtyp zu schaffen, bei dem die zwei Drehgestelle direkt mit einander gekuppelt werden; die äussern  $\frac{2}{3}$  jeden Drehgestelles enthalten die Triebmotoren und weitere Aggregate, die im allgemeinen nur mit niedern Hauben abgedeckt werden. Auf die Ueberwachung, auch der grossen Triebmotoren, während der Fahrt darf heute, nach den guten Erfahrungen mit den Kollektoren der Lötschberg-Motoren, verzichtet werden. Beidseitig der Hauben sind Laufstege vorhanden, die dem Dienstpersonal den Uebertritt von und zu den Lokomotiven ermöglichen. Der eigentliche Lokomotivkasten hat nur noch eine Länge von rund einem Drittel der ganzen Lokomotivlänge und es kann daher seine Armierung durch ein Sprengwerk fallen gelassen werden. Mittels der an seinen Enden befindlichen Drehzapfen ruht er auf den innern freien Dritteln der beiden Drehgestelle und trägt in seiner Mitte den Transformer und den Hauptschalter. Direkt beidseitig an den Trans-

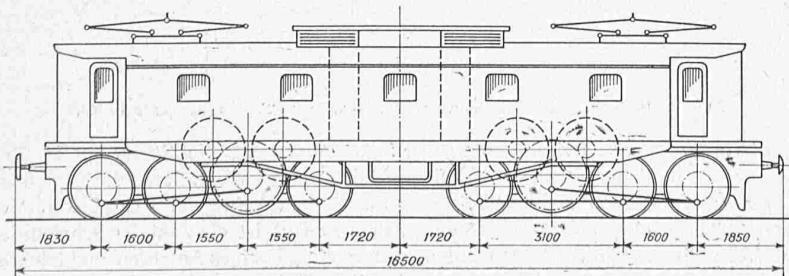
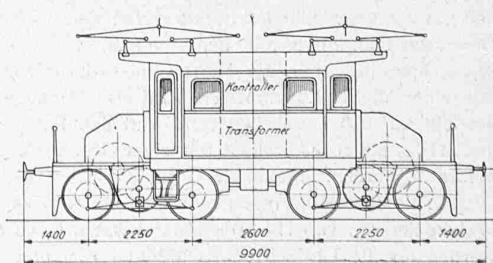


Abb. 3. Probe-Güterzuglokomotive von B. B. C., 2050 PS. — Typenskizzen 1 : 150. — Abb. 7. Rangierlokomotive der M. F. O., 660 PS.



former schliessen sich die Stufenschalter (für je 12 Stufen) an, sodass die Verbindungen mit den Transformeranzapfungen äusserst kurz werden. An den Enden des Kastens befinden sich die Führerstände, auf deren Dach die Stromabnehmer montiert sind. Der Transformer, sowie der Hauptschalter-Deckel bilden zugleich einen Teil des Lokomotivkasten-Daches, sodass die Hochspannungs-Leitungs-Führungen vereinfacht und unnötige Dach-Durchführungen, und im Lokomotivinnern ein eigentlicher Hochspannungsraum, vermieden werden können. Da die Drehzapfen relativ nahe beieinander liegen, kann der Kasten der kleinen Ausschläge wegen breiter gehalten werden, was für die Bedienung von Vorteil ist. Die Drehzapfen sind leicht zugänglich und in deren Nähe können die nur wenigen flexiblen Kabel zu den Motoren günstig auf die Drehgestelle übergeführt werden.

Diese Anordnung hat weiter für den Betrieb den grossen Vorteil, dass der Führer sich nicht an der Stirne des Fahrzeugs befindet, sondern dass ihm, ohne die Uebersichtlichkeit zu hindern, grössere Massen vorgelagert sind, wodurch ihm ein gewisses Sicherheitsgefühl gegeben ist; dies wird ihn dazu bestimmen, auch in Gefahrmomenten auf seinem Posten auszuhalten und die Hilfsmittel zur Sicherung seines Zuges voll anzuwenden. Der Führer befindet sich auch so nahe beim Schaltapparat, dass, wenn auf Vielfachsteuerung aus andern Gründen verzichtet werden will, eine einfache mechanische Betätigung dieser Antriebe stattfinden kann.

Für die Depots und Werkstätten hat diese Anordnung den grossen Vorteil des rascheren Ein- und Ausbaues von Motoren und Apparaten und des relativ kürzeren und leichteren Wagenkastens. Die Hubhöhen für das Aus- und Einbauen können kleinere sein, und es wird daher vielerorts mit bestehenden Anlagen auszukommen sein. Auch die Reservehaltung für diese dreiteiligen Lokomotiven ist vereinfacht. Das Lokomotivgewicht ist kleiner, sodass, wie im vorliegenden Fall, ein vermehrtes Gewicht in den mechanischen Teil und das Triebwerk im besondern gelegt werden kann.

Wenn aus Konstruktionsgründen eine Lagerung der Motoren-Blindwelle auf Triebwellenhöhe nicht möglich ist, sind doch noch verschiedene Antriebslösungen möglich; so entsprechend der ersten Lötschberglokomotive (Nr. 121) und der C + C Probekomotive (Abb. 3) mit Schrägstange als der leichtesten Konstruktion, oder mittels Kurbeldreieck, entsprechend den grossen Lötschberglokomotiven (Abb. 5). Weiter gibt Abb. 6 eine Lösung mit Vertikalstangen-Antrieb wieder. Der schliesslich nach Vorschlag der Lokomotivfabrik Winterthur gewählte Schrägstangenantrieb mit Hülfswelle nach Abb. 4 dürfte eine einwandfreie Konstruktion ergeben.

Das Uebersetzungsverhältnis der Zahnräder wurde bei diesen zehn Lokomotiven auf 1:4 festgesetzt. Die Normalleistung der vier Motoren, am Rad gemessen, beträgt 2100 PS. Das Gewicht des elektrischen Teils von 58 t und jenes des mechanischen Teils von 71 t ergeben 129 t Gesamtgewicht oder 6,72 t auf den laufenden Meter, und 107 t Adhäsionsgewicht.

Zum Schluss sei mit Abb. 7 noch ein Typ kleinerer Leistung mit z. B. 660 PS und 6000 kg (maximal 9000 kg) Zugkraft und 30 (maximal 45) km/h erwähnt, der zeigen soll, dass das beschriebene System auch für leichten Verkehr auf Nebenlinien, Vorortverkehr und für Rangierdienst Verwendung finden kann. Abb. 8 zeigt ferner, dass die dreiteilige Kastenkonstruktion auch ohne weiteres für die Schmalspur verwendet werden kann. So lässt sich z. B. für die Rhätische Bahn, sogar unter Beibehaltung der bisher verwendeten Konstruktionsteile, wie Motoren, Triebwerk usw., eine Verdopplung der 600 PS- und 800 PS-Lokomotiven erreichen. Hier ist es, der Platzverhältnisse wegen, allerdings nötig, die Motorhauben bis auf Dachhöhe hinauf zu führen, was aber trotzdem dem Führer einen besseren Ausblick gewährt, als bei den Dampflokomotiven.

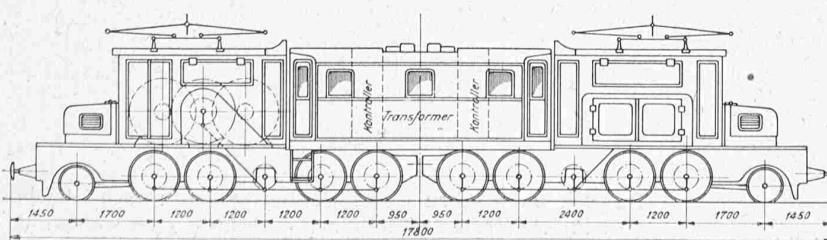


Abb. 8. Projekt einer Schmalspurbahn-Lokomotive (M. F. O.) mit dreiteiligem Kasten. — 1:150.

## Knickung elastisch eingespannter Stäbe.

Von Ing. H. Nater.

Die bekannten Knickformeln von Euler, die unter den bei Knickungsuntersuchungen üblichen Voraussetzungen einer ursprünglichen geraden Axe sowie eines zentrischen Lastangriffes ermittelt wurden, lauten für beiderseits gelenkige Auflagerung, bzw. für beiderseits feste Einspannung:

$$P_{k_\infty} = \frac{\pi^2 E J}{l^2} \quad \text{bzw.} \quad P_{k_0} = \frac{4 \pi^2 E J}{l^2}$$

Diese Grenzwerte kommen praktisch selten in Frage (ausgenommen bei wirklicher Gelenkausbildung), sondern es wird stets eine gewisse Einspannung der Stabenden vorhanden sein, namentlich im Eisenbetonbau durch die Monolithät und bei eisernen Fachwerken durch die Steifigkeit der Knotenpunktausbildungen. Allgemein kann deshalb die Euler'sche Formel wie folgt geschrieben werden:

$$P_k = n \cdot \frac{\pi^2 E J}{l^2} \quad \dots \quad (1)$$

wobei  $n$  den Zahlenfaktor bedeutet, mit dem die Knicklast für Spaltenlagerung multipliziert werden muss, um die Knicklast für elastisch eingespannte Auflagerung zu erhalten.  $n$  kann zwischen 1 und 4 variieren und hängt von den Einspannungsgraden der beiden Stabenden ab.

In nachstehender Untersuchung werden die eingangs erwähnten Annahmen einer ursprünglich geraden Stabaxe und einer zentrisch wirkenden Knickkraft beibehalten.

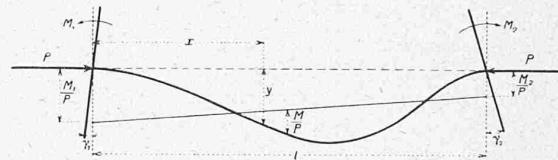


Abbildung 1.

Im Moment des Ausknickens entsteht das in Abb. 1 gegebene Deformationsbild, das allerdings, der grösseren Deutlichkeit wegen, in starker Verzerrung aufgetragen ist. Durch die elastische Einspannung der Stabenden wird deren Verdrehung ein Widerstand entgegengesetzt, der in den Einspannungsmomenten  $M_1$  und  $M_2$  zum Ausdruck kommt.

Die elastische Linie stellt zugleich die mit  $\frac{1}{P}$  multiplizierte Momentenfläche dar, in der die Schlusslinie um  $\frac{M_1}{P}$  bzw.  $\frac{M_2}{P}$  abgesenkt ist. Infolge  $M = 1$  verdrehen sich die Stabwiderlager um  $\tau_1$  bzw.  $\tau_2$ , sodass die Verdrehungen der Stabenden sein werden:

$$\gamma_1 = M_1 \cdot \tau_1 \quad \text{und} \quad \gamma_2 = M_2 \cdot \tau_2.$$

Das Biegemoment  $M_x$  lautet für den Querschnitt in  $x$

$$M_x = P \cdot y + M_1 \cdot \frac{l-x}{l} + M_2 \cdot \frac{x}{l} \quad \dots \quad (2)$$

und die Differentialgleichung der elastischen Linie

$$\frac{d^2y}{dx^2} E J = -M_x = -P \cdot y - M_1 \cdot \frac{l-x}{l} - M_2 \cdot \frac{x}{l} \quad (3)$$

Die allgemeine Lösung dieser Differentialgleichung ist nach Föppl (Bd. III § 64 der 5. Auflage) von der Form:

$$y = C_1 \cdot \sin \alpha x + C_2 \cdot \cos \alpha x - \frac{M_1}{P} \cdot \frac{l-x}{l} - \frac{M_2}{P} \cdot \frac{x}{l} \quad (4)$$

wobei  $\alpha = \sqrt{\frac{P}{EJ}}$  bedeutet. (5)

Zur Bestimmung der Integrationskonstanten  $C_1$  und  $C_2$  bestehen die Bedingungen, dass für  $x = 0$  und  $x = l$  die Ausbiegung  $y$  gleich Null werden muss. Für  $x = 0$  wird

$$0 = C_2 - \frac{M_1}{P}$$

$$\text{somit} \quad C_2 = \frac{M_1}{P} \quad \dots \quad (6)$$