

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 53/54 (1909)
Heft: 21

Artikel: Ueber Speziallokomotiven für elektrisch betriebene Alpenbahn
Autor: Kummer, W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-28243>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 15.03.2025

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

der Länge des Simplontunnels — überall wo keine Druckerscheinungen auftraten 0,35 m, und die Stärke des Widerlagerfusses 0,55 m gemäss den Vertragsbedingungen. Einer soliden guten Ausführung des Mauerwerks wurde die äusserste Sorgfalt zugewendet. Dennoch kann man sich des Eindruckes nicht erwehren, dass die früher bezeichneten Umstände, die mit der Arbeit im Tunnel unvermeidlich verknüpft sind, es rätlich erscheinen lassen, in künftigen Tunnelbauten grössere Mauerstärken anzuwenden. Für ein Normalprofil, wie es von H. Prof. Hennings in Nr. 24 der Schweiz. Bauzeitung Bd. XLVII vorgeschlagen worden ist, sollte aber das Widerlager mit wesentlicher Verstärkung angenommen sein.

Eine gute Mörtelqualität ergibt sich umso mehr als eine Hauptbedingung für eine dauerhafte Gewölbekonstruktion, als im Bruchsteinmauerwerk der Mörtel einen Hauptbestandteil des Mauerwerkes ausmacht. Genau betrachtet ist das Bruchsteinmauerwerk des Tauerntunnels mit seinen starken Mörtellagen ein sogenanntes Konkretmauerwerk. In solchem Mauerwerk gebietet es sich beinahe von selbst Zementmörtel zur Anwendung zu bringen. Wir sehen in einem guten Bruchsteinmauerwerk von 0,50 bzw. 0,60 m Gewölbstärke und 0,80 bis 1,00 m Widerlagerstärke in Zementmörtel einen allen Anforderungen gerechten Mauertyp auf Tunnelstrecken ohne lokale mächtige Druckerscheinungen, auch in den grössten Tiefen um die es sich handeln kann.

Die Konstruktion des Sohlengewölbes als Betonklotz, wie im Simplontunnel, scheint sich durchaus bewährt zu haben. (Schluss folgt.)

Ueber Speziallokomotiven für elektrisch betriebene Alpenbahnen.

Von Dr. W. Kummer, Ingenieur.

Im Anschluss an eine im Jahrgang 1908 der „Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure“ veröffentlichte geschichtliche Studie von Oberingenieur M. Richter, Hannover, über die Lokomotiven der Gotthardbahn¹⁾ hat Direktor K. von Kando, Vado-Ligure, gelegentlich der Beschreibung einer neuen elektrischen Güterzugslokomotive der italienischen Staatsbahnen in derselben Zeitschrift eine Reihe von Betrachtungen²⁾ über Speziallokomotiven für elektrisch betriebene Alpenbahnen, speziell für die Gotthardbahn angestellt, die uns zu einigen, hier nachfolgenden allgemeinen Erörterungen über derartige Lokomotiven veranlassen. Dabei möchten wir aber in die Kontroversen der Systemfrage der elektrischen Traktion, die der unermüdete Vorkämpfer der Drehstromtraktion von neuem, von einem einseitigen, weil rein geschäftlichen Standpunkt aus aufrollt, nicht eintreten, da ja nach der Ansicht wohl aller unbefangener Elektrotechniker die wirklich stichhaltigen Vorzüge, die man gegenüber der Dampftraktion für die Drehstromtraktion beanspruchen kann, nicht bloss Vorzüge dieser einen Stromart, sondern eines zweckmässig entworfenen elektrischen Betriebes überhaupt sind. Aber auch bei der Beschränkung auf die rein maschinentechnischen Fragen können wir uns, wie sich zeigen wird, mit den Betrachtungen Kandos nicht durchwegs einverstanden erklären; dergleichen müssen wir Kandos Ausführungen zur Frage der Stromrückgewinnung beanstanden, obschon wir sie, als nicht zum Thema gehörig, hier nicht weiter behandeln können.

Aus den Fahrdienstvorschriften der Gotthardbahn (Sommerfahrplan 1908) hat Richter in seiner Studie eine Reihe von Daten wiedergegeben, von denen wir hier für unsere Untersuchungen diejenigen betreffend Geschwindigkeiten und Zugbelastungen in die nachstehende Tabelle vereinigen. Dabei kommen die folgenden sechs Zugsgattungen in Betracht:

- I. Expresszüge 103/126, 105/128, 115/118/218, 219/132,
- II. Schnellzüge 104/127, 125, 109/124.
- III. Schnellzüge 102/602,
- IV. Personen- und Lokalzüge,
- V. Personenzüge mit Güterbeförderung,
- VI. Güterzüge mit und ohne Personenbeförderung.

Die angegebenen Achszahlen, die in dringenden Fällen um 20% überschritten werden dürfen, könnte man für Ueberschlagsrechnungen bei einem Ansatz von etwa 8 t für den Achsdruck sofort zur ungefähren Angabe des angehängten mittleren Zugsgewichts in Tonnen benutzen.

Bahnstrecke	Normale Höchstgeschwindigkeiten in km/std.						Normale Achszahlen		
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	I-IV.	V.	VI. ¹⁾
Zug-Goldau-Zug	75	75	75	60	50	40	40	60	100 bezw. 120
Luzern-Goldau-Luzern	75	75	75	60	50	40			
Goldau-Brunnen-Goldau	85	75	75	60	50	40	60	60	100 bezw. 120
Brunnen-Flüelen-Brunnen	75	75	75	60	50	40			
Flüelen-Erstfeld-Flüelen	90	75	75	60	50	50	60	60	100 bezw. 120
Erstfeld-Göschenen	62	55	45	35	35	25			
Göschenen-Erstfeld				45		35			
Göschenen-Airolo-Göschenen	75	75	75	55	50	40	60	60	100 bezw. 120
Airolo-Bodio	62	55	45	45	35	35			
Bodio-Airolo				35		25			
Bodio-Biasca	90	75	70	55	50	40	60	60	100 bezw. 120
Biasca-Bodio	62	60	60	55	50	40			
Biasca-Giubiasco-Biasca	90	75	75	55	50	40	40	60	100 bezw. 120
Giubiasco-Rivera	62	55	45	35	35	25			
Rivera-Giubiasco				45		35			
Rivera-Taverne-Rivera	70	60	60	55	45	40	60	60	100 bezw. 120
Taverne-Chiasso-Taverne	75	75	60	55	50	40			
Bellinzona-Ranzo - Bellinzona	—	—	75	60	50	40	40	60	100 bezw. 120
Ranzo-Luino-Ranzo	—	—	60	60	50	40			
Bellinz. -Cadenazzo-Bellinz.	—	—	75	60	50	40	40	60	100 bezw. 120
Cadenazzo-Locarno-Caden.	—	—	50	50	50	40			

Zu den Doppelangaben der Achszahlen für VI ist zu bemerken, dass die höhere Zahl für reine Güterzüge, die niedrigere für solche mit Personenbeförderung gilt.

Betrachten wir beispielsweise für einen normalen Personenzug mit Güterbeförderung zu 60 Achsen oder rund 450 Tonnen angehängtem mittlerem Zugsgewicht die Geschwindigkeits-, Zugkrafts- und Leistungsverhältnisse, so ergibt die Fahrdienstnorm, dass man mit diesem angehängten Zugsgewicht auf der Horizontalen und den kleinern Steigungen und Gefällen bis 10‰ mit 50 km/std. fahren kann und dabei maximale Zugkräfte und Leistungen von etwa 7600 kg und 1400 PS verwenden wird; auf der Rampe von 21‰ (Taverne-Rivera-Taverne) beträgt seine Geschwindigkeit 45 km/std. und seine maximalen Zugkräfte und Leistungen etwa 12000 kg und 2000 PS; auf den eigentlichen Bergrampen mit 26‰ Steigung reduziert sich die Geschwindigkeit auf 35 km/std. und betragen die Zugkräfte und Leistungen auf 14000 kg bzw. 1800 PS. Dieses Beispiel zeigt somit deutlich, dass die heutige Dampftraktion am Gotthard grössere Zugkräfte in Verbindung mit kleinern Geschwindigkeiten und umgekehrt verwendet. Dieselbe Regel könnte an Hand der Fahrdienstnormen ebenso für alle andern Zugsgattungen nachgewiesen werden. Eine derartige Verbindung von grössern Zugkräften und kleinern Geschwindigkeiten einerseits und kleinern Zugkräften und grössern Geschwindigkeiten andererseits wird von der elektrischen Traktion unter allen Umständen auch übernommen werden müssen, indem ja die Erreichung eines über das ganze Längenprofil möglichst gleichmässigen Kraftbedarfs der Züge für die elektrische Traktion wegen der Rückwirkung auf die Kraftwerke in noch höherem Masse wünschbar ist, als für die Dampftraktion. Dabei ist zudem die

¹⁾ Hier kommt die angeführte Normierung der Achszahlen bei den grössern Neigungen mit Rücksicht auf die durch die Stärke der Zugapparate und durch die Anordnung des Schiebedienstes gegebenen Einschränkungen nicht zur vollen Ausnützung.

¹⁾ Z. d. V. d. J. 1908, S. 1821 ff.
²⁾ Z. d. V. d. J. 1909, S. 1249 ff.

elektrische Lokomotive für die Einhaltung einer solchen Fahrordnung in ganz besonderem Masse geeignet. In dieser Beziehung möchten wir die Leistungsfähigkeit der bei der Gotthardbahn zur Zeit für die vollkommenste Geschwindigkeitsabstufung praktisch benutzten Dampflokomotivtype A^{3/5}¹⁾ vergleichen mit derjenigen der neuen elektrischen Lokomotive F^{4/4} der Simplonbahn. Die Belastungsnormen von A^{3/5} sind für die einzelnen, den wichtigsten Steigungsverhältnissen angepassten Geschwindigkeitsstufen nach Richter:

Steigung	Geschwindigkeit	Zuglast in t	
		ältere A ^{3/5}	neuere A ^{3/5}
0 ‰	90 km/std.	320 t	350 t
10 ‰	60 km/std.	320 t	350 t
26 ‰	40 km/std.	140 t	150 t

Auf Grund der neulich in dieser Zeitschrift veröffentlichten Beschreibung der Lokomotiven F^{4/4} der Simplonbahn²⁾ bildeten wir versuchsweise für deren Verwendung als Speziallokomotive für Alpenbahnen mit grossen Steigungen die folgende Tafel einer analogen Belastungsnorm, wobei wir die Steigungen zu den Geschwindigkeitsstufen, wie sie für die Lokomotive F^{4/4} bestehen, derart kombinierten, dass sich auf Grund der Zugkraftverhältnisse stets dieselbe Zuglast von 335 t ergab, die denn auch für die Horizontale in die Tafel eingesetzt wurde, obschon hier die Motorleistung sowie die Adhäsion die Annahme einer bedeutend höhern Zuglast ermöglicht hätten.

Steigung	Geschwindigkeit	Zuglast
0 ‰	70 km/std.	335 t
12 ‰	53 km/std.	335 t
19 ‰	35 km/std.	335 t
25 ‰	26 km/std.	335 t

Bei Annahme einer Geschwindigkeitsabstufung für ungefähr übereinstimmende Bergstrecken mit extremen Geschwindigkeiten im Verhältnis 1:2,5 zu einander, bietet somit die elektrische Lokomotive F^{4/4} tatsächlich die weitaus grössere Anpassungsfähigkeit an die wünschbare Betriebsnorm einer solchen Bergstrecke, als die Dampflokomotive A^{3/5}. Dieses hohe Anpassungsvermögen, das elektrische Fahrzeuge mit Seriecharakteristik der Triebmotoren nicht nur für einzelne Geschwindigkeitsstufen, sondern stetig durchzuführen gestatten, verdanken wir namentlich dem geringeren Eigengewicht der elektrischen Lokomotiven.

Bei der Feststellung dieser Vorteile des geringen Eigengewichts elektrischer Lokomotiven verfällt Kando anlässlich einer Vergleichung der neulich von ihm gelieferten elektrischen Güterzugslokomotive für die italienischen Staatsbahnen mit der Dampflokomotive C^{4/5}³⁾ die von der Gotthardbahn insbesondere für den Schnellzugs-Bergdienst auf den Strecken der grössten und nahezu konstanten Steigung verwendet wird, wie uns scheint, in eine Ueberschätzung der Vorteile des geringen Eigengewichts elektrischer Lokomotiven. Anlässlich der genannten Vergleichung, für welche die folgende Zusammenstellung

Lokomotivtyp	Grösste Stundenleistung	Lokomotivgewicht		Daten für Bergfahrt Biasca-Airolo			Nutzzlast Gesamtgewicht	Nutzzlast Lokomotivgewicht
		Totalinkl. Tender	Adhäsionsgewicht	Geschwindigkeit	Zugkraft	Nutzzlast		
Gotthard C ^{4/5} Ital. Elektr. Güterzug-Lok.	1700 PS	104 t	62 t	42 km/std.	9150 kg	200 t	0,66	1,9
	2000	60	60	42	11650	328	0,85	5,5

gültig ist, geht nämlich Kando für die Beurteilung der Adhäsionsverhältnisse von den Zugkräften für freie Fahrt,

statt für die Anfahrt aus. Da man jedoch bei der Anfahrt elektrischer Lokomotiven stets mit grössern Beschleunigungen als bei der Anfahrt von Dampflokomotiven zu rechnen haben wird, wodurch gerade bei den starken Steigungen das Bedürfnis nach einem hohen Adhäsionsgewicht sich besonders fühlbar macht, so dürften daher seine auf diesen Punkt bezüglichen Schlussfolgerungen mit etwelcher Vorsicht aufzunehmen sein.

Es wird vielmehr für Alpenbahnen der Vorteil der grossen Leistungsfähigkeit bei geringem Eigengewicht der elektrischen Lokomotiven erst dann in den Vordergrund gestellt werden dürfen, wenn gleichzeitig der Nachweis eines auch für die Anfahrverhältnisse auf der grössten Steigung genügenden Adhäsionsgewichtes beigebracht ist. Weiter muss hier darauf hingewiesen werden, dass die elektrische Güterzugslokomotive der italienischen Staatsbahnen, soweit ihre Geschwindigkeitsregelung in Frage kommt, für den durchgehenden Betrieb einer Alpenbahn überhaupt gar keine besondern Vorzüge besitzt. Nach den Angaben Kandos entspricht die Stundenleistung dieser Lokomotive einer Stromstärke von 320 Amp. total, bzw. 160 Amp. pro Motor; nach dem von ihm mitgeteilten Motordiagramm entspricht dieser Stromstärke bei Kaskadenschaltung 10300 kg Zugkraft bei 22 km/std. Geschwindigkeit und bei Einzelschaltung 6150 kg und 44 km/std. für einen Motor und 12300 kg und 44 km/std. für beide Motoren. Da aber, wie wir gesehen haben, für den normalen Bergdienst die grössere Zugkraft mit der kleinern Geschwindigkeit und die kleinere Zugkraft mit der grössern Geschwindigkeit kombiniert werden müssen, wird die Einzelschaltung beider Motoren überhaupt bedeutungslos und es gilt dann für einen normalen Bergdienst dieser Lokomotiven die Zusammenstellung:

Geschwindigkeitsstufe	Zugkraft am Radumfang	Stundenleistung	Nutzzlast
22 km/std.	10300 kg	840 PS	310 t bei 23 ‰ Steig.
44 km/std.	6150 kg	1000 PS	310 t bei 10 ‰ Steig.

Diese scheinbare Leistungsentwertung der elektrischen Lokomotive bei der höhern Geschwindigkeit ist eine Eigentümlichkeit aller elektrischen Fahrzeuge, die für einen Bergdienst auf Strecken von verschiedener Steigung geeignet sein sollen, denn das Verlangen nach einer höhern Zugkraft bei kleinerer Geschwindigkeit ist gleichbedeutend mit einer Einbusse an magnetischer oder elektrischer Beanspruchung bei der höhern Geschwindigkeit, d. h. mit einer Einbusse an Leistung; vom Standpunkte der besten Leistungsausnutzung der Motoren aus wäre eben eine Geschwindigkeitsregelung bei ungefähr konstantem Drehmoment und nicht bei ungefähr konstanter Leistung, wie sie den Bedürfnissen der Traktion entspricht, weitaus die angemessener.

Aus diesem Grunde halten wir denn auch die vielfach beliebten Vergleichsziffern elektrischer Lokomotiven auf Grund des Verhältnisses: Motorleistung durch Lokomotivgewicht, für wertlos, so lange es sich nicht um Lokomotiven handelt, die alle für genau denselben Fahrdienst bestimmt sind. Allgemein gültig ist dagegen eine Vergleichung auf Grund des Verhältnisses: Grösstes betriebsmässiges Motordrehmoment durch Lokomotivgewicht, indem sowohl die Abmessungen der Motoren, wie auch diejenigen der mechanischen Teile sich in strenger Abhängigkeit vom grössten Motordrehmoment befinden; dass dagegen die Abmessungen von Fahrzeugtransformatoren und anderer Ausrüstungsteile streng genommen durch die Motorleistung und nicht durch das Motordrehmoment bestimmt werden, vermag dabei die allgemeine Gültigkeit einer Vergleichung auf Grund des Verhältnisses: Motordrehmoment durch Lokomotivgewicht, kaum praktisch fühlbar zu beeinflussen.

1) Bd. LIII. S. 227.

2) Bd. LIV. S. 233.

3) Bd. L. S. 235.