

# Die wirtschaftliche Linienführung bei gebirgsbahnen

Autor(en): **Potterat, L.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **53/54 (1909)**

Heft 22

PDF erstellt am: **24.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-28154>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Das Hotel „La Margna“ in St. Moritz.  
 Erbaut von Nicol. Hartmann & Cie., Arch. in St. Moritz.

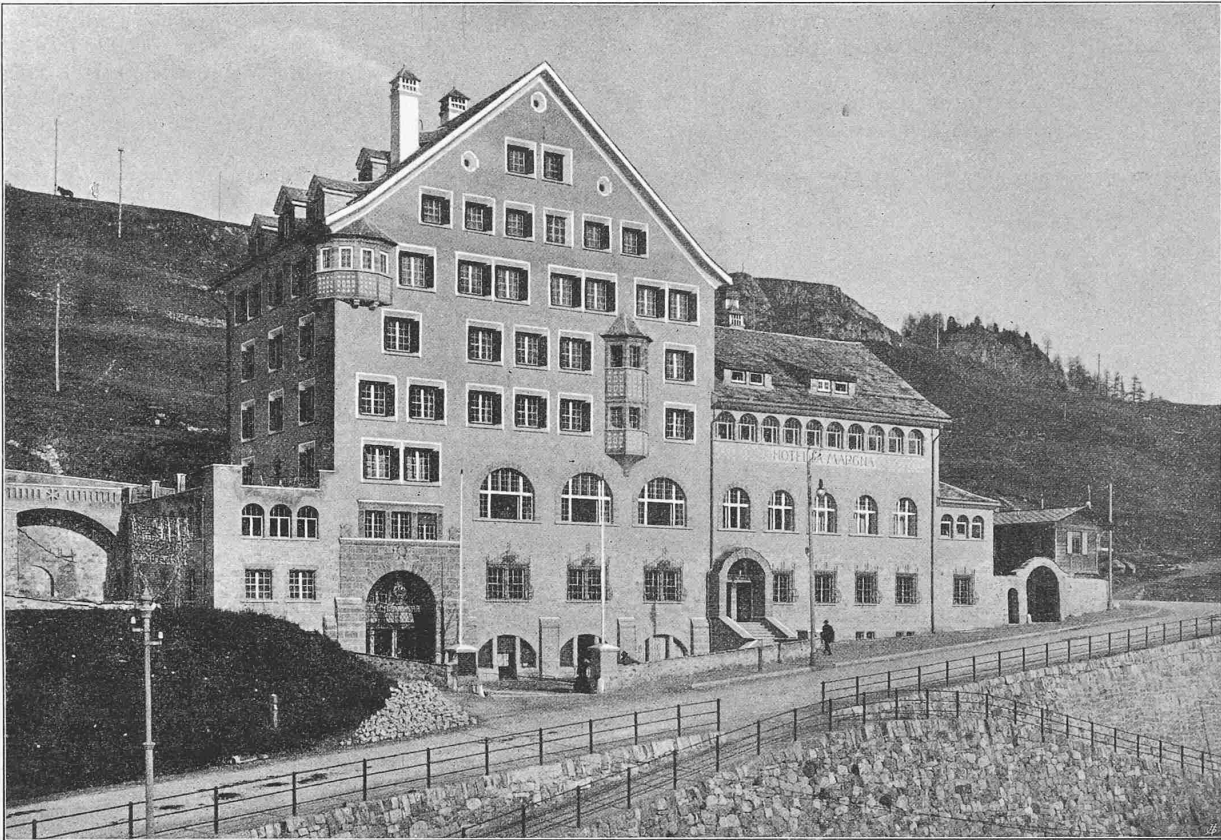


Abb. 1. Ansicht des Hotels vom Bahnhof der Rhätischen Bahn aus.

Nach der andern Seite gelangt man aus der „Halle“ über einige Stufen in das Rauchzimmer, das sich über dem im Zwischengeschosse angeordneten Damensalon befindet. Auch diese Räume sind durchaus ihrer Bestimmung entsprechend ausgestattet.

Die Schlaf- und Wohnzimmer der Gäste in den Obergeschossen (Abb. 5) sind in einfacher, zugleich aber auch geschmackvoller Weise mit durchgehend vom Architekten entworfenem oder ausgesuchtem Mobiliar, Vorhängen, Storen usw., ausgestattet, eine Auswahl, die sich in besonders wohlthuender Weise auch auf den möglichst vereinfachten Bilderschmuck der Zimmer erstreckte. Die günstige Lage des Hauses am östlichen Ende des Ortes lässt die Aussicht aus fast sämtlichen Fremdenzimmern nach allen Richtungen vollständig frei, sodass sich ein wirkungsvoller Kontrast zwischen dem schlicht ausgestatteten, traulichen Wohnraume und der überwältigenden Grossartigkeit des weiten Landschaftsbildes ergibt.

Selbstverständlich ist das Haus mit allen modernen hygieinischen Einrichtungen, hinsichtlich Bädern, Toilettenräumen, Heizung usw. ausgestattet und fehlen auch die Räume zur Versorgung der für den Wintersport erforderlichen Kleidungsstücke, Geräte und Einrichtungen nicht.

Unter den Mitarbeitern, die der Architekt zu dem Werke herangezogen hat, sei vor allem Bildhauer *W. Schwermann* in Zürich genannt, von dem der bildhauerische Schmuck sowohl der Fassaden wie auch der Innenräume stammt; sodann die Verfertiger der Kunstschmiedearbeiten, die die schönen Arbeiten an Beleuchtungskörpern, Kamin, Treppengeländer usw. geliefert haben, nämlich: die Firma *J. Gestle* in Chur für das Kamin in der Halle und die Gitter am obern Eingang, *R. Degiacomi* in St. Moritz für das Hauptportal und die Treppengeländer und *Egloff & Cie.* in Turgi für die Beleuchtungskörper. Das Eichtäfer der

Halle und der Rauchzimmer hat *H. Hartung* in Zürich, das Mobiliar in Halle, Rauchzimmer und Salon *Knuchel & Kahl* in Zürich, jenes des Restaurants *E. Baumann* in Horgen und für die Schlafzimmer *Aeschlimann* in Meilen geliefert, jeweils nach Zeichnung und Angaben des Architekten.

Der im Frühjahr 1906 begonnene Bau konnte bereits im Laufe des Sommers 1907 seiner Bestimmung übergeben werden.

### Die wirtschaftliche Linienführung bei Gebirgsbahnen.

Von *L. Potterat*, Ing.

Eine der interessantesten Aufgaben, die dem Ingenieur bei Tracé-Studien zu einer projektierten Gebirgsbahn gestellt ist, ist die der Bestimmung der wirtschaftlichen Linienführung bei gegebenen Verkehrs- und Terrainverhältnissen. Die maximale Steigung, die Kulminationshöhe, die wirkliche Länge der Bahn sind hier veränderliche Grössen, die zu bestimmen sind. Dass diese Arbeit eine mühevollere ist, möge folgende Untersuchung zeigen.

Bei angenommener Kulminationshöhe hängt die Bahnlänge von der gewählten Maximalsteigung ab. Von der Veränderlichkeit der Bahnlänge aber hängen ab nicht nur die Betriebskosten, sondern auch die Einnahmen der Bahn, und dabei trifft man verschiedene Voraussetzungen, je nachdem es sich um einen Juraübergang oder einen Alpenübergang handelt. Im ersten Falle nimmt man die Tarifdistanz der Bahn gewöhnlich gleich der wirklichen Bahnlänge. Jeder Kilometer Mehrlänge zieht also ebenfalls Betriebs-Einnahmen wie -Ausgaben nach sich. Bei Alpenübergängen ist dies nicht der Fall, denn bei solchen Bahnen entsteht die Tariflänge durch sogenannte Bergzuschläge,

die nicht von der Linienführung der Bahn abhängig sind, sondern vom verkehrstechnischen Standpunkte aus bestimmt werden. Die Löttschbergbahn z. B. wird einen Zuschlag für den Transitverkehr von etwa 10 km erhalten müssen, vorhandener Verkehrsverhältnisse wegen. Eine Mehrbau-länge bei dieser Bahn zieht also keine Aenderung der Ein-

einander vergleichen. Um die gleiche Höhe zu erreichen, braucht eine Linienführung mit 25‰ Steigung nur 60‰ der Länge einer Linie mit 15‰ Steigung zu haben. Wir werden also die virtuelle Länge für 25‰ mit 0,60 multiplizieren und sie dann mit der virtuellen Länge für 15‰ Steigung vergleichen. Man erhält so Tabelle I (S. 281).

#### Das Hotel „La Margna“ in St. Moritz.

Erbaut von Nicol. Hartmann & Cie., Arch. in St. Moritz.

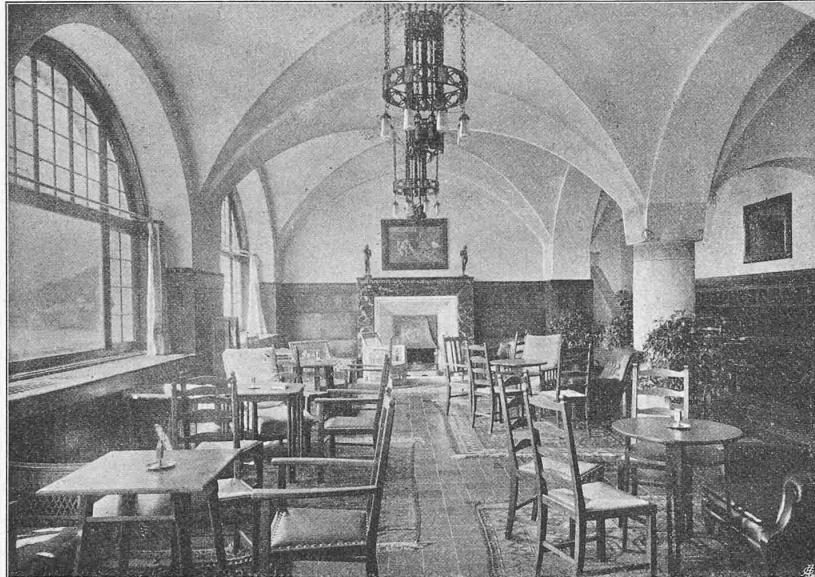


Abb. 8. Die Halle im Hauptgeschoss.

nahmen für den Transitverkehr, sondern nur im Lokalverkehr nach sich. Man wird also hier den Einfluss der Bahnlänge auf die Einnahmen für sich berechnen und ebenfalls getrennt den Einfluss der Steigung, der Kulminationshöhe, der Bahnlänge auf die Betriebsausgaben bestimmen müssen. Die letztere Bestimmung ist eine ziemlich komplizierte, wenn man die Rechnung für die einzelnen, von diesen Einflüssen abhängigen Betriebskosten machen muss. Um sich diese Arbeit zu erleichtern, hat man den Begriff der „virtuellen Länge“ eingeführt.

#### Die virtuelle Länge.

Die virtuelle Länge soll den betriebs-technischen Wert einer Bahnlinie ausdrücken. Man kann z. B. annehmen, dass die Betriebskosten proportional dem Zugwiderstand sind und dann die virtuelle Länge rein theoretisch auf Grund der Zugwiderstände berechnen. Auf solche Art sind die Formeln von Lindner und des schweizerischen Eisenbahndepartements entstanden. Man kann aber auch auf Grund der wirklichen Betriebskosten von Bahnen den Einfluss der Linienführung ableiten und auf diese Art zu einer Formel für die virtuelle Länge kommen. Hierher gehören unter andern die ältere Formel von Amiot und die neuere von Jacquier, beide auf Betriebsergebnissen der P. L. M.-Bahn fussend.

Wir wollen, um die Unzulänglichkeit dieser Formeln zu zeigen, zuerst mit ihrer Hilfe die Hauptfrage der Linienführung im Gebirge zu lösen versuchen, nämlich ob es bei gegebener Kulminationshöhe vorteilhafter ist, diese mit starken oder mit schwachen Steigungen zu erreichen. Wir werden dazu die beiden Steigungen von 15‰ und von 25‰ mit-

Die alte Amiot'sche Formel wollen wir nicht berücksichtigen, da sie im allgemeinen zu geringe Werte für die grossen Steigungen gibt. Vergleicht man aber nur die Formeln von Lindner und Jacquier, so findet man folgendes: Nach Lindner ist es um 3‰ vorteilhafter, die grössere Steigung von 25‰, nach Jacquier ist es umgekehrt um 2‰ vorteilhafter, die kleinere Steigung von 15‰ zu wählen. Man sieht also, dass diese Formeln die Hauptfrage der Linienführung bei Gebirgsbahnen nicht beantworten, denn auf Differenzen von  $\pm 3\%$  darf man allgemein gültige Gesetze nicht aufbauen.

Nun ist aber vor wenig Jahren, gestützt auf die Formel von Jacquier und auf zwei andere, ihr nahe verwandte, der allgemeine Grundsatz aufgestellt worden, dass die Hebung eines bestimmten Zugstotalgewichtes auf bestimmte Höhe billiger sei bei Anwendung schwacher Steigung (15‰), als bei solcher stärkerer Steigungen (25‰). Eine solche Folgerung war bei den Differenzen von 2 bis 7‰, die nach den angewandten drei Formeln auftraten, einfach unverantwortlich. Es ist denn auch nicht zu verwundern, wenn bei genauerem Studium dieser Grundsatz sich als unrichtig erweist.

#### Bestimmung des Einflusses der Bahnsteigung auf die Hebungskosten.

Die Verwaltung, der Unterhalt der Bahn, der Expeditionsdienst sind im allgemeinen unabhängig von der Steigung und werden für eine neu zu erstellende Linie auf Grund der Eisenbahnstatistik pro Kilometer Bahn oder pro



Abb. 7. Das Restaurant im Erdgeschoss.

Zugkilometer bestimmt. Die Fahrdienstkosten hingegen sind vom Zugwiderstand, somit also auch von der Steigung abhängig. Wir wollen diese Abhängigkeit zu bestimmen versuchen.

Die Fahrdienstkosten  $K$  können wir zerlegen in:



- a) diejenigen Kosten, die vom Zugswiderstande und von der Steigung unabhängig sind, die wir  $K_0$  nennen,
- b) diejenigen, die nur vom Zugswiderstande  $w$  abhängig sind, welche wir  $K_w$  nennen,
- c) diejenigen Kosten, die nur von der Steigung  $s$  abhängig sind und die  $K_s$  genannt werden mögen.

Wir haben dann:

$$K = K_0 + K_w + K_s.$$

Wenn die Steigung in Promille ausgedrückt wird und der Widerstand in Kilogramm pro Tonne, so ist der Einfluss der Steigung auf den Wert  $K_s$  gleich dem Einfluss des Widerstandes auf den Wert  $K_w$ . Wir können also

$$\text{schreiben } \frac{K_s}{K_w} = \frac{s}{w}.$$

Die Kosten  $K'$  des Materialverbrauches der Lokomotiven und Wagen können ziemlich genau als nur von der Steigung und dem Zugswiderstand abhängig betrachtet werden, d. h. man kann schreiben:  $K' = K_s' + K_w'$ ,

$$\text{und da } \frac{K_s'}{K_w'} = \frac{s}{w} \text{ folgt die}$$

$$\text{Gleichung: } K_s' = \frac{s}{s+w} K'.$$

Diese Kosten  $K_s'$  wollen wir für die Hebung von 1000 Tonnen Gesamtzugsgewicht auf 1 m Höhe, als Einheit genommen, berechnen. Auf Grund der schweizerischen Eisenbahnstatistik haben wir nun für eine Reihe von Normalbahnen die Kurve  $K_s'$  in ihrer Abhängigkeit von der mittleren Steigung  $s$  bestimmt und zwar auf Grund der Statistik von 1900, 1904 und 1906 mit der Annahme einer konstanten Widerstandsziffer von 4,5 kg/t (Tab. II, S. 284).

Die  $K_s'$ -Kurve (vergl. die Diagramme) zeigt einen ganz bestimmten Abfall von der Steigung 5 ‰ bis 15 ‰; dieser Abfall kommt auch sehr deutlich zum Vorschein bei der Betriebsgruppe der Thunerseebahn (Diagr. 2, S. 282). Sie zeigt bei etwa 20 ‰ Steigung ein Minimum, dann steigt sie

wieder nach rechts, was selbstverständlich ist, da sie eine hyperbolische Kurve sein muss, mit der Senkrechten etwa durch den Punkt 140 ‰ als Asymptote, denn bei rund 140 ‰, d. h. bei 1/7 Neigung, kann eine Lokomotive überhaupt nicht mehr vorwärts fahren, sie schleudert nur und die Hebungskosten werden unendlich gross.

Diese  $K_s'$ -Kurve, der Kosten des Materialverbrauches allein, zeigt wohl das allgemeine Gesetz der Abhängigkeit der Zugförderungskosten von der Steigung der Bahn, sie nützt aber wenig bei der Berechnung der Wirtschaftlichkeit neuerer Bahnen, denn hier haben wir es mit den Gesamt-Fahrdienstkosten, und nicht nur mit einem Teil derselben zu tun. Da aber die Bestimmung von  $K_0$ , d. h. der von der Steigung und dem Widerstande unabhängigen Fahrdienstkosten, kompliziert ist und zu keinem allgemein gültigen Resultate führt, wollen wir uns eine Annäherung erlauben und setzen  $K_0 = 0$ : Dass dies von der Wirklichkeit wenig entfernt ist, zeigen z. B. die Versuche, die 1907 auf Hauptbahnen in Nordamerika gemacht wurden, wonach die Bedienungskosten proportional dem Kohlenverbrauch bleiben, während die Unterhaltungskosten um 22 ‰ kleiner werden (den Kohlenverbrauch als Einheit betrachtet), wenn die Bahnsteigung ungefähr verdoppelt wird. Nimmt man also  $K_0 = 0$  an, so ist der Fehler nicht gross, denn da bei Gebirgsbahnen der Unterhalt etwa 25 ‰ der gesamten Fahrdienst-Kosten aus-



Abb. 12. Das Kamin der «Halle».

macht, so beträgt der Fehler nach obigen Versuchen etwa  $0,22 \times 0,25 = 5,5 \%$ , was zulässig erscheint.

*Die Kurven der Hebungskosten.*

Wenn  $K_0 = 0$  gesetzt wird, so haben wir  $K = K_s + K_w$

$$\text{und da } \frac{K_s}{K_w} = \frac{s}{w}, \text{ so ist } K_s = \frac{s}{s+w} K.$$

Nehmen wir (aus der Eisenbahnstatistik) die Fahrdienstkosten  $K$  pro Nutzkilometer und sei  $G$  das Gesamtzugsgewicht, so erhalten wir die Kosten der Hebung von 1000 t auf 1 m zu

$$K_s = \frac{K}{(s+w)G} \cdot 1000.$$

Tabelle I.

**Vergleichung verschiedener Berechnungsweisen der „Virtuellen Länge“.**

Nach Formel von	Virtuelle Länge für			Verhältnis	
	15 ‰	25 ‰	0,6 × 25 ‰	15 ‰	25 ‰
Lindner (totale Betriebskosten)	5,9944	9,6832	5,8099	1	0,97
Eisenbahndepartement a) Fahrdienstkosten	1,38	2,24	1,344	1	0,96
b) tot. Betriebskosten	1,19	1,62	0,972	1	0,82
Amiot (totale Betriebskosten)	1,50	1,90	1,14	1	0,76
Jacquier (totale Betriebskosten)	1,63	2,775	1,665	1	1,02

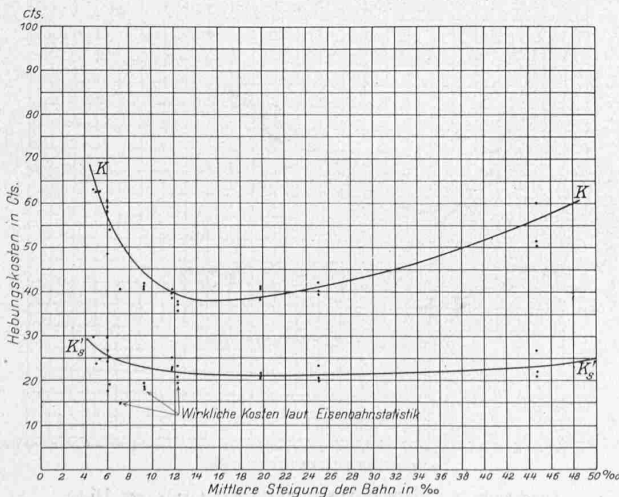


Diagramm I. Hebungskosten für 1000 t auf 1 m Höhe.

Man sieht, dass die  $K_s$ -Kurve der Gesamt-Fahrdienstkosten denselben Verlauf hat wie die  $K_s'$ -Kurve, nur in ausgeprägterer Art.

Interessant ist die Erscheinung, dass die Hebungskosten von Bahnen mit grosser Maximalsteigung im Verhältnis zu ihrer mittleren Neigung ziemlich geringer ausfallen als die Mittelwerte der Kurve. Hierher sind z. B. zu rechnen die Gotthardbahn mit 25 und 27 ‰ Maximalsteigung bei 9,3 ‰ mittlerer Neigung, die Jura-Simplonbahn mit 20 und 25 ‰ Maximalsteigung ihrer Juralinien, bei 7,1 ‰ mittlerer Neigung, welche Bahnen für die Hebungskosten folgende Werte geben:

Gotthardbahn 0,41 Fr. statt 0,44 Fr. Mittelwert  
 Jura-Simplonbahn 0,41 " " 0,51 " "

Die Kurve der Betriebsgruppe der Thunerseebahn zeigt den Einfluss der Maximalsteigung auch ganz deutlich. Bei der Bern-Neuenburgbahn, wo die Maximalsteigung (18 ‰) gross ist im Verhältnis zur mittleren Neigung (6,95 ‰), sind die Hebungskosten kleiner als der Mittelwert, nämlich 0,635 Fr. statt 0,66 Fr. Umgekehrt bei der Spiez-Frutigenbahn, wo die Maximalsteigung (15,5 ‰) klein ist im Verhältnis zu der mittleren Steigung (11,17 ‰), sind auch die Hebungskosten grösser als der Mittelwert, nämlich 0,57 Fr. statt 0,535 Fr.

Man sieht also, dass die Hebungskosten am geringsten werden für mittlere Neigungen von 12 bis 22 ‰, wo sie rund 0,40 Fr. pro 1000 mt betragen.

Diese mittleren Neigungen repräsentieren etwa 0,65 der Maximalsteigung, es entsprechen also obige Zahlen einer Maximalsteigung von 18 bis 35 ‰.

Die Fahrdienstkosten  $K_w$ , die durch den Zugwiderstand hervorgerufen sind, werden ebenfalls mit Hilfe der Hebungskosten-Kurve berechnet, da man den Widerstand multipliziert mit der Bahnlänge als verlorene Widerstandshöhe betrachten kann und als solche in die Rechnung einführen wird.

Das Hotel „La Margna“ in St. Moritz.

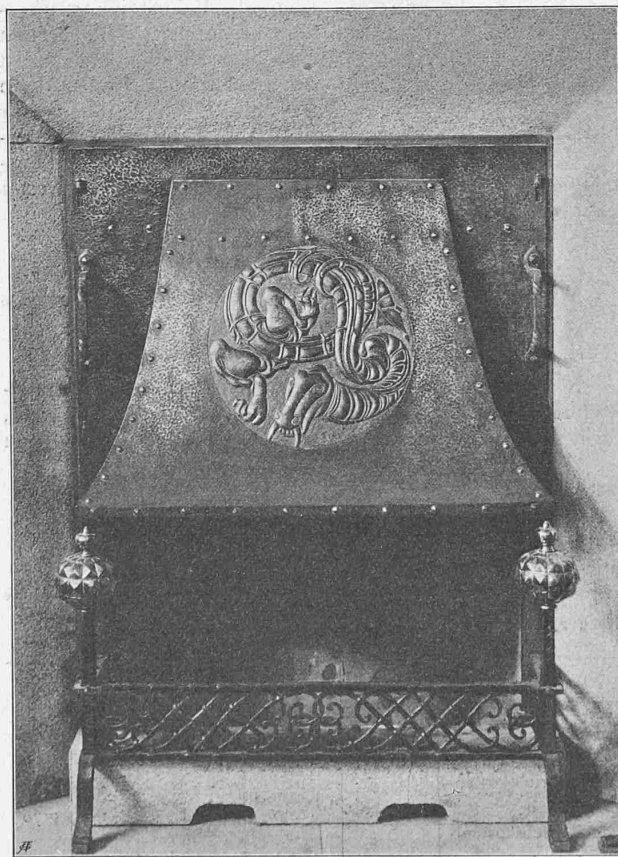


Abb. 13. Kaminhut in der «Halle».

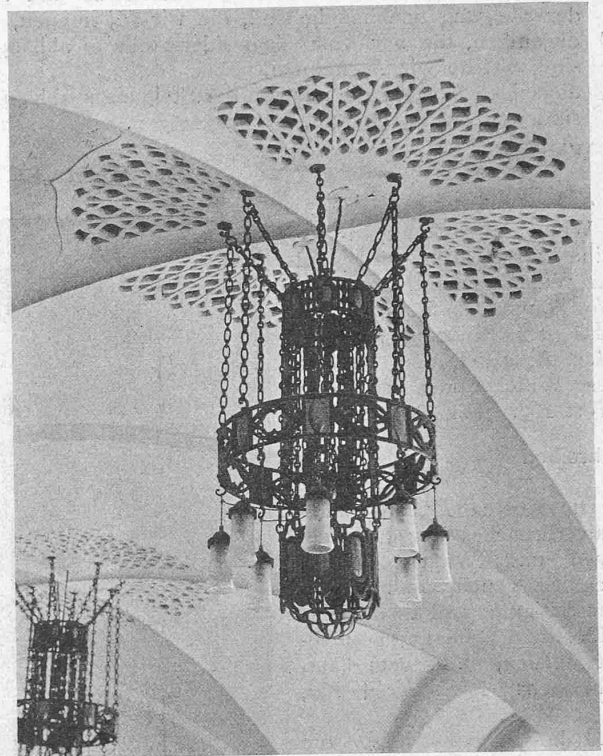


Abb. 9. Beleuchtungskörper und Ventilationsöffnungen in der «Halle».

Verhältnis des Lokomotivgewichtes zum Zuggewicht.

Das Verhältnis des Lokomotivgewichtes zu den beförderten Brutto-Lasten ist von der Steigung der Bahn abhängig und wächst mit derselben. Die Kurve dieses Verhältnisses wächst hyperbolisch und hat die Senkrechte etwa bei 110 ‰ als Asymptote, da bei rd. 110 ‰ eine Lokomotive nur mehr ihr eigenes Gewicht befördern kann. Zwischen 0 und 40 ‰ kann dieser Teil der Kurve durch eine Gerade ersetzt und das Lokomotivgewicht durch den Ausdruck  $30 + 1,1s$  in Prozenten der Bruttolast bestimmt werden, wo  $s$  die Steigung bedeutet und in ‰ einzusetzen ist. Mit Hilfe dieses Ausdruckes für das Lokomotivgewicht kann man die Kurve der Hebungskosten für die beförderten Bruttolasten (Anhängegewicht) bestimmen. Diese Kurve (strichpunktiert in Diagramm 2) hat einen tiefsten Punkt bei 15 ‰ mittlerer Neigung, sie steigt dann ziemlich rasch sowohl nach links als nach rechts. Sie ist aber mit Vorsicht anzuwenden, da das Verhältnis des Loko-

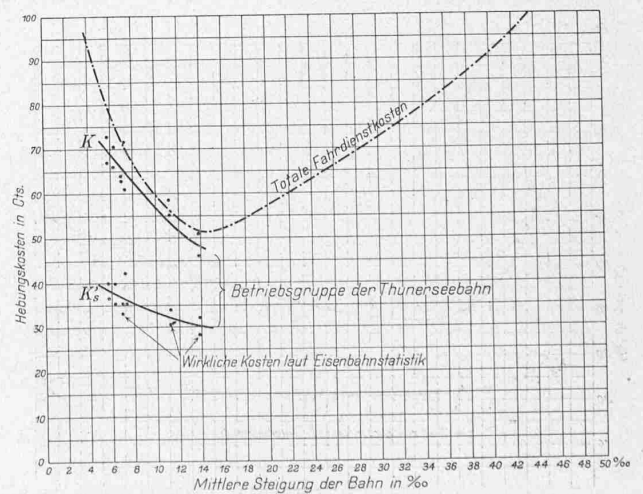


Diagramm 2. Hebungskosten für 1000 t auf 1 m Höhe. (Strichpunktierte Kurve für 1000 mt Bruttolasten.)



motivgewichtes zu den beförderten Bruttolasten je nach den Tracéverhältnissen sich ändern kann.

Wir kommen also zu dem Schluss, dass Gebirgsbahnen nicht, wie jetzt oft behauptet wird, mit höchstens 15‰ Maximalsteigung angelegt werden müssen, sondern im Gegenteil mit 20 bis 30‰. Die Hebungskosten der beförderten Bruttolasten werden bei 15‰ mittlerer Neigung, d. i. etwa 25‰ Maximalsteigung, am geringsten.

Man sieht also, dass eine Linienführung mit nur 15‰ Maximalsteigung bei gleichbleibender Kulminationshöhe gar keinen Vorteil hervorzubringen im Stande wäre gegenüber einer Bahn mit 25 bis 30‰ Steigung. Etwas anderes ist es natürlich, wenn man die zu ersteigende Höhe vermindern kann.

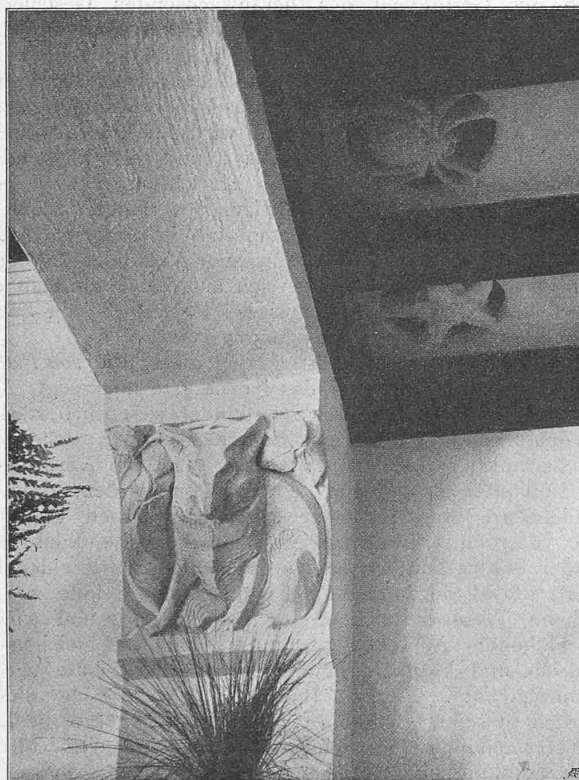


Abb. 10. Pfeilerkapital in der «Schwemme» und Ventilationsöffnungen in der Decke.

**Anwendung der Hebungskostenkurve.**

Die Bestimmung der Hebungskosten erlaubt die meisten Aufgaben, die bei der Linienführung von Gebirgsbahnen vorkommen, sehr leicht und genau zu lösen. Ein Beispiel möge dies zeigen:

Es sei der wirtschaftliche Wert des Basistunnel der Lötschbergbahn (Projekt Emch) gegenüber der Linienführung über Kandersteg zu bestimmen. Als Verkehr sind 300 000 Reisende und 500 000 t Güter anzunehmen. Maximalsteigung 15‰. Der Basistunnel hat das Nordportal auf Kote 972, den Kulminationspunkt auf 1004 und das Südportal auf 976. Länge des Tunnels 21040 m, Länge der ganzen Strecke 21300 m.

Die Linienführung mit Scheiteltunnel bei Kandersteg verlangt wegen der nötigen künstlichen Entwicklung auf der Nordseite eine Total-Länge, zwischen den beiden oben bestimmten Portalen des Basistunnel gemessen, von 28300 m, davon 13750 m für den Scheiteltunnel. Kulminationshöhe 1250 m ü. M., Maximalsteigung 27‰.

Ein Verkehr von 300 000 Reisenden zu 75 kg gibt 22 500 t Nutzlast  $= \frac{22\,500}{0,06} = 375\,000$  t totes Gewicht  
 500 000 t Güter geben  $\frac{500\,000}{0,5} = 1\,000\,000$  t id.

zusammen gleich total totes Gewicht 1 375 000 t  
 dazu total Nutzlast 522 500 t  
 ergibt total Bruttolast 1 897 500 t

also rund 1 900 000 t ohne die Lokomotiven.  
 Das Gewicht der Lokomotiven kann wie folgt angenommen werden: Für das Basistunnelprojekt 45‰ und für das Scheiteltunnelprojekt 53‰ der Bruttolast. Wir haben dann:

	Basistunnel	Scheiteltunnel
Ganze Bahnlänge km	21,3	28,3
Summe aller Höhenunterschiede	60 m	552 m
Mittlere Steigung	2,8‰	19,6‰
Kosten von 1000 mt	0,70 Fr.	0,39 Fr.
Bruttolasten	1 900 000 t	1 900 000 t
Lokomotivgewicht	850 000 t	1 000 000 t
Totales Zugsgewicht	2 750 000 t	2 900 000 t
Fahrdienst- kosten	116 000 Fr.	625 000 Fr.
Widerstandskosten	185 000 "	144 000 "
Total Fahrdienstkosten pro km	14200 "	27200 "
Fahrdienst-Mehrkosten Scheiteltunnel		468 000 "



Abb. 11. Pfeilerkapital in der «Schwemme» und Ventilationsöffnungen in der Decke.

Die Linienführung mit Scheiteltunnel in Kandersteg und Kulminationshöhe 1250 gibt also bei dem angenommenen Verkehr eine jährliche Mehrausgabe an Fahrdienstkosten von 468 000 Fr., was, zu 4‰ kapitalisiert, einem Betrag von 11 700 000 Fr. entspricht. Man kann dann im Vergleich zu den Baukosten und eventuellen Einnahmen aus der Mehrlänge der Bahn, deren Bestimmung nicht hierher gehört, sich ein genaues Bild von der Wirtschaftlichkeit der beiden Projekte machen.

Man wird nun wahrscheinlich sagen, dass diese Aufgabe mittelst der virtuellen Länge ebenso gut gelöst werden kann. Sie ist auch gelöst worden in offiziellen Gutachten und zwar folgendermassen. Die Berechnung der virtuellen Längen für jedes Projekt ergab eine Mehrlänge von 54 km (virtuell) für das Scheiteltunneltracé. Man berechnete die Fahrdienstkosten zu 0,01 Fr. pro Brutto Tonne und virtuellen Kilometer, was der Wirklichkeit entsprechen sollte. Wenn man die Berechnung auf Grund des hier angenommenen Verkehrs macht, so gibt diese Art der Berechnung

für das Scheitelprojekt eine Mehrausgabe für den Fahrdienst von  $1900000 \times 54 \times 0,01 = 1025000$  Fr. statt 468000 Fr. nach unserer Rechnung, wonach eine grössere Wirtschaftlichkeit für das Basisprojekt herauskommen müsste.

Die Fahrdienstkosten pro Bruttotonne und virtuellen Kilometer sind aber mit 0,01 Fr. zu hoch angenommen, sie sind zudem in Wirklichkeit gar keine unveränderliche Grösse und können somit nicht als Masstab benutzt werden. Bei den Bundesbahnen (Statistik 1904) z. B. kommen die Fahrdienstkosten pro Bruttotonne und Nutzkilometer auf 0,0082 Fr., während sie bei der Gotthardbahn mit einem virtuell viel ungünstigeren Längenprofil auf 0,0080 Fr. zu stehen kommen. Also gerade das Gegenteil dessen, was die Formeln der virtuellen Längen voraussetzen! Da diese Formeln aber mancherorts als unbeschränkte Wahrheit betrachtet und darauf folgenschwere Grundsätze und Entschlüsse aufgebaut werden, so schien uns obige Untersuchung, die nur den Anstoss zu weiterer Vertiefung in dieses Gebiet geben soll, angezeigt.

Tabelle II. Zusammenstellung der Fahrdienstkosten schweiz. Normalbahnen.  
(Konstante Widerstandsziffer 4,5 kg/t.)

Bahn	Fahrdienstkosten pro Nutzkilometer		Gesamt-Zugsgewicht pro Nutzkilom.	Mittlere Steigung	Hebungskosten	
	total	Material-Verbrauch			Material-Verbrauch allein	Totale Fahrdienstkosten
<b>1900</b>	Fr.	Fr.	£	‰	Fr.	Fr.
S. C. B.	1,32	0,523	215	5,3	0,248	0,625
G. B.	1,22	0,538	216	9,3	0,181	0,410
J. S.	0,93	0,335	198,5	7,1	0,145	0,405
N. O. B.	1,00	0,468	171	4,8	0,295	0,630
V. S. B.	1,02	0,380	169,5	5,1	0,233	0,625
E. B.	0,64	0,322	105	6,0	0,293	0,580
J. N.	1,02	0,580	110	19,8	0,216	0,380
L. H. B.	0,60	0,387	95	11,8	0,250	0,386
H. W. B.	0,58	0,363	94	12,3	0,230	0,370
S. O. B.	0,90	0,504	72	25,1	0,236	0,420
Uetliberg	1,06	0,488	37	44,7	0,268	0,600
<b>1904</b>	Fr.	Fr.	£	‰	Fr.	Fr.
S. B. B.	1,15	0,390	192,6	6,2	0,189	0,540
E. B.	0,58	0,237	93,4	6,0	0,243	0,590
G. B.	1,29	0,558	225,2	9,3	0,179	0,415
J. N.	1,18	0,610	120,8	19,8	0,208	0,405
L. H. B.	0,64	0,365	100,1	11,8	0,224	0,393
H. W. B.	0,56	0,301	94,0	12,3	0,190	0,355
S. O. B.	0,88	0,452	75,7	25,1	0,203	0,392
Uetliberg	0,95	0,386	37,5	44,7	0,210	0,515
Betriebsgruppe der Thunerseebahn:						
T. S. B.	1,08	0,610	143,1	6,2	0,400	0,705
B. N.	0,98	0,515	135,2	6,9	0,333	0,630
E. Z. B.	0,88	0,550	94,2	13,8	0,320	0,510
G. T. B.	0,82	0,445	110,1	5,7	0,397	0,730
S. E. B.	0,85	0,502	101,1	7,2	0,427	0,718
S. F. B.	0,85	0,494	92,6	11,2	0,341	0,585
<b>1906</b>	Fr.	Fr.	£	‰	Fr.	Fr.
S. B. B.	1,13	0,410	224,8	5,9	0,176	0,485
E. B.	0,61	0,270	96,0	6,0	0,267	0,605
G. B.	1,29	0,580	229,8	9,3	0,183	0,408
J. N.	1,21	0,600	120,8	19,8	0,205	0,410
L. H. B.	0,68	0,380	104,1	11,8	0,224	0,402
H. W. B.	0,59	0,330	94,6	12,3	0,208	0,372
S. O. B.	0,90	0,450	76,3	25,1	0,198	0,400
Uetliberg	0,89	0,380	35,8	44,7	0,216	0,505
Betriebsgruppe der Thunerseebahn:						
T. S. B.	1,12	0,600	159,0	6,2	0,352	0,660
B. N.	1,02	0,560	138,1	6,9	0,352	0,640
E. Z. B.	0,92	0,570	110,1	13,8	0,282	0,457
G. T. B.	0,87	0,470	126,9	5,7	0,364	0,670
S. E. B.	0,85	0,490	118,9	7,2	0,352	0,610
S. F. B.	0,80	0,440	92,7	11,2	0,303	0,550

## Lüftungseinrichtungen in schweizerischen Schulhäusern.

Von Max Hottinger, Ingenieur bei Gebrüder Sulzer, Winterthur.

### Notwendigkeit des Luftwechsels.

Die Schulfreundlichkeit des Schweizervolkes ist weit über die Grenzen seines kleinen Landes hinaus bekannt und wenn man die Prachtbauten von städtischen Schulhäusern wie auch die einfachen Schulhäuser auf dem Lande, oft bis hinauf in kleine Alpdörfer, betrachtet, so wird man erkennen, dass der Schule in der Schweiz grosse Opfer gebracht werden<sup>1)</sup>. Ein grosses Kapital ist in den öffentlichen Schulen angelegt, das seine Verzinsung finden soll in der Volksbildung. Aber nicht nur der Bildung, auch der Gesundheit des heranwachsenden Geschlechts muss Rechnung getragen werden. Daher sind in allen neueren Schulen die Räume hoch und luftig gebaut und grosse Fenster gestatten reichliche Lichteinströmung. Vielerorts ist den Kindern durch Brausebäder Reinigungsmöglichkeit geboten, in Milchküchen wird für kräftigende Erfrischung in den Pausen gesorgt und als notwendige Ergänzung dieser hygienischen Einrichtungen wird jetzt allgemein eine gute Zentralheizung verlangt. Langsam bricht sich aber auch die Erkenntnis in weiten Kreisen Bahn, dass die mehr im Verborgenen wirkenden Lüftungsanlagen nicht minder segensreich auf die Gesundheit der Schulkinder wirken und daher bei Neuanlage von Schulhäusern erhöhte Berücksichtigung verdienen.

Einer der massgebendsten Hygieniker, Max von Pettenkofer, sagt: „Ich bin auf das lebendigste überzeugt, dass wir die Gesundheit unserer Schulkinder wesentlich stärken würden, wenn wir in den Schulhäusern, in denen sie durchschnittlich fast den fünften Teil des Tages verbringen, die Luft stets so gut und rein erhalten würden, dass ihr Kohlensäuregehalt nie über 1 ‰ anwachsen könnte<sup>2)</sup>. Alle Väter und Mütter wissen, dass die Gesundheit ihrer Kinder durchschnittlich häufige Störungen zu erleiden beginnt, sobald sie anfangen, die öffentliche Schule zu besuchen. Wenn sie sich in den Ferien erholt und wieder ein blühendes Aussehen gewonnen haben, so bleichen sie bald ab und kränkeln häufiger, wenn die Schule wieder begonnen hat“. Reg.- u. Baurat Th. Oehmcke fügt diesen Worten in seiner Broschüre: „Mitteilungen über die Luft in Versammlungssälen, Schulen und in Räumen für öffentliche Erholung und Belehrung“ bei: „Für diese Tatsachen sind auch noch andere Ursachen verantwortlich zu machen, der Einfluss der verschlechterten Schulluft ist aber ein vorwiegendes und macht sich bei einem in der lebhaftesten Entwicklung begriffenen Organismus in viel schädlicherer Weise geltend, als bei einem ausgebildeten“. In ähnlicher Weise äussern sich eine Reihe der einsichtsvollsten Männer zu dem Thema.

Auf Grund wissenschaftlicher Erkenntnis müssen an die Luftbeschaffenheit eines Schulraumes folgende Anforderungen gestellt werden:

1. Die Temperatur soll im Winter in Kopfhöhe gemessen 15 bis 18 °C betragen, im Sommer 23 °C nicht übersteigen.
2. Der Kohlensäuregehalt der Luft darf 1,5 ‰ nicht überschreiten.
3. Der relative Feuchtigkeitsgehalt hat in den Grenzen zwischen 40 und 75 ‰ zu bleiben.
4. Die Luft muss rein, also staubfrei und geruchlos sein.
5. Zugserscheinungen dürfen im Raum nicht auftreten.

Diese Bestimmungen sind nur erfüllbar durch eine zweckentsprechend angelegte und sachgemäss betriebene Lüftungsanlage. In richtiger Erkenntnis der Wichtigkeit dieser Umstände sind z. B. im Staate New-York Gesetze erlassen worden, in denen es beispielsweise heisst: „Es

<sup>1)</sup> Vergl. die Arbeit «Volksschulhäuser in der Schweiz» von Prof. Karl Hintrager. (Unter Literatur S. 94 dieses Bandes.)

<sup>2)</sup> Neuere Hygieniker wie Rietschel u. a. geben für Schulen 1,5 ‰ als obere zulässige Grenze an.