

# Zur Frage der "günstigen Neigung" der Eisenbahnen

Autor(en): **Findeis, Robert**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **83/84 (1924)**

Heft 19

PDF erstellt am: **20.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-82788>

## **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.

INHALT: Zur Frage der „günstigsten Neigung“ der Eisenbahnen. — Das Bürgerhaus in der Schweiz. — Bahnhofvorplatz und Bahnhof Enge der S. B. B. — Neuere Wasserturbinenanlagen in Japan. — Miscellanea: Internationaler Städtebau-Kongress in Amsterdam. Halle für Schiff-Schleppversuche in Hamburg. Ueber die Lebensdauer der Lokomotiven. Normalien des Vereins Schweizerischer Maschinen-Industrieller.

Schweizerischer Techniker-Verband. Brücke über die Hafeneinfahrt von Sydney, Neu-Süd-Wales. Zum hundertsten Geburtstag Lord Kelvins. — Nekrologie: Charles Brown. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Sektion Waldstätte der S. I. A. S. T. S.

Band 83.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur auf Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 19.

## Zur Frage der „günstigsten Neigung“ der Eisenbahnen.

Von Prof. Ing. Robert Findeis, Wien.

Die Frage der „zweckmässigsten (günstigsten) Neigung“ einer Eisenbahnlinie hat von jeher das Interesse der forschenden Bauingenieure erweckt, und zahlreiche Abhandlungen über den Vergleich von Transporten auf Steigungen mit solchen auf gerader, wagrechter Strecke — selbst aus den Zeiten des Anfanges des Baues von Gebirgsbahnen (Semmering 1848—1854) stammend — suchen hierfür eine Lösung. Dies ist ohne weiteres begreiflich, da ja die richtige Tracéwahl von grösster Bedeutung für die Betriebswirtschaft einer Linie ist und nachträgliche Aenderungen hinsichtlich der zugrunde gelegten Höchstneigung in der Regel ausgeschlossen sind.

Man wollte zunächst dem Einfluss der Steigung auf die Wirtschaftlichkeit des Betriebes durch Ableitung der bekannten „virtuellen Längen“ beikommen. Ueber die verschiedenen Versuche in dieser Richtung gibt die ausführliche Arbeit von Dr. C. Mutzner<sup>1)</sup> erschöpfenden Aufschluss, und seine Studie stellt einen Fortschritt in der Klärung des bezüglichen Stoffes dar. Insbesondere ist seine Kritik jener virtuellen Längen, die blos auf die *Widerstandsarbeit* der Zugsbewegung gegründet sind, zutreffend, indem er sagt<sup>2)</sup>, dass ihnen „ein praktisch verwertbares Ziel fehlt“. Er führt weiter aus, dass Verfahren vorgeschlagen wurden, die die Steigerung der Betriebskosten auf Steigungen ganz oder teilweise berücksichtigen — darunter auch das der virtuellen Länge nach der Verordnung des Schweizerischen Bundesrates vom Jahre 1873 —, doch die dabei verwendeten Vergleichsziffern (virtuelle Koeffizienten) beruhen mehr oder weniger auf statistischen Daten, die den besonderen Verhältnissen einzelner Gebirgsbahnen entnommen sind, sodass ihre Uebertragung auf andere Linien mit grosser Vorsicht aufzunehmen sein wird. Vor allem aber kann der Einfluss *verschieden grosser Verkehrsmengen* und der allgemeine Nutzen, den eine Bahnlinie für die *Einnahmen des Gesamtnetzes* bringt, nicht durch irgendwelche Vergleichsziffern zur Darstellung gebracht werden.

In neuester Zeit sind die Studien über den Gegenstand durch die bemerkenswerten Arbeiten von Prof. R. Petersen<sup>3)</sup> in Danzig und Prof. Dr. L. Oerley<sup>4)</sup> in Wien erweitert worden. Diese haben den gemeinsamen Grundgedanken, statt virtueller Längen, Vergleichs-Höhen einzuführen, die zwar von der leicht zu ermittelnden Widerstandshöhe abgeleitet sind, jedoch durch Beziehung auf das *mit der Steigung abnehmende Wagenzugsgewicht* einen recht guten *Vergleichsmaßstab* für die wesentliche Steigerung der Betriebskosten, gemessen an der *Zugförderungsarbeit zur Hebung einer Tonne Wagenlast*, bei wachsenden Bahnneigungen bieten. Derartige rasch zu ermittelnde Vergleichs-Höhen zeigen sofort unrichtige Tracé-Entwicklungen an und sind deshalb für *allgemeine* Linienstudien recht wertvoll.

Vom Standpunkte des Eisenbahn-Betriebsingenieurs muss jedoch, um der Einbürgerung irrthümlicher oder ungenauer Begriffe von vornherein zu begegnen, festgestellt werden, dass nur ein Teil der Gesamtbetriebskosten im

gleichen Masse wie die Zugförderungsarbeit für die gehobene Wagentonne zunimmt, während ein weiterer Teil nicht verhältnismässig, sondern wesentlich stärker, mit wachsender Steigung zunimmt. Ausserdem sind aber auch noch die *ändern* anlässlich der Güterbeförderung auflaufenden Ausgaben, die mit den Bau- und Erhaltungskosten der Bahnstrecke zusammenhängen, sowie die „Verkehrsmenge“ in Rücksicht zu ziehen, um ein zutreffendes Bild über die zweckmässigste Steigung bei Entwicklung einer Linienführung zu bekommen.

Ganz besonders muss aber darauf verwiesen werden, dass das Minimum der Zugförderungsarbeit für die Hebung einer Wagentonne um einen Meter Höhe mit einem anderen, einer anderen Bahnneigung entsprechenden, nur dann zutreffend verglichen werden kann, wenn die Hebung der Wagentonne in beiden Fällen in der gleichen Zeit stattfindet. Es müssten also auf flacherer Steigung Züge vorausgesetzt werden, die einen Höhenmeter in derselben Zeit bewältigen, wie auf steilerer Bahn, sie müssten somit schneller fahren. Praktisch geschieht das aber nicht, sondern bei mässigen Steigungen wird die Fahrgeschwindigkeit nicht wesentlich gesteigert, vielmehr erfolgt die Lasthebung in erheblich grösserer Zeit. Dieser Umstand ermässigt den erforderlichen Zugförderungseffekt, was auf die Kosten des Brennstoffverbrauches oder des Strombezuges günstig wirkt, erhöht allerdings die zur Lasthebung erforderliche (reine) Maschinen- und Mannschafts-Dienstzeit im gleichen Masse. Da aber nur die zur reinen Hebung nötige Dienstzeit und nicht die für jeden Zug erforderliche Vorbereitungs-, Warte- und Umkehrzeit wächst, so wird die Gesamtdienstzeit für Maschinen- und Zugmannschaft für die gleiche Beförderungsleistung auf flachen Steigungen kleiner, somit günstiger. Dieser günstige Einfluss der Ermässigung der Bahnneigung auf die *Zahl* der im Dienste stehenden Maschinen und Mannschaften könnte zwar auch mathematisch durch eine Formel ausgedrückt werden, doch empfiehlt sich dies nicht mehr wegen der Unübersichtlichkeit, die bei Berücksichtigung aller Einflüsse entstehen müsste. Vielmehr wird die tatsächliche Aufstellung von „Dienstplänen“ (Turnussen) hierüber rasch, übersichtlich und allen wirklich bestehenden Verhältnissen Rechnung tragend, Aufschluss geben. Nur durch diese letzte Darstellung kommt die wesentliche Betriebserschwernis, die ein vermehrter Stand an Lokomotiven, der durch den vergrösserten Heizhausumsatz (Maschinendepotarbeit) bei stärkerer Steigung verursacht ist, zum Ausdruck. Die Zahlen der Maschinenstände, der Heizhausarbeiter und der zur Versorgung der Lokomotiven mit Wasser und Kohle erforderlichen Betriebsvorrichtungen wachsen stark an und die bei jedem Zuge erforderlichen Fahrten von und zum Maschinendepot vermehren sich um ein erkleckliches Mass. Alle jene Dienststunden, die eigentlich nicht zur Leistung von Beförderungs- und Hebungsbearbeitung von Wagenlasten aufgewendet werden müssen, nehmen an Zahl mit der Gesamtziffer der im Dienste stehenden Lokomotiven zu, während sie mit der Zugzahl, somit bei mässigen Steigungen, merklich abnehmen. Diese nicht zu nutzbarer Förderarbeit zu verwendende Zeit wirkt ähnlich wie der Tender oder die Laufachsen hinsichtlich des nutzbaren Zugsgewichtes.

Ganz besonders fühlbar ist aber die Zunahme der Personalkosten für die *Bremsung* der Güterzüge. Die Bremsbesetzung ist bekanntlich *nicht* der beförderten Last proportional, sondern wächst an und für sich noch mit der Bahnneigung. Das Bremsausmass beträgt überschlägig für langsamfahrende Züge auf mittleren Steigungen ebensoviel Prozente, als die Streckensteigung in Promille

<sup>1)</sup> Dr. techn. C. Mutzner: „Die virtuellen Längen der Eisenbahnen“. Zürich und Leipzig, Verlag Gebr. Leemann & Cie., 1914.

<sup>2)</sup> Mutzner, Seite 58.

<sup>3)</sup> „S. B. Z.“, Bd. 76, 1920, Nrn. 24, 25 und 26; R. Petersen: „Die zweckmässigste Neigung der Eisenbahn“. Auch als Sonderdruck unter gleichem Titel bei C. W. Kreidels Verlag, Berlin und Wiesbaden 1920.

<sup>4)</sup> „Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens“, 1922, Heft 3. Dr. L. Oerley: „Die massgebende Arbeitshöhe der Eisenbahn. Ein neuer Vergleichswert zur Beurteilung von Linienführung und Betriebsart“.

beträgt. So würde auf 20<sup>0</sup>/<sub>00</sub> ungefähr 20 % des Wagenzugsgewichtes, auf 10<sup>0</sup>/<sub>00</sub> aber nur 10% hiervon gebremst werden müssen. Auf 10<sup>0</sup>/<sub>00</sub> braucht daher der gleich grosse Zug *bloß die halbe* Bremsmannschaft wie auf 20<sup>0</sup>/<sub>00</sub>. Für die sogenannten „grossen Gefälle“ (25 bis 45<sup>0</sup>/<sub>00</sub>) wächst das Bremsausmass sogar noch weit stärker als die Zahl der Bahnneigung.

Als mit der Bremsung im gleichen Verhältnis stehend können die Ausgaben für die, der raschen Abnutzung unterworfenen Bremsklötze und der Verschleiss der Schienen bei der Bremsung angenommen werden. Weiter ist nicht zu vergessen, dass die persönlichen und sachlichen Mehrkosten für vermehrten Bremsaufwand *auch bei der Talfahrt* auftreten, was in der nutzbaren Zugförderungsarbeit gar nicht zum Ausdruck kommt.

Dass der Aufwand an Betriebsmannschaft selbstverständlich auch Kosten für Wohnungsbauten, Unterkunfts- und Speisungsgelegenheiten usw. mit sich bringt, soll nur nebenbei erwähnt werden, da auf solches vielleicht seitens der nur mit dem Eisenbahn-Neubau befassten Ingenieure zu wenig geachtet wird.

Die grössere Zugsdichte bei kurzen Zügen erfordert aus Gründen des Betriebes bessere Sicherungseinrichtungen und die Fahrten der Lokomotiven von und zu den Zügen mehren sich gewaltig.

Man wird einwenden, dass ohnehin stets betont wird, dass bei der Wahl der Steigung sich zunächst eine obere Grenze durch die Leistungsfähigkeit der Bahn ergibt. Hier lehrt ebenfalls die Erfahrung, dass meist für die geforderte Leistungsfähigkeit zu geringe Mengen angenommen werden, da man mit einem ausgeglichenen Verkehr in Wirklichkeit nicht rechnen kann, sondern statt einer durchschnittlichen eine *ausserordentliche*, ja sogar eine *stündliche* Leistung zu Grunde legen muss, wobei man sehr darauf zu achten hat, dass *alle* Anlagen und Betriebseinrichtungen *diese* Leistungsfähigkeit (auch bei kleineren Störungen) aufweisen. So nützt es keineswegs etwas, wenn die Stationsentfernungen entsprechend bemessen sind, aber der Heizhausumsatz oder die Verschiebarkeit für die erforderliche Zuganzahl nicht geleistet werden kann. Es ist augenscheinlich, dass Bahnen mit grossen Steigungen für derartige Mängel oder Störungseinflüsse viel empfindlicher sind, als solche mit mässigen Steigungen und einer kleineren Zugsdichte.

Wie schon gesagt, dürfte es sich nicht empfehlen, die geschilderten Abhängigkeiten der Betriebskosten allgemein in mathematischer Form darzustellen, da hierdurch sehr verwickelte und unübersichtliche Ausdrücke entstehen würden, vielmehr wird man — wie das ja übrigens auch von den Verfassern, die Vergleichsgrössen vorschlagen, übereinstimmend erwähnt wird — für wichtige Projekte das Endergebnis doch wieder aus Erträgnisberechnungen unter Berücksichtigung aller wirtschaftlichen Einflüsse ableiten müssen.

Wenn aber bei einer Bahnverbindung tatsächlich zwei oder mehrere Varianten mit verschiedenen Steigungen in Betracht kommen, so wird es vielleicht recht übersichtlich sein, die Rentabilitätsberechnung in einer solchen Weise aufzubauen, die den Einfluss der gewählten Bahnneigung besonders hervorhebt.

Man wird zunächst die in Betracht kommenden Linien auf jeden Fall bau- und betriebstechnisch durcharbeiten müssen, sodass man sich über den erforderlichen Bauaufwand und die jährlichen Betriebskosten, getrennt nach den üblichen Dienstzweigen oder dergl. im einzelnen Rechenschaft geben kann. Die Aufstellung eines gewissenhaften Betriebsplanes, der niemals fehlen sollte, wird dann ohnehin schon ziemliche Klarheit in die Beurteilung der Vor- und Nachteile der Varianten bringen. Man wird aber auch Schätzungen der wahrscheinlichen Verkehrsmenge eines Jahres vornehmen und die grösste tägliche (oder stündliche) Leistungsfähigkeit festsetzen. Ferner wird der allgemeine Nutzen der neuen Bahnlinie, sei es aus volkswirtschaftlichen Gründen oder wegen des Vorteiles zu veran-

schlagen sein, den diese Linie auf die Gesamteinnahmen der Bahnverwaltung durch ihre Tarifkraft<sup>1)</sup>, etwa durch Wegkürzung, Lage usw., ausübt. Der hierfür anzunehmende Betrag ist von vornherein vom Bauaufwand abzuziehen. (Verminderter Bauaufwand.)

Das weitere Verfahren, das ja an und für sich nicht gerade etwas Neues bringt, könnte zutreffend etwa das der Ermittlung der „*kleinsten Gesamtförderkosten*“ (also nicht Zugförderungs- oder Betriebskosten allein!) benannt werden und beruht auf folgender theoretischer Ueberlegung:

Die Gesamtförderkosten, das sind die Zinsen für den verminderten Bauaufwand, die Betriebs- und alle sonstigen Kosten *für die Beförderungseinheit* (Nettotonne), können in drei grosse Gruppen eingeteilt werden:

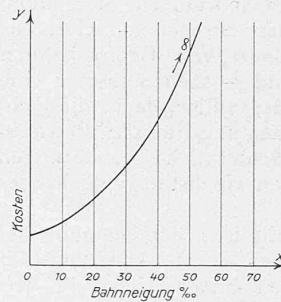


Abbildung 1.

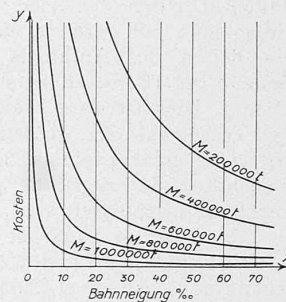


Abbildung 2.

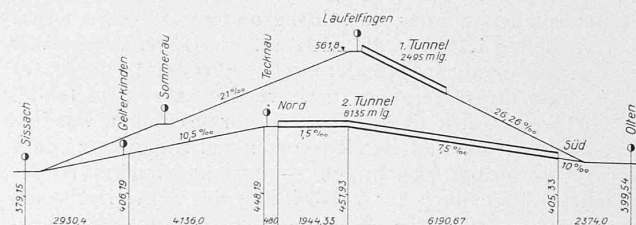


Abb. 3. Alte und neue (tiefergelegte) Hauensteinlinie.

A. In solche, die von der Gesamtverkehrsmenge ziemlich unabhängig sind, zugleich aber *bei Anwendung grösserer Steigung wachsen*. Es sind das die Ausgaben für die

- 1. den Brennstoff- oder Strom-Verbrauch,
- 2. die Anzahl der Lokomotiven,
- 3. das Maschinenpersonal,
- 4. das Zugspersonal (getrennt nach Zugführer und Bremsern),
- 5. die Wageninstandhaltung,
- 6. die sonstigen Zugskosten (Beleuchtung usw.).

B. solche, die *bei Anwendung grösserer Steigung sinken*. Es sind das, die

- 1. die Zinsen des verminderten Bauaufwandes,
- 2. die Bahnaufsichts- und Bahnerhaltungskosten.

C. *von der Bahnneigung fast unabhängige* Kosten

- 1. Zentralleitung,
- 2. Stationsdienst,
- 3. Wagendienst.

Die unter B und C genannten spezifischen Kosten haben gemeinsam, dass sie mit zunehmender Verkehrsmenge geringer werden. Sie lassen sich somit nur für eine bestimmte Verkehrsmenge berechnen. In der graphischen Darstellung geben sie somit für jede Fördermenge eine andere Schaulinie; in ihrer Gesamtheit werden sie also durch Kurvenscharen dargestellt.

<sup>1)</sup> Siehe „Zeitung des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen“, 1918, Heft 51, 52, Ing. R. Findels: „Ueber Verkehrsteilungen bei Gütertransporten.“



Wählen wir die Darstellungsweise, dass wir in einem rechtwinkligen Axensystem als Längen die Bahnneigungen in ‰, als Höhen die entsprechenden Förderkosten auftragen, so geben die drei angenommenen Gruppen derselben folgende Schaubilder:

A. Die Zugskosten (Abb. 1). Sie wachsen zum Teil verhältnismässig und zum anderen Teil stärker als die zunehmende Bahnneigung; sie können daher im allgemeinen durch eine Kurve höheren Grades von der Gleichung

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3 + \dots$$

dargestellt werden, von der uns hauptsächlich interessiert, dass sie für kleine  $x$  jedenfalls auch kleine Werte von  $y$  gibt, während mit wachsendem  $x$  eine verstärkte Zunahme derselben in Erscheinung tritt, wobei sich jedenfalls für die

**Zur Frage der günstigsten Neigung der Eisenbahnen.**

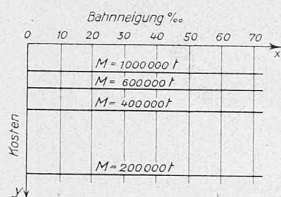


Abbildung 4.

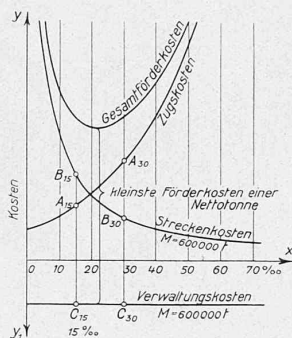


Abbildung 5.

sogenannte „Grenzneigung“, wo die Lokomotive nur sich selbst, aber keine Wagenlast mehr ziehen kann,  $y = \infty$  ergibt. Da diese Gruppe der Kosten mit der Menge selbst wächst, so werden die spezifischen Kosten für die Mengeneinheit für jede Steigung nur einen Wert haben. Es wird also nur eine Schaulinie zu zeichnen sein (Abb. 1).

B. Die Streckenkosten (Abb. 2) werden im Gegensatz hierzu Kurven sein, die sich als hyperbolische Linien von der Form

$$y = \frac{C}{x}$$

darstellen, da bei dieser Gruppe eine zweckmässige Vergrösserung der Bahnneigung (Versteilung) eine Herabminderung der Baukosten bedingt, sei es, dass die Linie kürzer wird, wie bei einfachen Rampenanstiegen, oder sei es, dass die Strecke lediglich billiger wird, da kostspielige Bauwerke vermieden werden, wie z. B. bei der Ueberschneidung von Gebirgstöcken in Passhöhe statt des Baues eines Basis-Tunnels (Abb. 3).

Für ein und dieselbe Linie, somit für ein Steigungsverhältnis (5 ‰) werden die spezifischen Kosten für die Nettotonne Verkehrslast umso kleiner werden, je grösser die Verkehrsmenge ( $M$ ) selbst ist, sodass sich für jede Fördermenge ( $M$ ) eine Kurve, somit in Summa eine Kurvenschar zeichnen lässt, wobei alle Linien theoretisch für  $x = 0, y = \infty$ , ebenso aber auch für  $x = \infty, y = 0$  aufweisen, was zur Kennzeichnung ihres Verlaufes beiträgt.

C. Die Verwaltungskosten (Abb. 4) sind innerhalb gewisser Grenzen von der Gesamtverkehrsmenge unabhängig. Die spezifischen Verwaltungskosten nehmen daher mit der grösseren Verkehrsmenge ( $M$ ) ab. Als Schaulinien ergeben sich, da auch die Bahnneigung fast keinen Einfluss auf diesen Ausgabenteil hat, Scharen von gleichlaufenden wagrechten Geraden. Das Axensystem wählen wir aus praktischen Gründen für sie mit abwärtsgerichteter  $y$ -Axe (Abb. 4).

Die hier gezeichneten Schaubilder sind nicht massgerecht gezeichnet und sollen nur das Grundsätzliche der Gedankenreihe kennzeichnen. Ebenso braucht nur erwähnt zu werden, dass selbstverständlich in der Wirklichkeit eine gesetzmässige Zu- oder Abnahme der Kosten mit der Steigung nicht stattfindet, sondern dass es sich um ein sprunghaftes Wachsen oder Senken der Beträge von einem möglichen Fall bis zum anderen handelt.

Zeichnet man nun die Summenlinie aus den drei Kostenanteilen, so erhält man zunächst nebenstehendes schematische Bild (Abb. 5).

Die Gesamtförderkosten zeigen jedenfalls einen Kleinstwert, der sich nach der Kurvenform leicht bestimmen lässt. Dieser Wert der geringsten Förderkosten einer Bahn für eine gewisse Fördermenge ergibt theoretisch die günstigste Bahnneigung.

Man sieht sofort, dass eine grosse Verkehrsmenge die Kurve der Streckenkosten stark nach links und unten verschieben wird, somit für starkbelastete Bahnen die zweckmässigste Steigung niedriger ist, wie für Nebenlinien. Ebenso werden steil verlaufende Linien der Zugkosten den tiefsten Punkt der Gesamtkostenlinie nach links verschieben. Gleicherweise sieht man den Einfluss des Bauaufwandes, wobei auf die bereits erwähnte Verminderung durch den allgemeinen Nutzen nicht zu vergessen ist.

Um nun den Uebergang von der hier geschilderten Gedankenreihe auf die praktische Anwendung zu bewirken, wird man für die drei in Betracht kommenden Kostenkurven genügend Anhaltspunkte finden, wenn man ihren Verlauf durch zwei Punkte (z. B. in Abb. 5 durch die tatsächlich ermittelten Werte für 15 ‰ und 30 ‰ mittels der Punkte  $A_{15}, B_{15}, C_{15}$  und  $A_{30}, B_{30}, C_{30}$ ) festlegt, da man ihre Form ohnehin kennt. Der Schnittpunkt der näherungsweise gezeichneten Linien wird mit genügender Genauigkeit auf die zweckmässigste Bahnneigung hinweisen.

Zum Schlusse ist noch zu erwähnen, dass einzelne spezifische Teilkostenbeträge aus der einen Hauptgruppe in eine andere übergehen können. So können z. B. in dem durch Abb. 3 dargestellten Fall (Basistunnel und beidseitige Rampe) die spezifischen Bahnaufsichts- und Bahnerhaltungskosten aus der Gruppe B in die Gruppe C, ja sogar A eingereicht werden. Ein Irrtum ist hierbei nicht möglich, da die ziffernmässig für die wirklichen Varianten auf Grund der Betriebspläne errechneten Werte selbst zeigen, ob sich ein Steigen oder Fallen der Kosten mit zunehmender Steigung ergibt. Gleiches gilt von den Bau- und Betriebskosten des elektrischen Kraftwerkes für die Zugförderung, je nachdem es im Eigentum der Bahnverwaltung steht oder nicht, oder der Strom nach Pauschale oder Einheitspreis zu zahlen ist.

Jedenfalls verweist diese für den Bauingenieur sehr wichtige Frage der zweckmässigsten Neigung auf den innigen Zusammenhang zwischen Bau- und Betriebsproblem des Eisenbahnwesens.

Als Schlussergebnis der vorstehenden Betrachtungen ist die mit der Eisenbahnbetriebspraxis übereinstimmende Feststellung zu erkennen, dass eine Vergrösserung der Bahnneigung wesentliche Betriebserschwernisse und stark vermehrte Betriebskosten verursacht, die in der Ermittlung der Zugförderungsarbeit für die gehobene Tonne Wagenlast noch nicht zum Ausdruck kommen, sodass man den Wert der günstigsten Bahnneigung auch selbst bei überschlägigen Studien niedriger annehmen muss, als sich nach der Methode der Vergleichshöhen ergibt. Bei grossen Verkehrsmengen und überragendem Nutzen einer Eisenbahnlinie ist diese Verschiebung des die Zahl der zweckmässigsten Neigung anzeigenden Punktes grösser als bei Bahnen von untergeordneter Bedeutung und kleiner Fördermenge. Die hier geschilderten Einflüsse der grossen Steigungen auf die Zunahme der Gesamtförderkosten gelten in fast gleicher Weise sowohl für Dampf- als auch für elektrischen Betrieb.

Vielleicht sind diese Zeilen geeignet, eine Begründung für die Ansicht zu geben, dass die meisten unserer wichtigen Alpenbahnen mit etwas zu starken Steigungen angelegt sind und dass in Zukunft bei Ermittlung der Höchstneigung einer Bahn mit Rücksicht auf die betriebstechnische Wirkung derselben *allzu grossen Neigungen nicht das Wort zu reden ist.*