

Zeitschrift:	Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber:	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band:	85/86 (1925)
Heft:	1
Artikel:	Ueber den Aufbau und Charakter der Kosten von Eisenbahnbetrieben
Autor:	Walther, Alfred
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-40147

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: 26.01.2026

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

der Halbkugelschalen durchlocht. Die Kugellösung ist dann allgemeiner, als die oben verwendete. Es treten zwei neue Integrationskonstanten auf, und weitere Bedingungen am Lochrand. Die Berechnung ist auch jetzt noch möglich, wenn sie auch umständlich wird. Ich verweise auf die Dissertation *Bolle*¹⁾, wo derartige Fälle behandelt sind.

Ferner sind bei Hochdrucktrommeln die Temperaturspannungen zu berücksichtigen. Für die Zylinderschale sind die zugehörigen Rechnungen durchgeführt²⁾. Man kann die Theorie für beliebige rotationssymmetrische Schalen entwickeln, wenn man beliebige, aber rotationssymmetrische Verteilung der Temperaturen an der Innenseite und Aussenseite der Schale und linearen Temperaturabfall über die (kleine) Schalendicke voraussetzt.

Sehr viel schwieriger zu behandeln sind Abweichungen der abschliessenden Schalen von der Kugelform, und Veränderungen der Wandstärke. Man wird hier zu einer halb experimentellen Bestimmung Zuflucht nehmen, indem man etwa die Dehnungen an der Aussenseite der Schale misst. Die Festigkeitsaufgabe ist hierauf durch Quadraturen lösbar.

Ueber den Aufbau und Charakter der Kosten von Eisenbahnbetrieben.

Von Dipl. Ing. ALFRED WALTHER, Zürich.

Unter dem „Charakter der Kosten“ versteht man deren Verhalten bei wechselndem Beschäftigungsgrad. In den „Grundzügen industrieller Kostenlehre“³⁾ haben wir versucht, das Problem der *Abhängigkeit der Kosten vom Beschäftigungsgrad* näher zu umschreiben und die grundlegenden Begriffe zu ordnen. Absichtlich sind wir dabei jeder Spezialuntersuchung aus dem Wege gegangen, denn es lag uns daran, das verwickelte und noch recht wenig erforschte Gebiet der industriellen Kostenlehre einmal ganz allgemein darzustellen, um dadurch weitern Untersuchungen den Weg zu ebnen. Erfreulicherweise ist unser Versuch — wenigstens im Ausland — auf viel Verständnis gestossen. Man hat erkannt, dass die bisherige Behandlung des Kostenproblems, die über die richtige Verteilung der Produktionskosten auf die einzelnen Produkte eines Betriebes nicht hinauskommt, für wichtige Aufgaben, vor allem für die Preispolitik unzulänglich ist. „Aus der Erkenntnis dieser Unzulänglichkeit“, schreibt Generaldirektor *Herbert Peiser*⁴⁾, „entsteht eine neue Betrachtungsweise, die die Kosten der Erzeugung in ihrer Abhängigkeit von dem jeweiligen Beschäftigungsgrad zu erfassen sucht, ausgehend von der Ueberzeugung, dass nur durch Ergründung dieser Zusammenhänge eine für das einzelne Unternehmen und für die Allgemeinheit vorteilhafte Preis- und Geschäftspolitik möglich ist. Jede nähere Untersuchung zeigt, dass sich mit dieser Betrachtungsweise *neue, ungemein interessante Ausblicke eröffnen, die vielleicht geeignet sind, allmählich das ganze industrielle Kostenproblem in ihren Bann zu swingen*“. Wir stehen erst am Anfang dieser Entwicklung und es bedarf nun vor allem intensiver Spezialuntersuchungen auf den verschiedensten Gebieten der Industrie, um dem weitern Ausbau der noch in den Anfängen steckenden allgemeinen Theorie die nötige Nahrung zu geben.

Peiser hat in seiner vorerwähnten Arbeit⁴⁾ Aufbau und Charakter der Kosten einer Dampfkraftanlage analysiert; in seiner letzten Veröffentlichung⁵⁾ greift er das Problem der Abhängigkeit der Kosten vom Beschäftigungsgrad auf Grund des Ford'schen Buches von der volkswirtschaftlichen Seite an.

¹⁾ L. Bolle, Festigkeitsberechnung von Kugelscheiben. Dissertation Zürich 1916. Auch „S. B. Z.“, Bd. 66, S. 105 u. 111 (28. Aug./4. Sept. 1915).

²⁾ Vergl. etwa: H. Lorenz, „Techn. Physik“, Bd. IV, München 1913 § 60, Seite 583.

³⁾ „S. B. Z.“, Bd. 81, April/Mai 1923. (Auch als Sonderabdruck erhältlich.) Red.

⁴⁾ H. Peiser, Der Einfluss des Beschäftigungsgrades auf die industrielle Kostenentwicklung. Julius Springer, Berlin 1924.

⁵⁾ H. Peiser, Fragen zur Produktionssteigerung im Lichte Ford'scher Ziffern. „Technik und Wirtschaft“, 18. Jahrgang, Heft 2, Februar 1925.

Uns reizt es nun auch, die allgemeine Theorie an einem Spezialfall — und zwar dem Gebiet der Eisenbahn-Selbstkosten — zu erproben und, indem wir auf einige interessante Eigenschaften dieser Kosten aufmerksam machen, die Verwendbarkeit der Theorie zu zeigen.

I. Der Einfluss der Elektrifikation auf den Charakter der Zugförderungskosten der S. B. B.

Der Bericht der Generaldirektion der S. B. B. an den Verwaltungsrat vom 30. Juni 1924 über „Die Wirtschaftlichkeit des elektrischen Betriebes im Vergleich zum Dampfbetrieb“ enthält ein ausserordentlich interessantes und ausschliessliches Zahlenmaterial über die Abhängigkeit der Eisenbahnselfkosten vom Beschäftigungsgrad. Es ist in dieser Zeitschrift bereits veröffentlicht und, allerdings von ganz anderem Gesichtspunkt aus, besprochen worden¹⁾. Wir können uns also auf jenen Artikel beziehen und uns eine nochmalige Wiedergabe und Erläuterung der zahlenmässigen Grundlagen unserer Untersuchung ersparen.

Die in dem vorerwähnten Bericht enthaltenen Zahlenangaben, die eigentlich nur zur Ermittlung des „Paritätspreises der Kohle“ dienen, gestatten uns, mit wenigen ergänzenden Annahmen, das in mehrfacher Beziehung lehrreiche Bild der Zugförderungskosten graphisch darzustellen und so einen Ueberblick über Aufbau und Wachsen dieser Kosten bei Dampf- und elektrischem Betrieb zu gewinnen.

Betrachten wir zuerst die „festen“, vom Beschäftigungsgrad unabhängigen Kosten. Hier spielt, bei elektrischem Betrieb, die Verzinsung und Erhaltung (Tilgung und Erneuerung) des Kapitals mit $g_E = 42,72$ Mill. pro Jahr eine sehr gewichtige Rolle, während der entsprechende Aufwand bei Dampfbetrieb, einschliesslich der geringen Mehrkosten des Bahnunterhalts, nur die Höhe von $g_D = 4,875$ Mill. erreicht. Bedienung und Unterhalt sämtlicher elektrischer Anlagen, kosten $a_E = 4,376$ Mill. Fr. Auch diese Kosten sind wohl zum grössten Teil unabhängig vom Grad der Beanspruchung des Verkehrunternehmens. Ein Gegenposten findet sich hier beim Dampfbetrieb nicht.

Die Ausgaben für Führung, Bedienung und Unterhalt der Triebfahrzeuge c_E und c_D , wie auch die übrigen noch zu erwähnenden Kosten sind abhängig vom Grad der Beschäftigung, der im Bericht der Generaldirektion in Brutto-Tonnenkilometern und Zugskilometern ausgedrückt ist. Ueber den Verlauf der Kostenlinie bei wachsender Beschäftigung gibt der Bericht leider keine direkte Auskunft, da er sich auf einen ganz bestimmten Beschäftigungsgrad von 9,2 Milliarden Bruttotonnenkilometer (Verkehr 1913) konzentriert. Wir sind daher auf eigene Schätzung angewiesen und irren wohl nicht in der Voraussetzung, dass auch diese Kosten nicht von 0 aus ansteigen, sondern sich aus einem festen und einem proportional steigenden Teil zusammensetzen, denn auch bei kleinsten Beschäftigung entstehen erhebliche Kosten, schon deshalb, weil ja ein grosser Teil der Züge, unbekümmert ob besetzt oder nicht, immer geführt werden muss. Nehmen wir einmal ganz roh an, dass ungefähr 70% der fraglichen Kosten immer vorhanden seien und nur 30% von der Tonnen-Kilometerzahl direkt abhängen, so erhalten wir bei elektrischem Betrieb zwei Werte, die unsere Kostenlinie bestimmen: 15,5 Mill. bei Beschäftigungsgrad 0 und 22,594 Mill. bei Beschäftigungsgrad 9,2 (9,2 Milliarden Brutto-tkm), und bei Dampfbetrieb entsprechend 21 Mill. und 28,983 Mill.

Beim elektrischen Betrieb sind dann noch die Kosten für Fremdstrom unter Abzug der Einnahmen aus dem Verkauf bahneigener Energie $b_E = \text{total } 1,27$ Mill. zu erwähnen. Wir nehmen hier einen von 0 proportional steigenden Verlauf an, obschon dies nicht ganz stimmen wird. Der Einfluss dieser Kosten ist aber so gering, dass wir diese kleine Willkür in Kauf nehmen können.

Die Ausgaben für Speisewasser und Kohlentransport beim Dampfbetrieb, d_D , betragen 5,35 Mill. Sie sind direkt abhängig von der verbrauchten Kohlemenge. Die Kohlemenge selbst ist, nach dem Bericht der Generaldirektion,

¹⁾ Durch Prof. Dr. W. Kummer in Band 84, 25. Oktober 1924.

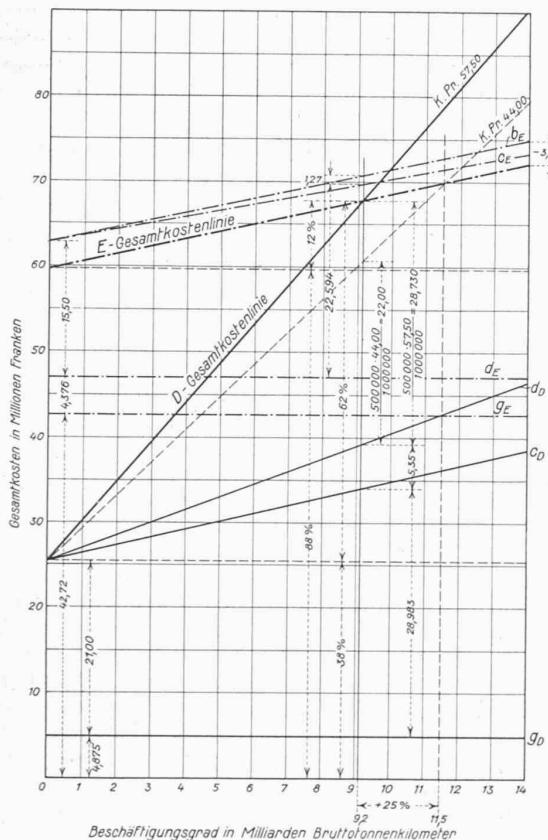


Abbildung 1.

direkt proportional dem Verkehr in tkm und beläuft sich bei 9,2 Mill. Brutto-tkm auf 500 000 t.

Beim elektrischen Betrieb ist noch die Ersparnis von 3,022 Mill. an Verzinsung und Tilgung infolge der Bundessubvention von 60 Mill. zu berücksichtigen.

Wir sind nun in der Lage, die *Gesamtkostenlinien E* (elektrischer Betrieb) und *D* (Dampfbetrieb) aufzuzeichnen (Abb. 1). Ohne weiteres erkennt man den grossen Unterschied im Charakter dieser beiden Gesamtkostenlinien. Beim Dampfbetrieb machen — bei einem Beschäftigungsgrad 9 und einem Kohlenpreis von 57,50 Fr./Tonne — die vom Beschäftigungsgrad unabhängigen, durch eine zur Grundlinie parallele Gerade dargestellten Kostenteile 38 %, die steigenden also 62 % der Gesamt-Zugförderungskosten aus. Beim elektrischen Betrieb steigt der Anteil der festen, vom Beschäftigungsgrad unabhängigen Kosten auf 88 %, er überwiegt also bei weitem die steigenden Kostenteile. Es ist nun zu bemerken, dass das Kostenbild in Wirklichkeit nicht so gradlinig herauskommen würde, wie wir es mangels genauerer Zahlenangaben zeichnen mussten (es werden Depressionen, Progressionen und Sprünge vorkommen), aber der *Charakter* der beiden Kostenlinien für Dampf und elektrischen Betrieb dürfte wohl im grossen Ganzen ziemlich richtig zur Darstellung gebracht sein. Die schwach ansteigende *E*-Kostenlinie zeigt den festen Charakter der elektrischen Zugförderungskosten, die *D*-Kostenlinie, je nach dem Kohlenpreis stärker oder schwächer, aber auf jeden Fall viel stärker ansteigend als die *E*-Linie, beweist den steigenden Charakter der gleichen Kosten bei Dampfbetrieb. Bei schwachem Beschäftigungsgrad ist der elektrische Betrieb teuer, doppelt so teuer sogar, er wird aber mit wachsender Beschäftigung immer billiger. Das zeigen uns in übersichtlicher Weise die Kurven der Einheits-Zugförderungskosten pro Bruttotonnenkilometer (Abbildung 2). Die Einheitskosten der Dampfzugförderung nehmen mit wachsendem Verkehr ebenfalls, aber doch viel schwächer ab. In Abbildung 3 haben wir die Einheitskosten in ihrer besonders interessanten Spanne zwischen Beschäftigungsgrad 7 bis 14 in einem deutlicheren Massstab dar-

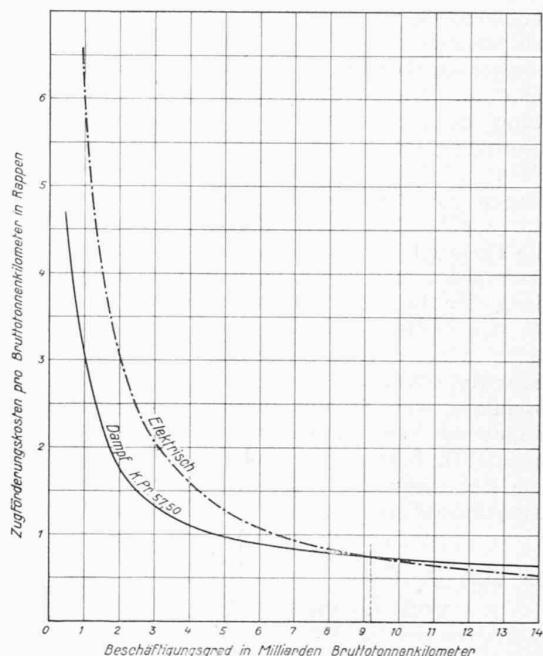


Abbildung 2.

gestellt. Die Darstellung zeigt uns in eindringlicher Weise, besser wohl als alle Zahlentabellen es tun können, dass infolge der Einführung des elektrischen Betriebes die Rentabilität der S. B. B. in weit höherem Masse als früher vom Beschäftigungsgrad, vom Verkehr abhängig geworden ist.

Der Bericht der Generaldirektion hebt die von uns in den Mittelpunkt unserer Betrachtung gerückte Eigenschaft der elektrischen Zugförderungskosten — die starke Verminderung der Einheitskosten bei wachsendem Beschäftigungsgrad — mehrfach hervor und benutzt sie als Waffe gegen die Gegner der beschleunigten Elektrifikation, die ohne sich über den Charakter der Elektrifizierungskosten genügend Rechenschaft zu geben nur die hohen Anlagekosten im Auge haben und die Änderung im Charakter der Kosten übersehen.

Man könnte nun allerdings einwenden, dass es ja gar nicht in der Macht einer Eisenbahn-Direktion liege, den Verkehr beliebig zu vergrössern, um den für das Unternehmen günstigsten Beschäftigungsgrad zu erreichen, weil der Verkehr aus unbeeinflussbaren, äussern Gründen auf einen gewissen Umfang beschränkt sei. Das ist aber nur bedingt richtig, denn es bestehen zweifellos sehr grosse Verkehrsreserven, die durch günstige Tarife nicht nur auf das Bundesbahnen-Netz übergeleitet, sondern sogar auch überhaupt in Bewegung gebracht werden können. Man vergesse auch nicht, dass im Autotransport allen Bahnen eine gewaltige Konkurrenz entstanden ist, der ein elektrifiziertes Bahnunternehmen dank seiner mit wachsendem Beschäftigungsgrad stark fallenden Einheitskosten viel eher begegnen kann, als eine Bahn mit Dampfbetrieb. Die Grundlage einer die Rentabilität hebenden und eine Verbilligung der Frachtsätze ermöglichen Tarifpolitik muss in einer sehr weitgehenden Analyse des Aufbaus und Charakters der Kosten gesucht werden, die entsprechend den Ergebnissen unserer früher entwickelten Theorie durchzuführen ist.

Unsere Kostenbilder (Abbildungen 1, 2 und 3) zeigen uns nicht nur, bei welchem Kohlenpreis, unter Annahme eines bestimmten Beschäftigungsgrades, der elektrische Betrieb vorteilhafter ist (Paritätspreis), sondern sie lehren auch, was für ein Beschäftigungsgrad erreicht werden muss, um bei einer durch Tarife festgelegten Einnahmemöglichkeit eine Rentabilität zu erzielen.

Während die erste Betrachtungsweise, die in der Ermittlung des Paritätskohlenpreises gipfelt, nur für die Entscheidung, ob Dampf oder elektrischer Betrieb vorteilhafter sei, von Bedeutung ist und heute eigentlich nur noch

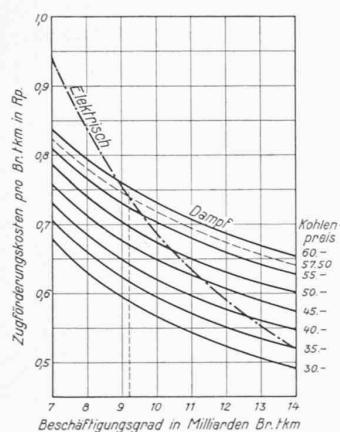


Abbildung 3.

historischen Wert hat, führt uns die zweite Betrachtungsweise mitten in das Problem, das, wie in jedem industriellen Betrieb, auch bei unsren Bundesbahnen die Leitung beherrschen muss: Erhöhung der Rentabilität durch Erhöhung des Beschäftigungsgrades, oder, was hier eher zutrifft, Verbilligung der Transporttarife ohne Gefährdung der Rentabilität. Da die S. B. B. glücklicherweise keine Dividenden-Politik zu treiben brauchen, verstehen wir hier unter Rentabilität lediglich die normale Verzinsung und Erhaltung (Amortisation) des Anlagekapitals nach Deckung aller übrigen Auslagen. Wir werden später noch einmal auf das Eisenbahnkosten-Problem zurückkommen und weitere Betrachtungen anschliessen. In erster Linie wollen wir aber unsere theoretische Grundlage etwas erweitern und vertiefen.

II. Geltungsbereich der Gesamtkostenlinie.

Man darf nun nie ausser Acht lassen, dass der Geltungsbereich der Gesamtkostenlinie ein beschränkter ist. Aus dem vorhergehenden Beispiel der elektrischen Zugförderungskosten lässt sich das leicht einsehen.

Eine beliebige Vermehrung des Verkehrs ist hier ohne Vergrösserung des Lokomotivparks nicht möglich. Während der Mehrbedarf an Strom oder die stärkere Belastung des Personals in den steigenden Kosten ohne weiteres zum Ausdruck kommt und die Gesamtkostenlinie prinzipiell nicht ändert, bewirkt die Vermehrung des Lokomotivparks eine Erhöhung der festen Kosten vom Beschäftigungsgrad „Null“ an. Dadurch entsteht eine neue Gesamtkostenlinie.

In unsren „Grundzügen industrieller Kostenlehre“ haben wir den wichtigen Unterschied zwischen den Kosten der Herstellung und den Kosten der Herstellungsbereitschaft aufmerksam gemacht. Wie in Abbildung 4 dargestellt, können wir die Gesamtherstellungskosten in die festen Kosten der Herstellungsbereitschaft (sie sind immer fest) und die festen und steigenden Kosten der Herstellung selbst teilen. Eine Gesamtkostenlinie ist nun nur solange gültig, als sich die Bereitschaftskosten nicht ändern. Die Kosten der Herstellung dagegen können ihren Aufbau und Charakter mit wachsendem Beschäftigungsgrad rubig ändern, ohne die Gültigkeit der Gesamtkostenlinie in Frage zu stellen.

Nehmen wir nun einmal beispielsweise an, in einem elektrisch betriebenen Bahnunternehmen gestatten die vorhandenen Lokomotiven eine Verdichtung des Verkehrs bis zu einem Beschäftigungsgrad 8. Die Kosten sind durch die Gesamtkostenlinie a und die entsprechende Einzelkostenlinie a' dargestellt. Will man den Verkehr über den Beschäftigungsgrad 8 hinaus steigern, und ist man nicht in der Lage, neue Lokomotiven anzuschaffen, so bleibt nur die Miete von solchen übrig. Die Bereitschaftskosten ändern sich dadurch nicht, denn die Miete dieser Lokomotiven

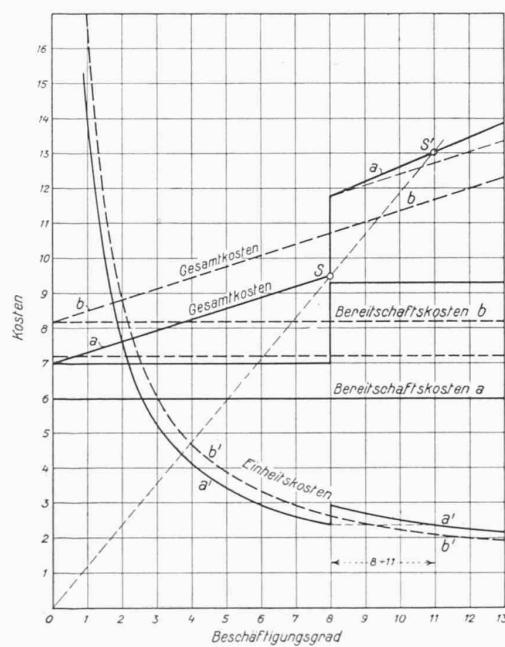


Abbildung 4.

wird sich nur in einer sprunghaften Erhöhung der festen Kosten der Herstellung (in diesem Fall besser „des Betriebes“) bei Beschäftigungsgrad 8 äussern. Wir lernen so eine neue Eigenschaft der Kosten kennen: die *sprunghaften Erhöhung der festen Kosten*, die aber nur bei Herstellungskosten denkbar ist. Außerdem wird sich voraussichtlich auch der Charakter der steigenden Kosten ändern, indem — harmonischer Aufbau des Betriebes vorausgesetzt — auch die Kraftanlagen nicht mehr ausreichen und Bezug teuern Fremdstroms nötig wird. Ausserdem ist eine stärkere Zunahme der Personalkosten zu erwarten, sodass also die steigenden Kosten von 8 an stärker steigen werden. Dies alles ist in Abbildung 4 graphisch dargestellt; man sieht den Sprung der Gesamtkostenlinie bei Beschäftigungsgrad 8 und deren nachheriges stärkeres Anteigen (Gesamtkostenlinie a , Einheitskostenlinie a').

Vermehrt man nun aber die Zahl der eigenen Lokomotiven und vergrössert man die eigenen Kraft-

anlagen, um dem stärkeren Verkehr zu genügen, d. h. investiert man neues Kapital, so erhöhen sich die Bereitschaftskosten und wir kommen zu einer neuen Gesamtkostenlinie b , die anfänglich höher verläuft als die Gesamtkostenlinie a , aber keinen Sprung und kein verschiedenes Steigen aufweist und über dem kritischen Beschäftigungsgrad 8 hinaus wieder tiefer liegt, d. h. günstiger wird. Aus der entsprechenden Kurve b' der Einheitskosten sieht man dann noch deutlicher, dass die Verstärkung der eigenen Betriebsmittel durch Neuinvestierung zwar eine Erhöhung der Einheitskosten bei niedrigem Beschäftigungsgrad bewirkt, bei wachsender Beschäftigung aber zu geringeren Einheitskosten führt und infolgedessen wirtschaftlich ist. Man kann auch sagen, die Gesamtkostenlinie a entspricht einem bis Beschäftigungsgrad 8 harmonisch aufgebauten Betrieb, die Gesamtkostenlinie b einem Betrieb, der auch über 8 hinaus allen Anforderungen genügt und wirtschaftlich ist.

Es ist vielleicht nicht ohne Wert, darauf hinzuweisen, dass eine Erhöhung des Beschäftigungsgrades, die mit einer sprunghaften Erhöhung der Gesamtkosten verbunden ist, nur dann verbilligend auf die Einheitskosten einwirkt, wenn diese Erhöhung des Beschäftigungsgrades eine erhebliche ist. In unserem Beispiel Abbildung 4 werden die Einheitskosten erst von 11 an wieder kleiner als bei 8. In der graphischen Darstellung der Gesamtkosten findet man diesen Beschäftigungsgrad, der erreicht werden muss, um die Einheitskosten weiter zu verbilligen, indem man vom Nullpunkt o aus eine Gerade durch den Punkt S der Gesamtkosten zieht, bei dem der Sprung ansetzt. Die Gerade $o-S$ schneidet dann in Punkt S' wiederum die Gesamtkostenlinie a . Hier werden die Einheitskosten wieder kleiner.

Wir sind mit dieser rein theoretischen Auseinandersetzung etwas über den Rahmen unserer Aufgabe hinausgegangen. Je mehr man sich eben mit der *Dynamik* der Produktionskosten beschäftigt, desto dringender wird das Bedürfnis nach einer Abklärung der theoretischen Grundlagen, die noch lange nicht in genügendem Mass erreicht ist. Erfreulicherweise wächst aber die Zahl der Einzeluntersuchungen auf diesem Gebiet der Kostenlehre¹⁾ und damit auch die Möglichkeit, die Theorie zu vertiefen und zu ergänzen. Die Industrie wird aus dieser wissenschaftlichen Arbeit reichen Gewinn ziehen; sie hat alle Ursache, solche Untersuchungen zu ermöglichen und zu fördern.

(Schluss folgt.)

¹⁾ Siehe: Dipl.-Ing. Hubert Drausfeld, „Aus der Dynamik der Preise“, Technik und Wirtschaft, Heft 3, 1925.