

Die Profilgestaltung der Ablaufberge unter besonderer Berücksichtigung der Bremsanordnung*).

Von Reichsbahnbaumeister Dr. Ing. Garbers, Lingen (Ems).

Hierzu Tafel 15 bis 18.

In den vorliegenden Untersuchungen wird als erwiesen angesehen, daß leistungsfähige, im freien Ablauf betriebene Verschiebeanlagen nach dem Bremsprinzip zu arbeiten haben. Die Berghöhe ist so zu bemessen, daß bei ungünstiger Witterung das widerstandsreichste Gleis innerhalb der Verteilzone geräumt wird. In anderen Fällen wird dadurch Bremsarbeit erforderlich. Beschleunigungseinrichtungen kommen für leistungsfähige Anlagen im allgemeinen nicht in Betracht. Wenigstens die bislang bekannt gewordenen Konstruktionen sind an das Gebiet der niederen Geschwindigkeiten gebunden, wo mit jeder Änderung der Laufweite eine so starke Beeinflussung der Laufzeit verbunden ist, daß hinreichend dichte Wagenfolgen nicht möglich sind. Auch den anderen zahlreichen Vorschlägen, die auf eine vollkommene oder teilweise Beseitigung der Schwerkraft im Verschiebewesen hinarbeiten, kommt — wie an anderer Stelle erörtert wird**) — wenig Bedeutung zu. Für leistungsfähige Anlagen scheidet sie aus, mit einer Ausnahme: dem zwangläufigen Ablauf. Dieser unterscheidet sich im Grund nur dadurch von dem freien Ablauf, daß das unterschiedliche Laufvermögen der leeren gedeckten und der beladenen offenen Wagen — das Grundproblem für alle neueren Bestrebungen in der Verschiebetechnik — ausgenutzt wird, um Regelmäßigkeit und Gesetzmäßigkeit in die Wagenbewegung innerhalb der Verteilzone zu bringen.

Oberste Grenze der Leistungsfähigkeit einer Verschiebeanlage ist die des Ablaufberges; denn über ihn müssen alle Wagen, durch ein Gleis, hintereinander, laufen. Daraus folgt, daß die Leistung um so größer sein wird, je dichter die einzelnen Wagen oder Gruppen eines Zuges, als auch die Züge selbst einander folgen können. Auf die Zugfolge und ihre Bedeutung ist andernorts hingewiesen. Sie ist abhängig von der Gleisverbindung zwischen Einfahrgruppe und Verteilzone, der Einführung der Lokleise, der Art der verwendeten Bewegungskraft — Ablauf unter Schwerkraft (Gefällsbahnhof), ortsfester Antrieb oder Lokkraft, im letzten Falle, ob eine oder mehrere Druckmaschinen und ob ferngesteuert oder nicht — und im wesentlichen von der Betriebsführung und der Organisation.

In der vorliegenden Abhandlung ist auf die Wagenfolgezeit näher eingegangen, die im wesentlichen von drei Faktoren abhängig ist: 1. der Gleisentwicklung, 2. dem Bremsystem und 3. der Profilgestaltung. Es wird als erwiesen angesehen, daß im freien Ablauf die gedrängte Weichenentwicklung, die an jeder Weiche gleich viele Läufe nach rechts und links trennt (Büschelanordnung), am vorteilhaftesten ist. Als Schwerpunkt bleibt die Betrachtung des Bremssystems in Verbindung mit der Profilgestaltung.

I. Der freie, unbeeinflusste Ablauf auf der Steilrampe.

Frölich stellt das Ergebnis seiner Untersuchungen, die zu der Steilrampe führten, in drei Sätzen zusammen.

*) Der Aufsatz ging uns bereits seit längerer Zeit zu; die Veröffentlichung mußte aber wegen Raummangel zurückgestellt werden. Die Schriftleitung.

**) Beuth-Aufgabe der Deutschen Maschinentechnischen Gesellschaft 1928: Untersuchung neuerer Verschiebverfahren.

„1. Das Laufvermögen der Wagen hängt lediglich von der Gefällshöhe ab, die Pufferzeitabstände in erster Linie von der Verteilung des Gefälles auf dem Laufwege. (Profilgestaltung.)

2. Die Geschwindigkeitsunterschiede der Wagen als Folge ihrer unterschiedlichen Lauffähigkeit wachsen in höherem Maße als ihr Weg; daher sind die äußersten Weichen möglichst nahe an den Ablaufpunkt heranzuziehen.

3. Die Geschwindigkeitsunterschiede der Wagen infolge ihrer unterschiedlichen Lauffähigkeit oder Geschwindigkeitsänderungen infolge beschleunigender oder verzögernder äußerer Kräfte wirken auf die Laufzeiten (Pufferabstände) um so stärker, je geringer die Geschwindigkeiten sind. Daraus folgt, daß man den Wagen innerhalb der Gefahrzone große Geschwindigkeiten geben muß (Steilrampe) und ferner, daß beschleunigende oder verzögernde äußere Kräfte um so stärker auf die Laufzeiten der Wagen einwirken, je geringer die Geschwindigkeiten sind, bei denen sie angewendet werden. Daher muß die Beeinflussung der Laufzeit (Pufferabstände) grundsätzlich zu Beginn der Ablaufbewegung erfolgen, die Beeinflussung des Laufvermögens aber möglichst in der Zone der grössten Geschwindigkeiten oder hinter der Gefahrzone.“

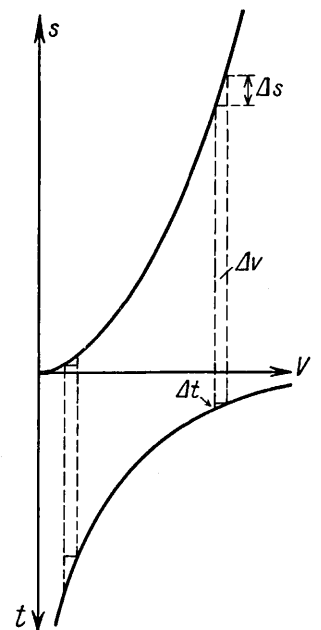


Abb. 1.

Weg-Geschwindigkeits-Zeitdiagramm.

Ziel der Profilgestaltung im freien Ablauf ist, höchste Zuführungsgeschwindigkeit durch dichteste Wagenfolge anzustreben. Die Wagenfolgezeit T_0 setzt sich aus zwei einzelnen Größen zusammen: $T_0 = T_{\min} \pm \Delta t$. Hierin bedeutet T_{\min} den kleinsten auf den Wagenschwerpunkt bezogenen Zeitabstand für ein betriebssicheres Umstellen der letzten Weiche. T_{\min} ist eine Funktion von der Geschwindigkeit v des Fahrzeugs. Denn je größer v ist, um so schneller wird die mit Rücksicht auf den größten vorkommenden Achsabstand bemessene (11,8 m) isolierte Schiene, die ein vorzeitiges Umlegen der Weiche, bzw. ein Umstellen unter dem Fahrzeug verhindert, durchlaufen. Δt ist der auf den Wagenschwerpunkt bezogene Laufzeitunterschied zweier aufeinanderfolgender Wagen.

In jedem freien Ablaufverfahren kommt es darauf an, dieses Δt so niedrig wie möglich zu halten. Frölich erreicht dies durch die Anwendung hoher Geschwindigkeiten. Hiernach sind die Wagen durch die Steilrampe möglichst schnell auf Geschwindigkeiten über 5 bis 6 m/sec zu bringen, da die Untersuchungen ergeben haben, daß bei diesen Werten der Einfluß der unterschiedlichen Widerstände und damit

der unterschiedlichen Geschwindigkeiten auf die Laufzeiten erheblich abfällt gegenüber Geschwindigkeiten unter 5 m/sec. An dem Weg-Geschwindigkeits-Zeitdiagramm werden diese Verhältnisse deutlich*) (Abb. 1). Um die absoluten Werte festzustellen, ist eine Steilrampe untersucht, deren Höhe im Falle 1 eine Geschwindigkeit von 4,8 m/sec am Fuß der Steilrampe erzeugt, im Falle 2 eine solche von 6,4 m/sec und im Falle 3 eine solche von 8 m/sec. Es sind für diese

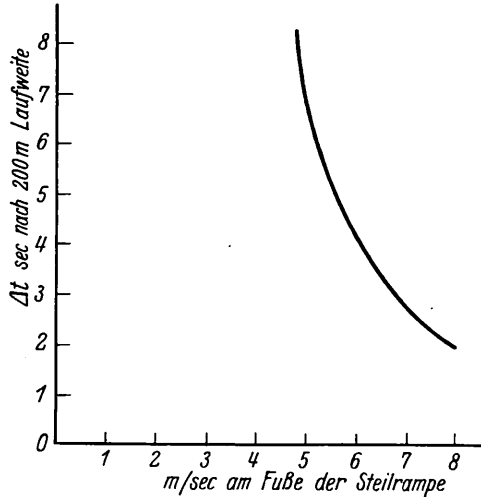


Abb. 2.

Δt als Funktion der Geschwindigkeit am Fuß der Steilrampe.

drei Fälle die Zeit-Weglinien ermittelt und aus ihnen die Δt-Kurven. Endlich sind als Vergleich die Laufzeitunterschiede nach 200 m Laufweite in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit am Fuß der Steilrampe aufgetragen. Das Diagramm zeigt, daß bei einer Steigerung der Geschwindigkeit am Fuß der Steilrampe um 1,6 m/sec, von 4,8 m/sec auf 6,4 m/sec, die Δt-Werte von 8 Sek. auf 3,6 Sek. abnehmen, daß hingegen bei derselben Steigerung um 1,6 m/sec, von 6,4 m/sec auf 8 m/sec, die Laufzeitunterschiede nur noch von 3,6 Sek. auf 2 Sek. fallen (Abb. 2).

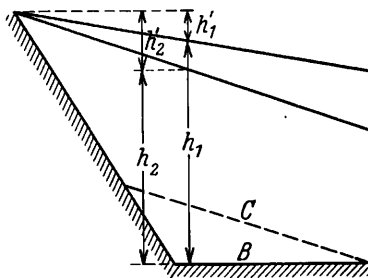


Abb. 3.

Hieraus geht hervor, daß Geschwindigkeiten unter 6 bis 7 m/sec am Fuß der Steilrampe nicht herrschen sollten, daß höhere Geschwindigkeiten aber auf die Verbesserung der Laufzeitunterschiede nur noch geringeren Einfluß haben. Es ist also wichtig, daß in der Gefahrzone — der Verteilgruppe — wenigstens Geschwindigkeiten von 5 m/sec herrschen, vor allem aber dort, wo die Gefahr des Steigens der Δt-Kurven zu großen Werten besteht. Dies ist nach Grundsatz 2 bei den am weitesten vorgeschobenen Verteilweichen der Fall; denn die Laufzeitunterschiede der Wagen wachsen in höherem Maße als ihr Weg.

Die Verwendung hoher Geschwindigkeiten beruht auf der Überlegung, daß das Verhältnis der Verlusthöhe h' zur verbleibenden Nutzhöhe h, also $\frac{h'}{h}$ niedrig ist und sich bei veränderlichem h' nur unwesentlich ändert, so lange h gegenüber h' hinreichend groß bleibt. Dieses führte Frölich zu der Forderung, in der Gefahrzone hohe Geschwindigkeiten anzuwenden (Abb. 3).

*) Vergl. Frölich, Sonderheft der V. W. 1922. Verschiebebahnhöfe in Ausgestaltung und Betrieb.

Bäseler führte den reinen Zeitbegriff ein. Die Verteilzone muß mit hoher Geschwindigkeit durchlaufen werden. Als Vergleichsmaßstab verschiedener Profile kann also die Zeit genommen werden, die zum Durchlaufen der Gefahrzone erforderlich ist. Je kürzer die Zeit, um so niedriger die Δt-Werte. Unter Beziehung auf Abb. 4 und 5 gelten folgende Beziehungen zwischen der Zeit T, dem Wege x und der Geschwindigkeit v:

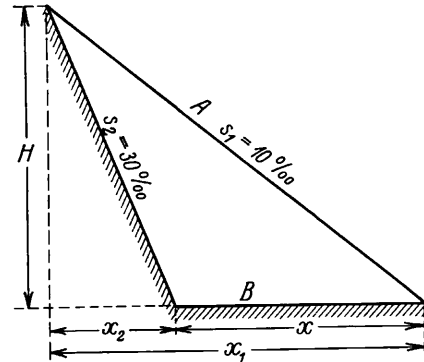


Abb. 4.

Das Flachrampenprofil A, dessen Gefällshöhe H = 3 m und dessen Länge x₁ = 300 beträgt, (Steigung s₁ = 10⁰/100) wird durchlaufen in einer Zeit T₁ = $\frac{2x_1}{v_0}$, wo v₀ die Endgeschwindigkeit angibt. Das Steilrampenprofil B, das dieselbe Gesamthöhe und Länge aufweist, setzt sich zusammen aus der Steilrampe von 30⁰/100 (s₂) auf x₂ = 100 m und anschließender Wagerechten x = 200 m. Die Zeit zum Durchlaufen der Steilrampe x₂ beträgt wiederum t₂ = $\frac{2x_2}{v_0}$, die zum Durchlaufen

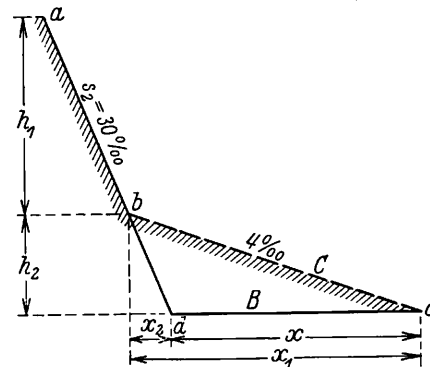


Abb. 5.

der Wagerechten (x) t_r = $\frac{x}{v_0}$, also T₂ = t₂ + t_r = $\frac{2x_2}{v_0} + \frac{x}{v_0} = \frac{2x_2 + x_1 - x_2}{v_0}$.

T₂ = $\frac{x_1 + x_2}{v_0}$. Der Zeitunterschied T₁ - T₂ ist ein Maß

für die Überlegenheit des Profils B. Es gilt T₁ - T₂ = $\frac{2x_1}{v_0} - \frac{x_1 + x_2}{v_0} = \frac{x_1 - x_2}{v_0}$; T₁ - T₂ = $\frac{x}{v_0}$.

Hieraus folgt, daß das Steilprofil B gegenüber Flachprofil A um so besser wird, je größer x wird, d. h., um so steiler die Rampe gewählt wird. Den Bestwert ergibt der senkrechte Fall mit anschließender Wagerechten. Die Zeiten zum Durchlaufen der Flachrampe A und der Steilrampe B verhalten

sich wie die Steigungen, also $\frac{T_1}{t_2} = \frac{s_1}{s_2}$. Bezogen auf die vorliegenden Verhältnisse ergibt dies $T_1 = \sqrt{\frac{2s_1}{b_1}} = \sqrt{\frac{600}{0.01 g}} = 78 \text{ Sek.}$, $t_2 = \sqrt{\frac{2s_2}{b_2}} = \sqrt{\frac{200}{0.03 g}} = 26 \text{ Sek.}$ $t_r = \frac{x}{\sqrt{2gH}} = \frac{200}{\sqrt{2g \cdot 3}} = 26 \text{ Sek.}$ Hieraus folgt: Die Hälfte des durch die

unterschiedlichen Steigungen s_1 auf Profil A und s_2 auf Profil B bedingten Zeitunterschiedes ist reiner Zeitgewinn, während die andere Hälfte jeweils zum Durchlaufen der Wagerechten verbraucht wird.

Hiermit ist zugleich die Frage nach der Verbindung von Steilrampe und Verteilzone beantwortet. Soll die Verteilzone in der Wagerechten (Profil B) oder im Gefälle (Profil C) liegen? (Abb. 5.) Die Strecke a - b ist für beide Profile gleich. Für die weitere Entwicklung gilt sinngemäß dieselbe Überlegung wie oben, mit der einen Änderung, daß statt des Faktors v_0 die Summe $v_0 + v$ auftritt, worin v die Geschwindigkeit am Fuß der Steilrampe in Punkt b bezeichnet. Es gilt für die Profile b - c und b - d - c:

$$T_1 = \frac{2x_1}{v+v_0} T_2 = t_2 + t_r = \frac{2x_2}{v+v_0} + \frac{x}{v_0}$$

$$T_1 - T_2 = \frac{2x_1}{v+v_0} - \frac{2x_2}{v+v_0} - \frac{x}{v_0} = \frac{2}{v+v_0} (x_1 - x_2) - \frac{x}{v_0}$$

$$T_1 - T_2 = \frac{x}{v+v_0} - \frac{x}{v_0}$$

Das heißt, ein Unterschied zwischen wagerechter Verteilzone und geneigter Verteilzone ist in dem Maße vorhanden, wie sich das arithmetische Mittel der Geschwindigkeiten zu Beginn und am Ende der Zone von der Geschwindigkeit am Ende der Verteilzone unterscheidet. Je flacher die Neigung, um so weniger tritt dieser Unterschied hervor. Er prägt sich um so weniger aus, je höher die Geschwindigkeiten sind. Wird das Steilrampenprofil B - Steilrampe mit anschließender wagerechter Verteilzone - mit dem Profil C - Steilrampe mit anschließender Verteilzone in der Neigung $4^0/00$ - verglichen, so ergibt sich (Abb. 5) mit $h_1 = 2 \text{ m}$, $h_2 = 1 \text{ m}$, $x_1 = 233.3$, $x_2 = 33.3$ und $x = 200 \text{ m}$.

$$T_1 - T_2 = \frac{x}{v+v_0} - \frac{x}{v_0} = \frac{200 \cdot 2}{\sqrt{2g \cdot 2} + \sqrt{2g \cdot 3}} - \frac{200}{\sqrt{2g \cdot 3}} = 28,5 - 26 \text{ Sek.} = 2,5 \text{ Sek.}$$

Gegenüber dem reinen Steilrampenprofil tritt also eine Verschlechterung von 2,5 Sek. ein, oder bezogen auf die Gesamtablaufzeit von 52 Sek., eine Verschlechterung um etwa 5%. Hieraus folgt, daß grundsätzlich die Verteilzone wagerecht anzuschließen ist, daß aber eine Senkung bis zur obersten Grenze der Gleichgewichtineigung ($4^0/00$) nur von geringem Einfluß auf die Ablaufzeit und damit auf die Laufzeitunterschiede ist. Dasselbe geht aus Abb. 3 hervor. Die eingetragenen Geschwindigkeitshöhen sind ein Maß für die Geschwindigkeiten ($v = \sqrt{2gh}$). Das Verhältnis der Verluſthöhe h' zur verbleibenden Nutzhöhe h ($\frac{h'}{h}$) ist bei dem Profil B kleiner als bei Profil C. Auch hier wird deutlich, daß der Unterschied beider Profile um so unwesentlicher ist, je flacher die Neigung und je größer die Geschwindigkeiten gewählt werden.

Für den freien unbeeinflussten Ablauf gilt demnach der von Frölich aufgestellte Satz: Das Gesamtgefälle ist in der Steilrampe zusammenzufassen und die Verteilzone waagrecht anzuschließen.

II. Der freie, beeinflusste Ablauf auf der Steilrampe.

1. Beeinflussung durch eine Bremsstaffel.

Zweck und Aufgabe der Beeinflussung bestimmen die Lage der Bremsen; die Lage im Raum ist maßgebend für die Rückwirkung auf die Leistung.

Die Berechtigung der hohen Geschwindigkeiten im freien, unbeeinflussten Ablauf liegt in ihrer Eigenschaft, die Δt -Werte niedrig zu halten, und zwar über der gesamten Verteilzone. Wird diese Begründung ebenfalls für den beeinflussten Ablauf genommen, so müssen die Beeinflussungspunkte außerhalb der Verteilzone, also hinter ihr, angeordnet sein. An dieser Stelle ist eine die Leistung beeinträchtigende Rückwirkung ausgeschlossen. Es müßten so viele Bremsen vorhanden sein, wie Richtungsgleise angeschlossen sind und zwar, gemäß den hohen möglichen Geschwindigkeiten, schwere leistungsfähige Gleisbremsen. Die Lage der Bremsstaffel hinter der Verteilzone scheidet aus wirtschaftlichen Gründen aus der weiteren Betrachtung aus. Außer der hinter der Verteilzone angeordneten Bremsstaffel ergeben sich für ihre Lage grundsätzlich noch zwei andere Möglichkeiten: 1. Am Fuß der Steilrampe, also inmitten der Verteilzone, oder 2. am Kopf der Steilrampe, vor der Verteilzone. Im ersten Fall, im Gebiet der höchsten Geschwindigkeiten, tritt bei jeder Beeinflussung eine merkbare Energieveränderung ein ($\frac{mv^2}{2} = E$),

da die Geschwindigkeiten hier hoch sind; es wird demnach die Laufweite beeinflusst. Im zweiten Fall, am Kopf der Steilrampe, ist entsprechend den niedrigen Geschwindigkeiten mit der Beeinflussung nur eine geringe Energieveränderung verbunden, dagegen ein merkbarer Einfluß auf die Zeit vorhanden; der Ablauf der Wagen wird gleichsam zeitlich vorder- oder rückwärts verlegt. Die Gipfelbremse am Kopf der Steilrampe allein hat wenig Bedeutung, da die in der Verteilzone herrschenden hohen Geschwindigkeiten keine hohen Δt -Werte aufkommen lassen, mithin auch ohne zeitliche Regelung eine hinreichend dichte Wagenfolge gewährleistet sein würde.

Wird in Verbindung mit der Steilrampe nur eine Bremsstaffel angewendet, so muß sie am Fuß der Rampe, im Gebiet der höchsten Geschwindigkeiten liegen. Für diese Lage sprechen wieder nur wirtschaftliche Erwägungen. Denn hier genügen, gemäß den noch wenig verzweigten Gleisen, wenige schwere Bremsen, während in dem Maß der Verschlebung der Staffel nach vorn sich ihre Zahl schnell erhöht. Die so gelegene Bremsstaffel kann nur eine Hauptaufgabe lösen, nämlich die Beeinflussung der Laufweite. Aus dem Geschwindigkeits-Zeitweg-Diagramm geht hervor, daß mit der Energieänderung bei hohen Geschwindigkeiten nur geringe Änderungen der Laufzeit verbunden sind. Daraus folgt weiter, daß Beeinflussungen der Laufzeit von diesem Ort aus nur sehr untergeordnete Bedeutung haben und stets zwangsläufig mit erheblicher Änderung der Laufweite verbunden sind.

Dieser Bremsstaffel ist von Frölich die Aufgabe gestellt, auf Laufziel zu bremsen. In diesem Ablaufsystem haben die für den freien unbeeinflussten Ablauf angestellten Erwägungen nur Geltung bis zum Einlauf der Wagen in die Bremse. Für den weiteren Lauf scheidet die Betrachtungen des freien Ablaufes aus. In dem ersten Teil des durch die Bremse geteilten Ablaufes herrschen für den Lauf sehr gute Verhältnisse. Durch die von der Steilrampe herrührenden hohen Beschleunigungen werden die Wagen schnell auseinander gezogen und weiterhin innerhalb kurzer Zeit auf hohe Geschwindigkeiten gebracht. Die Laufzeitunterschiede sind dementsprechend sehr niedrig, da die Laufwege höchstens 100 m betragen. In diesem Abschnitt ist die denkbar dichteste Wagenfolge möglich.

Mit dem Einlauf in die Gleisbremse wird der freie Ablauf unterbrochen; in ihr wird auf Laufziel beeinflusst. Hierdurch ist der Laufzustand eindeutig festgelegt. Die Geschwindigkeit, mit der die Wagen die Gleisbremse verlassen, ist nur abhängig von der Zielweite. Durch diese Beeinflussung auf Laufziel ist eine Rückwirkung auf die Wagenfolgezeit und damit auf die Gesamtleistung der Anlage in zweifacher Beziehung zu erkennen:

1. Je näher der Zielpunkt des Wagens am Berg liegt, je kürzer also seine Laufstrecke ist, um so geringer muß die Geschwindigkeit sein, mit der er die Bremse verläßt. Die Folge ist, daß bei diesen niedrigen Geschwindigkeiten die Δt -Werte gemäß der hyperbolischen Funktion erheblich abfallen (siehe Geschwindigkeits-Zeitweg-Diagramm). Aus den Untersuchungen Frölichs*) geht hervor, daß bei normaler Temperatur und Windstille der Laufzeitunterschied zwischen dem O- und G-Wagen, die 50 m hinter dem Merkzeichen der letzten Weiche zum Stillstand kommen sollen, an der letzten Trennungweiche etwa 10 Sek. beträgt. Diese durch die Verringerung der Geschwindigkeiten bedingten Laufzeitunterschiede werden niedriger, wenn die Wagen weiter in die Richtunggleise hineinlaufen, also größere Geschwindigkeiten beibehalten können.

2. Erheblich dagegen wachsen die Unterschiede, wenn die Laufziele zweier nachfolgender Wagen voneinander abweichen, was in der Praxis immer der Fall ist. Die Laufzielbremsung fordert, daß ein schlechter Läufer, der in ein besetztes Gleis einlaufen soll, gebremst wird, während der nachfolgende Gutläufer, der bis ans Ende der Sammelgleise durchlaufen soll, ungebremst bleibt; es wird also gerade eine umgekehrte Handlung vorgenommen, wie zur Erreichung kleiner Δt innerhalb der Verteilzone erforderlich wäre. In diesem Falle können Laufzeitunterschiede bis zu 20 Sek. in der letzten Verteilweiche auftreten.

Hinter der Zentralbremse herrscht also ausschließlich durch die Zielbremsung festgelegter Laufzwang. Zwangmäßig sind dadurch aber auch die Pufferzeitabstände in dieser Zone beeinflusst, nicht in erster Linie infolge der unterschiedlichen Lauffähigkeit von Gut- und Schlechtläufer, sondern infolge der unterschiedlichen Laufweite. Die angeführten größten Δt -Werte treten naturgemäß selten auf; sie sind als Grenzwerte aufzufassen. Aus den Diagrammen aber geht hervor, daß mit Größen von 4 bis 6 Sek. sogar an den ersten Weichen stark zu rechnen ist. Es kommt aber hierbei nicht so sehr auf die Feststellung absoluter Zahlen an, sondern darauf, daß die in der Verteilzone auftretenden Laufzeitunterschiede im wesentlichen eine Folge der Laufzielbremsung sind und nicht etwa durch den Ablaufvorgang an sich bedingt sind. Die Laufzielbremsung vom Fuß der Rampe aus bringt die Laufverhältnisse der Verteil- und Sammelzone in eine Abhängigkeit. Es wäre richtig, wenn in diesem Abhängigkeitsverhältnis der die Gesamtleistung bestimmende Faktor, der Ablaufvorgang, der übergeordnete Begriff wäre. Er ist es aber nicht, sondern ist untergeordnet einer Betriebsbehandlung in den Sammelgleisen, die an sich mit der Leistung nichts zu tun hat. Es wird hier klar, daß die Laufzielbremsung die Wirtschaftlichkeit zu beeinflussen vermag und zwar erheblich, nicht aber in demselben Ausmaß die Ablaufleistung.

In Abb. 6, Taf. 15 sind die aus der unterschiedlichen Laufweite in der Verteilzone sich ergebenden Laufzeiten eingetragen. Für die weitere Untersuchung ist mit einer Zerteilung der Sammelzone gerechnet. Es kann kaum angenommen werden, daß der Fall eintritt, daß ein Wagen in ein vollkommen besetztes, der folgende in ein völlig leeres Gleis einläuft und dabei eine Umstellung der äußersten Weiche erforderlich wird.

Es wird vielmehr damit gerechnet, daß zwei hintereinander laufende Wagen entweder in die hintere oder aber in die vordere Hälfte der Richtunggleise laufen. Die Praxis hat ferner ergeben, daß die entferntesten Teile der Sammelgruppe einer Laufzielbremsung nicht zugänglich sind, insofern, als eine Abstufung der Laufweiten über 500 bis 600 m hinaus nicht mehr möglich ist. In diesem Sinn ist unter der vordersten Hälfte der Sammelgruppe diejenige vom Merkzeichen der äußersten Weiche bis 300 m Entfernung von diesem verstanden, unter der hinteren Hälfte diejenige von 300 bis 600 m (vom letzten Merkzeichen gerechnet). Es ist ferner mit zwei festen Punkten gearbeitet. Die Laufzeitunterschiede an diesen Punkten werden als Vergleichsmaßstab verschiedener Bremssysteme betrachtet. Der eine Punkt liegt 70 m hinter dem Auslauf der am Fuß der Steilrampe gelegenen Gleisbremse. Hier kann bei richtiger Weichenentwicklung die Zunge der letzten Weiche liegen. Der zweite Punkt ist 25 m hinter Auslauf der Gleisbremse angenommen. Bei Verwendung von Steilweichen und einer Gleisentwicklung mit Hilfe von Vierwegeweichen liegt an diesem Punkt die erste hinter der Gleisbremse gelegene Weichenstaffel. (Die zweite und letzte liegt bei 70 m.) Bei einer Gleisentwicklung mittels normaler Weichen würde an dieser Stelle etwa die zweite hinter der Bremse gelegene Weichenstaffel angeordnet sein.

Da es sich in den folgenden Rechnungen um den Vergleich von verschiedenen Bremsanordnungen handelt, ist der Einfluß der Ausrundungsbögen vernachlässigt.

Der Grund dafür, daß durch die Laufzielbremsung vom Fuß der Steilrampe aus die Laufzeiten in der Verteilzone so entscheidend beeinflusst werden, liegt in der Notwendigkeit meist niedriger, stets wechselnder Geschwindigkeiten, die am Ausgang der Gleisbremse herrschen. Notwendig wären sie frühestens am Ende der Verteilzone, geschaffen aber werden sie inmitten dieser Zone. Statt also zwingende Gesetzmäßigkeit in den Lauf der Fahrzeuge gerade innerhalb der Verteilzone hineinzubringen, deren vollkommenster Erreichung Profilgestaltung und Weichenentwicklung dienen, wird der Brennpunkt dieser Zone Ausgangspunkt einer — vom Standpunkt der Verteilzone — ganz willkürlichen Beeinflussung, die sich erst viel später in der Sammelgruppe auswirkt und mit der Aufgabe der Verteilgruppe nichts zu tun hat. Der Grund für die Anwendung hoher Geschwindigkeiten liegt nun — abgesehen von der allerdings nicht zu unterschätzenden Strecke vom Ablaufkopf bis in die Gleisbremse, worauf später noch eingegangen wird — nicht mehr in ihrer Eigenschaft, die Laufzeitunterschiede klein zu halten. Die hohen Geschwindigkeiten sind vielmehr in der Gleisbremse erforderlich, um auch unter ungünstigen Witterungsverhältnissen den Lauf in das widerstandsreichste Gleis sicherzustellen, da hinter der Gleisbremse praktisch keinerlei Gefälle mehr liegen darf, um nicht durch zusätzliche Beschleunigungen die Laufzielbremsung unmöglich zu machen.

Der Weg, der zu beschreiten ist, um die sich aus der Laufzielbremsung vom Fuß der Rampe aus ergebenden nachteiligen Folgen herabzumindern, liegt in der Schaffung höherer Auslaufgeschwindigkeiten aus der Gleisbremse. Es ist zunächst der Begriff der theoretischen Laufzielbremsung von der praktischen zu unterscheiden. Um die aus der Laufzielbremsung vom Fuß der Steilrampe aus sich ergebenden hohen Laufzeitunterschiede an den entferntesten Weichen herabzusetzen, ist in den folgenden Betrachtungen die Abbremmung auf einen festen Zielpunkt ersetzt durch eine begrenzte Zielstrecke, deren oberste und unterste Grenze eingehalten werden sollen. Inwieweit überhaupt wegen der Vielheit der zu einer genauen Bemessung des Laufweges beitragenden Faktoren, deren Kenntnis dem Bremser bei der Vornahme der

*) Frölich: Ablaufdynamik. Organ 1926, S. 237 ff.

Beeinflussung noch unbekannt ist — Radstärke, Beschaffenheit der Radreifen (rauh, glatt oder ölig), wodurch die Reibungszahl und damit die Bremsleistung stark beeinflusst wird — eine genaue Feineinstellung möglich ist, sei hier nicht erörtert. Hinzu kommt, daß bei Hochleistungsanlagen mit einer Wagenfolgezeit von etwa 6 Sek. die Zeit zu derartigen Einstellungen gar nicht vorhanden ist. In vielen Fällen wird es genügen, die Fahrzeuge angenähert zum Zielpunkt zu bringen, also mit Roheinstellung in der ersten Bremse zu arbeiten. Denn so ist es möglich, daß vorzeitig stehen gebliebene Wagen — sei es durch ungenaue Bremseinstellung oder mangelnde Lauffähigkeit — durch weniger stark beeinflusste Gutläufer angestoßen und zum Weiterlauf gebracht werden. Um dieses auf dem natürlichen Ausgleich von Schlecht- und Gutläufer, auf zu stark und zu schwach beeinflussten Wagen beruhende Verfahren zu einem System des Sammelns in den Richtungsgleisen auszubauen, wäre es — worauf später eingegangen wird — erforderlich, den Richtungsgleisen die stärkste zulässige Gleichgewichtsneigung, also 1:250 oder $4\frac{9}{100}$ zu geben, um die Aufschleißmöglichkeit weiter zu verbessern.

Zunächst ist zu untersuchen, wie sich die Laufverhältnisse in der Verteilzone durch den Übergang von Feineinstellung auf Roheinstellung ändern. Hierbei ist unter Roheinstellung in den folgenden Untersuchungen ein solcher Zustand verstanden, durch den die Laufzeiten verbessert werden und zwar bis zu ihrem Höchstwert. Es ist angenommen, daß, um die niedrigen Auslaufgeschwindigkeiten heraufzusetzen, der gebremste Gutläufer statt mit der Geschwindigkeit 0 mit einer solchen von 2 m/sec am theoretischen Zielpunkt ankommen darf. Andererseits ist zugestanden, daß der Schlechtläufer 50 m vor dem theoretischen Zielpunkt zum Halten kommt. Es ist angenommen, daß die so entstehenden Lücken durch die höheren Geschwindigkeiten der Gutläufer aufgeschlossen werden. Wie die Geschwindigkeitshöhenlinien zeigen, werden durch diese Maßnahme sowohl die absoluten Geschwindigkeiten der gebremsten Gutläufer heraufgesetzt, als auch die unterschiedlichen Geschwindigkeiten der O- und G-Wagen mehr einander angenähert. Es herrschen in der Verteilzone günstigere Laufzeiten. In Abb. 7, Taf. 15 ist diese „gleitende Laufzielbremsung“ untersucht. Wie in Abb. 6, Taf. 15 sind wiederum die durch die unterschiedlichen Laufziele in der Verteilzone bedingten Laufzeiten aufgetragen. Gegenüber der Laufzielbremsung mit festem Zielpunkt herrschen für die Wegspanne von 600—300 m Zielweite — wieder gerechnet vom Merkzeichen der äußersten Weiche — an dem 25 m-Punkt nur Laufzeitunterschiede von 3,5 Sek., für die Spanne von 300—100 dagegen 2,3 Sek. An dem 70 m-Punkt betragen diese Laufzeitunterschiede 10,8 Sek. bzw. 6,8 Sek. Es tritt also an dem 25 m-Punkt eine Verbesserung von 34% für die 600—300 m-Spanne und von 54% für die 300—100 m-Spanne gegenüber der Zielbremsung mit festem Zielpunkt ein. Für den 70 m-Punkt betragen diese Verbesserungen 44% bzw. 45%. Es gehen also gerade für den Abschnitt, für den die Laufzielbremsung die größte Bedeutung hat, nämlich die erste Hälfte der Richtungsgleise, die Laufzeitunterschiede um durchschnittlich 49% zurück, während die Verbesserung für die zweite Hälfte — gemäß den durch die größere Laufweite bedingten größeren Geschwindigkeiten — etwas geringer ist. Aus dem Vergleich des 25 und 70 m-Punktes geht hervor, daß die Verbesserung sich an den am weitesten gelegenen Weichen ebenso stark auswirkt wie an den vordersten. Sie beträgt im ersten Fall im Durchschnitt 44%, im zweiten im Durchschnitt 44,5%.

Die Zeit-Weglinien der angeführten Diagramme sind mit einem festen Nullpunkt gezeichnet. Dies entspricht nicht genau den Tatsachen. Bei Einlauf in die Gleisbremse ist bereits zwischen O- und G-Wagen ein bestimmter Laufzeit-

unterschied vorhanden. Dieser ist aber um so geringer, je steiler die Rampe ist, je größer also auch die Geschwindigkeiten, und um so kürzer der Weg vom Ablaufkopf bis zur Gleisbremse ist. Bei einer Steilrampe von 1:25 und 3 m Höhe beträgt dieser Weg bis Einlauf-Gleisbremse 60 m. An dieser Stelle ist ein Δt von 0,6 Sek. vorhanden. Selbst wenn der Weg 100 m beträgt — wie in Hamm — beträgt dieser Zeitunterschied 1,1 Sek., Abb. 6 b und 7 b, Taf. 16 zeigen die hierdurch hervorgerufenen Überschneidungen gewisser Zeit-Weglinien. Bei der Bremsung auf festen Zielpunkt entsteht daher hinter der Gleisbremse eine kurze Zone, in der sich die Laufzeitunterschiede zum Teil ausgleichen. Werden wieder die 600—300- und 300—100 m- Wegspanne getrennt betrachtet, so ergibt sich für die erste eine Zone von 20 m, in der höchste Δt -Werte von 4 Sek. herrschen, für die zweite eine solche von annähernd demselben Wert (24 m). Diese beiden Werte betragen bei der „gleitenden“ Laufzielbremsung für die 600—300 Spanne etwa 35 m, für die zweite von 300—100 m hingegen 52 m. Bei Betrachtung des Gesamtspielraums von 600—100 m Zielweite würden diese Werte entsprechend noch niedriger. Aus den oben angegebenen Gründen dürfte aber diese Annahme kaum den wirklichen Verhältnissen Rechnung tragen.

Auch diese Diagramme zeigen wiederum, daß die „4 Sek.-Zone“ — das ist die Strecke, auf der höchstens Δt -Werte bis zu 4 Sek. auftreten — um so länger wird, je flacher die Kurven verlaufen, je höher also die Geschwindigkeiten liegen. Aus dem Vergleich der Abb. 7 a, b, Taf. 16 geht hervor, daß die „4 Sek.-Zone“ größer wird, wenn ein bestimmtes Δt in der Gleisbremse vorhanden ist. Für die gesamte Wegspanne betrachtet, hat Diagramm 7 b eine um fast 10 m größere „4 Sek.-Zone“ als Diagramm 6 b. Sie wäre noch mehr zu verbessern, wenn Δt noch größer sein würde. Durch Verschieben des 0-Punktes des Büschels der G-Wagen nach oben (Abb. 7 b) läßt sich leicht ersehen, daß durch Vergrößern von Δt innerhalb der Gleisbremse beide Büschel der O- und G-Wagen mehr ineinander geschoben würden. Nach Erreichung eines bestimmten Größtmaßes werden dann die Verhältnisse wieder schlechter, sobald die Büschel nach oben auseinander gehen würden. Daraus folgt, daß es bei dieser Art Bremsung vorteilhaft ist, nicht zu geringe Laufzeitunterschiede in der Gleisbremse zu haben.

Um den schädlichen Einfluß der durch die verschiedenen Laufzielweiten hervorgerufenen Laufzeitunterschiede in der Verteilzone noch weiter herabzumindern, bleibt die Möglichkeit, in diesem Gebiet hohe Geschwindigkeiten anzuwenden, bei denen sich die Geschwindigkeitsunterschiede erheblich weniger bemerkbar machen als bei niedrigen Geschwindigkeiten. Gefordert muß auch hier werden, daß zu Beginn der Sammelzone diejenigen Geschwindigkeiten herrschen, die zur Erreichung des Laufziels gerade erforderlich sind. Frölich schrickt davor zurück, die Verteilzone in eine Steigung zu legen; dadurch würde immerhin erreicht, daß auch die Wagen mit kurzem Ziellauf die Bremse mit einer der Steigung entsprechenden höheren Geschwindigkeit verlassen könnten. Immerhin wird dadurch an den Zeitverhältnissen der am weitesten vorgeschobenen Weichen wenig geändert, da gerade hier die Geschwindigkeiten schon wieder niedrig liegen. Um in der gesamten Verteilzone hohe Geschwindigkeiten zu haben, müßte diese waagrecht liegen und die Steigung an ihrem Ende in einer kurzen Rampe zusammengefaßt werden. Wird diese Steigrampe a durch Gefälle auf dem Ablaufberg b ausgeglichen, so ändert sich theoretisch an den Geschwindigkeitsverhältnissen zu Beginn der Sammelzone an Punkt E nichts (Abb. 5 a). Für diesen Geschwindigkeitszustand sind die Profile ABCDE (II) und Profil ABE (I) ohne Unterschied. Das heißt: Ein Wagen, der infolge fester Bremse oder durch falsche Bremsbeeinflussung in der Verteilzone an dem Punkt X stehen bleibt, sperrt auf dem Profil I ebenso diese Zone wie auf dem Profil II. Durch

Rücklaufschutz sollte dann der Punkt D noch so gesichert werden, daß die Steigrampe D—E nicht zur Treibrampe gegen die Ablaufrichtung wird. Damit wäre theoretisch der Betrieb auf beiden Profilen auf dieselben Voraussetzungen gebracht.

Die Laufverhältnisse sind in Abb. 7, Taf. 15 und 7c, d, Taf. 16 untersucht. Daraus geht zunächst hervor, daß an der letzten Verteilweiche selbst bei Bremsung auf den 100 m-Zielpunkt Geschwindigkeiten von 5 m/sec herrschen, wobei die Höhe der Steigrampe und der ausgleichenden Fallrampe mit 0,5 m angenommen ist. Demgegenüber herrschen auf dem Profil I bei demselben Bremsmaß an dieser Stelle Geschwindigkeiten von nur 2,3 m/sec. Es ist also mit Sicherheit erreicht, daß auf dem Profil II die Geschwindigkeit von 5 m/sec nicht unterschritten wird. Dieser Wert ist als „kritische Geschwindigkeit“ aufzufassen: aus Frölichs Untersuchungen geht hervor, daß bei Geschwindigkeiten unter 5 m/sec die Δt -Werte infolge der hyperbolischen Beziehung zwischen v und t erheblich schneller anwachsen als bei Geschwindigkeiten von 5 m/sec und darüber. Die außerordentliche Verbesserung der Zeit-Weglinien geht auf diesen Umstand zurück. Für die 600—300 m-Wegspanne beträgt der Laufzeitunterschied an dem 25 m-Punkt 2,2 Sek., für die 300—100 m-Wegspanne 1,2 Sek. An dem 70 m-Punkt betragen diese Zeitunterschiede 6 Sek. bzw. 3 Sek. Es tritt also an dem 25 m-Punkt gegenüber der „gleitenden Laufziel-

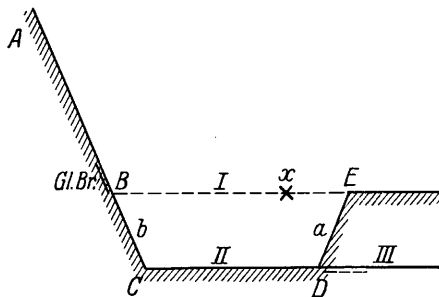


Abb. 5a.

bremmung“ eine Verbesserung ein, für die 600—300 m-Wegspanne von 37%, die 300—100 m-Wegspanne von 48%. Für den 70 m-Punkt betragen diese Verbesserungen 44% bzw. 56%. In Abb. 7d sind die Zeit-Weglinien unter Berücksichtigung des in der Gleisbremse bereits bestehenden Δt -Wertes eingetragen. Durch den flachen Verlauf der Kurven wird die Zone, in der sich die Laufzeitunterschiede zum Teil ausgleichen, erheblich größer als bei den vorhergehenden Diagrammen. Die „4 Sek.-Zone“ beträgt für die 600—300 m-Wegspanne etwa 57 m, für die 300—100 m-Wegspanne hingegen beträgt der überhaupt auftretende größte Δt -Wert nur etwa 3 Sek. Wird die Gesamt-Wegspanne 600—100 m betrachtet, so beträgt die 4 Sek.-Zone 50 m auf dem Profil II, während sie auf dem Profil I 30 m betrug.

Das Bremsprinzip auf Profil II ist dasselbe wie auf Profil I. Die Höhenlage der Bremse gegenüber Punkt E ist in beiden Fällen gleich. Daraus folgt, daß auch die Bremsleistung dieselbe ist und daß ein und dieselbe Bremsbeeinflussung auf beiden Profilen gleiche Laufweiten ergibt. Aus der unveränderten Lage der Bremsstaffel geht ferner hervor, daß auf beiden Profilen das gleiche Abhängigkeitsverhältnis zwischen Laufzeit und Laufzielbeeinflussung besteht. Aber diese Abhängigkeit tritt auf Profil II bedeutend weniger in Erscheinung als auf Profil I. Denn die Geschwindigkeiten sind aus der unteren Zone herausgehoben und über den kritischen Punkt von 5 m/sec verlegt. Dieses Bremsystem, Laufzielbremsung mit eingeschalteter Gegensteigung am Ende der Verteilzone, bildet in seiner Auswirkung den Übergang von der Einstaffelbremsung zur Zweistaffelbremsung.

2. Beeinflussung durch zwei Bremsstaffeln.

Bei dieser Anordnung ist die Lage der zweiten Staffel unabhängig von dem verwendeten Bremsystem gegeben. Sie liegt hinter oder vor den letzten Verteilweichen und zieht sich über die gesamte Breite der Richtungsgleise. Diesen Bremsen fällt bei angeschlossener flacher Richtungsgruppe die Aufgabe zu, auf Laufziel abzubremsten. Grundsätzlicher Erörterung bedarf nur die der ersten Bremsstaffel zufallende Aufgabe; denn durch sie wird ihre Lage im Raum bestimmt. Es könnte zunächst die zweite Bremsstaffel — die Nachbremsen — die Aufgaben der im vorigen Absatz untersuchten Gegensteigung am Ende der Verteilzone übernehmen. Sie würde alsdann lediglich zur Geschwindigkeitsvernichtung dienen. Die erste Bremsstaffel — die Vorbremser — würde dann noch weiter als bei der gleitenden Laufzielbremsung von einer bestimmten, auf eine kurze Strecke bemessenen Brems-einstellung frei und könnte so, wenn auch in beschränktem Maße, die Aufgaben der Laufzeitbeeinflussung, also der Abstandhaltung innerhalb der Gefahrzone, lösen. Der Verlauf der Zeit-Weglinien würde, da für die der Verteilzone am nächsten liegenden Zielpunkte höhere Geschwindigkeiten eingestellt werden könnten, noch etwas günstiger werden als das Diagramm der Laufzielbremsung mit zwischengeschalteter Gegensteigung am Ende der Verteilzone aufweist (Abb. 7d, Taf. 16). Bei sinngemäßer Übertragung der Verhältnisse von Profil II auf das neue Profil III (ABCD) ist lediglich die Gegensteigung durch die Nachbremsen an Punkt D ersetzt. Dadurch aber erfährt die Lage der Vorbremser eine Änderung. Diese liegen bei Profil I am Fuß der Steilrampe, hingegen bei Profil II näher an den Brechpunkt herangezogen, innerhalb der Steilrampe. Die Laufverhältnisse in der Verteilzone (B—E bzw. C—D) sind auf Profil I die gleichen wie auf Profil II, das heißt, mit einer bestimmten Beeinflussung auf Laufweite ist in beiden Fällen dieselbe zwangläufige Beeinflussung der Laufzeit verbunden. Für Profil II wäre insofern eine Verbesserung möglich, als die Bremse auch hier an den Fußpunkt C gelegt würde, wo die Geschwindigkeiten um die Gefällshöhe h_2 größer sind als in B, und — gemäß dem Geschwindigkeits-Zeit-Wegdiagramm — die Abhängigkeit von Laufweite und Laufzeit weniger merkbar würde. Aber bei den an sich hohen Geschwindigkeiten ist es für die Rückwirkung auf die Laufzeit ziemlich belanglos, ob in der Bremse Geschwindigkeiten von 6 bis 7 m/sec oder aber, gemäß der zusätzlichen Gefällshöhe von 0,5 m, solche von 6,5 bis 7,5 m/sec herrschen. Demgegenüber steht eine nutzlose Erhöhung der Bremsleistung um die zusätzliche Höhe h_2 , die am Ende der Verteilzone durch die Gegenrampe wieder gewonnen werden muß. Zudem sprechen die anderen angeführten Gründe — Ausgleich der Gegensteigung in der Steilrampe und einfache, von der Senkung unabhängige Brems-einstellung — für die Lage der Bremsstaffel an dem Punkt B. Diese Begründungen haben keine Gültigkeit mehr für das mit zwei Bremsstaffeln ausgestattete Profil III. Vielmehr bedarf die Lage der ersten Bremsstaffel gesonderter Betrachtung.

Werden zwei Bremsstaffeln verwendet, so ist es folgerichtig, hierfür ebenfalls ein klares System aufzustellen. Wird wiederum als Ausgangspunkt der freie, unbeeinflusste Ablauf genommen, so bietet die Verwendung zweier Bremsstaffeln die Möglichkeit, die durch die hohen Geschwindigkeiten in der Verteilzone bedingten günstigen Laufverhältnisse auszunutzen, ebenso, wie dies durch die zwischengeschaltete Gegensteigung bei Verwendung einer Bremsstaffel angestrebt wurde. Die hohen Geschwindigkeiten werden erst hinter der Verteilzone vernichtet und gleichzeitig von hier aus auf Laufzielweite beeinflusst. Um aber an dieser Stelle nicht Bremsen von einer der gesamten Berghöhe entsprechenden hohen Leistung zu benötigen, werden die Geschwindigkeiten in der

ersten Bremsstaffel so geregelt, daß die Nachbremsen nur eine bestimmte Bremsleistung, entsprechend einer bestimmten höchsten Geschwindigkeit zu haben brauchen. Diese höchste Geschwindigkeit steht fest: sie muß so groß sein, daß in den letzten Weichen, wo die Gefahr des Aufsteigens der Δt -Kurven zu höheren Werten besteht, die Geschwindigkeiten oberhalb des kritischen Punktes, also etwa bei 5 m/sec liegen. Diese Geschwindigkeit entspricht einer für den beladenen O- und unbeladenen G-Wagen gemittelten Gefällshöhe von 1,4 m. Demnach kommen als Nachbremsen solche von einer Leistungsfähigkeit von 1,5 m Energiehöhe in Betracht. Soll ein 33 t-Wagen bis zum Halten abgebremst werden, ist eine Arbeit von 45 bis 50 mt notwendig. Die Energiehöhe der Vorbremsen kann also um ein entsprechendes Maß verringert werden, das heißt, es kann hinter diesen Bremsen noch Energie erzeugt werden und zwar so viel, wie mindestens in den Nachbremsen herrschen muß. Mit Rücksicht auf Vorsichtswagen und Gruppenabläufe ist diese unterste Grenze zu 3 m/sec angenommen, entsprechend einer mittleren Energiehöhe von 0,5 m. Da bei kürzester Weichenentwicklung die Entfernung zwischen Vor- und Nachbremse etwa 100 m beträgt, so kommt für den mit $20/_{00}$ angenommenen Gutläufer eine Gefällshöhe von $20/_{00} \cdot 100 = 0,2$ m hinzu. Die Vorbremse kann um $0,5 + 0,2 = 0,7$ m höher liegen als die Nachbremse. Die erste Staffel wird also vom Fuß der mit 3 m Höhe angenommenen Steilrampe auf 2,3 m Höhe hinaufgezogen, kommt demnach aus dem Geschwindigkeitsbereich von etwa 7 m/sec in einen solchen von etwa 5,5 m/sec. Es ist hier mit jeder Beeinflussung der Laufweite bereits eine merkbare Rückwirkung auf die Laufzeit verbunden (siehe Geschwindigkeits-Zeitweg-Diagramm). Am größten ist diese Beeinflussung der Laufzeit nach dem 3. Satz Frölichs in dem Gebiet der niedrigen Geschwindigkeiten, am Kopf der Steilrampe, während am Fuß gemäß der hier herrschenden hohen Geschwindigkeit mit jeder Beeinflussung eine beträchtliche Energieänderung verbunden ist. Hier wird in erster Linie die Laufweite beeinflusst, während die Rückwirkung auf die Zeit um so geringer ist, je höher die Geschwindigkeiten sind. Liegt die erste Bremsstaffel irgendwo zwischen diesen beiden festen Punkten am Kopf bzw. am Fuß der Steilrampe, so tritt in dem Maß ihrer Verschiebung von einem der festen Punkte eine gleichzeitige Beeinflussung von Laufweite und Laufzeit ein. Es ist die Frage, ob eine derartige Beeinflussung durch die erste Staffel erwünscht ist, oder ob sie gar anzustreben ist.

Übernehmen die Nachbremsen die Laufzielbremsung — wobei es durchaus möglich ist, daß die Vorbremsen, sofern es der Laufzustand gestattet, die Endbremsung durch Roh-einstellung unterstützen — so können die Vorbremsen in erhöhtem Maße zur Abstandhaltung innerhalb der Verteilzone herangezogen werden. Soll die Vorbremse auf einen bestimmten, stets gleichbleibenden Laufzustand zu Beginn der Sammelgleise beeinflussen, so muß der dem schlechtlaufenden G-Wagen folgende gutlaufende O-Wagen in zweierlei Beziehung gebremst werden. Sein Laufvermögen muß vermindert werden, um am Ende der Gefahrzone die zulässige Höchstgeschwindigkeit von 5 m/sec. einzuhalten und die Laufzeit muß beeinflusst werden, um ein zu dichtes Auflaufen auf den Vorläufer zu vermeiden. Wird im Gebiet der mittleren Geschwindigkeiten gebremst (4 bis 6 m/sec), so besteht zwischen Laufzeit und Laufweite gerade jene gewünschte Abhängigkeit. Dieses Bremssystem ist gekennzeichnet durch die Lage der schweren Vorbremsen im letzten Drittel der Steilrampe, sowie leichte Nachbremsen zu Beginn der Sammelzone. Dieses System ist im folgenden als „Zweistaffelbremsung“ bezeichnet. Sollen in der Nachbremse keine höheren Geschwindigkeiten als 5 m/sec herrschen, so können bei einer Gleichgewichtsneigung der Sammelgleise von 1:550 an dieser Stelle nur solche Laufweiten

geregelt werden, die nicht weiter als 500 m hinter dem letzten Merkzeichen liegen. Hierfür ist der höchste Laufzeitunterschied der in der ersten Bremsstaffel auftretende von 0,6 Sek. Für weiter entfernt liegende Zielpunkte kann die Nachbremse nicht mehr regelnd eingreifen. Zwischen 600 und 500 bis 100 m Wegspanne treten alsdann höchste Δt -Werte von 2 Sek. auf. Wird hingegen eine Gleichgewichtsneigung von 1:400 gewählt, so ergibt sich bei einer Länge der Neigung von 450 m ein Höhengewinn von 0,3 m. Die Geschwindigkeitshöhenlinie des Wagens mit 600 m Zielpunkt kann dementsprechend gesenkt werden. Der Laufzeitunterschied beträgt dann ebenfalls nur 0,6 Sek. Der Einfluß der Witterung macht sich bei diesem Bremssystem nur auf der kurzen Strecke vom Ablaufkopf bis in die erste Bremsstaffel bemerkbar, während im übrigen, sofern nur die Verteilzone — sei es auch mit verminderter Geschwindigkeit — durchlaufen wird, nur eine Rückwirkung auf die Leistung durch mangelnde Lauffähigkeit (Stehenbleiben der Wagen im vorderen Gleisgebiet, Verstopfen der Gleisspitzen) eintreten kann. Diese Witterungsunempfindlichkeit wird dadurch gewährleistet, daß es möglich ist, ohne irgendwelche Rücksicht auf die Vorgänge in der Sammelgruppe die Geschwindigkeitshöhen in weiten Grenzen innerhalb der Gefahrzone zu verlagern, mithin die Laufzeitunterschiede zweier nachfolgender Wagen auszugleichen.

Es könnte scheinen, als ob durch diese Maßnahme die Lauffähigkeit der Wagen im allgemeinen beeinträchtigt würde. Aber wie die Untersuchungen Abb. 9, Taf. 17 zeigen, wird der Schlechtläufer nur in den Fällen beeinflusst, in denen seine Geschwindigkeit in den Nachbremsen 5 m/sec überschreiten würde, wo also auch nach der Beeinflussung ein genügendes Laufvermögen zur Verfügung steht. Die Laufzeitunterschiede werden im wesentlichen durch Verlagerung der Geschwindigkeitshöhenlinien der Gutläufer ausgeglichen. Dies aber ist unbedenklich, da diese Wagen gegenüber den G-Wagen infolge ihres geringen Eigenwiderstandes doch höhere Lauffähigkeit besitzen und zudem bei allen Bremsungen infolge der Forderung des Ausgleichs der Δt -Werte in den Nachbremsen die Geschwindigkeitshöhe des Gutläufers wieder größer ist als die des Schlechtläufers. So besitzen die O-Wagen den G-Wagen gegenüber noch genügend Stoßkraft, um durch vorzeitiges Stehenbleiben letzterer entstandene Lücken aufzuschließen. Darüber hinaus ist aber für die Laufweite doch nur der Schlechtläufer maßgebend, denn danach richtet sich der etwa notwendige Einsatz von Beidrückmaschinen oder anderen Vorrichtungen.

Es ist vorgeschlagen worden*), bei Verwendung ebenfalls zweier Bremsstaffeln die eine an den Fuß der Steilrampe, die andere in die Steilrampe zu verlegen. Die Gutläufer sollen auf der Steilrampe durch Bremsen so beeinflusst werden, daß sie bis zur Talbremse annähernd die gleichen Laufgeschwindigkeiten wie die Schlechtläufer haben. Der Δt -Wert am Beginn der Talbremse, der zwischen Gut- und Schlechtläufer 1,1 Sek beträgt (normale Temperatur, Windstille) würde hierdurch gleich 0. Daraus ist gefolgert worden, daß bei allen Abbremsungen durch die Talbremse, unter Einfluß der angenommenen Bremswirkung auf der Steilrampe, alle T_{0max} -Werte — das sind die größten Wagenfolgezeiten — um den Betrag $\Delta t = 1,1$ Sek. kleiner werden. Dies tritt aber im allgemeinen nicht ein. Wird wiederum der Betrachtung zunächst der freie unbeeinflusste Ablauf zugrunde gelegt, so würde bei ihm, wenn nach dem Vorschlag Müllers in der Talbremse ein $\Delta t = 0$ vorhanden wäre, der auf die letzte Weiche bezogene Laufzeitunterschied verkleinert. Aber auch nur in diesem einen Fall, der außerhalb der Betrachtung der Bremssysteme steht, denn hier liegt die Geschwindigkeits-

*) Dr. Ing. Müller, Dresden: Über den Einfluß der Abbremsung auf die Wagenfolgezeiten. Verkehrstechn. Woche 1929, S. 137.

höhenlinie des Gutläufers oberhalb der des Schlechtläufers und zwar auf der gesamten Strecke vom Ablaufkopf bis Ende Verteilzone. Die Laufzeitunterschiede addieren sich hier. Sobald aber durch die Talbremse die Geschwindigkeit des Gutläufers unter die des Schlechtläufers gesenkt wird, gebraucht der Gutläufer für das Zurücklegen einer Streckeneinheit eine längere Zeit als der Schlechtläufer, während vor der Talbremse gerade das Umgekehrte der Fall ist. Es addieren sich die Laufzeitunterschiede, aber mit entgegengesetzten Vorzeichen, so daß sich von der Talbremse ab die Laufzeitunterschiede bis auf den Wert 0 verringern und dann erst wieder ansteigen. Es kommt aber gerade darauf an, hinter der Gleisbremse auf einer möglichst langen Wegstrecke niedrige Δt -Werte zu haben. Würde aber nach dem Vorschlag Müllers derjenige Punkt, an dem die Laufzeitunterschiede gleich 0 sind und der in einer bestimmten Entfernung x vom Auslauf der Gleisbremse liegen möge, in die Gleisbremse verlegt, so vergrößern sich damit die Δt -Werte um die unterschiedlichen Laufzeiten auf der Strecke x , das heißt, um den künstlich vernichteten Δt -Wert in der Talbremse. Es tritt also gerade die umgekehrte Beeinflussung ein. Durch Ausgleich der Laufwiderstände des Gut- und Schlechtläufers auf der Steilrampe werden die auf die letzte Verteilweiche bezogenen Laufzeitunterschiede vergrößert und damit die Wagenfolgezeit, also die Zuführungsgeschwindigkeit, verschlechtert. Eine Verbesserung der Laufverhältnisse tritt nur dann ein, wenn hinter der Talbremse die über die Gefahrzone gemittelte Geschwindigkeit des Gutläufers größer oder gleich der Geschwindigkeit des Schlechtläufers ist*).

Diese Betrachtungen geben den Übergang zu der dreigestaffelten Bremsung.

3. Beeinflussung durch drei Bremsstufen.

Diese Bremsanordnung ist vorgeschlagen und begründet von Raab**). Am Ablaufberg liegt eine Gipfelbremse, durch die der Lauf der Fahrzeuge so geregelt wird, daß die Fahrzeuge in gleichen Zeitabständen aus der Talbremse austreten. Letztere ist ausschließlich zu dem Zweck eingebaut, um die Wagenfolge innerhalb der Gefahrzone zu regeln. Hinter der Verteilzone liegen die Nachbremsen, die auf Laufweite beeinflussen. Der Grundgedanke der Abhandlung ist, den kleinsten Laufzeitunterschied in der Gefahrzone aufzuzeigen. Zu dem Zweck wird in der Talbremse der hinter dem Schlechtläufer ablaufende Gutläufer so beeinflußt, daß die Laufzeiten beider innerhalb der Gefahrzone gleich sind. Alsdann ergibt sich ein bestimmter Kleinstwert für Δt . Dieser würde, da die Laufzeiten in der Verteilzone gleich, demnach auch die mittleren Geschwindigkeiten gleich sind, erhöht werden, falls zu Beginn der Verteilzone — Auslauf Talbremse — zwischen O- und G-Wagen bereits ein Laufzeitunterschied bestände. Um diesen, durch die Weglänge von Ablaufkopf bis Talbremse bedingten Δt -Wert zu beseitigen, ist die Gipfelbremse vorgesehen, die so regeln soll, daß alle Wagen in gleichmäßigem Abstand aus der Talbremse herauslaufen.

Bevor zu dem Vorschlag der dritten Bremsstufen am Ablaufkopf und ihrer Aufgabe, die Laufzeitunterschiede bis in die Talbremse zu vernichten, Stellung genommen wird, ist es zunächst erforderlich, zu prüfen, ob überhaupt die angegebene Bremsung auf gleiche Laufzeit innerhalb der Verteilzone die kleinstmöglichen Δt -Werte liefert. Müller (Dresden)

*) Es werden also nicht bei allen Abbremsungen, wie von Müller angegeben, die Wagenfolgezeiten verbessert, sondern von den in dem angeführten Aufsatz untersuchten acht Fällen nur die Fälle E und A, während bei den überwiegenden eine Verschlechterung eintritt.

**) Dr. Ing. Raab, Karlsruhe: Die theoretische Zerlegungsgeschwindigkeitsgrenze eines Güterzuges. Verkehrstechn. Woche 1928, S. 261 ff.

hat in dem angeführten Aufsatz den Einfluß verschiedener Bremsungen zur Erreichung niedrigster Δt -Werte untersucht. Hiernach treten die günstigsten Verhältnisse auf, wenn so gebremst wird, daß am Ende der Gefahrzone der gebremste Gutläufer die gleiche Geschwindigkeit hat wie der ungebremste Schlechtläufer. Ammann gibt eine etwas hiervon abweichende Bremsung an*). Danach wird das niedrigste Δt erreicht, wenn so beeinflusst wird, daß die Zeit-Weglinie des gebremsten Gutläufers am Anfang der Gefahrzone um die Sperrzeit der Anfangsweichen unter der Zeit-Weglinie des vorlaufenden Schlechtläufers und am Ende der Gefahrzone um die Sperrzeit der letzten Weiche über der Zeit-Weglinie des nachfolgenden Schlechtläufers liegt.

Bei beiden Verfahren weist der gebremste Gutläufer in der Verteilzone niedrigere Durchschnittsgeschwindigkeiten auf als der ungebremste Schlechtläufer. Daraus aber folgt nach dem oben ausgeführten, daß mit $\Delta t = 0$ in der Talbremse die Laufzeitunterschiede in der Verteilzone ungünstiger werden, als wenn diese in der Talbremse nicht ausgeglichen werden. Zur Erzielung kleinster Laufzeitunterschiede in der Verteilzone kann demnach eine Gipfelbremse nicht beitragen.

Selbst aber wenn es darauf ankommen sollte, zu Beginn der Verteilzone eine gleichmäßige Wagenfolge zur Verfügung zu stellen, so erscheint es sehr fraglich, ob dies mit einer Gipfelbremse zu erreichen ist. Was für die am Ablaufkopf gelegenen Beschleunigungseinrichtungen gilt, trifft auch für die dort gelegenen Bremsen zu. Es ist an dieser Stelle nur schwer ein genaues Urteil über die Lauffähigkeit der Fahrzeuge zu erlangen, da die Beobachtungsstrecke zu kurz ist. Da es zudem hierbei auf äußerst genaue Beeinflussungen ankommt, müßten Bremsen mit geringer Leistung, aber sehr feinfühleriger Regulierung vorhanden sein, die eine besondere Bedienung erforderlich machen. Zweckmäßig erscheint es hierfür, eine derartige Beeinflussung zwangsläufig mit der Talbremse zu verbinden, insofern, als im Verhältnis der Verminderung der Laufenergie eine zeitliche Verschiebung des beeinflussten Wagens erfolgt. Dieses führt wiederum dazu, die Talbremsen aus dem Gebiet der höchsten Geschwindigkeiten zurückzuziehen und zwar um so viel, daß gerade jene gewünschte Zeitregelung eintritt. Wahrscheinlich läßt sich auf diese Weise der gewünschte Zeitzustand zu Beginn der Verteilzone genauer einstellen, sicherlich aber bequemer, billiger und einfacher.

Gegenüberstellung der einfachen und mehrfachen Bremsstufen.

Die Gegenüberstellung soll unter zwei Gesichtspunkten erfolgen, erstens unter dem der höchsten Leistungsfähigkeit und zweitens unter dem der größten Wirtschaftlichkeit. Das diesen beiden Forderungen entsprechende Ablaufsystem ist dann auch das für die Praxis geeignetste, unter der Voraussetzung, daß die Betriebssicherheit gewährleistet ist.

Das in der Bremsanordnung einfachste und übersichtlichste System ist das der Laufzielbremsung vom Fuß der Steilrampe aus. Etwa in der Form der „gleitenden Laufzielbremsung“ ist es in Hamm und den Bahnhöfen des Essener Bezirks durchgeführt. Es ist bekannt, daß in Hamm Wagenfolgezeiten von im Durchschnitt 6 bis 7 Sek. erreicht werden. Selbst unter den Untersuchungen zugrunde gelegten günstigeren Verhältnissen — die Gefahrzone ist erheblich verkürzt, die letzte Trennungsweiche um 100 m näher an den Ablaufkopf herangezogen — lassen sich diese Zeiten nach dem Diagramm 7 nicht erreichen, selbst nicht für das gerade Gleis. Es könnte hieraus zunächst geschlossen werden, daß sich auch die

*) Prof. Dr. Ing. Ammann, Karlsruhe: Beziehungen zwischen Bremsmaß des Gutläufers und erzielbarer Abdrückgeschwindigkeit. Verkehrstechn. Woche 1929, S. 141.

„gleitende Laufzielbremsung“ in den angeführten Wegspannen der unterschiedlichen Zielweiten nicht durchführen läßt, und daß erhebliche Aufmerksamkeit der Abstandhaltung innerhalb der Verteilzone zugewandt werden muß. Dies würde sich darin äußern, daß einmal ein kupplungsreifes Zusammenlaufen der Wagen nicht stets erfolgt und andererseits, daß Hemmschuhleger die Fahrzeuge, die nicht auf Ziel gebremst werden sollten, auffangen müssen. Beides ist zwar in Hamm der Fall. Aber die Wagen stehen doch anders als auf den benachbarten älteren, rein mit Hemmschuhbetrieb arbeitenden Anlagen Vsm und Hso. Dies drückt sich zahlenmäßig auch in den geringeren Beidrückzeiten aus. Andererseits ist auch die Zahl der Hemmschuhleger in Hamm nach der Mechanisierung erheblich vermindert. Durch beide Gründe kann das erhebliche Abweichen des theoretischen Diagramms von der Praxis noch nicht erklärt werden. Die Aufklärung gibt vielmehr der von Frölich aufgestellte Satz: Je häufiger die Trennung, um so niedriger Δt . Die Gleisanlage von Hamm ist büschelförmig entwickelt. Jede Weiche teilt gleichviele Abläufe nach rechts und nach links. Daraus folgt aus den Gesetzen der Wahrscheinlichkeitsrechnung, daß an der ersten Verteilweiche gemäß der möglichen Zahl der Wege $\frac{1}{2}$ aller Trennungen, also 50% vorgenommen werden, an der zweiten, aus zwei Weichen bestehenden Staffel $\frac{1}{4}$, also 25%. Bevor die Fahrzeuge also in die Gleisbremse einlaufen, sind 75% aller Trennungen bereits erfolgt. Auf die gesamte Verteilzone entfallen mithin nur noch 25%, davon auf die letzte, gefährliche Weichenstaffel bei 32 Gleisen $\frac{1}{32}$, also etwa 3%. Diese Zahlen stimmen mit den von Frölich aus Rangierzetteln beobachteten Ergebnissen fast vollkommen überein.

Die Überlegung, daß der Schwerpunkt der Trennungen in den ersten Staffeln liegt, führte in Hamm dazu, nur die ersten drei Weichenstaffeln vom Fahrzeug zu steuern. Ihre Zahl ist nach Möglichkeit herabzusetzen. Dies ist möglich, indem mehr Weichen in einer Staffel zusammengefaßt werden. Bei Verwendung von einfachen Weichen sind zur Entwicklung von 32 Gleisen 5 Bremsstaffeln erforderlich. Werden hingegen in den ersten zwei Staffeln Vierwege-Weichen benutzt — in der ersten eine, in der zweiten Staffel vier — so genügen insgesamt drei Weichenstaffeln zu derselben Entwicklung.

Der Begriff der Verteilzone, gemessen von der Gleisbremse bis zur letzten Verteilweiche, hat also zu einem großen Teil nur theoretischen Wert. Aus dem Diagramm geht hervor, daß selbst für die Gesamtwegspanne von 600 — 100 m Laufzielunterschiede an der Zungenspitze der vierten Weichenstaffel (etwa 30 m hinter Auslauf Gleisbremse) Δt -Werte von 4 Sek. bestehen, allerdings gerechnet für das gerade Gleis. An dieser Staffel aber sind bereits 90% aller Trennungen vollzogen, und die Wahrscheinlichkeit, daß eine Umstellung zwischen zwei folgenden Fahrzeugen eintritt, beträgt hier bei Entwicklung mit gewöhnlichen Weichen $\frac{1}{16} = 6,2\%$. Lediglich für diese

letzten Trennungen kann die Laufzielbremsung, sofern die Abdrückgeschwindigkeit auf ein Δt_{\max} von 4 Sek. eingestellt ist, mit Rücksicht auf das rechtzeitige Umstellen der letzten Weichen nicht mehr durchgeführt werden. Die hierdurch auftretenden unvermeidbaren, in dem System begründeten „Abstandsbremsungen“ sind in Verbindung mit den ebenfalls unvermeidlichen Fehlbremssungen, deren Gründe oben genannt wurden, die Ursache dafür, daß sowohl Hemmschuhleger, wenn auch in geringer Anzahl, benötigt werden, als auch dafür, daß die Wagen nicht vollständig aufgeschlossen stehen.

Von wesentlicher Bedeutung für die Entscheidung der Frage, ob die Beeinflussung auf Laufweite und Laufzeit durch eine einzige Bremsstaffel ausgeführt werden kann oder nicht, ist die, ob über der gesamten Verteilzone, also auch an den äußersten verhältnismäßig selten umzustellenden Weichen

das für die größtmögliche Zuführungsgeschwindigkeit notwendige niedrige Δt eingehalten werden soll, oder ob das Ansteigen der Δt -Kurve zu höheren Werten an diesen Stellen durch entsprechende Falsch(Abstands)-Bremsungen vermieden werden soll, wodurch allerdings Unregelmäßigkeiten in der Sammelzone entstehen. Es unterliegt keinem Zweifel, daß die vollkommene Lösung die erstere ist.

Es läßt sich nun noch die Zone, in der höchste Laufzeitunterschiede von $\Delta t = 4$ Sek. auftreten, durch die Anwendung der ausgeglichenen Gegenrampe am Ende der Verteilzone beträchtlich vergrößern, und zwar so, daß selbst mit Rücksicht auf die entlegensten Verteilweichen Wagenfolgezeiten von 8 Sek. für das gerade Gleis erreicht werden können, ohne daß irgend eine Beschränkung für die Laufzielbremsung eintritt. Die Praxis wird Anstoß an der Gegenrampe am Ende der Verteilzone nehmen. Es ist bereits erörtert, daß zu stark gebremste Wagen oder solche mit angezogener Bremse in der Verteilzone gleichermaßen zum Stehen kommen, unabhängig davon, ob am Ende eine Gegenrampe liegt oder nicht. Auf dem Profil der Gegenrampe liegen die Verhältnisse insofern noch günstiger, als die Ausgleichsrampe hinter der Gleisbremse äußerste Schlechtläufer noch weiter durch die Verteilzone treibt. Die betriebliche Gefahr liegt in der Gegenrampe selbst. Es kann der Fall eintreten, daß Wagen zwar noch in die Rampe einlaufen, sie aber nicht mehr überwinden. Alsdann wird die Steigrampe zur Treibrampe, und die Wagen laufen wieder in die Verteilzone zurück und gefährden den gesamten Ablaufbetrieb. Aber auch diese Gefahr läßt sich durch einfache Anordnungen beseitigen, wenn zum Beispiel zu Beginn der Gegenrampe ein Fühlhebel angeordnet wird, den die Achse in Ablaufrichtung überfahren kann, während sie ihn bei Rückwärtslauf umlegt, wodurch dann ein Hemmschuh aufgelegt und der Wagen gegen Rücklauf gesichert wird. Da die Gegenrampe erst hinter den letzten Weichen beginnt, können rücklaufende Wagen so aufgehalten werden, daß sie das Verteilgeschäft in keiner Weise beeinflussen.

Es bliebe dann noch zu berücksichtigen, daß ein in der „Mulde“ stehen gebliebener Wagen schwerer über die Gegenrampe in die Sammelgleise gebracht werden kann als dies bei wagerechter Verbindung von Verteil- und Richtungsgruppe der Fall ist. Da hierzu aber in jedem Fall maschinelle Kräfte in irgend einer Form — Beidrücklokomotiven, Seilzüge und Beidrückschlepper — verwendet werden, sind diese Bedenken von untergeordneter Bedeutung.

Demgegenüber stehen die außerordentlichen Vorteile, die die Gegenrampe für die Laufverhältnisse in der Verteilzone bringt, und die aus Diagramm 7d ersichtlich werden, besonders auch durch den Vergleich mit den Diagrammen 6b und 7b. Soweit sich beurteilen läßt, bietet die Anwendung hoher Geschwindigkeit in der Verteilzone die einzige Möglichkeit, bei steter Einhaltung der „gleitenden Laufzielbremsung“ auch an den entferntesten Weichenstaffeln nur so niedrige Laufzeitunterschiede zu erhalten, daß diese Weichen bei hinreichend dichter Wagenfolge sicher umgestellt werden können. Laufzeit- und Laufzielbeeinflussung von einer Bremsstaffel aus erscheinen auf diese Weise miteinander vereinbar. In dieser Form soll die Laufzielbremsung mit eingeschalteter Gegenrampe, die Einstaffelbremsung, mit der Zweistaffelbremsung verglichen werden.

Diese bietet durch die vollkommene Trennung der Laufzeit- und Laufzielbeeinflussung Gewähr für die dichtest mögliche Wagenfolge. Sämtliche Untersuchungen über die kürzeste Wagenfolge am Ablaufkopf — siehe Ammann, Müller, Raab — stimmen darin überein, daß zur Erreichung kleinster Laufzeitunterschiede in der Verteilzone ein ganz bestimmter Laufzustand zwischen Gut- und Schlechtläufer hergestellt werden muß. Dieser muß von der vor der Verteilzone gelegenen

Bremse hergestellt werden. Damit liegt aber auch zugleich klar, daß alsdann diesen Bremsen nicht mehr gleichzeitig die Aufgabe der Laufzielbremsung gestellt werden darf. Dies hat vielmehr von Bremsen, die hinter der Verteilzone angeordnet sind, zu erfolgen. Dadurch erscheint die Laufzielbremsung in einem anderen Lichte. Auf die Schwierigkeit einer genauen Bremseneinstellung in der Gleisbremse ist bereits früher hingewiesen und auf die außerordentlich kurze Zeit, die hierfür zur Verfügung steht. Ferner kommt zu der stets wechselnden Laufweite ein stets veränderlicher, durch die verschiedenen Krümmungen in der Verteilzone bedingter Laufwiderstand. Liegen die Laufzielbremsen hinter der Verteilzone, so ist der Beeinflussungspunkt zunächst um die Entwicklungslänge der Verteilzone, also etwa 100 m näher an den Zielpunkt herangerückt. Ferner hat von hier ab jedes Gleis seinen bestimmten Eigenwiderstand; lediglich die äußersten Gleise weisen noch Krümmungen auf. Es ist aber auch der die Laufzielbremsen bedienende Posten um 100 m näher an die Zone gerückt, in der sich seine Bremswirkungen auswirken. Dies ist vor allem bei unsichtigem Wetter, sowie bei Dunkelheit ein nicht zu unterschätzender Vorteil. Wesentlich ist vor allem, daß dem Bremswärter für die Einstellung eine ganz erheblich größere Zeit zur Verfügung steht als am Fuß der Steilrampe, und daß er demgemäß die Beeinflussung viel genauer ausführen kann.

Bei der zweigestaffelten Bremsung fällt weiterhin jedwede einengende Beschränkung für die Neigung der Sammelgruppe fort. Die Laufzielbremsung wird mit Rücksicht auf die Einstellung naher Zielpunkte (geringer Geschwindigkeiten) um so schwieriger, je stärker die Sammelgruppe geneigt ist. Dies hat dazu geführt, Neigungen von 1:600 — 1:550 zu verwenden. Wenn es je Sinn hat, die Schwerkraft als billigsten Bewegungserzeuger auszunutzen, dann ist es vor allem in der Sammelgruppe, wo künstliche Bewegungserzeugung gemäß der großen Längen- und Breitenausdehnung dieser Gruppe zu außerordentlich hohen Aufwendungen führt. Deshalb sollte die Sammelgruppe in der stärkstmöglichen Gleichgewichtsneigung liegen. Hierfür wird allgemein der Wert 2,5‰ angegeben. (Die älteren Anlagen Hamm Hso und Vmo weisen diese Gefällsverhältnisse auf.) Die von den am Anfang der Richtunggleise gelegenen Bremsen genau herzustellenden Geschwindigkeiten gewährleisten in Verbindung mit dieser Gleichgewichtsneigung in höherem Maße als in Hamm ein kupplungsreifes Zusammenlaufen der Fahrzeuge, das auf dem natürlichen Ausgleich von Gut- und Schlechtläufer beruht.

Zusammengefaßt sind die Vorteile der zweigestaffelten Bremsanordnung der Einstaffelanordnung gegenüber folgende:

1. Dichtmöglichste, überhaupt im freien Ablauf erreichbare Wagenfolge durch freizügige Verlagerung der Geschwindigkeitshöhenlinien innerhalb der Verteilzone, dadurch kleinste Laufzeitunterschiede in dieser Zone bei absolut hohen Geschwindigkeiten (5 m/sec und darüber).

2. Größtmögliche Witterungsunempfindlichkeit, wiederum erreicht durch die Anpassung der Geschwindigkeitshöhenlinien des Gutläufers an die des Schlechtläufers.

3. Begünstigung der Zugbildung in der Sammelgruppe durch eine einwandfreie Laufzielbremsung vom Anfang der Gruppe und in Verbindung mit der das Zusammenlaufen erleichternden stärksten Gleichgewichtsneigung.

Es ist bereits erörtert, daß dem Vorschlag der dreigestaffelten Bremsung die Begründung dadurch entzogen ist, daß in der Verteilzone zur Erreichung kleinster Laufzeitunterschiede der Gutläufer so beeinflußt werden muß, daß seine mittlere Geschwindigkeit niedriger ist als die des ungebremsten oder schwach gebremsten Schlechtläufers. Daraus folgt, daß es besser ist, ein bestimmtes Δt als Ausgleich in der Gleisbremse zu haben, als durch seine Vernichtung die Laufzeitunterschiede in der Verteilzone heraufzusetzen. Darüber hinaus spricht aber

noch ein anderer Grund gegen die Verwendung zweier Beeinflussungsstellen zur Regelung der Laufverhältnisse. Der Bedienungsposten der Talbremse kann nicht zugleich die Gipfelbremse bedienen, weil ihm hierzu — wie die Erfahrungen in Hamm zeigen — sowohl die Zeit fehlt, — es muß die Einstellung sehr sorgfältig vorgenommen werden — als auch, weil die Entfernung von der Bedienungsstelle der Talbremse bis zur Gipfelbremse zu groß ist. Daher würden zwei Köpfe zur Regelung des Laufzustandes benötigt. Es lehren aber die Erfahrungen aus Amerika, wo auf verschiedenen großen Bahnhöfen Zwei- und Mehrfachstaffelungen in der Verteilzone angewendet sind, daß sich bei diesem Bremssystem nur außerordentlich niedrige Zuführungsgeschwindigkeiten — 0,7 m/sec gegen 1,2 m/sec heute in Hamm — erzielen lassen. Der Grund liegt darin, daß die Wagen von dem Bremswärter dem nächsten gleichsam zugeschoben werden, und daß ein einheitlich leitender Wille fehlt. Wenn mit Recht eine einheitliche Leitung des gesamten Verschiebevorgangs angestrebt wird, so besonders für den Teil, dessen Bedienung am nachhaltigsten auf die Gesamtleistung einwirkt, nämlich die Regelung des Laufzustandes innerhalb der Verteilzone.

Es soll hier nicht untersucht werden, inwiefern durch die Zentralisierung der Hemmschuhlegertätigkeit auf eine einzige Zone und die Fernbedienung der Hemmschuhe eine Personaleinschränkung gegenüber dem Einstaffelsystem möglich ist. Mit Sicherheit ist anzunehmen, daß durch die Verbesserung der Laufzielbremsung — Heranrücken des Beeinflussungspunktes an das Laufziel und mehr Zeit zur Bremsbehandlung — die Füllung der Gleise verbessert wird und damit in Verbindung mit einer zweckmäßigen Gleichgewichtsneigung der Richtungsgruppe die Beidrückzeit auf ein Kleinstmaß herabgedrückt wird.

Hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit und Betriebssicherheit steht das zweigestaffelte Bremssystem dem Einstaffelsystem gegenüber nicht nach; seine leistungstechnische Überlegenheit ist aufgezeigt.

III. Die Flachrampe.

Während die Theorie der eingestaffelten Bremsung vom Fuß der Steilrampe aus eine Erörterung des Flachrampenprofils ausschließt, ist die Profilgestaltung bei Anwendung der zweigestaffelten Bremsung weniger scharf begrenzt. In den vorhergehenden Betrachtungen ist auch hier das Gesamtgefälle in einer Steilrampe zusammengefaßt, während die Verteilzone horizontal angeschlossen war. Auf älteren Anlagen ist die Steilrampe — sofern überhaupt vorhanden — nur so weit heruntergeführt, wie zum schnellen und weiten Auseinanderziehen der Fahrzeuge erforderlich ist, um die erste Verteilweiche umstellen zu können. Die Verteilzone liegt in der Neigung von 1:100 bis 1:150; sehr oft weist aber nur der erste Teil dieser Zone die angegebene Neigung auf, während die letzten Weichen bereits in der Gleichgewichtsneigung von 1:600 bis 1:400 liegen. Werden die älteren Anlagen auf das Gesamtgefälle hin betrachtet, so fällt im allgemeinen zunächst die sehr niedrige, unzureichende Gefällshöhe auf. Auch mittlere Verschiebeanlagen sollten die Forderung erfüllen, bei tiefer Temperatur oder bei Gegenwind — ein gleichzeitiges Zusammenreffen sei nicht in die Betrachtung einbezogen — betriebsfähig zu bleiben, das heißt, es muß die Verteilzone auch im widerstandsreichsten Gleis geräumt werden. Bei reiner Weichenstraßenanordnung ergibt sich daraus, wenn der Laufwiderstand des G-Wagens bei einer über der Verteilzone gemittelten Geschwindigkeit von 4 m/sec 10‰ beträgt und für das Durchlaufen einer Weiche 0,1 m Gefällsverlust gerechnet werden — es seien im ungünstigsten Falle drei Weichen zu durchlaufen — eine Gefällshöhe von $H = L \cdot 0,01 + 0,3$ m, worin L die Länge der Verteilzone, gerechnet vom Ablaufkopf bis in die

letzte Verteilweiche, angibt. Wird diese Überschlagsformel selbst auf die neueren der bestehenden Anlagen angewandt, zum Beispiel Hamm Vsm und Hso, so ergibt sich für ersteres, dessen letzte Verteilweiche 310 m vom Ablaufkopf liegt, eine Gefällshöhe von 3,4 m, während nur 3,15 m vorhanden sind, für Hso, dessen längste Weichenstraße 375 m beträgt, ein Gesamtgefälle von 4,05 m, während das vorhandene 3,48 m beträgt. Die Folge ist, daß zum Beispiel bei Gegenwind die leeren Wagen die Verteilzone nicht räumen, wodurch die erheblichen Aufwendungen an Beidrückzeiten entstehen. Dagegen ist bei Verwendung von Steilweichen und systematischer Büschelung — welche in Hamm Hvw angewandt ist — die theoretisch überhaupt kürzeste Weichenentwicklung möglich, die in einer solchen Entfernung von der ersten Verteilweiche beendet ist, in der der Bogenabstand, der äußersten, mit 190 m Halbmesser entwickelten Gleisstränge gerade so groß ist, daß die entsprechende Gleiszahl profilfrei entwickelt ist. 32 Gleise können nach 130 m (vom Ablaufkopf gerechnet 150 m) profilfrei entwickelt sein. Die zum Durchlaufen dieser Zone notwendige Geschwindigkeit beträgt — wenn der Krümmungswiderstand mit 80% der v. Röcklschen Formel mit

$$W = 0,8 \cdot \frac{650}{R - 55}$$

bei 190 m Halbmesser mit $3,85\%_{00}$ angesetzt wird, $L \cdot 0,014 = 150 \cdot 0,014 = 2,1$ m. Dieses Gefälle ist aber selbst auf älteren Anlagen fast ausnahmslos vorhanden. Um den Betrieb zu verbessern, ergibt sich zunächst die Forderung, die Weichenzone zu verkürzen und dabei die Entwicklung nach Möglichkeit büschelförmig zu gestalten, um das Umstellen der äußersten Weichen auf ein Kleinstmaß zu begrenzen.

In Abb. 11, Taf. 17 ist ein Profil untersucht, das aus Gründen des Vergleichs mit den andern Bremssystemen wiederum bis Ende der Verteilzone ein Gefälle von 3 m aufweist. Im Anschluß an eine kurze Steilrampe von 1:25 auf 25 m ist das Profil rein parabolisch entwickelt und schließt sich somit älteren Profilen an. Die erste Bremsstaffel liegt wie bei den vorhergehenden Untersuchungen 65 m hinter dem Ablaufkopf, die zweite hinter der Verteilzone. Die Höchstgeschwindigkeit in letzterer beträgt 5 m/sec, entsprechend der normalen Höchstgeschwindigkeit für Hemmschuhgleisbremsen. Alsdann beträgt die Höchstleistung der ersten Staffel, entsprechend einer Höchstgeschwindigkeit von 5,7 m/sec (1,8 m Gefällshöhe) $1,8 \times 33 = 50$ mt. Es sind hier also lediglich Bremsen von einer mittleren Leistung benutzt. Ob dies Hemmschuhbremsen sind (nach dem Vorbild der Mechanisierung der französischen Nord- und Ostbahn: Lille la Délivrance und Bordeaux) oder leichte Gleisbremsen, sei hier nicht weiter erörtert. Maßgebend für die Art der Bremse ist, nachdem durch die Untersuchungen Bäseler erwiesen ist, daß einseitige Bremsungen sowie Stoßwirkungen in den Achshaltern bei Hemmschuhbremsen so gut wie nicht vorhanden sind, und nachdem durch die Bremse Bauart Bäseler in demselben Maße eine Regelung der Auslaufgeschwindigkeit geschaffen ist wie bei Schienenbremsen, lediglich ihre Wirtschaftlichkeit, das heißt, ihr Anschaffungspreis und die Unterhaltungskosten. Voraussetzung ist, gemäß ihrer Verwendung zu Beginn der Sammelgleise, die Möglichkeit der Fernsteuerung.

Der Laufzeitunterschied zwischen O- und G-Wagen an der ersten Bremsstaffel beträgt 0,8 Sek. und liegt somit um 0,2 Sek. höher als bei dem Steilrampenprofil. In der Verteilzone gelingt der Ausgleich der Geschwindigkeitshöhenlinien in demselben Maße wie bei horizontaler Anordnung, so daß der angegebene Laufzeitunterschied zugleich den Höchstwert und den Vergleichswert zu dem Steilrampenprofil angibt.

Die Gegenüberstellung von Flach- und Steilrampenprofil mit zweigestaffelter Bremsung ergibt die grundsätzliche Überlegenheit des Steilprofils. Der Grund liegt darin, daß die Verlagerung der Geschwindigkeitshöhenlinien in der ersten

Bremsstaffel um so nachhaltiger auf die Laufzeit einwirkt, je niedriger die Geschwindigkeiten sind. Daß trotzdem an der letzten Verteilweiche niedrige Laufzeitunterschiede herrschen, liegt daran, daß die Verschlechterung der Laufzeit des gebremsten O-Wagens ausgeglichen wird durch ein hinreichend großes Δt in der ersten Bremsstaffel. (Geschwindigkeit des G-Wagens niedriger als die des O-Wagens von Ablaufkopf bis erste Bremsstaffel; Geschwindigkeit des O-Wagens niedriger als die des G-Wagens zwischen erster und zweiter Bremsstaffel). Auf diesem Profil herrschen Höchstgeschwindigkeiten von 5 bis 6 m/sec gegenüber solchen von 7 bis 8 m/sec auf dem Steilprofil und Bremsanordnung am Fuß der Steilrampe.

Es wird hier abermals klar, welches die Hauptfaktoren sind, die die Leistungsfähigkeit einer Verschiebeanlage verbürgen. 1. Eine kurze, schnell verzweigende Weichenentwicklung, um die Wegstrecken, auf denen Laufzeitunterschiede überhaupt aufkommen können, so kurz wie möglich zu halten. 2. Niedrige Laufzeitunterschiede über der gesamten Verteilzone und 3. Geschwindigkeiten in einer solchen Höhe, daß ein hinreichend schnelles Räumen der Weichen eintritt.

Aus Forderung 2 und 3 ergibt sich die Profilgestaltung und Bremsanordnung. Das günstigste Profil stellt die Steilrampe mit anschließender wagerechter Verteilzone dar; die günstigste Bremsanordnung ist das zweigestaffelte System mit den schweren Vorbremsen im letzten Drittel der Steilrampe und den leichten Nachbremsen hinter der Verteilzone.

Das Heranziehen der Weichen an den Ablaufberg, der Übergang von der Gleisentwicklung durch Weichenstraßen zu der durch Büschelung ist auf bestehenden Anlagen in vielen Fällen nicht mehr durchzuführen, da Gebäude oder Gleisanlagen die notwendige Breitenentwicklung unmöglich machen. Es gibt viele Verschiebeanlagen, deren Ausbau zu Hochleistungsanlagen gar nicht gefordert wird, da ihre geographische Lage und die Verkehrsverhältnisse gar nicht dafür sprechen, wo aber immerhin mit einfachen, billigen Mitteln eine Steigerung der Leistungsfähigkeit gewünscht wird. So berechtigt es erscheint, zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit die Zahl der Verschiebebahnhöfe herabzusetzen, so ist damit nicht gesagt, daß zur Abwicklung des Verschiebedienstes nur große, ausgelastete Bahnhöfe dienen sollten. Häufig lassen sich mehrere kleinere Anlagen nicht ohne weiteres zu einem großen Verschiebebahnhof vereinigen. Aber auch diese kleineren Anlagen können wirtschaftlich arbeiten, wenn sie voll ausgelastet sind, das heißt, wenn die Leistung der Gleisanlage entspricht.

Allgemein gilt, daß die Leistung der Gesamtanlage begrenzt ist durch die des Ablaufberges, daß diese wieder um so höher liegt, je dichter die Züge und die einzelnen Wagen einander folgen können, das heißt, unter Bezug auf das letztere, je mehr es gelingt, Gleichmäßigkeit in die Wagenfolge innerhalb der Verteilzone hineinzubringen.

Frölich wendet hierzu die hohen Geschwindigkeiten an, Bäseler machte den Vorschlag der Zwischenregelung; es sollen leichte Bremsen von geringer Leistung, aber an vielen Stellen verteilt, bei gleichzeitiger Geringhaltung der Geschwindigkeit angewendet werden*). Dieser letzte Vorschlag gewinnt besondere Bedeutung, wenn es sich darum handelt, bestehende ältere Anlagen in ihrer Leistungsfähigkeit zu heben. Diese Anlagen sind fast ausschließlich mit Hilfe von Weichenstraßen entwickelt, auf denen schnelle Wagenfolgen nur schwierig zu erreichen sind, da einmal die Entwicklungszone sehr lang ist — es sind meistens Weichenneigungen 1:9 verwendet — und zum anderen durch die Ver-

*) Organ 1926, Heft 12. Bäseler: Ziele und Wege der Verschiebetechnik.

wendung weniger, langer Muttergleise die Fahrzeuge lange gemeinsame Wege haben, so daß die Gefahr des Einholens gerade bei Weichenstraßen besonders groß ist.

Voraussetzung für einen von der Witterung einigermaßen unabhängigen Betrieb bildet die oben angegebene Mindestgefällshöhe. Da diese als eine Funktion der Längenentwicklung der Verteilzone angegeben ist, richtet sich die Zahl der notwendigen Zwischenhemmungen nach der Gefällshöhe, ihre Lage hingegen nach der Profilgestaltung. Die Gefällsverhältnisse älterer Anlagen sind oben angegeben. Die erste Hemmung — die häufig mittels Büssingbremsen vorgenommen wird — liegt am Fuß des Berges, am Ende der ersten Steilneigung. Diese Bremsung an dieser Stelle ist meistens erforderlich, um nicht zu hohe Geschwindigkeiten aufkommen zu lassen. Die Lage der ersten Zwischenhemmung, ihre Entfernung von der Vorbremse, richtet sich nach der Auslaufgeschwindigkeit aus dieser Bremse, sowie der Profilneigung. Es soll möglich sein, die Fahrzeuge mit einfachen Bremsmitteln — Hemmschuhen oder leichten Gleisbremsen — aufzufangen. Daher sollen im Mittel keine höheren Geschwindigkeiten als 5 m/sec an den Auffangstellen herrschen. Dann ergibt sich folgendes Bremsprinzip: In der Vorbremse wird der Gutläufer — es sei die Reihenfolge Gutläufer hinter Schlechtläufer betrachtet — zeitlich um ein bestimmtes Maß verzögert. Seine Geschwindigkeitshöhenlinie wird unter die des Schlechtläufers verlegt. Die Laufzeitunterschiede addieren sich hinter der Vorbremse mit entgegengesetzten Vorzeichen und erreichen in einer gewissen Entfernung den Wert 0, um dann wieder anzusteigen. Sobald Δt auf einen festgesetzten Höchstwert von etwa 2 bis 4 Sek. steigt, muß die zweite Zwischenhemmung einsetzen. Durch sie wird wiederum die inzwischen über diejenige des Schlechtläufers hinausgewachsene Geschwindigkeit des Gutläufers nach dem ersten Vorgang verlagert. Es tritt wiederum ein Ausgleich der Laufzeitunterschiede ein in dem Maß, wie die Geschwindigkeitshöhenlinie des Gut- und Schlechtläufers gegeneinander verlaufen. Das Maß der Abbremsung

wird unter anderem mit dadurch bestimmt, daß der Gutläufer nicht wesentlich unter die Geschwindigkeit eines etwa nachfolgenden Schlechtläufers abgebremst werden darf. Danach richtet sich also auch mit die Entfernung, bzw. die Häufigkeit der Zwischenregelung.

In Abb. 13, Taf. 18 ist ein Bahnhof X untersucht, der folgende Gefällsverhältnisse aufweist. An eine Steilrampe von 1:28 auf 40 m schließt sich eine Rampe von 1:130 auf 225 m, die in die Gleichgewichtsneigung von 1:400 übergeht. Es sind die Ablaufverhältnisse für normale Temperatur, sowie für tiefe Temperatur untersucht. Die erste Bremse liegt am Fuß der Steilneigung. Die zweite Bremsstaffel muß so gelegt werden, daß sowohl bei dem günstigsten, wie bei dem ungünstigsten Strahlenbüschel hinreichend niedrige Δt -Werte erzielt werden. Dazu ist erforderlich, das Wechseln der Geschwindigkeit auszunutzen. Vor der ersten Bremsstaffel liegt die Geschwindigkeit des O-Wagens höher als die des G-Wagens, um hinter der Bremse zu wechseln. Aber bereits zwischen den beiden Bremsstaffeln wächst die Geschwindigkeit des O-Wagens wiederum über die des G-Wagens hinaus, um in der zweiten Bremsstaffel abermals unter die des G-Wagens gesenkt zu werden. An der letzten Verteilweiche — der Gleisplan ist mit Weichenstraßen entwickelt: die letzte Weiche liegt 350 m hinter dem Ablaufkopf — liegt die Geschwindigkeit des O-Wagens wieder höher als die des G-Wagens. Diese Verlagerung der Geschwindigkeitshöhenlinien drückt sich in den Zeit-Weglinien in einer Überschneidung, bzw. einer Annäherung der Linien aus. Es ergeben sich trotz der niedrigen Geschwindigkeiten auf diese Weise sehr kleine Δt -Werte und zwar solche von 0,8 Sek. bei normaler Temperatur und solche von 2 Sek. bei tiefer Temperatur. Durch eine einzige Bremse in jeder Mutterstraße läßt sich die Leistung älterer Anlagen also wesentlich erhöhen. Ob diese Bremse eine Hemmschuhbremse oder eine leichte Gleisbremse ist, oder ob nur ein Hemmschuhleger eingesetzt wird, soll hier nicht weiter untersucht werden.

Zur Geschichte des Brückenbaues im Bezirk der Reichsbahndirektion Erfurt.

Von Reichsbahnoberrat Kilian, Erfurt.

Bemerkung der Schriftleitung: Die Reichsbahndirektion Erfurt hat am 1. Mai 1932 ihr fünfzigjähriges Bestehen gefeiert. Aus diesem Anlaß hat sie eine Reihe von Aufsätzen herausgegeben, von denen wir den nachstehenden als fesselnden Rückblick abdrucken.

Der Reichsbahndirektionsbezirk Erfurt gehört infolge seines landschaftlichen Charakters und des vielfachen schroffen Wechsels zwischen Berg und Tal zu den brückenreichsten Bezirken der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft. Bei dem Bau fast sämtlicher Bahnen mußten zur Überwindung oft kurz aufeinanderfolgender Höhenunterschiede lange und daher kostspielige Viadukte und zur Überquerung der vielen Flüsse und Bäche und Abführung ihres Hochwassers zahlreiche Strom- und Flutbrücken geschaffen werden. Die Zahl aller eisernen und massiven Brückenbauwerke des Bezirks beträgt ohne Einrechnung der Durchlässe rund 2600.

Als Baustoffe für die Viadukte und Brücken der ersten Eisenbahn, der Hauptstrecke Weißenfels—Bebra, erbaut in den Jahren 1844/45, wählte man vorzugsweise Natursteine, die in der Nähe der Bahn reichlich vorhanden waren, u. a. vor allem den außerordentlich harten und wetterfesten Kalkstein aus den Brüchen bei Freyburg und den allerdings weniger haltbaren Buntsandstein von Nebra (beide Orte im Unstruttal gelegen).

Bezüglich der Formgebung der Bauwerke lehnte man sich damals an die Vorbilder des Hochbaues, das Halbkreis- und Segmentgewölbe an, jedoch mit dem Unterschied, daß man sie zur Aufnahme der schweren Eisenbahnlasten durch stärkere

Abmessungen sowohl der Gewölbe selbst, als auch der Widerlager und Pfeiler geeignet machte. Vorsichtigerweise ging man nicht über Spannweiten von 10 m hinaus. Bei hohen Viadukten, wie z. B. bei den Talbrücken bei Apolda, Gaberndorf zwischen Weimar und Hopfgarten und Vieselbach bei Erfurt wurden mehrere Gewölbe in Stockwerken übereinander angeordnet. Wenn alle diese Steinbauwerke fast sämtlich bis auf den heutigen Tag, also fast 87 Jahre ihren Dienst verrichtet haben, so ist dies in erster Linie auf die schwermassige Ausführung, die man s. Z. in Unkenntnis der Berechnung vorsichtigerweise wählte, zurückzuführen. Der damaligen verschwenderischen Massengebung haben wir es zu verdanken, daß diese Bauwerke sogar noch heute den Beanspruchungen der auf rund das zwölfwache erhöhten Lokomotivlasten standhalten. Ziegelsteine zur Herstellung gewölbter Brücken benutzte man erst später, etwa von 1859 an, vor allem auf der Strecke Weißenfels—Zeitz. Die Haltbarkeit dieser Ausführungsweise reicht jedoch bei weitem nicht an die des Kalksteines heran. In Holz wurden, soweit es sich feststellen läßt, nur zwei Eisenbahnbrücken auf dem Bahnhof Erfurt, über den damaligen Festungsgraben und am Löbertor ausgeführt. Beide bestanden bis zum Umbau des Bahnhofs im Jahre 1893.

Auch Gußeisen wurde bereits beim Bau der ersten Hauptstrecke Weißenfels—Weimar im geringen Umfange als Baustoff für Brücken kleinerer Stützweiten verwendet. Als Form wählte man in Nachahmung des steinernen Gewölbes einzelne, im Schienenabstand nebeneinander gelegte Segmentbögen, die

des schönen Aussehens wegen profiliert und mit reichen durchbrochenen Ornamenten verziert waren. Eine dieser Brücken wurde im Jahre 1845 beim Bahnhof Bad Kösen als Straßenunterführung mit einer Spannweite von 6,43 m gebaut und ist erst im Jahre 1906 durch einen flußeisernen Blechträger ersetzt worden. Auch einzelne gußeiserne Balken in I-Form mit geringen Stützweiten verwendete man. Bei dem Bau der Werrabahn Eisenach—Lichtenfels 1858/59 wurden ebenfalls gußeiserne Brücken bis etwa 5 m ausgeführt. Sie bestanden jedoch nur kurze Zeit.

Mit dem Fortschreiten der Hüttentechnik, der Verbesserung und Verbilligung, vor allem der fabrikmäßigen Herstellung des Schweißeisens und der Ausbildung der Walztechnik ging man im Bezirk Erfurt etwa seit 1870 dazu über, diesen Werkstoff zu benutzen. Alle eisernen Brücken der in den Jahren von 1870 bis etwa 1890 erbauten Strecken, u. a. Arnstadt—Grimmenthal, Großheringen—Saalfeld, Weimar—Gera usw. wurden aus Schweiß Eisen hergestellt, von diesen sind allerdings heute die meisten gegen stärkere, flußeiserne ausgewechselt. Als Form wählte man für kleinere Spannweiten — bis etwa 8 m — Vollwandträger, darüber hinaus Bogen- oder Parallelträger und sogenannte Schwedler- und Pauliträger. Seit dem Aufkommen des Flußeisens um 1890 wurden die Brücken aus diesem Baustoff errichtet, u. a. die der Hauptbahn Arnstadt—Saalfeld 1894/95, der Verbindungsbahn bei Großheringen 1899 und der Güterbahn Erfurt—Neudietendorf 1914, sowie aller später hinzugekommenen Nebenbahnen.

Nach Verreichlichung der Länderbahn stellte die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft im Jahre 1922 neue Berechnungsgrundlagen für Eisenbahnbrücken auf, die den zukünftigen Verkehr bezüglich der Schwere der Lokomotiven und Fahrzeuge weitschauend berücksichtigen.

Die Lokomotiv- und Wagenlasten, die der Berechnung der Bauwerke ursprünglich zugrunde gelegt waren, hatten sich seit dem Jahre 1844 entsprechend der raschen, sprungartigen Zunahme der Schwere und Größe der Fahrzeuge ganz erheblich gesteigert. Während 1844 das gesamte Gewicht einer Lokomotive mit Tender 14 t betrug, erfordern die Aufgaben des Massenverkehrs heute Gewichte bis 175 t. Zur Vermeidung von Brückeneinstürzen war es daher erforderlich, sofort sämtliche Bauwerke nachzurechnen und unter Berücksichtigung ihres baulichen Zustandes die Tragfähigkeit zu bestimmen. Es ergab sich, daß eine große Zahl von Brücken überbeansprucht war. Sofort mußten Maßnahmen entweder zu ihrer Verstärkung oder Erneuerung ergriffen werden. Seit dem Jahre 1924 sind

im Direktionsbezirk Erfurt bereits 167 Brücken verstärkt oder ausgebaut und durch stärkere ersetzt worden. So wurde u. a. die große eiserne Talbrücke auf der Strecke Triptis—Marxgrün bei Liebschütz in den Jahren 1927/30 mit einem Kostenaufwand von rund 454 000 *RM* verstärkt. Wichtige Brücken über die Saale bei Camburg, Saalfeld, über die Schwarza bei Bad Blankenburg, über die Unstrut bei Roßleben, Reinsdorf, Artern, Kirchscheidungen, Dachrieden, über die Wethau bei Merten-dorf, ebenso Wege- und Eisenbahnüberführungen der Strecke Naumburg—Teuchern und Weißenfels—Teuchern wurden durch neue Überbauten ersetzt, z. T. bei Spannweiten über 25 m unter Verwendung hochwertigeren Stahls (St. 48 und St. 52), bei dem gegenüber dem gewöhnlichen Flußeisen, jetzt St. 37 genannt, über 30 bis 50 % höhere Spannung zugelassen werden können. Im Jahre 1931 sind allein 13 große Brückenbauwerke erneuert worden. Die Auswechslung wurde unter möglichst geringer Störung des Betriebes durch Verwendung von Verschiebebahnen, Hubgerüsten, Kranwagen usw. vorgenommen, wobei meist erhebliche technische Schwierigkeiten zu überwinden waren.

Durch die vergrößerten Betriebslasten und die Zunahme der Geschwindigkeiten, vor allem durch die hieraus folgenden starken Erschütterungen, hatten auch die steinernen Gewölbe der Hauptstrecke Weißenfels—Bebra gelitten. Der Mörtel zwischen den Steinquadern war zerfallen, mangels einer wasserdichten Abdeckung ausgelaugt und zu Sand zermürbt. Besonders umfangreiche Arbeiten wurden zur Erhaltung der Bauwerke auf der Strecke Weißenfels—Großheringen unter Anwendung des Preß-Zementbaues ausgeführt. Das Verfahren besteht darin, daß nach Öffnung der Fugen der zermürbte Mörtel mit Druckwasser ausgespült und an seine Stelle flüssiger Zementbrei mit einem Druck von 6 atü eingepreßt wird. Auf diese Weise sind in den letzten 7 Jahren 18 Gewölbebauwerke mit insgesamt 97 Bogen mit vollem Erfolg so instandgesetzt worden, daß sie zur Aufnahme der heutigen schweren Lasten in jeder Weise als vollwertig und betriebssicher angesehen werden können. An Kosten hierfür wurden rund 512 000 *RM* aufgewendet.

Im laufenden Jahre ist beabsichtigt, die Brücke bei Großheringen, Gleis Camburg—Bad Kösen, die die Saale in einer Stromöffnung von 75 m und fünf Flutöffnungen von 36 bis 42 m Stützweite überspannt, durch eine neue unter Verwendung von hochwertigem Baustahl St. 52 zu ersetzen. Die Entwurfsarbeiten sind fast fertig, und es besteht die Hoffnung, daß die Auswechslung im Herbst dieses Jahres durchgeführt wird.

Verstärkung und Umbau von Schmalspurbrücken im Bezirke der Reichsbahndirektion Dresden.

Von Reichsbahnamtmann Tramm, Dresden.

1. Verstärkung der Greifenbachbrücke bei Geyer im Erzgebirge.

Die im Jahre 1905 erbaute, 180 m lange und im mittleren Teile 30 m hohe Brücke befindet sich im Zuge der Schmalspurlinie Schönfeld—Meinersdorf in km 10,668. Sie besteht aus Fischbauchträgern, die auf Gerüstpfeilern ruhen. Anfang und Ende der Brücke bilden durchlaufende Blechträger (Abb. 1). Der Berechnung war der damalige Belastungszug mit einem Metergewicht von 3,17 t zugrunde gelegt. Die Verstärkung war erforderlich, weil schwerere Lokomotiven eingeführt werden mußten. Da einheitliche Vorschriften für Schmalspurbahnen mit 75 cm Spurweite noch nicht bestehen, hat die Reichsbahndirektion Dresden besondere Vorschriften aufgestellt. Das Metergewicht hat fast verdoppelt werden müssen, es beträgt 5,88 t, um den jetzigen Lokomotiven Rechnung zu tragen.

Für die Durchführung der Verstärkung war neben den wirtschaftlichen Grundsätzen vor allem maßgebend, daß der

Betrieb nicht unterbrochen und überhaupt so wenig wie möglich gestört werden durfte. Für die Verstärkung der Fischbauchträger wurde daher eine dritte Tragwand angeordnet, die auf besonderen, in die bestehenden Gerüstpfeiler eingebauten Stützen ruht (Abb. 2). Weil die alten Hauptträger seinerzeit schon voll ausgenutzt waren, mußte die mittlere Tragwand zwei Drittel der neuen Verkehrslast übernehmen, während die alten Tragwände je den sechsten Teil der neuen Verkehrslast zu tragen haben. Bevor die mittlere Tragwand eingebaut werden konnte, mußten die mittleren Stützen in die Gerüstpfeiler eingebaut und die Gerüstpfeiler durch weitere Verbände knieksicher ausgestaltet werden (Abb. 3). Die Ausbildung der mittleren Tragwand war insofern schwierig, als diese an den Enden so eingeschnürt werden mußte, daß die Verbände der Gerüstpfeiler nicht berührt werden (Abb. 4). Eine Lösung der Verbände mußte unter allen Umständen vermieden werden. Die neue mittlere Tragwand wurde in einzelnen Stücken eingebaut, verschraubt, gut ausgerichtet

und vernietet. Belastet konnte sie aber erst werden, nachdem die Mittelsäulen mit den Gerüstpfeilern verbunden und ihre Auflagerungen hergestellt worden waren. In Zugpausen wurden die Löcher in den Kreuzungsblechen der Vertikalen

sich der Einbau von Rollenlagern erforderlich, weil die früheren Stelzenlager zu hoch beansprucht waren.

Die erforderliche Tragfähigkeit der durchlaufenden Blechträger am Anfang und Ende der Brücke wurde dadurch erzielt,

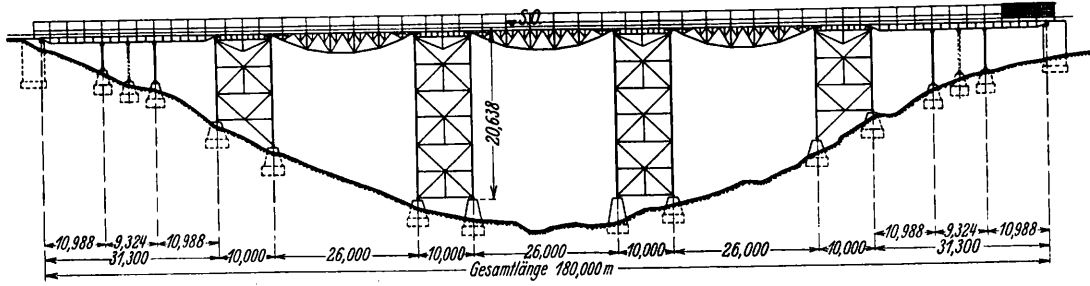


Abb. 1. Geometrisches Gesamtbild der Greifenbachbrücke.

der Mittelwand gebohrt, aber noch offen gelassen, damit sich die Außentragwände unter der Verkehrslast ungehindert durchbiegen konnten. In einer weiteren größeren Zugpause wurden sämtliche Schrauben eingezogen, so daß nunmehr die mittlere Tragwand ihren Anteil von der Verkehrslast übernehmen konnte. Die Vernietung wurde in der üblichen Weise durchgeführt. Zur unmittelbaren Aufnahme der Verkehrslast wurde die mittlere Tragwand erst nach dem Einbau der neuen, nunmehr auf drei Stellen gelagerten Brückenschwellen herangezogen; die Brückenschwellen sind durch Hakenschrauben an den äußeren (alten) Tragwänden festgehalten.

Die Verstärkung der über den Gerüstpfeilern angeordneten Blechträger wurde durch Einbau von Sprengwerken erzielt.

daß anstatt der früheren einen Mittelstütze zwei neue Stützen eingebaut wurden, so daß aus einem durchlaufenden Blechbalken über zwei Öffnungen ein solcher über drei Öffnungen entstanden ist. Diese Ausführung war sehr einfach, weil nach

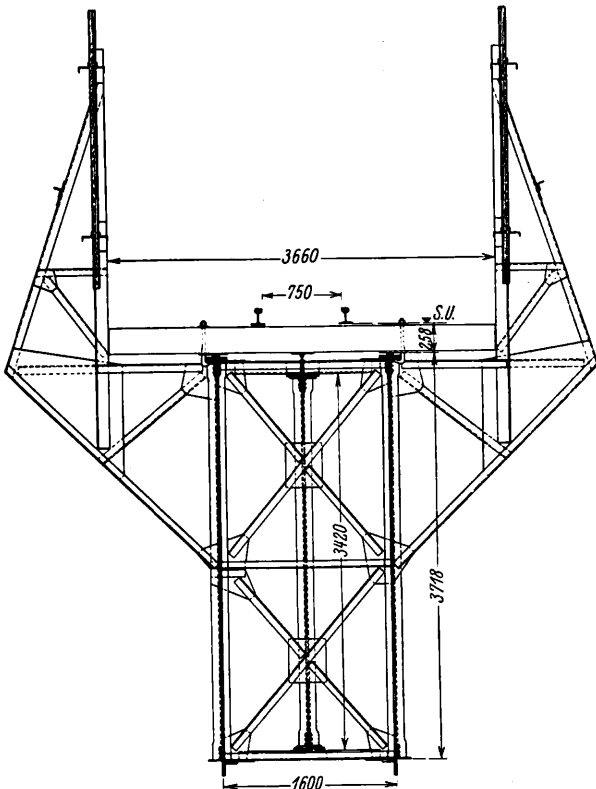


Abb. 2. Mittlerer Querschnitt des Fischbauchträgers.

Der Einbau erfolgte in der üblichen Art durch Anspannen der mittleren Stütze und durch Stützbleche an den Enden, damit die Nieten dort nicht auf Kopfabreißen beansprucht werden.

Die Verstärkung der Gerüstpfeiler selbst ging in einfacher Weise vorstatten. Beschwerlich war nur das Heraufziehen durch Dampfwinden, weil jeder Stab eingefädelt werden mußte.

Bei den alten Tragwänden der Fischbauchträger machte

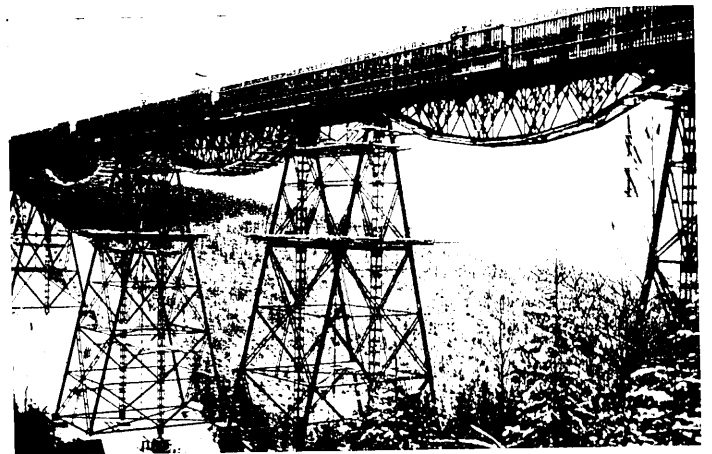


Abb. 3. Gesamtbild während der Verstärkung.



Abb. 4. Eingeschnürtes Ende der mittleren Tragwand des Fischbauchträgers.

Herstellung der Fundamentkörper die neuen Stützen eingebaut und dann die alten entfernt werden konnten.

An der Windschutzwand ist nichts geändert worden.

Die Arbeiten, die sich vom Herbst 1930 bis in den Sommer 1931 erstreckten, konnten trotz großen Schwierigkeiten ein-

wandfrei durchgeführt werden. Erfreulicherweise ereignete sich bei der gefahrvollen Ausführung kein Unfall.

Die Verstärkungsarbeiten hat dieselbe Firma durchgeführt, die seinerzeit die Brücke erbaut hat und zwar die Stahlbauanstalt Kelle & Hildebrandt, G. m. b. H. in Niedersedlitz, Bez. Dresden.

Aus Abb. 3 der umgebauten Brücke ist zu erkennen, daß das Landschaftsbild keineswegs gestört worden ist.

hier gelegen hatte. Die verheerende Kraft des Weißeritz-Hochwassers im Jahre 1897 hatte die verhältnismäßig leichten Tragwände von den Widerlagern abgehoben und ein Stück fortgetragen. Die rund ausgeführten beiden Pfeiler konnten nun allein stehend dem Druck des Wassers nicht standhalten, sie brachen an der Flußsohle ab und wurden abgeschwemmt. Daraufhin verbot die sächsische Regierung den Einbau von Zwischenpfeilern. An Stelle der alten Brücke (Abb. 6) ist im

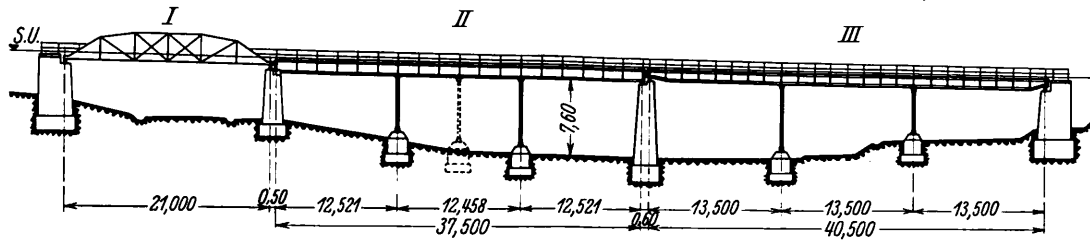


Abb. 5. Geometrisches Gesamtbild der Wilischbrücke.

2. Umbau der Wilischbrücke in km 13,189 der Linie Schönfeld—Meinersdorf.

Diese Brücke, die seinerzeit aus alten Gleisträgern erbaut worden ist, zeigt Abb. 5. Der Parabelträger in Öffnung I rührt von einer Vollspurbahn her. Bei dem durchlaufenden Blechträger der Öffnungen II, III und IV ist die Tragfähigkeit durch Einbau zweier neuen Stützen und Beseitigung der Mittelstütze erzielt worden. Die erforderliche Verankerung an den Widerlagern konnte in einfachster Weise durch Anker erzielt werden, die in das Mauerwerk eingespitzt worden sind. Der alte durchlaufende Blechträger über den Öffnungen V, VI und VII mußte vollständig erneuert werden, weil eine Verstärkung unmöglich war. Bei der großen Lichthöhe war der

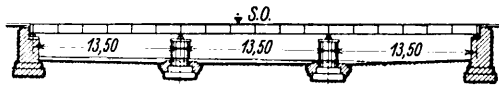


Abb. 6. Brücke über die Wilde Weißeritz bis zum Jahre 1897.

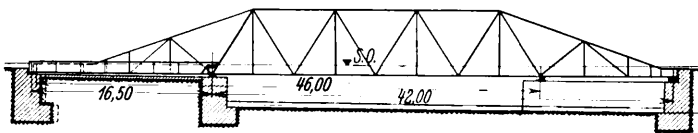


Abb. 7. Ersatzbrücke, im Jahre 1901 eingebaut und im Jahre 1931 abgebrochen.

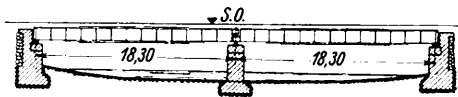


Abb. 8.

Brücke über die Wilde Weißeritz in ihrem heutigen Zustand.

Einbau eines neuen durchlaufenden Blechbalkens mit genügender Stegblechhöhe geboten. Nach Auswechslung der Stützen konnte der Ausbau der alten Brücke und das Einfahren der neuen Brücke in einer Zeit von 5 Std. durchgeführt werden. Der Bahnbetrieb wurde durch Kraftwagenverkehr ersetzt.

3. Umbau der Brücke über die Wilde Weißeritz in km 0,973 der Linie Hainsberg—Kipsdorf.

Zum Schluß möge noch kurz die Geschichte der Brücke über die Wilde Weißeritz in km 0,973 der Linie Hainsberg—Kipsdorf geschildert werden, weil der alte durchlaufende Blechträger der Öffnungen V, VI und VII der Wilischbrücke früher

Jahre 1901 ein Fachwerkträger mit langen Blechschabelenden (Abb. 7) eingebaut worden. Diese Bauart mußte in Kauf genommen werden, weil bei der großen Schiefe an Stützweite gespart werden mußte. Die Wirkung dieser Brücke im Landschaftsbild war ungünstig (Abb. 9). In der Zwischenzeit hat das Gebiet der Wilden Weißeritz zwei Talsperren erhalten,



Abb. 9. Ersatzbrücke der Abb. 7 im Landschaftsbild.

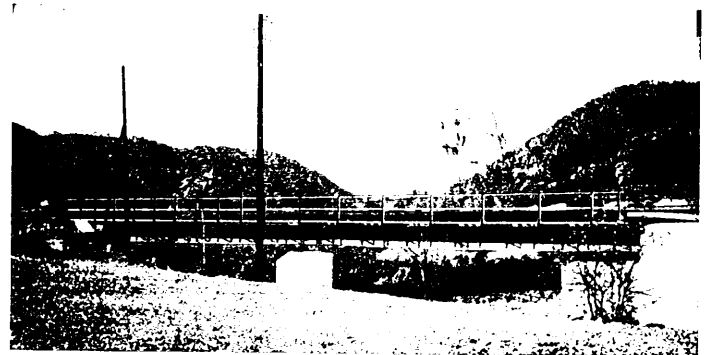


Abb. 10. Brücke der Abb. 8 im Landschaftsbild.

daher ist für den im Jahre 1931 bewirkten Umbau der zu schwachen Brücke wieder der Einbau eines Zwischenpfeilers gestattet worden. Die neue Brücke ist als Blechbalken mit oberliegender Fahrbahn und zentraler Auflagerung ausgebildet (Abb. 8). Diese billigste Lösung war möglich, weil die Schienenunterkante um einen Meter gehoben werden konnte. Die Wirkung der neuen Brücke im Landschaftsbild ist aus Abb. 10 zu ersehen. Man kann wohl behaupten, daß das jetzige Bild besser ist.

Der im Jahre 1897 weggeschwemmte Brückenträger, der auf der Linie Hainsberg—Kipsdorf bereits 15 Jahre seinen Dienst versehen hatte, konnte als Regelbauart noch über 30 Jahre auf der Linie Schönfeld—Meinersdorf verwendet

werden, während die im Jahre 1901 erbaute, nur auf den Sonderfall zugeschnittene Brücke schon nach 30 Jahren wieder verschrotet werden mußte.

Die Umbauarbeiten an der Wilischbrücke sowie der Einbau

der neuen Brücke in km 0,973 der Linie Hainsberg—Kipsdorf sind im Jahre 1931 von der Stahlbauanstalt Kelle & Hildebrandt, G. m. b. H., Niedersedlitz, Bez. Dresden, durchgeführt worden.

Rundschau.

Allgemeines.

Das neue schweizerische Bahn- und Industriekraftwerk am Etzel.

Das heute elektrifizierte Netz der Schweizerischen Bundesbahnen umfaßt 1742 km. Bis 1936 sollen weitere 428 km elektrifiziert werden. Gegenwärtig besitzen die Bundesbahnen eigene Kraftwerke in Amsteg, Ritom und Göschenen (Gotthardgruppe), in Châtelard und Vernayaz (Barberinegruppe), ferner in Massaboden (Oberwallis). Die bahneigenen Zentralen liefern zusammen jährlich rund 440 000 000 kWh. Diese Energiemenge genügt aber nicht für den Betrieb der elektrischen Bundesbahnlinien. Im Jahre 1930 betrug der Verbrauch ab Kraftwerk 472 000 000 kWh. Im Jahre 1931 ist er weiter gestiegen. Der Fehlbetrag wird durch Strombezug aus privaten Kraftwerken gedeckt. Im Jahre 1932 werden aber die verfügbaren Energiequellen erschöpft sein. Die Bundesbahnen müssen daher mit Rücksicht auf die Fortsetzung der Elektrifizierung für neue Energiequellen sorgen. Zudem verfügen sie im Sommer im Kraftwerk Amsteg über eine Überschubenergie von 45 Millionen kWh. Bei der Wahl der neuen Energiequelle mußte danach getrachtet werden, diesen Überschub mit Hilfe von neuer Winterenergie für den Bahnbetrieb nutzbar zu machen. Es kam infolgedessen nur die Ausnützung von Wasserkraften in Frage, die eine genügende Speichenmöglichkeit zur Gewinnung von Winterenergie bieten, die die Bundesbahnen vor allem benötigen. Am besten eignete sich hierfür die Ausnützung der Sihl in ihrem oberen Lauf.

Der heutige Entwurf für das Kraftwerk a. d. Sihl (Etzelwerk), beruht auf dem Gedanken, die Sihl im Hochtal beim bekannten Wallfahrtsort Einsiedeln durch Errichtung einer Staumauer im Engpaß „In den Schlagen“ (892,60 m ü. M.), wo sich die Sihl einen Weg durch einen Molasse-Felsriegel gefressen hat, zu stauen und das Wasser mit Hilfe eines Druckstollens und einer Rohrleitung nach dem Maschinenhaus bei Altendorf am oberen Zürichsee (409,3 m ü. M.) abzuleiten.

Der Stausee wird ein flaches, zum größten Teil versumpftes, ödes Hochlandgebiet von 11 km² überdecken. Das Einzugsgebiet an der Abschlußstelle mißt 156 km². Die ermittelte durchschnittliche nutzbare Wassermenge beträgt 5,0 m³/sec. Man erhält mit dem verfügbaren Bruttogefälle von 483 m eine durchschnittliche 24stündige Bruttoleistung von 32000 PS. Als Talabschluß „In den Schlagen“ (nordöstlich von Einsiedeln) ist eine Schwerkemachermauer vorgesehen. Wegen der günstigen Geländebedingungen wird die Mauer eine Höhe von nur 28 m und einen Inhalt von nur 22000 m³ aufweisen. Die Aufwendungen für die Staumauer sind sehr gering, dafür aber die Ausgaben für Landerwerb (trotz des geringen Bodenwertes) und Kunstbauten im Seegebiet sehr groß. Der entstehende künstliche Stausee ist rund 9 km lang und durchschnittlich 1,3 km breit. Er hat eine Oberfläche von 11 km² und einen Inhalt von 96,5 Millionen km³, wovon bei größter Absenkung (Kote 880,00) 91,6 Millionen m³ nutzbar sind.

Um schädliche Geschiebeablagerungen der in den See mündenden Flüsse und Bäche zu verhindern, werden die Wasserläufe in ihrem Unterlauf so berichtigt, daß die Stoßkraft des Wassers das Geschiebe bis in den See zu treiben vermag. Während der Konzessionsdauer (50 Jahre) wird dadurch keine fühlbare Verminderung des Seeinhalts eintreten. Nur bei der Sihl, dem wildesten Bergwasser in dieser Gegend, erweist sich die Anlage eines Kiessammlers als notwendig. Er soll auch in Zukunft die Ortschaft Studen und die dortige Gegend vor Überschwemmungen schützen helfen. Die Bundesbahnen und der Kanton Schwyz teilen sich in die Kosten dieser Kiessammleranlage.

Nach den geologischen Gutachten wird das Wasserbecken als durchaus wasserdicht bezeichnet, ebenso die Stellen, wo die Staumauer „In den Schlagen“ und der Abschlußdamm zwischen dem See und dem Tal des Flusses Alp errichtet werden!

Das Betriebswasser wird unmittelbar oberhalb der Staumauer auf dem rechten Ufer dem See entnommen und in einen Druckstollen von 2940 m Länge geleitet, an dessen andern Ende sich das Wasserschloß befindet. Hier beginnt die aus zwei Rohrsträngen von durchschnittlich 1,8 m Durchmesser und je 2230 m Länge in der offenen Strecke bestehende Druckleitung. Mit Ausnahme eines kurzen Stückes beim Austritt aus dem Wasserschloß soll die Rohrleitung in den Boden gelegt und eingedeckt werden.

Das Maschinenhaus kommt ungefähr auf Spiegelhöhe des Zürichsees auf Sandsteinfelsen zu stehen. Ein 520 m langer Unterwasserkanal leitet das genutzte Wasser in den oberen Zürichsee. Die Maschinenanlage besteht aus drei Einphasengruppen von je 20000 PS für Bahnstrom und drei Drehstromgruppen ebenfalls von je 20000 PS für Industriestrom.

Für die Bedürfnisse der Bundesbahnen allein würde die Hälfte des Etzelwerkes genügen. Sie haben sich daher entschlossen, das Etzelwerk gemeinschaftlich mit den Nordostschweizerischen Kraftwerken als vereinigttes Bahn- und Industriekraftwerk auszuführen. Die Bundesbahnen gehen somit bei dieser Anlage vom bisher befolgten Grundsatz des Eigenbaues ab. Die gewählte Kombination ist durch die Verhältnisse gegeben und hat gegenüber dem Eigenbau den großen Vorteil, daß sie bereits von der Betriebseröffnung des Werkes an eine gute Ausnützung des den Bundesbahnen zufallenden Anteils am Etzelwerk ermöglicht und zwar mit Hilfe eines vorübergehenden bis zur Fertigstellung des Werkes zunehmenden und alsdann stark sinkenden Energiebezuges von den N. O. K.

Die Baukosten des Etzelwerkes sind auf Fr. 65 000 000 veranschlagt. Hiervon entfallen auf die Bundesbahnen Fr. 33 350 000.

Mit dem Bau des Werkes hat man im Laufe des Jahres 1932 beginnen wollen, so daß es im Herbst 1935 betriebsbereit gewesen wäre. Die herrschende schwere Krise und ihre unabsehbare Dauer werden aber wahrscheinlich dazu nötigen, den Baubeginn um ein Jahr zu verschieben. Gn.

Bahnunterbau, Brücken und Tunnel; Bahnoberbau.

Neuere Versuche an Eisenbahnbrücken.

Der Internationale Eisenbahn-Verband hat kürzlich einen Unterausschuß zur Untersuchung der dynamischen Einflüsse der Verkehrslasten auf Eisenbrücken eingesetzt. Vorsitzender ist M. Ronsse, Chefingenieur der Belgischen Staatsbahnen. Die Arbeit wird bis zu einem gewissen Grade die Fortsetzung und Weiterentwicklung der von dem englischen „Brücken-Spannungsausschuß“ geleisteten Arbeiten sein, aber vor Aufstellung eines festumrissenen Arbeitsplans sollen erst Vergleichsmessungen mit verschiedenen Bauarten von Meßgeräten unter gleichen Bedingungen gemacht werden, um deren Brauchbarkeit festzustellen.

Hierfür wurden zwei Reihen Versuche auf einer Brücke in Douai bei Lille durchgeführt. Diese Brücke liegt auf einer stillgelegten Strecke der Nordbahn, die etwa 5 km freier Strecke dem Ausschub zur Verfügung stellen konnte. Die ersten Versuche fanden im Jahr 1930 mit deutschen und Schweizer Meßgeräten statt, eine zweite Reihe wurde 1931 mit drei verschiedenen Bauarten, darunter dem englischen Spannungsschreiber von F e r e d a y - P a l m e r, vorgenommen.

Die Brücke war eine eingleisige Parallelfachwerkträgerbrücke mit untenliegender Fahrbahn, Stützweite 40 m. Während der zweiten Versuchsreihe wurden die mittleren Diagonalstäbe

auf dieser Brücke gemessen, da sie bei den ersten Versuchen etwas schwankende Ergebnisse gezeigt hatten; die Hauptarbeiten wurden an einer eigens für diesen Zweck erbauten 10 m langen Versuchsbrücke ausgeführt. Diese bestand aus gewalzten I-Stahlträgern mit oberliegender Fahrbahn, das Gleis war auf eichenen Brückenschwellen gelagert. Zwischen den beiden Längsträgern war durch Winkel und Blechtafeln ein Kasten geschaffen, der mit Sand gefüllt werden konnte, um so das Eigengewicht der Brücke zu erhöhen, hierbei war die Brückenmitte freigelassen, so daß hier die Meßgeräte angebracht werden konnten.

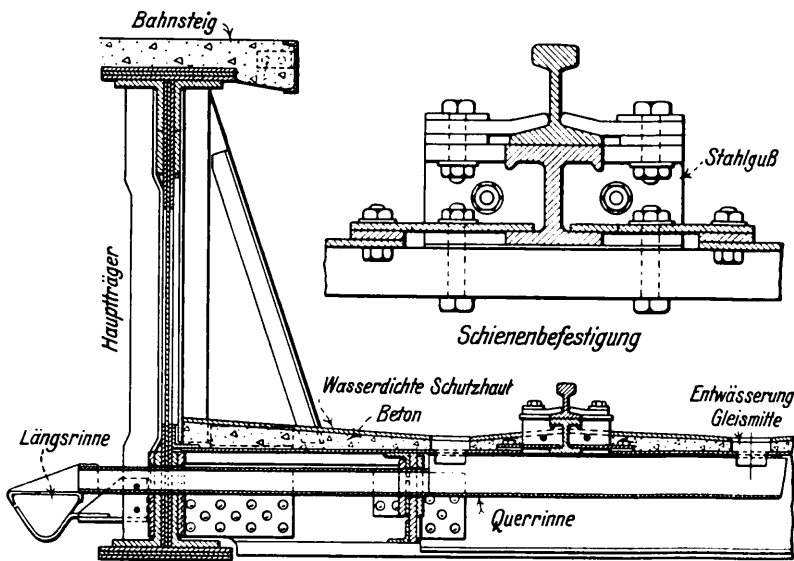
Es wurden zwei Versuchslasten benützt, die eine war eine vierzylindrische „Super-Pacific“-Lokomotive der Nordbahn, die mit Geschwindigkeiten von 5,40, 45 und 112 km/h gefahren wurde, die andere ein Wagen mit Einzelachslast der Schweizer Bundesbahnen. Er wiegt 35 t und hat an jedem Ende eine gefederte Achse und in der Mitte eine ungefederte Achse mit etwa 1,80 m Radurchmesser. Er kann mittels Eigenantrieb durch Verbrennungsmotor fortbewegt werden, oder durch eine Lokomotive abgestoßen werden. Bei Beförderung in Güterzügen läuft der Wagen auf allen drei Achsen, bei den Versuchsfahrten können die beiden äußeren Achsen entlastet werden. Mit einem Laufgewicht kann der Wagen, wenn er auf einer Achse steht, ins Gleichgewicht gebracht werden, so daß keine nennenswerte Last der äußeren Achsen auf die Schienen einwirkt.

Ergebnisse, sowohl im gewöhnlichen Maßstab als auch bei einfacher Vergrößerung. Das Rabut-Gerät zeichnet mittels Bleistift auf Papier und zwar je nach Einstellung des Drehpunktes eines Einstellhebels mit zwei-, drei-, vier- oder fünffacher Vergrößerung. Da der Schreibstift sich nicht in einer Geraden, sondern auf einem Kreisbogen bewegt, muß die Zeitabszisse vom Papierstreifen jeweils umgerechnet werden, was recht umständlich ist.

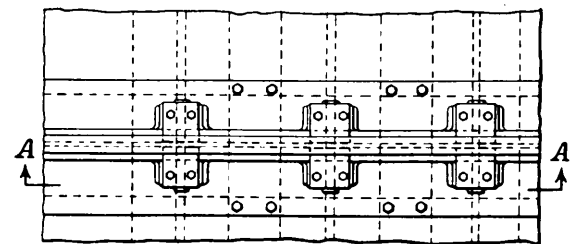
Das Schweizer Gerät zeichnet ähnlich dem von Rabut eine vergrößerte Biegungslinie, aber auf berußtes Papier. Bei schnellen Schwingungen schlägt dies Gerät zu stark aus und zeichnet daher zu große Schwingungen.
Mf.

Bemerkenswerte Bauarten von Brückentafeln.

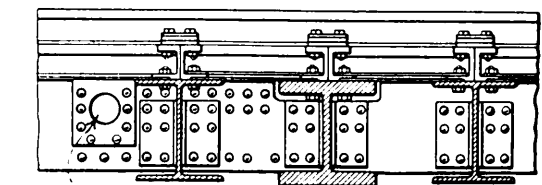
Bemerkenswerte Einzelheiten bei der Ausbildung von Brückentafeln wurden vom Brückenbaubüro der Chicago und Nordwest-Bahn bei der Erweiterung einer Straßenunterführung entwickelt. — Die Unterführung liegt unter den neuen Abstellgleisen eines kürzlich vollendeten Endbahnhofes in Chicago. Da die Erweiterung der vorhandenen Unterführung, die unter den Hauptgleisen des Bahnhofs liegt, die Straßenrampe überquert, stand hier eine viel geringere Konstruktionshöhe zur Verfügung als unter dem bestehenden Unterführungsabschnitt und zwar betrug sie nur 620 mm. Eine weitere Schwierigkeit ergab der bestehende



Teil des Brückenquerschnitts



Teil-Grundriß der Fahrbahn bei der Schienenbefestigung



Loch für Entwässerungsrinne

Längsschnitt A-A

Die Schweizer Meßgeräte der Bauart Meyer wurden in dieser Form zum ersten Male angewendet. Sie vergrößern die Meßwerte auf rein mechanische Weise, nur ist die Schreibvorrichtung etwas umständlich zu handhaben, ein Schreibstift schabt auf berußtem Papierstreifen die Meßlinie und diese muß dann in einer Schellacklösung fixiert werden.

Die deutschen Geräte arbeiten auf rein elektrischem Wege mittels Kohle-Widerständen. Der an die Brücke geklemmte Apparat hat, wie alle Spannungsmesser, einen festen und einen beweglichen Arm. Durch die Bewegung des einen Armes wird der auf zwei Kohlestiften lastende Druck vergrößert oder verkleinert und hierdurch ihr elektrischer Widerstand verändert. In einem Meßwagen, der in einem entsprechenden Abstand von der Brücke aufgestellt ist, werden die Schwankungen eines durch die Kohlestifte fließenden Stromes mittels eines doppelfädigen Eindhoven-Galvanometers durch Spiegelung eines Lichtfleckes auf einen lichtempfindlichen Papierstreifen geworfen.

Mit den verschiedenen Bauarten wurden sehr interessante Ergebnisse erzielt die z. Z. sorgfältig untersucht werden.

An der kleinen Versuchsbrücke wurden auch Biegungsversuche ausgeführt und zwar mit vier verschiedenen Geräten, nämlich den englischen von Cambridge, Fereday, den französischen von Rabut und einem Schweizer Gerät. Der Cambridge-Biegemesser zeichnet unmittelbar auf einen Zellulosestreifen. Der Fereday-Messer arbeitet auf photographischem Wege und gibt gute

Spurplan. Von Norden nach Süden sind vorhanden: Ein einfaches Gleis, ein Inselbahnsteig, zwei Abstellgleise mit 4,10 m Achsabstand und der Hauptbahnsteig des Bahnhofs. Da die Bahnsteige bis zum Wagenboden erhöht waren, war reichlich Platz für die Hauptträger vorhanden, die in der Flucht der Bahnsteigkanten zu liegen kamen. Zwischen den beiden Abstellgleisen blieb aber kein Platz für einen weiteren Hauptträger und da eine Unterlage aus niedrigen Längsträgern unter der Fahrbahntafel eine gleichmäßige Lastverteilung nicht gewährleistet hätte, war es erforderlich, die Querträger für die Fahrbahn auf eine Stützweite von 9,15 m freitragend zu verlegen. Wegen der beschränkten Konstruktionshöhe konnten nur Querträger von höchstens 46 cm Höhe verwendet werden. Um an Eisen zu sparen wurde nur jeder dritte Träger auf die ganze Länge durchgeführt, während dazwischen kürzere Träger von 41 cm Höhe, die auf Zwischenträger gelagert wurden, eingezogen wurden.

Durchgehende Bettung kam nicht in Frage, aber eine wasserdichte Abdeckung war notwendig und die Erfahrung hatte gezeigt, daß die Trennung der Schienenbefestigung von der Abdeckschicht unbedingtes Erfordernis ist. Es war auch erwünscht, die Schienenlast auf die Stege der Breitflanschträger zu legen.

Die Schienenstühle sind aus Stahlguß, von kreuzförmigem Grundriß und I-förmigem Querschnitt. Sie sind 610 mm lang und 140 mm hoch und wurden fortlaufend hintereinander verlegt; die Schienen wurden auf ihnen mit Klammerplättchen befestigt. Die Stühle sind miteinander und mit den Querträgern durch

Bolzen verbunden. Die ganze Fahrbahntafel, mit Ausnahme des von den Schienenstühlen beanspruchten Teiles ist gedeckt mit 10 mm starken Blechplatten, die entsprechende Aussparungen für die Schienenstühle haben. Die so erhaltene durchgehende Fläche wurde mit Asphaltmasse in einer Stärke von 13 mm bis 102 mm überzogen, so daß die Oberfläche ein Gefälle zu den Abflußöffnungen, die im Abstand von 30 cm in den Gleisachsen und beiderseits jedes Gleises angeordnet wurden, erhielt. Über dieser Dichtungsschicht wurde eine doppelte Lage getränkten, wasserdichten Baumwollgewebes aufgebracht, die wiederum mit einer Schutzabdeckung von 25,4 mm starken Asphaltplatten versehen wurde. Die Asphaltplatten reichen bis unter die Flansche der Schienenstühle und diese Flansche sind am Rande mit Tropfnasen versehen.

Blechrinnen nehmen das Wasser aus den Abflußöffnungen auf und leiten es zwischen den Fahrbahnträgern ab, die Hauptschwierigkeit war dabei, zu vermeiden, daß diese Rinne unter die Konstruktionsunterkante herausragt. Dies wurde erreicht durch Ausschneiden der Stege und Untergurtwinkel der Hauptträger, so daß sie in längslaufende Sammelrinnen münden können, die außen am Hauptträger längs des Untergurtes entlanglaufen und in Abfallrohren an den Tragsäulen endigen.

Eine weitere bemerkenswerte Entwässerung wurde bei einigen anderen Bauwerken der gleichen Anlage durchgebildet, wo genügend Bauhöhe für durchgehende Bettung vorhanden war. Diese Bauwerke wurden auch mit einer wasserdichten Abdeckung und einer Schutzschicht aus 25 mm starken Asphaltplatten versehen. Zwischen den Asphaltplatten wurden Zwischenräume gelassen, in die genau eingepaßte Blechkästen mit ganz niedrigen Seitenwänden gelegt wurden, über die wiederum Wellblech-Halbrohre von 20 cm Durchmesser gestülpt waren. Die Ränder der Kästen und der Rohre waren zahnförmig ausgeschnitten, so, daß die Zähne des Rohres in die Ausschnitte des Kastens griffen. Die Halbrohre waren zur Aufnahme des Wassers gelocht. Die Rohre ragten etwa 18 cm über die Auflagerenden der Hauptträger hinaus und mündeten hier in 10 cm starke Abfallrohren, die wiederum in Ableitungen mündeten, die auf dem Widerlagerücken auf einem Vorsprung verlegt waren. Mf.

Verschwenkbare Bahnsteigverbindungsbrücke.

Überführung von Gepäck, Expres- und Eilgut zwischen Bahnsteigen mit hohen Kanten bringt entweder weite Wege über Rampen und Überfahrten an den Bahnsteigenden mit sich oder verlangt teure Bauanlagen mit Aufzügen und Unterführungen. Zur Ausschaltung beider Nachteile hat — nach Mitteilung der Railway Gazette vom 8. Januar 1932 — die London und Nordostbahn auf ihrem Bahnhof Beccles eine neuartige Einrichtung geschaffen: eine bewegliche Brücke, die in Ruhestellung einen Teil der einen Bahnsteigkante, um 90° ausgeschwenkt aber eine

völlig ebene Verbindung zum gegenüberliegenden Bahnsteig bildet. Ähnlich wie eine Sektor-Drehscheibe liegt die Brücke mit dem einen Ende auf einem gußeisernen Drehstuhl, der im Bahnsteigunterbau einbetoniert ist; das andere Ende wird getragen von einem Laufgestell, dessen mit Kugellagern versehene Räder auf einer viertelkreisförmigen Schiene in gleicher Ebene wie die Schienenoberkante der Hauptgleise laufen. Die beiden Längsträger der Brücke sind Balken von etwa dem halbem Querschnitt einer Weichenschwelle und ebenso wie der 1,60 m breite Bohlenbelag imprägniert.



Die Bahnsteigbrücke, halb ausgeschwenkt. Die Bediensteten mit Milchkanne sollen die Abmessungen erkennen lassen.

In ihrer Ruhelage ist die Brücke durch besondere Verschlussrichtung vom nahegelegenen Stellwerk aus festgelegt; Freigabe der Brücke vor dem Ausschwenken schließt gleichzeitig die Betätigung aller auf die überbrückten Gleise führenden Rangier- und Hauptsignale aus und verriegelt nahegelegene Weichen. Das Ein- und Ausschwenken der Brücke kann leicht von Hand durch einen Mann geschehen.

Nach der genannten Quelle hat sich die Brücke schon recht gut bewährt durch erhebliche Beschleunigung und verbesserte Übergangsbedingungen von Milch und sonstigen Landwirtschaftserzeugnissen, die in Beccles zwischen Zügen der Hauptstrecke Ipswich—Yarmouth und einer abzweigenden Linie überzuladen sind. Dr.-Ing. Baumann-Essen.

(Aus „Railway Gazette“, London.)

Bücherschau.

Oertel-Grützner, Die Schneldrehstähle. Düsseldorf 1931, Verlag Stahleisen m. b. H., 223 S. mit 136 Abb. und 53 Zahlentafeln. Preis geb. 12.— RM.

Auf dem Gebiete der Schnellarbeitsstähle und der Schneidmetalle ist das Schrifttum in den Nachkriegsjahren sehr angewachsen und für den Werkstättenfachmann kaum mehr zu überblicken. Das Buch von Oertel-Grützner entspricht daher einem dringenden Bedürfnis: In leicht verständlicher klarer Darstellung, unter Betonung des Wesentlichen wird das gesamte einschlägige Schrifttum zusammengefaßt und durch übersichtliche Zahlentafeln und Kurven erläutert.

Nach einer kurzen Schilderung der Entstehungsgeschichte der Schnellarbeitsstähle wird der Einfluß der einzelnen Legierungsbestandteile, Wolfram, Chrom, Molybdän, Vanadium, Kobalt usw., auf die Zerspanungsleistung und die Eigenschaften der Schneldrehstähle in guter Gliederung dargestellt. In ebenso klarer Gliederung folgen die weiteren Abschnitte über Herstellung und Formgebung

der Schnellarbeitsstähle und die Fehlerquellen hierbei, über die Wärmebehandlung, die physikalischen Eigenschaften, über gegossene Werkzeuge und über Schneidmetalle wie Stellite und Widia.

Eine ausführliche Würdigung erfahren die Zerspanungsversuche über den Einfluß der verschiedenen Schnittbedingungen, nämlich Schneidenform und Schneidenwinkel, Schnitttiefe, Vorschub, Schnittgeschwindigkeit, Schneidenkühlung und -Schmierung. Der Anhang bringt Zahlentafeln über Schnittleistungsergebnisse, Normwerte nach den Vorschlägen von Kurrein, ferner eine legierungstechnische Übersicht über die seit 1900 erteilten Patente über besondere Legierungen für Schnellarbeitsstähle und Hartmetalle.

Das deutsche und ausländische Schrifttum ist in 170 Fußnoten weitgehend, aber lange nicht erschöpfend aufgeführt. So fehlen Angaben über deutsche Meßsupporte. Für eine Neuauflage wäre eine nach Namen geordnete Zusammenstellung der angeführten Veröffentlichungen zu wünschen. Stauffer.