

ORGAN

für die

FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

in technischer Beziehung.

Fachblatt des Vereines deutscher Eisenbahn-Verwaltungen.

Neue Folge. XLII. Band.

Die Schriftleitung hält sich für den Inhalt der mit dem Namen des Verfassers versehenen Aufsätze nicht für verantwortlich. Alle Rechte vorbehalten.

7. und 8. Heft. 1905.

Betriebs- und Versuchsergebnisse der Valtellinabahn. Eigenheiten der Drehstromzugförderung.

Von Cserháti, technischer Konsulent des Werkes Ganz und Co. in Budapest.

Hierzu Schaulinien Abb. 1 bis 4 auf Tafel XLI.

1. Betriebsergebnisse.

Das Ergänzungsheft des »Organ« für das Jahr 1904 enthält eine ausführliche Schilderung der elektrischen Vollbahn in Oberitalien, allgemein unter dem Namen Valtellina bekannt, und auch die Beschreibung der im Jahre 1904 abgelieferten drei Lokomotiven. Als eine Ergänzung hierzu sollen im nachfolgenden die Betriebsergebnisse kurz mitgeteilt werden.

Die Kosten für Löhne und Verbrauch beliefen sich in der Kraftanlage Morbegno für die Zeit vom 1. Juli 1903 bis zum 31. Juni 1904 auf 17450 M., während dieser Zeit wurden 3420502 Kilowatt-Stunden erzeugt, die Kosten betragen daher 0,51 Pf./K.W.St.

Die Kosten an Löhnen und Verbrauch für die Instandhaltung und Beaufsichtigung der Stromleitungen einschliesslich der Maste und Umformer-Stationen betragen 266,9 M/km.

Die Kosten für die Instandhaltung und Prüfung der Fahrbetriebsmittel sowohl für den elektrischen als auch für den mechanischen Teil beliefen sich für ein Lokomotiv- beziehungsweise Wagen-Kilometer auf 3,53 Pf.

Die Zugförderungs-Kosten mit Schmier- und Putzstoffen und einschliesslich der Kosten für die Zugmannschaften betragen im Jahresdurchschnitte für jenen Zeitabschnitt, in dem nur ein Teil der Lastzüge elektrisch befördert wurde, 1,59 M., für den Abschnitt, in dem alle Züge elektrisch gefahren wurden, 1,38 M. für 1000 Tonnenkilometer.

Auf einer zum Vergleiche gewählten Dampfbahn in Österreich mit ähnlichen Richtungs- und Steigungsverhältnissen, aber mit einem um etwa 30% dichteren Verkehre, beliefen sich die Zugförderungskosten pro 1000 Tonnenkilometer auf 3,39 M. Die Ersparnisse an Zugförderungskosten ergeben im ersten Falle eine Verzinsung von 3,98%, im zweiten von 5,53% der für die elektrische Einrichtung aufgewendeten Kosten, und nebenbei werden alle Stationen und Triebwagen kostenlos beleuchtet und letztere kostenlos beheizt.

2. Versuche über Stromverbrauch.

Während des zweijährigen Betriebes der »Valtellina« wurden eingehende Versuche über den Stromverbrauch und Stromrückgewinn auf der Ebene und auf Neigungen, ferner über die zum Anfahren der Züge nötige Leistung angestellt. Diese Versuche wurden durch die Ingenieure Novi und Donati der Rete Adriatica unter Mitwirkung und Nachprüfung des Ingenieurs Celeri von der italienischen General-Inspektion vorgenommen. Die Ergebnisse sind zuerst auf dem Kongresse der italienischen Elektrotechniker zu Bologna im Jahre 1904 veröffentlicht worden.

Die nachfolgend anzuführenden Versuchsergebnisse sind meist dieser Veröffentlichung entnommen.

Wie oben erwähnt, sind in der Kraftanlage Morbegno während eines Jahres 3402502 K.W.-St. erzeugt. Die Zahl der in dieser Zeit gefahrenen Tonnenkilometer einschliesslich des Gewichtes der Lokomotiven und der elektrischen Einrichtung der Triebwagen betragen 76845265 tkm, der Stromverbrauch für 1 tkm war also 44,3 Wattstunden, gemessen an der Schalttafel des Kraftwerkes.

In dieser Zahl sind enthalten:

1. Die zur Beförderung der Züge nötige Strommenge.
2. Alle Verluste von der Schalttafel des Kraftwerkes bis zum Radumfang der Betriebsmittel.
3. Der Stromverbrauch zur Beleuchtung der Stationen mit 1254 Glühlampen von je 16 Kerzen.
4. Der Stromverbrauch für die Beleuchtung und Beheizung der Triebwagen und Lokomotiven.
5. Der Verbrauch für die Speicher-Füllstationen mit zwei Antriebdynamos von je 21 K.W. Leistung auf der Gleichstrom-Seite.
6. Der Verbrauch zum Betriebe der Werkzeugmaschinen der Betriebswerkstätte in Lecco.

7. Der Stromverbrauch für den Verschiebedienst.
8. Der Stromverbrauch für die Proben gelegentlich der Prüfung der elektrischen Einrichtungen.

Die erwähnte Verbrauchsziffer von 44,3 Wattstunden ist auch von den genannten Ingenieuren der Rete Adriatica für eine nicht näher bezeichnete Zeit, von der Firma Ganz und Comp. unabhängig, aber übereinstimmend festgestellt worden.

Der Nutz-Stromverbrauch für 1 Tkm ist mit Hilfe eines hierfür eingerichteten Triebwagens, der sowohl Stromzähler als auch aufschreibende Wattmesser für beide Luftphasen erhielt, ermittelt worden. Der Durchschnitt aus 20 Versuchen ergab einen Verbrauch von 31 W.St. für 1 Tkm und zwar im Wagen gemessen. Die seitens der Beamten von Ganz und Comp. gemachten Versuche ergaben mit diesem Ergebnisse vollständig übereinstimmende Ziffern.

Die letztern Versuche erstreckten sich auch auf die Bestimmung des Nutz-Verbrauches im Kraftwerke gemessen. Der hierzu bestimmte Zug verkehrte während der Nacht nach Einstellung des regelmässigen Betriebes. Der Stromverbrauch für 1 Tkm betrug 34,9, rund 35 Wattstunden. Die Anlage arbeitet demnach mit einem Wirkungsgrade von 88,8 %.

Bei der Würdigung der angeführten Verbrauchsziffer darf nicht aufser Acht gelassen werden, dafs die »Valtellina« sehr ungünstige Verhältnisse hat, denn die durchschnittliche Steigung auf der ganzen Linie hin und zurück beträgt 2,5 ‰, das heifst wenn ein Zug von einem Endpunkte der Linie beginnend, alle Teilstrecken in beiden Richtungen befährt, mufs er im ganzen um 527,5 m gehoben werden, was bei der befahrenen Bahnlänge von $2 \times 106,5 = 213$ km der oben angegebenen Durchschnittsteigung entspricht.

Die Linie Lecco-Colico, auf welcher die Versuche über Stromverbrauch vorgenommen wurden, besitzt eine Durchschnittsteigung von 2,1 ‰; die Verbrauchsziffer von 31 Wattstunden gibt also den Verbrauch für 1 Tkm bei 60 km/St. Geschwindigkeit auf einer Steigung von 2,1 ‰ einschliesslich Anfahrarbeit.

Zur Beschleunigung einer Tonne von 0 auf 60 km/St. Geschwindigkeit sind durchschnittlich 95 Wattstunden nötig, dabei betragen die Verluste in den Widerständen und Triebmaschinen für 1 Tkm 6 Wattstunden. Bei einem angenommenen Wirkungsgrade von 0,85 für die Triebmaschinen betragen deren Verluste 4,6 Wattstunden, es verbleiben also 1,4 Wattstunden für die Widerstandsverluste oder 4,5 ‰ des kilometrischen Stromverbrauches.

Ein 120 t schwerer Zug verbraucht bei 60 km/St. Geschwindigkeit auf der ebenen geraden Strecke im Beharrungszustande 13 Wattstunden für 1 Tkm.

Ein allein fahrender Triebwagen verbraucht im Durchschnitte, also einschliesslich der Leistung beim Anfahren, 48 Wattstunden für 1 tkm. Die Ursache des grossen Unterschiedes gegenüber 31 Wattstunden bei einem etwa 120 t schweren Zuge liegt im Luftdrucke auf die Stirnfläche, der bei diesen Wagen nach anderweitigen Versuchen der Rete Adriatica 240 kg/m beträgt. Es ist daher nicht sparsam, die schweren Züge durch mehrere leichte zu ersetzen, und es ist auch nicht berechtigt, den elektrischen

Widerstandsverlusten beim Anfahren eine so grosse Bedeutung beizulegen, wie es öfters geschieht, weil diese Verluste im Verhältnisse zum ganzen Verbrauche gering sind.

3. Stromrückgewinn.

Bekanntlich besitzen die Wechselstrom-Induktions-Triebmaschinen die Eigenschaft, auf Gefällstrecken von etwas über 4 ‰ Neigung unter Beibehaltung der Geschwindigkeit Strom in die Leitung zurückzugeben.

Die Verwertbarkeit dieser Eigenschaft ist häufig angezweifelt worden. Die diesbezüglichen Versuche haben nicht nur ihre Möglichkeit nachgewiesen, sondern auch die Strommenge ziffermässig festgestellt, die zurückgewonnen werden kann. Auf Gefällstrecken von 20 ‰ bei etwa 30 km/St. Geschwindigkeit und einem Zuge von 120 t konnten auf 1 tkm durchschnittlich 28,2 Wattstunden oder mit anderen Worten rund 80 ‰ der Leistung zurückgewonnen werden, welche sonst abgebremst werden müfste.

Das äufserst günstige Ergebnis des Stromverbrauches auf der »Valtellina« ist zum grössten Teile diesem Umstande zuzuschreiben. Die Frage, wie der rückgewonnene Strom verwertet werden könnte, ist auch schon oft erörtert. Die einfachste Lösung ist, nicht nur die steilen Rampen der Gebirgsbahnen für elektrische Förderung einzurichten, sondern auch die Zufahrtslinien, um für den Rückstrom aller bergab fahrenden Züge Abnehmer zu finden.

Welche Bedeutung dieser Umstand besitzt, beweisen die Ergebnisse, die bei der Ausarbeitung des Arlberg-Entwurfes gefunden wurden. Es war beabsichtigt, nur die Strecke Landeck-Bludenz für elektrischen Betrieb einzurichten. Die Leistung des Kraftwerkes mufste mit Rücksicht darauf berechnet werden, dafs ein Teil der Züge in Ermangelung von aufwärts fahrenden Zügen bei der Talfahrt gebremst werden mufs. Vergleichs-Entwurf für die Strecke Innsbruck-Bregenz-Lindau hat das beachtenswerte Ergebnis geliefert, dafs dasselbe Kraftwerk, welches für die Strecke Landeck-Bludenz nötig war, für die viel längere Strecke Innsbruck-Bregenz-Lindau auch genügt, weil in letzterm Falle die auf den steilen Rampen des Arlberges bergab fahrenden Züge mit eingeschalteten Triebmaschinen fahren können; der Rückstrom dieser Züge wird nämlich durch die auf den Strecken Innsbruck-Landeck und Bludenz-Lindau fahrenden Züge verbraucht.

Der Stromrückgewinn kann nicht nur bei der Talfahrt auf Gefällen, sondern auch beim Anhalten der Züge stattfinden, vorausgesetzt, dafs die Triebmaschinen für Stufenschaltung eingerichtet sind, denn in diesem Falle kann die Zuggeschwindigkeit durch Anwendung der Stufenschaltung auf die Hälfte gebracht werden, also kann ein Teil der zur Beschleunigung des Zuges nötigen Arbeit zurückgewonnen werden.

Die auf diese Weise zurückgewonnene Strommenge beträgt 35 bis 40 ‰ der Beschleunigungsleistung und rund 10 ‰ der ganzen Leistung.

Diese Möglichkeit erlangt ihre grösste Wichtigkeit im Stadtbahnverkehre, wo schwere Züge in kurzen Abständen anzufahren und wieder anzuhalten haben.

So wurde gelegentlich der Ausarbeitung des Entwurfes für die Wiener Stadtbahn nachgewiesen, daß durch Anwendung der vierfachen Stufenschaltung*) beim Anhalten mehr Strom zurückgewonnen werden kann, als die Widerstandsverluste beim Anfahren betragen.

Aber auch für Hauptbahnen ist dieser Umstand wirtschaftlich wichtig, da die schweren Personenzüge, ferner die Omnibus- und Ortzüge bei verhältnismäßig hoher Größt-Geschwindigkeit oft anhalten müssen.

In dem Arbeits-Aufwande für die Beförderung dieser Züge spielt die Beschleunigung eine wesentliche Rolle, und durch die einfache Stufenschaltung lassen sich, wie oben erwähnt, wenigstens 35 bis 40% hiervon ersparen, bei vierfacher Stufenschaltung noch mehr.

Bei Wasser-Kraftwerken hat der Stromrückgewinn insofern Bedeutung, als mit demselben Werke unter Berücksichtigung des Stromrückgewinnes sehr viel mehr geleistet werden kann. Bei Dampf-Kraftwerken kommt außerdem noch die sehr wesentliche Ersparnis an Betriebskosten dazu.

4. Abhängigkeit des Stromverbrauches von der Steigung.

Für eine und dieselbe Geschwindigkeit läßt sich der Stromverbrauch sehr einfach von der Steigung abhängig darstellen, nämlich, wenn wir vorläufig annehmen, daß die Triebmaschinen mit 100% Nutzwirkung arbeiten, in der Form:

$$\text{Gl. 1) } \dots \dots \dots \frac{\text{WSt}}{s_{\text{Tkm}}} = c [w^{\text{kg/t}} \pm i^{\text{‰}}],$$

worin s den Stromverbrauch in Wattstunden für Tkm, c einen Erfahrungswert, w den Widerstand in der Wagerechten, i den Steigungswiderstand in kg für 1 t bedeuten.

Das obere Vorzeichen gilt für die Berg-, das untere für die Talfahrt. Gl. 1) stellt zwei gerade Linien dar, die die Ordinatenachse in demselben Punkte schneiden. Die halbe algebraische Summe der Ordinaten gibt den durchschnittlichen Stromverbrauch für eine volle Hin- und Rückfahrt, mit Berücksichtigung des Rückgewinnes.

Die Gleichung sagt, daß, wenn die Triebmaschinen mit 100% Nutzwirkung arbeiteten, der Stromverbrauch auf der Steigung eben so groß wäre, wie auf der Ebene.

Berücksichtigt man die Nutzwirkung η der Maschinen, die bekanntlich mit der Belastung zunimmt, so ist der Stromverbrauch bei der Bergfahrt:

$$\text{Gl. 2) } \dots \dots \dots s_b^{\frac{\text{WSt}}{\text{Tkm}}} = c \frac{1}{\eta} [w^{\text{kg/t}} \pm i^{\text{‰}}]$$

und der Rückgewinn bei der Talfahrt:

$$\text{Gl. 3) } \dots \dots \dots s_t^{\frac{\text{WSt}}{\text{Tkm}}} = c \eta [w^{\text{kg/t}} - i^{\text{‰}}].$$

Auf Grund dieser beiden Gleichungen wurden unter Benutzung der Nutzwirkung-Schaulinien der Triebmaschinen die Linien in Abb. 1 und 2, Taf. — für den Stromverbrauch und Rückgewinn auf Rampen von 0 bis 45‰ und für 31 und 62 km/St Geschwindigkeit entworfen. Das Mittel der Ordinaten gibt auch hier den wirklichen Verbrauch bei einer

*) Eine beziehungsweise zwei nebeneinander geschaltete Haupttriebmaschinen und zwei Hilfsmaschinen in verschiedenen Verbindungen geschaltet ergeben dabei die vier Geschwindigkeiten.

Berg- und Talfahrt. Man sieht, daß der Stromverbrauch für tkm mit der Zunahme der Steigung verhältnismäßig langsam steigt, insbesondere bei der größeren Geschwindigkeit, weil die Nutzwirkung der Triebmaschinen in der einfachen Schaltung besser ist, als in der Stufenschaltung.

Der Punkt, wo die Linie für die Talfahrt die Abszissenachse schneidet, gibt das Gefälle, auf welchem der Zug zur Fortschaffung keiner Arbeit bedarf.

In Abb. 1 und 2, Taf. XLI ist auch die Schaulinie des Stromverbrauches für den Fall eingezeichnet, daß der Zug ohne Rückgewinn bergab fährt; da die Talfahrt dann ohne Arbeitsaufwand erfolgt, erhält man den Durchschnittsverbrauch für eine Berg- und Talfahrt, wenn man die Ordinaten der Linie für die Bergfahrt halbiert.

Man sieht aus diesen Schaulinien, um wie viel sparsamer eine Anlage mit Rückgewinn arbeitet, als eine solche ohne Rückgewinn. Der Unterschied beträgt zu Gunsten des Mehrphasenstromes, welcher den Stromrückgewinn bei der Talfahrt gestattet:

bei einer Steigung von	10‰	20‰	30‰	40‰	45‰
bei 31 km/St	40‰	100‰	132‰	165	169
bei 62 km/St	21‰	90‰	150‰*)	200*)	250*)

Auf ebenen Strecken ist der durch Stromrückgewinn erreichbare Vorteil nicht so groß, aber mit Rücksicht auf die Stufenbremsung noch immer beachtenswert.

5. Betriebslänge der Drehstrombahnen.

Herr Ingenieur Donati hat auf dem Kongresse zu Bologna bereits erwähnt, daß die für Dampfbeförderung gültige Berechnungsweise der Betriebslängen (virtuellen Längen) für Drehstrombahnen keine richtigen Werte liefert, und daß es die Aufgabe weiterer Untersuchungen und Messungen sein wird, die Berechnungsweise der Betriebs-Tonnenkilometer für Drehstrombeförderung zu ermitteln.

Die Ursache, warum die allgemein gültigen Formeln für die Berechnung der Betriebslängen für Drehstrombahnen nicht verwendet werden können, liegt in der Möglichkeit des Rückgewinnes.

Unter der Betriebslänge einer Bahnlinie mit Steigungen und Bögen versteht man die Länge der geraden wagerechten Bahn, welche zur Beförderung eines Zuges dieselbe Arbeitsmenge erfordert wie die erstere. Die allgemein übliche Formel lautet:

$$\text{Gl. 4) } \dots \dots \dots L_v = L [a + b - 1],$$

worin L_v die Betriebslänge, L die wirkliche Länge, a das Verhältnis der Widerstandsarbeit auf der Steigung zu der auf der Wagerechten und b das Verhältnis der Arbeit in den Bogen zu der in der Geraden bedeutet. Demnach ist:

$$\text{Gl. 5) 6) } \dots \dots \dots a = \frac{w^{\text{kg/t}} \pm i^{\text{‰}}}{w^{\text{kg/t}}}; \quad b = \frac{w^{\text{kg/t}} + \rho^{\text{kg/t}}}{w^{\text{kg/t}}},$$

w ist der Widerstand auf gerader, wagerechter Bahn, i die Neigung und ρ der Widerstand in den Bogen, das obere Vorzeichen in a gilt für die Steigung, das untere für das Ge-

*) Auf so steilen Steigungen wird eine Geschwindigkeit von 62 km/St gegenwärtig nicht angewendet.

fälle; ist das Gefälle grösser als der Zugwiderstand w , so wird a negativ, das heisst der Zug rollt ohne Kraftanwendung auf dem Gefälle herab.

Diese negativen Glieder werden bei der Berechnung der Betriebslänge für Dampfbahnen fortgelassen. Da aber der bergab fahrende Zug bei Drehstrom Strom in die Leitung zurückgibt, wodurch ein Teil der auf der Steigung aufgewendeten Arbeit ersetzt wird, müssen die negativen Glieder berücksichtigt werden. Die Arbeit des zutal fahrenden Zuges kann nicht voll in die Leitung zurückfliessen, denn sie vermindert sich durch den Zugwiderstand und durch die Verluste in den Triebmaschinen.

Dienen die Betriebslängen zum Vergleiche der Betriebskosten verschiedener elektrisch betriebener Linien, so kann für Drehstrom die Formel 4 benutzt werden, worin die negativen Glieder mit ihrem vollen Werte zu nehmen sind. Dienen die Gleichungen zum Vergleiche einer Drehstrombahn mit einer Dampfbahn, so könnten die Gl. 4) bis 6) auch benutzt werden, denn die inneren Reibungswiderstände der Dampflokomotive haben einen ähnlichen Einfluss wie die Stromverluste in den elektrischen Triebmaschinen, beide vermindern nämlich die abzubremsende Arbeit. Wenn man aber von dem Gesichtspunkte ausgeht, dass die Betriebslänge der Drehstrombahnen deshalb kleiner ausfällt, weil der Stromrückgewinn berücksichtigt wird, dann darf nur die tatsächlich zurückgewonnene Strommenge in Rechnung gezogen werden.

Dies geschieht am einfachsten, wenn man anstatt des wirklichen Gefälles i ein gedachtes Gefälle αi einführt, wo α kleiner als i ist und der Unterschied der beiden so gross ist, dass dadurch die Stromverluste gedeckt werden. Um α für irgend ein Gefälle zu berechnen, müssen wir von der abzubremsenden Arbeit ausgehen, deren theoretische Grösse ist:

$$\text{Gl. 7) } \quad v^{m/\text{Sek}} \cdot (w^{kg/t} + \varrho^{kg/t} - i^{0/00}) = a,$$

die wirkliche Grösse:

$$\text{Gl. 8) } \quad v^{m/\text{Sek}} \cdot (w^{kg/t} + \varrho^{kg/t} - \alpha i^{0/00}) = \beta a,$$

worin β das Verhältnis der wirklichen zur theoretischen abzubremsenden Arbeit, a die theoretische Grösse der abzubremsenden Arbeit bedeutet.

Aus diesen beiden Gleichungen erhält man für α den Wert:

$$\text{Gl. 9) } \quad \alpha = \frac{1}{i} \left((w + \varrho) (1 - \beta) \right) + \beta.$$

Die Versuche der Rete Adriatica ergaben:

$$\text{bei 30 km/St: } i = 20 \text{ } \text{‰} \quad \beta = 0,8$$

$$\text{bei 60 km/St: } i = 12,4 \text{ bis } 14,9 \text{ } \text{‰} \quad \beta = 0,7,$$

hieraus ist für

$$30 \text{ km/St und } i = 20 \text{ } \text{‰} \quad \alpha_1 = 0,848$$

$$60 \text{ } \ll \ll i = 14,9 \text{ } \text{‰} \quad \alpha_2 = 0,808$$

$$60 \text{ } \ll \ll i = 12,4 \text{ } \text{‰} \quad \alpha_3 = 0,830$$

Mit Rücksicht darauf, dass die Betriebslängen keine genauen Werte sind, weil man doch nicht alle sie beeinflussenden Umstände berücksichtigen kann, so wird es genügen, wenn man für Gefällstrecken von 10 bis 20 ‰ $\alpha = 0,8$ einführt, dieser Wert dürfte auch für grössere und kleinere Gefälle genügend genau sein, was aber erst durch weitere Versuche bewiesen werden muss.

Sind bei Gebirgsbahnen verschiedene Linien möglich, so ist bei der Wahl die Höhe der Bau- und der Betriebskosten entscheidend. Für die Berechnung der Betriebskosten dienen die Betriebslängen. Je grösser die Steigung einer Linie, um so grösser ist ihre Betriebslänge. Diese Betriebslängen werden nun durch Anwendung von Drehstrom bedeutend verkleinert. Um ein Beispiel anzuführen, ist die Betriebslänge der Arlbergstrecke zwischen Landeck und Bludenz für Drehstrom nach Gl. 6) um 28 ‰ geringer als für Dampfbetrieb. Durch Drehstrom werden also diese beiden Stationen vom Standpunkte der Betriebskosten um 28 ‰ näher aneinander gerückt.

6. Die Schwungradwirkung.

Die Wattschaulinien (Abb. 3 und 4, Taf. XLI) des Kraftwerkes in Morbegno vom Monate Dezember 1904 zeigen, dass die durch das Anfahren selbst der schweren Züge verursachten Stromstöße nicht grösser sind, als 70 bis 80 ‰ des mittlern Stromverbrauches der zu jener Zeit verkehrenden Züge. Die Ursache dieses günstigen Verhältnisses ist zunächst die Verwendung von Flüssigkeits-Widerständen, die ein so sanftes Anfahren gestatten, dass der im Wagen Sitzende den Augenblick des Anfahrens nicht bemerken kann, dementsprechend geschieht die Stromentnahme nicht plötzlich, sondern allmählich anwachsend. Eine andere Ursache der erwähnten Erscheinung ist in der Eigenschaft der Induktionstriebmaschine zu suchen, dass sie bei Verminderung der Wechselzahl des Stromerzeugers um etwa 1,5 ‰ keinen Strom mehr aufnimmt, ja sogar bei noch weiterer Abnahme der Wechselzahl Strom in die Leitung zurückgibt.

Wenn also ein schwerer Zug anfährt, so wird die Umlaufzahl des Stromerzeugers nebst Antriebmaschine sich vermindern, die Wechselzahl nimmt also ab, und die mit kurz geschlossenen Triebmaschinen fahrenden Züge werden so lange keinen Strom aufnehmen, bis ihre Geschwindigkeit auf die der verminderten Umlaufzahl des Kraftwerkes entsprechenden Geschwindigkeit gesunken ist, das Kraftwerk wird also bei vorkommenden Stromstößen entlastet. Sollte sich die Umlaufzahl des Stromerzeugers plötzlich um mehr als 2 ‰ vermindern, so würden die Triebmaschinen aller in Fahrt befindlichen Züge Strom in die Leitung zurückgeben, mit anderen Worten: alle in Fahrt befindlichen Züge bilden ein riesenhaftes Schwungrad, das die Einwirkung der Stromstöße auf das Kraftwerk bedeutend abschwächt. Dies ist eine sehr wertvolle Eigenschaft des Drehstrom-Betriebes, die nicht hoch genug angeschlagen werden kann, und die bisher nur wenig, oder überhaupt nicht beachtet wurde.

7. Aufsen liegende Schleifringe.

Bei den neugelieferten Valtellina-Lokomotiven*) sind die Schleifringe der Triebmaschinen nicht zwischen, sondern ausserhalb der Lokomotivrahmen untergebracht, wodurch einerseits die Zugänglichkeit, somit auch die Unterhaltung erleichtert wird, andererseits der Raum innerhalb der Lokomotivrahmen, der für die Unterbringung der Schleifringe nötig wäre, ganz für die Triebmaschinen ausgenutzt werden kann. Diese Anordnung ge-

*) Organ 1904, Ergänzungsheft, S. 339.

stattet also den Einbau viel kräftigerer Triebmaschinen als bei innen liegenden Schleifringen.

Diese Anordnung erfordert, daß die drei Wicklungsenden des Ankerrades durch die ausgebohrte Kurbelwelle, durch den Kurbelarm und Zapfen schließlic durch eine Gegenkurbel zu den drei Schleifringen geführt werden. Für drei stromdicht voneinander gesonderte Leitungen läßt sich diese Anordnung ohne jede Schwierigkeit durchführen, während, wenn man den Stromwender einer Gleich- oder Einphasen-Strommaschine auf ähnliche Weise anbringen wollte, über 100 solche stromdicht gesonderte Herausführungen nötig sein würden, was technisch wohl nicht unmöglich, aber auf eine einfache Weise gewiß nicht zu lösen wäre.

Die Möglichkeit, durch diese Bauweise sehr kräftige Triebmaschinen in das Lokomotivgestell einbauen zu können, ist nicht zu unterschätzen, denn mit je weniger Triebmaschinen eine bestimmte Leistung erzielt werden kann, um so leichter und einfacher wird die elektrische Lokomotive. Diese Möglichkeit bei einfachen Bauteilen wird nur durch die Mehrphasen-Triebmaschine geboten.

8. Vergleich des Stromverbrauches mit dem anderer Stromarten.

Auf den Stromverbrauch für 1 tkm haben sehr viele Umstände Einfluß, so Geschwindigkeit, Steigung, Krümmungen, Zugbelastung, Zuglänge, Stations-Abstände. Es ist aus diesem Grunde ziemlich schwierig, die Verbrauchsziffern von Bahnen verschiedener Bauart miteinander zu vergleichen.

Überdies sind die Angaben über den Stromverbrauch auf Hauptbahnen und Bahnen mit hauptbahnähnlichem Verkehre in der Fachliteratur ziemlich spärlich, und auch diese beziehen sich nahezu immer auf den Verbrauch im Wagen, oder wie man zu sagen pflegt, »auf dem Drahte« und nicht auf den an der Schalttafel des Kraftwerkes.

Die ganze Verbrauchsziffer von 44 WSt/Tkm einschließlich aller Verluste und des Verbrauches für alle übrigen elektrischen Einrichtungen der Valtellina muß als eine sehr günstige bezeichnet werden, denn die meisten bisher bekannt gewordenen Angaben über den Verbrauch für 1 tkm im Wagen gemessen sind höher, wobei zu bedenken ist, daß der Verlust von der Schalttafel des Kraftwerkes bis zu den Unterstationen auf Gleichstrombahnen mit umlaufenden Umformern nahe an 20% beträgt. Der Nutzverbrauch von 31 WSt/Tkm im Wagen gemessen ist mit einer andern Stromart unter den schwierigen Neigungsverhältnissen der Valtellina noch nicht erreicht worden.

Die Verbrauchsziffern der Gleichstrombahnen bieten wenig Beachtenswertes, da man heute wohl kaum daran denken wird, eine Hauptbahn von größerer Ausdehnung mit den sowohl bezüglich der Beschaffung als auch bezüglich des Betriebes teuren Gleichstromanlagen auszurüsten. Bedeutsamer sind die Verbrauchsziffern der Einphasen-Wechselstrombahnen, die bezüglich der Kraftverteilung längs eines ausgedehnten Eisenbahnnetzes nahezu dieselben Vorteile bieten, wie Drehstrombahnen. Bei den Versuchen,*) welche auf der von der »General Electric Co.« errichteten Probestrecke zwischen Schenectady und Ballston

*) Street Railway Journal 1904, 24. August, Nr. 9.

vorgenommen wurden, ist dieselbe Strecke mit denselben Triebmaschinen, einmal mit Gleichstrom, das anderemal mit Einphasen-Wechselstrom zurückgelegt. Der Verbrauch betrug:

für Gleichstrom	53,6 WSt/Tkm
für Einphasen-Wechselstrom	78,1 "

Man sieht, daß dieselbe Triebmaschine unter ganz gleichen Umständen mit Einphasen-Wechselstrom um 46% mehr Strom verbraucht als mit Gleichstrom. Da es keines weitern Beweises bedarf, daß Drehstrom-Triebmaschinen mindestens mit derselben Nutzwirkung gebaut werden können wie Gleichstrom-Triebmaschinen, so kann aus den Ergebnissen des obigen Versuches auch auf das gegenseitige Verhalten der Mehr- und Einphasen-Triebmaschinen bezüglich des Stromverbrauches geschlossen werden. Die Einphasen-Wechselstrom-Maschinen werden unter ähnlichen Verhältnissen, unter welchen die obigen Ergebnisse gewonnen wurden, um etwa 40 bis 50% mehr Strom verbrauchen als die Mehrphasen-Maschinen.

Auf der 4,1 km langen Einphasen-Wechselstrombahn Niederschöne-weide-Spindlersfeld*) werden bei 908 m Stationsabstand bei 34,4 km/St Höchstgeschwindigkeit und einem Zuggewichte von 170 t 45 WSt/Tkm verbraucht, wobei die Strecke nur auf 500 m Länge eine Steigung von 2% hat.

Das Werk Ganz und Comp. hat im Entwürfe für die Wiener Stadtbahn für dasselbe Zuggewicht wie oben bei einer Größtgeschwindigkeit von etwa 31 km/St und bei einem durchschnittlichen Stationsabstand von 906 m 30,7 WSt/Tkm Stromverbrauch angegeben, für den Gewähr geleistet wird. Der Unterschied beträgt auch hier 45% zu Gunsten des Drehstrom-Betriebes, wobei noch bemerkt wird, daß die Wiener Stadtbahn Steigungen bis zu 29% besitzt.

Die Stubaitalbahn bei Innsbruck verbraucht**) 70 WSt/Tkm . Mit Hilfe eines genauen Längenschnittes der Stubaitalbahn wurde der Verbrauch bei den Geschwindigkeiten, wie sie im Entwürfe angegeben sind, für Drehstrom ohne Stufenschaltung berechnet. Die Rechnung ergibt für eine volle Hin- und Rückfahrt einen durchschnittlichen Verbrauch von 29,4 WSt/Tkm im Wagen, also rund 31 WSt/Tkm am Speisepunkte. Diese günstige Ziffer rührt daher, daß während der Bergfahrt 57 WSt/Tkm verbraucht, aber bei der Talfahrt 27,6 WSt/Tkm zurückgewonnen werden.

Die hier angeführten Verbrauchsziffern der Einphasen-Wechselstrombahnen sind aus Veröffentlichungen der Bauunternehmungen entnommen; die für Drehstrom sind den amtlichen Versuchen der Rete Adriatica entlehnt, sofern sie aber gerechnet wurden, stützen sie sich auf diese Versuche.

9. Schlusfolgerung.

Die besprochenen Eigenheiten des Mehrphasenstrom-Betriebes gewähren folgende Vorteile:

1. Die Möglichkeit, die Arbeit, die in den fahrenden Zügen aufgehäuft ist, bei der Fahrt auf Gefällen oder beim Anhalten in der Form elektrischen Stromes zu großem Teile zurückzugewinnen, wodurch ein sehr geringer Stromverbrauch erreicht wird.

*) Glaser's Annalen 1904, Heft 3.

**) Zeitschrift für Elektrotechnik 1905, Heft 3.

2. Die Möglichkeit, die durch Anfahren schwerer Züge verursachten Stromstöße durch »Schwungradwirkung« der fahrenden Züge abzuschwächen.
3. Die Möglichkeit, die Schleifringe getrennt von den Triebmaschinen anzubringen und so den ganzen innerhalb der Lokomotivrahmen zur Verfügung stehenden Raum für diese Maschinen auszunutzen.

Diese Vorteile lassen sich nur mit Induktions-Triebmaschinen erreichen, von denen bisher nur die Mehrphasen-Induktionsmaschine für Bahnzwecke geeignet gefunden wurde. Ohne die Wahl einer Induktionsmaschine gehen die aufgezählten Vorteile verloren. Dem gegenüber muß man allerdings auf die beliebig veränderliche Geschwindigkeit verzichten.

Bekanntlich kann die Dampflokomotive bis zu einer, teils durch die Leistungsfähigkeit des Kessels, teils durch die Betriebsicherheit gestellte obere Grenze mit jeder beliebigen Geschwindigkeit fahren. Ähnlich verhalten sich auch die Gleichstrom- und Einphasen-Wechselstrom-Reihenmaschinen, während die Mehrphasen-Maschinen nur mit einer, zwei, drei oder vier bestimmten, durch die Wechsel- und Polzahl, ferner durch den Triebraddurchmesser gegebenen Geschwindigkeiten arbeiten können.

Diese Eigenschaft der Mehrphasen-Maschinen wurde anfangs als ein Nachteil betrachtet, jetzt aber, insbesondere seit

die Erfahrungen des zweijährigen Betriebes der Valtellinabahn bekannt sind, erkennen bereits erfahrene Zugförderungs-Ingenieure diese Eigenschaft als einen Vorteil an. Die Hauptbedingung regelmäßigen Verkehrs ist die Einhaltung der Fahrzeit; alle Betriebsarten, bei welchen die von der Steigung, Belastung und Witterung abhängige beziehungsweise beeinflusste Fahrgeschwindigkeit durch die Mannschaften geregelt wird, erfordern sehr gut geschulte Beamte, die durch Übung zu lebendigen Geschwindigkeitsmessern geworden sind. Aber selbst solche im Fahren eingetübte Führer können nur auf ihnen bekannten Strecken mit Sicherheit fahren, ihre Verwendung ist also eine beschränkte.

Der Mehrphasen-Wechselstrom-Betrieb erfordert so weitgehende Schulung und Übung nicht, denn nach Erreichung der der Anlage eigenen Geschwindigkeit wird diese ohne Eingreifen selbsttätig unveränderlich erhalten. Wir haben früher*) den Längenschnitt der Strecke Lecco-Abbadia und die mit einem Versuchswagen aufgenommene Geschwindigkeits- und Zugkraft-Schaulinie mitgeteilt. Man sieht, daß trotz der sehr wechselnden Gefällsbrüche die Geschwindigkeit-Schaulinie nahezu eine wagerechte gerade Linie ist. Die Anforderungen an die Geschicklichkeit der Fahrer sind also sehr vermindert, da diese sich nur auf richtiges Anfahren und Anhalten zu erstrecken braucht.

*) Organ 1904, Tafel XCV.

Die Berechnung der Fahrzeiten von Personen- und Schnellzügen.

Von von Borries, Geheimer Regierungsrat, Professor in Berlin.

Hierzu Zeichnungen auf den Tafeln XXXVII bis XXXIX.

(Schluß von Seite 149.)

6. Die Grenzen der Streckenzuschläge.

Für die oberen Grenzen der Zuschlagzahlen kommt einerseits in Betracht, daß bei zu groß bemessenen Zuschlägen auf den stärkeren Steigungen unverhältnismäßig langsam gefahren und zu viel Zeit verloren werden würde, während andererseits bei zu geringen Zuschlägen, namentlich auf Strecken mit ungünstigen Steigungsverhältnissen, die beförderten Zuglasten zu gering ausfallen würden. Nach den bisherigen Erfahrungen empfiehlt es sich, für vollbelastete Züge mit den Zuschlägen nicht über 60% zu gehen und bei größeren Steigungen das Gewicht der leichteren Züge so zu wählen, daß sich als Zuschlagzahl für die Steigung von 20% etwa 100% ergibt. Die Verbindungslinie der beiden durch diese Annahme in den Darstellungen gegebenen Punkte bildet die Grenzlinie der Zuschläge für alle zwischenliegenden Steigungen.

Die Zuschläge von 60% werden

bei den Grundgeschwindigkeiten von 50 60 70 80 90 100 kg/St.
auf Steigungen von 2,4 3,3 4,4 5,7 7,2 8,6 %

erreicht. Über diese Steigungen können also noch vollbelastete Züge gefahren werden. Hat der Bahnabschnitt eine stärkere

Steigung von solcher Länge und Lage, daß sie nicht durch Anlauf überwunden werden kann, so ist diese Steigung im allgemeinen als maßgebend anzusehen. Für die Zuschläge gilt dann die dieser Steigung entsprechende Linie, von deren Wahl auch die Größe der Zugbelastung abhängt.

In Fällen, in denen die nach dem vorstehenden als maßgebend zu betrachtende Steigung nur vereinzelt, in verhältnismäßig geringer Länge vorkommt, empfiehlt es sich, mit den Zuschlägen über die obere Grenzlinie, unter Umständen bis gegen 100% hinauszugehen, um die Züge stärker belasten zu können. Aus diesem Grunde sind alle Linien auf Taf. XXXVII bis XXXIX bis zu der Zuschlaglinie für 100% verlängert.

Vollbelastete Züge können in Gefällen, leichtere in der Wagerechten und auch in schwächeren Steigungen schneller fahren, als mit der Grundgeschwindigkeit. Man wird aber in Wirklichkeit in der Wagerechten oder in Steigungen nie über die Grundgeschwindigkeit hinausgehen, sondern für diese von vornherein die Geschwindigkeit annehmen, mit der der Zug in der Wagerechten fahren soll. Dagegen kann es sich namentlich bei vollbelasteten Zügen empfehlen, von der Möglichkeit, in Gefällen rascher zu fahren, zur Abkürzung der fahrplanmäßigen Fahrzeit Gebrauch zu machen. Aus diesem Grunde

sind auch negative Zuschläge und zwar bis zu -10% in den Darstellungen vorgesehen, und die Linien für die vollbelasteten Züge bis zu dieser Zuschlaglinie als unterer Grenzlinie herabgeführt. Abzüge von mehr als 10% sollen nicht gemacht, es soll also auch in stärkeren Gefällen fahrplanmäßig nicht rascher gefahren werden, als mit der aus dem Abzuge von 10% folgenden Geschwindigkeit. Mit der Anwendung dieser Geschwindigkeit darf natürlich nur soweit gegangen werden, als nicht 66, 3 der Eisenbahn-Bau und Betriebs-Ordnung ein Hindernis bildet.

Ob die Betriebslängen mit negativen Zuschlägen berechnet werden sollen, hängt im übrigen hauptsächlich von den örtlichen Verhältnissen der Strecke ab, und muß jeweils besonders erwogen werden.

Ein Hindernis für die Beschleunigung der Züge in Gefällen kann § 54 der Betriebsordnung bilden, wonach die Fahrgeschwindigkeit von der Belastung abhängt. Die Fahrzeit von Zügen, die wegen ihrer Achsenzahl die Grundgeschwindigkeit außer im Falle von Verspätungen (66, 12 der B. O.) nicht überschreiten dürfen, kann somit nicht nach einer mit negativen Zuschlägen berechneten Betriebslänge bestimmt werden.

Die Linien für die leichteren Züge sind zunächst bis zur Abszissenachse als unterer Grenzlinie gezogen. Der Berechnung der Betriebslängen nach diesen Linien liegt also die Annahme zu Grunde, daß die Züge in allen links von den Fußpunkten der Linien angegebenen Steigungen mit der vollen Grundgeschwindigkeit fahren. Da indes die Geschwindigkeit bei jedem Übergange von einer geringern auf eine stärkere Steigung abnimmt, selbst wenn die Leistung der Lokomotive nicht voll beansprucht ist, so kann es sich empfehlen, diesem Umstande Rechnung zu tragen. Die Linien der leichteren Züge sind daher auch in eine vom Nullpunkte aus aufsteigende gerade Grenzlinie eingeführt, die für 1 mm Steigung einen Zuschlag von 2% ergibt. Die nach dieser Linienführung ermittelten Betriebslängen sind natürlich etwas größer. Wie zu erfahren ist, ob die Betriebslängen nach den bis zur Abszissenachse gezogenen, oder den in die schräge Grenzlinie eingeführten Linien zu berechnen sind, muß im Einzelfalle bestimmt werden.

Wo auch die leichteren, in der Wagerechten nicht voll beanspruchten Züge in den Gefällen beschleunigt werden sollen, kann die untere Verlängerung der Linie der vollbelasteten Züge auch für jene Züge verwendet werden.

7. Anwendung zur Berechnung der Betriebslängen.

Die Ergebnisse der bildlichen Darstellungen Abb. 1 und 2 Taf. XXXVII bis XXXIX sind in den Zusammenstellungen V bis X unter A aufgeführt. Die Zahlen geben die Zuschläge in $\%$, die zu den wirklichen Längen zu machen sind, um die Betriebslängen zu erhalten. Die untere treppenförmige Linie entspricht der obern Grenzlinie der Darstellungen, die obere Linie der Abszissenachse. Die bei den leichteren Zügen in Klammern beigefügten Zahlen sind die Zuschläge, die der unter 6) erwähnten schrägen Grenzlinie entsprechen. Über der obern Treppenlinie

sind nur eingeklammerte Zahlen angegeben, weil die Zuschläge, die den bis zur Abszissenachse geführten Linien entsprechen, $= 0$ sind. Negative Zuschläge sind nur in die erste Spalte eingetragen. Sie gelten, wie oben angedeutet, erforderlichen Falles auch für die leichteren Züge.

Die Zuschläge, die nicht durch die Steigungen oder den Krümmungswiderstand bedingt, sondern nach 66 der Betriebsordnung erforderlich werden, sind in den Zusammenstellungen V bis X unter B enthalten.

Unter C der Zusammenstellung V bis X ist endlich das Verhältnis des Gewichtes der leichteren Züge zu dem des vollbelasteten Zuges*) (S. 152) angegeben.

Bei den Berechnungen können die Zuschläge entweder aus den Zusammenstellungen V bis X unter A oder unmittelbar aus den zeichnerischen Darstellungen Abb. 1 und 2, Taf. XXXVII bis XXXIX entnommen werden.

Jeder auf einer Strecke zur Anwendung kommenden Grundgeschwindigkeit entspricht eine andere Betriebslänge, doch können die aus den abgerundeten Geschwindigkeiten berechneten Längen auch für die Grundgeschwindigkeiten, die um 4 km/St. geringer oder um 5 km/St. höher sind, benutzt werden.

Zusammenhängend zu behandeln ist jeder Bahnabschnitt, auf dem sich die Zusammensetzung der Züge nicht erheblich ändert.

Für die Wahl der Zuschlaglinie, oder der ihr entsprechenden Spalte von A der Zusammenstellung V bis X ist die größte auf diesem Bahnabschnitte vorkommende Steigung von mehr als 2 bis 3 km Länge maßgebend. Liegt die Steigung zu erheblichem Teile in Krümmungen von 600 m Halbmesser oder weniger, so ist der Krümmungswiderstand bei der maßgebenden Steigung mitzuzählen. Ist die dem ganzen Widerstande entsprechende maßgebende Steigung kleiner, als die von der Linie des vollbelasteten Zuges bei 60% Zuschlag erreichte Steigung, so gilt diese Linie; ist sie größer, so gilt die von dem betreffenden Punkte der Grenzlinie ausgehende, mit der Steigung bezeichnete Zuschlaglinie.

Muß die Grundgeschwindigkeit auf verschiedenen Hauptabschnitten einer von denselben Zügen durchfahrenen längern Bahnstrecke verschieden angenommen werden, etwa beim Übergange von einer Flachland- in eine Gebirgsstrecke, wo die Züge nicht genügend belastet werden könnten, wenn dieselbe Grundgeschwindigkeit beibehalten würde, so sind Grundgeschwindigkeit und maßgebende Steigung für jeden Hauptabschnitt besonders festzustellen.

Liegt in einer sonst günstigen, langen Strecke ein kürzeres Stück mit stärkeren Steigungen, so hat man zu untersuchen, ob die Zuschlaglinie, die für die günstigere Strecke nach deren maßgebender Steigung zu wählen wäre, auch für die stärkere

*) Das Gewicht der vollbelasteten Züge selbst hängt von der Grundgeschwindigkeit ab (S. 151). Wird dasjenige bei 50 km/St. Grundgeschwindigkeit $= 100$ gesetzt, so beträgt es

bei der Grundgeschwindigkeit von	60	70	80	90	100 km.
	73	56	44	35	29.

Steigung beibehalten werden kann, wenn hier mit den Zuschlägen bis zu 100 ‰ gegangen wird. Dies ist der Fall, wenn die Zuschlaglinie die Senkrechte der stärkern Steigung noch diesseits der Wagerechten für 100 ‰ Zuschlag schneidet. Trifft dies nicht zu, so muß die stärkere Steigung als maßgebend angenommen und diejenige Zuschlaglinie benutzt werden, die vom Schnittpunkte der Senkrechten der stärkern Steigung mit der obern Wagerechten ausgeht. Diese Linie entspricht aber einer geringern Zuglast, als nach den Verhältnissen der günstigeren Strecke zulässig wäre.

Müssen die Züge stärker belastet werden, so kann man nicht nach der zweiten Zuschlaglinie fahren, vielmehr muß auf der stärkern Steigung Vorspann gegeben werden, man kann dann wieder die geringere maßgebende Steigung der günstigeren Strecke beibehalten. Die starke Steigung wird in diesem Falle so behandelt, als ob die Lokomotive hier nur die halbe Wagenlast zu befördern hätte, und es wird in diesem leichtern Zuge entsprechende Zuschlaglinie genommen. Da die Lokomotiven mit Tender durchschnittlich etwa 33 ‰ des beförderten Wagenzuges wiegen, so ist dies die Zuschlaglinie, die einer Zugkraft von etwa 65 ‰ der vollen entspricht.

Müssen die Zuschläge wegen beschränkter Grundgeschwindigkeit und gegebener Fahrzeit kleiner angenommen werden, so gilt die Zuschlaglinie, die der stärksten Steigung und dem größten anwendbaren Zuschlage entspricht. Die Zugbelastung fällt dabei entsprechend kleiner aus.

Sind die Lokomotiven so leistungsfähig, daß sie bei dem schwersten vorkommenden Zuge*) und der gegebenen Grundgeschwindigkeit erst auf einer bestimmten Steigung voll beansprucht werden, so gilt die Zuschlaglinie, die bei dieser Steigung beginnt.

Kommen auf einer Strecke neben schweren Zügen einzelne leichtere vor, die mit derselben Grundgeschwindigkeit gefahren werden sollen, wie jene, auf deren tunlichst rasche Beförderung aber besonderer Wert zu legen ist, etwa Luxuszüge, leichte D-Züge, so empfiehlt es sich, für letztere nicht die für jene Züge berechnete Betriebslänge zu nehmen, sondern eine besondere Länge zu berechnen und dabei die Zuschlaglinie in der vorstehend angegebenen Weise zu ermitteln.

Die Krümmungswiderstände (S. 151) können bei der Berechnung der Zuschläge für Halbmesser über 600 m vernach-

*) Etwa für eine Zugstärke von 44 Achsen, die nach 54 der Betriebsordnung bei Geschwindigkeiten von über 80 km/St. nicht überschritten werden darf.

lässigt werden, wenn die Krümmungen nicht zahlreich sind. Andernfalls genügt es, wenn angenommen wird, der x. Teil des Streckenabschnittes liege in Krümmungen von einem durchschnittlichen Halbmesser. Der Widerstand wird dann mit seinem x. Teile für den ganzen Abschnitt in Rechnung gestellt. Die maßgebende Steigung muß indes, wenn sie in Krümmungen nicht etwa ermäßigt ist, wie schon oben angedeutet, um den vollen Krümmungswiderstand größer angenommen werden.

Ist die zu benutzende Zuschlaglinie, oder die ihr entsprechende Spalte von A der Zusammenstellungen V bis X hiernach ausgewählt, so ermittelt man die Zuschläge, indem man die Länge jedes Streckenteiles mit der betreffenden Zuschlagzahl vervielfältigt. Zu prüfen ist dabei, ob mit Rücksicht auf 66 der Betriebsordnung für scharfe Krümmungen etwa größere, als die dem ganzen Widerstande entsprechenden und für stärkere Gefälle ebenfalls Zuschläge zu machen sind, also ob die Zuschlagzahlen aus B statt aus A der Zusammenstellungen V bis X, oder den zeichnerischen Darstellungen entnommen werden müssen. Die Zuschläge werden von Station zu Station oder Block zu Block zusammen- und der wirklichen Streckenlänge zugezählt. Jede Fahrrichtung wird für sich behandelt.

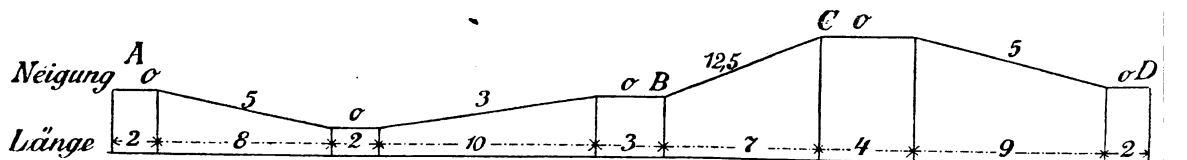
Die Zeitverschiebungen, die durch den Wechsel der Geschwindigkeit beim Übergange von einer Steigung zur andern entstehen, sind im einzelnen nicht erheblich, gleichen sich auf größeren Streckenlängen meist aus, brauchen daher nicht berücksichtigt zu werden.

Für das Verlangsamen vor der Einfahrt in scharfe Krümmungen oder Gefälle, die gemäß 66 der Betriebsordnung langsamer befahren werden müssen, und das Steigern der Geschwindigkeit nach der Ausfahrt sind, wenn die Verminderung der Geschwindigkeit erheblich ist, Zeitzuschläge (Ziffer 9) zu geben. Wechseln aber mit derartigen schärferen Krümmungen oder Gefällen nur kurze gerade oder wenig geneigte Strecken, so ist der Zuschlag aus B der Zusammenstellungen V bis X für den ganzen Streckenteil zu geben, weil es unmöglich ist, die Geschwindigkeit fortwährend zu ändern. Es ist dringend zu empfehlen, die Ermittlung der Betriebslänge, die für jede Strecke und Grundgeschwindigkeit nur einmal zu machen ist, sorgsam auszuführen.

8. a. Flachlandstrecke (Textabb. 3).

Krümmungen über 600 m, Grundgeschwindigkeit 85 km/St., grösste überhaupt zulässige Geschwindigkeit 100 km/St. Auf

Abb. 3.



der 7 km langen Steigung 12,5 ‰ von B nach C wird regelmäßig nachgeschoben. Die maßgebende Steigung ist in der einen Richtung 3 ‰, in der andern 5 ‰. Also gibt die

Linie für vollbelastete Züge Abb. 1, Taf. XXXVIII oder die erste senkrechte Spalte der Zusammenstellung VII. Die Berechnung der Zuschläge ergibt hiernach:

Zusammenstellung III.

Steigung ‰	Zuschlagzahl	Wirkliche Länge km	Strecken-	
			Zuschlag km	Abzug km
Richtung A—D.				
— 5	— 10	8	—	0,8
+ 3	+ 25	10	2,5	—
+ 12,5	+ 74	7	5,2	—
— 5	— 10	9	—	0,9
zusammen			7,7	1,7

Steigung ‰	Zuschlagzahl	Wirkliche Länge km	Strecken-	
			Zuschlag km	Abzug km
Richtung D—A.				
+ 5	+ 49	9	4,4	—
— 12,5	+ 6	7	0,4	—
— 3	— 10	10	—	1,0
+ 5	+ 49	8	3,9	—
zusammen			8,7	1,0

Im ganzen sind für die Richtung A—D $7,7 - 1,7 = 6,0$ km, für D—A $8,7 - 1,0 = 7,7$ km Zuschläge zu geben, die Betriebslänge der Strecke A—D beträgt also $47 + 6,0 = 53,0$ km, die der Strecke D—A $47 + 7,7 = 54,7$ km.

8. b. Flachlandstrecke mit Steigungen bis 5‰, an einer Stelle ein Übergang mit 4 und 5 km langen Steigungen von 7‰.

Die Grundgeschwindigkeit der Schnellzüge sei 80 km/St. Die maßgebende Steigung wird zu 5‰ angenommen. Sie erfordert nach der Linie 5,7 (Abb. 1, Taf. XXXVIII) für vollbelastete

Züge einen Zuschlag von rund 50‰. Die Linie schneidet die Steigung von 7‰ bei der Zuschlagzahl 84‰; die Steigungen von 7‰ können also bei Anwendung dieses Zuschlages ohne Verringerung der Zuglast befahren werden.

Die Personenzüge fahren mit 60 km/St. Grundgeschwindigkeit. Die Linie für 5‰ Steigung Abb. 1, Taf. XXXIX endet oben für 100‰ Zuschlag aber schon bei rund 6‰ Steigung. Auf der Steigung von 7‰ muß also entweder Vorspann gegeben werden, oder die bei 7‰ auf 100‰ Zuschlag beginnende Linie 6 zu Grunde gelegt werden, wobei die Zuglast von 82‰ auf 74‰ des vollbelasteten Zuges sinkt. Ist das Gewicht der Züge nicht höher, so ist für die ganze Strecke die maßgebende Steigung 6‰, für 100‰ Zuschlag $= 7‰$, anzunehmen. Wären die Züge so schwer, daß Vorspann gegeben werden müßte, so würde die Steigung von 5‰ maßgebend bleiben und mit dem Vorspanne wie im Beispiele 8 a verfahren werden.

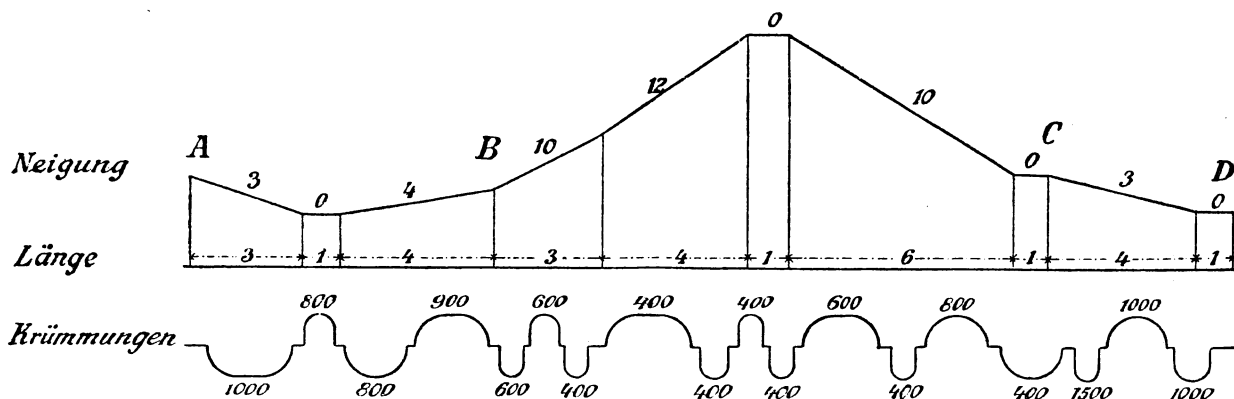
8. c. Gemischte Strecke etwa 600 km lang,

etwa Berlin—Cöln über Hildesheim, zur Hälfte Flachlandbahn mit Steigungen bis 5‰, zur Hälfte Gebirgsbahn mit langen Steigungen von 10‰ und einzelnen kurzen von 11 und 12,5‰. Die durchgehenden Schnellzüge fahren auf der Flachlandstrecke mit 85 km/St. Grundgeschwindigkeit, also gilt die Linie 5,7 Abb. 1, Taf. XXXVIII für vollbelastete Züge. Auf der Gebirgstrecke wird mit 75 km/St. Grundgeschwindigkeit gefahren, also gilt die Linie 10 Abb. 2, Taf. XXXVIII. Die kurzen Steigungen bis 11,2‰ können noch bei 100‰ Zuschlag befahren werden, darüber hinaus muß nachgeschoben werden.

8. d. Gebirgstrecke.

Grundgeschwindigkeit 80 km/St. Die Krümmungen lasten gemäß 66,4 der Betriebsordnung auf dem Abschnitte B—C nur 75 km/St. zu; hier müssen also überall mindestens $\frac{80}{75} - 1 = 7‰$ Zuschlag gegeben werden. Die größte Steigung

Abb. 4.



in der Richtung A—D ist 12‰; sie liegt zu $\frac{2}{3}$ in Krümmungen von 400 m, wofür 1,9‰ Steigung zuzurechnen sind. Somit ist die maßgebende Steigung 13,9‰, die Zuschlaglinie 13,9 Abb. 1, Taf. XXXVIII gilt. Sie beginnt unten bei der Steigung 4,6‰. Der Zuschlag ist, weil $\frac{2}{3}$ der Strecke in Krümmungen liegen, nach einer Durchschnittsteigung von $12 + \frac{2}{3} \cdot 1,9 = 13,3‰$ zu bemessen. Die Steigung von

10‰ liegt etwa zur Hälfte in Krümmungen von 600 m, ist also für $10 + \frac{1}{2} \cdot 1,2 = 10,6‰$ zu rechnen. Ebenso ist für die Richtung D—A größte Steigung 10‰, Krümmung 600 m, weil die eine kurze Krümmung von 400 m nicht in Betracht kommt. Maßgebende Steigung also $10 + \frac{1}{2} = 11,2‰$, durchschnittliche $10 + \frac{1}{2} \cdot 1,2 = 10,6‰$. Die Grundgeschwindigkeit soll in den Gefällen nicht überschritten werden.

Hiernach ergibt sich:

Zusammenstellung IV.

Steigung ‰	Zuschlagzahl ‰	Länge km	Zuschlag km	
Richtung A—D.				
+ 4	Abb. 1, Taf. XXXVIII, Linie 13—14	0	4	—
+ 10 (10,6)	" " " " " " "	45	3	1,35
+ 12 (13,3)	" " " " " " "	74	4	2,96
0	" " " " " " "	7	1	0,07
- 10	" " " " " " "	7	6	0,42
0	" " " " " " "	7	1	0,07
zusammen				4,87

Steigung ‰	Zuschlagzahl ‰	Länge km	Zuschlag km	
Richtung D—A.				
+ 3	Abb. 1, Taf. XXXVIII, Linie 11,2	0	4	—
0	" " " " " " "	7	1	0,07
+ 10 (10,6)	" " " " " " "	67	6	4,02
0	" " " " " " "	7	1	0,07
- 12	" " " " " " "	7	4	0,28
- 10	" " " " " " "	7	3	0,21
+ 3	" " " " " " "	0	3	—
zusammen				4,65

9. Zeitzuschläge.

Bei der Festsetzung der Fahrzeiten ist aufer der aus den Betriebslängen und der Grundgeschwindigkeit zu berechnenden Fahrdauer auch der Zeitverlust beim Anhalten und Anfahren zu berücksichtigen.

Für Grundgeschwindigkeiten von km 50—65 68—79 80 und mehr sind erforderlich

Minuten 2 2,5 3,
wovon 0,5 Minuten auf das Anhalten entfallen.

Wo langsam einzufahren ist, sind weitere, von den örtlichen Verhältnissen abhängige Zuschläge zu geben. Insbesondere ist dies bei Kopfbahnhöfen zu beachten. Für das Durchfahren einfacher, in gerader Linie oder schwacher Krümmung liegender Stationen ist kein Zuschlag notwendig, wohl aber für grössere wenig übersichtliche Bahnhöfe oder solche Stationen, wo Weichen in ablenkender Stellung befahren werden.

Bei Verminderung der Geschwindigkeit von V auf V_1 km/St. kann für Verlangsamten und Wiederanfahren ein Zeitverlust von $\frac{(V-V_1)^2}{3000}$ Minuten gerechnet werden. Dazu kommt der Zeitverlust auf der langsamer durchfahrenen Weglänge l , der $l \cdot \left(\frac{60}{V_1} - \frac{60}{V}\right)$ Minuten beträgt. Der Einfachheit wegen kann man hiernach bei Weglängen bis 1000 m für Geschwindigkeitsvermindierungen um

	km 20 bis 25	30 bis 35	40 bis 45	50 bis 55
Zeitverluste von Minuten	0,5	1	1,5	2

rechnen. Unzweckmäsig ist es, diese Zeitzuschläge oder die Dauer des Aufenthaltes auf den Stationen zu kürzen, um an Zeit zu gewinnen. Der Erfolg ist nur, das mit grösserer, vielleicht nicht einmal zulässiger Geschwindigkeit gefahren werden mufs, und das aus den geringsten Anlässen Verspätungen entstehen.

10. Bildliche Darstellung der Betriebslängen.

Für die Ermittlung der Fahrzeiten sind bildliche Darstellungen der Betriebslängen im Mafsstabe von 5 mm für 1 km Länge zu empfehlen. Die Fahrzeiten werden von diesen Darstellungen mit Mafsstäben abgemessen, bei denen die Länge einer Stunde in Zentimetern gleich der Hälfte der Grundgeschwindigkeit in km ist. Diese Stundenlänge ist in 60 Minuten eingeteilt. Der Mafsstab wird in der durch den Pfeil angegebenen Fahrriichtung an die Fahrlänge angelegt und die Fahrzeit zwischen zwei Stationen abgemessen. Legt man den Mafsstab mit der richtigen Minute an die erste Station und ver-

Abb. 5.



schiebt ihn der Fahrriichtung entgegen um den Zeitzuschlag für das Anfahren, so kann man die richtigen Minutenzahlen bis zur nächsten Haltestation für jede zwischenliegende Stelle unmittelbar ablesen. Für eine Haltestation ergibt sich die Zeit der Ankunft durch Verschieben des Mafsstabes um den für das Verlangsamten beim Anhalten erforderlichen Zeitzuschlag, die Zeit der Abfahrt durch weiteres Verschieben um die Dauer des Aufenthaltes und den Zeitzuschlag für das abermalige Anfahren. Mufs an einer Stelle langsam gefahren werden, so ist der Mafsstab ebenfalls um den erforderlichen Fahrlänge ein-

getragen. Die Berücksichtigung dieser Zuschläge in den Fahrlängen selber empfiehlt sich nicht, weil diese nur für eine Grundgeschwindigkeit passen, und die dafür mafsgebenden Bestimmungen gelegentlich verändert zu werden pflegen.

Die Fahrlängen werden zweckmäsig auf starkes weifses Zeichenpapier aufgetragen. Aus demselben Papiere werden auch die Mafsstäbe hergestellt. Der Gebrauch ist weit einfacher, als es nach der Beschreibung der Fall zu sein scheint, und hat den Vorteil, das die beim Zusammenzählen der Einzelfahrzeiten möglichen Fehler vermieden werden.

Zusammenstellung V.

Grundgeschwindigkeit = 100 km/St.

Gültig für 96—100 km.

Hierzu Abb. 1, Taf. XXXVII.

A. Streckenzuschläge für Steigungen in ‰.

Einzelsteigung ‰	Maßgebende Steigung ‰											
	8,6	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
—2,8	—10											
—2	—7											
—1	—4											
0	0											
1	4	2 (3)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
2	9	6	4 (5)	2 (4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)
3	15	11	9	6 (7)	4 (6)	2 (6)	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)
4	21	17	14	11	8 (9)	6 (8)	4 (3)	3 (8)	1 (8)	(8)	(8)	(9)
5	28	23	20	17	14	11 (12)	9 (11)	7 (10)	5 (10)	3 (10)	2 (10)	(10)
6	36	30	26	23	20	16	14	12 (13)	9 (12)	7 (12)	6 (12)	4 (12)
7	44	38	33	29	26	22	19	17	14 (15)	12 (14)	10 (14)	8 (14)
8	53	46	41	36	32	28	25	23	19	17 (18)	14 (16)	12 (16)
9	64	55	49	44	39	35	32	29	25	22	19	17 (19)
10	75	65	58	53	47	42	39	35	31	28	25	22
11	86	75	68	62	56	50	46	42	38	34	31	28
12	99	87	79	72	65	59	54	49	45	41	37	34
13	.	100	91	82	75	68	63	57	53	48	44	41
14	.	.	.	94	86	78	72	66	61	56	52	48
15	.	.	.	.	97	89	82	76	70	64	60	55
16	.	.	.	.	.	.	93	86	79	73	68	63
17	.	.	.	.	.	.	.	97	89	82	77	71
18	.	.	.	.	.	.	.	.	.	93	86	80
19	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	96	90
20	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	100

B. Streckenzuschläge für Gefälle und Krümmungen nach § 66 der Eisenbahn-Bau- und Betriebs-Ordnung.

Gefälle ‰	6,25	7,5	—	10,0	12,5	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0	—	—
Krümmungshalbmesser . . m	900	800	700	600	500	400	—	300	250	—	200	180
Zuschlag ‰	0	5	11	18	25	33	43	54	67	82	100	122

Für Zwischen-Gefälle und -Krümmungen ergeben sich die Zuschläge durch Zwischenschaltung.

C. Zuggewicht in ‰ des vollbelasteten Zuges.

Maßgebende Steigung . . ‰	8,6	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Zuggewicht ‰	100	95	91	87	84	80	78	76	74	71	69	67

Zusammenstellung VI.

Grundgeschwindigkeit = 90 km/St.

Gültig für 86 bis 95 km.

Hierzu Abb. 2, Taf. XXXVII.

A. Streckenzuschläge für Steigungen in ‰.

Einzelsteigung ‰	Maßgebende Steigung ‰													
	7,2	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
-2,2	-10													
-2	-9													
-1	-5													
0	0													
1	6	3												
2	12	9	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
3	19	15	6	2	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)
4	27	23	12	8	5	2	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)
5	36	31	18	14	11	7	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)
6	46	40	26	21	17	13	10	7	4	2	(10)	(10)	(10)	(10)
7	58	51	34	29	24	20	16	13	9	7	(12)	(12)	(12)	(12)
8	72	63	43	37	32	27	23	19	15	12	(14)	(14)	(14)	(14)
9	88	77	48	46	40	34	30	25	21	18	(16)	(16)	(16)	(16)
10	.	93	54	57	49	43	37	32	28	24	(18)	(18)	(18)	(18)
11	.	.	66	69	60	53	46	40	35	31	(20)	(20)	(20)	(20)
12	.	.	80	83	72	63	55	49	43	38	(22)	(22)	(22)	(22)
13	.	.	95	98	86	75	66	58	52	46	(24)	(24)	(24)	(24)
14	.	.	.	.	.	.	88	78	69	62	(26)	(26)	(26)	(26)
15	.	.	.	.	.	.	.	91	82	73	(28)	(28)	(28)	(28)
16	.	.	.	.	.	.	.	.	95	84	(30)	(30)	(30)	(30)
17	.	.	.	.	.	.	.	.	.	97	(32)	(32)	(32)	(32)
18	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	100	(34)	(34)	(34)
19	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	91	(36)	(36)
20	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	94	(38)

B. Streckenzuschläge für Gefälle und Krümmungen nach § 66 der Eisenbahn-Bau- und Betriebs-Ordnung.

Gefälle ‰	7,5	—	10,0	12,5	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0	—	—
Krümmungshalbmesser m	800	700	600	500	400	—	300	250	200	180	—
Zuschlag ‰ für 90 km/St.	0	0	6	13	20	29	38	50	64	80	100
Zuschlag ‰ für 95 km/St.	0	6	12	19	27	36	46	58	73	90	111

Für Zwischen-Gefälle und -Krümmungen ergeben sich die Zuschläge durch Zwischenschaltung.

C. Zuggewicht in ‰ des vollbelasteten Zuges.

Maßgebende Steigung ‰	7,2	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Zuggewicht ‰	100	95	90	85	81	77	74	71	68	65	63	61	59	57

Zusammenstellung VII.

Grundgeschwindigkeit = 80 km/St.

Gültig für 76 bis 85 km.

Hierzu Abb. 1, Taf. XXXVIII.

A. Streckenzuschläge für Steigungen in ‰.

Einzelsteigung ‰	Maßgebende Steigung ‰														
	5,7	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
-1,7	10														
-1	6														
0	0														
1	8	2 (3)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
2	16	9	5 (6)	1 (4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)
3	25	18	12	7 (8)	3 (6)	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)
4	36	27	21	15	10 (11)	6 (8)	3 (8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)
5	49	37	30	23	18	13 (14)	9 (11)	5 (10)	2 (10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)
6	65	49	41	32	27	20	16	11 (13)	8 (12)	4 (12)	2 (12)	(12)	(12)	(12)	(12)
7	84	63	53	43	36	29	23	19	14 (15)	10 (14)	7 (14)	4 (14)	1 (14)	(14)	(14)
8	.	80	67	55	46	38	32	27	22	17 (18)	13 (16)	9 (16)	6 (16)	4 (16)	1 (16)
9	.	.	83	69	58	49	42	35	30	24	20 (21)	16 (18)	12 (18)	9 (18)	6 (18)
10	.	.	.	85	72	61	52	45	39	33	28	23 (21)	18 (21)	14 (20)	11 (20)
11	.	.	.	.	88	75	64	55	48	42	36	30	25 (23)	21 (23)	17 (22)
12	.	.	.	.	.	90	78	67	58	51	44	38	33	28 (25)	23 (25)
13	.	.	.	.	.	.	93	80	70	62	54	47	41	35	30
14	.	.	.	.	.	.	.	96	83	73	64	56	50	44	38
15	.	.	.	.	.	.	.	.	98	86	76	67	60	53	46
16	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	89	79	70	62	55
17	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	92	82	73	65
18	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	94	85	75
19	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	97	87
20	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	100

B. Streckenzuschläge für Gefälle und Krümmungen nach § 66 der Eisenbahn-Bau- und Betriebs-Ordnung.

Gefälle ‰	10,0	12,5	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0	—	—
Krümmungshalbmesser m	600	500	400	—	300	250	—	200	180
Zuschlag ‰ für 80 km/St.	0	0	7	14	23	33	45	60	78
. 85 km/St.	0	6	13	21	31	42	55	70	89

Für Zwischen-Gefälle und -Krümmungen ergeben sich die Zuschläge durch Zwischenschaltung.

C. Zuggewicht in ‰ des vollbelasteten Zuges.

Maßgebende Steigung . . . ‰	5,7	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Zuggewicht ‰	100	90	85	80	75	71	67	64	61	58	56	54	52	50	48

Zusammenstellung VIII.

Grundgeschwindigkeit = 70 km/St.

Gültig für 66 bis 75 km.

Hierzu Abb. 2, Taf. XXXVIII.

A. Streckenzuschläge für Steigungen in ‰.

Einzelsteigung ‰	Maßgebende Steigung ‰																
	4,4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
-1,3	-10																
-1	-8																
0	0																
1	10	6	(3)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
2	21	17	9	3 (5)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)
3	34	29	20	12	6 (8)	1 (6)	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)
4	51	44	32	23	15	9 (11)	3 (8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)
5	73	62	47	35	26	18	12 (13)	6 (10)	1 (10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)
6	.	85	64	50	38	29	21	15 (16)	9 (12)	4 (12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)
7	.	.	87	67	52	41	32	24 (18)	17 (15)	12 (14)	7 (14)	3 (14)	(14)	(14)	(14)	(14)	(14)
8	.	.	.	88	69	55	44	35	27	20 (17)	15 (16)	10 (16)	6 (16)	2 (16)	(16)	(16)	(16)
9	.	.	.	.	90	72	57	47	38	30	23 (19)	18 (18)	8 (18)	5 (18)	1 (18)	(18)	(18)
10	.	.	.	.	.	93	74	61	50	41	33 (22)	26 (20)	15 (20)	11 (20)	7 (20)	4 (20)	(20)
11	.	.	.	.	.	.	95	77	63	53	44 (24)	36 (22)	29 (22)	23 (22)	18 (22)	13 (22)	9 (22)
12	.	.	.	.	.	.	.	96	79	66	56 (27)	47 (24)	38 (24)	32 (24)	26 (24)	20 (24)	16 (24)
13	.	.	.	.	.	.	.	.	98	82	69 (29)	58 (27)	49 (27)	41 (27)	35 (27)	28 (27)	23 (27)
14	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	85	71	61	52	44	37	31 (32)
15	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	87	74	64	55	47	40
16	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	90	77	67	57	49
17	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	92	80	69	60
18	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	95	83	72
19	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	98	85
20	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	100

B. Streckenzuschläge für Gefälle und Krümmungen nach § 66 der Eisenbahn-Bau- und Betriebs-Ordnung.

Gefälle ‰	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0	—	—
Krümmungshalbmesser m	400	—	300	250	—	200	180
Zuschlag ‰ für 70 km/St.	0	0	8	17	27	40	56
. 75 km/St.	0	7	15	25	36	50	67

Für Zwischen-Gefälle und -Krümmungen ergeben sich die Zuschläge durch Zwischenschaltung.

C. Zuggewicht in ‰ des vollbelasteten Zuges.

Maßgebende Steigung . . . ‰	4,4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Zuggewicht ‰	100	94	86	79	73	68	64	60	56	54	51	49	47	45	43	41	40

Zusammenstellung IX.

Grundgeschwindigkeit = 60 km/St.

Gültig für 56 bis 65 km.

Hierzu Abb. 1, Taf. XXXIX.

A. Streckenzuschläge für Steigungen in ‰.

Einzelsteigung ‰	Maßgebende Steigung ‰																	
	3,3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
-1	-10																	
0	0																	
1	13	7																
2	30	21	(3)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
3	52	39	10	2	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)
4	83	62	25	14	5	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)
5	.	96	42	28	17	9	2	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)
6	.	.	64	45	31	21	12	4	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)
7	.	.	97	67	48	34	24	15	8	1	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)
8	.	.	.	98	69	51	37	27	18	11	(14)	(14)	(14)	(14)	(14)	(14)	(14)	(14)
9	.	.	.	.	100	72	54	41	30	21	14	8	2	(16)	(16)	(16)	(16)	(16)
10	.	.	.	.	.	100	74	57	43	32	24	17	11	5	1	(18)	(18)	(18)
11	.	.	.	.	.	.	.	76	59	45	35	27	20	13	8	3	(20)	(20)
12	.	.	.	.	.	.	.	.	78	61	48	39	30	23	16	11	6	2
13	.	.	.	.	.	.	.	.	.	81	64	52	41	33	25	19	14	9
14	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	83	67	54	44	36	28	22	16
15	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	86	70	57	47	38	31	24
16	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	88	73	60	50	41	33
17	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	91	75	63	53	43
18	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	93	77	66	55
19	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	95	80	68
20	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	98	83
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	100

B. Streckenzuschläge für Gefälle und Krümmungen nach § 66 der Eisenbahn-Bau- und Betriebs-Ordnung.

Gefälle ‰	20,0	22,5	25,0	—	—
Krümmungshalbmesser . . . m	300	250	—	200	180
Zuschlag ‰ für . . . 60 km/St.	0	0	9	20	33
. . . 65 km/St.	0	8	18	30	44

Für Zwischen-Gefälle und -Krümmungen ergeben sich die Zuschläge durch Zwischenschaltung.

C. Zuggewicht in ‰ des vollbelasteten Zuges.

Maßgebende Steigung . ‰	3,3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Zuggewicht ‰	100	92	82	74	67	63	58	53	50	47	45	42	40	38	36	35	34	32

Zusammenstellung X.

Grundgeschwindigkeit = 50 km/St.

Gültig für 50 bis 55 km;

Hierzu Abb. 2, Taf. XXXIX.

A. Streckenzuschläge für Steigungen in ‰.

Einzelsteigung ‰	Maßgebende Steigung ‰																			
	2,4	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
-0,7	10																			
0	0																			
1	20	10	(3)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
2	46	31	15	1	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)
3	96	61	36	18	5	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)
4			64	38	21	8	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)
5				66	42	24	12	2	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)
6					68	44	28	15	5	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)	(12)
7						71	47	30	18	8	(14)	(14)	(14)	(14)	(14)	(14)	(14)	(14)	(14)	(14)
8							73	50	33	21	11	3	(16)	(16)	(16)	(16)	(16)	(16)	(16)	(16)
9								75	52	36	24	14	6	(18)	(18)	(18)	(18)	(18)	(18)	(18)
10									77	55	39	26	17	9	3	(20)	(20)	(20)	(20)	(20)
11										80	57	40	28	20	12	6	(22)	(22)	(22)	(22)
12											82	59	43	32	23	15	8	3	(24)	(24)
13												84	62	47	35	25	17	11	5	(26)
14													86	65	49	37	28	20	13	(28)
15														89	67	52	40	31	22	(30)
16															91	70	55	43	33	(35)
17																93	73	58	46	
18																	96	75	60	
19																		98	77	
20																				100

B. Streckenzuschläge für Gefälle und Krümmungen nach § 66 der Eisenbahn-Bau- und Betriebs-Ordnung.

Gefälle ‰	25,0	—	—
Krümmungshalbmesser m	—	200	180
Zuschlag ‰ für 50 km/St.	0	0	11
. 55 km/St.	0	10	22

Für Zwischen-Gefälle und -Krümmungen ergeben sich die Zuschläge durch Zwischenschaltung.

C. Zuggewicht in ‰ des vollbelasteten Zuges.

Maßgebende Steigung ‰	2,4	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Zuggewicht ‰	100	90	79	69	62	56	51	47	44	41	38	36	34	33	31	30	28	27	26

Schlussbemerkung über die Entstehung vorstehender Berechnung.

Bei der Berechnung der Fahrzeiten aus den Grundgeschwindigkeiten namentlich bei der Bemessung der Zuschläge für die Steigungen wurde bisher von den einzelnen Eisenbahn-Verwaltungen in verschiedener Weise verfahren, sodass die Leistungen trotz gleicher Grundgeschwindigkeiten verschieden blieben. Um die hieraus folgenden Ungleichmäßigkeiten zu beseitigen, wurde bei einer im Jahre 1899 im Reichs-Eisenbahnnamte abgehaltenen Beratung von Vertretern der beteiligten deutschen Regierungen beschlossen, ein einheitliches Verfahren für diese Berechnungen auszuarbeiten. Mit dieser Arbeit wurde ein Unterausschufs beauftragt, welcher unter Vorsitz des Herrn Geheimen Ober-Baurates von Misani aus den Herren Geheimen Bauräten Wagner und Lochner, den Ober-Bauräten Reuter, Pagenstecher, Goepel, Haassengier, dem Ministerialrate Freiherrn von Schacky, dem dormaligen Ober-

Regierungsrate Weifs, dem Betriebs-Inspektor Näher, dem Finanzrate Buschmann und dem Verfasser bestand.

Der Unterausschufs fasste Beschlüsse zunächst über die bei der Berechnung anzuwendende Widerstandsformel, die zu Grunde zu legende Leistungsfähigkeit der Lokomotiven, den Begriff der Grundgeschwindigkeit und das zu Grunde zu legende Verfahren, als welches das vom Verfasser im Organ 1887, S. 150 und 1893, S. 85 veröffentlichte angenommen wurde. Auf diesen Grundlagen wurde die im vorstehenden mitgeteilte Berechnung bearbeitet und im Mai 1903 zum Abschlusse gebracht. Sie ist dann den beteiligten Regierungen überreicht und bei den Fahrplänen einer Anzahl von Schnellzügen versuchsweise benutzt worden. Nachdem sie sich hierbei als geeignet gezeigt hat, ist sie vor kurzem allgemein als geeignete Grundlage für die Berechnung der Fahrzeiten anerkannt worden.

Wandern der Schwellen.

Von J. Hansen, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspektor in Berlin.

Hierzu Zeichnungen Abb. 1 bis 15 auf Tafel XLII.

In älteren Gleisstrecken findet sich vielfach eine außerordentlich unregelmäßige Schwellenlage. Man belegt diese für die Gleisunterhaltung oft recht lästige Erscheinung mit dem Namen: Wandern der Schwellen. Beispiele dafür zeigen die Abb. 1 bis 4, Taf. XLII, welche nach örtlicher Aufnahme einige Schienenlängen aus einer seit 18 Jahren liegenden, zweigleisigen Strecke darstellen. Die ausgezogenen Linien geben die jetzt vorhandene, die gestrichelten die ursprüngliche Schwellenlage an. Alle Gleisstrecken sind so aufgetragen, daß die Fahrtrichtung von links nach rechts geht.

Wichtig ist nun die Frage nach der Ursache der Unregelmäßigkeit.

Meist wird die Schienenwanderung als treibende Kraft angesehen. Auf Grund ausgedehnter Beobachtungen kann Verfasser dieser Ansicht jedoch nicht beistimmen. Wäre die Schienenwanderung alleinige oder auch nur hauptsächliche Ursache, so müßten die Schwellen alle gleichmäßig, oder wenigstens annähernd gleichmäßig, in demselben Sinne wandern, wie die Schienen. Vergleicht man jedoch die in den Abb. 1 bis 4, Taf. XLII dargestellten Schwellenlagen mit den ursprünglichen, so ergibt sich, daß dies keineswegs der Fall ist. Der Abstand der Schwellen untereinander bleibt nicht unverändert, sondern es treten zahlreiche, zum Teil erhebliche Verschiebungen ein. Ebenso wie die Schienen zeigen auch die Schwellen vielfach Neigung zum einseitigen Voreilen. Aber dieses Voreilen ist innerhalb einer Schienenlänge nicht bei allen Schwellen gleich stark; in einzelnen Fällen ist es schwächer als das Voreilen der Schienen, in anderen stärker. Nicht selten erfolgt das Voreilen sogar in umgekehrtem Sinne wie bei der Schiene. Folglich kann die Schienenwanderung nicht die Hauptursache der Schwellenwanderung sein.

Augenscheinlich ändern Schienen und Schwellen im Laufe der Zeit ihre gegenseitige Lage. Das ist nur möglich, wenn im allgemeinen die Verbindung zwischen Schwellen und Schienen nicht fest genug ist, um eine Verschiebung dieser Teile gegeneinander zu verhindern. Schafft man aber die fehlende feste Verbindung, etwa durch die Dorpmüller'schen Klemmen, so wird der Schienenwanderung Einhalt geboten, während die

Schwellen ihre Lage behalten. Hieraus folgt, daß die in der Bettung liegenden Schwellen der seitlichen Verschiebung in der Richtung des Gleises einen Widerstand leisten, welcher größer ist, als die Kraft, mit der die Schienen wandern; andernfalls würden die genannten Klemmen ihren Zweck nicht erfüllen können.

Wenn nun trotz des großen Widerstandes gegen Verschiebung die Schwellen doch nach Art der Abb. 1 bis 4, Taf. XLII wandern, so müssen noch andere große Kräfte wirksam sein.

Welches sind diese Kräfte?

Man muß zwischen den Stofsschwellen und den Mittelschwellen unterscheiden.

Die Wanderung der Stofsschwellen hängt unzweifelhaft eng mit dem Wandern der Schienen zusammen. Mutmaßlich ist die Wanderung der vorwärtsliegenden Stofsschwelle Hauptursache, — nicht Wirkung — der Schienenwanderung. Wenn geklinkte Laschen oder sonstige Vorrichtungen vorhanden sind, welche die Stofsschwellen fest miteinander verbinden, so wandern beide Stofsschwellen in gleichem Sinne wie die Schienen, also etwa nach Art der Abb. 6, Taf. XLII. Sind die Laschen nicht mit derartigen Vorrichtungen versehen, so wandert nur die eine Stofsschwelle, und zwar die in der Richtung der Schienenwanderung liegende, während die andere ihre ursprüngliche Lage beibehält. Hierdurch vergrößert sich allmählig der Abstand der beiden Stofsschwellen, wie in Abb. 7, Taf. XLII angedeutet.

Anders liegt die Sache bezüglich der Mittelschwellen. Nach den Beobachtungen des Verfassers ist das Wandern der Mittelschwellen hauptsächlich eine Folge mangelhafter Herstellung und Unterhaltung des Gleises, namentlich häufig eine Folge verkehrten oder ungeschickten Stopfens.

Erfahrungsgemäß erfolgt das Stopfen sehr häufig nicht vorschriftsmäßig nach Abb. 5, Taf. XLII, sondern aus Bequemlichkeit oder Unkenntnis einseitig nach Abb. 8 und 11, Taf. XLII. Durch dies einseitige Stopfen erleiden aber die Schwellen jedesmal eine Verschiebung in der Richtung des Stopfens. Man kann diese Verschiebung am Gleise messen, indem man vor Beginn des Stopfens an der Seite der Klemmplatten oder an den Köpfen der Schwellenschrauben Bleistriche auf der Ober-

fläche des Schienenfußes macht. (Abb. 9 und 10, Taf. XLII). Wenn diese Bleistriche während des Stopfens ihre Lage verändern, so gibt das Maß der Verschiebung die Schwellenwanderung an, vorausgesetzt, daß nicht auch die Schiene wandert.

Die Größe der durch einmaliges, einseitiges Stopfen erzeugten Verschiebung ist außerordentlich verschieden. Manche Schwellen wandern garnicht, andere bis zu 15 mm. Meist hält sich die Verschiebung innerhalb der Grenzen von 6 bis 10 mm.*)

Die durch einseitiges Stopfen erzeugten Verschiebungen sind nach Ansicht des Verfassers als Hauptursache für das Wandern der Mittelschwellen anzusehen. Erfolgt beispielsweise das Stopfen des Gleises nach Abb. 8, Taf. XLII, so verschieben sich die Schwellen alle mit Ausnahme der Stoßschwellen in der Längsrichtung des Gleises. Ein einmaliges Stopfen wird noch keine augenfälligen Verschiebungen bewirken. Wird jedoch dasselbe Gleis mehrere Male nacheinander in derselben Richtung gestopft, so nehmen die Schwellen allmähig eine Lage an, wie die Abb. 8 und 11, Taf. XLII durch die ausgezogenen Linien angeben. Abb. 8, Taf. XLII zeigt das Bild, welches entsteht, wenn geklinkte Laschen angewendet werden, während Abb. 11, Taf. XLII für ungeklinkte Laschen gilt. Augenscheinlich entsprechen diese Abbildungen hinsichtlich der Lage der Schwellen zur Schiene genau den Abb. 6 und 7, Taf. XLII, obwohl die treibende Ursache in beiden Fällen eine ganz verschiedene ist.

Die Abb. 8 und 11, Taf. XLII bringen diejenigen Schwellenlagen zur Anschauung, die entstehen können, wenn alle Schwellen einer und derselben Schienenlänge beim jedesmaligen Durcharbeiten stets in der gleichen Richtung gestopft werden. Vielfach wechselt aber die Stopfrichtung innerhalb der einzelnen Schienenlänge (Abb. 12, Taf. XLII) und dann ändern sich auch die Schwellenabstände unter einander. Auch hier wird einmaliges Stopfen noch keine augenfälligen Veränderungen erzeugen, wohl aber können deutliche Wirkungen nach wiederholtem Stopfen eintreten. Auf diese Art ändern sich allmähig die meisten Schwellenabstände und diese Änderungen wachsen mit der Liegedauer des Gleises, bis schließlich aus der ursprünglichen Schwellenlage die in Abb. 13, Taf. XLII dargestellte entsteht. Erfolgen dagegen die verschiedenen Stopfungen in entgegengesetzter Richtung, so können sich die Wirkungen vollständig aufheben und die Schwellen behalten ihre ursprüngliche Lage zu der Schiene.

Wiederholt hat Verfasser beobachtet, daß das Stopfen auch nach Abb. 14, Taf. XLII geschieht. Notwendige Folge eines solchen Stopfens ist einseitiges Voreilen der Schwellen. Auch diese Verschiebungen können sich bei wechselnder Stopfrichtung im Laufe der Zeit vergrößern oder ganz bzw. teilweise aufheben.

Endlich können die in Abb. 12 und 14, Taf. XLII angedeuteten Verschiebungen teils unabhängig von einander, teils gleichzeitig, teils in gleichem Sinne, teils in umgekehrter Richtung stattfinden; dann bilden sich Schwellenlagen nach Abb. 15, Taf. XLII, welche grundsätzlich den in Abb. 1 bis 4, Taf. XLII dargestellten genau entsprechen.

Sobald die Schwelle eine schräge Lage annimmt, wird die Spurerger, die Befestigungsmittel klemmen sich fest an den Schienenfuß

*) Die fraglichen Beobachtungen erstrecken sich nur auf einen verhältnismäßig kleinen Bezirk und hauptsächlich auf eiserne Schwellen. Auch ist die Zahl der Beobachtungen noch nicht groß genug gewesen. Deshalb mag es dahin gestellt bleiben, ob die angegebenen Durchschnitts- und Höchstzahlen allgemein maßgebend sind.

und es entsteht eine starke Reibung zwischen Schwelle und Schiene. Leistet die betreffende Schwelle der seitlichen Verschiebung keinen großen Widerstand, so ist es nicht ausgeschlossen, daß infolge dieser Reibung die Schwelle von der wandernden Schiene mitgenommen wird. Auch ohnedies kann ein Mitwandern der Schwellen dann eintreten, wenn die Schrauben sehr fest angezogen sind. Verfasser ist der Ansicht, daß diese Ursache der Schwellenwanderung zwar tatsächlich vorkommt, aber selten ist.)*

Dagegen kommt es häufig vor, daß die Schwellen schon beim Neuverlegen eines Gleises keine ordnungsmäßige Lage erhalten. Man kann oft bemerken, daß selbst sehr tüchtige Bahnmeister und Rottenführer hierauf nicht genügend achten. Auch beim gründlichen Durcharbeiten des Gleises wird vielfach nicht auf die richtige Schwellenlage Rücksicht genommen. Werden aber diese Unregelmäßigkeiten vom Aufsichtsbeamten nicht sofort während der Arbeit bemerkt, so begegnet ihm regelmäßig der Einwand, daß die Schwellen gewandert seien. Auf Grund seiner Beobachtungen vertritt Verfasser die Ansicht, daß gerade die mangelhafte Herstellung des Gleises eine häufige und wichtige Ursache der schlechten Schwellenlage ist.

Wenn die vorstehenden Ausführungen über das Wandern der Schwellen richtig sind, so ergeben sich folgende Heilmittel gegen das Übel:

1. Wird ein neues Gleis vorgestreckt oder ein Gleis umgebaut, so muß streng auf genau richtige Schwellenlage gehalten werden.
2. Es muß für ein vorschriftsmäßiges Stopfen nach Abb. 5, Taf. XLII gesorgt werden.
3. Bahnmeister und Rottenführer müssen angewiesen werden, etwa trotzdem eintretende Unregelmäßigkeiten der Schwellenlage jedesmal während des Durcharbeitens nach Möglichkeit zu beseitigen. Vor allen Dingen muß während des vollständigen Durcharbeitens des Gleises eine genau richtige Schwellenlage hergestellt werden, aber auch während des flüchtigen Durcharbeitens (Heben der Stöße) wird man größere Verschiebungen ausgleichen. Zur Erleichterung der Arbeit ist es zweckmäßig, stets eine Lehre aus Holz auf die Schwellen zu legen, auf welcher der richtige Schwellenabstand angegeben ist. Dann weiß sofort jeder Rottenführer, wie er zu arbeiten hat.

Auch dann, wenn das Wandern der Schwellen in stärkerem Maße von der Schienenwanderung abhängig sein sollte, als oben angenommen, oder wenn sonstige bis jetzt unbekannte Kräfte zur Schwellenwanderung beitragen sollten, würde sich doch auf dem angedeuteten Wege dauernd eine gute Schwellenlage erhalten lassen. Unerlässlich ist aber eine fortwährende scharfe Überwachung aller Arbeiten durch den Inspektionsvorstand. Ohne sein Eingreifen ist niemals mit Sicherheit auf eine gründliche Durchführung der angegebenen Maßregeln zu rechnen.

*) Ebenso wie die Schiene die Schwelle mitnimmt, ist unter Umständen auch das Umgekehrte möglich, nämlich: daß die Schiene an der beim Stopfen eintretenden Verschiebung der Schwellen teilnimmt. Wenn alle Schwellen einer ganzen Schienenlänge, oder wenigstens ein großer Teil, auf einmal in gleicher Richtung einseitig gestopft werden, so verschieben sich die betreffenden Schwellen. Ist ihre Verbindung mit den Schienen lose, so gleiten sie unter diesen weg. Sind aber die Schrauben an den gestopften Schwellen sehr fest, so wird die vom Stopfen herrührende Kraft durch die Reibung auf die Schiene übertragen, und es wäre nicht verwunderlich, wenn die Schiene hierdurch in der Längsrichtung mit verschoben würde. Unzweifelhaft kommt diese Art der Schienenwanderung tatsächlich vor. Möglicherweise liegt hierin der Schlüssel für manche Unregelmäßigkeiten, die beim Wandern der Schienen beobachtet worden sind, z. B. für das Rückwärtswandern.

Das Anfahren der Eisenbahnzüge.

Von J. Wittenberg, Oberinspektor zu Budapest.

Bei der Bestimmung des Arbeitsaufwandes zur Beförderung eines Zuges wird gewöhnlich außer den Neigungsverhältnissen der Bahn das Gewicht und die Höchstgeschwindigkeit zu Grunde gelegt. Dies ist so lange richtig, als der Zug großenteils mit dieser Höchstgeschwindigkeit verkehrt, wie ein Eilzug auf zweigleisiger Bahn, der mehrere Stationen mit voller Geschwindigkeit durchfährt. Wesentlich anders stellt sich die Sache bei Personenzügen, die oft anhalten und bei Eilzügen auf eingeleisiger Bahn, wo bei Durchfahrten die Geschwindigkeit je nach der Sicherungsanlage der betreffenden Station auf 30 bis 50 km/St zu verringern ist. Bei diesen ist der der Höchstgeschwindigkeit entsprechende Widerstand des Zuges von geringerer Bedeutung und das oft wiederholte Anfahren tritt in den Vordergrund, um schliesslich bei oft anhaltenden schnell verkehrenden Zügen fast ausschliesslich den Arbeitsaufwand zu bestimmen. Ganz dasselbe gilt von dem Zeitaufwande bis zur Erreichung der Höchstgeschwindigkeit.

Die Behandlung der mit diesen Fragen verknüpften Aufgaben bildet den Gegenstand der folgenden Erörterungen, bei denen wir nachstehende Bezeichnungen verwenden werden:

L, W, Z seien die Gewichte der Lokomotive, der Wagen, des ganzen Zuges in t;

A das Reibungsgewicht der Lokomotive in t;

P die Zugkraft der Lokomotive in kg;

$p_1 = \frac{P}{Z}$ die Zugkraft für 1 t des Zuges;

w der Zugwiderstand in kg für 1 t;

V die Geschwindigkeit des Zuges in km/St;

$v = \frac{V}{3,6}$ die Geschwindigkeit des Zuges in m/Sek;

S der zurückgelegte Weg in km;

s in m;

t die Zeit in Sek;

n die Neigung der Bahn in ‰;

r der Krümmungshalbmesser der Bahn;

$\varrho = \frac{700}{r}$ der Widerstand der Krümmung für 1 t;

M die Masse von 1 t des Zuges.

Der Zugwiderstand steht in geradem Verhältnisse zu v. Wenn Neigung und Krümmung der Bahn sich nicht ändern, so bleibt zur Leistung der Arbeit beim Anfahren die Zugkraft $p = p_1 - n - \varrho$ für 1 t. Diese Zugkraft muß die Masse des Zuges beschleunigen und den Zugwiderstand überwinden. Die Zunahme an lebendiger Kraft für 1 t durch Änderung der Geschwindigkeit um dv ist

$$\frac{M}{2} [(v + dv)^2 - v^2] = M v dv.$$

Steht der Zugwiderstand vorläufig in geradem Verhältnisse zur Geschwindigkeit

$$w = av,$$

so ist die Grundgleichung

$$\text{Gl. 1) } \dots \dots p ds = M v dv + av ds.$$

Hieraus folgt

$$ds = M \frac{v dv}{p - av} \quad s = \int M \frac{v dv}{p - av} + C, \text{ und integriert:}$$

$$s = C - \frac{1}{a} v - \frac{p}{a^2} \ln(p - av).$$

Ist $v = 0$, somit auch $s = 0$ erhalten wir

$$0 = s = C - \frac{p}{a^2} \ln p, \quad C = \frac{p}{a^2} \ln p, \text{ also:}$$

$$\text{Gl. I) } \dots \dots s = -\frac{1}{a} v + \frac{p}{a^2} \ln \frac{p}{p - av}$$

für die Zeit folgt aus Gl. 1)

$$\text{Gl. 2) } \dots \dots dt = \frac{ds}{v} = M \frac{dv}{p - av}$$

$$t = \int M \frac{dv}{p - av} = -\frac{M}{a} \ln(p - av) + C.$$

Ist $v = 0$, so ist auch $t = 0$ und somit $0 = -\frac{M}{a} \ln p$

+ C, $C = \frac{M}{a} \ln p$ und schliesslich

$$\text{Gl. II) } \dots \dots t = \frac{M}{a} \ln \frac{p}{p - av}.$$

Gl. I) und II) geben den Zusammenhang zwischen den für das Anfahren wesentlichen Größen. Aber das ist nicht genug. Die Zugkraft p ändert sich während des Anfahrens wiederholt, weil Neigung und Krümmung der Bahn wechseln, und weil die Zugkraft der Lokomotive mit zunehmender Geschwindigkeit verringert werden muß, um den Wasserstand im Kessel zu erhalten. Dies geschieht dadurch, daß der Führer die Füllung verkleinert. Die Veränderung von p ändert den Verlauf und dies macht das Bestimmen desselben während des Anfahrens schwierig. Aus diesem Grunde ist es notwendig, diese Gleichungen weiter zu untersuchen.

$\frac{v}{p - av}$ liefert durch Teilen:

$$\frac{v}{p - av} = \frac{v}{p} + \frac{a}{p^2} v^2 + \frac{a^2}{p^3} v^3 + \frac{a^3}{p^4} v^4 + \dots$$

$$\int \frac{v dv}{p - av} = \frac{1}{p} \int v dv + \frac{a}{p^2} \int v^2 dv + \frac{a^2}{p^3} \int v^3 dv + \dots$$

$$= \frac{v^2}{2p} + \frac{a}{3p^2} v^3 + \frac{a^2}{4p^3} v^4 + \frac{a^3}{5p^4} v^5 + \dots + C$$

$$= v \left[\frac{1}{2} \left(\frac{v}{p} \right) + \frac{a}{3} \left(\frac{v}{p} \right)^2 + \frac{a^2}{4} \left(\frac{v}{p} \right)^3 + \dots \right] + C.$$

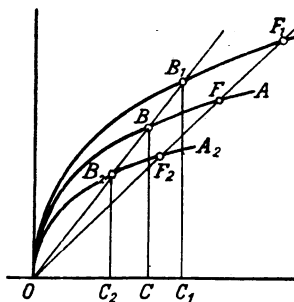
Nun war $s = \int M \frac{v dv}{p - av} + C$, und weil für $s = 0$ auch $v = 0$ ist, so folgt

$$s = M v \left[\frac{1}{2} \left(\frac{v}{p} \right) + \frac{a}{3} \left(\frac{v}{p} \right)^2 + \frac{a^2}{4} \left(\frac{v}{p} \right)^3 + \dots \right].$$

Bleibt das Verhältnis $\frac{v}{p}$ unverändert, so wird der Ausdruck in der Klammer ebenfalls unveränderlich = B und $s = B \cdot M \cdot v$, also steht in diesem Falle s in geradem Verhältnisse zu v.

In Textabb. 1 stellen die Längen s , die Höhen v dar, für die unveränderliche Zugkraft p liefert Gl. I) die Weg-Geschwindigkeitslinie OA . Für die Zugkraft p_1 folgt die Linie OA_1 , für p_2 OA_2 . Jeder Punkt der Fläche zwischen den Achsen hat also ein bestimmtes v , s und p , folglich auch ein bestimmtes $\frac{v}{p}$. Für alle Punkte desselben $\frac{v}{p}$ gilt das entwickelte Gesetz $s = BMv$ oder $s : v = BM$, für alle Punkte dieser Linie ist das Verhältnis $s : v$ unveränderlich und somit ist die gesuchte Linie eine durch den Ursprung gehende Gerade. Die durch den Ursprung gehenden Geraden sind geometrische Orte unveränderlicher $\frac{v}{p}$.

Abb. 1.



Für die Zugkraft p_1 folgt die Linie OA_1 , für p_2 OA_2 . Jeder Punkt der Fläche zwischen den Achsen hat also ein bestimmtes v , s und p , folglich auch ein bestimmtes $\frac{v}{p}$. Für alle Punkte desselben $\frac{v}{p}$ gilt das entwickelte Gesetz $s = BMv$ oder $s : v = BM$, für alle Punkte dieser Linie ist das

Verhältnis $s : v$ unveränderlich und somit ist die gesuchte Linie eine durch den Ursprung gehende Gerade. Die durch den Ursprung gehenden Geraden sind geometrische Orte unveränderlicher $\frac{v}{p}$.

Ist also für ein bestimmtes p eine Weg-Geschwindigkeitslinie OA gezeichnet, so finden wir die für p_1 oder p_2 indem wir die Strahlen der einzelnen Punkte B, F im Verhältnisse $\frac{p_1}{p}$ vergrößern, oder im Verhältnisse $\frac{p_2}{p}$ verkleinern. So erhalten wir die Punkte $B_1 F_1$ der Linie OA_1 , oder $B_2 F_2$ der Linie OA_2 . Die Weg-Geschwindigkeitslinien sind also geometrisch ähnlich und zwar im Verhältnisse der unveränderlichen Zugkräfte für 1t.

Hiernach wird in der Regel die Zeichnung weiterer Linien unnötig, da die meisten mit denselben zusammenhängenden Aufgaben aus einer Linie bestimmbar sind. Ist etwa bei Punkt C_1 ein Gefällbruch in der Bahn, sodafs sich die Zugkraft von dort an ändert, so entsteht die Frage: welche Geschwindigkeit v_1 erreicht der Zug bis zu diesem Punkte bei der Zugkraft p_1 ?

Macht man $OC = OC_1 \frac{p}{p_1}$, und zieht man BC bis zum Schnittpunkte B mit OA , so gibt der Schnittpunkt des durch B gehenden Strahles mit dem Lote durch C_1 den Punkt B_1 , und $C_1 B_1$ ist die gesuchte Geschwindigkeit.

In ähnlicher Weise wie bei der Bestimmung von s folgt aus $t = \int M \frac{dv}{p - av}$ mit Benutzung der dort entwickelten Reihe

$$t = M \left[\frac{1}{p} \int dv + \frac{a}{p^2} \int v dv + \frac{a^2}{p^3} \int v^2 dv + \dots \right] + C$$

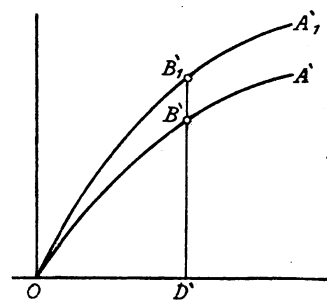
$$= M \left[\frac{v}{p} + \frac{a}{2} \left(\frac{v}{p} \right)^2 + \frac{a^2}{3} \left(\frac{v}{p} \right)^3 + \dots \right] + C$$

und aus denselben Gründen $C = 0$. Hieraus geht hervor, dafs t unveränderlich wird, wenn $\frac{v}{p}$ sich nicht ändert.

Messen in Textabb. 2 die Längen die Zeit t und die Höhen wieder v , so folgt für ein gegebenes p die Zeit-Geschwindigkeitslinie OA' . Durch dieselbe Überlegung wie im vorigen Falle ergibt sich, dafs die Linien gleicher Werte von $\frac{v}{p}$ zur OY -Achse parallel laufende Gerade sind.

Soll bestimmt werden, in welchem Punkte das durch D' gehende Lot die Zeit-Geschwindigkeitslinie für p_1 schneidet, so mache man $D'B'_1 = D'B' \frac{p_1}{p}$ und findet

Abb. 2.



so den Punkt B'_1 der Linie OA'_1 und in ähnlicher Weise die anderen Punkte dieser Curve.

Weiter ist ersichtlich, dafs den Punkten B' und B'_1 auf demselben Lote der Zeit-Geschwindigkeitslinien die Punkte B und B_1 in Textabb. 1 entsprechen, die auf demselben Strahle liegen. Hieraus geht hervor, dafs der Weg von O bis B bei unveränderlichem p in derselben Zeit zurückgelegt wird, wie der Weg von O bis B_1 bei unveränderlichem p_1 und von O bis B_2 bei unveränderlichem p_2 . Bei unveränderlicher Zugkraft werden daher die Wege vom Anfangspunkte bis zu einem beliebigen Punkte desselben Strahles in derselben Zeit zurückgelegt, somit sind die Strahlen der Weg-Geschwindigkeits-Linienschar Linien gleicher Fahrzeit.

Dafs sich t bei unveränderlichem $\frac{v}{p}$ nicht ändert, folgt übrigens auch aus Gl. II), die auch in folgender Weise geschrieben werden kann:

$$t = \frac{M}{a} \ln \frac{1}{1 - a \frac{v}{p}}$$

t ändert sich danach nur, wenn $\frac{v}{p}$ sich ändert.

Genau dieselben Gleichungen, die für den Zugwiderstand $w = av$ gelten, gelten auch für die Form $w = b + av$, weil b beim Differenzieren wegfällt. Die Grundgleichung 1) ändert sich von

$$p ds = Mv dv + av ds \text{ in}$$

$$(p - b) ds = Mv dv + av ds.$$

Wird also in den abgeleiteten Gleichungen $p - b = p'$ statt p gesetzt, so ist auch dieser Bedingung Genüge geleistet.

Der Vollständigkeit halber werde noch der mitunter vorkommende Fall unveränderlichen Zugwiderstandes erwähnt, also $w = c$. Die Grundgleichung ist dann

$$p ds = Mv dv + cds, (p - c) ds = p' ds = Mv dv, ds = \frac{M}{p'} v dv$$

und schliesslich

$$\text{Gl. I')} \quad \dots \quad s = \frac{M}{2p'} v^2.$$

Die Weg-Geschwindigkeitslinie ist also hier eine Parabel, ferner ist

$$dt = \frac{ds}{v} = \frac{M}{p'} dv, \text{ also}$$

$$\text{Gl. II')} \quad \dots \quad t = M \frac{v}{p}.$$

Die Zeit-Geschwindigkeitslinie ist somit eine Gerade.

Auch in diesem Falle ist t unveränderlich, wenn $\frac{v}{p'}$ sich

nicht ändert; dann ist auch $s = Bv$ eine Gerade, die durch den Ursprung geht, und dies ist gleichzeitig eine Linie gleicher Fahrzeit.

Der Zugwiderstand hängt von v^2 ab.

Der Widerstand des Zuges sei

$$w = b + av^2,$$

so lautet die Grundgleichung

Gl. 3) . . . $p' ds = Mv dv + (b + av^2) ds.$

Setzt man $p' - b = p$, so ergibt sich

Gl. 4) $ds = M \frac{v dv}{p - av^2}$

$$s = \int M \frac{v dv}{p - av^2} = -\frac{1}{2a} \ln(p - av^2) + C,$$

und weil $s = 0$, wenn $v = 0$, folgt $C = \frac{1}{2a} \ln p$ also

Gl. III) $s = \frac{M}{2a} \ln \frac{p}{p - av^2}.$

Behufs Bestimmung der Zeit folgt aus Gl. 4):

$$dt = \frac{ds}{v} = \frac{Mv dv}{p - av^2}, \quad t = \int \frac{Mv dv}{p - av^2} + C,$$

$$= 2 \frac{M}{2\sqrt{ap}} \ln \frac{\sqrt{ap} + av}{\sqrt{ap} - av} + C.$$

Für $t = 0$ ist $v = 0$, also $C = -\frac{1}{2\sqrt{ap}} \ln \frac{\sqrt{ap}}{\sqrt{ap}} = 0$ und

Gl. IV) $t = \frac{M}{2\sqrt{ap}} \ln \frac{\sqrt{\frac{p}{a}} + v}{\sqrt{\frac{p}{a}} - v}.$

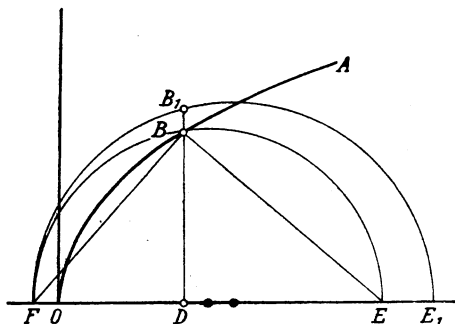
Behufs weiterer Untersuchung der Weg-Geschwindigkeits-Linie, die kurz (s, v) Linie heißen möge, während die (t, v) Linie die Zeit-Geschwindigkeits-Linie sei, schreibe man Gl. III):

$$s = \frac{M}{2a} \ln \frac{\frac{p}{v^2}}{\frac{p}{v^2} - a}$$

Hieraus ergibt sich, daß alle Punkte, die gleichen Werten von $\frac{p}{v^2}$ entsprechen, auf einem Lote liegen.

Ist daher in Textabb. 3 für ein gegebenes p die (s, v)

Abb. 3.



Linie OA bestimmt, so findet man einzelne Punkte der (s, v) Linie für p_1 in folgender Weise. Man mache $DE = p$ und ziehe BF rechtwinklig auf BE, dann ist

$$\frac{BD^2}{DE} = \frac{v^2}{p} = FD = C.$$

Man mache dann $DE_1 = p_1$ und schlage über $FD + DE_1$ als Durchmesser einen Halbkreis. Dieser schneidet das Lot D im Punkte B_1 und dieser ist ein Punkt der (s, v) Linie für p_1 , weil

$$\frac{B_1 D^2}{DE_1} = \frac{v_1^2}{p_1} = DF = C = \frac{v^2}{p}.$$

In ähnlicher Weise wie bei Gl. III) finden wir durch Umformung der Gl. IV)

$$t = \frac{M}{2v} \cdot \frac{1}{\sqrt{a \left(\frac{p}{v^2}\right)}} \ln \frac{\sqrt{a \left(\frac{p}{v^2}\right)} + 1}{\sqrt{a \left(\frac{p}{v^2}\right)} - 1}.$$

Ist daher $\frac{p}{v^2}$ unveränderlich, so können wir auch setzen

$$t = \frac{C_1}{v} \quad \text{oder} \quad tv = C_1$$

Das ist aber die Gleichung einer gleichseitigen Hyperbel, und man sieht somit im Zusammenhange mit den Erörterungen bei der (s, v) Linie, daß den Punkten, welche bei der (s, v) Linie auf einem Lote liegen, also Punkten gleichen Weges, in der (t, v) Linienschar Punkte entsprechen, die eine gleichseitige Hyperbel geben. Wenn wir also durch einen beliebigen Punkt der Ebene zwischen den Achsen der (t, v) Linie die entsprechende Hyperbel ziehen, bis sie die (t, v) Linie schneidet, so ist der dem Schnittpunkte entsprechende Weg gleich dem des ursprünglich angenommenen Punktes.

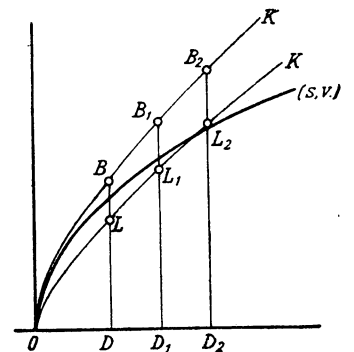
Die Linien gleicher Fahrzeit für die (s, v) Linie bestimmt man auf folgende Weise. Für alle Punkte desselben Lotes in der Ebene der (s, v) Linie ist $\frac{p}{v^2}$ unveränderlich, somit ist

für jeden Punkt dieses Lotes $t = \frac{C_1}{v}$, wobei

$$C_1 = \frac{M}{2} \frac{1}{\sqrt{a \left(\frac{p}{v^2}\right)}} \ln \frac{\sqrt{a \left(\frac{p}{v^2}\right)} + 1}{\sqrt{a \left(\frac{p}{v^2}\right)} - 1}.$$

Zieht man nun in Textabb. 4 die entsprechende (s, v) Linie O (s, v) , bestimmt ferner die Linie OK in der Weise, daß in jedem Punkte der s-Achse der zugehörige Wert von C_1 als Höhe aufgetragen wird, so daß DL das C_1 für das Lot durch D, $D_1 L_1$ das C_1 für D_1 darstellt, so findet man die Zeit t , für einen beliebigen Punkt B_1 , wie man das zugehörige C_1 durch

Abb. 4.



die Geschwindigkeit des Punktes B_1 teilt, somit $t_1 = \frac{D_1 L_1}{D_1 B_1}$. Bestimmen wir auf dem Lote durch D_2 den Punkt B_2 in der Weise, daß $\frac{D_2 L_2}{D_2 B_2} = \frac{D_1 L_1}{D_1 B_1}$ so ist $t = \frac{D_2 L_2}{D_2 B_2} = \frac{D_1 L_1}{D_1 B_1} = t_1$. Machen wir auf dem Lote durch D $\frac{DL}{DB} = \frac{D_1 L_1}{D_1 B_1} = \frac{D_2 L_2}{D_2 B_2} = t = t_1 = t_2$, so ist die Zeit für Punkt B dieselbe, wie für B_1

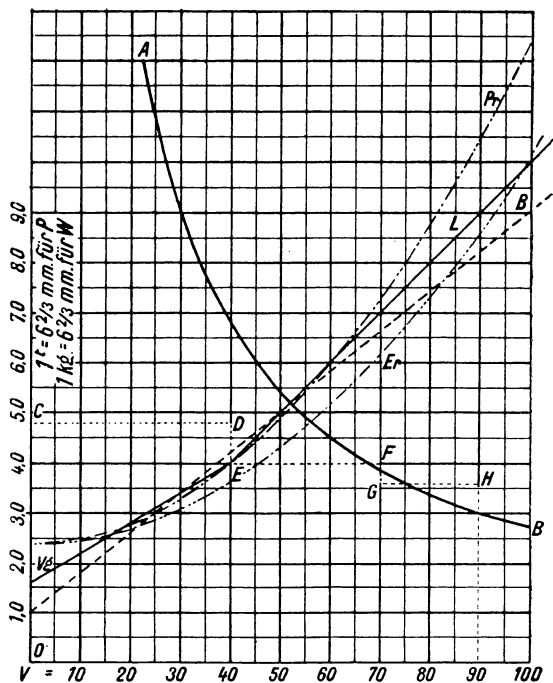
und B_2 . Den Punkten auf der Linie OK entsprechen somit gleiche Zeiten und diese Linie selbst ist somit eine Linie gleicher Fahrzeit. Wie man sieht, stehen die Höhen dieser Linie gleicher Fahrzeit in geradem Verhältnisse zu den Höhen der Linie für die Werte C_1 , somit sind alle Linien gleicher Fahrzeit eigentlich dieselbe logarithmische Linie mit verschiedenen Maßstäben für die Höhen.

Anwendung für gebräuchliche Widerstandsformeln.

Die Theorie der Anfahrlinien wurde für geradlinige und quadratische Widerstandsformeln entwickelt, weil die gebräuchlichen Formeln die eine oder die andere Gestalt haben, oder wie die von Barbier und Aspinall zwischen beiden liegen. Im folgenden sollen die Anfahrlinien auf Grundlage zweier geradliniger und zweier quadratischer Widerstandsformeln entwickelt werden.

Die einfachste Form hat die Formel, die früher*) mitgeteilt worden ist: $wZ = (0,13L + 0,08W)V$ innerhalb der Grenzen von $V = 30$ bis 80 km/St. Für die jetzige Aufgabe wird ferner die Vereinfachung benutzt $w = 0,1V$, wobei der Fehler bei dem mittleren Werte $W = 2L$ ungefähr $0,02$, und selbst bei dem für Eil- und Personenzüge äußersten Werte von $W = 3L$ ungefähr $0,07$ beträgt, somit noch nicht mehr, als die Fehlergrenze bei Widerstandsbestimmungen. Eine der letzten Veröffentlichungen über Zugwiderstände**) weist die nahe Übereinstimmung dieser Formel mit den Ergebnissen zahlreicher Versuche innerhalb der jetzt gebräuchlichen Geschwindigkeiten nach. Diese Formel wird als »geradlinige« bezeichnet (Gerade L, Textabb. 5.)

Abb. 5.



*) Organ 1899, S. 3 und 27.

**) Rolf Sanzin, Versuche über den Widerstand von Eisenbahnzügen, Zeitschrift des Österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins, 4. Dezember 1903.

Als zweite wird die in Amerika gebräuchliche Baldwin-Formel benutzt. Ihre ursprüngliche Form, bezogen auf englische Einheiten, lautet: $w = 2 + \frac{V}{4}$, oder für metrische Einheiten $w = 0,907 + 0,071V$ und mit Rücksicht darauf, daß eine amerikanische Eisenbahntonne 907 kg ausmacht, ergibt sich schließendlich als Widerstand der metrischen Tonne:

$$w = 1,0 + 0,078V, \text{ wofür gesetzt wird:}$$

$$w = 1,0 + 0,08V \text{ (Gerade B, Textabb. 5).}$$

Als dritte Widerstandsgleichung diene die alte »preussische« Formel: $w = 2,4 + \frac{V^2}{1000}$ (Linie Pr, Textabb. 5).

Sie hat mehrere Jahrzehnte als Regel gegolten und mußte erst vor vier Jahren auf der Erfurter Versammlung der »Erfurter« Formel Platz machen, weil sie für die neueren Geschwindigkeiten unbrauchbar hohe Werte liefert.

Die Erfurter Formel, die vierte, lautet:

$$w = 2,4 + \frac{V^2}{1300} \text{ (Linie Er, Textabb. 5).}$$

Rolf Sanzin weist nach, daß sie bloß für die neueren schweren Drehgestellwagen verwendet werden sollte.

Unter gewöhnlichen Umständen ist für das Anfahren der Teil der Widerstandslinie für geringere Geschwindigkeiten ohne Belang. Das ist auch deswegen von Wichtigkeit, weil auch alle bisher aufgestellten Formeln für kleine Geschwindigkeiten unrichtige Werte ergeben. Schon Wellington und neuestens wieder Aspinall zeigen, daß der Widerstand unmittelbar bei $V = 0$ nahezu 6 kg/t ausmacht, er sinkt aber rasch mit zunehmender Geschwindigkeit, und erreicht den geringsten Wert ungefähr bei $V = 10$ km/St. Erst von hier ab gelten die Formeln.

Bei den 10 kg/t übersteigenden Werten von p kann man die geradlinige Formel L (Textabb. 5) bis $V = 0$ verwenden, trotzdem sie für $V > 30$ km/St bestimmt wurde.

Für Fälle kleiner Werte von p wird an sie in $V = 40$ km/St eine zweite Gerade angeschlossen, welche die alte »preussische« Linie Pr (Textabb. 5) in den $V = 20$ km/St und $V = 40$ km/St entsprechenden Punkten schneidet und die »Vorgerade« Vg (Textabb. 5) heißen möge; ihre Gleichung ist:

$$w = 1,6 + 0,66V.$$

Die Werte von Weg und Zeit für die einzelnen Widerstandsformeln sind folgende:

1. Vorgerade, Vg.

$$s = 2147 (p' - 1,6) \ln \frac{p' - 1,6}{p' - w} - 129V;$$

$$t = 463 \ln \frac{p' - 1,6}{p' - w}$$

2. Gerade L.

$$s = 772 \left[p \ln \frac{p}{p - w} - 0,1V \right]; t = 278 \ln \frac{p}{p - w}$$

3. Baldwin, Gerade B.

$$s = 1306 p' - 1 \ln \frac{p' - 1}{p' - w} - 96,4V; t = 347 \ln \frac{p' - 1}{p' - w}$$

4. Preussische Linie Pr.

$$s = 3850 \ln \frac{p' - 2,4}{p' - w};$$

$$t = \frac{879}{2 \sqrt{p' - 2,4}} \ln \frac{8,79 \sqrt{p' - 2,4} + 2,78 V}{8,79 \sqrt{p' - 2,4} - 2,78 V}$$

5. Erfurter Linie Er.

$$s = 5000 \ln \frac{p' - 2,4}{p' - w};$$

$$t = \frac{1000}{2 \sqrt{p' - 2,4}} \ln \frac{10 \sqrt{p' - 2,4} + 2,78 V}{10 \sqrt{p' - 2,4} - 2,78 V}$$

Bei Aufstellung der Formeln nahmen wir die Masse einer Tonne gleich 100; genauer genommen ist $\frac{1000}{g} = 102$. Hierzu kommt noch die Berücksichtigung der umlaufenden Massen in den Rädern. Diese sind früher*) mit 7 festgestellt; Frank mißt sie in einem neuen Aufsätze zu 6 und Rolf Sanzin mit 8, so daß 108 bis 110 als ganze Masse zu nehmen wäre. In den folgenden Zusammenstellungen und Darstellungen ist $M = 110$ gesetzt, so daß die Ergebnisse der angeführten Formeln auf das 1,1fache zu erhöhen wären.

Zusammenstellung I zeigt die Ergebnisse der vier Hauptformeln für $p = 20$ kg/t. Dies entspricht üblichen Eilzugsverhältnissen bei einem Zuge von 250 t Gewicht und 5 t Zugkraft der Lokomotiven.

Das Ergebnis der Zusammenstellung ist überraschend. Bis $V = 70$ km/St stimmen die Werte gut überein, darüber ist die preussische Formel unbrauchbar, die drei übrigen geben bis $V = 100$ km/St befriedigende Übereinstimmung.

Zusammenstellung I.

Anfahren gewöhnlicher Eilzüge nach den vier Hauptformeln. (Textabb. 5.)

Vkm/St	p = 20 kg/t				M = 110			
	s m				t Sek			
	L	B	Pr	Er	L	B	Pr	Er
10	22	23	24	24,9	15	16	17,3	17,3
20	90	96	98	94,1	32	33	35	34,9
30	212	218	222	223	50	52	53	53
40	393	404	404	388	68	70	72	72
50	638	652	650	629	88	90	91	90
60	959	972	971	953	109	111	112	110
70	1372	1373	1385	1338	132	133	135	132
80	1881	1865	1920	1795	156	156	161	155
90	2510	2456	2618	2389	183	182	190	180
100	3279	3165	3555	3111	212	209	227	209
110	4226	4006	4939	4134	243	238	273	243
120	5371	5003	6116	5478	279	268	345	284

Selbst bei $V = 120$ km/St, das erst nach 5 km Fahrt erreicht werden kann, ist zwischen der Geraden und der Erfurter Formel, die weit auseinander liegen, bloß eine Abweichung von 100 m Weg und 5 Sek. Zeit bei 280 Sek.; nach Baldwin erreicht man $V = 120$ km/St 400 m und 12 Sek. früher. Will man aber den nach der Geraden zur Erreichung von $V = 120$ km/St zurückzulegenden Weg von 5400 m mit dieser Höchstgeschwindigkeit

*) Organ 1899, S. 3 u. 27.

**) Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure 1903.

keit nach Baldwin zurücklegen, so braucht man zu dem nach Erreichung dieser Geschwindigkeit erübrigenden Wege von 400 m noch weitere 12'', so daß bei gleichem Wege bloß 1 Sek. Unterschied bleibt. Hieraus ist ersichtlich, daß bei kräftigem Anfahren die Zugkraft gegenüber den kleinen Unterschieden zwischen den verschiedenen Widerstandsformeln derartig vorherrscht, daß es ganz unnötig ist, ein anderes, als das geradlinige Gesetz zu verwenden, auch die Vorgerade V_g wird überflüssig. Es ist notwendig, dies zu betonen, weil die Amerikaner zur Bestimmung der Fahrzeiten für elektrische Straßsen- und Fern-Bahnen neuestens Zeit-Geschwindigkeits-Linien benutzen. Trotzdem hier das Anfahren sehr kräftig ist, und p häufig 50 kg/t überschreitet, bilden sie diese in mühsamster Weise aus einer Reihe von Berührenden, deren Zusammenhang in notdürftiger Weise erraten werden muß. Nebst der Schwierigkeit der Behandlung bietet dieses Verfahren auch schlechte Übersicht. *)

Zusammenstellung II.

Anfahrnlinien für schwere Personenzüge.

V km/St	p = 10 kg/t						M = 110					
	s m						t Sek					
	L	L und Vg	B	Vg	Pr	Er	L	L und Vg	B	Vg	Pr	Er
10	44	—	52	51	56	62	32	—	35	38	43	41
20	195	—	202	228	229	221	68	—	75	78	81	81
30	477	—	503	525	534	531	109	—	118	123	124	123
40	942	—	980	997	1001	1000	157	—	167	172	174	169
50	1630	1685	1686	—	1687	1582	211	226	224	—	228	218
60	2673	2738	2703	—	2717	2523	279	294	290	—	296	278
70	4249	4305	4158	—	4369	3812	366	381	371	—	389	351
80	6842	6897	6296	—	7817	5618	496	511	473	—	550	442

Zusammenstellung II zeigt die Werte für $p = 10$ kg/t. Diese Zugkraft ist selbst für Eilzüge, die 70 km/St Geschwindigkeit erreichen sollen, als Mindestwert anzusehen, denn diese Geschwindigkeit wird nach Zusammenstellung II erst nach 4 km Weg erreicht, vorausgesetzt, daß die Bahn wagerecht ist. L allein gibt zwar ziemlich gute Übereinstimmung, insbesondere bei den größeren Geschwindigkeiten; man erzielt aber bessere Übereinstimmung, wenn man bis $V = 40$ km/St die Vorgerade nimmt und von dort ab L anschließt. Das gibt die Werte der zweiten Spalte. Bis $V = 60$ km/St ist die Übereinstimmung sehr gut. $V = 70$ km/St als Höchstwert wird auf 4300 m erreicht nach L in 379 Sek., nach L und V_g in 381 Sek., nach B in 379 Sek. und nach Er in 377 Sek. Die Übereinstimmung insbesondere der drei letzten Linien ist als eine weitgehende anzusehen. Weiter als bis $V = 70$ km/St zu gehen, ist bei $p = 10$ kg/t nicht zulässig, denn man bedarf mehr als 2 km Weg, um die Geschwindigkeit um weitere 10 km/St zu erhöhen, und das kann man wohl nicht mehr als Anfahren betrachten.

Bisher ist das Anfahren auf der Wagerechten erfolgt; auf Steigungen muß man sich mit kleineren Zugkräften als $p = 10$ kg/t

*) Mailloux: Notes on Plotting Speed-Time Curves, Transactions of the Americ. Inst. of Electric. Engineers. Aug.-Sept. 1902.

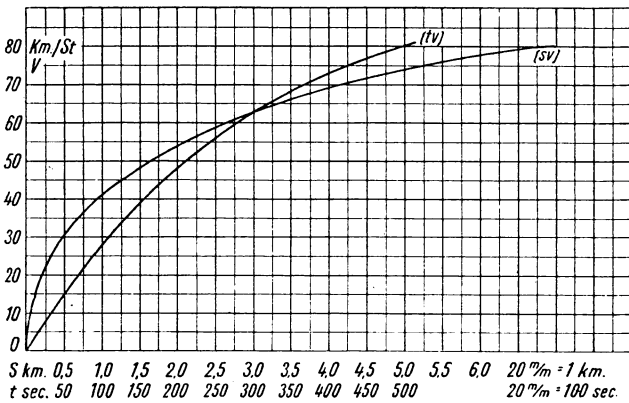
begnügen, weil dann auf 1⁰/₁₀₀ Steigung je 1 kg/t der Zugkraft wegfällt. Als Mindestmafs von p mufs man p = 6 kg/t betrachten, weil die Bewegung sonst nicht eingeleitet werden kann. Für p = 6 kg/t gilt Zusammenstellung III. V reicht hier blofs bis 40 km/St, weil selbst diese geringe Geschwindigkeit erst nach 2,5 km und 400 Sek. erreichbar ist. L ist in diesem Falle gänzlich auszuschneiden. Vg, B und Pr, welch' letztere für diese Geschwindigkeiten als besonders zuverlässig anzusehen ist, liefern gut übereinstimmende Werte. Wird Er ebenfalls auf 2500 m Weg und die Höchstgeschwindigkeit V = 40 km/St bezogen, so ist die Abweichung in der Zeit blofs je 2 Sek. von Vg und Pr.

Zusammenstellung III.
Anfahren auf starken Steigungen.

Vkm/St	p = 6,0 kg/t					M = 110				
	s m					t Sek				
	L	B	Vg	Pr	Er	L	B	Vg	Pr	Er
10	79	96	105	119	123	56	66	75	85	78
20	366	440	473	498	495	124	147	173	176	160
30	985	1155	1210	1221	1188	212	250	268	278	249
40	1958	2534	2508	2489	2299	336	419	403	407	387

Die Zusammenstellungen I bis III geben volle Übersicht über das Anfahren. Unter gewöhnlichen Umständen genügt L. Sie gibt grofse Genauigkeit und die einfachste Behandlung der Anfahrlinien. Bei geringeren Zugkräften oder gröfseren Steigungen genügt auch B allein. Es ist aber von Bedeutung festzustellen,

Abb. 6.



dafs die Vorgerade Vg die Linie Pr, welche sie in zwei Punkten schneidet, bis zu völliger Gleichheit ersetzen kann, und dafs sie gemeinsam mit der an sie anschliessenden L sehr gute Werte bis zu den höchsten jetzt gebräuchlichen Geschwindigkeiten ergibt. Hieraus folgt, dafs es unnötig ist, die schwierigen Bestimmungen mit Linien höherer Ordnung weiter zu verfolgen. Eine Folge von Geraden kann jede Linie mit jedem gewünschten Grade der Genauigkeit ersetzen. Man mufs sich nur vor Augen halten, dafs die Gerade, welche ein Stück krummer Linie ersetzen soll, sich diesem umso mehr anschmiegen mufs, je kleiner die Zugkraft und je gröfser die Geschwindigkeit ist.

Die Zusammenstellungen IV und V geben die Werte für die Vorgerade Vg und die Baldwin'sche Linie B. In beiden Fällen ist p' so gewählt, dafs nach Abzug des Wertes b

p = 10 kg/t bleibt. Textabb. 6 endlich enthält die Linien für p = 10 kg/t, wie sie für die Bestimmung der Anfahrzeit in der Regel zu verwenden sind.

Zusammenstellung IV.

Vorgerade Vg. (Textabb. 5.)

Vkm/St	p = 11,6 kg/t					M = 110				
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
s	42	183	431	807	1329	2024	2937	4092	5569	7447
t	32	65	101	140	182	228	277	333	396	466

Zusammenstellung V.

Linie B. (Textabb. 5.)

Vkm/St	p = 11 kg/t					M = 110				
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
s	45	193	460	875	1474	2310	3465	5060	7337	10747
t	32	66	105	147	195	250	314	391	486	614

Bestimmung der Zugkraft.

Ist die Leistungsfähigkeit einer Lokomotive innerhalb der Benutzungsgrenzen ermittelt und in Textabb. 7 durch AB mit V km/St als Längen und der Zugkraft P^t als Höhen dargestellt, zieht man dann die Widerstandslinie CDE bezogen auf 1000 t Zuggewicht, so findet man für die Geschwindigkeit OM₁ die Zugkraft der Lokomotive P^t = M₁M, den Zugwiderstand für 1000 t = M₁M₂ und die Belastung, welche die Lokomotive einschliesslich ihres Eigengewichtes ziehen kann

$$Z^t = 1000 \frac{MM_1}{M_1M_2}$$

Hieraus ergibt sich die Zugkraft p^{kg/t} = $\frac{P}{Z}$.

Auf der Steigung ist für je 1⁰/₁₀₀ zu M₁M₂ je 1 t hinzuzufügen und auf dem Gefälle abzuziehen.

Aus den zahlreichen Versuchen, welche M. Herr über die Lokomotivgattungen der Northern Pacific-Bahn veröffentlicht*), sowie aus den Versuchen von Henderson**) und der Untersuchung seiner Linie kann man annehmen, dafs sich die Leistungsfähigkeit bei verschiedenen Geschwindigkeiten wenig ändert. Hieraus folgt dann, dafs PV unveränderlich ist und dafs die Linie AB eine gleichseitige Hyperbel darstellt.

Für eine hier einzuführende Leistungsfähigkeit von 1000 P.S. ergibt sich

$$\frac{V \text{ km/St}}{3,6} P^{\text{kg}} = 75000$$

oder für P in t

Gl. V) V km/St P^t = 270.

Hat die Lokomotive N P.S., so ergibt sich

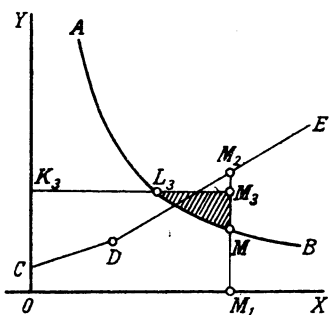
Gl. VI) Z = $\frac{N}{1000} \frac{MM_1}{M_1M_2 \pm n}$.

*) Proceedings of Western Railway Club 1898/99, S. 261.

**) American Association Master Mechanics 1901, S. 204.

Die Bestimmung der einzelnen Punkte von AB in Textabb. 7 erfolgt mit der Bedingung, daß die Lokomotive auf der Steigung $n\%$ den Zug Z , dessen Widerstand MM_1 ist, dauernd mit der

Abb. 7.

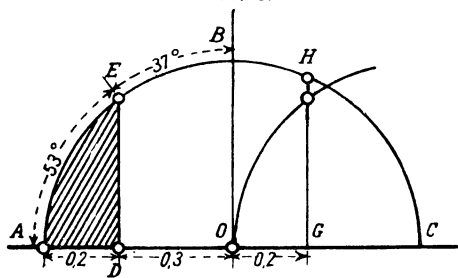


Geschwindigkeit V befördern kann, ohne daß sich der Wasserspiegel im Kessel ändert. Dabei muß angenommen werden, daß dieser Rampe eine günstigere Strecke vorangeht, und an deren Fulse die Geschwindigkeit V erreicht ist. Denn auf der Rampe selbst würde mit der Zugkraft MM_1 die Geschwindigkeit V erst nach unendlichem Wege erreicht werden, denn bei der

Belastung Z ist der Zugwiderstand gleich der Zugkraft, zur Beschleunigung bleibt also kein Überschuss. Aus Zusammenstellung II geht hervor, daß man mit einer Zugkraft $p = 10 \text{ kg/t}$, die dem Zugwiderstande für $V = 100 \text{ km/St}$ entspricht, tatsächlich nur bis $V = 70 \text{ km/St}$, im äußersten Falle bis $V = 80 \text{ km/St}$ anfahren kann und bei der Ähnlichkeit aller (s, v) Linien kann man allgemein nur soweit anfahren, bis $w = (0,7 \text{ bis } 0,8) p$ geworden ist. Soll also die Zugkraft der Lokomotive ausgenutzt werden, so muß man zur Erreichung der Grundgeschwindigkeit V mit einer Zugkraft $M_1 M_3$ anfahren,

und deren Mindestmaß ist $M_1 M_3 = \frac{M_1 M}{0,8} = 1,25 M_1 M$. Dazu ist während des Anfahrens ein Teil des Wassers im Kessel zu verwenden, der bis zum nächsten Anfahren durch Ausnutzung der Neigungsverhältnisse sowie während des Fahrens ohne Dampf wieder ergänzt werden muß. Sollte das nicht möglich sein, so ist die Belastung entsprechend zu vermindern. Die Wassermenge oberhalb des zulässigen Wasserspiegels ist also von wesentlicher Bedeutung, denn sie gestattet eine schwierigere Strecke zu überwinden und den Ersatz des Wassers auf einer entfernten günstigen Strecke abzuwarten. Jeder Kessel hat aber einen gewissen Höchst-Spiegel, oberhalb dessen das Wasser bei weit geöffnetem Regler oder bei größerer Füllung stark mitgerissen wird und dieser bezeichnet somit die Grenze der Ausnutzbarkeit der Lokomotive. Besonders wichtig ist der Umstand, daß dieses Mitreißen bei großen Füllungen selbst bei kleineren Geschwindigkeiten auftritt, also eben während des Anfahrens.

Abb. 8.



In Textabb. 8 sei ABC der Winkelhalbkreis über dem Hube AC, ferner $AD = 0,2 AC$, DE die Senkrechte durch D, so macht der gleichmäßig umlaufende Kurbelzapfen im Kreise den Weg AE, bis der Kolben die Stellung D erreicht. Der

Bogen AE beträgt 53° . Bis zur Mittelstellung macht der Kurbelzapfen nurmehr einen Bogen von 37° , während der Kolben $0,3 AC = DO$ zurücklegt. Der Dampf strömt mit der Geschwindigkeit des Kolbens nach, folglich ist seine mittlere Geschwindigkeit zwischen den Punkten D und O $\frac{0,3}{0,2} \cdot \frac{53}{37} = 2,16$ mal größer, als zwischen den Punkten A und D. Bei halber Füllung ist somit während des größeren Teiles der Füllung die Geschwindigkeit des Dampfes mehr als doppelt so groß, als bei einer Füllung von 0,2. Macht man die Füllung größer, so beginnt die Einströmung im andern Zylinder, sobald O überschritten wird, so daß die Geschwindigkeit des Dampfes zwischen den Punkten O und G, wo die Füllung 0,7 erreicht ist, wegen der gleichzeitigen Einströmung in beide Zylinder auf das 3,2fache der erstangenommenen Geschwindigkeit steigt. Bei $V = 40 \text{ km/St}$ und 0,7 Füllung entsteht also ungefähr dieselbe Dampfgeschwindigkeit wie bei 0,2 Füllung und $V = 125 \text{ km/St}$. Dieses Verhältnis verschlimmert sich ferner zu Ungunsten der größeren Füllung dadurch, daß bei den gebräuchlichen Steuerungen starkes Drosseln des Dampfes bei kleineren Füllungen eintritt, so daß der Zylinder mit Dampf von niedrigerer Spannung und somit kleinerem Gewichte gefüllt wird.

In Textabb. 5 ist die gleichseitige Hyperbel AB für 1000 P.S. Leistung dargestellt und mit Rücksicht auf die vorhergehende Erörterung sind drei Füllungen während des Anfahrens angenommen. Die entsprechenden Zugkräfte sind nach der gebrochenen Linie CDEFGH

- 4800 kg für $V = 0$ bis 40 km/St
- 4000 " " $V = 40$ bis 70 km/St
- 3600 " " $V = 70$ bis 90 km/St .

Die Reibungs-Zugkraft der Lokomotive wird mit 5000 kg festgesetzt; diese wird aber bloß während der ersten Umdrehungen voll ausgenutzt.

Bestimmung des Zeitverlustes.

Der Zweck dieser Abhandlung ist in erster Linie die Bestimmung des Zeitverlustes durch das Anfahren, um die ganze Fahrzeit festzustellen. Sind daher Zeit und Weg nach dem vorstehenden für das Anfahren bestimmt, so berechne man die Zeit, in welcher dieser Weg bei voller Grundgeschwindigkeit zurückgelegt worden wäre; der Unterschied gegenüber der Anfahrzeit gibt den Zeitverlust.

Das Entwickeln dieses Verlustes in geschlossener Form ist ziemlich umständlich, der Vorgang werde daher an einigen Beispielen gezeigt, wobei der Einfluß der verschiedenen Umstände ersichtlich wird. Die Lokomotive von 1000 PS, deren Leistung in Textabb. 5 dargestellt ist, fährt mit den oben erwähnten drei Füllungsgraden an. Die Lokomotive wiegt 90 t, die Grundgeschwindigkeit V sei 90 km/St und der Stationsabstand 6 km, die Strecke ist wagerecht.

Textabb. 5 gibt bei $V = 90 \text{ km/St}$ $P = 3 \text{ t}$, $w = 1000 = 9000 \text{ kg} = 9 \text{ t}$. Hieraus ergibt sich $Z = 1000 \cdot \frac{9}{3} = 333 \text{ t}$.

Danach seien 300 t die höchste mögliche Zugbelastung. Genauer ist nach der auf S. 196 angegebenen Formel $w = (0,13 L + 0,08 W) \frac{V}{Z} = 0,092 V$ also um 8% günstiger als nach $w = 0,1 V$

(Linie L, Textabb. 5). — Dieses gilt aber als Sicherheit für schlechtes Wetter und sonstige Hindernisse.

Zusammenstellung VI.

Anfahren auf der Wagerechten, Z = 300 t.

P	p	V _p	V ₁₀	T	S ₁₀	S _p	D	T _D	T ₉₀	Δ
4800	16	30	18,7	65	170	272	—	—	—	—
4800	16	40	25,0	80	310	500	500	80	20	60
4000	13,3	40	30,0	109	477	640	—	—	—	—
4000	13,3	50	37,3	143	780	1070	—	—	—	—
4000	13,3	70	52,7	230	1850	2470	1830	121	73	48
3600	12	70	58,3	270	2550	3060	—	—	—	—
3600	12	90	75,0	425	5400	6480	3420	155	137	18
						0	5750	356	230	126
						30	5478	291	219	72
						50	4820	242	193	51

Zusammenstellung VI zeigt die Rechnungsergebnisse. Aus den in der Spalte P angeführten Zugkräften ergeben sich den Fahrgeschwindigkeiten V_p entsprechend die in der Spalte p berechneten für 1 t. Vom Beginne der Fahrt an bewegt sich der Zug nach dem Gesetze der Linien für p = 16 kg/t, bis V_p = 40 km/St erreicht ist. — Zieht man durch diesen Punkt der (s, v) Linie die Linie gleicher Fahrzeiten, so schneidet sie die (s, v) Linie für p = 10 kg/t in einem Punkte, dessen Geschwindigkeit V₁₀ = 40 $\frac{10}{16}$ = 25 km/St beträgt.

Dieser Geschwindigkeit entspricht auf der (t, v) Linie T = 80 Sek. Textabb. 6) und auf der (s, v) Linie S₁₀ = 310 m. Die Zeit ist dieselbe wie bei der (t, v) Linie für p = 16 kg/t, der Weg ist aber im Verhältnisse der p zu vergrößern, so dafs S_p = S₁₀ $\frac{16}{10}$ = 310 $\frac{16}{10}$ = 500 m wird. Die gefundenen

Werte sind in die Spalten für T, S₁₀ und S_p eingetragen. Bei V_p = 40 km/St verringert sich P auf 4000 kg und p auf 13,3 kg/t und die Bewegung folgt von da ab den entsprechenden Linien. Wäre man von V = 0 an längs dieser Linien gefahren, so hätte man V_p = 40 km/St, V₁₀ = 40 $\frac{10}{13,3}$ = 30 km/St, T = 109 Sek., S₁₀ = 477 m und S_p = 477 $\frac{13,3}{10}$ = 640 m erreicht.

Hat man also mit ihnen V_p = 70 km/St, T = 230 Sek. und S_p 2470 m erreicht, so ist man längs dieser Linien zwischen V_p = 40 km/St und V_p = 70 km/St die Strecke D = 2470 — 640 = 1830 m gefahren, und hat diese im T = 230 — 109 = 121 Sek. zurückgelegt. Bei V_p = 70 km/St gelangt man in die Linie für p = 12 kg/t und findet nach ähnlichem Vorgange, dafs zur Erreichung von V_p = 90 km/St eine weitere Strecke von 3420 m in 155 Sek. zu durchmessen ist. Die drei Streckenteile geben zusammen 5750 m und die Fahrzeit von 356 Sek. Diese Strecke hätte man bei voller Geschwindigkeit von V = 90 km/St in der Zeit T₉₀ = 230 Sek.

zurückgelegt, somit beträgt der Fahrzeitverlust Δ = 356 — 230 = 126 Sek.

Wäre die Strecke mit einem durchfahrenden Eilzug befahren, der in den Stationen V auf 30 km/St herabsetzen muß, so hätte dieser bis zur Erreichung von V = 40 km/St statt 600 m blofs 500 — 272 = 228 m und statt 80 Sek. blofs 80 — 65 = 15 Sek. gebraucht und somit, wie am Schlusse der Zusammenstellung VI in der wagerechten Reihe 30 ausgegeben, die Geschwindigkeit V = 90 km/St auf 5478 m in 291 Sek. erreicht und 72 Sek. Zeitverlust erlitten. Wenn schliesslich die Stationen mit V = 50 km/St durchfahren werden, so erreicht man V = 90 km/St in D = 4820 m T_D = 242 Sek. mit Δ = 51 Sek. Zeitverlust gemäfs Reihe 50.

In derselben Weise ist das Anfahren eines Zuges von 240 t Gewicht in Zusammenstellung VII bestimmt, und schliesslich das Anfahren von Zügen desselben Gewichtes auf 5‰ Gefälle in den Zusammenstellungen VIII und IX. In den beiden letzteren wurden die p entsprechend dem Gefälle um je 5 kg/t erhöht. Ein Vergleich der Zusammenfassungen am Schlusse der Zusammenstellungen gibt ein Bild des bedeutenden Einflusses der entsprechenden Verhältnisse.

Zu beobachten ist ferner, nach welcher Strecke die volle Geschwindigkeit zu erreichen ist.

Zusammenstellung VII.

Anfahren auf der Wagerechten, Z = 240 t.

P	p	V _p	V ₁₀	T	S ₁₀	S _p	D	T _D	T ₉₀	Δ
4800	20	30	15	50	105	210	—	—	—	—
4800	20	40	20	68	135	370	370	68	15	53
4000	16,6	40	24,1	82	280	466	—	—	—	—
4000	16,6	50	30,0	109	477	740	—	—	—	—
4000	16,6	70	42,2	166	1060	1750	1280	84	51	33
3600	15	70	46,7	192	1380	2070	—	—	—	—
3600	15	90	60	179	2670	4000	1930	87	77	10
						0	3580	239	143	96
						30	3380	189	135	54
						50	2890	144	116	28

Zusammenstellung VIII.

Anfahren auf 5‰ Gefälle, Z = 240 t.

P	p	V _p	V ₁₀	T	S ₁₀	S _p	D	T _D	T ₉₀	Δ
4800	25	30	12,0	38	60	150	—	—	—	—
4800	25	40	16,0	53	120	300	300	53	12	41
4000	21,6	40	18,5	64	170	370	—	—	—	—
4000	21,6	50	23,1	80	270	580	—	—	—	—
4000	21,6	70	32,4	118	550	1190	820	54	33	21
3600	20	70	35,0	130	670	1340	—	—	—	—
3600	20	90	45,0	182	1250	2500	1160	52	46	6
						0	2260	159	91	68
						30	2130	121	85	36
						50	1770	90	74	16

Zusammenstellung IX.

Anfahren auf 5‰ Gefälle, Z = 300 t.

P	p	V _p	V ₁₀	T	S ₁₀	S _p	D	T _D	T ₉₀	Δ
4800	21	30	14,3	46	90	189	—	—	—	—
4800	21	40	19,0	65	170	357	360	65	14	50
4000	18,3	40	21,8	76	230	420	—	—	—	—
4000	18,3	50	27,3	97	380	700	—	—	—	—
4000	18,3	70	38,3	148	840	1540	1120	72	45	26
3600	17,0	70	41,1	161	1000	1700	—	—	—	—
3600	17,0	90	52,9	231	1880	3200	1500	70	60	10
						0	3020	207	121	86
						30	2830	161	113	48
						50	2340	121	94	27

In Zusammenstellung X ist der Einfluss der Steigung auf das Anfahren verfolgt, und zwar für einen Zug von 240 t auf 5‰ Steigung; p wird um je 5 kg/t verringert. Bis V_p = 70 km/St nimmt die Rechnung den bisherigen Verlauf. Von hier ab ist p = 10 kg/t. und somit klar, dass innerhalb des Stationsabstandes von 6 km V = 90 km/St nicht zu erreichen ist.

Zusammenstellung X.

Anfahren eines Zuges auf 5‰ Steigung, Z = 240 t.

P	p	V _p	V ₁₀	T	S ₁₀	S _p	D	T _D	T ₉₀	Δ
4800	15	30	20	68	195	293	—	—	—	—
4800	15	40	26,7	93	360	480	480	93	19	74
4000	11,6	40	34,5	127	660	770	—	—	—	—
4000	11,6	50	43,1	175	1130	1310	—	—	—	—
4000	11,6	70	60,4	282	2730	3170	2400	155	96	59
3600	10,0	70	70,0	366	4250	4250	—	—	—	—
3600	10,0	80,0	80,0	496	6850	6850	2600	130	104	26
3600	10,0	81	81,0	510	7150	7150	2900	144	—	—
3600	10,0	82,8	82,8	537	7840	7840	3620	171	—	—
						0	5480	378	219	159
						30	5480	324	219	105
						50	5480	275	219	59

Bis zur Erreichung von V = 70 km/St hat der Zug 480 + 2400 = rund 2900 m zurückgelegt, und da ungefähr 500 m vor Erreichung der nächsten Station der Dampf abgesperrt und gebremst werden muss, bleiben nur 5500 - 2900 = 2600 m zur Erhöhung der Geschwindigkeit. Auf der (s, v) Linie für p = 10 kg/t entspricht V = 70 km/St, S = 4250 m; die höchste Geschwindigkeit wird also bei S = 4250 + 2600 = 6850 m erreicht. Dies gibt aus der (s, v) Linie V = 80 km/St und dem entsprechend auf der (t, v) Linie T = 490 Sek. Somit ist beim Anfahren von V = 0 an die Strecke von 5480 m in 378 Sek. zurückgelegt, der Verlust beträgt 159 Sek. Beginnt die Fahrt mit V = 30 km/St, so haben wir den bis zur Erreichung von V = 40 km/St 300 m, genau 293 m weniger zurückgelegt und diese Strecke wird für die Fahrt von V = 70 km/St an gewonnen. Der Endpunkt auf der (s, v) Linie ist daher S₁₀ = 6850 + 300 = 7150 m, V = 81,0 km/St und T = 510 Sek. Bei Beginn der Fahrt mit V = 50 km/St gewinnt man gegenüber dem

Anfahren von V = 0 an 480 + 1310 - 770 = 990 m und erreicht dann 7840 m, V = 82,8 km/St, bei T = 537 Sek. In ähnlicher Weise findet man die Angaben für einen Zug von 300 t Gewicht auf 5‰ Steigung, wie sie in Zusammenstellung XI erscheinen.

Zusammenstellung XI.

Anfahren auf einer Steigung von 5‰, Z = 300 t.

P	p	V _p	V ₁₀	T	S ₁₀	S _p	D	T _D	T ₉₀	Δ
4800	11	30	27,3	95	380	418	—	—	—	—
4800	11	40	36,4	139	750	825	825	139	33	106
4000	8,3	40	48,2	202	1480	1130	—	—	—	—
4000	8,3	50	60,3	278	2700	2240	—	—	—	—
4000	8,3	70	84,4	565	8600	7140	6010	—	—	—
4000	8,3	64	79,8	495	6790	5630	4500	293	180	113
4000	8,3	67,4	81,2	515	7290	6050	4920	313	—	—
4000	8,3	71,1	85,5	590	9190	7560	6430	388	—	—
						0	5325	432	213	219
						30	5320	357	213	131
						50	5320	312	213	99

V = 70 km/St, der eine Strecke von 6830 m erfordert, wird hier nicht erreicht. Wird die Fahrt unter Dampf 5325 m fortgesetzt, so wird beim Anfahren von V = 0 an blofs V = 64 km/St erreicht, oder 67,4 km/St und 71,1 km/St bei Durchfahrten mit V = 30 km/St und 50 km/St. Aber auch bei Durchfahrten mit der vollen Geschwindigkeit von 90 km/St kann diese Geschwindigkeit nicht aufrecht erhalten werden. Die AB Linie (Textabb. 5) zeigt nämlich bei V = 90 km/St P = 3000 kg, denn P war nur für kleinere Strecken während des Anfahrens mit 3600 kg zugegeben. Beim Durchfahren der ganzen Station kann nur der erste Wert angenommen werden, so dass auf 5‰ Steigung nur p = 5 kg/t übrig bleibt, und diese Zugkraft hat mit der Trägheit des Zuges den Zugwiderstand zu überwinden.

Aus der negativen Zunahme von v folgt

$$ds = - \frac{Mvdv}{av - p}, \quad s = M \left[\frac{v}{a} + \frac{p}{a^2} \ln(av - p) \right] + C$$

und weil für s = 0 v = der Anfangsgeschwindigkeit v₁ ist, folgt

$$C = M \left[\frac{v_1}{a} + \frac{p}{a^2} \ln(av_1 - p) \right] \text{ und schliesslich}$$

$$\text{Gl. VII) } s = M \left[\frac{1}{a} (v_1 - v) + \frac{p}{a^2} \ln \frac{av_1 - p}{av - p} \right]$$

Für die Bestimmung der Zeit ist $dt = \frac{ds}{v} = - \frac{Mdv}{av - p}$, demnach wie früher und hieraus in ähnlicher Weise wie vorher

$$\text{Gl. VIII) } \dots t = \frac{M}{a} \cdot \ln \frac{av_1 - p}{av - p}$$

Für p = 5 kg/t, av₉₀ - p = 4 kg/t, av₇₀ - p = 2 kg/t folgt t = 192 Sek., s = 4230 m bis zur Erreichung von V = 70 km/St. Der übrige Weg von 1100 m wird mit V = 70 km/St durchfahren, weil zur Aufrechterhaltung dieser Geschwindigkeit genügend Zugkraft vorhanden ist. Die ganze Fahrzeit ist dann 249 Sek. und Δ = 36 Sek. Schliesslich zeigt Zusammenstellung XII den Verlauf der Rechnung bei einer Strecke mit wechselndem Gefälle, anfangs 500 m wagerecht, dann 1000 m im

Gefälle von 5‰ und schliesslich 4000^m mit 2‰ Steigung. Hierbei ist aufser dem Wechsel der Zugkraft an den Geschwindigkeitsgrenzen auch die Änderung der p in den Gefällsbrüchen in ähnlicher Weise zu berücksichtigen, wie in den Zusammenstellungen X und XI.

Zusammenstellung XII.

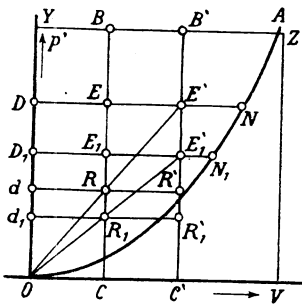
Anfahren auf wechselndem Gefälle, Z = 300 t.

P	p	V _p	V ₁₀	T	S ₁₀	S _p	D	T _D	T ₉₀	Δ
4800	16,0	40	25	80	310	500	500	80	20	60
4000	18,3	40	21,8	76	230	420	—	—	—	—
4000	18,3	68,1	37,2	142	780	1420	1000	66	40	26
4000	11,3	68,1	60,3	281	2700	3050	—	—	—	—
4000	11,3	70,0	62,1	295	2920	3330	280	14	11	3
3600	10	70,0	70,0	366	4250	4250	—	—	—	—
3600	10	83,0	83,0	540	2970	7970	3720	174	149	25
						0	5500	334	220	114

Anfahren mit Anlauf.

Das Anfahren unter Benutzung der lebendigen Kraft des Zuges, nennt man »Anfahren mit Anlauf.« Die Gl. VII) und VIII) geben zwar s und t für diesen Fall, es ist aber wünschenswert, ein zeichnerisches Verfahren behufs übersichtlicher Lösung dieser Aufgabe zu entwickeln.

Abb. 9.



Hierzu dient die Beschleunigungslinie OA (Textabb. 9), deren Längen die Geschwindigkeit V und deren Höhen den Beschleunigungsdruck p' darstellen, der erforderlich ist, um 1 t des Zuges auf einer Strecke von 1 km so zu beschleunigen, dass sie die Geschwindigkeit V erreicht

$$p' = \frac{110}{2} \left(\frac{V}{3,6} \right)^2 \cdot \frac{1}{1000}$$

Die einzelnen Werte von p' gibt die Zusammenstellung XIII. Auf der Wagerechten YZ wird der Weg gemessen. Ist YB = 1 km und OD das p' für V = DN, so stellt Fläche OCED die lebendige Kraft von 1 t bei dieser Geschwindigkeit dar. Auf die Strecke YB' bezogen ist bekanntlich dieselbe Fläche gleich der des Rechteckes OC'R'd, wenn R der Schnittpunkt des Strahles OE' mit der Höhe BC ist. Ist also die Geschwindigkeit auf der Strecke YB' von V = DN auf V₁ = D₁N₁ verringert, so hat 1 t des Zuges längs dieser Strecke die Arbeit OC'R'd - OC'R'₁d₁ = d₁R'₁R'd abgegeben, somit durchschnittlich den Druck RR₁.

Zieht man also die Höhe durch das Ende des zurückgelegten Weges und durch deren Schnittpunkte mit den Wagerechten der den Endgeschwindigkeiten V und V₁ entsprechenden Punkte der Beschleunigungslinie Strahlen zum Anfangspunkte O, so ist das zwischen diesen Strahlen auf der Höhe in 1 km abgeschnittenen Stück das Maß des gewonnenen Druckes.

Dies Verfahren wird zur Lösung folgender Aufgabe benutzt. Ein Zug kommt mit der Geschwindigkeit V am Fusse der Rampe von n‰ Steigung mit der Zugkraft p an, das entsprechende p - av ist < n, so dass n - (p - av) = p'; welches ist seine Geschwindigkeit V₁ nach Zurücklegung der Strecke YB?

In Textabb. 9 ist RR₁ = p' und DN = V, so ist D₁N₁ die Geschwindigkeit V₁. Dies ist nicht ganz richtig, weil der Zugwiderstand av mit der Geschwindigkeit ebenfalls abnimmt, und der wahre Mittelwert zwischen av und av₁ liegt. Zur Berichtigung nehme man nach der vorläufigen Bestimmung von V₁ in der obigen Weise den Mittelwert von av und av₁ als neues p' zur Wiederholung des Verfahrens, oder man setze den erstgefundenen Wert in Gl. VII) ein und bestimme seine Genauigkeit. Aus dieser Gleichung kann man die Endgeschwindigkeit v₁ auch nicht unmittelbar ermitteln, weil man die Exponentialgleichung mit v im Logarithmus nur durch Versuchen oder Reihenentwicklung lösen kann. Für alle Betriebsanfordernisse ist aber die Bestimmung auf zeichnerischem Wege genau genug, denn sie liegt weit innerhalb der Grenze der Veränderlichkeit des Zugwiderstandes.

Eine zweite Aufgabe ist folgende: Der Zug kommt mit der Geschwindigkeit V am Fusse der Rampe von n‰ an, und soll an deren Ende die Mindestgeschwindigkeit V₁ haben. Wie groß ist bei gegebener Zugkraft P die zulässige Belastung Z?

Man findet wieder aus Textabb. 9 RR₁ = p' als Zuwachs der Zugkraft für 1 t. Nimmt man $\frac{a}{2} (v_1 + v)$ als mittleren Zugwiderstand, so ergibt sich die Gleichung $n + \frac{a}{2} (v_1 + v)$

$$= p' + \frac{P}{Z}, \text{ hieraus } \frac{P}{Z} = n - p' + \frac{a}{2} (v_1 + v) \text{ und}$$

$$\text{Gl. IX) } \dots Z = \frac{P}{n - p' + \frac{a}{2} (v_1 + v)}$$

Arbeitsaufwand.

Während des Anfahrens ist die Masse zu beschleunigen und der Zugwiderstand zu überwinden. Letztere Leistung sei E₁; sie wird wegen der fortwährenden Änderung von V in folgender Weise bestimmt. Die ganze Arbeit ist bei unveränderlichem p bekanntlich ps, folglich ist dies die Summe von Beschleunigungs- und Widerstandsarbeit: E = ps = M $\frac{v^2}{2}$ + E₁, also

$$\text{Gl. X) } \dots E_1 = M \frac{v^2}{2} - ps$$

Wäre die ganze Strecke mit der vollen Endgeschwindigkeit durchfahren, wie bei einem Eilzuge auf zweigleisiger Bahn, so wäre die Widerstandsarbeit E₁' = 0,1 Vs.

Wäre nun für jeden Zwischenwert der Geschwindigkeiten von 0 bis V das Differenzial der Arbeit 0,1 V_nds gebildet, so bildet die aneinander gereihte Summe dieser Teilwerte die (s, v) Linie im Zehntelmaßsstabe der Höhen und E₁' = 0,1 Vs ist in derselben Verkleinerung das entsprechende umgebende Rechteck. Das Verhältnis $\frac{E_1}{E_1'}$ gibt das Verhältnis der beiden

verkleinerten Flächen, somit der Flächen selbst, was man als den Völligkeitsgrad der Fläche zwischen der (s, v) Linie und der wagerechten Achse bezeichnen kann. Zusammenstellung XIII enthält die Werte der angeführten Größen für $p = 10 \text{ kg/t}$, $M = 110$,

$V = 10 \text{ bis } 100 \text{ km/St}$. $p' = \frac{1}{1000} \cdot \frac{Mv^2}{2}$ gibt den Wert, den man zur Bestimmung der im vorigen Absatze behandelten Beschleunigungslinie braucht.

Zusammenstellung XIII.

Arbeitsaufwand zum Anfahren.

V km/St =	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$M \frac{v^2}{2} \text{ mkg}$	425	1700	3820	6790	10600	15800	20800	27170	34400	42500
$p' = 0,001 M \frac{v^2}{2} \text{ kg}$	0,425	1,7	3,82	6,79	10,6	15,8	20,8	27,17	34,4	42,5
$ps \text{ mkg}$	440	1950	4770	9420	16300	26730	42490	68420	—	—
$E_1 \text{ mkg}$	15	250	950	2630	5700	11230	21690	41250	—	—
$E_1' = 0,1 Vs \text{ mkg}$	44	380	1330	3770	8150	16040	29740	54710	—	—
$\frac{E_1}{E_1'}$	—	0,66	0,70	0,70	0,70	0,71	0,73	0,75	—	—

Das Verhältnis $\frac{E_1}{E_1'}$ beginnt bei 0,66, bleibt in der Nähe von 0,7 und steigt mit der Geschwindigkeit ein wenig. Bekanntlich ist das Völligkeitsverhältnis der Parabel = 0,666. Hieraus ist ersichtlich, daß die (s, v) Linie sich der Parabel um so mehr nähert, je kleiner V ist. Weil ferner alle (s, v) Linien einander ähnlich sind, so wird die Annäherung an die Parabel um so größer, je größer p wird. Man kann also mit großer Annäherung für die gebräuchlichen Werte von p und $V \frac{E_1}{E_1'} = 0,7$ setzen.

Die während des Anfahrens geleistete Arbeit ist somit

$$E = M \frac{V^2}{2} + 0,07 Vs = 4,25 V^2 + 0,07 Vs.$$

Vergleicht man diese Arbeit mit der einfachen Widerstandsarbeit bei Zurücklegung der Strecke mit der vollen Geschwindigkeit V, so erhält man das Maß e des Mehraufwandes durch Anfahren

$$\text{Gl. XI) } e = \frac{4,25 V^2 + 0,07 Vs}{0,1 Vs} = 42,5 \frac{V}{s} + 0,7,$$

also für $V = 50, 60, 70, 80 \text{ km/St}$

die Werte $e = 2,0, 1,7, 1,4, 1,2$

woraus die große Mehrleistung der Lokomotive während des Anfahrens folgt. Da $\frac{V}{s}$ für eine Linie gleicher Fahrzeit unveränderlich bleibt, also auch e, so sind diese Werte für die entsprechenden Geschwindigkeiten bei anderen Zugkräften ebenfalls maßgebend. Hieraus folgt, daß der Arbeitsaufwand e bei gleichen Geschwindigkeiten um so größer wird, je größer p ist.

Der Wert e_1 der Mehrarbeit bezogen auf die ganze Strecke S_1 zwischen zwei Stationen ergibt sich mit:

$$\text{Gl. XII) } e_1 = e \frac{s}{S_1}.$$

Die Mehrarbeit wird also vergleichsweise um so größer, je kleiner der Stationsabstand ist. Schliesslich muß noch berücksichtigt werden, daß die Lokomotive während des Anfahrens mit

ungünstigen Füllungsgraden fahren muß, wodurch die Kesselleistung noch weiter gesteigert wird.

Untersuchung der Geschwindigkeitslinien.

Aus den bisherigen Untersuchungen geht hervor, daß die Lokomotive beim Anfahren in der Regel bis an die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit, ja selbst darüber hinaus beansprucht wird. Man kann daher umgekehrt aus den Anfahrlinien die Leistungsfähigkeit der Lokomotive beurteilen, und zwar mittels der jetzt bei Berg- und Personenzug-Lokomotiven ziemlich allgemein eingeführten Geschwindigkeitsmesser. Diese liefern in der Regel einen Papierstreifen, auf dem Geschwindigkeit und Zeit verzeichnet sind, somit eine (t, v) Linie, deren Höhen V und deren Längen t darstellen.

Zunächst muß der Genauigkeitsgrad dieser Linie in folgender Weise bestimmt werden.

Ein Flächenstreifen der in Textabb. 10 dargestellten Linie OMM'M'C ist

$$dF = V dt = ds, \text{ folglich } F = \int V dt = \text{Fläche OMM'C} = s.$$

Die von der Geschwindigkeitslinie und der wagerechten Achse eingeschlossene Fläche entspricht der zurückgelegten Strecke.

Wäre die Linie eine Wagerechte und $V = 60 \text{ km/St}$, so würden wir in je 60 Sek. 1 km zurücklegen. Die Fläche dieses Streifens betrüge $60 \times 60 = 3600 \text{ km/sek}$. Die Länge der Strecke in km beträgt:

$$\text{Gl. XIII) } S = \frac{F}{3600}$$

Bei den hier verwendeten Geschwindigkeitsmessern beträgt die Höhe für je 10 km Geschwindigkeit $4,5 \text{ mm}$ und die Länge für je eine Minute 4 mm , somit entsprechen 3600 km/sek . $6 \times 4,5 \times 4 = 108 \text{ qmm}$, also ist $S = \frac{F \text{ qmm}}{108}$.

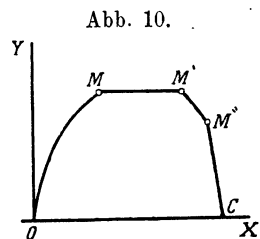


Abb. 10.

Erhält man zwischen zwei Stationen, deren Abstand bekannt ist, die Fläche des Streifens F' , so ist danach die Entfernung $S' = \frac{F'}{108}$, und $\frac{S' - S}{S} = c$ gibt das Maß der Genauigkeit des Geschwindigkeitsmessers.*)

Bei der Untersuchung der Geschwindigkeitsmesser findet man bezüglich des Zeitmaßes selten eine größere Abweichung, als 1,0 ‰, ja diese ist durch genaue Einstellung des Ankers leicht unter $\frac{1}{2}$ ‰ herabzudrücken. Man kann daher die durch Flächenausmessung ermittelte Abweichung als Fehler der Geschwindigkeit betrachten. Dieser beruht teilweise darauf, daß der Triebraddurchmesser von dem zu Grunde gelegten abweicht, teils liegt er in der Ungenauigkeit des Meßwerkes selbst. Bei zahlreichen Versuchen auf einer Prüfvorrichtung hat sich die Abweichung stets als in geradem Verhältnisse zur Geschwindigkeit stehend ergeben. Sollte sich außer diesem im Maße der Geschwindigkeit wachsenden Teile auch ein unveränderlicher Fehler finden, so wäre dies ebenfalls zu berücksichtigen.

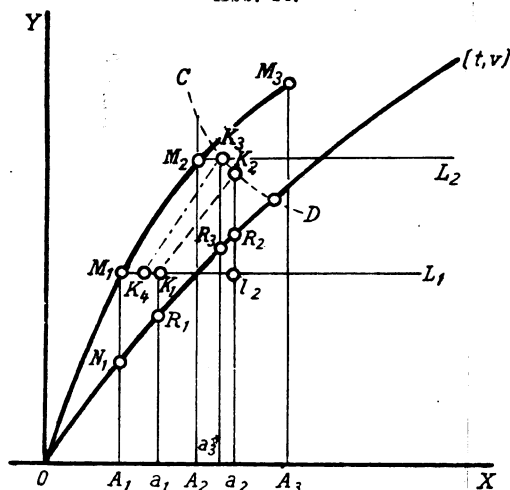
Ist der Fehler des Messwerkes durch Flächenermittlung festgestellt, und danach die berichtigte Linie $OM_1M_2M_3$ in Textabb. 11 ermittelt, die offenbar zwischen den Punkten OM_1, M_2, M_3 drei verschiedenen p entspricht, so ziehe man von O aus die (t, v) Linie $O(t, v)$ für $p = 10$. Wird die Höhe durch M_1 gezogen, so schneidet diese die wagerechte Achse im Punkte A_1 , die (t, v) Linie in N_1 , und die Zugkraft für den Teil OM_1 ist $p = 10 \frac{M_1 A_1}{N_1 A_1}$.

Um das p für den Teil M_1M_2 zu finden, ziehe man durch dessen Endpunkte die Wagerechten M_1L_1 und M_2L_2 , ferner durch M_2 die Höhe M_2A_2 und suche auf den (t, v) Linien, durch welche die einzelnen Punkte der Wagerechten M_1L_1 gehen, die Punkte, die sie von ihrem Ausgangspunkte auf M_1L_1 aus in der Zeit A_1A_2 zurücklegen. Ist beispielsweise $k_1l_2 = A_1A_2$,

*) Vergl. Organ 1903, S. 181, 1903, S. 199 und 1903, S. 221.

zieht man die Höhen a_1 und a_2 , welche die Linie $O(t, v)$ in R_1 und R_2 schneiden und bestimmt den Punkt k_2 auf der

Abb. 11.



Höhe durch l_2 derart, daß $\frac{k_2 a_2}{R_2 a_2} = \frac{k_1 a_1}{R_1 a_1}$ wird, dann liegen die Punkte k_1 und k_2 auf einer (t, v) Linie, deren $p = 10 \frac{k_1 a_1}{R_1 a_1}$ ist, und $k_1 k_2$ wird bei diesem p in der Zeit $a_1 a_2 = A_1 A_2 = k_1 l_2$ zurückgelegt.

Auf diese Weise folgt die Linie CD , deren Punkte von der Wagerechten M_1L_1 aus in der Zeit A_1A_2 erreicht werden; ihr Schnittpunkt k_3 mit der Wagerechten M_2L_2 gibt die (t, v) Linie $k_3 k_4$, die in derselben Zeit von der Geschwindigkeit M_1A_1 beginnend die Geschwindigkeit M_2A_2 erreicht, und somit mit dem Teile M_1M_2 übereinstimmt. Die Zugkraft für diesen Teil wäre dann $p = 10 \frac{k_3 a_3}{R_3 a_3}$. In ähnlicher Weise bestimmt man die Zugkräfte für die übrigen Teile der Linie.

Abmessungen gekröpfter Lokomotivachsen.

Von Zimmermann, Maschinen-Inspektor in Karlsruhe.

In § 74 der Technischen Vereinbarungen sind über die Abmessungen der Achsen von Personen-Gepäck-Postwagen, sowie von Güterwagen und auch Tendern Bestimmungen getroffen. Die Festsetzung der Abmessungen von Lokomotivachsen bleibt jedoch den einzelnen Eisenbahnverwaltungen überlassen, obwohl für Laufachsen von Lokomotiven und für Achsen von Lokomotivdrehgestellen ähnliche Bestimmungen, wie für Achsen von Personenwagen oder Tendern getroffen werden könnten.

Um die Abmessungen der Trieb- und Kuppel-Achsen festsetzen und deren Beanspruchung richtig beurteilen zu können, empfiehlt sich zeichnende Berechnung*), namentlich für die gekröpften Achsen der Lokomotiven mit innenliegenden Zylindern. Die englischen und französischen Eisenbahnverwaltungen haben schon längere Zeit als die deutschen Lokomotiven mit innenliegenden Zylindern, auch solche für Verbundwirkung mit drei und vier Zylindern im Betriebe.

*) Reuleaux, der Constructeur, 3. Auflage, 1869, S. 497.

Die inneren Kurbeln der gekröpften Achsen wurden als Kreisscheiben hergestellt und oft noch mit Schrumpfringen versehen. Auch wurde bisweilen die gekröpfte Achse in der Mitte gelagert.

In die Ausbohrung der inneren Triebzapfen wurden Stahlbolzen eingesetzt.

Seit mehreren Jahren sind auch in Baden Lokomotiven mit innenliegenden Zylindern, auch Vierzylinder-Lokomotiven, in Betrieb. Die ersten Achsen hatten Doppelscheibenkurbeln ohne Schrumpfringe und ohne Bolzen in den inneren Triebzapfen. Da die Beobachtung an den inneren Hohlkehlen der Scheibenkurbeln sehr erschwert war, wurden die inneren Scheibenkurbeln weggelassen und auf Veranlassung von de Glehn in Grafenstaden der Schrägbalken eingeführt.

Es waren in den Hohlkehlen Anrisse und Anbrüche eingetreten, die zur Beseitigung der Achsen führten. Der Stoff der aufgeschossenen und dann gewaltsam durchgebrochenen Achsen er-

wies sich als gut; auch zeigten die daraus genommenen Probestäbe die verlangten Festigkeits- und Dehnungsziffern. Die Anrisse wurden auf eine Überanstrengung der Achsen durch die fort dauernden Stöße zurückgeführt. Die glatten Kuppelachsen, welche denselben Belastungen und Stößen ausgesetzt waren, zeigten keine Anrisse. Die Verstärkung der Zapfen und der Kurbelscheiben, die Einführung des Schrägbalkens und die grössere Abrundung in den Hohlkehlen wurden auf Grund von Berechnungen als Mittel gegen das Entstehen der Anrisse durchgeführt.

Das aus der zeichnerischen Berechnung erhaltene Momentbild gibt uns einen Anhaltspunkt dafür, welche Abnutzung der Lager- und Triebzapfen zugelassen werden darf.

Eine französische Verwaltung gibt eine Abnutzung von 6% der ursprünglichen Zapfenstärke, eine Verlängerung der Lagerzapfen um 10 mm, eine Erweiterung des Abstandes der Kurbelarme um 5 mm zu.

Eine andere französische Eisenbahnverwaltung gestattet eine Abnutzung der Triebzapfen um 10 mm, der Lagerzapfen um 10 bis 20 mm, je nach der Beanspruchung des Zapfens einerseits auf Druck, andererseits auf Biegung, wenn der Zapfen als eingespannt betrachtet wird.

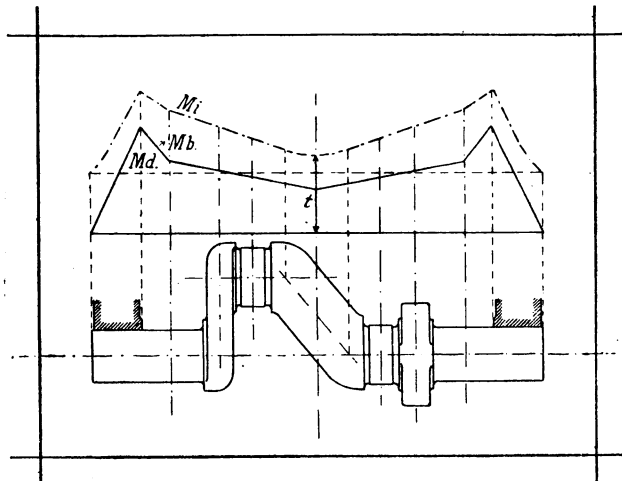
Eine gewisse Zuverlässigkeit für genügende Festigkeit der Achsen wird man erhalten, wenn man auf Grund der Berechnung bestimmte Mindestmaße für die Zapfenstärke, etwa Abnutzung der Lagerzapfen von 190 mm bis 177 mm, der Triebzapfen von 210 mm bis 195 mm festsetzt und nach bestimmten Lauflängen die Achsen in der Werkstätte untersucht. Selbstverständlich müssen die Angestellten angewiesen sein, sich auch nach jeder Fahrt von dem gutem Zustande der Hohlkehlen der Trieb- und Lager-Zapfen zu überzeugen.

Das Abdrehen der Zapfen darf nur in einer und derselben Werkstätte geschehen, damit die eingeschulten Arbeiter die Zapfen genau auf Haarrisse untersuchen.

Auch muß jeweils der Abstand der Kurbelscheiben genau nachgemessen werden.

Für jede gekröpfte Achse ist, wie dies bei einer französischen Verwaltung geschieht, ein besonderer Beobachtungsbogen anzulegen, in den die Stärken der Zapfen vor und nach dem Abdrehen und die Lauflängen in zurückgelegten Kilometern eingetragen werden.

Abb. 1.



Bei der zeichnerischen Berechnung der gekröpften Triebachsen wird vorteilhaft folgender Rechnungsgang eingehalten:

- Der Krätemaßstab für den Kräfteplan ist 1 mm = 200 kg.
- Der Polabstand p im Kräfteplan wird zu 500 mm gewählt.
- Man zeichnet das Seileck M_1 für die lotrechte Beanspruchung, M_2 für die wagerechte, wenn erforderlich M_3 für die unter einem Winkel α schräg auf die Kurbelzapfen wirkenden Kräfte, und zwar das Seileck für jedes Biegemoment für sich auf und vereinigt die Biegemomente zum Gesamt-Biegemoment M_b .

Ferner wird das Drehmoment M_d der Reibungskraft der Räder an den Schienen entsprechend eingezeichnet und dann mit dem Biegemomente M_b zu einem Rechnungs-Biegemoment M_i nach der Formel

$$M_i = \sqrt[3]{\frac{5}{8} M_b^2 + M_d^2}$$

vereinigt.

Die lotrechte Höhe t mm dieser Momentfläche mit dem Polabstande multipliziert gibt die Größe des Momentes;

$$\text{also } M_i = 200 t \cdot p = 200 t \cdot 500 \text{ kg/mm}$$

$$M_i = t \cdot 100\,000 \text{ kg/mm.}$$

Da auch $M_i = \frac{\pi}{32} d^3 \cdot s$ (worin d = den Durchmesser der Achse und s = zulässige Beanspruchung in kg/mm bedeutet), so wird $t \cdot 1\,000\,000 = d^3 \cdot s$, wenn $\frac{\pi}{32} = \frac{1}{10}$ gesetzt wird.

Ist beispielsweise $t = 86$ mm; $s = 10$ kg/qmm, so wird $d^3 = 8\,600\,000$ mm und $d = 205$ mm.

Wird $s = 12$ kg/qmm genommen, so wird $\frac{t}{12} = \frac{86}{12} = 7,166$; $7\,166\,000 = d^3$.

Aus $d^3 = 7\,189\,057$ (in der Tabelle) folgt $d = 193$ mm.

Ist die Bruchfestigkeit 60 kg/qmm, so darf man bei dieser Art der Berechnung und bei Annahme hoher Belastungsziffern in der Rechnung vierfacher Sicherheit entsprechend bei Festsetzung der höchstzulässigen Abnutzung wohl bis $s = 15$ kg/qmm gehen. Die Achslänge wird zweckmäßig im Maßstabe 1:5 aufgezeichnet.

Für die lotrechte Belastung der Achse, welche während der Fahrt über die Schienenstöße und durch Bögen, deren Überhöhung der Höhe der Fahrgeschwindigkeit nicht entspricht, ferner durch das Arbeiten der Maschine und das Schwanken des Kessels wesentlich höher beansprucht wird als in ruhendem Zustande, wählt man $Q = 1,3$ bis $1,4$ der ruhenden Belastung P .

Ist $P = 14$ t, so wird Q zu 19 bis 20 t angenommen.

Die in wagerechter Richtung auf die Spurkränze, namentlich beim Schlingern und bei der Fahrt durch Bögen, wirkende Kraft H wird zu $0,4 Q$ angenommen; bei $Q = 19$ bis 20 t, wird also $H = 7,5$ bis 8 t eingesetzt.

Q und H werden als in dem über der Achse liegendem Punkte der Lokomotivschwerlinie angreifend angenommen und zu einer Mittelkraft vereinigt.

Die aus deren Zerlegung folgenden Zug- und Druckkräfte in der Längsrichtung der Achse können hier außer Betracht

bleiben, sodafs für das lotrechte Bieugungsmoment M_1 eben nur lotrechte Kräfte verbleiben.

Die Bestimmung der übrigen Bieugungsmomente richtet sich nach der Bauart der Lokomotive. Für 2/4 gekuppelte Lokomotiven mit zwei innenliegenden Zylindern erhält man ein wagerechtes Bieugungsmoment M_2 durch den höchsten Kolbendruck auf die wagerechte Kurbel infolge der Zusammendrückung des Dampfes am Ende des Hubes oder ein Bieugungsmoment für die Kurbelstellung, in welcher der eine Zylinder bei Anfahrt eben Frischdampf erhält. Auf den Kuppelzapfen wirkt eine vom Zapfen des Kuppelrades durch die Kuppelstange wirkende gleichgroße Gegenkraft.

Ein weiteres Bieugungsmoment M_3 ergibt sich durch den Kolbendruck auf die nach oben oder unten stehende Kurbel. Diese Kraft kann gewöhnlich nicht größer werden, als der Reibung der Räder auf den Schienen entspricht. Indes ergibt sich infolge der Beschleunigung der hin und hergehenden Massen beim Angreifen der Triebäder an den Schienen nach dem Radschleudern doch ein plötzlicher erhöhter Kolbendruck, der sich aus dem Beschleunigungsdrucke ableiten läßt.

Da das Bieugungsmoment M_3 auf die Größe des ganzen Momentes keinen wesentlichen Einfluß mehr ausübt, kann man der Einfachheit halber den Schubstangendruck dem größten Kolbendrucke gleich annehmen.

Bei Vierzylinder-Lokomotiven muß nun bei Bestimmung der weiteren Bieugungsmomente — das lotrechte ausgenommen — unterschieden werden, ob die vier Triebstangen auf eine oder zwei Achsen wirken, ob die Hochdruckzylinder innerhalb oder außerhalb des Rahmens liegen, ob mit den Hochdruckzylindern oder mit den Niederdruckzylindern angefahren wird, und unter welchen Winkeln die Kurbeln zu einander stehen.

Für jede einzelne Bauart muß das in wagerechter oder wenigstens nahezu wagerechter Richtung wirkende, aus den verschiedenen Kolbendrücken folgende größte Bieugungsmoment in die zeichnerische Berechnung eingesetzt werden.

Das größte in Rechnung zu setzende Drehmoment ergibt sich aus der Reibung der Trieb- und Kuppel-Räder an den Schienen.

Durch Zusammensetzung der verschiedenen größten Momente erhält man nun ein Rechnungs-Bieugungsmoment, das einen wesentlich größeren Wert aufweist, als er der Wirklichkeit entspricht, da die einzelnen größten Momente nicht in demselben Augenblicke auftreten.

Aus diesem Grunde darf man auch mit der Beanspruchung des Materials bis 15 kg/qmm gehen und sich mit vierfacher Sicherheit begnügen. Die Spannungen der Kurbelarme werden aus den bei der Berechnung der Achse sich ergebenden Momenten ebenfalls zeichnerisch festgestellt. Die bei der Berechnung des lotrechten Bieugungsmomentes M_1 vernachlässigten wagerechten Kräfte müssen bei der Festsetzung des Bieugungsmomentes der Kurbelarme berücksichtigt werden. Die Arme sollen bei genügender Stärke noch elastisch sein. Die Beanspruchung in der Richtung der Achse ist, in Hinblick auf die durch einen Teil des Lokomotiv-Gewichtes seitlich wirkende Kraft erheblich und kommt namentlich an dem Übergang des Triebzapfens in den Kurbelarm zum Ausdruck. Einen günstigen Einfluß hat die Weglassung der zweiten Scheibenkurbel und die Einführung des Schrägbalkens gehabt.

Aus der Berechnung ergibt sich:

- a) Je tiefer die Schwerlinie der Lokomotive liegt, um so größer wird bei Beibehaltung einer gleich großen Seitenkraft das lotrechte Bieugungsmoment M_1 für die Triebachsen. Die Lage des Schwerpunktes ist aber ohne Einfluß auf die Größe des Bieugungsmomentes, wenn keine Seitenkraft auftritt.
- b) Das lotrechte Bieugungsmoment M_1 nimmt ganz besonders mit wachsender Seitenkraft zu.

Daraus geht hervor, daß die Triebachsen um so weniger beansprucht werden, je höher der Lokomotivschwerpunkt liegt, und je geringer der Seitendruck auf den Radreifen ist. Durch langen Achsstand wird dem regelmäßigen Schlingern vorgebeugt; infolge leichterer Beweglichkeit der Achsen in der Seitenrichtung wird beim Bogenlaufe ein leichteres Ablenken von der äußeren Schiene erzielt, in beiden Fällen also der Seitendruck vermindert und damit die Beanspruchung der Triebachsen und Kurbelarme vermindert.

Vereins-Angelegenheiten.

Verein Deutscher Maschinen-Ingenieure.

Preis-Ausschreiben.

Der Verein bestimmt 8000 M für ein Preis-Ausschreiben betreffend die Untersuchung über die Bedingungen des ruhigen Laufes von Drehgestellwagen für Schnellzüge.

Es soll untersucht werden, wie Drehgestellwagen gebaut sein müssen, um bei den nach der Eisenbahn-Bau- und Betriebs-Ordnung zulässigen größten Geschwindigkeiten auf gutem Gleise ruhig, das heißt so zu laufen, daß bei der Fahrt auf gerader Strecke die Schwingungen des Wagenkastens um seine drei Schwerpunkts-Hauptachsen, sowie die Verschiebungen seines

Schwerpunktes um die Mittellage möglichst gering sind, und daß sich ferner das Befahren der Krümmungen möglichst stoß- und schwingungsfrei vollzieht.

Bei der Betrachtung ist zunächst vorauszusetzen, daß in den Achssätzen keine freien Fliehkräfte auftreten, der Schwerpunkt des Wagenkastens senkrecht über der Mitte der Verbindungslinie der Drehzapfenmittelpunkte liegt und die Schwerpunktsenkrechte jedes Drehgestelles durch dessen Drehpunkt geht.

Weiter ist zu prüfen, welchen Einfluß Abweichungen von diesen Voraussetzungen und bauliche Mängel im Gefüge des

Gleises: weite Schienenlücken, ungenügende Verlaschung und dergleichen auf den Lauf des Wagens haben, wobei auch die zufälligen Änderungen des Gewichtes und der Schwerpunktlage des Wagens bei wechselnder Besetzung, beispielsweise bei Speisewagen in Betracht zu ziehen sind. Der Einfluß der Abnutzung und mangelhaften Unterhaltung des Wagens und des Gleises auf den Lauf des Wagens ist nachzuweisen.

Unter Benutzung der auf diese Weise gewonnenen Grundlage sind allgemeine Grundsätze für den Bau von Drehgestellwagen aufzustellen und an Entwurfskizzen zu erläutern. Es ist ferner zu prüfen, ob und welche Änderungen der bei einigen größeren deutschen Eisenbahnverwaltungen gebräuchlichen Vorschriften für das Verlegen der Gleise empfohlen werden können.

Die Untersuchung ist mit möglichst weitgehender Zuhilfenahme der Rechnung und Zeichnung durchzuführen. Ihre Ergebnisse sind mit den Erfahrungen an vorhandenen Wagen zu vergleichen. Um die Arbeit zu erleichtern, hat der Verein Deutscher Maschinen-Ingenieure eine Zusammenstellung ausge-

führter Drehgestelle anfertigen lassen, die vom Verlage der Zeitschrift: »Glaser's Annalen«, Berlin S.W., Lindenstraße 80, bezogen werden kann. In dieser Zeitschrift findet sich in der Nummer vom 15. Juni auch die Veröffentlichung des Preisausschreibens nebst einigen näheren Erläuterungen.

Die Arbeiten sind in deutscher Sprache abzufassen und bis zum 2. Januar 1907 mittags 12 Uhr bei der Geschäftsstelle des Vereines Deutscher Maschinen-Ingenieure, Berlin S.W., Lindenstraße 80, einzureichen, von wo auch der genaue Wortlaut des Preisausschreibens zu beziehen ist. Jede Preisarbeit ist mit einem Kennworte zu versehen. In einem gleichzeitig einzureichenden verschlossenen Briefumschlage, der außen das Kennwort trägt, ist der Name der Bearbeiter anzugeben. Es ist zulässig, daß mehrere Bearbeiter gemeinschaftlich eine Lösung einreichen.

Das Ergebnis des Preisausschreibens wird spätestens in der April-Versammlung des Jahres 1907 verkündet.

Verein für Eisenbahnkunde zu Berlin.

Preis-Ausschreiben.

Der Verein für Eisenbahnkunde zu Berlin hat zum 1. Februar 1906 zwei Preisausschreiben zur Bearbeitung gestellt:

I. Untersuchung über die zweckmäßigste Gestaltung der Anlagen für die Behandlung der Stückgüter auf Bahnhöfen.

II. Die Bedeutung des Betriebskoeffizienten als Wertmesser für die Wirtschaftlichkeit des Eisenbahnbetriebes.

Als Preise sind für die erste Aufgabe 500 M, für die zweite 1000 M ausgesetzt.

Der ausführliche Wortlaut der Aufgaben mit den näheren Bedingungen ist von der Geschäftsstelle des Vereines, Berlin W. 66, Wilhelmstraße 92/93 zu beziehen.

Internationaler Verband für die Materialprüfungen der Technik.

IV. Kongress des Internationalen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik.

Nachdem der IV. Kongress, dessen Abhaltung in Petersburg im Jahre 1904 vorgesehen war, in Rücksicht auf die

Kriegswirren vertagt wurde,*) hatte der Vorstand für das Jahr 1905 Brüssel in Aussicht genommen. Auf Wunsch der belgischen Regierung mußte jedoch eine Verschiebung der Sitzung auf das Jahr 1906 stattfinden.

*) Organ 1904, S. 133.

Bericht über die Fortschritte des Eisenbahnwesens.

Bahn-Unterbau, Brücken und Tunnel.

Universal-Winkel-Meßwerkzeug.

(Schweizerische Bauzeitung 1904, XLIV, Oktober, S. 186. Mit Abb.)

Hierzu Zeichnungen Abb. 5 bis 9 auf Tafel XLIV.

Die in den Abb. 7 bis 9 auf Taf. XLIV dargestellte Vorrichtung von den beim Baue des Simplontunnels tätigen Ingenieuren Mayer und Wiesmann ist nicht für feinere geodätische Arbeiten bestimmt, soll vielmehr in erster Linie zur Aufnahme von Querschnitten im Tunnelbau dienen, und hier die umständliche Ausmessung etwa mittels Schnüren, Setzlatten, Meßband durch ein Verfahren ersetzen, das weniger Zeit erfordert und im beengten Raume die Arbeit weniger stört.

Nachdem der Punkt C (Abb. 5, Taf. XLIV) durch eine Lampe bezeichnet ist, wird der Winkelmesser über dem Punkte A in der Entfernung $AB = L$ vom Querschnitte aufgestellt. Die Mitte sei A_1 , die wagerechte Sehlinie in der Richtung von AB heiße A_1B_1 . Durch Einstellen auf Punkt C ergeben sich, wenn

der wagerechte Winkel α , der lotrechte β genannt wird, die Beziehungen:

$$B_1C_1 = b = L \operatorname{tg} \alpha$$

$$\text{und } CC_1 = h = L \cdot \sec \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta.$$

Das Meßwerkzeug ist so eingerichtet, daß statt der Bogengrade die trigonometrische Tangente und Sekante des wagerechten und die Tangente des lotrechten Winkels innerhalb der nötigen Grenzen genau abgelesen werden können. Wählt man bei dem Verfahren für die Länge L ein rundes Maß, so wird die Ausrechnung der Koordinaten der Querschnittspunkte äußerst einfach. Zur Darstellung von Tangente und Sekante dient eine einfache Schlitzführung. Man denke sich eine Gabel a und eine zur Nullstellung der Gabel rechtwinkelige Führung b (Abb. 6, Taf. XLIV). In beiden Schlitzläufen ein zweiteiliger mit einem runden Zapfen f versehener prismatischer Stift d so, daß sich die beiden Prismen gegeneinander drehen können.

Dreht sich die Gabel um den Mittelpunkt *c*, so beschreibt das eine Prisma die trigonometrische Sekante, das andere die Tangente des Drehwinkels. Statt der Gabel ist in der Alhidade ein Strahlschlitz und im Limbus ein solcher rechtwinkelig zum Halbmesser der Nullstellung angebracht. Für praktische Zwecke genügt ein Ausschlag, dessen Tangente 0,5 beträgt. Eine gleiche Einrichtung ist mit der Bewegung in der Lotrechten verbunden. Neben den Vorrichtungen zum Ablesen der trigonometrischen Werte können noch je ein mit Winkelteilung versehener wagerechter und ein lotrechter Kreis angebracht werden, dann sind auch solche Arbeiten ausführbar, zu denen andernfalls ein Theodolith erforderlich sein würde. Die Benutzung des Meßwerkzeuges beim Nivellieren wird dadurch sehr erleichtert, daß der Träger allein für sich drehbar ist; die wagerechten Kreise bleiben dann in Ruhe. Der Träger kann mit der Alhidade durch eine Klemme mit Mikrometerschraube fest verbunden werden, sodafs die Wiederholung und das feine Einstellen auf den Gegenstand dahin verlegt ist. Die Alhidade trägt zwei Nonien für die Winkelteilung des wagerechten Kreises zur Ablesung einer Minute, einen besondern Arm mit Nonius für die Bogenteilung und gegenüberliegend einen zweiten Arm mit Gabel mit der Teilung für die Sekante des wagerechten Winkels, ferner eine Klemme, um die Alhidade mit dem Limbus zu verbinden. Die feine Einstellung auf den Nullpunkt der drei wagerechten Teilungen oder auf einen beliebigen Teilstrich wird ebenfalls durch die Mikrometerschraube bewirkt. In der Gabel (Abb. 6, Taf. XLIV) läuft das zweiteilige Prisma; dessen oberer Teil trägt zwei Nonien für die Sekante, der untere einen dop-

pelten Nonius für die Tangente. Die beiden Prismen sind durch eine Schraube mit zylindrischem Ende drehbar miteinander verbunden, die außer Eingriff gebracht werden kann, damit sich die Alhidade für die Benutzung des Winkelkreises freidrehen läßt.

Der Limbus ist in erster Linie mit einem in 360 Grade eingeteilten wagerechten Kreise versehen, ferner hat er zwei Arme für die Bogen- und Tangententeilung. Der Fuß ermöglicht genaue Aufstellung, die wie folgt bewirkt wird: Zunächst dreht man den Schlitten so, daß dessen Mittellinie durch den Aufstellungspunkt geht. Hierauf wird der Schlitten soweit verschoben, daß die Achse genau über dem Punkte steht. Der lotrechte Winkel wird durch die schon beschriebene Vorrichtung nur durch seine Tangente bis zu einem Ausschlage von 0,6 gemessen. Das Fernrohr ist zum Durchschlagen eingerichtet. Das Weitere zeigen die Abbildungen 7 bis 9 auf Tafel XLIV. Außer zur Aufnahme von Querschnitten kann die Tangententeilung des lotrechten Winkels zum Messen von Entfernungen und die Bogenteilung zum Abstecken von Kreisbogen benutzt werden.

Die Quelle gibt Beispiele tachymetrischer Aufnahmen mittels der Tangententeilung des lotrechten Winkels, die für Höhenmessungen die Ablesung von zwei verschiedenen Höhenwinkeln erfordern. Namentlich im Tunnel, wo es schwer ist, die Nivelierlatte auf eine gröfsere Länge zu beleuchten, ist dieses Verfahren mit grossem Vorteile zu verwenden. Die Quelle gibt ferner Beispiele von Querschnittaufnahmen im Tunnel und in einem Steinbruche. —k.

Bahnhofs-Einrichtungen.

Heepe's „Topophon“*).

Hierzu Zeichnung Abb. 10 auf Tafel XLIII.

Die Vorrichtung soll unter allen Umständen, also auch bei wegen schlechter Witterung geschlossenen Fenstern, die Hörbarkeit der Aufsengeräusche und Signale sichern. Sie dient zugleich zur Luft- und zur Schall-Zuführung in der Weise, daß der Hörer auch bei geschlossenen Fenstern sowohl frische Atemluft erhält, als auch die Vorgänge des Außendienstes mit dem Ohre beobachten kann, aber gegen Zugluft geschützt bleibt.

Wie Abb. 10, Taf. XLIII zeigt besteht der die Schallwellen aufnehmende Teil aus einem Schalltrichter *a*, welcher mit einer siebartig, mit kegelförmigen Löchern versehenen Platte *b* verbunden ist. Die kegelförmigen Löcher sind in abwechselnden Reihen derart gebohrt, daß die Spitzen der Kegel abwechselnd nach der einen oder andern Seite der Platte gerichtet sind. An dieser Platte *b* ist der im Innern des Gebäudes liegende Teil mittels Schraubenbolzen derart befestigt, daß sich der vorspringende Rand *c* auf einer elastischen

Zwischenlage derart gegen die Fensterscheibe legt, an welcher die Vorrichtung befestigt ist, daß ein dichter Abschluß zwischen dem Rande *c* und dem Schalltrichter erzielt wird. Dicht hinter der Siebplatte *b* befindet sich in einem rohrartigen Ansatz eine Scheidewand *e* mit Öffnungen *f*. Diese Öffnungen können durch eine drehbare Scheibe *g*, welche mit gleichartigen Öffnungen versehen und mittels eines Bolzens *h* an der Scheidewand *e* drehbar befestigt ist, verdeckt oder freigelegt werden, sodafs hierdurch der Luft- und Schallwellendurchlaß geöffnet oder geschlossen werden kann. Hinter der Scheidewand *e* sind am Umfange des rohrförmigen Ansatzes zwei um 180° gegeneinander versetzte trichterförmige Rohransätze *i* angebracht, welche den Eintritt der Luft- und der Schallwellen gestatten. Dadurch, daß an der einen oder andern dieser trichterförmigen Öffnungen ein Hörrohr angebracht wird, läßt es sich ermöglichen, auch entfernt vom Fenster, in einem andern Stockwerke die Laute zu vernehmen. Der Abschluß der Stirnwand des rohrförmigen Ansatzes wird durch eine Biegehaut *k* gebildet, welche nach außen hin durch ein Schutzgitter *l* abgeschlossen wird. Sie dient zur Schallverstärkung und Lautbarmachung der zugetragenen Geräusche im ganzen Dienstraume. —k.

*) Patent angemeldet.

Maschinen- und Wagenwesen.

Hahnsteuerung für Lokomotiven, Bauart Young.

(Railroad Gazette 1904, S. 516. Mit Abb.)

Hierzu Zeichnungen Abb. 1 bis 4 auf Tafel XLIV.

Diese Steuerung ist an einer $2/4$ und einer $2/5$ gekuppelten Lokomotive der Chicago- und Nord-West-Bahn angebracht und hat sich in längerem Betriebe gut bewährt.

Jeder Dampfzylinder ist mit zwei Corliss-Hähnen (Abb. 1 und 2, Taf. XLIV) ausgerüstet, welche in der üblichen Weise von einer Steuerscheibe angetrieben werden. Einlaß und Auslaß einer Zylinderseite werden von einem Hahn gesteuert und zwar gibt er doppelte Eröffnungen. Jeder Hahn hat eine große senkrechte Öffnung für den Auslaß und eine kleinere Queröffnung für den Frischdampf. Die Abdichtung gegen den Gehäusespiegel erfolgt durch vier Längsleisten, welche durch Federn nach außen gedrückt werden, und durch zwei Bogenstücke an jedem Ende, welche den Auspuff abschließen. Eiserne Zapfen sind an jedem Ende mit dem Hahn verkeilt.

Das Gehäuse hat nur einen abnehmbaren Deckel. Die Dampfdichtheit an der Stelle, wo die Spindel durch diesen tritt, wird in der Weise erzielt, daß ein Anlauf auf der Spindel durch den Druck des Dampfes im Hahngehäuse gegen die Ausbüchse des Halslagers geprefst wird, mit welchem er dampfdicht eingeschliffen ist.

In jedem Hahngehäuse ist eine Längsnut vorhanden, welche von dem Hahn in seiner äußersten Stellung überdeckt wird. In diese tritt Frischdampf, entlastet den Hahn und verringert dadurch den Druck im Gestänge und die Abnutzung.

Nach Abb. 3 und 4, Taf. XLIV erfolgt der Antrieb der Steuerscheiben durch eine Stephenson-Schwinge. Von der Steuerwelle werden zwei Bewegungen abgeleitet. Gleichzeitig mit dem Verlegen der Schwingen erfolgt mittels besonderer Hebelübertragung ein Verlegen der Steuerscheibenmitten in senkrechter Richtung. Dadurch wird erreicht, daß die Voreinströmung und die Vorausströmung mit abnehmender Füllung etwas größer werden.

Zu Vergleichszwecken sind mit einer Lokomotive mit Young-Steuerung, und einer sonst gleichen mit gewöhnlicher Kolbenschieber-Steuerung Versuche angestellt. Dabei haben die Dampfchaulinien der erstern bedeutend größere Völligkeit und besonders niedrige Auspuffspannung gezeigt. Dem höhern Anschaffungspreise der Young-Steuerung soll eine Dampfersparnis von 28 % gegenüber stehen. P—g.

Die neueren Verfahren des Schweißens, Verschmelzens und Lötens behandelt ein Vortrag des Regierungsbaumeisters Peter im Vereine Deutscher Maschinen-Ingenieure*).

Schweißen und Löten können nur unter gewissen Bedingungen vorgenommen werden. Zunächst müssen die Gesetze der mechanischen Kraftübertragung beobachtet werden. Namentlich ist dabei auf Form und Masse der zu verbindenden Körper zu

achten; kleine Körper dürfen nicht an große und starre angeschlossen werden. Die Schweißstelle muß Dehnung und Zugfestigkeit aufweisen. Als Schweißwärme ist jede anzusehen, bei welcher das betreffende Metall teigig bleibt, ohne zu schmelzen, besonders das Eisen hat eine ausgeprägte Schweißwärme, andere Metalle erhalten sich nur sehr kurze Zeit auf Schweißhitze und gehen dann schnell in den flüssigen Zustand über; noch andere werden nahe dem Schmelzpunkte mürbe und zerreibbar. Das eigentliche Schweißverfahren kann also nur für bestimmte Metalle angewendet werden, während die übrigen zusammengeschmolzen und gelötet werden müssen.

Das Zusammenschweißen gewisser Metalle, die früher als unschweißbar galten, ist erst durch das elektrische Schweißverfahren möglich geworden; so können dem Strome ausgesetzte Stücke von Gußeisen, Bronze, Messing, Zinn und Zink durch einfaches Zusammenstauchen mit einander vereinigt werden. Ebenso können verschiedenartige Metalle mit einander verschweißt werden, beispielsweise Eisen mit Messing, Messing mit Kupfer, Messing mit Schweißeseisen. Der Grund hierfür liegt in der feinen Wärmeregulung, die durch das elektrische Verfahren erreichbar ist.

Mechanische Schweißverfahren sind: das Schweißen mit Koksfeuer, das Wassergas-Schweißverfahren, das Goldschmidt'sche Thermit-Schweißverfahren, das Schweißen mit Metallflüssen, das Schweißen mit der Knallgasflamme. Neuerdings sind in Frankreich mit gutem Erfolge Versuche mit einer Azetylen-Sauerstoffflamme gemacht.

Das elektrische Schweißen und Löten besteht im wesentlichen darin, daß die zu verbindenden Metallstücke mit Hilfe des elektrischen Stromes erwärmt und zusammengeknetet werden. Je nach der Beschaffenheit der Arbeitstücke ist das Verfahren verschieden:

1. Die zu bearbeitenden Metallstücke werden auf Schweißwärme gebracht und dann durch Zusammenstauchen, Hämmern oder Pressen verbunden: eigentliches Schweißverfahren;
2. die Werkstücke werden an der Verbindungsstelle ins Schmelzen gebracht und auf diese Weise vereinigt: Schmelz- und Gießverfahren;
3. die Metalle werden mittels eines andern Metalles vereinigt: Löten*).

Es gibt jedoch auch noch andere Verfahren, bei denen die Arbeitstücke nicht unmittelbar, sondern mittelbar durch den Strom erwärmt und darauf verbunden werden:

- I. Die Arbeitstücke werden in die Nähe eines oder mehrerer Lichtbogen gebracht und so erwärmt;
- II. sie werden mit einem Wärme abgebenden Stoffe umgeben, der seinerseits vom Strome erhitzt wird;
- III. man erzeugt durch magnetische Wechselfelder in den Werkstücken Wirbelströme und bringt dadurch die gewünschte örtliche Erhitzung hervor.

*) Die Feststellung dieser Begriffe ist von Wert; vielfach wird heute auch das unter 2 und selbst unter 3 aufgeführte Verfahren als „Schweißen“ bezeichnet.

*) Ausführlich in Glaser's Annalen.

Im wesentlichen kann man zwei Hauptarten unterscheiden: das Lichtbogen- und das Widerstandsverfahren. Von diesen beiden kommt das letztere fast immer bei Querschnitt-Schweißungen in Betracht, während bei Längs-Schweißungen oft und bei Ausbesserungen stets die Lichtbogen-Schweißung benutzt werden kann.

Das Verhalten der Metalle ist bei den einzelnen Verfahren der elektrischen Schweißung im allgemeinen dasselbe, doch üben Stromart, Stromrichtung und die Beschaffenheit der Elektroden nach Form und Stoff zuweilen Einfluss aus.

Werner von Siemens gebührt das Verdienst, den Lichtbogen zuerst zu diesen Zwecken benutzt zu haben. Dann folgten Benardos, Slavianoff, Coffin, Bettini, Legrange-Hoho, das Wirbelstromverfahren und die Verfahren von Dr. Zerener und von Thomson.

Die elektrischen Schweißverfahren sind heute den mechanischen überlegen, insbesondere wenn Massenherstellung oder Behandlung von Querschnitten verwickelter Gestalt in Frage kommt.

Über die Verbrennung in der Lokomotiv-Feuerkiste.

(Railroad Gazette 1905, April, XXXVIII, S. 105.)

In einer Sitzung des Northwestern Railway Club wurde die Frage der Verbrennung in der Lokomotiv-Feuerkiste eingehend behandelt. Dort wurde gesagt, bei den neueren Lokomotiven könne durch den Rost keine genügende Menge Luft zugeführt werden, eine größere Menge Luft über den Rost treten zu lassen sei nicht zugänglich. Eine vollkommene Verbrennung sei bei den neueren Lokomotiven nur dadurch zu erreichen, daß man die Stehbolzen mit einer Bohrung von 3 bis höchstens 5 mm versehe und durch diese die Luft treten lasse. Auf diese Weise werde genug Sauerstoff zugeführt, und gleichzeitig das Verbrennen der Stehbolzen vermindert. Die Bohrung der Stehbolzen würde durch die Blasrohrwirkung rein gehalten und das Auffinden von Stehbolzenbrüchen erleichtert.

—k.

Kranlokomotive.

(Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1905, Band 49, Nr. 18, Mai, S. 751. Mit Abb.)

Es handelt sich um eine kräftige Verschiebe-Lokomotive, die größere Lastzüge mit genügender Geschwindigkeit zu verschieben und auf Anschlussstrecken zu befördern, außerdem aber auf dem Werkhofe die Umladearbeiten vorzunehmen vermag. Als Gegengewicht für die Kranlast ist allein das Eigengewicht der Lokomotive ausgenutzt. Das Triebwerk des Kranes ist innerhalb des Führerhauses untergebracht und so den Einflüssen der Witterung entzogen. Durch übersichtliche Anordnung der Bedienungseinrichtung für Lokomotive und Kran wurde erreicht, daß ein Mann den Kessel heizen, die Lokomotive führen und den Kran zu bedienen vermag.

Der verhältnismäßig tief liegende gewöhnliche Lokomotivkessel wird bockartig durch ein aus starken Blechen und Winkeleisen zusammengenietetes Gestell umfaßt, das sich auf den Rahmen stützt und oben die Kransäule trägt. Auf der rechten Seite befindet sich eine zweizylindrige, umsteuerbare Dampfmaschine zum Heben und Senken der Lasten, die mittels doppelten Zahnradvorgeleges die Trommelwelle antreibt; eine ebenfalls zweizylindrige Dampfmaschine auf der linken Seite bewirkt mittels Schnecke und Schneckenrades das Drehen der Kransäule. Damit der Führer seinen Stand auf beiden Seiten nehmen und seine Aufmerksamkeit auch dann der Last widmen kann, wenn diese etwa von einer Seite der Lokomotive auf die andere gebracht werden soll, sind die hauptsächlichsten Handgriffe für die beiden Dampfmaschinen beiderseits angeordnet. Die von der Lokomotivbauanstalt A. Borsig in Tegel für Regelspur gebaute Lokomotive hat folgende Hauptabmessungen:

Zylinderdurchmesser d	280 mm
Kolbenhub l	400 «
Triebbraddurchmesser D	800 «
Dampfüberdruck p	12 at
Heizfläche H	38 qm
Rostfläche R	0,68 qm
Leergewicht einschließl. Kran	21,5 t
Dienstgewicht	26,5 «

—k.

Signalwesen.

Elektrischer Blockstab.

(Railroad Gazette 1904, Dezember, Band XXXVII, S. 660.)

Hierzu Zeichnungen Abb. 2 bis 4 auf Tafel XLVI.

Der Blockstab berechtigt, einem Lokomotivführer eingehändig, diesen zur Fahrt zwischen zwei Stationen, deren Namen auf dem Stabe eingeschrieben sind. Ein Zug, welcher mit dem zugehörigen Stabe von A nach B fährt, gibt den Stab in B ab und erhält einen andern, welcher zur Fahrt von B nach C berechtigt. Auf den Stationen befinden sich die Stäbe in einem Blockstabwerke. Ein solches elektrisches Blockstabwerk ist von der »Union Switch and Signal Company« neu eingeführt (Abb. 2, Taf. XLVI).

Die elektrischen Verbindungen zeigt Abb. 3, Taf. XLVI. Die Anordnung ist auf beiden Stationen dieselbe. Der von Station zu Station gehende Stromkreis ist gewöhnlich frei von Strom. Will der Beamte in A einen Zug nach B ablassen, so drückt er auf die Glockentaste 12 (Abb. 2, 3 und 4, Taf. XLVI), welche die Stellen bei w (Abb. 3, Taf. XLVI) schließt, wodurch der in B ebenso, wie in seinem eigenen Werke, durch den Anzeiger 16 gehende Stromkreis geschlossen wird. Da die Stellen w in B offen sind, fließt dort der Strom auch durch den polarisierten Anzeiger 17, dann durch Draht s und die Stellen b im Stromwender 11 nach der Glocke 14, dann durch Draht r, die Stellen b im Umschalter 10 und durch Draht p nach der Streckenleitung und zurück nach A.

Wenn in A und B alle Stäbe im Blockstabwerke liegen, wenn also kein Zug im Blockabschnitte ist, drückt B antwortend auf Taste 12 und hält sie fest, bis A Knebel 9 (Abb. 2 und 4, Taf. XLVI) dreht. Durch das Drehen des Knebels 9 in A drückt Daumen 8 (Abb. 4, Taf. XLVI) auf das linke Ende des Hebels 7 und hebt die Stange 5, welche den Anker 4 an den Magneten 3 bringt und hebt auch Schlofs 6, wodurch Stift a in Rad 2 freigegeben und Rad 2 ausgelöst wird. Zugleich wird der andere Stift in Rad 2 durch das untere Ende des Hebels 7 gehemmt, und das Rad kann erst bewegt werden, nachdem Hebel 7 in seine Grundstellung zurückgefallen ist.

Der Beamte in A hält daher den Knebel 9 nicht fest, sondern läßt ihn sogleich wieder los und Arm 7 fällt zurück; aber Anker 4 wird durch die Magneten festgehalten. Wenn A Anker 4 hebt, bewegt er den Stromwender 11, sodafs der durch Draht x (Abb. 3, Taf. XLVI) und die Ortswicklung 360 des Magneten gehende Stromkreis geschlossen und zugleich der durch Draht 7 und die Glocke fließende Strom geöffnet wird. Hierdurch wird der von B kommende Strom von der Glocke nach der Streckenwicklung 88 des Schließmagneten geleitet. Auf diese Weise erregt dieser Strom bei Schluß der Stellen w in B beide Wicklungen von 3, sodafs sie zusammen den Anker 4 festhalten. Die rote Scheibe 18 (Abb. 2, Taf. XLVI) ist weiß geworden und zeigt dadurch an, dafs ein Stab herausgenommen werden kann.

A hebt jetzt einen Stab 1 (Abb. 2, Taf. XLVI) an die Scheibe D_2 , dreht diese mit ihm halb herum und zieht ihn aus der obern runden Öffnung heraus.

Die Beziehung des Hebels zum Rade 2 zeigt Abb. 4, Taf. XLVI. Der Stift a wird frei gegeben, sobald Hebel 6 soweit gehoben ist, dafs die gestrichelt angegebene Führung, welche in die Rückseite des Hebels eingeschnitten ist, sich gegenüber dem Stifte befindet. Die Betätigung der Scheibe 18 (Abb. 2, Taf. XLVI) durch Hebel 7 und Schlofs 6 zeigt ebenfalls Abb. 4, Taf. XLVI. Stange 18 wird durch Hebel 7 und Stange 18a durch Schlofs gehoben; und die auf der Achse b sitzende Scheibe wird bewegt, wenn die Führungen in den beiden Stangen beide in die richtige Lage gebracht worden sind, um Stift c freizugeben.

Das Herausziehen eines zweiten Stabes auf einer Station ist unmöglich, weil der oben beschriebene Vorgang erst wiederholt werden kann, nachdem der eben herausgenommene Stab entweder in das Fahrstabwerk in A oder in B eingelegt worden ist. Wenn in A oder in B ein zweiter Stab bis an die mit Rad 2 auf derselben Achse sitzende Trommel D_2 gehoben ist, wird dieses Rad nach einer halben Drehung mittels des durch Schlofs 6 aufgehaltene untern Stiftes gesperrt, hindert die Trommel am Drehen und hält so die Stäbe im Werke fest. Das Rad kann nur durch Wiederholung der vorbeschriebenen elektrischen Vorgänge ausgelöst werden. Diese können jedoch nicht wiederholt werden, weil der nächste von einer Station gesandte Strom eine derartige Pollage erzeugt, dafs die Magnete 360 und 88 einander aufheben, und so den Anker 4 nicht festhalten. Die Änderung der Pollage wurde bewirkt, als der Stab herausgenommen wurde. Als dabei Rad 2 eine halbe Umdrehung machte, wurde auch Rad 1 ebensoweit umgedreht

und änderte so mittels der zweiseitigen Scheibe und der Stange d den Weg des Stromes durch Bewegen des Umschalters 10, sodafs bei abermaliger Verbindung der Batterie mit der Streckenleitung der durch den Magnet 88 fließende Strom die dem vorigen entgegengesetzte Richtung hat, und so den durch den Magneten 360 fließenden Strom nicht verstärkt, sondern aufhebt.

Wird der Stab durch die Führung D_1 (Abb. 2, Taf. XLVI) wieder eingelegt, so ändert er wieder die Stellen 10a und 10b, und ein Stab kann wie früher herausgenommen werden. Die Stäbe kommen immer durch D_2 heraus, indem Rad 2 gedreht wird, und gehen immer durch D_1 hinein, indem Rad 1 gedreht wird; aber jedes von diesen beiden Rädern dreht immer das andere mit.

Wenn der Stab in dasselbe Werk, aus welchem er genommen wurde, zurückgelegt wird, bringt er die Umschaltstellen wieder in die Lage, aus welcher er sie entfernt hatte; wenn er nach B gebracht und dort in das Werk gelegt wird, ändert er dort die Umschaltstellen, sodafs sie der geänderten Lage der entsprechenden Teile in A entsprechen.

Wenn der Stab durch Drehen der Scheibe 2 herausgenommen wird, geht der Zeiger 17 (Abb. 2, Taf. XLVI) aus der Stellung »Stab eingelegt« in die Stellung »Stab herausgenommen«. Sobald A den Stab herausgenommen hat, drückt er auf seine Glockentaste 12, welche den Zeiger 17 in B in die Stellung »Stab herausgenommen« bringt.

Der Stab ist 15 cm lang und hat 19 mm Durchmesser. Die Stäbe für verschiedene Streckenabschnitte haben Ringe oder Zeichen von verschiedener Form oder Größe, sodafs jeder Stab nur in den beiden Werken benutzt werden kann, zwischen denen er wandern soll.

B—s.

Die Streckenblockung von Cardani und Servetaz*) auf den italienischen Mittelmeerbahnen.

(Schweizerische Bauzeitung Bd. 45, Jahrgang 1905, S. 10.)

Hierzu Zeichnungen Abb. 1 bis 6 auf Tafel XLIII.

Die Verwendung vorstehender Streckenblockung nimmt auf den italienischen Bahnen ständig zu. Sie wirkt zwischen zwei Zugfolgestationen A und B in folgender Weise. A weckt zunächst B zur Freigabe der Blockstrecke. B stellt die Kurbel seines Werkes nach Beantwortung der Meldung aus der Grundstellung in die Stellung »Zustimmung«, wodurch das bislang in A verriegelte Ausfahrtsignal beweglich wird. A stellt dieses auf »Fahrt« und läutet die Abfahrt des Zuges nach B vor, das darauf die Blockkurbel in die Stellung »geblockt« legt, in der sie verriegelt ist. Dabei wird gleichzeitig der Signalarm in A wieder auf »Halt« gebracht und verriegelt. Nach der Vorbeifahrt des Zuges in B wird die Kurbel durch Betätigung eines Schienenstromschließers wieder frei, sodafs sie in die Grundstellung zurückgelegt werden kann.

Da sich die ursprüngliche Form der elektrisch gesteuerten

*) Organ 1889, S. 250. Eisenbahntechnik der Gegenwart, C. W. Kreidel, Wiesbaden, Bd. II, S. 1531.

Prefswasser-Einrichtung von Cardani zur Verriegelung und Freigabe des Signalarmes im Betriebe wegen der großen Unterhaltungsschwierigkeiten nicht eignete, hat Servettaz den Signalmast in folgender Weise eingerichtet:

Die »Fahrt«-Stellung des Signalarmes, das heißt die Stellung des Armes schräg abwärts, kann nur erreicht werden, wenn der Elektromagnet E (Abb. 2 und 3, Taf. XLIII) von der nächstfolgenden Blockstation erregt wird. Wird der Signalzug bei nicht erregtem Magneten betätigt, so wird das Gegengewicht L am Maste gehoben, die Zugstange h_1 bewegt sich mit der Platte H, die den zweiarmigen, um f drehbaren Hebel B trägt, abwärts.

Hierbei gleitet der Knaggen t_1 an dem Knaggen t der seitlich ausweichenden, um den Bolzen c drehbaren Signalzugstange vorbei, die ihre Höhenlage beibehält, sodafs der Arm auf »Halt« verharrt. Die »Fahrt«-Stellung kann nur bei Erregung des Magneten E erzielt werden. In diesem Falle wird der Anker P angezogen (Abb. 3, Taf. XLIII); der zweiarmige Hebel B sucht seine wagerechte Lage beizubehalten, da er von P entlastet ist. Wird jetzt der Signalzug betätigt, so faßt der abwärts gehende Knaggen t_1 hinter den Knaggen t der Armzugstange b, die jetzt am seitlichen Ausweichen durch die Rolle H des nun wagerecht stehenden Hebels B verhindert wird. B und somit auch d und der Arm S bewegen sich abwärts in die »Fahrt«-Stellung. Wird der Strom nach Vorbeifahrt des Zuges in E unterbrochen, so fällt P herunter und schlägt das Ende H des Hebels nach oben, t gleitet seitlich an t_1 vorbei und der Arm geht wieder auf »Halt«.

Der zur Blockeinrichtung gehörige Schienen-Stromschliefsler wirkt in folgender Weise: Bei Durchbiegung der Fahrschiene R (Abb. 1, Taf. XLIII) wird die Flüssigkeit durch den mit einem Bodenventile D versehenen Kolben P_1 aus dem Zylinder A in den kleinern a gepumpt. Der Druck der durch das Bodenventil d in a eintretenden Flüssigkeit bewirkt Hochsteigen des Kolbens p, bis dieser mit seinem obern Stangenende o einen Stromschluß r_1 o r_2 herstellt. Dieser Stromschluß bleibt so lange bestehen, bis Flüssigkeit durch die Durchbiegungen der Schiene R nach a hinübergepumpt wird, wobei die überschießende Menge durch den Kanal c wieder in den großen Zylinder A zurückläuft. Hat das letzte Wagenrad des vorbeifahrenden Zuges die Schiene R verlassen, so hören die Durchbiegungen und damit die Pumpwirkung auf, und der Kolben p, der einen etwas kleinern Durchmesser als der kleine Zylinder a hat, sinkt durch sein Eigengewicht nach unten, wodurch der Stromschluß r_1 , r_2 unterbrochen wird. Dieser Schienen-Stromschliefsler zeichnet sich durch sicheres und stoffsreies Arbeiten aus, und soll wenig Unterhalt erfordern, trotzdem er nicht grade einfach gebaut ist.

Das Blockwerk zeigen Abb. 5 und 6, Taf. XLIII. Es enthält folgende Teile:

1. einen Zeiger a, der auf der Achse eines polarisierten Ankers a_3 sitzt und je nach der Stromrichtung in dem Elektromagneten E_2 die Stellung »Besetzt« oder »Frei« einnimmt. Unter diesem Zeiger a ist ein zweiter b an dem ebenfalls polarisierten Anker m angebracht, dessen Stellung von der Stromrichtung im Elektro-

magneten E_4 beeinflusst als Nachprüfung der abgehenden Zeichen dient; in Abb. 6, Taf. XLIII ist er mit »Correspondente« bezeichnet;

2. einen Druckknopf P zum Abgeben der Glocken- und Blocksignale;
3. eine Kurbel M, in deren Nabe der Druckknopf P mit seiner vierkantigen Achse geführt wird. Diese Kurbel kann auf die Grundstellung und auf »Zustimmung« (Consenso) und »geblockt« gelegt werden;
4. eine Signalscheibe A, die je nach der Stellung der Kurbel M grün oder rot in dem Blockfenster erscheinen läßt;
5. eine Läutewerk E_2 a_2 T;
6. eine gewöhnlich versiegelte Taste Y, die in Bedarfsfällen gestattet, die Kurbel frei zu machen.

Die Wirkung ist die folgende: Soll ein Zug von A nach B fahren, so wird die Station B mit der Drucktaste P geweckt. Durch den Druck auf P stellt die Stromschliefsplatte C (Abb. 5 und 6, Taf. XLIII) die Verbindung I her, indem sie Stromschliefsler 1 mit 2 und 3 mit 4 verbindet, wobei etwas früher die mit dem Elektromagneten E_2 verbundene Feder 5 von dem Schliefsler 1 getrennt wird. Der entstehende Strom geht von dem positiven Pole der in A stehenden Batterie B über 4, 3 zur Erde, nach Station B, und von dort aus der Erdplatte durch den Elektromagneten E_2 über 5, 1, Leitung nach A 1, 2 zurück zum negativen Pole von B. Da die Richtung dieses Stromkreises gleich der des vorhergehenden ist, behält der polarisierte Anker a_3 seine Lage unverändert bei, während die beiden Polschuhe von E_2 den nichtmagnetischen Anker anziehen. Durch den hierdurch entstehenden Stromschluß bei 15, 16 wird ein Ortschluß der Batterie B' hervorgerufen und der Wecker E_3 a_2 T (Abb. 6, Taf. XLIII) ertönt. Dabei verläuft der Strom vom positiven Pole der Batterie B' durch E_3 E_1 16, 15 2 zum negativen Pole. Die bei jedesmaligem Schlusse des Ortstromkreises in gleicher Richtung induzierte Spule E_1 dient dazu, den aus weichem Stahle gefertigten polarisierten Anker a_3 stets kräftig zu erhalten.

Nach Ertönen des Weckers beantwortet B das Weckzeichen in gleicher Weise, stellt seine Kurbel auf »Zustimmung« und drückt einmal auf P. Da durch Umstellen der Kurbel die Stromschliefsler 1 mit 4 und 3 mit 2 in Stellung II umgeschaltet werden, geht der Strom jetzt beim Drücken auf die Taste P vom positiven Batteriepole B' über 4, 1, Leitung nach A über 1, 5, E_2 zur Erde, nach B zurück und über 3 zum Negativpole der Batterie. Dabei wird nicht nur in gleicher Weise in A durch Ortstromkreis, wie oben bei B geschildert, der Wecker in Tätigkeit gesetzt, sondern auch gleichzeitig das Schließen eines zweiten, die Batterie B'' enthaltenden Ortstromkreises ermöglicht. Dadurch nämlich, dafs der Fernstrom die Spulen von E_2 jetzt in entgegengesetzter Richtung, wie vorhin bei der Grundstellung der Kurbel M durchfließt, wird der polarisierte Anker a_3 von dem obern Pole von E_2 abgestoßen und vom untern angezogen. Durch sein Ausschlagen verbindet er die Stromschliefsler 17 und 18, so dafs, wenn darauf der Stellhebel H des Signalmastes in A herum gelegt wird, das Signal auf »Fahrt« zeigt, weil beim Herumlegen von H der Ortstrom-

kreis B'', 17, 18, M Erde, B'' geschlossen, und hierdurch der Elektromagnet M am Signalmaste (E in Abb. 2 und 3, Taf. XLIII) dauernd erregt wird.

Die Station A läßt den Zug nun abfahren und zeigt dieses B durch einen Glockenschlag an. Nach Ertönen der Glocke legt B die Handkurbel in die Stellung »geblockt«, wodurch die Verbindung I der Stromschliefer wieder hervorgerufen wird.

Drückt P jetzt auf die Taste, so wechselt die Stromrichtung, der polarisierte Anker a_3 dreht sich zurück, die Verbindung 17, 18 wird unterbrochen, damit der Elektromagnet am Signalmaste stromlos und der Signalarm fällt durch sein Gegengewicht auf »Halt« zurück.

In B wird die in die Stellung »geblockt« gebrachte Kurbel dadurch verschlossen, daß in dieser Stellung der Schnepfer n in die Klinke u schnappt, wobei sich die Scheibe A mittels des Winkelhebels d verschiebt und das vorher grüne Blockfeld in ein rotes umwandelt. B stellt nun sein Signal auf »Fahrt« und nach Einfahrt des Zuges auf »Halt«. Der die Station B wieder verlassende Zug wirkt auf den Schienen-Stromschliefer p_1 , dessen Wirkung oben auseinandergesetzt ist, wodurch der Batteriestrom $B'_1 E_6$ Erde geschlossen wird. E_6 zieht seinen Anker an (Abb. 6, Taf. XLIII), der Winkelhebel d verliert seinen Stützpunkt und entklinkt n wieder. Das grüne Blockfeld erscheint und die Handkurbel ist wieder entriegelt für die nächste Fahrt.

Sollte B nach Empfang des Abfahrtsignales von A vergessen, seine Blockkurbel auf »geblockt« zu stellen, so würde doch keine Betriebsstörung eintreten können, da der Schienen-Stromschliefer p in A den Signalarm S nach Vorbeifahrt des Zuges selbsttätig auf »Halt« bringen würde. Wenn nämlich p geschlossen wird, zieht der dadurch entstehende Stromkreis B'', 17, E_6 p Erde, B'' den Anker des Magnetes E_6 (Abb. 6, Taf. XLIII) an, der mit Hilfe seines Ansatzes W den polarisierten Anker a_3 in die Mittellage schiebt, so daß der Zeiger a auf das Mittelfeld zeigt, die Stromschliefer 17, 18 aber unterbrochen werden. Hierdurch wird der Elektromagnet E am Signalmaste stromlos und der Arm geht auf »Halt«. A fordert dann B durch ein Glockenzeichen zur Blockung auf und der darauf von B abgesandte Strom bringt a_3 in Ruhelage.

Um bei eingleisigen Bahnen zu verhindern, daß irrtümlicher Weise gleichzeitig Ein- und Ausfahrt gegeben werden kann, trägt die Achse der Kurbel M (Abb. 5, Taf. XLIII) an der Rückwand des Blockschranks eine Kurbel mit Zugstange l, die bei Grundstellung der Blockkurbel M den Hebel des Einfahrtsignales S_1 sperrt. Man muß also, um S_1 ziehen zu können, zuvor die Kurbel auf »geblockt« stellen, wodurch der Hebel des Ausfahrtsignales der Richtung B—A mechanisch verschlossen bleibt. Wie oben gezeigt, bleibt M dann so lange verschlossen, bis der Zug B verlassen hat; erst dann kann der Ausfahrtsignalhebel nach Stellung von M in Grundstellung verstellt werden.

Die Widerstände aller Elektromagnete sind gering, sie betragen 15 Ohm. Der Elektromagnet erfordert zum sichern Arbeiten eine Stromstärke von 70 Milliampère.

Auf der Mittelmeer-Bahn sind bis jetzt 150 Blockwerke,

500 Signalmaste und 350 Schienenstromschliefer dieser Bauart in Tätigkeit, so auf den Linien: Mailand-Novara, Verona-Venedig, Mailand-Gallarate, Genua-Ronco-Novati. R—1.

Signale und Weichen der Untergrundbahn in New-York.

(Railroad Gazette 1904, Oktober, Band XXXVII, S. 410.)

Hierzu Zeichnungen Abb. 1 bis 5 auf Tafel XLV.

Die Einrichtung der Block- und Stellwerksignale auf der New Yorker Untergrundbahn schließt zugleich die Benutzung der alten und bewährten Verfahren und Anwendungen und auch die Verwendung einiger ganz neuer Grundsätze in sich.

Zwischen der Station City Hall und der 96. Straße, auf einer Länge von 10,46 km, liegen vier Gleise, von denen die beiden mittleren für Schnellzüge bestimmt sind. Diese Gleise haben auf ihrer ganzen Länge selbsttätige Blocksignale, welche durch einen Gleisstromkreis betätigt werden. Von der 96. Straße bis zur 145. Straße auf dem Westseitenteile liegen drei Gleise. Zwei von diesen sind für Ortszüge, das mittlere ist für Schnellzüge, welche zu bestimmter Zeit nur in einer Richtung, nämlich morgens südlich, abends nördlich fahren. Dieses Schnellzuggleis wird gleichfalls mit Blocksignalen betrieben. Oberhalb der 145. Straße, wo nur zwei Gleise liegen, werden beide Gleise mit Blocksignalen betrieben. Die Gleise für Ortszüge zwischen der 145. Straße und City Hall haben Blocksignale nur auf den Stationen und in Krümmungen, wo die Aussicht des Führers nach vorn versperrt ist. Einschließlich der Teile der Ortszuggleise in Krümmungen und Stationen sind 39,43 km Gleis mit selbsttätigen Signalen ausgerüstet.

Sowohl alle Blocksignale, als auch die Stellwerksignale sind eine abgeänderte Form der elektrisch gesteuerten Präsluft-Westinghouse-Bauart*), welche den Beschränkungen an Spielraum und den Erleuchtungsbedingungen in den Tunneln angepaßt ist. Ein Gleis-Wechselstromkreis dient zur Erregung der Übertrager, welche die elektrisch gesteuerten Präsluft-Ventile an den Signalmasten betätigen. Die Verwendung eines Gleisstromkreises für Signale auf der gewöhnlichen Dampfbahn ist verhältnismäßig einfach gegen die hier vorliegende Aufgabe, bei der die Schienen als Rückleitung dienen für einen Gleichstrom von 500 Volt mit einer Stromstärke, welche genügt, um einen Zug zu befördern, welcher zu Zeiten 2000 P.S. erfordert. Der Rückstrom darf nur durch eine Schiene geführt, die andere muß an den Enden der Blocks stromdicht abgeschlossen werden.

Der Strom für die Signal-Gleisstromkreise wird durch Speise-drähte mit Wechselstrom von 500 Volt von den Unterstationen im Tunnel geliefert. Jeder Signalmast am Eingange eines Blockabschnittes trägt einen Abspanner mit zwei zweiten Wicklungen, von denen die eine einen Wechselstrom von 10 Volt für den Gleisstromkreis und die andere einen Wechselstrom von 50 Volt für die Signallampen liefert. Erstere ist am einen, der Übertrager am anderen Ende des Blockes mit beiden Schienen verbunden; zur Abhaltung des Arbeitstromes ist eine Drosselwicklung eingelegt.

*) Organ 1896, S. 57; 1898, S. 41.

Wegen des beschränkten Spielraumes und der Dunkelheit im Tunnel werden die Signale durch Farbe und nicht durch Stellung gegeben. Die Einrichtung zur Betätigung der Signale ist in einem ungefähr 3 m hohen und 25 cm weiten gußeisernen Kasten eingeschlossen, welcher auf einer Beton-Grundlage zwischen den Gleisen aufgestellt ist. Auf dem Boden des Kastens stehen die Luftzylinder und die elektrisch gesteuerten Prefsluft-Ventile, welche die Einströmung der Luft in jene regeln. Das Vorsignal befindet sich wie gewöhnlich unter dem Ortsignale. Für das Vor- und das Ortsignal ist je eine Linse von weißem Glase vorn in den Kasten eingesetzt, dahinter sind zwei weißglühende Lampen von vier Kerzen neben einander geschaltet, welche beide brennen, sodafs das Licht auch erhalten bleibt, wenn eine in Unordnung ist. Das Farbensignal wird gegeben durch gefärbte in Rahmen eingesetzte Gläser, welche mit Gegengewichten versehen sind und durch Stangen von den unten befindlichen Luftzylindern zwischen das Licht und die Linse geschoben werden. Die Farbensignale sind: »rot« für »Halt«, »grün« für »Fahrt« und »gelb« für »Achtung«. Unmittelbar unter den Linsen sind weisse kreisförmige Scheiben mit kleinen schwarzen Signalarmen davor, welche wagerecht bleiben, wenn das Signal auf »Halt« oder »Achtung« steht, und unter einem Winkel von 60° stehen, wenn das Signal frei gegeben ist. Dies gibt dem Führer ein sichtbares Signal, wenn die Lampen nicht brennen, und ist eine Prüfung auf seinen Farbensinn.

Der Strom zum Betätigen der elektrisch gesteuerten Prefsluft-Ventile in den Signalen und Stellwerksanlagen wird von 16 Speichern geliefert, welche in bestimmten Stellwerkstürmen auf der Untergrundbahn aufgestellt sind und durch kleine Gleichstrom-Triebmaschinen geladen werden. Diese Speicher sind zu Paaren angeordnet, sodafs einer geladen, der andere entladen wird; sie liefern Strom von 20 Volt.

Die bei den Stellwerksanlagen im Tunnel verwandten Zwergsignale sind in ihrer Einrichtung im wesentlichen dieselben, wie die Blocksignale, nur tragen sie an jedem Maste nur ein Signal. Die Maste sind ungefähr 1 m hoch. »Rot« und »grün« für »Halt« und »Fahrt« sind die einzigen Signale. Diese Signale haben gleich denen für schnelle Bewegungen einen Meldezeiger. Wo die Bewegung von Zügen immer in einer Richtung stattfindet, sind die Zwergsignale durch Scheinsignale von ähnlicher äußerer Gestalt ersetzt, welche nur ein festes purpurrotes Licht zeigen und bei denen die Scheibe unter der Linse gleichfalls purpurrot bemalt ist.

Die Länge der Blocks und die Stellung jedes Blocksignales auf der ganzen Linie wurde nach den gegebenen Neigungs- und Krümmungsverhältnissen jedes Abschnittes sorgfältig durch Bremsversuche bestimmt. Die kleinste Entfernung zwischen den Signalen ist ungefähr 250 m auf den Schnellzuggleisen. Die Blocklängen sind so festgesetzt, daß auf den Schnellzuggleisen alle zwei Minuten und auf den Ortsgleisen jede Minute ein Zug verkehren kann.

Um die Möglichkeit von Zusammenstößen aus Nichtbeachtung der Signale zu verhüten, ist eine selbsttätige Bremse eingelegt worden. Diese besteht im wesentlichen aus einer Stange, welche dem Signalmaste gegenüber quer unter der einen Schiene

liegt und an der Außenseite dieser Schiene einen Arm trägt. Zwischen den Schienen befindet sich ein gußeiserner Kasten, welcher einen Luftzylinder und ein Gegengewicht am Ende eines andern an der Stange befestigten Armes enthält. Wenn das Signal auf »Halt« gestellt wird, wird die Luft im Zylinder durch einen mit der Signalstange verbundenen Stromöffner abgeschnitten, und das Gegengewicht fällt, indem es den Bremsarm in eine aufrechte Stellung über Schienenoberkante wirft. Alle Wagen, welche auf der Untergrundbahn fahren, sind mit einem am Radgestelle befestigten Arme versehen, welcher mit einem Ventile in der Bremsleitung verbunden ist. Wenn der Zug über ein auf »Halt« gestelltes Signal hinausfährt, stößt der aufrechte Bremsarm gegen den Arm am Radgestelle und öffnet die Bremsleitung, wodurch er an allen Wagen im Zuge die Bremsen anzieht und diesen zum Stehen bringt, bevor er in den zweiten Block einfährt, in welchem sich das die »Halt«-Stellung bedingende Hindernis befindet. Um nicht im Falle einer Beschädigung der selbsttätigen Bremse Züge unnötig aufzuhalten, sind die Zugbeamten mit einem Schraubenschlüssel versehen, mit welchem das zwischen den Gleisen angebrachte, die Bewegung der Bremse regelnde Luftventil gedreht wird, um sie einzuschlagen, während der Zug vorbeifährt. Der Zugbeamte muß das Ventil mit dem Schlüssel offen halten, bis der Zug vorbeigefahren ist, worauf die Vorrichtung ihre Haltstellung wieder einnimmt.

Die Abb. 1 und 2, Taf. XLV zeigen die Gleisstromkreise und den Betrieb der selbsttätigen Bremse. Die Schiene Y dient als Rückleitung des Stromes und ist an den Enden der Blockabschnitte nicht stromdicht getrennt, bei der Schiene X ist das am Ende jedes Blockabschnittes unmittelbar hinter dem Signalmaste der Fall. Der Strom für den Gleisstromkreis wird durch die zweite Wickelung des Abspanners geliefert, welcher am Ende jedes Blockes aufgestellt ist. Dauernd fließt Strom durch die Schiene X, durch den Signal-Übertrager am Anfange des Blockes und zurück durch die Schiene Y nach dem Abspanner. Die Übertrager haben zwei Anker, M und N, welche für gewöhnlich gehoben sind. Wenn jetzt ein Zug in den Block hinter Signal 1 (Abb 2, Taf. XLV) einfährt, wird der Übertrager bei 1 stromlos und beide Anker senken sich. Wenn der Strom bei N unterbrochen wird, wird der Elektromagnet des Prefsluft-Ventiles, welches das Ortsignal bei 1 betätigt, stromlos, und dieses schneidet die Zufuhr der Prefsluft ab, worauf das Signal durch die Schwerkraft in die »Halt«-Stellung gelangt. Die Bewegung der Ortsignalstange bei 1 öffnet einen Stromöffner in dem Strome, welcher das Vorsignal bei 2 betätigt. Dieser stellt das Vorsignal bei 2 auf »Achtung«. Zu derselben Zeit, wo der Strom bei N unterbrochen wird, wird der Strom im Anker bei M unterbrochen und dadurch das Ortsignal bei 2 in der »Halt«-Stellung festgehalten. Steht das Ortsignal bei 2 auf »Halt«, so wird der mit dem Vorsignale bei 3 verbundene Stromöffner bei 2 offen gehalten, und das Vorsignal bei 3 wird in der Stellung auf »Achtung« festgehalten. Die selbsttätige Bremse ist mit dem Anker M verbunden, und wenn der Strom in diesem Anker bei Signal 1 unterbrochen wird, wird die Bremse bei 2 gezogen. Daher wird, unmittelbar nachdem ein Zug an Signal 1 vorbeigefahren ist, das

Ortsignal bei 1 auf »Halt« und das Vorsignal bei 2 auf »Achtung« gestellt. Das Ortsignal bei 2 und das Vorsignal bei 3, schon auf »Halt« und »Achtung«, werden in dieser Stellung festgehalten, und die selbsttätige Bremse bei 2 wird gezogen. Wenn der Zug aus dem Blocke hinter Signal 1 herausgefahren ist, hebt der Übertrager bei 1 die beiden Anker M und N und schließt dadurch den Strom für das Ortsignal bei 2 und für die Bremse bei 2. Diese nehmen dann die »Fahrt«-Stellung wieder ein, und die Bewegung des Ortsignales bei 2 schließt den mit dem Vorsignale bei 3 verbundenen Stromöffner und stellt es dadurch auch auf »Fahrt«. So wird ein Zug in jedem Blocke geschützt durch ein zwei Blocklängen zurück liegendes Vorsignal und, zusammen mit der selbsttätigen Bremse, durch das eine Blocklänge zurück liegende Ort- und Vorsignal.

Die Stellwerksausrüstung hat die bekannte elektrisch gesteuerte Prefsluft-Bauart Westinghouse mit einigen geringen Abänderungen in der Ausführung und Anordnung der Teile an den Stellwerken und Weichen wegen des sehr beschränkten Raumes in den Tunneln. Die Bude ist nur 78,5 cm weit. Die Lagerplatte ist nicht, wie gewöhnlich, wagerecht, sondern senkrecht gestellt. Die Weichen werden durch Schlitzplatten statt der üblichen Winkelhebel gestellt (Abb. 3 bis 5, Taf. XLV).

Die Prefsluft zum Stellen aller Block- und Stellwerkssignale wird von Pumpen geliefert, welche in sechs Unterstationen von elektrischen Triebmaschinen betrieben werden. Der Strom für diese wird von den Hauptspeisedrähnen geliefert, welche von dem Elektrizitätswerke ausgehen. Drei von den Anlagen genügen, um die Arbeit für alle Signale zu liefern, und die anderen drei können für Notfälle in Bereitschaft gehalten werden. Die Triebmaschine ist eine Westinghouse-Gleichstrommaschine, welche einen Strom von 60 Ampère und 600 Volt erfordert und eine einfach wirkende Pumpe mit Zylindern von 49×31 cm und 30,5 cm Hub treibt, die bei 120 Huben in der Minute 6,76 cbm Luft von 1 at Spannung in der Minute liefert. Die Prefsluft wird von den Unterstationen durch Leitungen von 9 cm Durchmesser fortgeführt. Ein selbsttätiger Widerstandschalter und Druckregler hält den Druck zwischen 5,8 und 6,6 at.

Außer den Signalen sind noch andere beachtenswerte Sicherungseinrichtungen vorhanden. Eine von diesen ist der Notkasten, welcher auf jeder Station aufgestellt ist, in welchen alle an die Station grenzenden Signalstromkreise geführt sind. In einem plötzlich eintretenden Notfalle kann man auf dem Bahnsteige den Boden dieses Kastens einschlagen, worauf die Signale für alle an die Station grenzenden Gleise auf »Halt« fallen.

Um Kurzschlüsse durch die Wagen und Triebmaschinen hindurch zu verhüten, wenn sie aus einem Abschnitte der Speise-Schiene in den nächsten übergehen, ist wegen des Spannungsunterschiedes oder Erdens eines Abschnittes ein Ausgleichwickelungs-Übertrager aufgestellt, welcher ein Zwergsignal vor der Unterbrechung in der Speise-Schiene betätigt. Wenn ein bestimmter Spannungsunterschied zwischen den beiden Abschnitten der Speise-Schiene besteht, stehen die Signale auf »Halt« und bleiben in dieser Stellung stehen, bis die Spannung ausgeglichen ist. Wo die Abschnittsunterbrechung nahe den Stellwerken vorkommt, wird eine abgeänderte Anordnung angewandt. In diesem Falle sind kleine Voltmeter über dem Stellwerke aufgestellt. Der Wärter kann auf einen Blick sehen, wenn der Unterschied der Spannung groß genug ist, um zerstörend zu wirken, und kann demgemäß die Signale stellen.

Nicht irgendwie verbunden mit der Signaleinrichtung, aber doch ein sehr wichtiger Zusatz ist die Anlage von Feuer- und Notsignalen in den Tunneln. Bei jedem Mannloche auf dem Westseitenteile ist ein Feuerlärnkasten und ein allgemeiner Notlärnkasten aufgestellt, welche mit den in jeder Station und auch im Zugabfertigungszimmer, im Zimmer des Betriebsleiters und in allen Unterstationen und Krafthäusern vorhandenen Meldeglocken verbunden sind. Im Falle eines Feuers im Tunnel sind die Stationsbeamten angewiesen, das Stadt-Feuersignal zu ziehen, welches auf der der Unglückstelle am nächsten liegenden Personenstation aufgestellt ist. Die Beamten auf den elektrischen Unterstationen schneiden nach Empfang eines Feuer- oder Notsignales sogleich den Strom von der Speise-Schiene in jener Station ab, sodafs für Reisende, welche durch den Tunnel gehen, keine Gefahr besteht. B—s.

Elektrische Eisenbahnen.

Elektrisch betriebene Steilbahn mit wagerecht liegenden Reibungsrollen.

(Génie civil Oktober 1904, XLV, S. 401. Mit Abbild. und Zeichnungen.)

Hierzu Zeichnungen Abb. 7 bis 9 auf Tafel XLIII.

Seit dem 1. August 1904 verbindet eine elektrische Bahn das Kurhaus des Bades La Bourboule mit dem Anfangspunkte der Zahnradbahn. Sie ist durch ihren Reibungsantrieb beachtenswert, der ihr gestattet, Steigungen von stellenweise 92 und 120‰ ohne Anwendung einer Zahnstange zu nehmen. Die Bauart ist die bei Strafsenbahnen übliche und weicht nur durch das Reibungsgetriebe ab, das bei starken Steigungen in Tätigkeit tritt. Um dieses zu erleichtern, ist die an diesen Stellen angebrachte Mittelschiene nach den Enden

zu ausgeschmiedet, um das richtige Einlaufen der Reibungsräder zu gewährleisten.

Der aus zwei elektrisch angetriebenen und durch Luftdruck gegen die Reibungsschiene geprefsten Rädern bestehende Reibungsantrieb ist auf zwei Gleitschlitten gelagert, die auf Rollen in den am Untergestelle befestigten Führungsschienen gelagert sind, um seitliches Verschieben des ganzen Antriebes in Krümmungen zu ermöglichen. Die Reibungspressung der Antriebsräder wird durch einen von der Bremsluftpumpe versorgten Prefsluftzylinder erzeugt, durch die Hebel i und h werden die beiden die Reibungsräder tragenden Gleitschlitten fest gegen die Mittelschiene geprefst. Diese Räder sitzen auf der bei c und d auf dem Schlitten gelagerten Welle a und sind schalenförmig ausgebildet, um das aus den Zapfenlagern

tropfende Öl aufzufangen. Getrieben werden sie von dem elektrischen Antriebe durch das lose auf der Welle *n* sitzende Rad *m*, das die Drehung durch die Gleitrollen *o* und die ebenfalls lose sitzenden Kegelräder *p* auf die auf *a* fest gelagerten Kegelräder *q* überträgt. In Gleiskrümmungen weichen die beiden Gleitschlitten mit dem Antriebe seitlich aus, wobei sich die lose auf der festgelagerten Welle *n* sitzenden Kegelräder *p* durch den Druck der Rollen *o* infolge ihrer Drehung schraubenförmig vorschieben. So vermag der Wagen leicht den Krümmungen der Gleise zu folgen. Je nach der Gröfse der Last des Anhängers kann die Stärke der Pressung verändert werden.

Die Reibungsräder sind entsprechend den Laufrädern mit Luftdruckbremse versehen, deren Klötze von dem Zylinder *u* mittels Gestänge angezogen werden. Versuche haben gezeigt, dafs der Wagen 6000 kg auf Steigungen von 120 ‰ zu befördern vermag.

Die Ausdehnung der New-Yorker Stadtbahnen.

(Engineering Record 1905, Januar, Band 51, S. 27.)

Hierzu Lageplan Abb. 1 auf Tafel XLVI.

1904 sind allgemeine Entwürfe von neuen Stadtbahnen in Manhattan, Brooklyn und Bronx fertiggestellt. Die Entwürfe sehen drei Arten von neuen Linien vor: Wettbewerbslinien, Erweiterung der vorhandenen Untergrundbahnen und Ausdehnungen der vorhandenen Hochbahnen. Abb. 1, Taf. XLVI zeigt nur die in Manhattan und Bronx vorhandenen und vorgeschlagenen Linien.

Die beiden Gesellschaften, welche gegenwärtig die Bahnen in Manhattan und Bronx betreiben, haben schon öffentlich ihre Absicht zur Bewerbung um neue Verträge, welche die New-York Rapid Transit Railroad Commission etwa ausschreiben wird, angezeigt und eigene Entwürfe vorgelegt. Diese Entwürfe wurden dann nach Beratschlagung mit den Ingenieuren der beiden Gesellschaften so abgeändert, dafs ein allgemeiner Entwurf ausgearbeitet werden konnte, welcher die wesentlichen Züge der beiden Entwürfe enthält.

Wettbewerbslinien. Der allgemeine Entwurf sieht eine durchgehende Linie vor von Bronx auf der Ostseite der Stadt nach der Battery, und auf der Westseite von der Battery nach der 42. Strafe. Diese soll eine selbständig betriebene Bahn sein. Durch Herstellung einer Querverbindung in der 34. Strafe und durch Herstellung von Verbindungen mit der Untergrundbahn in Battery-Park, in der 42. Strafe, in der Park-Avenue und in der Nachbarschaft der 42. Strafe und des Broadway könnte die Interborough Rapid Transit Company, wenn ihr der Zuschlag erteilt würde, durch Erbauung der Linien nördlich von der 42. Strafe auf der Ostseite und südlich von der 42. Strafe auf der Westseite mit der vorhandenen Untergrundbahn vollständige Ost- und Westseitenbahnen ausführen, welche von der Battery nach Punkten jenseits des Harlem-Flusses und mit einer unter dem East River hindurchgehenden Verbindung nach Brooklyn gehen. Sollte aber der New-York City Railway Company der Zuschlag erteilt werden, so könnte sie durch Weglassen des Ver-

bindungsgliedes von der Park Avenue nach der Lexington Avenue und von der 34. nach der 42. Strafe auf der 7. Allee und durch Erbauung der Linie unter der 34. Strafe, welche die Ost- und Westseiten-Linie verbindet, der Stadt eine durchgehende Bahn bieten vom Harlem-Flusse nach der Battery auf der Ostseite, und auf der Westseite nördlich bis zur 34. Strafe. Die letztere Linie könnte nach Norden ausgedehnt werden.

Auf der Ostseitenlinie würden wegen der Enge der Strafsen und anderer örtlicher Verhältnisse von South Ferry bis zur 34. Strafe und Lexington Avenue nur zwei Gleise gelegt werden können, aber von hier nördlich, auf der Verbindungslinie zwischen der Park Avenue und der Lexington Avenue, unter der Lexington Avenue bis zum Harlem-Flusse und unter diesem bis zur Endschleife in der 142. Strafe würde es wünschenswert sein, vier Gleise zu bauen, und zwar übereinander, die Ortsgleise oben und die Ferngleise unten. Für die Westseitenlinie sind vier Gleise vorgesehen, welche sich nach Süden von der 42. Strafe bis zu einem von der nutzbaren Breite der Strafsen abhängenden Punkte unterhalb Chambers Street erstrecken, von dort würden zwei Gleise weitergehen zur Verbindung mit der Ostseitenlinie, oder der Untergrundbahn in der Battery. Diese Gleisanordnung ist erreicht worden durch die Herstellung einer Schleife, welche in der Murray Street beginnt, unter Privateigentum in der Murrey Street, Greenwich Street und Barday Street verläuft und von dort zu der viergleisigen Anlage zurückkehrt. Diese Schleife konnte so angeordnet werden, dafs die Ortzüge an dieser Stelle wenden und die Schnellzüge bis zum Battery Park fahren können. Die letzteren würden unterhalb der Barclay Street überall halten, ebenso wie für die Züge vorgeschlagen ist, welche auf der vorhandenen Linie vom Postamte den Broadway entlang nach Süden fahren.

Die Querverbindung unter der 34. Strafe würde so angeordnet werden, dafs, falls die Westseitenlinie in der 34. Strafe endigt, ein nördlicher Auslauf für diese Linie vorgesehen wird, welcher eine Verbindung mit den tiefliegenden Gleisen unter der Lexington Avenue herstellt, und so jede Kreuzung in Schienenhöhe an der Anschlussstelle vermeidet. Die Linie in der Park Avenue ist schon bei der vorhandenen Anlage angeordnet worden, um eine zweckmäßige Verbindung zwischen der bestehenden Linie und der Ostseitenlinie vorzusehen. Nördlich von der 42. Strafe und dem Broadway wird die vorhandene Untergrundbahn teilweise umgebaut werden müssen, um eine zweckmäßige Anlage zu schaffen. Dies ist jedoch möglich.

Bei der Anlage von Verkehrswegen ist es wünschenswert, so weit als möglich Berührungen mit bestehenden Linien zu vermeiden, denn dem Verkehre wird durch eine Vielfältigkeit von Verkehrswegen ein besserer Dienst erwiesen, als durch Verdoppelung des Betriebes auf denselben Verkehrswegen. Die Entwürfe entsprechen diesem Grundsatz, ausgenommen auf der Linie südlich von der 3. Strafe auf der Westseite, wo eine Verdoppelung von Verkehrswegen unvermeidlich zu sein scheint, wofern die neue Linie so nahe als möglich an den Broadway gelegt werden mufs, um den Verkehrsanforderungen zu genügen. Östlich vom West-Broadway sind die Strafsen zu eng, um zu Eisenbahnzwecken benutzt werden zu können.

Die Westseitenlinie würde nach dem Entwurfe eine Verbindung mit der neuen an der 7. Allee angelegten Station der Pennsylvania-Bahn herstellen. Würde der Interborough Rapid Transit Company der Zuschlag erteilt werden, und sie sich nicht um die Linie unter der 34. StraÙe bewerben, dann könnte diese letztere durch die Gesellschaft benutzt werden, welche eine Stufen-Bandbahn vorschlägt.

Die städtische Verwaltung hat eine Linie in Brooklyn entwerfen lassen, welche vom Fort Hamilton unter der 4. Allee nach der Flatbush Avenue und dann unter der Flatbush Avenue nach der Manhattan Bridge und über diese nach Manhattan geht. Der Bau dieser Linie wird kostspielig sein, und sie läuft auf ihrer ganzen Länge entlang einer Hochbahn, welche entweder auf der angrenzenden StraÙenfläche, oder unmittelbar über ihr liegt, und wird in Manhattan keinen durchgehenden Betrieb schaffen können, ausgenommen durch Umsteigen. Sollte bestimmt werden, eine Untergrundlinie unter der 4. Allee bis zum Fort Hamilton zu bauen, so wird eine andere Anlage vorgeschlagen durch Abzweigung von der 4. Allee bis zur Hamilton Avenue, von dort unter dem Buttermilk Channel nach Governor's Island und unter dem East River nach dem Battery Park und dann, wenn gewünscht, mit Tunnel unter der Greenwich Street bis zur Verbindung mit der tiefliegenden Schleife in der Barday Street. Dies würde eine unmittelbar durchgehende Verbindung mit Süd-Brooklyn schaffen.

Ausdehnungen der vorhandenen Untergrundbahn. Für die Linie in Brooklyn ist der Anschluß schon in der Prospect Park Plaza vorgesehen; von hier soll sie nach Osten unter dem Eastern Parkway weitergehen. Dieser Teil von Brooklyn hat keinen unmittelbar durchgehenden Betrieb.

In Bronx ist zunächst eine Ausdehnung der vorhandenen Anlage von der Kingsbridge nach Norden den Broadway entlang bis zum Van Cortlandt Park entworfen. Die Interborough Rapid Transit Company hat sich bemüht, mit der New-York Central Railroad ein Abkommen zu treffen wegen der Benutzung des Putnam-Teiles dieser Gesellschaft nördlich bis Kingsbridge, aber ohne befriedigende Erfolge. Es ist wünschenswert, daß die Westseitenlinie bis zum Van Cortlandt Park geht; diese Ausdehnung wird vorgeschlagen, aber an dieser Stelle notwendigerweise durch Hochbahn.

Die zweite Linie in Bronx ist eine Ausdehnung der vorhandenen Untergrundbahn über ihren Endpunkt in der 180. StraÙe und der Boston Road. Dieser Teil der vorhandenen Anlage ist eine Hochbahn; unmittelbar nördlich liegt der Bronx Park, dessen angrenzender Teil für die Zoologischen Gärten aufgespart ist. Nördlich vom Bronx Park liegt eine Strecke,

welche bis zum Mount Vernon geht, welcher gegenwärtig von keiner Stadtbahn erreicht wird. Es ist möglich, die vorhandene Hochbahn über die Boston Road bis zum Bronx Park auszu dehnen, die Geländegestaltung auszunutzen und die Oberfläche vom Bronx Park an seinem südlichen Ende einzuebnen, um jede Hochbahn im Bronx Park zu vermeiden, und mit Hilfe einer fallenden Bahnlinie unter der StraÙe, welche vom Haupteingange an der Boston Road ausgeht, und dann unter der Oberfläche vom Park bis zu seiner nördlichen Grenze am Bronx-Flusse zu gehen. Der Fluß wird mit einer schönen Brücke gekreuzt werden, dann wird die Bahn wieder unterirdisch unter dem Pelham Parkway verlaufen, unter Inanspruchnahme von Privateigentum mit einer zweckmäßigen Neigung in eine Hochbahn übergehen und so über den White Plains Road bis zur City Line führen.

Die Gegend nördlich von Bronx bedarf eines durchgehenden Betriebes, welcher nur von einer Linie, wie beschrieben worden ist, oder von einer weitschweifigern Linie bis zum Osten vom Bronx Park geschaffen werden kann. Östlich von der vorhandenen Anlage ist keine Linie in Bronx vorgeschlagen worden. Von der New York, New Haven and Hartford Bahn werden augenblicklich Entwürfe aufgestellt, um ihrer vorhandenen Anlage vier weitere Gleise hinzuzufügen, und von Privatgesellschaften werden ebenfalls Entwürfe aufgestellt, welche den Bau neuer Linien in diesem Teile der Stadt vorsehen.

Ausdehnungen der Hochbahn. Gefordert wird besonders eine Ausdehnung des in der 8. Allee liegenden Teiles der Manhattan Bahn quer über den Harlem-Fluß, dann mit Tunnel unter dem Rücken unter der 161. StraÙe bis zur Jerome Avenue und dann mit Hochbahn über die Jerome Avenue bis Woodlawn.

Auch auf eine andere Ausdehnung wurde Bedacht genommen, nämlich auf den Umbau des in der 2. Allee liegenden Teiles der Manhattan Hochbahn. Es wird empfohlen, in der 2. Allee vier Gleise herzustellen, von denen die beiden neuen über der vorhandenen Hochbahn vom Chatham Square bis zur City Hall liegen sollen. Die Linie in der 2. Allee ist stark genug, um vier Gleise tragen zu können, sodafs nur der Überbau umzugestalten sein würde.

Die Querlinien sollen unabhängig von den bestehenden Nord-Südlinien betrieben werden, indem die Fahrgäste auf diese umsteigen. Gegenwärtig scheinen sich die Oberflächenlinien diesem Umsteigegefchäfte leicht anpassen zu können. Untergrundlinien können jedoch zu jeder Zeit angelegt werden, da jede von ihnen ein unabhängiger Bau sein würde.

B—s.

Technische Litteratur.

Die Maschinenelemente. Ein Hilfsbuch für technische Lehranstalten, sowie zum Selbststudium geeignet. Mit Beispielen und zahlreichen Zeichnungen im Text wie auf Tafeln bearbeitet von M. Schneider, Ingenieur und Lehrer für Maschinenbau. Zehnte (Schluß-)Lieferung. Braunschweig 1905, F. Vieweg und Sohn.

Wir haben das Erscheinen der früheren Teile des Werkes regelmäÙig*) verfolgt und zeigen nun auch die Ausgabe des Abschlusses des stattlichen Werkes an, der die Zylinder, Rohre und Absperrvorrichtungen behandelt. Titel, Vorwort und In-

*) Organ 1904, S. 74.

haltsübersicht für die beiden Bände des Werkes sind dieser Lieferung beigelegt.

Nachdem nun das ganze Werk in seinen zwei Bänden vollständig vorliegt, geben wir wiederholt unserer Ansicht Ausdruck, daß es in der Tat geeignet ist, wichtige Hülfen bei der Festsetzung und Darstellung der Maschinen-Entwürfe zu leisten. Gefördert wird der Nutzen des Buches durch zahlreiche Abbildungen und Maßangaben verschiedener Werke für die einzelnen Maschinenteile.

Wir heben die Vollendung des Werkes hier besonders hervor.

Der Bau, Betrieb und die Reparaturen der elektrischen Beleuchtungs-Anlagen. Ein Leitfaden für Monteure, Werkmeister, Techniker etc. Herausgegeben von F. Grünwald, Ingenieur. Zehnte Auflage. Halle a. S., W. Knapp, 1903. Preis 4,0 M.

Das in neun Auflagen wohl bewährte und gefestigte Hilfsbuch, das nun schon eine reiche Erfahrung über die Bedürfnisse des Leserkreises hinter sich hat, wird diesen auch in der zehnten auf dem Gebiete der neuesten Erscheinungen des elektrischen Beleuchtungswesens gerecht, sodafs es nach wie vor die Aufgabe eines nützlichen Hand- und Taschenbuches zu erfüllen imstande ist. Neu aufgenommen sind namentlich Zusammenstellungen der Störungen an elektrischen Maschinen, die neuesten Lampenformen und die 1904 eingeführten Sicherheitsvorschriften und die Betriebsvorschriften des Verbandes deutscher Elektrotechniker.

Die Ausstattung ist bei aller für ein im Betriebe zu benutzendes Buch nötigen Beschränkung in Druck und Abbildungen eine anerkannt wertvolle.

Costruzione ed esercizio delle strade ferrate e delle tramvie. Norme pratiche dettate da una eletta di ingegneri specialisti. Unione Tipografica. Editrice Torinese. Turin, Mailand, Rom, Neapel.

Hefte 201 bis 204. Vol. IV, Teil II, Kap. IV. Spezielle Technologie der Kessel von Ingenieur Pietro Verole. Preis des Heftes 1,6 M.

Heft 205. Vol. II, Teil II, Cap. X. Weichen- und Signalstellwerke von Ingenieur Giuseppe Boschetti. Preis des Heftes 1,6 M.

Sammlung von Zeichnungen bisher ausgeführter und zur Ausführung vorgeschlagener Drehgestelle für Schnellzugwagen. Ergänzungsband zu Glasers Annalen für Gewerbe und Bauwesen. Mit 36 Tafeln. Berlin 1904. Verlag von Glasers Annalen für Gewerbe und Bauwesen.

Herausgegeben auf Veranlassung des Vereines deutscher Maschinen-Ingenieure.

Das Werk bringt die Beschreibung von 81 Drehgestellen der verschiedenen Länder in übersichtlicher Anordnung mit kurzer leicht verständlicher Angabe der wichtigsten Eigenschaften und Einzellösungen. Insbesondere sind auch viele Gestelle aus der Heimat der Drehgestelle, Nordamerika, mitgeteilt.

Diese Bearbeitung eines der wichtigsten Glieder des heutigen Wagenbaues bildet für den Eisenbahn-Maschinen-Techniker ein um so wirksameres Hilfsmittel, als sie mit klaren Zeichnungen in ausreichendem Maßstabe reichlich ausgestattet ist. Die Schriftleitung der bekannten Fachzeitschrift hat sich durch die zeitgemäße Herausgabe des Werkes ein wesentliches Verdienst um das Eisenbahnwesen erworben.

Kapitalanlage. Anleitung zu zweckmäßiger und vorteilhafter Vermögensverwaltung für alle Stände. Zweite durchgesehene und ergänzte Auflage. Von Sigmund Schott. Preis 1 M. P. Waltzel, Freiburg i. B. und Leipzig.

Das Heft enthält eine knappe, aber klare Erörterung aller Verhältnisse und Gesichtspunkte, die bei den verschiedenen Formen der Vermögensanlage in Frage kommen unter Bezugnahme auf die Besonderheiten der wichtigsten in Frage kommenden Länder. Das Werk ist geeignet, dem nicht im Geschäftsleben, insbesondere im Geldverkehre Stehenden einen Einblick in die wichtigen Grundlagen der Beurteilung einer Vermögensanlage zu eröffnen, daher allen Ständen zu empfehlen.

Geschäftsberichte und statistische Mitteilungen von Eisenbahnverwaltungen.

1. Statistik des Rollmaterials der Schweizerischen Eisenbahnen nach dem Bestande am Ende des Jahres 1903. Herausgegeben vom schweizerischen Post- und Eisenbahndepartement. Bern 1904.

2. Schweizerische Eisenbahnstatistik für das Jahr 1903. XXXI. Band. Herausgegeben vom Schweizerischen Post- und Eisenbahndepartement. Bern im Mai 1905.

3. Internationaler Strafsenbahn- und Kleinbahn-Verein. Internationaler Strafsenbahn- und Kleinbahn-Kongress. Wien 5. bis 8. September 1904. 13. Hauptversammlung des Vereines. Ausführlicher Bericht. Brüssel. 6 Impasse du Parc, General-Sekretariat.

Der Bericht enthält eine große Fülle wichtiger und wertvoller Angaben über das ganze Strafsen- und Kleinbahn-Wesen, er wird als eine der ergiebigsten Quellen auf diesem Gebiete besonders empfohlen.