

ORGAN

für die

FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

in technischer Beziehung.

Fachblatt des Vereines deutscher Eisenbahn-Verwaltungen.

Neue Folge. LV. Band.

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

13. Heft. 1918. 1. Juli.

Greiferkräne zum Bekohlen und Besanden von Lokomotiven und zum Verladen von Schlacke und Asche.

O. de Haas, Regierungs- und Baurat in Duisburg.

Hierzu Zeichnungen Abb. 1 bis 10 auf Tafel 33.

I. Einleitung.

Die Abhandlung von Dr.-Ing. Haasler über Anlagen zum Bekohlen*) gibt dem Verfasser zunächst Anlaß zu folgenden Bemerkungen. Sie beschreibt die Anlage in Osterfeld-Süd kurz. Dort sind indes nicht zwölf Bunker in drei Gruppen zu je vier angeordnet, sondern fünfzehn in drei Gruppen zu je fünf, ferner sind 21 Stände für Trichterkarren in drei Gruppen zu je sieben vorhanden, eine Gruppe von Trichterkarren schließt abwechselnd an eine Gruppe der Bunker an, um die Wege nach den verschiedenen Stellen des Lagers möglichst zu kürzen. Die Bunker (Abb. 1 bis 3, Taf. 33) sind vollständig für sich hergestellt und dann in das Gerüst eingesetzt, sie können nach Losnehmen einiger Beschläge ausgewechselt werden. Die Kosten der 1904 auf ebenem Boden errichteten Anlage mit einer Zufuhrrampe 1:40 haben ungefähr 45 000 \mathcal{M} betragen.

Dieselbe Bauart der Bunker ist bei der Schütthanlage für Kohlen in Frintrop**) verwendet; hier können die Bunker nach Beseitigung einiger Beschlagteile mit dem Greiferkrane aus dem eisernen Gerüste gehoben werden. Die Kosten für das fertige Sturzgerüst mit Bunker betragen weniger als 9000 \mathcal{M} , für einen Bunker ungefähr 450 \mathcal{M} ; dabei hat die Anlage den Vorteil, daß sie abgebaut und an anderer Stelle wieder aufgebaut werden kann. Bei der Schütthanlage in Wedau aus bewehrtem Grobmörtel mit fünf einseitig angeordneten Bunkern kostet eine annähernd gleich große Tasche 1250 \mathcal{M} ***).

II. Betrieb mit Greifern.

An anderer Stelle †) sind bei einem Rückblicke auf die Anlagen mit Rahmenkränen deren Vorteile und Nachteile angegeben. Als ein Vorteil wird die Möglichkeit bezeichnet, das Lager an jeder Stelle anzugreifen, also der Selbstentzündung vorzubeugen. Hiervon ist in Frintrop und Oberhausen während der Kriegszeit Gebrauch gemacht worden, Kohlen und Koks sind im unmittelbaren Bereiche der fahrbaren Greiferkräne bis

*) Verkehrstechnische Woche 1916, Nrn. 40 bis 42 u. 43 bis 48.

**) Organ 1913, S. 397.

**) Organ 1917, S. 25.

†) Verkehrstechnische Woche 1916, S. 422.

7 m Höhe gestapelt, ohne daß sich Anstände ergeben haben. Diese Maßnahme kann auf Grund der vorliegenden Erfahrungen auch im Frieden beibehalten werden; bei Koks sind Vorsichtsmaßregeln nicht erforderlich, bei der Stapelung von Kohlen, besonders von weichen und schwefelhaltigen, muß nur darauf gehalten werden, daß das Lager an Tagen mit geringer Zufuhr, nach Sonn- und Fest-Tagen, planmäßig in Anspruch genommen wird, so daß die einzelnen Abschnitte entsprechend der Lagerzeit durchlüftet werden. Sollte sich trotz der ständigen Aufsicht der Kohlenlader ein Brandherd bilden, so kann er mit dem Krane schnell freigelegt werden. Der durch das hohe Stapeln erreichte Vorteil ist bei Raumknappheit erheblich, so daß sich weitere Erprobung unter Beachtung der erforderlichen Vorsicht empfiehlt.

Den Anlagen mit fahrbarem Greiferdrehkrane ist der Vorwurf gemacht, daß das Krangleis zuviel Raum beansprucht. Nach Abb. 4, Taf. 33 kann das Krangleis und selbst das Ladegeleis zum Lagern der Kohlen herangezogen werden; nur muß dafür gesorgt werden, daß Feuergrube, die Schüttvorrichtung für Kohlen und die Anlage zum Besanden unmittelbar zusammen liegen.

Ein großer Vorzug der Greiferkräne besteht darin, daß das Bekohlen während des Ausschlackens vorgenommen werden kann. Dieses erfordert mindestens die doppelte Zeit für das Bekohlen; daher werden die Lokomotiven zweckmäßig mit Wasser und Sand versehen und die Asche wird aus der Rauchkammer entfernt, bevor sie die Feuergrube erreichen. Ein weiterer Vorzug der Greifer liegt in der Möglichkeit, die Staubentwicklung beim Bekohlen zu beschränken. Textabb. 1 zeigt, daß die Staubentwicklung, selbst wenn der Greifer die Kohle aus größerer Höhe fallen läßt, nicht übermäßig ist.

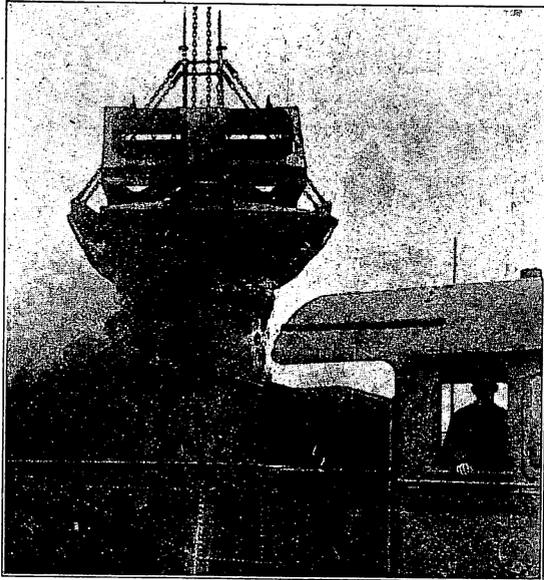
Um unnötige Arbeit zu vermeiden, sind die Kranführer streng angewiesen, den Greifer nicht unnötig hoch zu heben; die Schüttvorrichtung wird nur benutzt, um den Bediensteten während des zwölfstündigen Dienstes eine zweistündige Ruhe gewähren zu können. Bei großem Wagenzulaufe wird der Kran während dieser Zeit von Ersatzmannschaften bedient.

Mit Rücksicht auf die Wichtigkeit des Betriebes mit Greifern werden hier seine Nachteile aus der frühern Erörterung aufgeführt.

Das Einsetzen des Greifers in die Wagen oder in die Löschrube ist schwierig; zwei Mann sind zur Hülfe nötig.

Das Einsetzen des Greifers ist für die Mannschaften gefährlich. Quetschungen und grössere Unfälle sind unvermeidlich.

Abb 1 Vierschaliger Greifer während der Entleerung



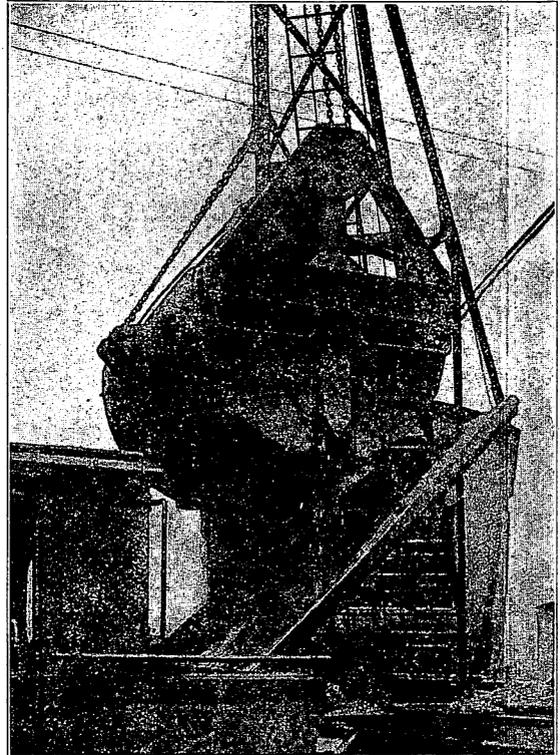
Beim Einsetzen werden die Wagen stark beschädigt.

Der Greifer ist für kleine und weiche Kohle gut zu gebrauchen, für grobe Stückkohle dagegen schlecht, weil er grössere, härtere Stücke nicht zerschneidet.

Die beiden ersten Nachteile können gemindert werden, wenn der Greifer mit Handgriffen versehen und der Mannschaft zur Pflicht gemacht wird, den Greifer nur an diesen zu fassen, und wenn die Mase des geöffneten Greifers der Wagenbreite angepaßt sind. In Textabb. 2 sieht man die Handgriffe am untern Flantsche des U-Eisens des Greifergestelles; bei dem vierschäligen Greifer (Textabb. 3) sind die unteren Bolzen für die Leerketten als Handgriffe ausgebildet. Nur sehr schmale Greifer gehen in die gewöhnlichen Löschruben, das ist auch nicht erforderlich, wenn die Aschkasten der Lokomotiven nach Keller in kleine Wagen entleert werden, die auf Gleisen in der Löschrube laufen und durch Anhängen an den leeren Greifer aus der Grube gehoben, entleert und wieder hinabgelassen werden. Vertiefte Erweiterungen neben den Löschruben haben aufser schwieriger Erhaltung den Nachteil, daß die unverbrannten Kohlen- und Koks-Stücke, von denen besonders letztere beim Ausschlacken meist in großer Menge anfallen, nur schwer, wenn sie unter Wasser gesetzt sind, überhaupt nicht ausgelesen werden können, und daß der Verkehr auf einer Lokomotivseite unterbunden ist, da die Gruben offen gehalten werden müssen. In Frintrop beträgt der Abstand zwischen den Gleisen zum Bekohlen und für Kohlenwagen 5,0 m, der Zwischenraum dient als Lagerplatz für Schlacke und Asche, der Boden ist mit feuerfesten Steinen belegt und mit Lösche abgedeckt; Asche und Schlacke werden mit der Schaufel aus

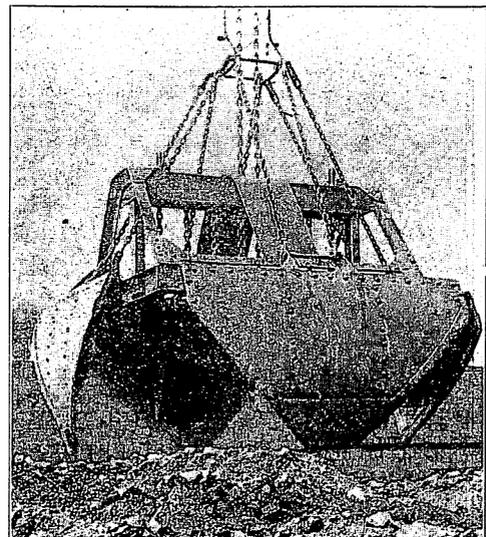
der Grube gehoben, diese Stoffe haben nur verhältnismäßig geringes Gewicht, ein Bedürfnis zur Abänderung des Verfahrens liegt nicht vor. Um zu verhindern, daß der Verkehr an der Feuergrube beim Ausbleiben der Aschewagen gehindert wird,

Abb. 2. Bekohlen von Tenderlokomotiven.



ist ein kleiner Teil des Lagers zum Stapeln der Asche vorzusehen, dann kann man auch die Ansammlung reiner Lösche aus den Rauchkammern ermöglichen.

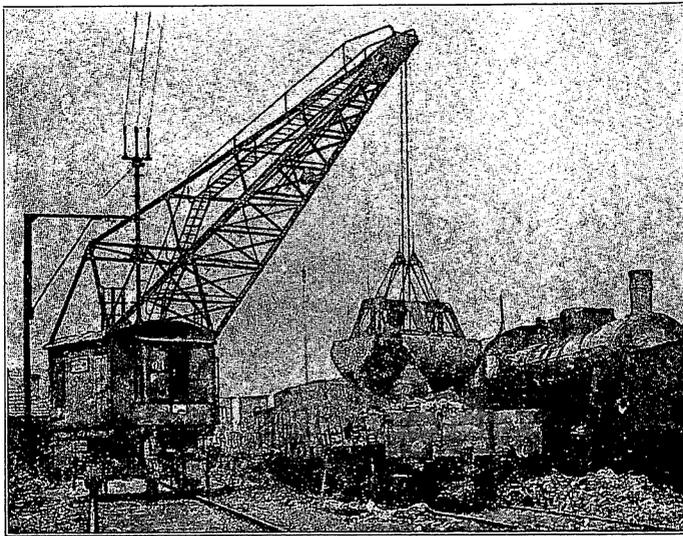
Abb. 3 Vierschaliger Greifer.



Zum Einsetzen eines Greifers mit vier Seilen oder Ketten in die Wagen genügt ein Mann. Um Quetschungen der Finger und Unfälle zu vermeiden, muß der Kranführer den Greiferführer sehen und sich mit ihm verständigen können, der Greifer soll nur auf Befehl des Greiferführers herabgelassen oder hoch-

gezogen werden. Bei der Räumung von Lagern mit hohen festen Bansenwänden kann der Kranführer die Kohlen und den Greiferführer am Fusse der nächsten Bansenwände nicht sehen, deshalb soll man keine festen, dabei teuren Wände, sondern Mauern aus Kohleziegeln errichten, die bei entsprechender Dicke auch für hohe Stapelung genügend hergestellt werden können; der Abbau erfolgt mit dem des Lagers, die Grenze des Lagers kann dabei beliebig verändert werden. (Textabb. 3 und 4).

Abb. 4. Anlage zum Bekohlen in Frintrop.



Beschädigungen der Wagen, den dritten Mangel, kann man vermeiden, wenn die Bauart der Winde leichte Regelung des Senkens des Greifers gestattet und die Bremse ständig in Ordnung gehalten wird. Die Schneiden des Greifers sollen sich in der Längsrichtung der Bodenbretter bewegen.

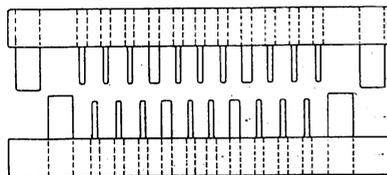
Zur Abstimmung des vierten Einwandes kann man dem Greifer die erforderliche Schließkraft geben und seine Schneiden entsprechend ausbilden, so daß er grössere und härtere Stücke zerschneiden kann; selbst grobstückige oberschlesische Kohle bietet in dieser Beziehung kein Hindernis.

Die tatsächlichen Schwierigkeiten liegen in anderer Richtung. Es ist zu unterscheiden, ob das Gut von einem Lager oder aus einem Eisenbahnwagen zu greifen ist. Beim Greifen vom Lager kann der Greifer an Stellen angesetzt werden, die sich etwa wegen vorhandener Erhöhungen zum Greifen besonders eignen, beim Greifen aus Wagen kann das eingeschlossene Gut beim Eindringen des Greifers nicht so leicht ausweichen, ferner wird der Greifer tiefer in das Gut eindringen, wenn die einzelnen Stücke sich leicht gegen einander und gegen die Greiferschaufeln verschieben können, aufer auf die Schwere und Gröfse der Stücke kommt es also auf ihre Gestalt und die Glätte ihrer Oberfläche an. Für Getreide, Sand, Asche, Kleinkohle, Eierpreßkohlen und dergleichen genügt ein verhältnismäßig leichter Greifer von geringer Schließkraft, dessen Schaufeln sich um feste Achsen drehen, bei grobstückiger Kohle oder Erz ist das Greifen aus Eisenbahnwagen schon schwieriger; um das Eindringen in das Gut zu erreichen, müssen mit der Hacke Rinnen für die Greiferschneiden hergestellt werden. Besonders schwierig ist das Greifen von Grofskoks. Graue, weiche Koks sind leichter

zu greifen als harte, silberglänzende; letztere allein sind für Lokomotiven geeignet. Wegen der rauhen und zackigen Oberfläche haken die einzelnen Stücke in einander, dieser Stoff ist einer der schwerst zu greifenden. Der unerfahrene Beobachter kann sich leicht täuschen, wenn er sieht, daß der Greifer im Stande ist, Koks von der Kuppe eines beladenen Wagens in ansehnlicher Menge zu fassen; wenn die Kuppe entfernt ist und besonders im Wagen sinkt das Greifvermögen ganz beträchtlich; es hört auf, wenn ein Teil der breiten wagerechten Schneiden auf ein grösseres Koksstück setzt, das nicht ausweichen und auch nicht zerdrückt werden kann. Die Greiferschneiden rutschen darüber hinweg, können aber auch beim nächsten Zwischenraum nicht tiefer sinken, weil inzwischen ein anderer Teil der Schneiden an anderer Stelle gleitet.

Zur Beseitigung dieser Übelstände sind zwei verschiedene Wege eingeschlagen. Zunächst sind die Schneiden eines vorhandenen Greifers mit Zinken ausgerüstet, die in die Zwischenräume der Koksstücke eindringen, oder die Stücke nötigen Falles mitnehmen können. Damit die Böden der Eisenbahnwagen nicht beschädigt werden, sind an den Enden der Schneiden Schleifbleche angebracht, die über die Wagenböden schleifen und etwas länger als die Zinken gehalten sind, so daß letztere die Böden nicht berühren können. Die Gröfse der Schleifbleche richtet sich nach der Gröfse und der Bauart der Greifer. Die Anordnung (Textabb. 5) hat sich bewährt, der Greifer faßt Grofskoks nahezu in doppelter Menge gegen früher; die

Abb. 5. Schleifbleche und Zinken der Schneiden eines Greifers.



namentlich beim Greifen von Koks stark leidenden Schneiden werden geschont, auch wird der im Wagen zurückbleibende Koks bei jedem Griffe nicht wie bei den Greifern mit gewöhnlichen Schneiden zusammengedrückt, sondern gelockert, was für den nächsten Griff von Vorteil ist.

Eine zweite Lösung wurde durch den Bau eines vier-schaligen Greifers erreicht; dieser ist unter teilweiser Benutzung eines vorhandenen Gestelles tadellos vom Werkstättenname Ia Dortmund nach den Zeichnungen des Maschinenamtes 2 Duisburg hergestellt (Textabb. 1 und 3); er kann vermöge seiner Bauart und der Gestaltung seiner Schneiden in grobstückige Kohle und Grofskoks eindringen und diese Stoffe greifen. Zum Schonen der Wagenböden sind die Schneiden an den unteren Enden mit Schleifblechen versehen. Die Anwendung von auswechselbaren Schaufelenden aus Stahlgufs mußte wegen der Schwierigkeit der Beschaffung verschoben werden. Seit einem halben Jahre hat der Greifer gut gearbeitet, er übertrifft an Greifvermögen selbst den mit Zinken versehenen Greifer erheblich, die Schneiden und das Fördergut werden sehr geschont. Er wiegt rund 2 t. Beide Anordnungen sind geschützt*). Ein gegen die Vorteile unerheblicher Nachteil besteht darin, daß das Fördergut nicht so vollständig von den Wagenböden auf-

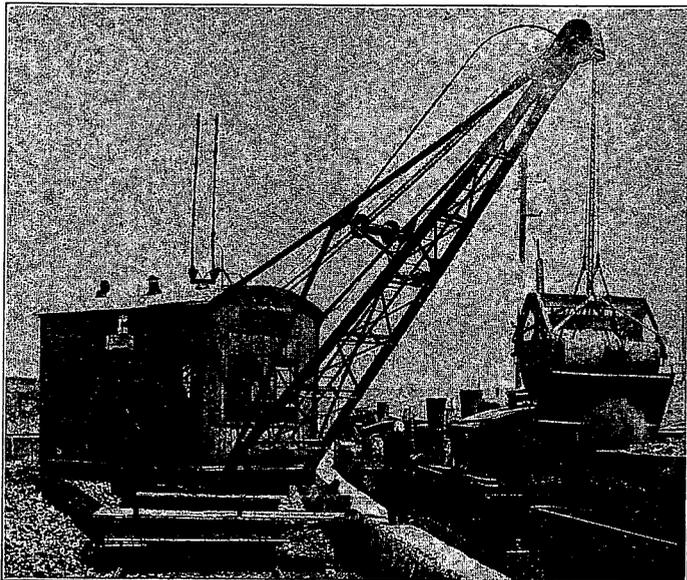
*) D. R. G. M. 611 546 und 650 707.

genommen werden kann, wie von den Greifern gewöhnlicher Bauart; nach Entleerung mehrerer Wagen können zwei leicht anzubringende und abzunehmende Schürfbleche an zwei gegenständigen Schaufeln befestigt werden, um die Reste zu sammeln.

An anderer Stelle*) sind die Anlagen zum Bekohlen in Frintrop und Oberhausen als ähnliche Anlagen bezeichnet; das trifft zu, soweit es sich um die Verwendung von fahrbaren Drehkränen mit Greifern handelt, doch ist folgender Unterschied vorhanden. Textabb. 4 zeigt, daß das Bekohlgleis in Frintrop neben dem für Köhlenwagen liegt. Die Lokomotiven stehen mit dem Tender unmittelbar neben dem zu entladenden Wagen, der vom Greifer zurückzulegende Weg ist der denkbar kürzeste, daher arbeitet die Anlage wirtschaftlich günstig.

In Oberhausen (Textabb. 6) liegt das Krangleis zwischen den Gleisen für Bekohlen und Kohlenwagen, der Abstand beider beträgt etwa 13 m, der Weg des Greifers ist also im Regelbetriebe beim Bekohlen aus den Wagen erheblich größer, als in Frintrop, daher kann nicht gleich schnell und sparsam gearbeitet werden.

Abb. 6. Anlage zum Bekohlen in Oberhausen.



Die Verwendung von Seitenentladern ist beim Bekohlen mit Greifer-Drehkränen besonders vorteilhaft. Das Greifen von Kohlen und Koks aus den Eisenbahnwagen kann unterbleiben, ein Greiferführer ist nicht erforderlich und alle Nachteile der Greifer sind vermieden. Die Erhöhung der Rampe braucht nur gering zu sein, etwa 1,5 m über S. O. würden im vorliegenden Falle genügen, da der Kran die angeschütteten Kohlen während der Fahrt der Wagen nach der Zeche und zurück entfernen kann.

III. Wahl der Spur.

Im Folgenden bezeichnet

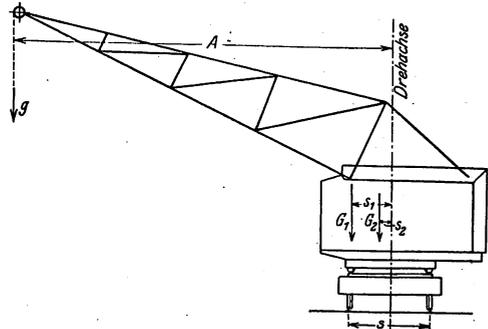
- s die Entfernung von Mitte zu Mitte Schiene des Krangleises,
- G_1 das Gewicht des Kranes mit gefülltem Greifer,
- s_1 den Abstand des Angriffes von G_1 von der Drehachse des Kranes,

*) Verkehrstechnische Woche 1916, S. 423.

- G_2 das Gewicht des Kranes ohne Greifer,
- s_2 den Abstand des Angriffes von G_2 von der Drehachse,
- $G_1 - G_2 = g$ das Gewicht des Greifers mit Füllung,
- A die Ausladung des Kranes.

Zwischen den Größen besteht die Beziehung (Textabb. 7)
 $G_1 \cdot s_1 = G_2 \cdot s_2 + g \cdot A$.

Abb. 7. Maßverhältnisse des Kranes.



Soll Druckwechsel beim Greifen vermieden werden, so darf der Angriff von G_2 beim Niederlassen des Greifers auf das Fördergut nicht auf die andere Seite der Drehachse rücken, er darf höchstens in diese fallen, so daß $s_2 = 0$ wird, dann ist $G_1 \cdot s_1 = g \cdot A$ oder

$$\text{Gl. 1) } \dots \dots \dots s_1 = \frac{g \cdot A}{G_1}$$

Soll der Kran nicht kippen, so darf der Angriff von G_1 auch dann nicht außerhalb der Spur liegen, wenn etwa beim Anheben oder beim Zerdrücken großer Stücke zwischen den Schneiden beim Heben Rucke entstehen, also muß $s_1 < s : 2$ sein.

Für den Kran in Oberhausen ist

$$s_1 = 2500 \cdot 8000 : 31500 = 635 \text{ mm}$$

$$s_1 = 635 < s : 2 < 2450 : 2 < 1225 \text{ mm,}$$

für den Kran in Frintrop:

$$s_1 = 3000 \cdot 12000 : 35000 = 1029 \text{ mm}$$

$$s_1 = 1029 < s : 2 < 2500 : 2 < 1250 \text{ mm,}$$

für den Kran mit Regelspur in Wedau*)

$$s_1 = 2500 \cdot 9000 : 31250 = 720 \text{ mm}$$

$$s_1 = 720 < s : 2 < 750 \text{ mm,}$$

für den Kran mit Regelspur in Wedau**)

$$s_1 = 2750 \cdot 9000 : 31500 = 786 \text{ mm}$$

$$s_1 = 786 < \frac{s}{2} : 2 > 750 \text{ mm.}$$

Um Kippen des Kranes mit Regelspur zu vermeiden, muß entweder das Gewicht des Kranes unwirtschaftlich erhöht oder so verteilt werden, daß der Druckwechsel beim Greifen nicht vermieden wird; also wird bei jedem Griffe und Hube eine Bewegung des Oberwagens gegen den Unterwagen eintreten, die Anlaß zu Beschädigungen besonders am Drehwerke gibt, und schnellere Abnutzung des Kranes mit Regelspur gegen den mit Breitspur herbei führt. Beim Arbeiten eines solchen Kranes nickt der Ausleger erheblich. Will man die Mängel vermeiden, so muß man das Gewicht des Greifers nebst Füllung oder die Ausladung oder beide soweit ermäßigen, daß den dargelegten Umständen Rechnung getragen wird.

*) Organ 1914, S. 57.

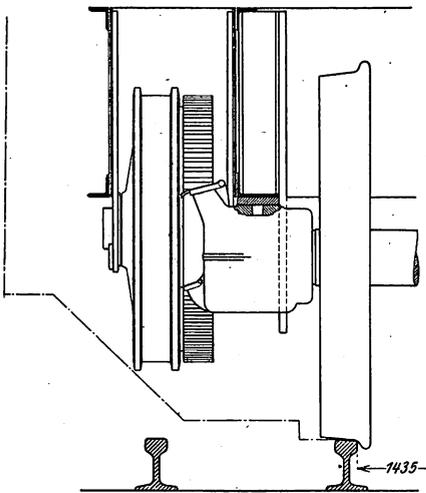
**) Organ 1917, S. 22, Tafel 6.

Das Arbeiten eines Drehkranes in Gleisbogen wirkt schädigend auf die Erhaltung, Mängel der Gleislage und der Schienenstöße wirken um so weniger, je breiter die Spur ist, auch können bei großer Ausladung erhebliche Kosten für Gleise, Weichen und Stromzuleitungen erspart werden.

Berücksichtigt man, daß ein einmal aufgestellter Kran auf einem größeren Bahnhofs nicht mehr zu entbehren ist, und daß die Räumung der nicht in unmittelbarem Bereiche des Kranes liegenden Lager in vielen Fällen nur in zwei bis drei Jahren einmal zu erfolgen braucht, so erscheint es richtig, den Kran für die überwiegende regelmäßige Tätigkeit einzurichten.

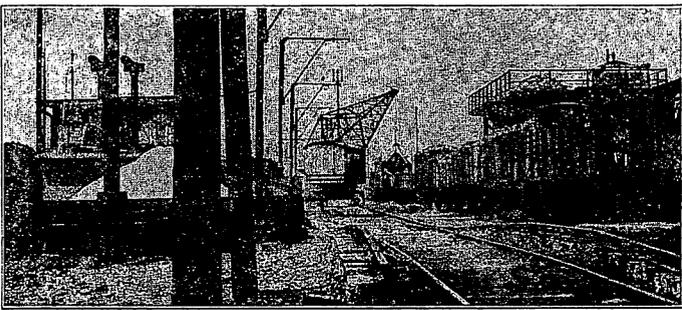
In etwa zehnjährigem, angestrengtem Tag- und Nacht-Betriebe ist eine Überführung der Kräne in Oberhausen und Frintrop in eine Hauptwerkstätte und die Vorhaltung eines Ersatzkranes nicht nötig gewesen; die dem Verschleiß unterworfenen Teile konnten im Betriebe ausgewechselt werden. Sollte später die Überführung der Kräne nach anderen Orten erwünscht sein, so kann diese nach Entfernung des Auslegers und der Fußstritte durch Sonderfahrt geschehen, da die Abmessungen in der Umgrenzung des lichten Raumes bleiben. (Textabb. 8).

Abb. 8. Kran auf eingebauter Regelachse.
Maßstab 1:20.



Zwecke ist die Vorderwand des Unterwagens mit abschraubbaren Palsblechen versehen. Das erhöhte Krangleis senkt sich nach dem

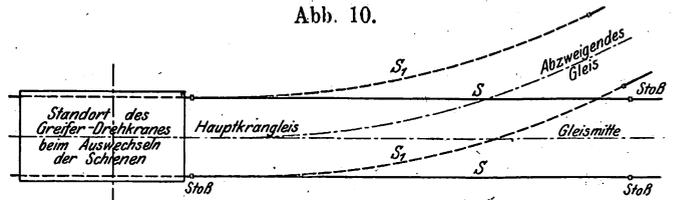
Abb. 9. Anlage zum Umsetzen des Kranes in Frintrop.



Ende zu, so daß beim Vorfahren des Kranes nach Anschrauben der Hälften der Achshalter und Schösser die Kranachsen nach einander entlastet werden und die Regelachsen zum Tragen gelangen.

Soll ein breites Lager vom Krane bedient werden, so kann der Kran unter Vermeidung einer Weiche in das abzweigende Gleis überführt werden, wenn die Schienenstöße gleich so angeordnet sind, daß die abzweigenden Anschlußschienen S_1

Abb. 10.



(Textabb. 10) gegen die Schienen S des Hauptgleises ohne Weiteres ausgewechselt werden können.

IV. Fördern und Trocknen von Sand.

Die Benutzung der Greifer zur Beförderung des getrockneten und gereinigten Sandes in hochgelegene Bunker ist deshalb bemängelt worden, weil der zur Beförderung der nassen Kohlen und Schlacken benutzte Greifer den trockenen Sand durchschmutzt und anfeuchtet, sofern er nicht zeitraubend gereinigt ist, auch Hochbehälter und Lager für trockenen Sand mit dem Greifer nur von oben bedient werden können, daher zum Schutz gegen Regen geschlossen werden müssen. Hierauf ist zu erwidern, daß das Abspritzen und Reinigen der geöffneten Greiferschaufeln in passender Höhenlage bequem in einigen, bei Regenwetter in höchstens fünf Minuten ausführbar ist; daß die Deckel abgehoben und wieder geschlossen werden müssen, ist auch nicht von Bedeutung, da sie an den leeren Greifer gehängt und so vom Krane bedient werden können, auch meist eine Füllung für den Tag genügt. Es wäre nicht zu verstehen, wenn eine vorhandene Greiferanlage nicht für die Bedienung der Besandung benutzt würde.

Früher*) ist gesagt: „Nach den gemachten Erfahrungen ist die gewählte Lagerung des nassen Sandes neben der Darre vorteilhafter, als die neuerdings bevorzugte in einem Hochbehälter darüber, weil das Vortrocknen in diesem, namentlich bei hoher Schichtung, sehr schwach ist und die Baukosten wegen des hohen Gewichtes des Sandes unverhältnismäßig hoch sind“. Diese Erfahrungen sind bei den Anlagen zum Trocknen des Sandes in Frintrop und Oberhausen nicht gemacht, eher ist das Gegenteil der Fall, auf den Öfen ist nur noch Nach-trocknen erforderlich. Nach dem Einfüllen des nassen Sandes in den über den Öfen befindlichen Raum wird alles Sickerwasser zunächst durch die Abfallöffnungen mit angelegten Rinnen bis auf den letzten Rest abgeleitet, erst dann werden die Siebe mit Sand gefüllt und die Öfen angeheizt; sobald die über den Ausläufen befindlichen Sandmengen auf den Sieben verteilt sind, werden die Verschlüsse offen gelassen und die warme Luft des Trockenraumes steigt in die Höhe, füllt den obern Raum und erwärmt den an der Oberfläche befindlichen Sand. Von Anfang Mai bis Anfang Oktober ist das Anheizen der Trockenöfen überhaupt nicht erforderlich. Wird der Sand neben den Öfen gelagert, so wird er auch nur an der Oberfläche vorgewärmt, der untere Teil hingegen verschlammt. Die Bezeichnung »Hochbehälter« geht zu weit, da die Unterkante des Lager-raumes nur in Manneshöhe angeordnet zu werden braucht;

*) Organ 1917, S. 45.

5 m Höhe reichen für das Sandgebäude aus. Die Baukosten können nicht als hoch bezeichnet werden. Das Gebäude in Frintrop hat ohne Trockenöfen 1900 \mathcal{M} , das in Oberhausen ungefähr 2400 \mathcal{M} gekostet; hierbei sind alte Schienen und ausgemusterte Wagenträger verwendet. Das Gebäude in Frintrop ist in Abb. 8 bis 10, Taf. 33 dargestellt.

Bei der Verwendung von Kies- und Lehm enthaltendem Sande muß für leichte Herausnahme der Siebe zum Reinigen gesorgt werden. Der beim Sieben entstehende Staub schädigt

die Bedienung, er ist durch Absperrung des Raumes über den Öfen unschädlich gemacht; von der Decke bis zur Oberkante der Öfen werden Wände aus Segeltuch gespannt, die mit Glascheiben und Schlitzen versehen sind. Die Scheiben ermöglichen das Sehen während des Scharrens, in den mit überhängenden Lappen verdeckten Schlitzen werden die Stangen der Scharreisen bewegt; nach erfolgtem Sieben werden die Vorhänge hochgerollt und an der Decke befestigt. (Abb. 8 bis 10, Taf. 33).

Die Leistungsfähigkeit der städtischen Schnellbahnen.

Dr.-Ing. F. Musil, Baurat in Wien.

Hierzu Auftragsungen Abb. 1 bis 6 auf Tafel 34 und Abb. 1 und 2 auf Tafel 35.

Inhalt.

- I. Einleitung.
- A) Bemessung der Anlagen.
- II. Leistungsfähigkeit bestehender Stadtbahnen.
 - A) Dampfbetrieb.
 - B) Elektrischer Betrieb.
- III. Leistungsfähigkeit neu anzulegender Stadtschnellbahnen.
 - A) Allgemeiner Ausdruck.
 - B) Fahrt zwischen zwei Haltestellen.
 1. Fahrlinie für wagerechte Bahn.
 - a) Widerstände.
 - b) Beispiel.
 2. Zugfolge.
 - a) Ohne Streckenblockung.
 - b) Mit Streckenblockung.
 - a) Handbediente Signale
 - β) Selbsttätige Blockung und Fahrsperrn.
 - C) Zugfahrt durch Haltestellen.
 1. Handbediente Signale.
 2. Verdichtung der Zugfolge.
 - a) Einfluß des Bremsens und Anfahrens.
 - b) Überhöhung der Haltestellen.
 - a) Anfahren.
 - β) Auslaufen und Bremsen.
 3. Zugfahrt durch Haltestellen mit selbsttätigen Signalen.
 - a) Signale im Führerstande und Zwangregelung der Geschwindigkeit in Neuyork.
 - D) Bedeutung der Einrichtungen zur Sicherung für Leistungsfähigkeit und Betriebsicherheit
 - E) Beeinflussung der Leistungsfähigkeit durch Länge und Folgezeit der Züge.
 - F) Einfluß der Aufenthalte auf die Folgezeit.
 - G) Zusammenhang der Zeiten der Zugfolge und des Räumens der Bahnsteige.
 - H) Leistungsfähigkeit der Endhaltestellen
- IV. Wirtschaftliche Bedeutung der größten Stundenleistung.
- V. Zusammenfassung.

I. Einleitung.

Für neu zu schaffende Netze von Stadtschnellbahnen ist die richtige Bemessung aller die Leistungsfähigkeit beeinflussenden Einrichtungen von großer Bedeutung, weil Abänderungen an den Bauwerken nur mit sehr hohen Kosten möglich sind.

Bei einigen neueren Stadtschnellbahnen hat die erreichte Zahl der Fahrgäste bald nach Vollendung die Erwartungen weit übertroffen und die Wahl der Abmessungen hat sich als unzureichend erwiesen. Bei der Stadt- und Süd-London-Bahn und bei der Hoch- und Untergrund-Bahn in Berlin ist die Umgrenzung der Fahrzeuge etwas zu eng, bei den besuchtesten Linien der Stadtbahn in Paris die die Länge der Züge mit

72 m begrenzende Länge der Bahnsteige von 75 m zu kurz, bei der ersten Untergrundbahn in Neuyork, dem «Subway», mußte durch sehr kostspielige Verlängerung der Bahnsteige während des Betriebes und durch weitgehende Verbesserungen an den Einrichtungen die ursprünglich angestrebte Tagesleistung von 350000 auf 1 Million Fahrgäste gesteigert werden. Auch bei der Stadtbahn in Berlin sind die Bahnsteige verlängert worden, ohne daß sie dem wachsenden Verkehre genügten, der vorbereitete elektrische Ausbau sollte beschleunigten Zugumlauf bringen, da sich die Hinzufügung eines weitem Gleispaars als unzulässig erwies. Der Röhrentunnel der Stadt- und Süd-London-Bahn ist inzwischen von 3,05 m auf den bei den letzten Tiefbahnen in London angewendeten Durchmesser von 3,60 m gebracht. Zwei neuen, im Baue befindlichen Schnellbahnen in Berlin liegt eine erweiterte Umgrenzung zu Grunde. Die Breite der Wagenkästen beträgt bei der Hochbahn in Berlin 2,26 m, bei der Hochbahn in Hamburg 2,56 m, bei der Nord-Süd-Bahn in Berlin 2,64 und bei der Schnellbahn der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft in Berlin 2,55 m.

I. A. Bemessung der Anlagen.

Die Vorausberechnung des zu erwartenden Verkehres ist stets unsicher. Die Erhebungen sind zeitraubend und kostspielig, erfordern lange Feststellung der Zahl der Fahrgäste der älteren Verkehrsmittel und vergleichende Untersuchung der Entwicklung vorausgeleiteter Städte; auch die Verhältnisse der Siedelung und des Erwerbes, die Richtung und Stärke des Verkehres mit Vergnügungs- und Erholung-Stätten verlangen Beachtung. Anerkannte Regeln für die Vorausberechnung fehlen. Oft ruhen die Vorermittelungen bei den planenden Unternehmungen, besonders bei Verwendung nicht öffentlicher Gelder. Öffentliche Körperschaften, die den Rat eines Sachkundigen einholen, übertragen diesem die grundlegenden Entscheidungen nur selten. Da Stadtschnellbahnen, besonders Untergrundbahnen, sehr teuer sind und den die Gelder bewilligenden Körperschaften die Vertrautheit mit dem Gegenstande bei erstmaliger Ausführung fehlt, führt mangelndes Vertrauen in den Erfolg leicht zur Bereitstellung unzureichender Mittel für Vorarbeiten und Ausführung. Dann muß man an der Anlage sparen, man greift zu kurzen Haltestellen und engen Querschnitten, und täuscht sich mit der Hoffnung, daß viele kurze Züge dasselbe besser leisten als wenige lange.

Nimmt eine Gesellschaft Einfluß auf den Entwurf, so ist die Frage, ob sie den Betrieb auf eigene Rechnung führen will;

in diesem Falle wird sie kurze, billige Haltestellen befürworten. Erfahrungsgemäß wird dann weitestgehende Überfüllung, gern gesehen, bedeutet doch jeder mehr eingepreßte Fahrgast reinen Verdienst. Die Unzulänglichkeit zeigt sich nicht gleich, da Schnellbahnen nur allmähig den Umschwung in der Siedelung bewirken. Da die Städte verstärkte Beeinflussung des großstädtischen Verkehrswesens wünschen müssen, streben sie die baldige Übernahme der von Gesellschaften errichteten Bahnen an, diese brauchen also nicht weitsichtig vorzusorgen. Die großen, für den Ausbau einer unzureichend gewordenen Stadtschnellbahn erforderlichen Aufwendungen fallen daher meist auf die Stadt.

Bei keiner andern Anlage verursacht der Bahnkörper annähernd so hohe Kosten, wie bei den Stadtschnellbahnen, daher muß die Ausnutzbarkeit die denkbar höchste sein, um die Kosten der Fahrt zu ermäßigen. Bei den letzten Bauten von Untergrundbahnen in Berlin kommen Anlagekosten über 9 Millionen \mathcal{M}/km vor. Schon vor dem Kriege war die Einhaltung des niedrigsten Fahrpreises mit 10 Pf schwierig, in Hinkunft wird man ihn höher setzen müssen, von ihm hängt aber das gesunde Wachstum der Weltstädte ab.

Die Leistungsfähigkeit einer zweigleisigen Stadtschnellbahn wird durch die Haltestellen bestimmt, es soll gezeigt werden, wie verfehlt kurze Bahnsteige, wie in Paris, sind, die die Leistungsfähigkeit schnell erschöpfen.

II. Leistungsfähigkeit bestehender Stadtbahnen.

Unter Leistungsfähigkeit versteht man die bei stärkstem Andrang überall verfügbare Zahl der Sitz- und Steh-Plätze; Gleiszahl, Zuglänge, Platzzahl eines Wagens, Raschheit des Umlaufes sind von Einfluß. Bei der Zusammenführung von Zweigen in einen Stamm ist die auf diesem mögliche Zugdichte bestimmend für die weitere Zugfolge der Zweiglinien. Man vermeidet deshalb bei neueren Schnellbahnnetzen Abspaltungen im dicht besiedelten Gebiete. Ältere Stadtbahnen verstößen gegen diese Regel, Innen- und Außen-Ring in London, die von enger Schleife ausgehenden Hochbahnen in Chicago, die Ringbahn um Berlin und die Stadtbahn in Wien sind Beispiele hierfür.

In Europa werden die Stadtschnellbahnen allgemein zweigleisig, in den Vereinigten Staaten von Amerika auch drei- und viergleisig angelegt; dadurch wird die Einlegung von Fernschnellzügen auf dem dritten Gleise oder regelmäßiger Schnellbetrieb mit wenigen Haltestellen auf dem zweiten Gleispaare ermöglicht. Die letzte Anordnung für 70000 Fahrgäste in der Stunde übertrifft die bei uns zu fordernde Leistung weit.

II. A. Dampfbetrieb (Textabb. 1).

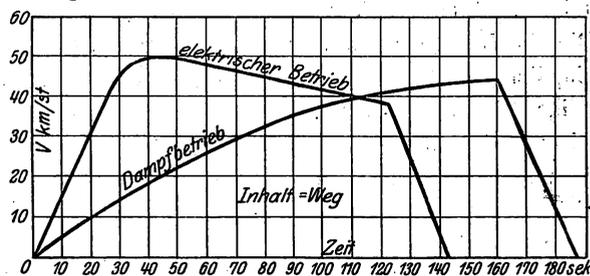
Das langsame Anfahren bei Dampfbetrieb*) macht diesen auch bei Hochbahnen, wo die Rauchbelästigung nicht besonders fühlbar ist, gegen den Betrieb mit elektrischen Triebwagen minder geeignet, dessen Leistung die der Dampflokomotive gezogene Grenze weit überragt**). Die amtliche Denkschrift über die Einführung des elektrischen Betriebes auf den Stadt-, Ring- und Vorortbahnen von Berlin rechnet mit mindestens

*) Organ 1913, S. 272; Glasers Annalen 1900, Seite 84.

***) Organ 1913, S. 272; Glasers Annalen 1900, Seiten 63, 73, 84; Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1913, Seite 702.

40 Zügen mit 24400 Sitzplätzen in der Stunde, bei Dampfbetrieb werden jetzt 24 Züge mit 11712 Sitzplätzen in jeder Richtung gefahren.

Abb. 1. Vergleich der Fahrlinien für Dampf- und elektrischen Betrieb.



Für die Stadtbahn in Wien hat der Verfasser eine der Höchstleistungen am Sonntage, dem 25. Juni 1911 einer durchschnittlichen Leistung des Fernschnellgleises des »Subway« in Neuyork an Werktagen 1908 gegenüber gestellt (Abb. 1 und 2, Taf. 35) In Wien fahren im Dampfbetriebe in einer Richtung höchstens 22 Züge mit kaum 8000 Sitzen, in Neuyork rund 30 Züge mit 14000 Sitzplätzen; seitdem ist dort die Zugzahl durch noch zu erörternde Verbesserungen der Einrichtungen auf wenigstens 40, das Platzangebot auf 17600 Sitze gehoben worden, mit den Stehplätzen könnten 67000 Menschen in der Stunde gefahren werden, wegen ungleichmäßiger Füllung der Züge und Wagen ist mit etwa 40000 zu rechnen. Ursprünglich für Vollbahnen gebaute Stadtbahnen erreichen, wie die Beispiele in Berlin und die »Metropolitan- und District«-Bahn in London zeigen, im elektrischen Betriebe hohe Leistungen. Letztere Bahn wies früher höchstens 18, 1912 aber schon 40 Züge in der Stunde unter Steigerung der Reisegeschwindigkeit von 18,7 auf 28,6 km/st auf. Die Zuglänge geht bis auf 120 m, und damit werden bei ungleichmäßiger Füllung wenigstens 35000 Fahrgäste in der Stunde befördert. Auch die 1902 und 1903 für elektrischen Betrieb eingerichtete Mersey-Untergrundbahn in Liverpool, die wegen steiler Rampen bei Dampfbetrieb höchstens 12 Züge fuhr, erreichte leicht 20 Züge in der Stunde unter Erhöhung der Reisegeschwindigkeit um 6,9 km/st.

II. B) Elektrischer Betrieb.

Die für Dampfkraft gebauten Stadtbahnen mußten meist den ältesten Stadtkern meiden, da bei dem Fehlen breiter Straßen lange unterirdische Führung erforderlich geworden wäre. Sie dienen auch oft der Verbindung der über die Stadt verstreuten Kopfbahnhöfe und erhielten die Umgrenzung des lichten Raumes für Fernbahnen; bei elektrischem Betriebe konnte unter Vermeidung des Überganges der Züge der Fernbahnen eine engere Umgrenzung die Führung in schmalen Straßen das Eindringen in das Geschäftsviertel ermöglichen. Am häufigsten ist 2,6 m Wagenbreite, die Hoch- und Untergrund-Bahn in Berlin hat nur 2,26 m bei 12,70 m Länge, die Höchstzahl der Fahrgäste ist für Züge aus 8 Wagen mit 90 sek Folge wenig über 20000 in der Stunde.

Die Hochbahn in Hamburg hat schon 2,56 m breite Wagen; da aber die Bahnsteige nur 60 m lang sind, bleibt ihre Leistung bedeutend unter 20000 Fahrgästen und ist etwa

der der Stadtbahn in Paris mit 2,40 m breiten Wagen und höchstens 72 m langen Zügen gleich. Man kann die Bahn in Hamburg, wenn auch knapp, noch als genügend bezeichnen, in Paris aber ist die Unzulänglichkeit schon nach einigen Betriebsjahren in wichtigen Abschnitten in Erscheinung getreten.

Die in Bau begriffene städtische Nord-Süd-Untergrundbahn in Berlin hat 2,64 m breite Wagen und 80 m lange Bahnsteige, sie wird mit 25000 Fahrgästen in der Stunde die Leistung der älteren »Hochbahn« nur wenig übertreffen.

Die gleichfalls begonnene Schnellbahn der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft in Berlin erhält 2,55 m breite Wagen und 130 m lange Bahnsteige, ihre Höchstleistung dürfte 40000 Menschen in der Stunde sein.

III. Leistungsfähigkeit neu anzulegender Stadtbahnen.

III. A) Allgemeiner Ausdruck.

Die Leistung A einer zweigleisigen Bahn ist die Zahl der in der Zeiteinheit in einer Richtung gefahrenen Sitz- und Steh-Plätze, also von dem Platzangebot eines Zuges unmittelbar, von der Zugfolgezeit t , dem umgekehrten Werte der Zugzahl, umgekehrt abhängig: $A = c \cdot l : t$. Hierin ist l^m die Zuglänge, c die auf 1 m Länge entfallende Anzahl der Sitz- und Steh-Plätze, darin kommt die Wagenbreite und das Verhältnis der Zahl der Sitz- zu der der Steh-Plätze zum Ausdruck. Für die meist verwendeten 2,60 m breiten Wagen enthält c etwa 2,7 Sitz-, und je nach Füllung 4 bis 5,4 Steh-Plätze; bei den kurzen Fahrtlängen im städtischen Nahverkehre ist eine sonst zu hohe Zahl der Stehplätze unbedenklich.

Die Länge der längsten Stadtbahnzüge liegt zwischen 72 m in Paris und 158,8 m beim »Subway« in Neuyork. Wegen der bedeutenden Kosten werden bei Untergrundbahnen nicht selten kurze Haltestellen, also kurze Züge mit dichter Folge vorgezogen. Über die erreichbare kürzeste Zugfolge und den Kostenaufwand, mit dem sie erzielt werden kann, täuscht man sich leicht. Dafs die Meinungen in derselben Stadt sehr verschieden sein können, zeigt der auffallende Unterschied in den Längen der Haltestellen zweier in Berlin in Ausführung begriffener Schnellbahnen; die städtische Nord-Südlinie erhält 81 m, die Linie Gesundbrunnen—Neukölln 130 m, dabei haben beide Bahnen annähernd gleiche, erstere vielleicht die gröfsere Bedeutung, da sie einer Hauptader, der Friedrichstraße, folgt.

Eine eingehendere Untersuchung erscheint deshalb angebracht, da bisher nur Teilfragen behandelt wurden, die auch den letzten Stand nicht erfassen.

III. B) Fahrt zwischen zwei Haltestellen.

B) 1. Fahrlinie für wagerechte Bahn.

(Abb. 1 bis 3, Taf. 34)

Die Fahrt zwischen A und B zerfällt in die Abschnitte »Anfahrt«, Weg e_1 , Zeit t_1 , bis Eintritt der Höchstgeschwindigkeit v_1 , »Auslauf«, Weg e_2 , Zeit t_2 , mit von v_1 auf v_b abnehmender Geschwindigkeit und »Bremsweg«, Weg e_3 , Zeit t_3 , bis zum Halten.

Während der Anfahrt sei die durchschnittliche Beschleunigung γ_a unveränderlich, in Wirklichkeit nimmt $dv : dt$ gegen Ende der Anfahrt etwas ab. Bei Gleichstrom-Reihen-

schluss-Triebmaschinen, die auf Stadtbahnen meist verwendet werden, zeigt die Fahrlinie, Zeit-Geschwindigkeit-Linie, in der Nähe der Höchstgeschwindigkeit eine in Abb. 1, Taf. 31 gestrichelte Abflachung aus der Abnahme der Beschleunigung und Zugkraft; sie kann aus der Kennlinie der Triebmaschine entwickelt werden*). Aus der Einführung von γ_a folgen erhebliche Abweichungen erst bei Geschwindigkeiten über 50 km /st, die bei Stadtschnellbahnen nicht vorkommen.

Die Fahrlinie ist in Abb. 1, Taf. 34 mit den Zahlenwerten eines Beispiels gezeichnet, in Abb. 2, Taf. 34 ist die in jedem Wegpunkte herrschende Geschwindigkeit dargestellt.

1. a) Widerstände.

Für Untergrundbahnen mit enger Umgrenzung gelten die für andere Verhältnisse abgeleiteten Werte nicht; da der Luftwiderstand, besonders bei Gegenfahrten, und der Widerstand in Bogen bei den unter Stadtstraßen verlaufenden Unterpflasterbahnen beträchtlich werden können. Hier sollen die Reibung der Achslager, die rollende Reibung und die Widerstände der Luft und in Bogen den neuen Versuchen bei den Untergrundbahnen in Neuyork**) für Tunnel mit zwei und vier Gleisen und rechteckigem Umriss nach Zusammenstellung I entnommen werden.

Zusammenstellung I.

Widerstand w

Geschwindigkeit		Widerstand w kg/t
km/st	m/sek	
12,8	3,56	3,63
16,0	4,44	3,73
19,2	5,33	3,91
22,4	6,22	4,01
25,6	7,10	4,23
28,8	8,00	4,46
32,0	8,88	4,68
35,2	9,77	4,89
38,4	10,65	5,11
41,6	11,54	5,36
44,8	12,46	5,61
48,0	13,32	5,93
51,2	14,20	6,11
54,4	15,10	6,38
57,6	16,00	6,60
60,8	16,90	6,88

Über den Widerstand in eingleisigen Röhrentunneln wurden an der Hudson und Manhattan-Bahn Versuche ausgeführt.***) In Steigungen und Gefällen kommt der Widerstand $\pm m \text{ ‰}$, bei der Anfahrt die beschleunigende Kraft $1000 \cdot \gamma_a : g = (1000 \cdot v) : (g \cdot t)$ hinzu, worin gm/sek^2 die Erdbeschleunigung, v m/sek die Geschwindigkeit, t die Zeit bedeutet; dazu wird für umlaufende Massen ein Zuschlag von 10 ‰ gemacht †).

*) Ein Verfahren gibt E. C. Zehme in Eisenbahntechnik der Gegenwart, IV. Band, Teil E, Seite 781 an.

**) Electric Railway Journal 1915, S. 498.

***) American Society of Civil Engineers, Transactions Paper Nr. 1253, Seite 1004.

†) In der Elektrotechnischen Zeitschrift 1917, S. 393 gibt R. Mauermann ein Verfahren für die Berechnung des Massenzuschlages bei gegebener Triebmaschine an.

1. b) Beispiel.

Der Stamm einer Untergrundbahn in der Geschäftstadt mit $m = 0$ hat $E = 650$ m Abstand der Haltestellen, weiter ist $\gamma_a = 0,6$, $v_1 = 12,5$ m/sek, $V_1 = 45$ km st Anfahrt: $v_1 = \gamma_a \cdot t_1$, $t_1 = 20,8$ Sek, $e_1 = \gamma_a \cdot t_1^2 : 2$, $e_1 = 129,79$ m.

Für einen aus drei je 32 t schweren metallenen Triebwagen und vier holzfreien, je 20 t schweren Anhängewagen gebildeten Zug mit 700 Menschen zu 70 kg ist das Gewicht 225 t und die erforderliche Anfahrkraft $Z_a = 16397$ kg, für $w = 5,6$ kg t. Die Anfahrkraft ist bestimmend für die Bemessung der Triebmaschinen, Querschnitte der Leitung, des Kraftwerkes und des Reibungsgewichtes.

Auslauf. Nach Erreichen der Höchstgeschwindigkeit v_1 wird der Strom abgeschaltet, der Zug läuft bis zur Geschwindigkeit v_b aus. Hierin unterscheidet sich der Stadtbahnbetrieb mit seinen nahe liegenden Haltestellen grundsätzlich vom Betriebe der Vollbahnen, denn dort folgt dem Anfahren ein Beharrungszustand bis zum Beginne des Bremsens. Bei wagerechter Bahn ist die Abnahme an lebendiger Kraft einschliesslich 10% für umlaufende Massen nur durch den Widerstand $w = 5,6$ kg/t bedingt.

Gl. 1) $1,1 \cdot 1000 \cdot Q \cdot (v_1^2 - v_b^2) : 2g = w \cdot Q \cdot e_2$.

Die Bremsverzögerung sei $\gamma_b = 1$ m/sek², für die Bremsfahrt gilt $e_3 = \gamma_b \cdot t^2 : 2$, $v_b = \gamma_b \cdot t_3$, $e_3 = 54,88$ m, $t_3 = 10,48$ sek.

Durch Ableiten der Gl. 1) erhält man $\frac{1100}{g} \cdot v_b \cdot \frac{dv_b}{dt} = w \cdot \frac{de_2}{dt}$

und $1100 \cdot v_b \cdot \gamma_1 : g = w \cdot v_b$, da $dv_b : dt = \gamma_1$ die Auslaufverzögerung bedeutet, sie wird $0,0499$ m/sek², der Auslaufweg $e_2 = 465,33$ m und die zugehörige Zeit $t_2 = 40,50$ sek. Damit sind die später für die Untersuchung der Zugfolge erforderlichen Werte für wagerechte Bahn gefunden:

Anfahrt	$e_1 = 129,79$ m,	$t_1 = 20,8$ sek,
Auslauf	$e_2 = 465,33$ „	$t_2 = 40,50$ „
Bremsen	$e_3 = 54,88$ „	$t_3 = 10,48$ „
$E = 650,00$ m		$T = 71,78$ sek.

Bei der Zentral-London-Schnellbahn sind die Haltestellen gegen die Strecke überhöht gelegt mit Rampen, die auf die Raschheit des Zugumlaufes einwirken. Wie die Zugfolge dadurch beeinflusst wird, soll unter III. C. 2) bei Erörterung der Mittel zur Verdichtung der Zugfolge behandelt werden.

B. 2) Zugfolge.

2. a) Ohne Streckenblockung.

Die Bewegung eines Zuges wird durch die Zeit-Weglinie für Spitze und Schluss dargestellt (Abb. 3, Taf. 34). Bei ungesicherter Fahrt könnte Zug II dem Zuge I räumlich im Abstande einer Schutzstrecke, wenigstens gleich der seiner Bremsstrecke, oder zeitlich nach der Bremszeit folgen, dem Aufrennen wäre damit vorgebeugt. Trägt man in jedem Punkte A_{II} der Zeit-Weg-Linie der Spitze II die zugehörige Bremszeit t_3 auf, so ergibt sich eine Bremszeitlinie Br. Folgt Zug II auf I so, dass zwei lotrecht über einander liegende Punkte der Schlusslinie E und der Bremszeitlinie Br berührend zusammen-

fallen, so fährt II in Bremszeitabstand hinter I, doch dürfen sich die Linien nicht schneiden*).

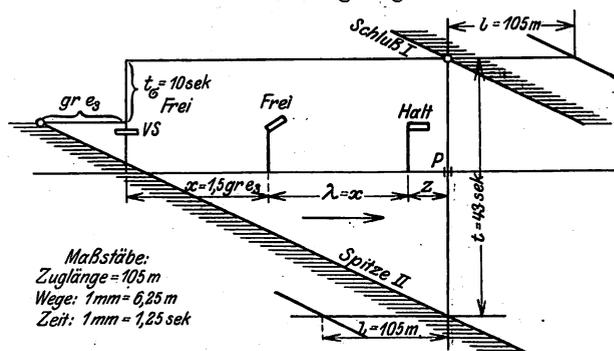
Aus Abb. 3, Taf. 34 ergibt sich, dass die Haltestellen bestimmend auf die kürzeste Zugfolge einwirken, für die die Strecke $A_I - A_{II}$ das Zeitmafs ist. Bei strassenbahntartigem Betriebe wird, wie eben beschrieben, «auf Sicht» gefahren, bei Schnellbahnen ist besondere Zugsicherung nötig, daher ist auch die ermittelte kürzeste Zugfolgezeit im Hinblick auf die Streckenblock- und Signal-Anlage zu verbessern.

2. b) Mit Streckenblockung.

b. a) Handbediente Signale (Textabb. 2).

Die Einfahrt in jeden Abschnitt ist durch ein Signal gedeckt, dem im 50% reichlich gemessenem Bremsabstande für volle Fahrgeschwindigkeit $1,5 \cdot v_1^2 : 2g = 117$ m ein Vorsignal VS vorangeht; dessen Umstellung auf «Fahrt» erfolgt, wenn der Schluss des Zuges I die Schienentrennstelle P überfahren hat, und die Signalzeit $t_s = 7$ bis 20, gezeichnet 10 Sekunden, abgelaufen ist. Dann muss aber die Spitze des Zuges II noch etwa eine Bremslänge $gr_3 = 78$ m abstehen, damit

Abb. 2. Kürzeste Zugfolge auf der Strecke. Nicht selbsttätige Signale.



der Führer die Umstellung beobachten kann. Der Räumungspunkt P liegt vom Signale um das Maß z ab, das die »Halt«-Stellung des Signales erst hinter dem Schlusse des Zuges I sichert und Schutz für den Fall gewährt, dass Zug I mit der letzten Achse unmittelbar hinter dem Räumungspunkte P zum Stillstande kommt und Zug II, der dann bei VS die »Fahrt« findet, bei schlechtem Bremsen auf I stößt. Hierfür genügt bei der Ausfahrt aus Haltestellen 10 bis 20 m, für Züge in voller Fahrt ist dies zu wenig.**)

*) In Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen 1907, S. 602 ermittelt R. Pfeil die Bremslinie für die Spitze versehentlich so, dass die Punkte der Bremslinie wagerecht von den Punkten der Spitze um die Bremslänge entfernt sind; der lotrecht gemessene Abstand A — B zwischen Punkten der Spitze und der Bremslinie stellt dann aber nicht mehr die Bremszeit dar. Pfeil sagt irrtümlich: „... „so könnte man die kürzeste Zugfolgezeit für zwei Züge dadurch ermitteln, dass man ihre Liniengruppen im Zeitsinne lotrecht so gegen einander verschiebt, bis nirgend mehr die Bremslinie des nachfolgenden, untern Zuges in die Schlusslinie des vorhergehenden Zuges einschneidet; der senkrechte Abstand der Spitzenlinien gibt dann die Zugfolgezeit in jedem Punkte der Bahnlinie.“ In Abb. 3, Taf. 34 sind vergleichsweise die Bremsweglinie nach Pfeil und die richtige Bremszeitlinie eingetragen.

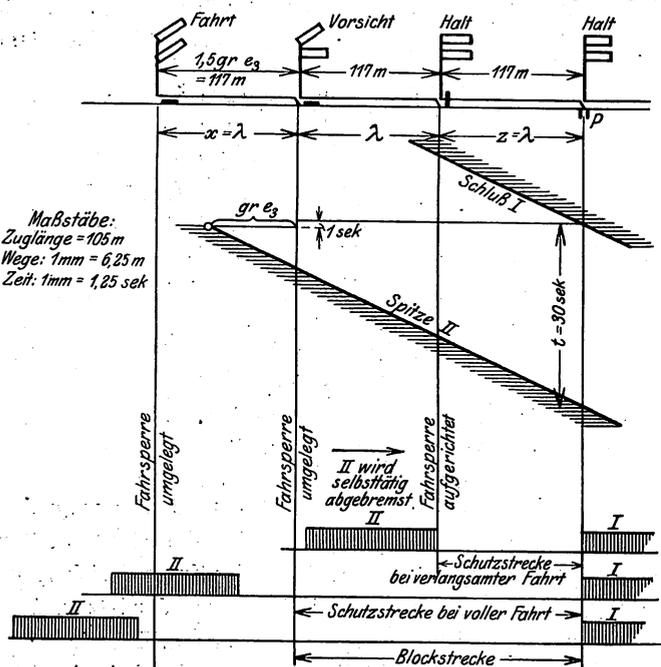
**) Pfeil setzt auch für die freie Strecke nur 10 — 30 m; bei selbsttätigen Signalen führt man ein wesentlich größeres Schutzmaß aus.

In Textabb. 2 ist die kürzeste Folgezeit ermittelt; man erkennt ihre Abhängigkeit von dem Abstände zwischen VS und dem Räumpunkte P und von der Signalstellzeit t_s . Die volle Ausnutzung der Leistungsfähigkeit der Strecke ist bei handbedienten Signalen nicht möglich, der Bedarf an Wärtern wäre zu groß, ihre Unterbringung im Tunnel schwierig, überdies wäre die Fahrt doch nicht sicher, weil mangels der Anschläge für selbsttätiges Bremsen, der Fahrsperrn, doch noch »Halt«-Signale überfahren werden könnten.

b. β) Selbsttätige Blockung und Fahrsperrn. (Textabb. 3).

Hier bildet eine große Anzahl von Signalen kein Hindernis, jedem ist eine Fahrsperrre zugeordnet. Als kürzeste Blockstrecke empfiehlt sich die reichlich bemessene Bremslänge, damit der Fahrer stets nur ein Signal zu beobachten hat. Beide Schutzmaße x und z pflegt man hier gleich der um 50% reichlich bemessenen größten Bremslänge λ zu machen, wobei

Abb. 3. Kürzeste Zugfolge auf der Strecke. Selbsttätige Signale.



jedes Signal als Strecken- und als Vor-Signal dient. Die Signalstellzeit verschwindet bei elektrisch gesteuerten Lichtsignalen, ist aber hier mit 1 sek eingesetzt. Die kürzeste Zugfolgezeit ergibt sich aus Textabb. 3, doch muß noch gezeigt werden, wie weit sie mit Rücksicht auf die Haltestellen durchführbar ist. Die Zugbewegung ist hier vollständig sicher, da die Züge stets durch wenigstens eine Schutzlänge λ getrennt sind.

III. C) Zugfahrt durch Haltestellen.

1. Handbediente Signale (Abb. 4, Taf. 34).

Die verhältnismäßig kurzen Haltestellen der Stadtbahnen bilden je eine Blockstrecke zwischen dem Einfahrsignale ES und dem Ausfahrtsignale AS, die immer nur einen Zug enthalten darf. Im Abstände x gleich einer reichlichen Bremslänge $1,5 e_3$ ist ein Vorsignal VS vorangestellt, das die Stellung von ES anzeigt. Zur Sicherheit gegen verspätetes oder mangelhaftes Bremsen ist zwischen dem Schlusse des in der Haltestelle haltenden Zuges I und dem ES noch ein Schutzmaß y , etwa gleich der Bremslänge e_3 , eingeschaltet. Für die Wahl des

Räumpunktes P gilt das früher Gesagte. AS liegt 5 m vor der Spitze des eingefahrenen Zuges. Die Zeit t_s vom Befahren des Räumpunktes bis zur Umstellung des Vorsignales ist mit wenigstens 10 sek zu schätzen. Die Zugfolgezeit t ergibt sich als die Summe aus der Haltezeit t_h , der Ausfahrzeit t_1 , der Signalstellzeit t_s , der Einfahrzeit t_{II} und einem Zuschlage t_0 für Unregelmäßigkeiten, erschwertes Anfahren auf Steigung und verlängerte Bremszeit im Gefälle. Die Haltezeit kann, wenn bei starkem Andrang Zu- und Ab-Gang nicht an verschiedenen Bahnsteigkanten erfolgen, nicht unter 20 sek angenommen werden, sie kann in einzelnen Haltestellen wesentlich größer sein, auch unzweckmäßige Anordnung, Bemessung und Verschlussart der Wagentüren und schwerfällige Abfertigung langer Züge wirken verlängernd. Die Ausfahrzeit t_1 läuft vom Anziehen des Zuges I bis zum Befahren des Räumpunktes P durch die letzte Achse, im Beispiele entspricht t_1 der Länge 129,79 m. Die Einfahrzeit t_{II} hängt von der Anzeige des Vorsignales ab; zeigt es bei Ankunft der Spitze II gemäß Stellung II in Abb. 4, Taf. 34 »Fahrt«, so kann der Weg $x + y + 1 \pm e_3$ mit Auslauf von v auf v_3 durchfahren werden. Der Zug befindet sich dann noch etwa um eine Bremslänge e_3 vor VS, damit sich der Fahrer der Umstellung des Signales bewußt wird.

Aus der Beziehung $1100 \cdot Q \cdot (v^2 - v_3^2) : 2g = W \cdot Q \cdot (x + y + 1 \pm e_3)$ folgt die Geschwindigkeit v am VS mit 11,57 m/sek., die Einfahrzeit $t_{II} = t_s + (x + y + 1) \cdot 2 : (v + v_b) = 32,45$ sek. Die kürzeste Zugfolgezeit wird $20,4 + 32,45 + 10 + (20 + 5) + t_0 = 87,85 + t_0$ sek, wobei zur Haltezeit 5 sek für die Beobachtung des Ausfahrtsignales gerechnet wurden.

Auch kann der Fall eintreten, daß der Folgezug vom VS an bremsen muß, weil es »Halt« am ES anzeigt. Der Zug kommt etwa $e_3 : 2$ vor dem ES zum Stillstande, fährt nach der Umstellung wieder an, erreicht aber die Höchstgeschwindigkeit v_1 nicht mehr. Der Weg $1,5 e_3 + 1$ wird teils in der Anfahrt e_1 , teils in der Bremsfahrt e_2 zurückgelegt, die zugeordneten Zeiten sind t_1 und t_2 und zwar $t_1 = 19,75$ sek, $e_1 = 117,08$ m; $t_2 = 11,85$ sek, $e_2 = 70,24$ m.

Zu berücksichtigen sind noch ein Zuschlag von etwa 6 sek für die Beobachtung der Umstellung des Signales, der Zeitaufwand für das Bremsen vor dem ES mit annähernd 11,57 sek und, wie früher, die Zeit für die Beobachtung des VS, nämlich $(2e_3 - 66,97) : 11,57 = 3,7$ sek, worin 66,97 m der Bremsweg für die Geschwindigkeit am VS ist. Die Zugfolgezeit wird dann $20,4 + 52,87 + 10 + (20 + 5) + t_0 = 108,27 + t_0$ sek $t_{II} = 31,60 + 6 + 11,57 + 3,7 = 52,87$ sek. Der Unregelmäßigkeiten wegen wird man t_0 etwa mit 10% zuschlagen, kommt also auf 2 min Zugfolge, mehr ist bei handbedienten Signalen im regelmäßigen Betriebe nicht erreichbar; auch das ist nur auf unverzweigten Linien unter günstigen Verhältnissen und nicht länger, als während einer Verkehrsspitze möglich. Abb. 4, Taf. 34 zeigt die der Rechnung zu Grunde gelegten Stellungen der Züge und die vom VS an verschiedenen verlaufenden Zeit-Weg-Linien für die Züge II und II¹.

C. 2) Verdichtung der Zugfolge.

2a) Einfluß des Bremsens und Anfahrens.

Die Ausdrücke für die Ausfahrzeit $t_1 = \sqrt{2(1 + 5 + z)} \cdot \gamma_a$ und Einfahrzeit $t_{II} = v_b \cdot \gamma_b + (x + y + 1) \cdot 2 : (v + v_b)$ ergeben

eine Abnahme der Zugfolgezeit mit Zunahme der Beschleunigung γ_a und der Bremsverzögerung γ_b , ebenso die Abb. 4, Taf. 34. Mit γ_b wird man der Regel nach der stehenden Fahrgäste wegen nicht über 1 m/sek² gehen. In Neuyork wird, meist mit 0,9, bei Notbremsung mit 1,3 m/sek² gearbeitet.

Hohe Werte von γ_a wirken auf raschen Umlauf der Fahrzeuge, entgegen stehen aber die bei wachsender Zugkraft $Z^k = Q^t (1100 \cdot \gamma_a : g + w^{kg/t})$ steigenden Gewichte der Triebmaschinen, die wieder ausgeprägtere Spitzen im Stromverbrauche, also grössere Querschnitte der Leitung und teure Anlagen im Kraftwerke bedingen. Andererseits wird der Auslauf bei rascher Anfahrt länger und die Geschwindigkeit, aus der abgebremst wird, niedriger, ein für die Wirtschaft des Betriebes sehr wesentlicher Gesichtspunkt. Im Allgemeinen sind hohe Anfahrbeschleunigungen bis etwa 0,7 m/sek² bei Stadtschnellbahnen vorteilhaft, doch ist in jedem Falle eingehender Vergleich unter Berücksichtigung der Kosten der Fahrzeuge, der Anlagen für Strom-Erzeugung und -Verteilung und des Betriebes nötig.

In der Formel für die Einlaufzeit $t_I = v_b : \gamma_b + 2(x + y + 1) : (v + v_b)$ kommt die mittlere Einlaufgeschwindigkeit vor, die nach dem Gesagten niedrig gehalten werden soll, dann aber die Zugfolgezeit etwas verlängert, doch ist dieser Einfluss geringer, als der günstige der Kürzung der Bremszeit und Ausfahrzeit zusammen. Die Möglichkeit, sehr rasch anzufahren, ist auch für die Einholung kleiner Verspätungen wichtig. Die rasche Anfahrt macht den elektrischen Betrieb mit Triebwagen dem Dampfbetriebe überlegen, bei dem nur mit 0,15 bis 0,25 m/sek² angefahren werden kann. Bei Wahrung gleicher Höchstgeschwindigkeit ergibt der Dampfbetrieb längere Fahrzeiten und geringere Zugzahl (Textabb. 1).

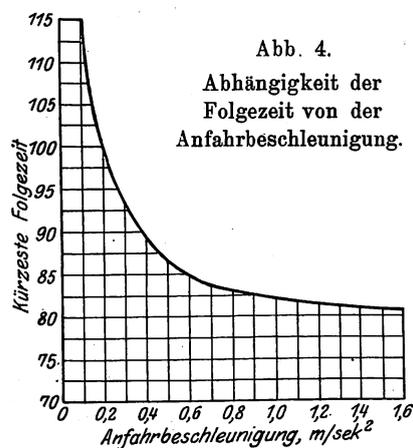


Abb. 4. Abhängigkeit der Folgezeit von der Anfahrbeschleunigung.

Die Vergrößerung von γ_a ist für die Folgezeit nur bis etwa 0,6 m/sek² von Bedeutung, ihr Einfluss auf die Raschheit des Umlaufes ist bei der Planung des elektrischen Ausbaues der Stadtbahn in Berlin mehrfach untersucht worden*). Wechmann**) fand den Zusammenhang nach Zusammenstellung II.

Zusammenstellung II.

Kürzeste Folgezeit.

Beschleunigung m/sek ²	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Kürzeste Folgezeit sek	136,9	118,9	110,9	106,1	103,0	100,9	99,4	98,3	97,4	96,7

Pforr***) gibt die Schaulinie nach Textabb. 4 an.

*) Glasers Annalen 1906, Seite 152.

**) Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen 1916, S. 218.

***) Organ 1913, S. 272.

Ähnliche Ergebnisse findet Obergethmann†). E. C. Zehme††) gibt die Abhängigkeiten der Zusammenstellung III an.

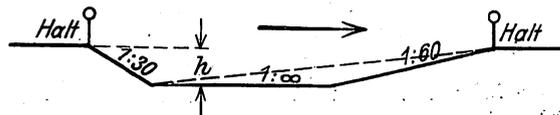
Zusammenstellung III.

Beschleunigung m/sek ²	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Kürzeste Folgezeit min	1,0	0,86	0,79	0,75	0,73	0,71	0,69	0,68

2. b) Überhöhung der Haltestellen.

Die Hochlegung der Haltepunkte verkürzt die Folgezeit der beim Einfahren steigenden, beim Ausfahren fallenden Züge. Einheitlich ausgeführt ist die Anordnung bei der Zentral-London-Röhrenbahn. Die Meinungen über den Nutzen für die Zugfolge gehen auseinander. Pfeil†††) hält in vielen Fällen erhöhte Lage der Gleise an den Bahnsteigen für zweckmäßig, «um die Bremsverzögerung und die Anfahrbeschleunigung wirksam und zugleich wirtschaftlich günstig zu erhöhen». Auch für den Ausbau der Stadtbahn in Berlin wurde die Hochlegung der Haltestellen angeregt. Obergethmann†*) sagt hierüber: «Nicht nur würde die Bremsarbeit hierdurch verringert, sondern auch der Bremsweg und der Räumweg würde verkürzt, was auf eine geringe Steigerung der Zugfolgezahl n hinwirkt.» Dagegen erwarten Brugsch und Briske†**) wohl wirtschaftlichen Vorteil, aber keine Erhöhung der Leistung. Blum†***) berichtet über die Zentral-London-Bahn, «Triebkraft werde gespart und Zeit gewonnen». Die Frage soll hier mit den Zahlen des Beispiels geklärt werden. Strenge Durchführung der Hochlegung der Haltestellen ist bei Unterpflasterbahnen wegen der Lage zur Straße und der sonstigen Benutzung des Untergrundes nicht zu erreichen. In manchen Fällen bietet sich aber auch hier Gelegenheit zur Überhöhung ohne wesentliche Mehrkosten, beispielweise wenn die Haltestelle bequemen Zuganges wegen mit ebener Trägerdecke und sehr geringer Überschüttung ausgeführt wird, der Streckentunnel aber der Billigkeit halber gewölbt ist. Bei der Zentral-London-Bahn, die durchschnittlich 30 m unter Straße verläuft, ist für jedes Gleis die Anordnung nach Textabb. 5 gewählt.

Abb. 5. Hochlage der Haltestellen, Zentral-London-Bahn.



In der folgenden Untersuchung wird die Steigung 1:60 der Einfahrt auf die vom Gefälle 1:30 der Anfahrt bedingte Höhe h durch eine vom Ende der Anfahrt bis zum Anfange der nächsten Haltestelle reichende gleichmäßige, in Textabb. 5 gestrichelte Steigung ersetzt. Damit wird der Vorteil erreicht, dass ein vor dem Einfahrtsignale zum Halten gezwungener Zug auf einer flachern Steigung schneller wieder anfährt, und dass

†) Organ 1913, S. 272; Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1913, S. 702.

††) Eisenbahntechnik der Gegenwart, IV. Band, E, S. 790.

†††) Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen 1907, S. 602.

†*) Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1913, S. 702.

†**) Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen 1913, S. 556.

†***) Eisenbahntechnik der Gegenwart, Band IV, S. 191.

so entsteht eine Verzögerung, da nach der Freigabe erneut angefahren werden muß; der Einlaufweg $e_3 : 2 + y + 1$ wird teils im Anfahren ε_1 , teils als Bremsweg $\varepsilon_2 = v_b'^2 : (2 \cdot 1,0)$ zurückgelegt, wobei 52,785 m in der Steigung μ , 105 - ε_2 in der Wagerechten liegen. Die Triebmaschinen entwickeln dieselbe Zugkraft $Z_a = 1100 Q \cdot \gamma_a : g + w \cdot Q$, wie auf wagerechter Bahn, ein Teil wird hier für Heben verbraucht. In $Z_a \cdot \varepsilon_1 = Q \cdot w \cdot \varepsilon_1 + Q \cdot \mu \cdot 52,785 + 1100 Q \cdot \gamma_a' \cdot \varepsilon_1 : g$ wird die mittlere Beschleunigung γ_a' aus dem Wege ε_1 und aus der Geschwindigkeit v_b' bei Bremsbeginn ausgedrückt $\gamma_a' = v_b'^2 : 2 \varepsilon_1$; $\varepsilon_1 = 157,785 - v_b'^2 : (2 \cdot 1,0)$. Die Lösung der Gleichung nach v_b' liefert $v_b' = 10,79$ m/sek. Weiter folgen $\varepsilon_1 = 99,58$ m, $\varepsilon_2 = 58,20$ m, $t_1 = 18,47$ sek, $t_2 = 10,79$ sek. Danach beträgt der Gewinn gegen die gehemmte Einfahrt auf wagerechter Bahn 2,3, für Ausfahrt und Einfahrt zusammen 2,7, bei glatter Fahrt 3,2 sek. Das Anfahren auf der schwach geneigten Rampe wirkte verzögernd und muß bei der Anordnung der Zentral-London-Bahn wesentlich ungünstiger erscheinen.

Damit ist gezeigt, daß der durch Überhöhung der Haltestellen für Stadtbahnen mit nahe liegenden Haltestellen und daher geringer Höchstgeschwindigkeit erzielbare Zeitgewinn in der Zugfolge nur wenige Sekunden ausmachen kann; Mehrkosten des Baues sind also kaum gerechtfertigt. Es ist aber nicht zu übersehen, daß durch die Anfahrt im Gefälle an Stromkosten gespart werden kann, worauf aber hier unter Beschränkung auf die Fragestellung nicht eingegangen wird. An den Triebmaschinen kann trotz der Erleichterung des An-

fahrens nicht gespart werden, weil hohe Anfahrbeschleunigungen an beliebiger Stelle erreicht werden müssen, um den Fahrplan einhalten zu können*).

Die vorgeführte Rechnung hat ein bemerkenswertes Neben Ergebnis. Durch die Steigung im Auslaufe entstand eine Verlängerung der Fahrzeit um 8,7 sek. Die Geschwindigkeit bei Bremsbeginn war $v_b = 8,39$ statt 10,48 m/sek; der Zug läuft etwas langsamer ein, trotzdem wird die Einlaufzeit t_{II} etwas kürzer, weil aus geringerer Geschwindigkeit abgebremst wird. Man ersieht, wie früher durch Gleichungen gezeigt wurde, daß der Einfluß der Fahrgeschwindigkeit auf die Zugfolgezeit geringer ist, als der der Bremsverzögerung und Anfahrbeschleunigung zusammen. Man kann daher schließen, daß kurze in die Auslaufstrecke eingeschaltete Steigungen weniger verzögern, als an die Wagerechte der Haltestellen anschließende, da es in ersterm Falle gelingt, Verluste durch Stromzufuhr einzuholen.

Ersetzt man in Textabb. 7 das Gefälle von $m = 33,30/00$ durch eine gleich steile Steigung, so entsteht statt der zusätzlichen Beschleunigung eine Verzögerung und man findet eine Verlängerung der Anfahrtzeit um 6,4 sek.

Die Kürzung der Folgezeit bei der Einfahrt kann noch mit anderen Mitteln erstrebt werden, nämlich durch Minderung der Signalstellzeit, der Bremszeit durch Bremsen aus tunlich kleiner Geschwindigkeit und durch Kürzung des Einfahrweges.

*) Pforr, Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen 1916, Seite 219.

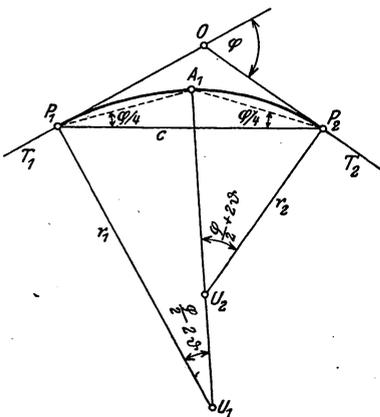
(Fortsetzung folgt.)

Einlegen von Korbboegen.

Ing. O. Bunzel Baukommissär der österreichischen Staatsbahnen in Eger.

Zur Abhandlung des Herrn Ing. Pan*) sei folgende ergänzende Bemerkung gestattet.

Abb. 1.



Verhältnis zu den Halbmessern an.

Man kann für die befriedigendste Lösung statt des Unterschiedes der Halbmesser $r_1 - r_2$ den Unterschied der Krümmungen

$$k = \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} = \frac{r_1 - r_2}{r_1 r_2}$$

zu einem Kleinstwerte machen. Tatsächlich kommt es nicht allein auf den Zahlenwert des Unterschiedes $r_1 - r_2$, sondern auch auf dessen

Mit dieser Bedingung erhält man statt Gl. 8) nach ähnlicher Zusammenziehung

$$\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} = \frac{4 \sin^2(\varphi : 2) \cdot \sin \vartheta}{c (\cos 2y - \cos[\varphi : 2])}$$

woraus $y = 0$ folgt.

Der Anschlußpunkt A_1 (Textabb. 1) liegt sonach bei dieser Lösung im Scheitel des Kreisbogens $P_1 P_2$ der frühern Textabb. 5.

$$r_1 = \frac{c \cdot \sin(\varphi : 4)}{2 \cdot \sin([\varphi : 4] - \vartheta) \cdot \sin(\varphi : 2)} = \frac{c}{4 \sin([\varphi : 4] - \vartheta) \cdot \cos(\varphi : 4)}$$

$$r_2 = \frac{c \cdot \sin(\varphi : 4)}{2 \cdot \sin([\varphi : 4] + \vartheta) \cdot \sin(\varphi : 2)} = \frac{c}{4 \cdot \sin([\varphi : 4] + \vartheta) \cdot \cos(\varphi : 4)}$$

Wenn ϑ den größten Wert $\varphi : 4$ annimmt oder sich ihm nähert, versagt die frühere Lösung, indem sie für r_2 Null oder einen unzulässig kleinen Wert ergibt, während die vorstehende Lösung auch dann noch das günstigste Ergebnis liefert.

*) Organ 1918, S. 9.

Nachruf.

Wilhelm Launhardt †.

Am 14. Mai 1918 starb in Hannover der Geheime Regierungsrat Dr.-Ing. G. h. Wilhelm Launhardt, ordentlicher Professor an der dortigen Technischen Hochschule im 87. Lebensjahre. Geboren am 7. April 1832 zu Hannover, besuchte Launhardt zunächst die Höhere Bürgerschule, nachherige Realschule 1. Ordnung und von Oktober 1848 an die polytechnische Schule seiner Vaterstadt. Nachdem er von

1854 bis 1866 im hannoverschen Staatsdienste bei Ausführung von Bauten namentlich im Eisenbahndienste und Straßenbaue, dann kurze Zeit beim Neubaue der Venlo-Hamburger Eisenbahn unter Funk tätig gewesen war, wurde er 1869 als Dozent für Straßen-, Eisenbahn- und Brücken-Bau an die Lehranstalt berufen, der er seine wissenschaftliche Ausbildung verdankte. Von 1875 bis 1880 war er der letzte Direktor der polytechnischen Schule und danach sechs Jahre lang der erste

Rektor der spätern Technischen Hochschule. Nach Einführung der Hochschulverfassung und des Rektorates wurde er zweimal, am 1. Juli 1880 und am 1. Juli 1883, auf je drei Jahre zum Rektor gewählt. Rufe, die 1872 von den Polytechniken in Stuttgart und Dresden an ihn ergingen, lehnte er ab.

Neben seiner Tätigkeit an der Hochschule wirkte Launhardt in ausgedehntem Maße als Fachschriftsteller, seine Arbeiten betreffen vorwiegend das Gebiet des Trassierens, des Tarifwesens und die Volkswirtschaftslehre im Allgemeinen. Als Hauptarbeiten sind zu nennen »Das Massen-Nivellement« 1877, »Die Steigungsverhältnisse der Strasse« 1880, das vom Vereine deutscher Eisenbahn-Verwaltungen preisgekrönte Werk »Die Theorie des Trassierens« 1888, die »Theorie der Tarifbildung der Eisenbahnen« 1891 und »Die Bauwürdigkeit der Nebenbahnen« 1897. Durch die ganze Tätigkeit Launhardts zieht sich ein bemerkenswerter Sinn für straffe Ordnung.

An Ehrungen hat es dem Verstorbenen während seines arbeitsreichen Lebens nicht gefehlt. 1880 wurde er in die Königliche Akademie des Bauwesens berufen, 1898 war er unter den ersten drei Technikern, die als lebenslängliche Mitglieder in das preussische Herrenhaus berufen wurden, 1903 ernannte ihn die Technische Hochschule in Dresden »in Würdigung der grundlegenden Arbeiten zur Erforschung verkehrstechnischer und volkswirtschaftlicher Fragen, besonders auf dem Gebiete des Eisenbahnwesens« zum Dr.-Ing. E. h., auch wurde ihm die Goldene Medaille für verdienstvolle Leistungen im Bau- und Verkehrs-Wesen verliehen. An preussischen Orden besaß er die Sterne zum Kronenorden II. Klasse und zum Roten Adlerorden II. Klasse mit Eichenlaub.

Mit Launhardt ist ein ausgezeichnete Ingenieur und Volkswirtschaftler dahingegangen. —k.

Bericht über die Fortschritte des Eisenbahnwesens.

Bahnhöfe und deren Ausstattung.

Drehbank für Achssätze.

(Génie civil, November 1917, Nr. 21, S. 333. Mit Abbildungen.)

Hierzu Zeichnungen Abb. 12 bis 14 auf Tafel 34.

Die Werkstätte Batignolles der französischen Staatsbahnen hat zwei neuartige Drehbänke für Achssätze von Lokomotiven erhalten. Lieferwerk ist die amerikanische Niles-Bement-Pond-Gesellschaft in Neuyork. In der Mitte des kräftigen Bettes erhebt sich nach Abb. 12 bis 14, Taf. 34 ein Gehäuse C mit geteilten Lagern und abnehmbarem Oberteile für das Antriebrad, das mit Winkelzähnen versehen ist und von einem Ritzel auf der unten im Bette gelagerten Hauptwelle getrieben wird. Mit dem Antriebrade sind zwei außerhalb des Gehäuses C liegende Planscheiben P und P' verbunden, denen je eine kleinere Planscheibe P₁ und P₁' an den Spindelstöcken B und B₁ (Abb. 14, Taf. 34) gleichachsig gegenüber steht. Das Haupttrieb- und die Planscheiben P enthalten einen verschleißbaren, bis auf die mittlere Bohrung gehenden Ausschnitt, durch den der zu bearbeitende Achssatz eingelegt werden kann. Die Räder liegen dann zwischen den beiden Planscheiben und werden durch je drei verschiebbare Spannbacken eingespannt. Die Spindeln der äußeren Planscheiben P₁ sind hohl und enthalten ein schwach kegelig geformtes Futter, in das zum Ausrichten der Lokomotivachsen eine kräftige Körnerspitze eingesetzt wird. Werden Tender- und Wagen-Achsen bearbeitet, so treten an die Stelle der Körner geteilte Spannbacken, die um die Achsschenkel gelegt werden und die Achse in den Futter der Hohlspindel genau mittig führen. Die Schlitten A und A₁ mit schweren Stahlhaltern werden durch Hebel von der Hauptwelle und von Hand mit Ratschenhebeln angestellt. Die nach der Lauffläche und dem Flansche des Radreifens geformten Messerstähle werden dagegen mit Prefs- und

gespannt. Der Kolben eines kleinen, auf dem Schlitten befestigten Prefs- und Zylinder preßt den durch Kniehebel mit dem Schlitten verbundenen Stahlhalter fest auf das Werkzeug. Auch die beiden Spindelstöcke B und B₁ können mit Prefs- und Zylinder auf verschiedene Spitzenweite eingestellt werden. Zur Verriegelung sind seitlich besondere Prefs- und Zylinder E und E₁ vorgesehen. Zum Antriebe der Bank dient eine elektrische Maschine M von 50 PS mit doppeltem Zahnradvorgelege.

Die Achsen werden auf einem rechtwinkelig zur Drehachse angeordneten Gleise herangeführt. Der aufklappbare Zahnkranz des Antriebrades öffnet sich selbsttätig. Die Achse wird dann in die Bank geschoben, worauf sich der Zahnkranz schließt und die Achse durch Heben der Stützschiene mit einer elektrischen Triebmaschine von 5 PS vor die Körnerspitzen gebracht wird.

Die Maßnahmen zum Ein- und Ausbringen der Achsen, zum Einspannen und zum Anstellen der Werkzeuge in kürzester Frist und die kräftige Bauart ermöglichen hohe Leistung. Bei den Versuchen wurden in zehn Stunden achtundzwanzig Achssätze mit durchschnittlich 1030 mm Durchmesser fertig gedreht. Die Achssätze waren nicht besonders ausgesucht und hatten vielfach ausgeschlagene und hartgebremste Reifen. Zum Ein- und Ausspannen des Achssatzes wurden im Durchschnitte 6 min, zum Überdrehen 11 bis 19 min gebraucht. Die Geschwindigkeit am Umfange betrug 3,66 bis 10,98 m, die Spantiefe 7 bis 8 mm. Im laufenden Betriebe sind nach neueren Feststellungen 23 min für Fertigstellung eines Achssatzes erforderlich. Als Werkzeuge dienen Formmesser, die auf kräftige Stahlhalter aufgeschraubt sind. Der Halter D dient zum Befestigen der Messlehren. A. Z.

Maschinen und Wagen.

Lentz-Dichtung für Dampfmaschinen.

(Hanomag-Nachrichten der Hannoverschen Maschinenbau A.-G. vorm. Georg Egestorff, Hannover-Linden, Januar 1918, Nr. 1, S. 1. Mit Abbildungen.)

Hierzu Zeichnungen 11 bis 14 auf Tafel 33.

Für Kolbenstangen besteht die von der Hannoverschen Maschinenbau A.-G. eingeführte Dichtung nach Lentz aus

geschlossenen, gusseisernen Dichtringen a (Abb. 1, Taf. 33), die mit 0,01 mm Spiel auf die Stange aufgeschliffen sind. Die Ringe werden von Ringtaschen b so gehalten, daß sich diese rechtwinkelig zur Kolbenstange frei bewegen können, sie greifen mit einer Randnut genau gleichmäßig über einander, werden durch den Deckel der Stopfbüchse fest gegen einander

gedrückt und an beiden Enden durch eine dünne Dichtung gegen den Austritt von Dampf gesichert.

Der hochgespannte Dampf drückt den ersten Dichtring gegen die Dichtfläche der Ringtasche. Der Dampf, der zwischen dem Ringe und der Kolbenstange durchdringt, tritt in die nächste Ringkammer, dehnt sich, wirkt mit niedrigerer Spannung auf den nächsten Dichtring und wird schließlich aus der letzten Kammer als Niederschlagwasser und ohne Spannung durch ein Röhrrchen frei abgeführt.

Die Stopfbüchse läßt der Kolbenstange freie Bewegung, Abnutzung durch Reibung wird vermieden, Verpacken mit Dichtstoff und Nachziehen der Deckelschrauben entfallen. Die Dichtung ist gegen Wärme unempfindlich, daher auch für Heißdampf geeignet. Zweckmäßig wird Prefsschmierung verwendet, wobei das Öl im Innern des Zylinders vor der Stopfbüchse auf die Kolbenstange tritt.

Die Ringe werden auch zweiteilig ausgeführt, um sie in Stopfbüchsen zwischen hinter einander liegenden Zylindern einbauen zu können. Dann sind sie mit einem starken federnden Ringe umschlossen, das sie als ungeteilt gelten können, und so aufgepaßt, das sie die Stange ohne Druck umspannen.

Bei der Anordnung der Dichtung für die Spindeln der Ventile der Steuerung nach Lenz kommt derselbe Grundsatz zur Anwendung, nur sind hier die Ringkammern in die Spindel eingedreht (Abb. 12 und 13, Taf. 33). Die Abführung des Niederschlagwassers ist wieder frei. Zur Schmierung dient dickes Zylinderöl aus der obern Ölschale. Beim Auslaßventile nach Abb. 13, Taf. 33 und bei Ventilen stehender Dampfmaschinen schmiert der fettige Dampf. Auch sonstige Ventilspindeln an Dampfmaschinen können nach Lenz gedichtet werden, wofür die Quelle Beispiele bringt. Abb. 14, Taf. 33 zeigt die Abdichtung der Spindel eines Wechselventiles.

Die Bedienung der Dichtung erstreckt sich auf die Beaufsichtigung der Schmierung und gelegentliche Reinigung der Stopfbüchse bei Verwendung nicht einwandfreien Öles. Da die Ringe und Ringkammern ganz aus Gußeisen bestehen, bietet die Beschaffung auch in der Kriegszeit keine Schwierigkeit.

Die Dichtung hat sich an Dampfmaschinen und Lokomotiven bewährt. Wichtig ist Verwendung gut geschliffener Kolbenstangen und gute Führung des Kolbens, da die Stopfbüchse nicht tragen darf. A. Z.

Elektrische 1 C + C1. G-Lokomotive der Pennsylvania-Bahn.

(Génie Civil, September 1917, Nr. 11, S. 170. Mit Abbildungen. Electric Railway Journal, 9. Juni 1917; Scientific American, 18. August 1917.)

Hierzu Zeichnungen Abb. 9 bis 11 auf Tafel 34.

Zur Erhöhung der Leistung wird auf der hoch belasteten Strecke der Pennsylvania-Bahn über das Alleghany-Gebirge elektrischer Betrieb eingeführt. Die Bergstrecke zwischen Johnstown und Altoona ist 60 km lang, weist scharfe Bogen, starke Neigungen, darunter eine von 20 km Länge und 2⁰/₁₀, und einen langen Tunnel auf, und ist täglich mit 300 000 t belastet. Die für diesen Güterverkehr bestimmte elektrische

Lokomotive arbeitet mit Einwellen-Wechselstrom von 11 000 V und ist mit 4800 PS jetzt die stärkste Zugmaschine. Sie ist 23,32 m zwischen den Stofsflächen lang, 3,07 m breit und hat im Ganzen 19,48 m, im Drehgestelle 4,06 m festen Achsstand. Die Triebachsen haben 1830, die Laufachsen 910 mm Durchmesser. Das Dienstgewicht beträgt 240 t, die Zugkraft 39,55 t, die Geschwindigkeit 33 km/st. Die Abmessungen sind noch erheblich geringer, als die der größten amerikanischen Dampflokomotiven, deren größte bei der Erie-Bahn mit 32,31 m Länge 383 t wiegt und 72,5 t Zugkraft entwickelt.

Die beiden 1 C-Triebdrehgestelle tragen nach Abb. 9, Taf. 34 zwischen der führenden Laufachse und der vordern Triebachse je zwei Triebmaschinen von je 1200 PS mit gemeinsamem Zahnradvorgelege, das die drei gekuppelten Triebachsen mit Kurbel-Zapfen und -Stange antreibt. Die neuartige Lage der Triebmaschinen vor den Triebachsen ermöglicht günstige Anordnung der Blindwelle und großen Durchmesser des Rades am Vorgelege, das zur Aufnahme von Stößen mit nachgiebigem Zahnkranz versehen ist.*) Nach Abb. 10 und 11, Taf. 34 sind zwischen den Radkörper c und den verschiebbar aufgesetzten Zahnkranz c' paarweise angeordnete Schraubenfedern r eingesetzt, die die Stöße auf das Getriebe dämpfen.

Zur bessern Verteilung der Last auf die Triebachsen ist die elektrische Ausrüstung der Lokomotive möglichst nach der Mitte des Aufbaues geschoben. Die Laufachsen haben Seitenspiel mit Rückstellung durch Blattfedern, die Lokomotive kann daher Bogen mit 85 m Halbmesser durchfahren.

Der Strom wird von der Oberleitung durch zwei Bügel zugeführt und durch einen Wellenwandler auf der Lokomotive in Drehstrom umgeformt. Bei Verschiebe-Bewegungen kann die Fahrgeschwindigkeit auf die Hälfte verringert werden, indem die Maschinen jedes Gestelles entsprechend geschaltet werden. Hierzu werden die Wickelungen der Läufer gekuppelt, die des einen Ständers mit der Streckenleitung verbunden, die des andern kurz geschlossen. Sonst wird die Geschwindigkeit durch Einschalten eines Wasserwiderstandes geregelt.

Bei voller Belastung der Lokomotive wird die größte Geschwindigkeit in 2 min erreicht. Auf geneigter Strecke arbeiten die Lokomotiven auf das Netz zurück und werden dadurch unter Schonung des Laufwerkes auch gebremst. Außerdem sind Luftbremsen vorgesehen.

Die Lokomotive ist in den Werkstätten der Pennsylvania-Bahn in Altoona gebaut, die elektrische Ausrüstung ist von der Westinghouse-Gesellschaft in Ost-Pittsburg geliefert. Nach Vollendung des durch den Krieg verzögerten Ausbaues der Streckenleitung sollen zwei Lokomotiven dieser Bauart einen Zug von 3900 t mit 33 km/st über die mit 2⁰/₁₀ geneigte Strecke von Altoona nach Gallitzin, oder von 6300 t auf der andern Seite des Gebirges auf der mit 1⁰/₁₀ geneigten 40 km langen Gegenstrecke von Johnstown nach Gallitzin hinaufschleppen. A. Z.

*) Organ 1917, S. 68.

Besondere Eisenbahntypen.

Straßenbahnen in Großberlin.

Über den Betrieb der Straßenbahnen von Großberlin ist mit der Direktion der Großen Berliner Straßenbahn nun der Vorschlag einer Einigung vereinbart, der alle Aussicht hat, die Grundlage einer endgültigen Regelung in der Versammlung und der Generalversammlung der Großen Berliner Straßenbahn zu werden.

Den Anstofs zu den neuen Verhandlungen gab die Bestimmung des Verkehrssteuergesetzes, nach der der Straßenbahnunternehmer berechtigt ist, die verauslagte Verkehrssteuer als Zuschlag zum Fahrpreis zu erheben. Eine der Steuer entsprechende Erhöhung der Preise hätte sich also unter allen Umständen zum 1. Juli 1918 ergeben. Der Ausschuss des Verbandes hat aber nicht verkannt, daß auch die erheblich gestiegenen Preise für Stoffe und Löhne die Forderung der Gesellschaft nach einem weiteren Ausgleich rechtfertigt. Die Vereinbarung gesteht deshalb zum 1. Mai 1918 einen Einheitssatz von 12,5 Pf in der Weise zu, daß Doppelfahrtscheine für zwei einander folgende Tage, wobei der Sonntag nicht gerechnet wird, zu 25 Pf und einen bis drei Monate gültige Hefte für acht Fahrten zu 1 *M* ausgegeben werden. Einzelscheine kosten 15 Pf, Dauerkarten werden 25 % teurer, Arbeiterwochenkarten 20 %.

Erhoben werden für:

Monatkarten zur Benutzung von 1 Linie	9,75 <i>M</i>
» » » 2 Linien	12,50 »
» » » 3 »	16,50 »
» » » 4 »	20,— »
» » » allen Linien	25,— »
Schülermonatkarten zur Benutzung von 2 Linien	4,— »
Arbeiterwochenkarten für 6 Wochenfahrten	—,60 »
» » » 12 »	1,20 »

Für die Fahrgäste hat sich der Verband das Recht ausbedungen, die Errichtung von angemessenen Warteräumen an den Haltestellen, die Aufstellung von Fahrplantafern an den Endhaltestellen und die Anbringung von Linienschildern an den Zwischenhaltestellen zu fordern. Zur Sicherung regelmäßigen und dem Bedürfnisse entsprechenden Betriebes und des Ausbaues der Strecken im Innern und in den Außenbezirken sind eingehende Vorschriften in den Vertrag aufgenommen. Alle bestehenden Bauverpflichtungen sind aufrecht erhalten, darüber hinaus sollen auf Verlangen des Verbandes vom 1. Januar 1919 ab in den Vororten jährlich mindestens 5 km neue Strecken hergestellt werden.

Übersicht über eisenbahntechnische Patente.

Einrichtung zum Sperren von Weichenschaltern bei Kraftstellwerken. D. R. P. 302645. Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft in Berlin.

Hierzu Zeichnungen Abb. 7 und 8 auf Taf. 34.

Um bei Kraftstellwerken das Bewegen besetzter Weichen zu hindern, ist eine doppelte Sperre angeordnet, die auf den Sperrhebel in der Ruhelage und außerdem auf den Springschalter wirkt, so daß die Einschaltung des Stellstromes nach umgelegtem Stellhebel nur bei Freibleiben der Weiche möglich ist. Zu diesem Zwecke ist der Springschalter nicht zwangsläufig, sondern nur kraftschlüssig mit dem Stellwerke verbunden und kann diesem nur bei unbesetzter Weiche folgen.

Nach Abb. 7 und 8, Taf. 34 wird die Stange e zwangsläufig durch den Stellhebel a bewegt und schließt in den beiden Endlagen die Schalter 1 oder 2. Zwei Mitnehmer der Stange e drücken gegen die zwischen zwei Ansätzen der Stange c liegende Feder d und bringen dadurch die Stange c in übereinstimmende Lage mit der Stange e. Durch die Stange c werden die Schalter 3, 4, 5 geschlossen, durch die in den Endlagen durch 3 und 5 der Prüfstromkreis aus der Zellenreihe b₁ und durch 4 der Stellstromkreis aus b₂ an die Weiche angeschaltet werden. Die Mittelstellung der Stange c wird durch den abgefallenen Anker des Prüfmagneten u bestimmt, gegen den sich der Ansatz f der Stange c legt. Die Sperre besteht aus dem Magneten s, der aus der Zellenreihe b₂ über den Widerstand w und die stromdichte Schiene i Strom erhält. In diesem Falle ist der Anker angezogen und die damit verbundenen Sperrstücke g und h geben die Stangen c und e frei, das Schau-

zeichen k zeigt freie Beweglichkeit des Hebels a an. Wird die stromdichte Schiene i befahren und dadurch der Magnet s kurz geschlossen, so sperrt das Stück g die Stange c und das Stück h die Stange e. Der Stellhebel a kann nicht umgelegt werden.

Beim Umlegen des freien Hebels a läßt ein Ansatz p das Sperrstück n frei, das dem Drucke der Feder o folgt und dadurch in den Bereich des auf der Stange c befestigten Ansatzes m gelangt. Die Stange c kann also nur dem entsprechenden Leerweg der Hebelbewegung folgen. Ist der Hebel a jedoch ganz in die andere Endlage gelangt, so drückt der Ansatz p das Sperrstück n wieder hoch, und die Stange c geht bis zur Mittellage, da sie sich dort durch den Ansatz f an dem abgefallenen Anker des Magneten u fängt. Hat die Weiche dann die dem Schalter entsprechende Endlage erreicht, wird der Magnet u wieder erregt und gibt die Stange c frei, die dann in ihre andere Endlage springt und statt des Stellstromes den Prüfstrom anschaltet.

Kann nun der Hebel a umgelegt werden, fährt aber während seiner Bewegung ein Wagen auf die stromdichte Schiene oder die Weiche, so ergibt sich ein Zustand nach Abb. 8, Taf. 34. Die Stange c ist zwar vom Sperrstücke n freigegeben, wird aber durch die Sperre g festgehalten, da der Anker des Sperrmagneten s abgefallen ist. Der Stellstrom kann daher nicht geschlossen werden. Damit nun der Stellhebel a zurückgelegt werden kann, hat der Sperransatz der Stange e einen Schieber r, der sich bei Verschiedenheit der Stellung der Stangen c und e durch den Mitnehmer t an c unter das lose auf der Ankerstange von s geführte Sperrstück h legt. G.

Bücherbesprechungen.

Mitteilungen aus dem Königlichen Materialprüfungsamt zu Berlin-Lichterfelde West. Jahresbericht 1916, 1. April 1916 bis 31. März 1917. J. Springer, Berlin.

Der Jahresbericht enthält wieder die Übersicht über eine große Zahl von wichtigen Feststellungen über die Eigenschaften

der verschiedensten Baustoffe und auch fertiger Gebrauchsgegenstände, die für das Eisenbahnwesen von großer Bedeutung sind.

Geschäftsberichte und statistische Nachrichten.

Schweizerische Eisenbahn-Statistik, 1916, Band XLIV. Herausgegeben vom Schweizerischen Post- und Eisenbahn-Departement. Bern 1918, Hans Feuz.