

Bettungserneuerung im Betriebe ohne Langsamfahrtsignale (System Welch).

Von Reichsbahnoberrat Menne, Halberstadt.

Die Bettungserneuerung nach der bisher üblichen Ausführungsweise hatte folgende erhebliche Nachteile aufzuweisen:

1. Fahrplanstörungen und Mehrverbrauch an Betriebsstoffen.
2. Betriebsgefährdung.
3. Zweifelhafte Güte der Arbeit.
4. Mangelhafte Ausnutzung der Arbeitskräfte.

1. Die sommerliche Bahninstandsetzung (Gleisumbau-Bettungserneuerung oder Durchgabelung) verursachte bisher erhebliche Störungen des Fahrplans, die aber in Kauf genommen werden mußten, um die Betriebssicherheit der Streckengleise zu erhalten.

Wenn man mit einer Liegedauer des Oberbaues in den Streckengleisen von 20 bis 25 Jahren rechnet, so müssen in jedem Jahr 5 oder 4% erneuert werden. Diese Erneuerungsarbeiten wurden bisher unter dem Schutze von Halt- und Langsamfahrtscheiben ausgeführt. Die Verwendung dieser Signale hatte für Züge, die längere Strecken durchfahren, ein häufiges Halten oder Langsamfahren zur Folge, wodurch Zugverspätungen entstanden, die sich wieder auf Anschlußzüge übertrugen. So ist mir ein Beispiel bekannt geworden, daß ein D-Zug auf einer 327 km langen Strecke im August 1926 an 27 Stellen hat halten oder langsam fahren müssen! (An dem betr. Tage wurden allerdings neben der eigentlichen Gleisarbeit einige Brücken ausgewechselt.)

Für den eigentlichen Gleisumbau ist man im Bezirk der Reichsbahndirektion Magdeburg im Jahre 1926 in größerem Umfange zum „zeitweise eingleisigen Betrieb“ übergegangen, um das gesperrte Gleis ohne jede Störung durch den Zugverkehr möglichst schnell und gut umbauen zu können. (Vgl. Niemann: Betrieb und Gleisumbau, Verkehrstechn. Woche 1927, Heft 8, Seite 85 u. ff.) Dabei hat man auch versuchsweise gleichzeitig die Bettung des Umbaugleises erneuert; ob diese gleichzeitige Ausführung zur Regel wird, muß noch von weiteren Erfahrungen abhängig gemacht werden. Früher wurde die Bettung noch unter dem alten Gleis erneuert und von den Zügen festgefahren, damit die neuen Schienen und Schwellen in ein fertiges Bett verlegt werden konnten. Bei diesem alten Verfahren mußten also die Langsamfahr- und Haltestellen in zwei aufeinanderfolgenden Jahren in Kauf genommen werden, wobei dann anstatt 4 bis 5% sogar 8 bis 10% der Streckengleise zu bearbeiten und bei Zugbetrieb zu sichern waren.

Auf Hauptbahnen wurde bei der Bettungserneuerung an den Langsamfahrstellen die Geschwindigkeit der Züge 300 m vor der Baustelle zumeist auf 15 bis 25 km/Std. vermindert. Nach der Vorbeifahrt an der Arbeitsstelle sollte die Geschwindigkeit wieder gesteigert werden, sogar über die normale hinaus, um die entstandene Verspätung wieder einzuholen. Das bedeutete einen Mehrverbrauch an Betriebsstoffen. Ob damit in Zukunft Zugverspätungen auch noch eingeholt werden können, erscheint zweifelhaft wegen der beabsichtigten Vergrößerung der Geschwindigkeiten.

2. Dieser Nachteil ist aber nicht allein in Betracht zu ziehen. Auch Gefährdung der Betriebssicherheit war nicht ausgeschlossen. Man konnte zuweilen feststellen, daß die Lokomotivführer die Langsamfahrtsignale übersahen und die

Baustelle mit voller Geschwindigkeit befuhren, dabei haben sich Entgleisungen ereignet.

3. Das alte Verfahren bot keine Gewähr für ordnungsmäßige und gute Ausführung der Bettungserneuerung. Es fehlte bei ihm ein Anhalt und ein Zwang, die alte Bettung mit vorgeschriebenem Gefälle in der richtigen Tiefe ganz auszuräumen. Oft genug blieb die alte Bettung gerade unter den Schwellen stehen. Dabei wurde die alte Bettung mit neuem Steinschlag zugedeckt, und fertige Arbeit vorgetäuscht sehr zum Schaden des neuen Oberbaues.

4. Bei der alten Ausführung wurde die Bettung häufig, allerdings verbotswidrig, unter zwei bis drei Schwellen gleichzeitig erneuert. Dabei wurden meistens die Schienen unterklotzt. Da die alte Bettung zunächst bis unmittelbar vor diesen Klötzen fortgenommen wurde und eine annähernd senkrechte Böschung unter den Klötzen verblieb, so trat die unter 2. erwähnte Betriebsgefährdung ein. Um sie zu vermeiden, mußten die Klötze vor der Durchfahrt jedes Zuges aus dem Gleis entfernt sein. War nun die Bettung in den in Angriff genommenen Schwellenfächern erneuert (was häufig nur mit überstürzter Arbeit, also auf Kosten der Güte der Ausführung gelang), und der zu erwartende Zug hatte Verspätung, so mußten die Arbeiter untätig die Durchfahrt des verspäteten Zuges abwarten.

Alle diese Mängel sind ausgeschlossen bei der Bettungserneuerung nach dem System Welch*).

Nach diesem System ist 1927 die Bettung in beiden Gleisen zwischen den Bahnhöfen Börßum und Hedwigsburg erneuert oder durchgabelt worden und zwar auf eine Länge von $2 \times 5,49$ km. Mit einigen Nebenarbeiten (Ausräumen der Bahngräben, Ersatz der Bahngräben durch Kohlen-schlackenschlitze mit Drainröhren, Gleisunterhaltungs- und -Verstärkungsarbeiten und dergl.) hat die Arbeitsausführung von März bis November 1927 gedauert. Während dieser Bauzeit haben rund 3000 Personen- und Güterzüge die Baustelle mit unverminderter Geschwindigkeit (bis 75 km/Std.) befahren, ohne daß irgend welche Klagen über unruhiges Fahren weder von Reisenden noch von Zugbegleitern laut geworden wären.

Der Vorzug der Arbeitsweise Welch besteht einmal darin, daß bei der Bettungserneuerung (Durchgabelung) jede Schwelle im Gleis zu jeder Zeit vollständig betriebssicher fest gelagert ist. Daraus ergibt sich der zweite Vorteil, daß die Bahnunterhaltungsarbeiter gleichmäßig bis kurz vor der Vorüberfahrt eines jeden Zuges weiter arbeiten können.

Als dritter Vorzug ist anzuführen, daß die alte Bettung genau nach Maß (Lehre) ausgekoffert werden muß, bevor die neue Bettung eingebracht wird.

Auf der zweigleisigen Strecke wurde vorbereitend zwischen den inneren Schwellenköpfen beider Gleise die alte Bettung ausgekoffert und durch neuen Steinschlag ersetzt, ferner wurde an der Außenseite des zu bearbeitenden Gleises das Bankett soweit abgegraben, als Raum für die Ablagerung der aus dem Gleis zu entfernenden unbrauchbaren Bettung zu schaffen war (vgl. Abb. 1). Es muß möglichst vermieden werden, nach dem Einbau der neuen Bettung noch Abraum-

*) Oberbahnmeister Welch ist Dienstvorsteher der Bahnmeisterei 2 Börßum.

massen auf Arbeitszüge zu verladen, wobei die neue Bettung gleich wieder verschmutzt wird.

Da die alten Bankettmassen mit dem Unkrautsamen entfernt werden, wird die Gefahr einer neuen Verkrautung erheblich herabgemindert, zumal wenn das seitliche Bankett noch mit einer Kohlenschlackenschicht bedeckt wird.

Die Bettungserneuerung erfolgt nach Welch in folgender Weise (s. Abb. 2):

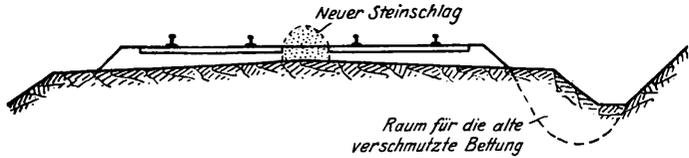


Abb. 1.

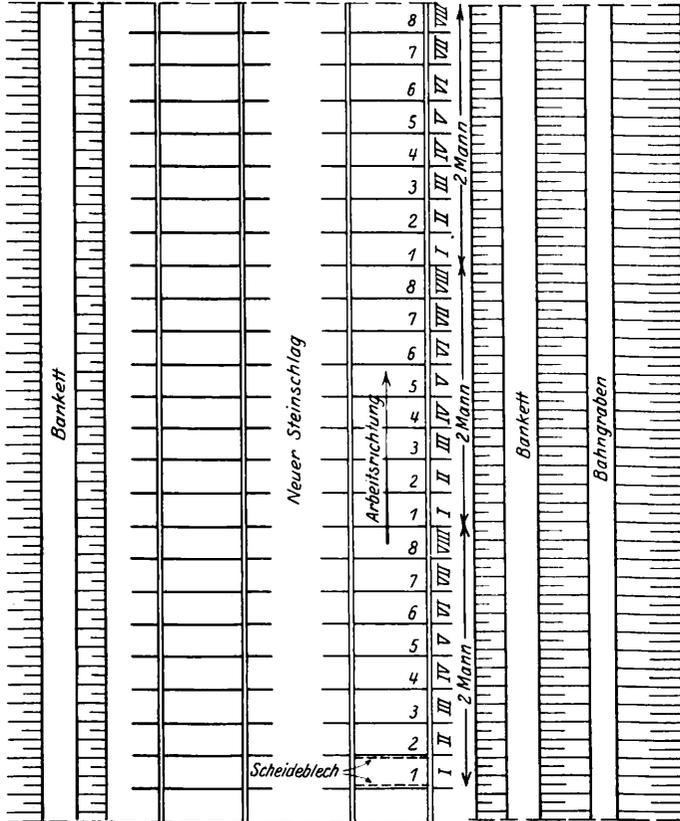


Abb. 2.

Je zwei Arbeiter haben als Tagesleistung in acht Gefachen, also zwischen acht Schwellen neuen Steinschlag einzubauen, wobei sie auch die alte Bettung auszukoffern und die sonstigen Nebenarbeiten zu leisten haben. Bei einer Tagesleistung von 100 m Gleislänge wurden 40 Arbeiter angestellt, die zwischen und unter 160 Holzschwellen neuen Steinschlag eingebaut haben. Je zwei Mann beginnen damit, im Abstand von je acht Schwellen die alte Bettung zwischen zwei Schwellen (im ersten Fach) bis zur vorgeschriebenen Tiefe auszukoffern. Hierbei bleiben die beiden Schwellen 1 und 2 auf ihrer alten Bettung zunächst noch festgelagert. Vor dem Einbringen der neuen Bettung wird vor die zweite Schwelle, die zuerst neu unterbettet werden soll, ein „Scheideblech“ (s. Abb. 4) vorgesetzt, um ein Vermischen der alten und neuen Bettung zu verhüten*). Danach werden

*) Die erste Schwelle lassen diese zwei Mann in voller Länge auf ihrem alten Lager unbearbeitet. Eine Vermischung der alten und neuen Bettung unter ihr ist weniger zu befürchten, weil die alte Bettung fest zusammengebacken ist. Nach Belieben kann man auch hinter der ersten Schwelle ein Scheideblech einsetzen, das dann von den nachfolgenden beiden Arbeitern bei der Unterbettung ihrer letzten (achten) Schwelle wieder freigemacht wird.

die Schwellenenden der zweiten Schwelle bis zur richtigen Tiefe der Bettungserneuerung ausgeräumt und die Schwellenenden bis unter die Schienen unterkeilt (s. Abb. 3). Während der Einziehung der Keile liegt die Schwelle immer noch fest auf, da die alte Bettung unter ihr zwischen den Schienen noch unberührt ist. Nach dem Einbau der Keile ist die zweite Schwelle nunmehr auf den Keilen beiderseits auf eine Länge von etwa 65 cm festgelagert, so daß die alte Bettung im zweiten Feld ausgekoffert werden kann (einschließlich der zwischen den Schienen stehengebliebenen Bank unter der zweiten Schwelle). Nach dem Ausräumen der alten Bettung unter der zweiten Schwelle wird das Scheideblech vor der zweiten Schwelle hochgezogen und vor die dritte Schwelle als Scheidewand zwischen alter und neuer Bettung gesetzt.

Danach wird neuer Steinschlag im zweiten Feld eingebracht, ein Teil des Steinschlages im ersten Feld unter der zweiten Schwelle durchgeschlagen und die zweite Schwelle zwischen den Schienen oder Keilen fest angestopft, so daß danach die Keile an den Enden der zweiten Schwelle fortgenommen und unter der dritten Schwelle eingebaut werden

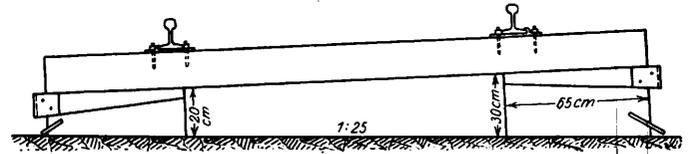


Abb. 3.

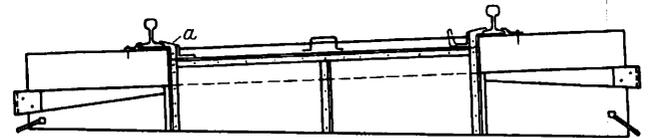


Abb. 4.

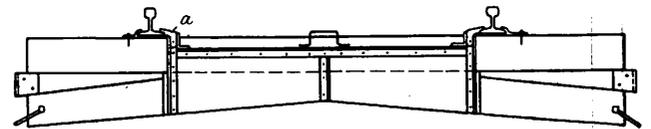


Abb. 4a.

können. Sofort nach Entfernung der Keile unter der zweiten Schwelle wird auch unter deren Schwellenenden neuer Steinschlag eingebracht und festgestopft. Die dritte Schwelle wird dann unterkeilt, sie ruht aber inzwischen noch fest auf ihrem alten Bettungslager zwischen den Schienen. In der beschriebenen Weise wiederholt sich der Arbeitsvorgang in jedem Schwellenfeld. Zu jeder Zeit ist also jede einzelne Schwelle festgelagert, so daß das Gleis mit mindestens 75 km/Std. sicher befahren werden kann. D-Züge befahren die eingangs genannte Baustelle nicht. Auf D-Zugstrecken würden aber die D-Züge ihre fahrplanmäßige Geschwindigkeit höchstens auf 75 km/Std. zu ermäßigen brauchen, wenn man wegen der Unterkeilung die volle fahrplanmäßige Geschwindigkeit nicht zulassen will. Bei 75 km/Std. erleiden aber die D-Züge keine nennenswerte Verspätung, jedenfalls eine viel geringere, als wenn sie auf 25 km/Std. abgebremst werden müßten.

An neuen Oberbaugeräten werden gebraucht:

1. Scheideblech,
2. Klotz und Keil,
3. Druckstange.

Das Scheideblech (Abb. 4) muß zwischen den Schienenköpfen und -füßen des in Arbeit genommenen Gleises heruntergelassen und nach Fertigstellung hochgezogen werden können. Es ist ein durch Winkeleisen verstärktes Eisenblech, mit zwei beweglichen Haken zum Aufhängen am Schienenfuß. Die

Haken müssen beweglich sein, weil sie sonst an den Schienenköpfen nicht vorbeigehen würden. Mit Hilfe der Haken kann das Scheideblech an den Schienen zwischen zwei Schwellen (nach der Auskoffierung der alten Bettung) hin- und hergeschoben werden, um die richtige Tiefe der Auskoffierung festzustellen. Diese „Lehre“ gewährleistet auch einen noch nicht erwähnten Vorzug der Bauweise Welch: Die Unterbaukrone erhält das vorschriftsmäßige Gefälle; es wird also eine gute Gleisentwässerung gewährleistet! Die obere Kante des eingehängten Scheideblechs schließt ungefähr mit der Unterkante einer eisernen Schwelle ab. Zum Aufziehen hat das Scheideblech einen Handgriff in der Mitte.

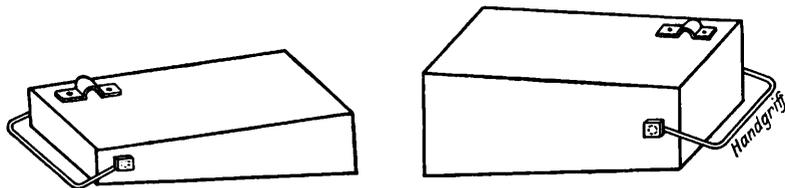


Abb. 5.

Soll bei nassen Einschnitten jedes Gleis für sich entwässert werden (nach dem Vorschlag Niemann a. a. O.), so wird das Scheideblech nach Abb. 4a verwendet.

Die „Klötze und Keile“ sind dargestellt in Abb. 5 und 6.

Bei einseitiger Entwässerung des Gleises sind Klotz und Keil am innern Schwellenkopf 20 bis 25 cm, am äußern etwa 26 bis 30 cm hoch (Neigung 1:25). Bei dem Steinschlagbett nach Niemann sind sie gleich hoch. Vor dem Einbringen der Verkeilung unter jeder Schwelle muß die alte Bettung unter den Schwellenenden unbedingt ausgekoffert sein, denn sonst können Klotz und Keil nicht eingebaut werden. Die Verkeilung reicht beiderseits bis an das Scheideblech heran, so daß nach Entfernung der alten Bettung unter der Schwellenmitte die alte Bettung auf die ganze Schwellenlänge ausgekoffert sein muß. Die Rottenführer können die richtige Auskoffierung leicht überwachen. An dem unteren Klotz befindet sich ein „Druckstück“ aus Eisen.

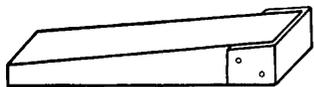


Abb. 6.

gekoffert sein, denn sonst können Klotz und Keil nicht eingebaut werden. Die Verkeilung reicht beiderseits bis an das Scheideblech heran, so daß nach Entfernung der alten Bettung unter der Schwellenmitte die alte Bettung auf die ganze Schwellenlänge ausgekoffert sein muß. Die Rottenführer können die richtige Auskoffierung leicht überwachen. An dem unteren Klotz befindet sich ein „Druckstück“ aus Eisen.

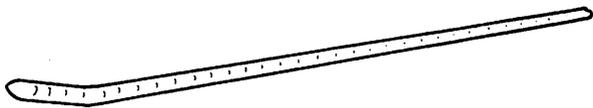


Abb. 7.

Zum Herausnehmen der Verkeilung ist eine eiserne „Druckstange“ (Abb. 7) erforderlich, damit die zwischen den Schienen gestopfte Schwelle angehoben werden kann, um den Keil herausziehen zu können. Auch hat der untere Klotz einen Handgriff, damit er leichter herausgezogen und getragen werden kann.

Auf den Keilen ruht jede Schwelle etwa eine Stunde lang, da in einer Arbeitsschicht von neun Stunden acht Schwellenfelder neu beschottert werden. Vor jeder Zugfahrt können die Keile beiderseits leicht angetrieben werden.

Vor Feierabend mußte die letzte in Arbeit genommene Schwelle auf ganze Länge gestopft sein, die Keile wurden

über Nacht nicht im Gleis gelassen (wohl aber die Scheidebleche).

Die erforderlichen Geräte hat die Bahnmeisterei selbst hergestellt.

Die 40 Arbeiter, die 160 Schwellen = 100 m Gleis im Tage durchzuarbeiten hatten, wurden von zwei Rottenführern überwacht. Jeder Rottenführer hatte also 50 m Gleislänge zu beaufsichtigen oder gleichzeitig zehn Schwellengefache: das haben sie ohne Schwierigkeit gemacht. Sie haben erklärt, daß bei dem System Welch die Überwachung guter Arbeitsausführung gegen früher ganz erheblich erleichtert sei; sie könnten jetzt dafür Gewähr leisten, daß die ganze alte Bettung vorschriftsmäßig entfernt sei.

Ein Nachtrupp von etwa 15 bis 16 Arbeitern unter einem dritten Rottenführer hatte das Gleis nach zwei Tagen nachzuheben, zu richten und zu stopfen. Außerdem hatte dieser Nachtrupp die Breitschwellen einzuziehen, den Steinschlag vom Arbeitszug abzuladen, das Gleis zu verfüllen und abnahmefähig zu machen.

Nachdem sich die Arbeit eingespielt hatte, wurde sie im Gedingeverfahren ausgeführt. Für die Bettungsenerneuerung und Gleisverstärkung einschließlich sämtlicher Nebenarbeiten (Bankett ausheben und wieder auffüllen, Aufladen des Bodens auf Arbeitswagen, Abladen des Steinschlages und Aufräumen der Baustrecke) wurden für den laufenden Meter 8 bis 8½ Tagelohnstunden gewährt. Bei diesem Preise erzielten die Arbeiter 15 bis 26% Überverdienst.

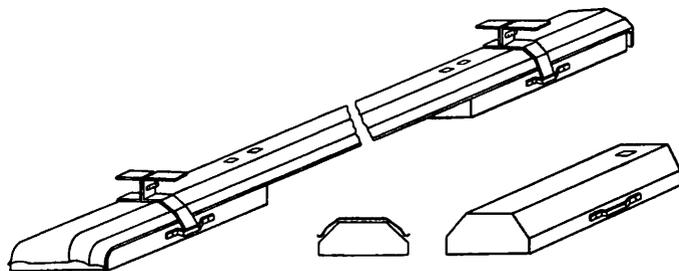


Abb. 8.

Eine zahlenmäßige Ersparnis läßt sich in folgender Betrachtung nachweisen: Die 3000 Züge, die mit fahrplanmäßiger Geschwindigkeit die Baustelle befahren haben, hätten bei der früheren Verminderung der Geschwindigkeit je 25 kg Kohlen mehr verfeuern müssen, um auf die kürzeste Fahrzeit zur Einholung der entstandenen Verspätung zu kommen. Es sind danach an Kosten erspart worden $3000 \times 25 \text{ kg} = 75000 \text{ kg} = 75 \text{ t}$ Kohle zum Preise von 30 *R.M.*, d. h. $75 \times 30 = 2250 \text{ R.M.}$ bei 11 km Baulänge, d. h. auf 1 km etwa 200 *R.M.* Schon diese Ersparnis ist nicht unerheblich, ganz abgesehen von der wesentlich besseren Ausföhrung der Arbeit.

Im Rechnungsjahre 1928 soll die Bettung auf 8 km in einer benachbarten Bahnmeisterei unter eisernen Schwellen erneuert werden. Das soll auch nach der Bauweise Welch geschehen. Die eisernen Schwellen sollen von den Köpfen an bis unter die Schienen zunächst unterklotzt werden (Abb. 8). Diese Klötze sollen dann, wie bei den Holzschwellen unterkeilt werden. Die Erfahrung wird dabei ergeben, ob für eiserne Schwellen das System Welch noch umgestaltet werden muß.

Analytisches Verfahren für Bogenberichtigung.

Von Ing. Josef Nemesek, Hatvan.

Verfahren oder fehlerhaft abgesteckte Bogen zu berichtigen oder in alte Bogen Übergangsbogen einzuschalten, sind wichtige Maßregeln einer planmäßigen Bahnunterhaltung. Die steigenden Bedürfnisse der höheren Geschwindigkeiten,

die Annehmlichkeit der Fahrt, die Schonung der Fahrzeuge und der Gleisanlagen, nicht zuletzt die Sicherheit, all das fordert gute Bogen.

Die Berichtigung oder Einschaltung von Übergangsbogen

kann durch Neuabstecken erfolgen, wobei dem Minimum an Gleisverschiebungsarbeit nicht Genüge geleistet werden kann und bei Nebenbedingungen äußerst langwierige Rechnungen notwendig werden. Das graphische Verfahren Nalenz-Höfer zeichnet sich bei vornehmer mathematischen Grundlage durch rasche und bequeme Arbeit, wie durch die leichte Erfüllung der durch örtliche Verhältnisse erzeugten Nebenbedingungen aus. Als einzigen Nachteil sieht man seine vielleicht nicht ganz entsprechende Genauigkeit an, welche in der Pfeilhöhenmessung, der zeichnerischen Arbeit und schließlich darin ihren Grund hat, daß die Pfeilhöhen selbst in kleinen Abschnitten nicht gleich sind. Zu jedem Bogenpunkt gehört eine andere Pfeilhöhe über der zugehörigen Sehnenmitte. Beim Nalenzverfahren wird auf je 10 bis 20 Meter nur eine herausgegriffen, welche oft für die durchgängige Krümmung des 20metrigen Bogenstückes gar nicht maßgebend ist. Fehler verbirgt auch die Ungewißheit des tatsächlichen Bogenanfanges. Weniger bekannt, aber nicht weniger praktisch und geistreich ist das graphische Verfahren Sz t u p k a y.

Das Verfahren des Herrn Insp.-Ing. Akay*) kann als rechnerisch-graphisch angesehen werden und ist Fehlerquellen viel weniger ausgesetzt als das Nalenz-Höfersche Verfahren, erfordert aber eine ganz erhebliche Rechenarbeit.

Im nachstehenden ist ein Verfahren entwickelt, mittels welchem analytisch, also ganz genau, und mit verhältnismäßig wenig Rechenarbeit der berichtigte Bogen sich sozusagen formelmäßig ergibt bei scharfer Erfüllung der kleinsten Gleisverschiebungsarbeit und anderer örtlicher Bedingungen. Die folgende Darstellung des Verfahrens bezweckt Vermeidung jeder Weitläufigkeit, um ganz den Ansprüchen der Ausübung entgegenkommen zu können.

Die Frage der billigsten Bogenverrückung mit örtlichen Nebenbedingungen fassen wir durchwegs als eine Aufgabe der analytischen Geometrie der Ebene auf. Das rechtwinklige Koordinatensystem bilde die dem Bogen vorhergehende Gerade als Abszissenachse, und die Ordinate eine hierauf senkrechte Linie in einem beliebigen Punkte, wo das Gleis noch in der Geraden liegt. Die Richtungen seien so gewählt, daß der Bogen in das (+x, +y)-Viertel zu liegen kommt. Errechnet werden müssen die Bestimmungsgrößen des berichtigten Bogens: die Koordinaten des Mittelpunktes (x, y) und der Durchmesser (R), wenn man diesen nicht schon im vorhinein festsetzt. Der zu berichtigende Bogen sei durch Punkte desselben (x_r, y_r) gegeben; in der Praxis genügt dafür vollauf ein Abstand von 20 m von Punkt zu Punkt.

Es kann die Untersuchung für die Gleisachsenlinie, aber auch ohne nennenswerten Fehler, sogar noch bequemer, für die Innenseite des äußeren Schienenstranges durchgeführt werden, wobei aber dann für die Bestimmung des eigentlichen Bogenhalbmessers R als um eine halbe Bogenspurweite vergrößerter Bogenhalbmesser zu betrachten ist.

Die Größen x_r und y_r werden nach dem Aufmessen des zu berichtigenden Bogens berechnet. Dem Bogen wird in

$$n^2 R^2 = \sum_{r=1}^{n-1} (x - x_r)^2 + \sum_{r=1}^{n-1} (y - y_r)^2 + 2 \sum_{r=1}^{n-1} \sqrt{(x - x_r)^2 + (y - y_r)^2} \sqrt{(x - x_{r+1})^2 + (y - y_{r+1})^2} + 2 \sum_{r=1}^{n-2} \sqrt{(x - x_r)^2 + (y - y_r)^2} \sqrt{(x - x_{r+2})^2 + (y - y_{r+2})^2} + \dots + 2 \sum_{r=1}^{n-(n-1)} \sqrt{(x - x_r)^2 + (y - y_r)^2} \sqrt{(x - x_{r+(n-r)})^2 + (y - y_{r+(n-r)})^2}$$

*) Dieses bei den ungarischen Bahnen eingeführte geistreiche Verfahren untersucht in einem Koordinatensystem die Umgebung des Mittelpunktes des zweckmäßigsten Bogens, um dann den Mittelpunkt selbst zu ermitteln.

üblicher Weise ein Vieleck derart umschrieben, daß die Winkelpunkte noch auf die Bahnkrone fallen, und daß die Anfangs- und Endtangenten je eine Vieleckseite bilden. Die Winkel in den Eckpunkten werden mit dem Theodoliten gemessen (s. Abb. 1), und die Seiten mit Stahlband. Es werden weiter mit Stahlband die Bestimmungsgrößen x'_r y'_r der ausgewählten Bogenpunkte gemessen, immer bezogen auf die nächstliegende Vieleckseite mit dem Eckpunkt als Anfangspunkt. Mittels der bekannten einfachen Transformationsgleichungen lassen sich dann die x_r, y_r aus den x'_r, y'_r bestimmen.

Die Transformationsgleichungen sind:

$$x_r = x''_i + x'_r \cos \beta_i + y'_r \sin \beta_i$$

$$y_r = y''_i + x'_r \sin \beta_i + y'_r \cos \beta_i$$

wo x''_i und y''_i die Bestimmungsgrößen des i-ten Eckpunktes sind, bezogen auf das ursprüngliche Koordinatensystem

$$(x''_{i+1} = x''_i + l_i \cos \beta_i \text{ und } y''_{i+1} = y''_i + l_i \sin \beta_i)$$

und β_i der Winkel, welchen die i-te Polygonseite mit der Anfangstangente einschließt. Das obere Vorzeichen wird dort benützt, wo die ausgewählten Bogenpunkte in einer Winkelfläche β_i liegen.

Wenn der gemessene Innenwinkel zweier Vieleckseiten im Eckpunkte i mit α_i bezeichnet wird, so ist β_i = i 180° - ∑₁ⁱ α_r.

Ebenso ist bekanntlich der Zentriwinkel des Bogens β_n = n 180° - ∑₁ⁿ α_i.

Die Berechnung der Koordinaten (y_r, x_r) macht ungefähr die Hälfte der Stubenarbeit aus, und nach dieser kann zur Bestimmung des Mittelpunktes des berichtigten Bogens geschritten werden.

Wir betrachten als Grundbedingung jeder Bogenregulierung, daß die Forderung der kleinsten Gleisverrückungsarbeit erfüllt wird. In den praktisch möglichen Fällen, wo die Endtangenterichtungen und die Bogenlängen des berichtigten Bogens von den entsprechenden Richtungen, und Bogenlänge des alten Bogens gar nicht oder nicht bedeutend abweichen dürfen, ist diese Forderung gleichbedeutend mit der Forderung, daß die Summe der Verschiebungswege der Bogenpunkte gleich Null sei, wenn man den Verschiebungen nach außen und nach innen verschiedene Vorzeichen erteilt.

Das Gleis soll also um gleiche Maße nach innen verschoben werden wie nach außen, und diese Forderung verursacht in den praktisch möglichen Fällen auch, daß der alte und der neue Bogen sich möglichst oft schneiden: der neue Bogen schmiegt sich dann dem alten bestmöglich an. Z. B. bekam ich bei einem 300 m langen Bogen schon 6 Durchschnitte.

Bezeichnet man mit R den Halbmesser des berichtigten Kreisbogens, so hat man für den Gesamtverschiebungsweg V

$$V = n R - \sum_{r=1}^{r=n} \sqrt{(x - x_r)^2 + (y - y_r)^2} = 0.$$

Es ist daher

Die Summenausdrücke der irrationalen Größen würden jede Auflösung der Gleichung nach x oder y vereiteln, wenn man die gesamten Summenausdrücke der zu multiplizierenden

Quadratwurzeln nicht durch den einfachen Ausdruck $2 \frac{n(n-1)}{2} R^2$ ersetzen könnte. Dies ist aber durchaus statthaft; die Differenz der beiden Ausdrücke ist um so kleiner, je größer n und R sind und je weniger der Halbmesser des Berichtigungsbogens vom Durchschnittshalbmesser des fehlerhaften Bogens abweicht. Schon bei $n=6$ und $R=200,0$ m, ferner mit den Wurzelgrößen (Entfernungen) 200,5, 200,3, 200,1, 199,9, 199,7 und 199,5 ist die Differenz nur $1200000,00 - 1199999,30 = 0,7$, also $\frac{1}{2000000}$! Die nachträgliche Beachtung der Differenz verursachte in einem tatsächlichen Falle eine Änderung des Halbmessers um nur 0,0003 m! (Die Differenz ist übrigens in sehr vielen möglichen Fällen auch genau Null.)

Somit ist:

$$n^2 R^2 = \sum_{r=1}^{r=n} (x - x_r)^2 + \sum_{r=1}^{r=n} (y - y_r)^2 + 2 \frac{n(n-1)}{2} R^2$$

oder

$$\sum_{r=1}^{r=n} (x - x_r)^2 + \sum_{r=1}^{r=n} (y - y_r)^2 = n R^2 \dots \dots \dots 1)$$

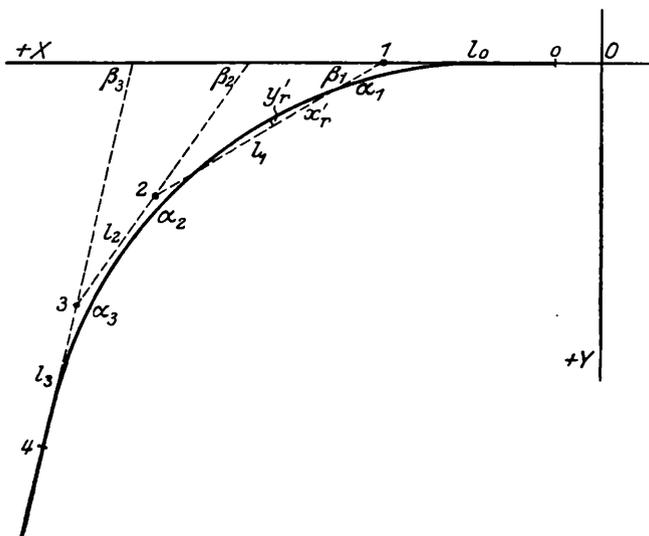


Abb. 1.

Dies ist die Grundgleichung der Bogenberichtigung (ein Flächengesetz), wie sie aus der Forderung der kleinsten Herstellungskosten entsteht.

Durch Einführung der Bezeichnungen

$$\frac{1}{n} \sum_{r=1}^n x_r = p; \quad \frac{1}{n} \sum_{r=1}^n y_r = p'; \quad \frac{1}{n} \sum_{r=1}^n x_r^2 = q; \quad \frac{1}{n} \sum_{r=1}^n y_r^2 = q'$$

hat man

$$x^2 + y^2 - 2px - 2p'y + q + q' - R^2 = 0 \dots \dots 2)$$

Die eigentliche mathematische Aufgabe der Bogenberichtigung ist also auf die Lösung einer Gleichung zweiten Grades zurückgeführt. In dieser Gleichung sind drei Unbekannte enthalten (x, y, R), welche die Erfüllung noch zweier örtlicher Bedingungen ermöglichen.

Es soll z. B. ein verfahrenerer Bogen mit kleinstem Arbeitsaufwand derart neu abgesteckt und verschoben werden, daß am Bogenanfang der Übergangsbogen die Ordinate 4 m aufweisen soll, während am Bogenende der Übergangsbogen in bezug auf die Endtangente 4 m' sein soll.

Die zwei Bedingungen liefern folgende zwei Beziehungen (s. Abb. 2):

$$y = R + m \dots \dots \dots 3)$$

$$R + m' = y \cos \alpha + (t - x) \sin \alpha$$

Hieraus erhält man

$$R = \frac{t \sin \alpha + m \cos \alpha - m'}{1 - \cos \alpha} - \frac{x \sin \alpha}{1 - \cos \alpha} \dots \dots \dots 4)$$

Setzt man y und R in Gleichung 2) ein, so bekommt man

$$x^2 + 2x \left[\frac{(p' - m)}{1 - \cos \alpha} \sin \alpha - p \right] + c = 0 \dots \dots 5)$$

wo

$$c = \frac{2(m - p')}{1 - \cos \alpha} (t \sin \alpha + m \cos \alpha - m') + m^2 + q + q' - 2p'm \text{ ist.}$$

Wenn wie üblich $m = m'$ ist, so wird

$$c = \frac{2(m - p')}{1 - \cos \alpha} t \sin \alpha - m^2 + q + q'$$

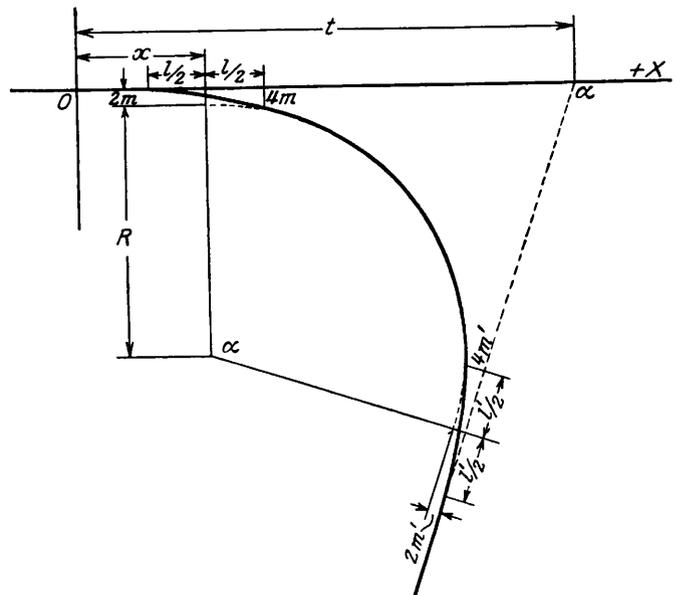


Abb. 2.

Der Gang und die Reihenfolge des Verfahrens ist:

1. Messen der Vieleckseiten und Vieleckwinkel.
2. Messen der Bestimmungsstücke x'_r, y'_r der ausgewählten Bogenpunkte (in 20 m Bogenabstand, bei Bedarf noch besondere Punkte wie in Brückenachsen u. a.).
3. Berechnen der Winkel β_i .
4. Berechnen der Funktionen $\sin \beta_i; \cos \beta_i$.
5. Berechnen der Größen x''_i, y''_i der Eckpunkte.
6. Berechnen der Größen x_r, y_r .
7. Berechnen der Größen p, p', q, q' .

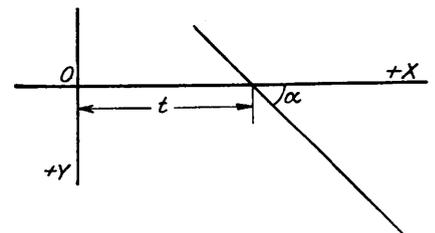


Abb. 3.

8. Berechnen von t (stufenweise Anwendung des Sinusatzes in den Dreiecken, welche die Vieleckseiten und die Anfangstangente bilden).
9. Annahme der Werte von m und m' (näheres darüber später).
10. Berechnen von c .
11. Anschreiben und Lösen der Gleichung 5), wodurch x als Abszisse des Mittelpunktes des zweckmäßigsten Bogens erhalten wird.
12. Berechnung des Halbmessers für den berichtigten Bogen aus Gleichung 4).
13. Aus Gleichung 3) bekommt man die Ordinate des Mittelpunktes y .
14. Als Probe ist es zweckmäßig, gleich die Entfernung des Mittelpunktes des berichtigten Bogens von der Endtangente zu berechnen. Diese muß $R + m'$ sein (s. Abb. 2). Die Gleichung der Endtangente ist nach Abb. 3

$$0 = -x \sin \alpha + y \cos \alpha + t \sin \alpha$$

Die Entfernung des Bogenmittelpunktes \bar{x} , \bar{y} ist

$$d = -\bar{x} \sin \alpha + \bar{y} \cos \alpha + t \sin \alpha.$$

15. Es werden die Entfernungen der Punkte des alten Bogens (x_r, y_r) von dem Mittelpunkt des berichtigten Bogens berechnet, $\varrho_r = \sqrt{(x_r - \bar{x})^2 + (y_r - \bar{y})^2}$ und die Verschiebungsgrößen $\varepsilon_r = R - \varrho_r$, welche zweckmäßig in einem stationierten Verschiebungsplan zusammengestellt werden.

16. Berechnung der Übergangskurven, d. h. der Längen $l = \sqrt{24 Rm}$ und $l' = \sqrt{24 Rm'}$, sowie der Ordinaten zu den Abszissen $1/4, 1/2, 3/4$, nach der Formel $y = \frac{x^3}{6lR}$.

17. Einstationieren der Übergangskurven. Am Bogenanfang ist der Anfang des Übergangsbogens $x - \frac{1}{2}$, und das Ende nach seiner Abszisse $x_0 + \frac{1}{2}$. Am Bogenende muß vorher die Größe z berechnet werden (s. Abb. 4).

$$z = \sqrt{(x' - t)^2 + y'^2} - t + x - \frac{l'}{2}.$$

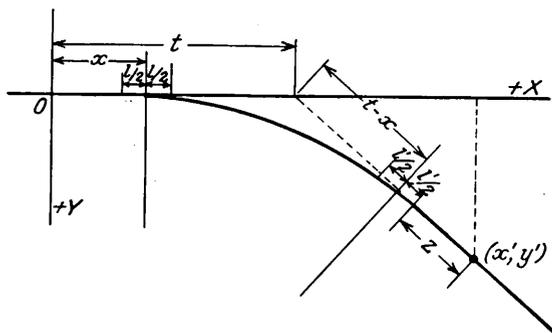


Abb. 4.

Hier bedeuten x', y' die Koordinaten eines schon in der Endtangente liegenden Gleispunktes (zugleich Vieleckspunkt), welcher auch einstationiert ist.

Da das Festlegen der berechneten Bogenfixpunkte schon einen oder zwei, höchstens drei Tage nach dem Aufmessen des Bogens erfolgen kann, ist es vollkommen hinreichend für die Ausübung, vom alten Bogen die Verschiebungen $\pm \varepsilon_r$ zu messen. Ist aber dabei irgend eine Fehlerquelle zu befürchten, z. B. bei bloßgelegtem Gleise, so muß der neue Bogen regelrecht abgesteckt werden. Die Übergangskurven werden sowieso von den Endtangente her abgesteckt, der übrigbleibende Bogenteil kann ohne Schwierigkeiten dann schon abgesteckt werden, da Bogenanfang, Bogenende, Halbmesser, Mittelpunkt bekannt sind. Es können nun auch leicht Bogenmitte, Bogenviertel und Hilfstangenten so berechnet werden, daß sie von dem ursprünglichen Vieleck aus abgesteckt werden können. (Von Nutzen ist auch die Beziehung, daß die Tangente am Ende des Übergangsbogens mit der Endtangente den Winkel α einschließt, für welchen $\text{tg } \alpha = \frac{l}{2R}$).

Ein anderes Beispiel für die Anwendung der Grundgleichung 2) möge noch vorgeführt werden. Es sei ein Bogen derart am billigsten zu berichtigen, daß ein Punkt (a, b) von ihm auch ein Punkt des berichtigten Bogens bleibe, und daß für den Übergangsbogen am Bogeneingang die größte Ordinate 4 m darstelle.

Bedingungsgleichungen:

$$\begin{aligned} y &= R + m \dots \dots \dots a) \\ (a - x)^2 + (y - b)^2 &= R^2, \text{ oder} \\ x^2 + y^2 + a^2 + b^2 - 2ax - 2by - R^2 &= 0 \dots \dots b) \\ R + m' &= y \cos \alpha + (t - x) \sin \alpha \dots \dots c) \end{aligned}$$

Hier sind unbekannt x, y, R, m' . Es ist von Vorteil, daß davon m' nur in einer Gleichung vorkommt.

Aus a), b) und 2) erhalten wir die Gleichung $x^2 (p' - b) + 2x [p(b - m) - a(p' - m)] + c = 0$, wo $c = (m - b)(m^2 - 2p'm + q + q') + (p' - m)(m^2 - 2bm + a^2 + b^2)$ ist. Nach Berechnung der Unbekannten x hat man für R den Ausdruck $\frac{1}{2(p' - m)} [x^2 - 2px + m^2 + q + q' - 2p'm]$ und dann $y = R + m$. m' ergibt sich aus Gleichung c), nach dem x, y und R berechnet sind. Wenn ausnahmsweise für m' sich ein Wert ergäbe, der außerhalb der zulässigen Grenzen liegt, so kann nach einer entsprechenden Wahl der Größe m die Rechnung mit Erfolg wiederholt werden. Die Überlegung, ob m vergrößert oder verkleinert werden muß, läßt sich aus der Lage leicht gewinnen und eine kleine Vorsicht kann auch einer doppelten Rechnung vorbeugen. Natürlich wird ein Bauwerk, das zu nahe zu einer der Endtangente liegt, und in einem Bogen, welcher ursprünglich ohne Übergangsbogen ausgesteckt worden ist, einem der neuen Übergangsbogen etwas Gewalt antun, aber das analytische Verfahren leistet auch hier, was überhaupt noch zu leisten ist.

Falls auf einem Bauwerk, oder in einem Punkte aus anderweitigen Gründen (z. B. außermittige Lage eines Gleises über einer Brücke usw.) erwünschte Verschiebung $\pm \lambda$ als Bedingung vorgeschrieben wird, so ändert sich nur Bedingungsgleichung b) auf:

$$x^2 + y^2 + a^2 + b^2 - 2ax - 2by - (R + \lambda)^2 = 0.$$

Im nachfolgenden ist die Lösung jeder praktisch möglichen Aufgabe vorgeführt, bei der man ohne Korbbogen oder Tangentenverschwenkung auskommt. Das analytische Verfahren ist auch in diesen Fällen mit Nutzen anwendbar, doch befassen wir uns zunächst mit den bei weitem am häufigsten vorkommenden Fällen, wo den Forderungen ein einziger Bogen Genüge leistet.

Die erste Gruppe der Aufgaben enthält alle jene Fälle, wo es nicht vorgeschrieben ist, daß der neue Bogen durch einen bestimmten Punkt hindurchgehe. Bei der zweiten Gruppe muß der Bogen durch den Punkt $x = a, y = b$ d. h. (a, b) gehen, oder von diesem Punkt im Abstände $\pm \lambda$ verlaufen. $\pm \lambda$ soll bedeuten, daß der neue Bogen (z. B. auf einer Brücke oder Tunnel) im Punkte (a, b) gegen den Mittelpunkt nach innen um das Maß λ verschoben zu liegen komme. Es lassen sich so bei Brücken, insbesondere bei durchgängigem Schotterbett bestehende Abweichungen von der Mittellage beseitigen. $-\lambda$ bedeutete ein erwünschtes Verschieben des Gleises nach außen um das Maß λ . Bei der dritten Gruppe der Aufgaben muß der neue Bogen durch zwei vorherbestimmte Punkte hindurchgehen, oder in diesen die Verschiebungen $\pm \lambda$ und $\pm \lambda_1$ erleiden.

Da der Kreis durch drei Punkte bestimmt ist, so ist in dieser letzten Gruppe nur noch eine Bedingung frei wählbar, und zwar entweder das Minimum der Verschiebungsarbeit, oder ein Übergangsbogen, oder der Halbmesser. Wenn am Minimum festgehalten wird, dann ist es freilich fraglich, ob Übergangsbogen in angemessenen Verhältnissen oder überhaupt eingeschaltet werden können. Die Untersuchung ist aber überaus einfach, es müssen nur m und m' berechnet werden.

Gruppe 1.

1. Gegeben der Halbmesser des neuen Bogens (z. B. der noch erlaubte kleinste), die Mittelordinate des einen Übergangsbogens und die Bedingung der kleinsten Verschiebungsarbeit, also $R; m; \text{Minimum}$.

Für x (Abszisse des Mittelpunktes des berichtigten Bogens) haben wir die Gleichung

$$x^2 - 2px + 2R(m - p') - 2p'm + q + q' + m^2 = 0$$

(Bezeichnungen sind im Laufe des Aufsatzes angeführt.)

Die Ordinate des Mittelpunktes ist $y = R + m$.

Die doppelte Mittelordinate des zweiten Übergangsbogens ist $m' = R(\cos \alpha - 1) + (t - x) \sin \alpha + m \cos \alpha$.

2. Gegeben die zwei Übergangsbogen (eigentlich durch m , m' auf zwei dimensionale Unbestimmtheit beschränkt): weiter wird die kleinste Verschiebungsarbeit gefordert.

Über die Wahl von m und m' sei bemerkt, daß in den Oberbauvorschriften gewöhnlich für Halbmessergruppen die nötige Übergangskurvenlänge angegeben ist. Da in der vorliegenden und mehreren anderen Aufgaben der Halbmesser des berichtigten Bogens noch unbekannt ist, setzt man für ihn den Halbmesser des unberichtigten Bogens in die Formel $m = \frac{l_0^2}{24 R_0'}$ und l_0 nach der Vorschrift (bei Hauptbahnen

$$x^2 + 2x \left[(p' - m) \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha} - p \right] + \frac{2(m - p')}{1 - \cos \alpha} (t \sin \alpha + m \cos \alpha - m') + q + q' + m^2 - 2p'm = 0$$

$$y = \frac{x \sin \alpha + m - m' - t \sin \alpha}{1 - \cos \alpha}; R = \frac{-x \sin \alpha - m' + t \sin \alpha + m \cos \alpha}{1 - \cos \alpha}$$

3. Gegeben R ; x ; Minimum

$$y^2 - 2p'y + q + q' - R^2 + x^2 - 2px = 0; m = y - R$$

$$m' = y \cos \alpha + (t - x) \sin \alpha - R.$$

4. Wenn für einen bestehenden Bogen der Halbmesser des neuen Bogens angegeben wird und die beiden Übergangskurven gekennzeichnet durch m und m' , so ist der neue Bogen schon geometrisch bestimmt, und man kann dem Satze vom Minimum keine Folge leisten. Es ist in diesem Falle:

$$x = \frac{R(\cos \alpha - 1) + m \cos \alpha + t \sin \alpha - m'}{\sin \alpha}; y = R + m.$$

Für x : $x^2(p' - b + \lambda) + 2x[p(b - m + \lambda) - a(p' - m)] + c = 0$

$$\text{wo } c = (m - b + \lambda)(m^2 - 2p'm + q + q') + (p' - m)(m^2 - 2bm + a^2 + b^2 - \lambda^2)$$

$$y = \frac{x^2 - 2px + q + q' - m^2}{2(p' - m)}; R = \frac{x^2 - 2px + m^2 - 2p'm + q + q'}{2(p' - m)}; m' = y \cos \alpha - x \sin \alpha + t \sin \alpha - R.$$

2. Gegeben: $(a; b; + \lambda)$; R ; Minimum

$$x^2(1 + \kappa^2) + 2x(\kappa \delta - p - p' \kappa) + \delta^2 - 2p'\delta + q + q' - R^2 = 0$$

$$\text{wo } \kappa = \frac{p - a}{b - p'} \text{ und } \delta = \frac{a^2 + b^2 - q - q' + 2\lambda R - \lambda^2}{2(b - p')}$$

$$y = \frac{2x(p - a) + a^2 + b^2 - q - q' + 2\lambda R - \lambda^2}{2(b - p')}; m = y - R$$

$$m' = y \cos \alpha - x \sin \alpha + t \sin \alpha - R.$$

3. Gegeben: $(a; b; + \lambda)$; x ; Minimum.

y bekommt man durch Lösung folgender Gleichung zweiten Grades:

$$y^2(1 - \kappa^2) - 2y(p' + \kappa \delta) + x^2 - 2px + q + q' - \delta^2 = 0$$

$$\text{wo } \kappa = \frac{p' - b}{+ \lambda} \text{ und } \delta = \frac{2x(p - a) + a^2 + b^2 - q - q' - \lambda^2}{+ 2\lambda}$$

$$R = \frac{1}{+ 2\lambda} [2x(p - a) + 2y(p' - b) + a^2 + b^2 - q - q' - \lambda^2]$$

$$m' = y \cos \alpha - x \sin \alpha + t \sin \alpha - R.$$

An der Stelle $+ \lambda = 0$ wird hier die Gleichung für y und der Ausdruck für R unbestimmt. Da aber R eine endliche Größe sein muß, muß auch sein Zähler Null sein, d. h.:

$$2x(p - a) + 2y(p' - b) + a^2 + b^2 - q - q' - \lambda^2 = 0$$

$$\text{wovon } y = \frac{q + q' + 2x(a - p) - a^2 - b^2}{2(p' - b)}$$

$$R \text{ ist } \sqrt{(a - x)^2 + (y - b)^2}; m' = y \cos \alpha + (t - x) \sin \alpha - R.$$

4. Gegeben: $(a; b; + \lambda)$; R ; m .

Der Bogen ist geometrisch bestimmt, ein Arbeitsminimum kann nicht angestrebt werden.

$$x^2 - 2ax + 2R(m - b + \lambda) + m^2 - 2bm - \lambda^2 + a^2 + b^2 = 0$$

$$y = R + m; m' = (R + m) \cos \alpha + (t - x) \sin \alpha - R.$$

5. Gegeben: $(a; b; + \lambda)$; m ; m' .

$$x^2 + \kappa x + \delta = 0, \text{ wo } \kappa = \frac{2}{\cos \alpha} [(m - b + \lambda) \sin \alpha - a(\cos \alpha - 1)]$$

$$x = \frac{(\delta b_1 - \delta p' + \lambda_1)[2(p' - b)\epsilon - q - q' + a^2 + b^2 - \lambda^2] - (\delta b - \delta p' + \lambda)[2(p' - b_1)\epsilon - q - q' + a_1^2 + b_1^2 - \lambda_1^2]}{2(\delta b - \delta p' + \lambda)(p - a_1 + \alpha p' - \alpha b_1) - 2(\delta b_1 - \delta p' + \lambda_1)(p - a + \alpha p' - \alpha b)}$$

gewöhnlich 40, 60 oder 80 m), indem man mit Recht annimmt, daß der neue Halbmesser nicht wesentlich vom alten abweichen werde (gewöhnlich einige Meter), und daß er in bezug auf l_0 so in dieselbe Gruppe gehören werde wie der alte. Nach Ermittlung des neuen Halbmessers wird sich dann l , nach der Gleichung $l = \sqrt{24 m R^2}$ berechnet, nicht erheblich von l_0 unterscheiden. In gewissen Fällen kann übrigens l_0 auf runder Zahl gehalten werden. Wenn hierauf — ganz unnötigerweise — Gewicht gelegt werden sollte, so kann die regula falsi angewendet werden.

Für x erhält man die Gleichung:

5. Gegeben: R ; m ; x

$$y = R + m; m' = (R + m) \cos \alpha + (t - x) \sin \alpha - R.$$

6. Gegeben: x ; m ; m'

$$y = \frac{m' - m - (t - x) \sin \alpha}{\cos \alpha - 1}; R = y - m.$$

Gruppe II.

1. Der neue Bogen erleide im Punkt $(a; b)$ die Verschiebung $+ \lambda$, die eine Übergangskurve sei durch m festgelegt und die Verschiebung des Bogens geschehe mit dem kleinsten Arbeitsaufwand. $(a; b; + \lambda)$; m ; Minimum.

und

$$\delta = \frac{2}{\cos \alpha - 1} (m' - m \cos \alpha - t \sin \alpha)(m - b + \lambda) + a^2 + b^2 + m^2 - 2bm - \lambda^2$$

$$R = \frac{(x - t) \sin \alpha + m' - m \cos \alpha}{\cos \alpha - 1}; y = R + m.$$

6. Gegeben: $(a; b; + \lambda)$; m ; x

$$R = \frac{2bm - x^2 + 2ax - a^2 - b^2 + \lambda^2 - m^2}{2(m - b + \lambda)}; y = R + m$$

$$m' = (R + m) \cos \alpha + (t - x) \sin \alpha - R.$$

Gruppe III.

1. Der berichtigte Bogen habe den gewählten Halbmesser R und soll von den Punkten $(a; b)$ und $(a_1; b_1)$ die durch örtliche Verhältnisse bestimmten Entfernungen $+ \lambda$ und $+ \lambda_1$ aufweisen. Gegeben also R , $(a; b; + \lambda)$; $(a_1; b_1; + \lambda)$.

Die Abszisse des neuen Bogenmittelpunktes erhält man aus der Gleichung:

$$x^2(1 + \alpha^2) + 2x(\alpha \beta - b\alpha - a) + a^2 + (b - \beta)^2 - R^2 + 2\lambda R - \lambda^2 = 0$$

$$\text{wo } \alpha = \frac{a_1 - a}{b - b_1}; \beta = \frac{a^2 - a_1^2 + b^2 - b_1^2 + 2R(+\lambda + \lambda_1) - \lambda^2 + \lambda_1^2}{2(b - b_1)}$$

$$\text{ist. } y = \alpha x + \beta; m = y - R$$

$$m' = y \cos \alpha + (t - x) \sin \alpha - R.$$

2. Gegeben: $(a; b; \lambda)$; $(a_1; b_1; \lambda_1)$; m .

$$x^2(\varrho_1 - \varrho) - 2x(a\varrho_1 - a_1\varrho) + \eta\varrho_1 - \eta_1\varrho = 0 \text{ wo}$$

$$\varrho = m - b + \lambda \quad \eta = a^2 + b^2 - 2bm - \lambda^2 + m^2$$

$$\varrho_1 = m - b_1 + \lambda_1 \quad \eta_1 = a_1^2 + b_1^2 - 2b_1m - \lambda_1^2 + m^2$$

$$R = \frac{2ax - x^2 - \eta}{2\varrho}; y = R + m$$

$$m' = y \cos \alpha + (t - x) \sin \alpha - R.$$

3. Gegeben: $(a; b; \lambda)$; $(a_1; b_1; \lambda_1)$ und die Bedingung des Arbeitsminimums.

$$\text{wo } \alpha = \frac{a_1 - a}{b - b_1}; \delta = \frac{+\lambda_1 + \lambda}{b - b_1}; \varepsilon = \frac{a^2 - a_1^2 + b^2 - b_1^2 - \lambda^2 + \lambda_1^2}{2(b - b_1)}$$

Der schwierigste Fall bedeutet eigentlich, wie man sieht, nur die Berechnung eines Bruches nach Einsetzen der gegebenen Werte.

$$y = \alpha x + \delta R + \varepsilon$$

$$R = \frac{1}{2(\delta p' - \delta b_1 + \lambda_1)} [2x(a_1 - p - \alpha p' + \alpha b_1) + 2\varepsilon(b_1 - p') + q + q' - a_1^2 - b_1^2 + \lambda_1^2]$$

$$m' = y \cos \alpha + (t - x) \sin \alpha - R.$$

Für $\lambda = \lambda_1 = 0$ hat R die Form $\frac{Y}{0}$, da R eine endliche

Größe ist, muß $Y = 0$ sein, d. h.

$$2x(a_1 - p^2 - \alpha p' + \alpha b_1) + 2\varepsilon(b_1 - p') + q + q' - a_1^2 - b_1^2 + \lambda_1^2 = 0.$$

$$\text{Hiervon ist } x = \frac{2\varepsilon(p' - b_1) + a_1^2 + b_1^2 - q - q'}{2(a_1 - p - \alpha p' + \alpha b_1)}$$

$$\text{wo } \varepsilon = \frac{a^2 - a_1^2 + b^2 - b_1^2}{2(b - b_1)} \text{ und } \alpha = \frac{a_1 - a}{b - b_1} \text{ ist.}$$

Direkte Berechnung von x liefert natürlich dasselbe Ergebnis.

R ist einfach die Distanz des errechneten Mittelpunktes von einem der gegebenen Punkte, also $\sqrt{(a - x)^2 + (y - b)^2}$.

Anschließend sei die folgende Aufgabe behandelt: es soll ein Bogen so bestimmt werden, daß er von den aufgemessenen Punkten (a; b): (a₁; b₁): (a₂; b₂) des alten Bogens die radial gemessenen, durch örtliche Einflüsse bestimmten Entfernungen $\pm \lambda$; $\pm \lambda_1$; $\pm \lambda_2$ aufweist.

Es können drei Bestimmungsgleichungen von der Form $x^2 + y^2 + a^2 + b^2 - 2ax - 2by - R^2 + 2\lambda R - \lambda^2 = 0$ angeschrieben werden mit den drei Unbekannten x, y, R. Die Lösung ist

$$x = \frac{d\varepsilon_1 - d_1\varepsilon}{\varepsilon_1\kappa - \varepsilon\kappa_1}$$

$$\frac{1}{2}\kappa = (b_1 - b)(a_2 - a) - (b_2 - b)(a_1 - a)$$

$$\frac{1}{2}\kappa_1 = (b_1 - b_2)(a - a_2) - (b - b_2)(a_1 - a_2)$$

$$\frac{1}{2}\varepsilon = (\mp\lambda_1 + \lambda)(b_2 - b) - (+\lambda_2 + \lambda)(b_1 - b)$$

$$\frac{1}{2}\varepsilon_1 = (+\lambda_1 + \lambda_2)(b - b_2) - (\mp\lambda + \lambda_2)(b_1 - b_2)$$

$$d = (b_1 - b)(a^2 + b^2 - a^2 - b^2 - \lambda_2^2 + \lambda^2) - (b_2 - b)(a_1^2 + b_1^2 - a^2 - b^2 - \lambda_1^2 + \lambda^2)$$

$$d_1 = (b_1 - b_2)(a^2 + b^2 - a^2 - b^2 - \lambda^2 + \lambda_2^2) - (b - b_2)(a_1^2 + b_1^2 - a^2 - b^2 - \lambda_1^2 + \lambda^2)$$

$$R \text{ ist } \frac{\kappa d_1 - d \kappa_1}{\varepsilon_1 \kappa - \varepsilon \kappa_1} \text{ und}$$

$$y = \frac{a_1^2 + b_1^2 - a^2 - b^2 - 2x(a_1 - a) + 2R(+\lambda_1 + \lambda) - \lambda_1^2 + \lambda^2}{2(b_1 - b)}$$

Wenn $\lambda = \lambda_1 = \lambda_2 = 0$ ist, so ist nach obiger Formel $x = 0$, und es besteht die Beziehung $\kappa d_1 = d \kappa_1$. Es liegt

also ein Kreis vor, der durch die drei Punkte (a; b): (a₁; b₁): (a₂; b₂) des alten Bogens bestimmt ist; es brauchen in diesem Falle nur die Koordinaten dieser drei Punkte gemessen, oder berechnet zu werden. Die Gleichung dieses Kreisbogens lautet

$$\begin{vmatrix} x^2 + y^2 & x & y & 1 \\ a^2 + b^2 & a & b & 1 \\ a_1^2 + b_1^2 & a_1 & b_1 & 1 \\ a_2^2 + b_2^2 & a_2 & b_2 & 1 \end{vmatrix} = 0$$

Wenn diese Gleichung einmal nach x, dann nach y differenziert wird, so bekommt man bekanntlich zwei Gleichungen ersten Grades, deren Unbekannte (x, y) die Koordinaten des Mittelpunktes in leicht lösbarer Form darstellen.

Mechanische Schwellenaufplattanlage für Reichsoberbau.

Von Dr. Ing. Ludwig Schultheiß, München.

Die hier beschriebene Schwellenaufplattanlage dient zur mechanischen Befestigung der Unterlagsplatten des Reichsoberbaues auf den Holzschwellen.

Bei den früheren Oberbauten war die Befestigung der Unterlagsplatte auf der Schwelle vereinigt mit der Befestigung der Schiene auf der Unterlagsplatte, so daß es nicht möglich, oder wenigstens nicht zweckmäßig war, die Platte getrennt von der Schiene bereits im Schwellenwerk auf die Schwelle aufzubringen. Beim Reichsoberbau ist die Unterlagsplatte durch vier Schrauben gesondert auf der Schwelle befestigt, so daß die Möglichkeit besteht, sie getrennt von den übrigen Oberbauteilen bereits im Schwellenwerk aufzuschrauben.

Gegenüber der Befestigung auf der Strecke hat diese Arbeitsweise verschiedene Vorteile aufzuweisen. Das Eindrehen der Schrauben kann mechanisch geschehen. Die Schrauben des Reichsoberbaues sind stärker als die des zuletzt angewendeten Oberbaues Form 10. Der Kerndurchmesser beträgt 16 mm gegen 15 mm vorher. Das Eindrehen erfordert infolgedessen einen größeren Kraftaufwand, was sich in den Gedingelöhnen bei Arbeiten auf der Strecke erheblich bemerkbar macht.

Um diese Löhne zu vermindern, sind bereits verschiedentlich tragbare Eindrehmaschinen mit elektrischem Antrieb zur Verwendung auf der freien Strecke gebaut worden. Sie bestehen aus einer fahrbaren Kraftanlage, die meist mit Benzin oder Benzol betrieben wird und einigen durch einen Elektromotor angetriebenen, nach Art der Handbohrmaschinen ge-

bauten Eindrehmaschinen, welche von einem oder meist zwei Arbeitern bedient werden. Mit ihnen kann jeweils eine Schraube eingedreht werden. Diese Einrichtungen bedeuten zweifellos einen wesentlichen Fortschritt gegenüber dem Einschrauben von Hand, es haften ihnen aber doch eine Reihe von Mängeln an, deren Beseitigung nicht ohne weiteres möglich ist. Wenn auch ihre maschinentechnische Durchbildung bei dem heutigen hohen Stand der Technik keine übermäßigen Schwierigkeiten bietet, so können sie doch wegen der stets notwendigen Gewichtsbeschränkung nicht so freizügig und zuverlässig durchgebildet werden wie eine ortsfeste Anlage. Besonders unangenehm macht sich aber ihre beschränkte Ausnutzungsmöglichkeit geltend, die bedingt wird durch das Gebundensein an den Fortgang des Gleisbaues und die Beeinflussung durch Witterungsverhältnisse.

Die Ausnutzungsmöglichkeit ist bei ortsfesten Anlagen erheblich größer, da die gesamte Jahreslieferung des Schwellenwerks von einer Maschine bewältigt wird. Der Kapitalaufwand kann deshalb wesentlich größer sein als der einer beweglichen Anlage. Der Arbeitsfortgang wie auch die Arbeitsgüte kann bei der ortsfesten Anlage besser überwacht werden, auch entfällt die Beeinflussung durch die Witterungsverhältnisse.

In Würdigung der vorstehenden Gesichtspunkte wurde eine derartige ortsfeste Anlage im Schwellenwerk Kirchseeon errichtet und im Januar 1927 in Betrieb genommen. Gemäß den im neuzeitlichen Werkbetrieb geltenden Grundsätzen wurden die gesamten Arbeitsvorgänge weitgehend mechanisiert

Sowohl die Beförderung der Schwellen als auch die der aufzubringenden Platten und Schrauben erfolgt soweit irgend möglich durch mechanische Hilfsmittel. War an irgend einer Stelle die Bewegung dieser Teile von Hand nicht zu umgehen, so wurde sie so eingerichtet, daß von der Bedienungsmannschaft keine Hubarbeit, sondern nur Richtarbeit zu leisten ist. Auf diese Weise konnte der Personalaufwand weitgehend eingeschränkt werden.

Der Arbeitsvorgang vollzieht sich in folgender Weise (Abb. 1 und 2):

Die aufzubringenden Platten und Schrauben werden auf dem Gleis 7 in offenen Eisenbahnwagen herangefahren und mittelst eines Hubmagneten (Abb. 3) entweder auf einen Zwischentisch 10 oder in den Vorratsraum 9 entladen. Es sind je zwei Bunker für Platten und Schrauben vorgesehen. Jeder Bunker faßt 250 t Platten bzw. die zugehörige Anzahl Schrauben. Der Vorrat reicht für 20 Arbeitstage. Vorerst wird nur je ein Platten- und Schraubenbunker durch den Kran bestrichen. Von dem Zwischentisch werden die Platten und Schrauben von Hand auf das Zubringerband 3

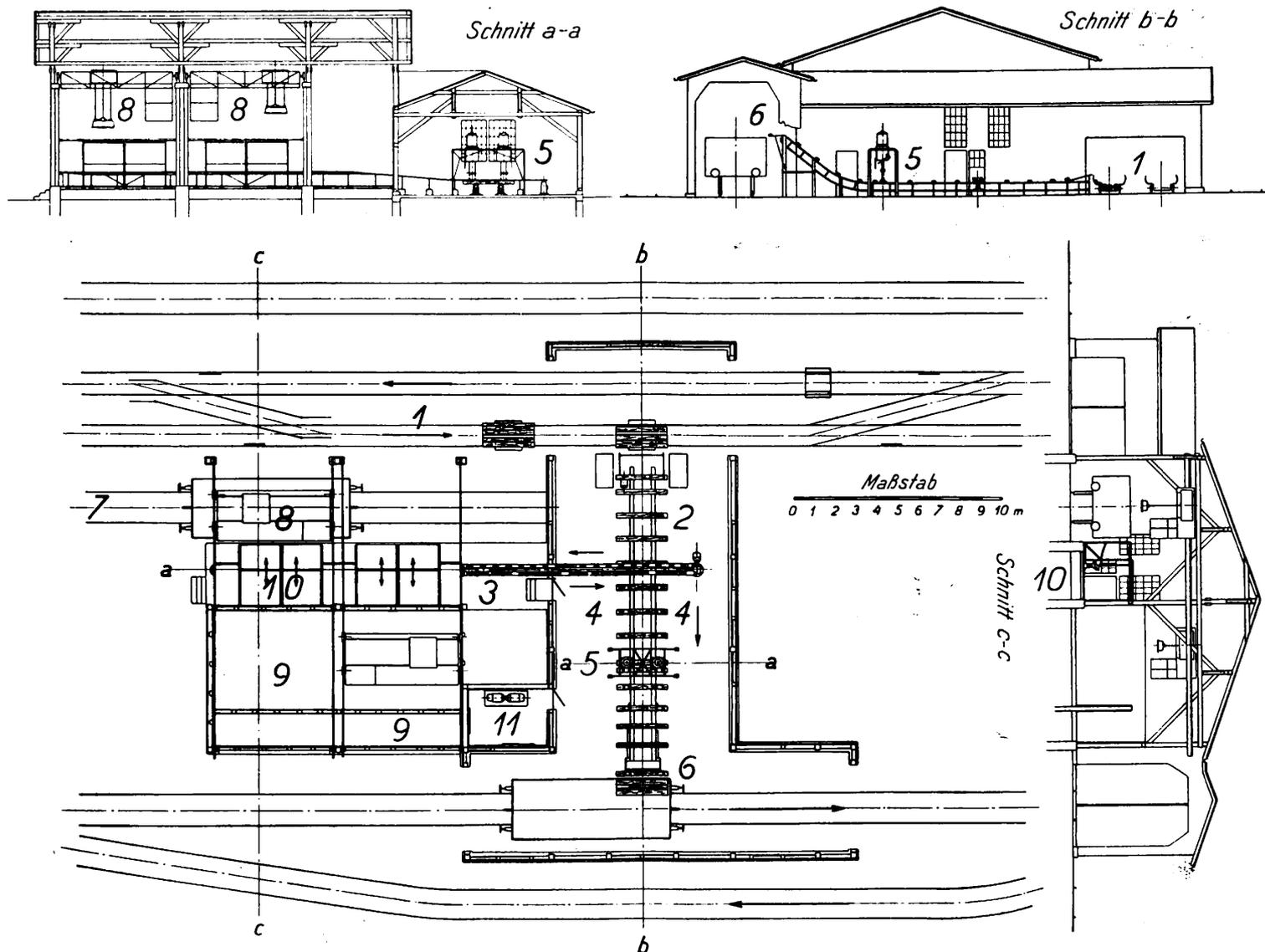


Abb. 1. Übersichtsplan der gesamten Schwellenaufplattanlage.

Die gebohrten und gegebenenfalls gekappten Schwellen werden nach vollzogener Tränkung mit Hilfe eines Spills aus dem Tränkkessel gezogen und ohne Umladung auf dem mit 1 bezeichneten Gleis an das Schwellenförderband 2 herangeführt; zwei Arbeiter, je einen links und rechts des Förderbandes, heben die Schwellen einzeln mittelst einer spitzen Hacke aus dem Wagen und legen sie auf die Führungsbahn, von wo sie selbsttätig auf das Förderband gleiten und von den Greifern mitgenommen werden. Von dieser Arbeitsstelle aus bewegen sich die Schwellen mit einer dauernd gleichbleibenden Geschwindigkeit von 8,6 m/Min. nach der Eindrehvorrichtung. Das Auflegen der Platten und das Vorheften der Schrauben wird während dieser Bewegung der Schwellen vorgenommen.

gelegt und von diesem selbsttätig nach dem Schwellenförderband gebracht.

Das Zubringerband bewegt sich über dem Schwellenförderband weg, so daß der bedienende Arbeiter beim Durchgang einer Schwelle die Platte nur ein kurzes Stück (18 cm) nach abwärts zu bewegen braucht um sie in richtiger Lage auf die Schwelle aufzulegen. Neben diesem Arbeiter, dessen Tätigkeit ausschließlich das richtige Auflegen der Platten bildet steht ein weiterer, der die vier Schrauben vorzuheften hat (Abb. 4).

Sowohl die Platten als auch die Schrauben werden dabei nicht mit der Hand, sondern mit einfach gebauten Zangen gefaßt, welche die betreffenden Arbeiter mit großem Geschick zu handhaben wissen. Auf diese Weise werden

Verletzungen der Hände durch die stets vorhandenen scharfen Gräte hintangehalten.

Von diesem Arbeitsplatz aus gelangt die Schwelle unter die Eindrehvorrichtung (Abb. 1, Ziff. 5), deren nähere Beschreibung später folgt.

Mittelst dieser Eindrehvorrichtung werden alle acht Schrauben gleichzeitig eingedreht. Die fertig aufgeplattete

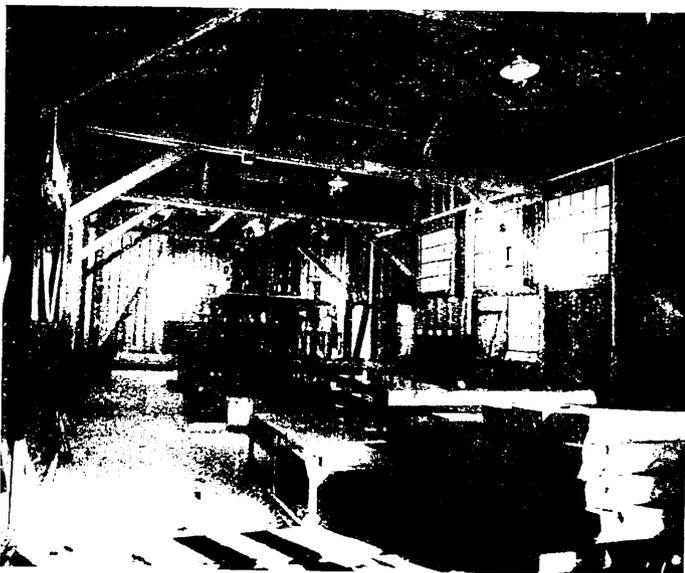


Abb. 2.

Arbeitshalle mit Schwellenförderband und Eindrehmaschine.

Schwelle wird nunmehr schräg nach oben weiter bewegt (Abb. 5) und fällt schließlich von selbst in den bereitgestellten Eisenbahnwagen, der sie ohne Umladung unmittelbar an die Baustelle auf der Strecke bringt.

An jedem Arbeitsplatz befindet sich ein Ausrückhebel zum Stillsetzen der Anlage im Falle der Gefahr und bei Unregelmäßigkeiten im Arbeitsfortgang. Der Ausrückhebel wirkt auf

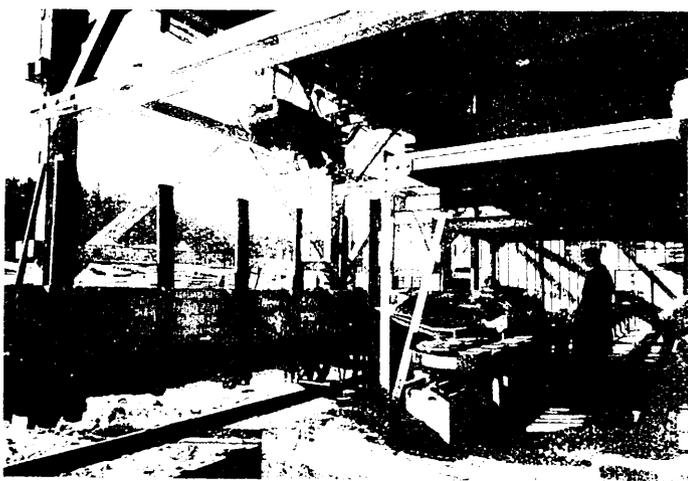


Abb. 3. Lasthebemagnet und Zwischentische.

eine Kupplung, welche zwischen den Antriebsmotor und dem Triebwerk des Bandes eingeschaltet ist, so daß dieses beim Ausrücken der Kupplung sofort zum Stillstand kommt.

Die Anlage erfordert zu ihrer Bedienung insgesamt 15 Mann, welche folgende Arbeiten zu verrichten haben:

ein Mann zum Herausbringen der gefüllten Tränkwagen mittelst des Spills, wenn die Schwellen unmittelbar aus dem Tränkkessel kommen, oder eines Benzin- oder Elektro-

schleppers, wenn die Schwellen von einem Stapel beschafft werden müssen,

zwei Mann zum Aufbringen der Schwellen auf das Schwellenförderband (je ein Mann links und rechts vom Band), zwei Mann zum Auflegen der Platten mit den darauf befindlichen Schrauben,

zwei Mann zum Vorheften der vier Schrauben,

zwei Mann zum Eindrehen der Schrauben,

zwei Mann zum Richten der Schwellen im Eisenbahnwagen, ein Führer zur Bedienung des Krans und Hubmagneten, je ein Mann zum Auflegen der Platten und Schrauben auf das Zubringerband,

ein Mann als Bereitschaft und zur Beihilfe beim Auswechseln der Tränkwagen und der Eisenbahnwagen.

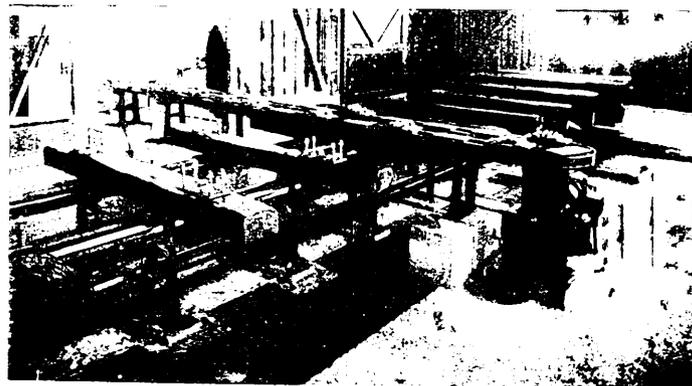


Abb. 4. Zubringerband und Arbeitsplatz für Aufbringen der Platten und Vorheften der Schrauben.

Mit Hilfe der Anlage werden jetzt in einer Arbeitsschicht von neun Stunden 1300 bis 1400 Schwellen aufgeplattet und verladen. Es sind aber augenblicklich Maßnahmen im Gang um diese Leistung auf 1700 bis 1800 Schwellen zu steigern.

Beim Entwurf der Anlage bestanden einige Bedenken dahin, ob es zweckmäßig sein würde, das Auflegen der Platten auf die Schwellen und das Vorheften der Schrauben während

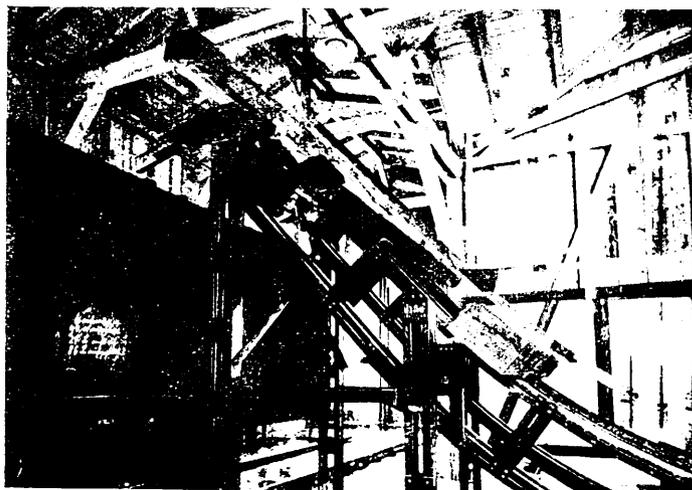


Abb. 5. Verladevorrichtung für die aufgeplatteten Schwellen.

der Bewegung der Schwelle vorzunehmen. Schwierigkeiten in dieser Hinsicht sind jedoch nicht entstanden. Die vorgenannten Arbeiten können bei einem Vorschub von 8,6 m/Min. genau so gut und in derselben Zeit ausgeführt werden wie bei Stillstand der Schwelle.

Das Auflegen der Platten erfolgt ohne Schablone. Der betreffende Arbeiter richtet sich nur nach der Bohrung, die maschinell und deshalb mit großer Genauigkeit auch hinsicht-

lich der Lochabstände (Lochbild) ausgeführt wird. Beanstandungen hinsichtlich der Lage der Platten auf der Schwelle und der Spurweite haben sich nicht ergeben.

Zur Bedienung der gesamten Anlage werden durchweg ungelernete Arbeiter verwendet, die sich nach kurzer Zeit die wenigen Handgriffe aneignen, die sie an den einzelnen Arbeitsplätzen jeweils auszuführen haben.

Eine gewisse Schwierigkeit bei der Ausführung von Arbeiten an derartigen laufenden Einrichtungen besteht in der

Eine weitere Schwierigkeit wird in der Unterbrechung der Arbeit bei Ausfall eines Arbeiters befürchtet. Auch diese Befürchtung hat sich hier nicht erfüllt. Ein Mann steht für den größten Teil der Arbeitszeit als Bereitschaft zur Verfügung. Weitere Möglichkeiten zum Austreten bilden die ohnehin vorhandenen Pausen beim Wechseln der Schwellentränkwagen und der zu beladenden Eisenbahnwagen.

Von den verschiedenen Teilen der Anlage sind vollkommen neuartig und beachtenswert die Beladeeinrichtung des Zu-

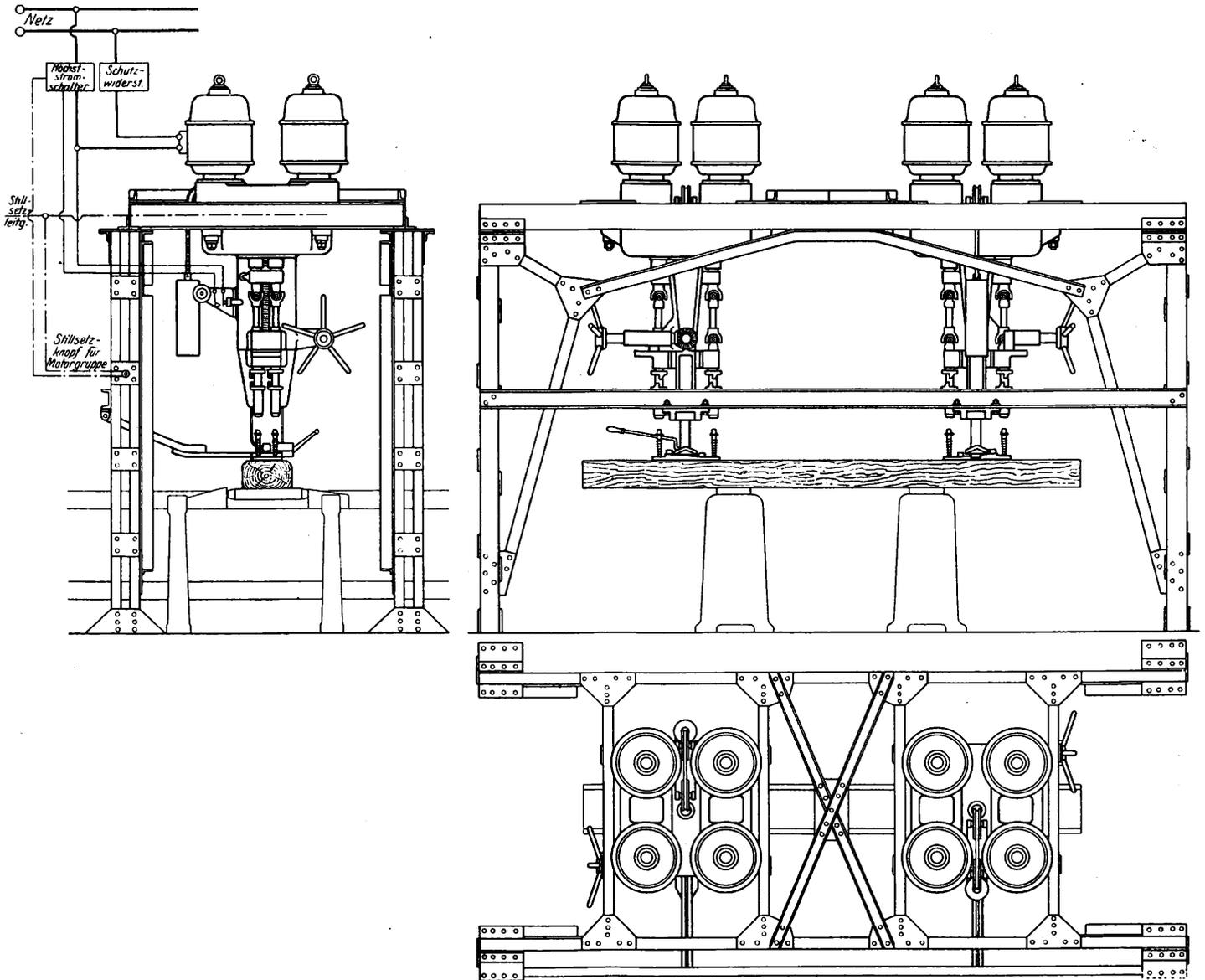


Abb. 6. Eindrehmaschine mit Einzelantrieb der Eindrehspindeln.

richtigen Aufteilung der einzelnen Arbeitsvorgänge. Um die Fertigung möglichst wirtschaftlich zu gestalten, soll jeder einzelne Arbeitsvorgang nicht nur gleiche Zeit erfordern, sondern auch den gleichen Kraftaufwand. Vollkommene Abgleichung wird wohl in den seltensten Fällen gelingen. Ein Ausgleich kann durch Wechseln der Arbeitsplätze erzielt werden. Dieses Wechseln der Arbeitsplätze ist dann besonders wirksam, wenn gleichzeitig auch andere Muskelgruppen des Arbeiters in Anspruch genommen werden. Um dies zu erreichen, wurde die Einrichtung getroffen, daß im Verlauf einer Schicht jeder Arbeiter einmal an den verschiedenen Arbeitsplätzen des Schwellenförderbandes verwendet wird.

Da die einzelnen Arbeitsvorgänge leicht zu erlernen sind und ein Wechsel in der Belegschaft kaum eintritt, bedeutet dieser Austausch der Arbeitsplätze keine merkbare Verzögerung.

bringerbandes und die Eindrehmaschine, weshalb dieselben nachstehend noch genauer beschrieben werden sollen.

Bei der Beladeeinrichtung des Zubringerbandes werden die Platten durch einen von der M A N. gelieferten Laufkran mit Lasthebemagneten (Abb. 3) aus dem links sichtbaren Eisenbahnwagen entnommen. Der Magnet faßt etwa 30 Platten von je 9,54 kg Gewicht. Die Stromaufnahme beträgt etwa 4 kW, die Spannung 220 Volt.

Der Magnet wird durch den oben sichtbaren Laufkran von 5,7 m Spannweite und 2000 kg Tragkraft bewegt. Arbeitsgeschwindigkeit: Lastheben: 10 m/Min.; Katzfahren: 25 m/Min.; Kranfahren: 40 m/Min. Der Kran legt die Platten entweder auf den in der Mitte sichtbaren Zwischentisch oder bringt sie in den rechts vom Bild befindlichen Bunker. In derselben Weise werden die Schrauben befördert. Der Arbeiter zieht

mittelst zweier Hacken die Platte von dem Tisch herunter und bringt sie in richtiger Lage auf das Zubringerband. Die Bewegung der Platten mittelst des Lastmagneten erforderte besondere Maßnahmen zum Schutz der arbeitenden Personen gegen herabfallende Platten.

Um eine Verletzung des Arbeiters beim Entnehmen der Platten vom Tisch zu verhindern, sind zwei Tische nebeneinander angeordnet, von denen jeweils einer durch den Kran beladen wird, während von dem anderen die Platten weggenommen werden. Auf diese Weise wird verhindert, daß der Arbeiter während der Beladung des Tisches mit Platten die Beladung des Bandes unterbrechen muß. Außerdem ist über dem Gang ein fester Holzrost angebracht, und über jedem der beiden Tische ein beweglicher Rost, der nur bei Beladung des Tisches zurückgeschoben werden darf.

Das gesamte Spiel bei Beladung des Zwischentisches und des Bunkers beträgt im Mittel 90 bis 100 Sekunden, so daß in der Stunde 1080 bis 1200 Platten bewegt werden können.

Dem Zubringerband müssen im Mittel 360 Platten zugeführt werden, so daß im allgemeinen während des Betriebs auch noch Zeit bleibt, um die Schrauben zu befördern und den Bunker zu füllen.

Der zum Betrieb des Hubmagneten und der Kranmotoren notwendige Gleichstrom wird von einer Drehstrom-Gleichstromumformeranlage von 35 kW Leistung erzeugt (Abb. 1, Ziff. 11).

Die ebenso wie das Schwellenförderband von Robel-München gelieferte Eindrehrmaschine besteht aus zwei getrennt voneinander arbeitenden Teilen, die durch je einen Drehstrommotor angetrieben werden. Jeder der beiden Teile dreht die vier Schrauben einer Schwellenseite gleichzeitig ein. Der Drehstrommotor macht 1440 Umdrehungen in der Minute und überträgt seine Leistung von 18 kW unter Vermittlung von Zahnradgetrieben und Lamellenkupplungen auf die vier Eindrehrspindeln. Jede der Eindrehrspindeln besitzt unten einen beweglichen Kopf, der sich so lange unabhängig von den übrigen dreht, bis er den darunter befindlichen Schraubenkopf gefaßt hat. Der Arbeiter hat also nur die herankommende Schwelle in ungefähr richtiger Lage unter den sich dauernd drehenden Eindrehrkopf zu bringen und dann einen Hebel nach unten zu drücken. Dadurch kuppelt er die Eindrehrvorrichtung mit dem Kopf und die Schraube wird selbsttätig in der Zeit von drei Sekunden eingedreht. Nach erfolgtem Eindrehren wird die Vorrichtung ohne Stillsetzen des Motors wieder von den Schraubenköpfen abgehoben. Das gesamte Spiel nimmt eine Zeit von etwa zwölf Sekunden in Anspruch, so daß bei vollkommen ordnungsgemäßem Arbeiten fünf Schwellen in der Minute aufgeplattet werden können. Es hat sich aber gezeigt, daß diese Leistung herabgesetzt wird durch Unregelmäßigkeiten in der Beschaffenheit des Holzes, Vorkommen von Ästen und Verschiedenheiten in der Länge und dem Durchmesser der Schrauben, sowie dem Zustand des Schraubengewindes.

Die vorerwähnten Umstände können erhebliche Unterschiede in dem Kraftaufwand und vor allem in dem Zeitaufwand für das Eindrehren der vier Schrauben einer Platte bewirken, was zu Verzögerungen des Arbeitsvorgangs führt.

Zum Ausgleich des Zeitunterschiedes beim Eindrehren sind in jede der vier Antriebsspindeln Lamellenkupplungen eingebaut, es hat sich aber ergeben, daß diese Maßnahme bei erheblichen Unterschieden in der Eindrehrkraft und der Einschraubzeit, wie sie manchmal auftreten, nicht vollkommen genügt, um das gleichmäßige Eindrehren der vier Schrauben in der Zeit von zwölf Sekunden zu erreichen. Außerdem steigt bei derartigen Unregelmäßigkeiten der Kraftaufwand für das Niederdrücken des Eindrehrkopfes zu sehr an, was zu vorzeitiger Ermüdung des bedienenden Arbeiters führt.

Zur Beseitigung dieser Mißstände wurde vom Maschinenamt 2 München eine Abänderung der Eindrehrmaschine derart vorgenommen, daß die vier Eindrehrspindeln getrennt von je einem Motor angetrieben werden (Abb. 6). Dadurch entfallen die ungünstigen Wirkungen, welche die mechanische Kupplung des Antriebs der vier Spindeln bringt. Das Eindrehren geht genau so vor sich wie bei der anderen Vorrichtung, nur besteht der Unterschied, daß der Strom nach eingetretenem Festsitzen der Schrauben selbsttätig durch ein besonderes konstruiertes Schütz ausgeschaltet wird, der Motor also bei jedemmaligem Eindrehren zum Stillstand kommt. Beim Abheben der Eindrehrköpfe wird der Strom durch den Bedienungshebel wieder eingeschaltet. Für den Antrieb der vier Spindeln wird Gleichstrom an Stelle von Drehstrom verwendet, da sich gezeigt hat, daß die Charakteristik des Drehstrommotors sich dem Eindrehrvorgang nicht so gut anpaßt, wie die des Gleichstrom-Hauptstrommotors.

Die Betriebskosten der Anlage sind auf der nachfolgenden Berechnung des Zentral-Bauamts München ausgeschieden. Es kostet das Aufplatten einer Schwelle insgesamt 14,6 Pfennig. Die mit der Anlage erzielten wirtschaftlichen Ergebnisse sind günstig. Nach Berechnung des Zentral-Bauamts München

Zusammenstellung der Kosten für das Aufplatten einer Bahnschwelle Klasse I im Schwellenwerk Kirchseeon mittelst der mechanischen Aufplattanlage.

Lfd. Nr.	V o r t r a g	Kosten	
		im einzelnen	im ganzen
		Rpf.	
1	Verzinsung und Abschreibung des Anlagekapitals: Anlagekosten = 115 000 RM hieraus 15 % = 17 250 .. das sind bei Aufplattung von jährlich 340 000 Schwellen 1725 000 : 340 000 =	—	5,1
2	Ersatzbeschaffung und Betriebsstoffe (ausnahmslos Stromkosten); Angenommen jährlich 5000 RM das sind 500 000 : 340 000 =	—	1,5
3	Arbeitslöhne: Stundenleistung der Anlage = 140 Schwellen Stundenlohn 65 Rpf. a) Abladen des Kleineisens einschließlich Verbringen auf das Zubringerband: 3 Arbeitsstunden das sind 3 × 65 = 195 : 140 = b) Aufplatten der Schwellen einschließlich Verbringen derselben auf das Zubringerband: 9 Arbeitsstunden das sind 9 × 65 = 585 : 140 = c) Verladen der Schwellen in Eisenbahnwagen: 2 Arbeitsstunden das sind 2 × 65 = 130 : 140 =	1,4	4,2
4	Kosten für elektrischen Strom: stündl. Verbrauch 12 kWh je 17 Rpf. das sind 204 : 140 =	0,9	6,5
		—	1,5
			14,6

betragen die Kosten für das Aufplatten einer Schwelle bei reinem Handbetrieb auf der Strecke 40 Pfennig, bei Verwendung ortsveränderlicher Eindrehrmaschinen mit Benzinmotor 30 Pfennig. Abgesehen von der größeren Gleichmäßig-

keit der Arbeit werden demnach sowohl gegenüber dem reinen Handbetrieb auf der Strecke, als auch gegenüber dem Betrieb mit ortsveränderlichen Kraftanlagen jährliche erhebliche Beträge an Arbeitslöhnen erspart.

Das Zeitsignal der Deutschen Reichsbahnen.

Von Oberregierungsbaurat Roudolf, Berlin-Friedenau.

Die Übertragung einer einheitlichen Zeit an sämtliche Stationen des Reichseisenbahnnetzes ist für die Durchführung eines geregelten Zugverkehrs und für eine genaue Zeitangabe auf Telegrammen von großer Bedeutung. Seit der Einführung der mitteleuropäischen Zeit (M.E.Z.) als Normalzeit für den gesamten Eisenbahnbetrieb in Deutschland wird das Zeitsignal von dem Schlesischen Bahnhof in Berlin täglich an sämtliche Betriebsstellen gegeben. Nach diesem Zeitsignal haben die Stationen ihre Uhren einzustellen.

Um die Herstellung besonderer Leitungen für die Zeitübertragung zu sparen, die sehr teuer gewesen wäre, benutzt man vorhandene Telegraphenleitungen. Auf diesen, zu diesem Zweck ausgesuchten Leitungen wird das Zeitsignal mit dem Zeitsignalleiter selbsttätig gegeben. Die Zeitübertragung erfolgt durch die auf dem Schlesischen Bahnhof in Berlin befindliche Kontaktuhr C, die durch die Uhr A der Sternwarte unter Vermittlung der Uhr B der Normalzeitgesellschaft auf folgende Weise reguliert wird. Das Sekundenpendel der Uhr B wird auf elektrischem Wege gezwungen, mit dem Pendel der Uhr A gleichmäßig zu schwingen (Abb. 1). Das Pendel der Uhr A schließt alle zwei Sekunden den Kontakt a. Hierdurch wird ein Stromkreis geschlossen, der in einer am Pendel der Uhr B befestigten Drahtspule b einen Strom erzeugt. Bei der Rechtsschwingung des Pendels der Uhr B bewegt sich die Drahtspule vor dem Magnet c vorbei. Die beiden Pendel sind genau übereinstimmend einreguliert. Die noch vorhandenen geringen Schwingungsunterschiede werden durch eine besondere Einrichtung ausgeglichen. Eilt nämlich das Pendel der Uhr B dem Pendel der Uhr A nach, so wird es beim Kontaktschluß durch den Magneten angezogen, bei einer Voreilung dagegen festgehalten. Die neben den Uhren A und B in den Stromkreis eingeschalteten Galvanoskope d^1 und d^2 zeigen bei jedem Stromschluß durch Nadelausschlag den Zustand der Regulierungsleitung an.

Die Regulierung der Präzisionskontaktuhr C auf dem Schlesischen Bahnhof, die mit einem Kompensationsquecksilberpendel von Riefler ausgerüstet ist, erfolgt durch den an der Uhr B angebrachten Kontakt e. Durch diesen werden alle Uhren reguliert, die an die Regulierungsleitung parallel angeschlossen sind. Der Kontakt e schließt sich innerhalb eines Zeitabschnittes von $3\frac{3}{4}$ Minuten auf zwei Minuten. Die Unterbrechung bildet dann die eigentliche Regulierungszeit, zu der sich die in Frage kommende Uhr kurz zuvor selbsttätig

eingeschaltet hat. Die erfolgte Regulierung wird auf einem Papierstreifen der Registrieruhr D aufgezeichnet. Die Uhr C wird in 24 Stunden einmal reguliert. Ist sie stehen geblieben, so bleibt durch Unterbrechung des Pendelkontaktes f die Registrierung aus.

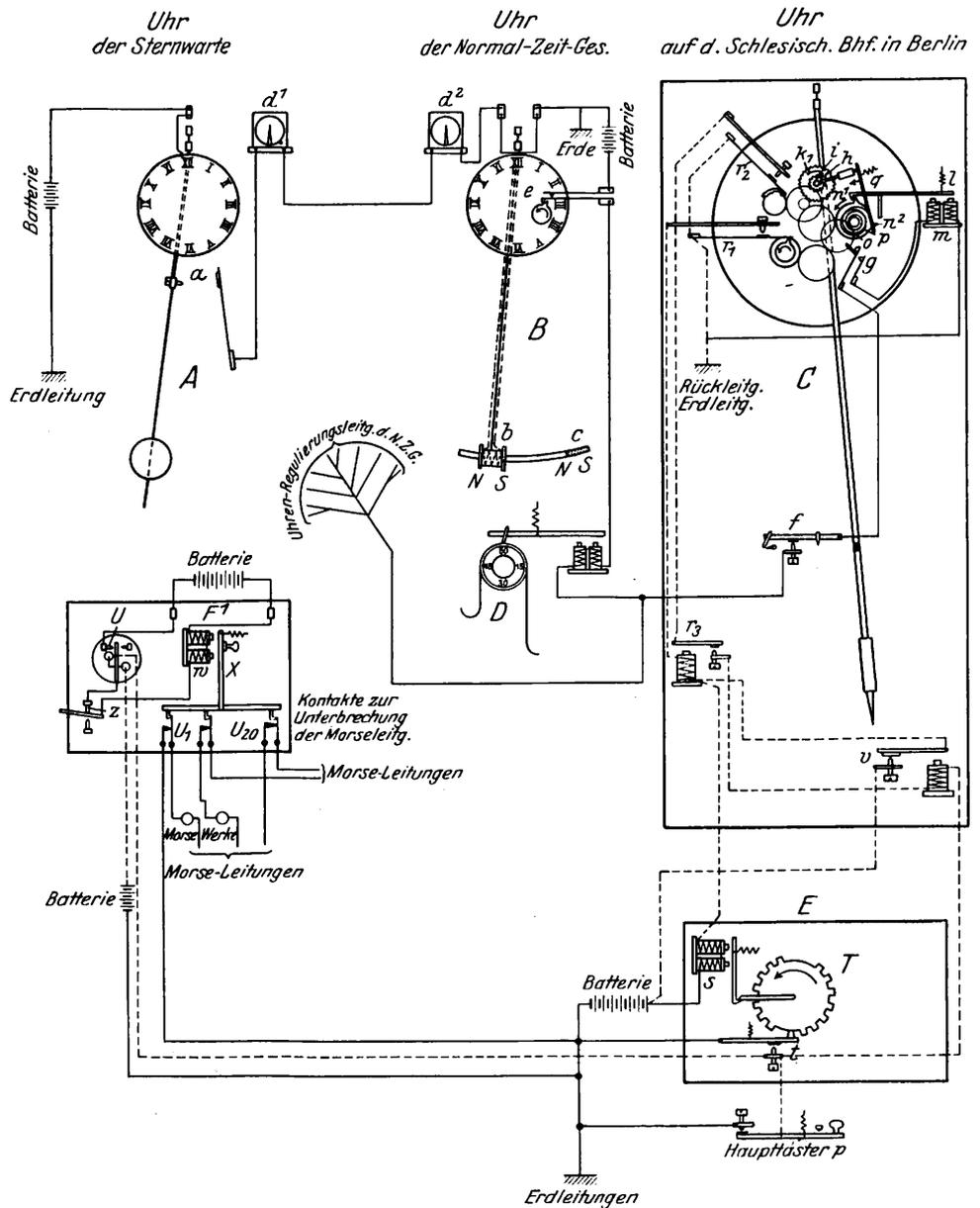


Abb. 1. Darstellung des Stromverlaufs.

Um 7 Uhr schaltet sich die Uhr C durch den Kontakt g ein und zwar auf folgende Weise: Mit der Triebachse des Steigrades ist das Herz h und das Zylinderrad i fest verbunden. Das Steigrad folgt der Triebachse nur durch den in die Zähne des Zylinderrades i eingreifenden Mitnehmer k, den eine Feder gegen das Rad i drückt. Bei einer größeren Kraftaufwendung dreht sich das Laufwerk unabhängig vom Steigrad.

Nach Schluß des Kontaktes e der Uhr B wird der Anker e der Uhr C durch den Elektromagneten m angezogen und die Arretierung n^1 ausgelöst. Die durch das Laufwerk gespannte, kräftige Spiralfeder o reißt in der Pfeilrichtung den Exzenter p herum: dieser wird aber durch die Arretierung n^2 festgehalten. Nach Unterbrechung des Kontaktes e der Uhr B kehrt der Anker l der Uhr C in seine Ruhelage zurück, die Arretierung bei n^2 wird aufgehoben, der Exzenter p schnellst herum und bewegt den Hebel q in der Pfeilrichtung. Die Kuppelung des Hebels q drückt kräftig gegen das Herz h, gleitet bis zum tiefsten Punkt und stellt dadurch die Uhr C auf die genaue Sekunde ein.

Die Uhr C muß so reguliert sein, daß sie am Tage höchstens 29 Sekunden vor- oder nachgeht. Ein Zeitunterschied von 30 und mehr Sekunden würde sich durch die Regulierung erhöhen.

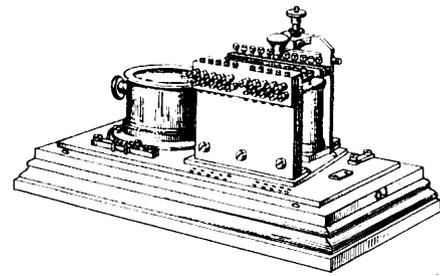


Abb. 2. Relais.

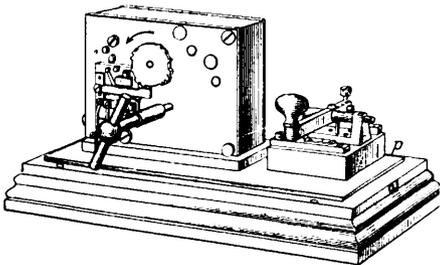


Abb. 3. Laufwerk.

Die Übertragung des Zeitsignals M.E.Z. durch die Kontaktuhr C auf die Morseleitungen wird durch das Laufwerk E (Abb. 3) und die Relais F^1, F^2, F^3, F^4 bewirkt (Abb. 2). Der einfacheren Darstellung wegen ist in dem Stromlaufschema (Abb. 1) nur das Relais F^1 gezeichnet. Die Morseleitungen sind über die Unterbrechungskontakte U (1 bis 20) der Relais F^1, F^2, F^3, F^4 geführt (Abb. 1).

Um 7 Uhr 58 Min. wird durch das 24 Stundenrad am Kontakt r^1 der Uhr C ein Stromkreis geschlossen, der

das Relais r^3 der Uhr C betätigt, den Vorbereitungskontakt r^2 schließt und gleichzeitig das Laufwerk E (Abb. 3) des Rufzeichengebers auslöst. Sein Typenrad, eine mit den Morsezeichen M.E.Z. am Umfange versehene Scheibe T, dreht sich dann in der Richtung des Pfeiles und schiebt durch den Kontakt t und die Relais F^1, F^2, F^3, F^4 den telegraphischen Anruf M.E.Z. (Mitteleuropäische Zeit) entsprechende Stromimpulse in die Morseleitungen. Sämtliche Telegraphenapparate der angeschlossenen Leitungen schreiben infolgedessen das sich wiederholende Rufzeichen M.E.Z. bis 50 Sekunden vor 8 Uhr, wobei der Kontakt r^2 , der Relaiskontakt v der Uhr C und der Kontakt u des Relais F, geschlossen wird. Der Ortsstromkreis des Relais F^1 wirkt auf den Elektromagnet w, zieht den Anker x an und unterbricht den Strom der angeschlossenen Morseleitungen an den Kontakten U 1 bis U 20. Hierdurch entsteht auf den Morsestreifen der betreffenden

Telegraphenapparate ein langer Strich. Durch den Kontaktschluß v wird der Elektromagnet S kurz geschlossen, der zugehörige Anker geht in seine Ruhelage zurück und das Laufwerk E bleibt stehen.

Genau um 8 Uhr vormittags wird der Kontakt r^2 der Uhr C unterbrochen, der Ortsstromkreis des Relais F^1 wird geöffnet, der Anker x kehrt in seine Ruhelage zurück, die Kontakte U (1 bis 20) des Relais F^1 werden wieder geschlossen und die Schreibhebelanker der Morsewerke fallen ab. Dieser Ankerabfall und die dadurch bedingte Beendigung des langen Striches ist die eigentliche Zeitangabe „8 Uhr“. Durch Öffnung des Kontaktes r^2 wurde gleichzeitig der Relaiskontakt v der Uhr C unterbrochen, der Elektromagnet s wieder eingeschaltet und das Laufwerk E hierdurch ausgelöst.

Da der Kontakt r^1 einige Sekunden nach 8 Uhr auch wieder unterbrochen wird, so läuft das Typenrad nur noch einmal herum und schiebt den Ruf M.E.Z. zweimal in die Morseleitungen.

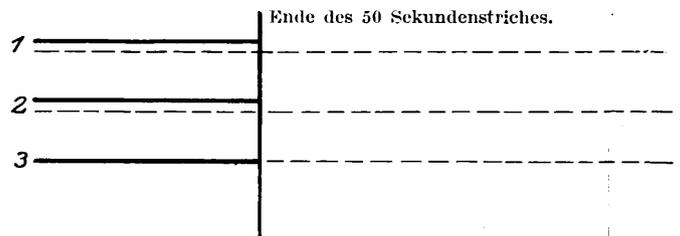


Abb. 4.

Der Ausschluß des Laufwerkes E beim 50 Sekundenstrich ist erforderlich, da bei dem ungenauen Gang eines Laufwerkes die letzten Anrufe M.E.Z. sich ungleichmäßig an den langen Strich anschließen würden, wie dies in den Beispielen 1 und 2 (Abb. 4) angegeben ist. Der Schluß des Striches wäre hierdurch ungenau und der Ankerabfall der Schreibhebel undeutlich. Durch die am Ende des 50 Sekundenstriches erfolgte Auslösung des Laufwerkes E schließen sich die beiden letzten Rufe M.E.Z. an den Strich, wie in Beispiel 3 angegeben, an.

Der Umschalter z des Relais F^1 hat den Zweck, wenn nötig den Ortsstromkreis zu unterbrechen.

Bei einem Versagen der selbsttätigen Übertragungseinrichtung kann das Zeitsignal durch den Haupttaster p oder direkt durch die Taster der Relais F (1 bis 4) mit der Hand gegeben werden.

Sämtliche Apparate, die Präzisionskontaktuhr C, das Laufwerk E mit dem Haupttaster p und die Relais F (1 bis 4) sind in einem Schrank mit Glasschutzkästen untergebracht. In dem unteren Teile des Schrankes sind die Klemmen für die $4 \cdot 30 = 120$ anzuschließenden Morseleitungen enthalten. Die vier Magnetschalter übertragen die Zeit auf je 30 Leitungen, also auf $4 \cdot 30 = 120$ Leitungen. Im Kriege wurde die genaue Zeit bis Warschau und Brüssel von Berlin aus übertragen.

Aus amtlichen Erlassen der Vereinsverwaltungen.

Ausbau der Reichsbahnstrecken, die dem internationalen Fern-D-Zugverkehr dienen.

Die beabsichtigte Beschleunigung des internationalen Schnellzugverkehrs auf den Reichsbahnstrecken hat die Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft im Januar 1928 veranlaßt, für den Ausbau der in Frage kommenden Schnellzuglinien besondere Anordnungen zu treffen. Auf diesen Strecken sollen künftig Schienen der Form S 49 mit 30 m normaler Baulänge auf Holzschwellen verlegt werden. Die für die Gleisumbauten des Jahres 1928 schon gelieferten Schienen von 15 m Baulänge sollen durch

Schweißung nach dem aluminothermischen Verfahren auf die künftig vorgesehene Baulänge von 30 m gebracht werden. Für die Durchführung der Schweißungen werden bei den beteiligten Reichsbahndirektionen eigene Schweißmannschaften aufgestellt.

In der Verfügung ist auch angegeben, wo aus technischen Gründen Holzschwellen verwendet werden sollen. Diese sollen eingebaut werden auf den Strecken, die dem FD-Zugverkehr dienen, dann überall dort, wo eiserne Schwellen

durch Feuchtigkeit, Abgase, Salze usw. besonders angegriffen würden, z. B. in Tunneln, feuchten Einschnitten, in Gegenden mit chemischer Industrie, in der Nähe von Kaliwerken usw. In Krümmungen unter 500 m Halbmesser und in Neigungen unter 1:200 können Hartholzschwellen verwendet werden. Diese sollen auf den FD-Zugstrecken vorzugsweise eingebaut werden und zwar auch über die genannte Grenze hinaus, wenn es aus örtlichen Gründen für notwendig gehalten wird.

Die Bettungsstärke auf den FD-Zugstrecken soll künftig in der Mitte des Planums zwischen den beiden Gleisen von

Schwellenoberkante gemessen 0,40 m betragen. Bei einer beiderseitigen Neigung des Planums von 1:25 und einer Höhe der Holzschwellen von 0,16 m ergibt sich in der Mitte der einzelnen Gleise eine Bettungsstärke von $0,47 - 0,16 = 0,31$ m unter der Unterkante der Holzschwelle. Der Abstand der oberen Bettungskante von der Mitte der Gleise soll künftig 1,60 m betragen. Vor dem Kopfe der 2,60 m langen Holzschwellen sind daher 0,30 m Steinschlag vorhanden. Der Böschungswinkel soll allgemein nach dem Verhältnis 1:1,25 gegenüber bisher 1:1,5 bemessen werden.

Die Neuregelung der Spurerweiterung beim Reichsbahnoberbau.

Nach einer Verfügung der Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft vom Januar 1928 ist beim Reichsoberbau die Spur künftig nur noch in Krümmungen von weniger als 300 m Halbmesser zu erweitern. Bei Halbmessern bis einschließlich 251 m werden 5 mm, bei Halbmessern bis einschließlich 160 m werden 10 mm und bei Halbmessern unter 160 m 15 mm Spurerweiterung gegeben. Die beim Reichsoberbau K in Gleisen mit Spurerweiterung bisher verwendeten Spurregler und besonderen Rippen- und

Klemmplatten fallen fort. Es werden künftig auch in Krümmungen mit Spurerweiterung die bisher nur in den Geraden und Krümmungen ohne Spurerweiterung verwendeten normalen Rippen- und Klemmplatten des K-Oberbaues verwendet. Die nur noch in drei Abstufungen vorkommenden Spurerweiterungen werden beim Reichsoberbau K auf Holzschwellen durch entsprechendes Bohren, beim Oberbau K auf Eisschwellen durch Aufschießen der Rippenplatten in den entsprechenden Abständen hergestellt. D.

B e r i c h t e .

Bahnunterbau, Brücken und Tunnel; Bahnoberbau.

Schutz von Schwellen und Telegraphenstangen gegen Termiten.

In den letzten Jahren haben sich auf der Mittelasiatischen (Transkaspischen) Eisenbahn des russischen Eisenbahnnetzes Fälle von ziemlich großer Beschädigung von Kiefern und eichenen Schwellen und Telegraphenstangen durch Termiten (*Hodotermes Turkestanicus*) vorgefunden. — In den Jahren 1926 und 1927 hat sich das Maß der Termitenüberfälle besonders auf Schwellen dermaßen vergrößert, daß man genötigt wurde, sich nach wirksameren Mitteln umzusehen als bisher. Bis jetzt sind nur folgende Verfahren angewendet worden:

- a) Anstrich der Schwellen mit Kalkmilch.
- b) Eintauchen der Schwellen in Kerosin.
- c) Tränkung der Schwellen mit Chlorzink.



Von Termiten zerstörte Eisenbahnschwelle.

Bei Schwellen bohren sich die Termiten entweder durch die beiden Schwellenenden oder durch die Löcher ausgezogener Nägel, wobei die Schwellen von außen ganz unversehrt aussehen, während das Innere schon ganz ausgefressen ist und die Nägel nur durch die verhältnismäßig dünne Außenschale gehalten werden.

Telegraphenstangen werden von den Termiten alljährlich ringsum mit einer klebrigen Erdruste bedeckt, die gegen Ende des Sommers gewöhnlich bis zur Spitze der Pfähle reicht und im Winter abfällt. Unter dieser Kruste fressen die Termiten eine dünne, etwa 0,5 mm starke Schicht vom Stangenholz ab. — Die Angriffe der Termiten wiederholen sich alljährlich, bis die zu stark angefressenen Stangen ausgewechselt werden müssen.

Da die Termitenkönigin (*Termes gilvus*), die Mutter der ganzen Termitenkolonie, in ihrem Neste bis zu 30000 Eiern täglich legt, ist leicht zu begreifen, wie groß die Gefahr für Schwellen und Telegraphenstangen sein kann.

Die beistehende Abbildung zeigt eine Eichenschwelle der oben erwähnten Bahn, die im April 1925 ins Gleis gelegt und im Dezember 1926 (also nach 1 Jahr und 7 Monaten) wieder ausgebaut wurde. Sie ist von den Termiten bereits stark angefressen.

Nach sorgfältigen Erwägungen ist man im Höheren Technischen Rate des Wegebaukommissariats zu folgenden Maßregeln gegen die Termiten gekommen:

1. Allgemein.

Alle Ameisennester in dem überfallenen Bezirk mittels Einpumpen von Dämpfen aus Schwefelsäure mit Arsenik zu vergiften, und somit die Vertilgung sämtlicher Ameisen zu erzielen.

2. Für Schwellen.

a) Tränkung der Schwellen mit Kreosot, Kreosot S, oder Naphthaöl mit 25% Kreosot.

b) Anstrich der so getränkten Schwellen an den Hirnflächen mit Asphaltlack oder heißem Teeröl, unmittelbar vor dem Einbau.

c) Auswaschen der alten Nagellöcher mit Kerosin und Auspfropfen mit kreosotgetränkten Holzpflocken.

3. Für Telegraphenstangen.

Tränkung mit Kreosot oder Eintauchen in eine 1%-Lösung aus 20 Teilen Quecksilbersublimat und 80 Teilen Fluornatrium (Eintauchverfahren von Dr. Jng. Bub, Bodmak).

Lubimoff, Moskau.

Anwendung von Salz zur Unkrautvertilgung und zum Kampf gegen Frosthügel.

Im Süden und besonders im Südosten Rußlands gibt es in großer Menge Bodenarten, die auf Grund ihrer chemischen Eigenschaften nur schwach oder gar nicht der Pflanzenentwicklung ausgesetzt sind. Es entsteht die Frage, ob es nicht möglich sein könnte, im Kampf gegen Unkraut im Gleise solche Salzböden künstlich zu schaffen. Die Bodenanalysen zeigen, daß die Anwesenheit von 0,05 Hundertteilen irgend eines Salzes, z. B. Kochsalz, genügt, um Pflanzen nicht aufkommen zu lassen. Nach einer Berechnung würden dafür auf den km noch nicht 50.000 für Salz nötig sein, die Arbeit nicht gerechnet. Tatsächlich sind weit größere Salzzuführungen nötig, weil das in die Bettung eingeführte Salz sich bei den ersten Regengüssen lösen und in Form einer Lösung in die unteren Bettungsschichten abfließen wird.

In letzter Zeit fanden sich im Schrifttum auch Angaben über erfolgreiche Versuche in Amerika, Salz zum Kampfe gegen Frosthügel anzuwenden. Der Gedanke ist hierbei der, daß Salz, das im Boden gelöst ist, die Gefriertemperatur des Bodens er-

niedrig, wonach dann die Frosthügelbildung erst bei bedeutend niedrigeren Temperaturen auftritt als gewöhnlich. Es wäre sehr wünschenswert und recht wohl möglich, den Kampf gegen das Unkraut mit dem gegen die Frosthügel zu verbinden. Die für diesen Zweck nach amerikanischen Nachrichten zum Kampf gegen die Frosthügel erforderliche große Salzmenge müßte im Frühjahr in die Bettungsschicht eingebracht werden, möglichst nicht später als das Wachstum der Pflanzen erwacht. In der Bettungsschicht löst sich das Salz durch das Regenwasser, durchtränkt die ganze Bettungsschicht und geht in den Lehmgrund über, in dem es recht dauerhaft haften bleibt. Man kann dabei damit rechnen, daß in der Bettung eine gewisse Menge Salzlösung bleibt, völlig genügend, um sie gegen Unkraut mit Salz zu tränken. Wo sich die Neigung zur Frosthügelbildung in großem Umfange findet, haben ernsthaft Versuche große Bedeutung. Man wird nie darauf rechnen können, daß die grob-kapillare Bettungsschicht Salzteile lange festhalten könnte. Diese gehen vielmehr zweifellos in Lösungsform in den dichterem Lehmuntergrund über, aber aller Wahrscheinlichkeit nach hält sich eine genügende Salzmenge auf 1 bis 2 Jahre in der Bettung und läßt Unkraut nicht aufkommen. Im übrigen muß man jährlich oder jedes zweite Jahr eine unbedeutende Salzmenge hinzufügen, die zur Vernichtung des Unkrautes beiträgt; sinkt sie dann weiter in den Untergrund hinab, so fördert sie den Schutz gegen Frostbeulen. Über die wirtschaftlichen Aussichten jetzt schon Angaben zu machen, wäre verfrüht. Die einzelnen Einflüsse sind zu verschiedenartig, z. B. die Beschaffenheit der Bettung, das Gefüge des Untergrundes, die meteorologischen Bedingungen, die Art des Salzes u. a. m.

Dr. S.

Ein plötzlicher Erdbeben.

Sonntag, den 29. Januar 1928, ereignete sich bei Choindéz im Berner Jura kurz vor Durchfahrt des Schnellzuges 207 Lausanne-Basel um 11.20 Uhr ein mächtiger Erdbeben, der die Bahnlinie vollständig überschüttete und auf mehrere Tage eine Unterbrechung des Zugverkehrs zwischen Delsberg und Choindéz zur Folge hatte.

Die mit der Ausführung der Erweiterungsarbeiten in der Station Choindéz betraute Unternehmerfirma verwendete für die Erdarbeiten einen Dampfbagger. Sie hatte einen Arbeiter beauftragt, am Sonntag den Bagger nachzusehen. Dieser Arbeiter bemerkte während seiner Arbeit um 10 Uhr, daß der Dampfbagger verschoben und zugleich gehoben wurde. Er rief den Vorarbeiter herbei, der die gleiche Feststellung machte und sofort erkannte,

daß sich der Boden bewegte und ein Erdbeben drohte. Der Vorarbeiter eilte auf den rund 400 m entfernten Bahnhof, um Lärm zu schlagen. In diesem Augenblicke meldete das Läutewerk, daß der Zug 207 in der Station Roches durchgefahren sei. Der Stationsvorstand von Choindéz konnte noch gerade das Einfahrtsignal schließen. Der Lokomotivführer dieses Zuges sagte nachher aus, daß der Zug das Vorsignal bereits hinter sich gelassen hatte und unmittelbar vor dem Hauptsignal angelangt war, als dieses auf Halt gestellt wurde. Daraus geht hervor, daß der Zug um Haaresbreite einem furchtbaren Unglück entgangen ist, denn in der Tat kam der Erdbeben im gleichen Augenblick aus einer Höhe von 67 m über dem Geleise herunter und überschüttete die Linie auf eine Länge von rund 100 m und eine Breite von 117 m vom Gleis bergaufwärts aus.

Gleichzeitig mit der Hauptlinie wurde auch ein Industriegeleise eines benachbarten Werkes verschüttet. Die Stützmauer dieses Geleises wirkte wie ein Stauwehr, weshalb die oberhalb gelegenen Geleise und der Dampfbagger der Baufirma um etwa 3 m in die Höhe gehoben wurden; unter dem ständig wachsenden Druck der in Bewegung geratenen Masse gab die Stützmauer schließlich nach und wurde auf einer Länge von 50 m zertrümmert; der Schutt füllte hierauf einen Einschnitt und prallte dann gegen einen Schuppen, der die Erdmassen und die Steinblöcke endgültig aufhielt und zum Stillstand brachte.

Man vermutet, daß die Rutschung mit einer 6–7 m tief befindlichen Mergelschicht zusammenhängt, wo sich infolge von Wassersickerungen eine Gleitfläche gebildet hatte, auf der die darüberliegende Schuttdecke abrutschte. Die in Bewegung geratene Masse umfaßt rund 50 000 m³, wovon ungefähr 2000 bis 3000 m³ auf den Geleisen lagen.

Der sofort benachrichtigte Bahningenieur bot im Benehmen mit der Baufirma sämtliche verfügbare Arbeitskräfte auf, so daß die Räumungsarbeiten in kürzester Zeit begonnen werden konnten. Am Abend des gleichen Tages waren 150 Arbeiter mit der Freilegung des Geleises beschäftigt.

Der Ortsverkehr wurde mit 15 Kraftwagen der eidg. Postverwaltung aufrechterhalten, die zwischen Delsberg und Choindéz verkehrten. Den durchgehenden Schnellzugverkehr sowie den durchgehenden Güterverkehr leitete man während der Unterbrechung über Basel und Olten um.

Der durchgehende Betrieb konnte Donnerstag, den 2. Februar, mit dem ersten Frühzug wieder aufgenommen werden.

(Schweizer B. B. Nachr. 1928, Nr. 2.)

Bahnhöfe nebst Ausstattung.

Netzerweiterung der New Yorker Untergrundbahn.

Die Stadt New York baut seit 1925 ihr Untergrundbahnnetz unter Aufwendung außerordentlicher Geldmittel aus. Die Bau-summe übersteigt 400 Millionen Dollar. Für Fahrzeuge werden außerdem mehr als 200 Millionen Dollar ausgegeben. Abgesehen von der hohen Bausumme und der Riesenausdehnung des neuen Unternehmens bietet das Bauwerk für den Bau- und Betriebsingenieur sehr beachtenswerte Einzelheiten. Während des Baues waren eine Unmenge von Hindernissen zu überwinden. Unterirdische Bauwerke waren zu umgehen; Kreuzungen mit anderen Untergrundbahnen und Tunnels für Kanalisation, Wasserleitung, elektrische Stark- und Schwachstromkabel usw. waren herzustellen ohne deren Betrieb zu hindern. Es mußten Behelfs-Bauwerke errichtet werden zur Aufrechterhaltung des gewaltigen Straßenverkehrs von New York.

Der größte Teil des neuen Netzes besteht aus viergleisigen, der Rest aus zweigleisigen Linien. Die Gesamtanlage wird im allgemeinen so erstellt, daß die beiden inneren Geleise dem Durchgangsverkehr und die äußeren dem Nahverkehr dienen. Von diesem Grundsatz wird nur abgewichen, wenn es die Bequemlichkeit der Reisenden erfordert. Reicht die Straßenbreite für die Anordnung der Geleise nicht aus, so werden die beiden Doppelbahnen stockwerkförmig übereinander angelegt (Abb. 1).

Die Gleisanordnungen, die sich in der sechsten und achten Längsstrecke ergeben haben, sind sehr beachtenswert. Die achte Längsstrecke hat eine Länge von 4 km. Da dort keine Durchgangszüge anhalten, wurden die Geleise für den Nahverkehr auf der Westseite des Bahnhofes übereinander angeordnet. Dadurch

waren auf beiden Seiten Überwerfungen erforderlich. Weiter nördlich verläuft die Doppelbahn für den Nahverkehr unter der Doppelbahn für den Fernverkehr (Abb. 2).

Die regelmäßige Nutzlänge der Bahnsteigkanten beträgt 600 Fuß (183 m). Durch die Anordnung von mindestens zwei Ein- und Ausgangssperren auf jedem Bahnhof suchte man die Sicherung eines flüssigen Verkehrs zwischen Straße und Bahnhof zu erreichen. Auch wird dadurch der Personenverkehr auf dem Bahnsteig selbst bedeutend vermindert.

Als Bettungssstoff für die Geleise wird auf der freien Strecke ausschließlich Schotter verwendet, während die Schienen in den Stationen auf Betonfundamenten verlegt werden. Als Tragwerke für die Tunnelwände kommt fast durchweg rechteckiger eiserner Rahmenbau in Anwendung. Davon wird nur dort abgewichen, wo tragfähiger, gesunder Fels vorgefunden wird. In diesem Falle werden die Tunnelwände aus Beton hergestellt. Die Lichtraumhöhe beträgt 4,01 m, ihre Breite für ein Gleis 4,11 m (Abb. 3).

Die Rahmen sind beiderseits auf eisernen Betonfundamenten gelagert. Ragen die Tunnels unter den Grundwasserspiegel hinab, so werden die Tunnelwände als geschlossene Eisenbetontragbauwerke ausgebildet mit gedichteten Wänden.

Als Belastung einschließlich Erschütterungsanteil auf die Decke der Tragwerke wurde bei einer Überdeckung von mindestens 2,75 m eine gleichmäßig verteilte Last von 7300 kg/m² der statischen Berechnung zugrunde gelegt. Diese Belastungsgrundlage ergab sich aus folgender Überlegung: Als Höchstbelastung der Straße wurde ein Fahrzeug angenommen mit 90 t Gesamtgewicht, das sich gleichmäßig auf zwei Achsen verteilt mit 3,65 m Abstand

und einer Spurweite von 1,83 m. Es kann angenommen werden, daß das Pflaster den Druck eines Rades auf eine quadratische Fläche von 60 cm Seitenlänge gleichmäßig verteilt. Die so erhaltene Beanspruchung des Untergrundes pflanzt sich unter einem Winkel von 30° mit der Lotrechten fort. Als Belastung für die rollende Last der Untergrundbahn waren 3 t für den laufenden Meter Gleis angenommen.

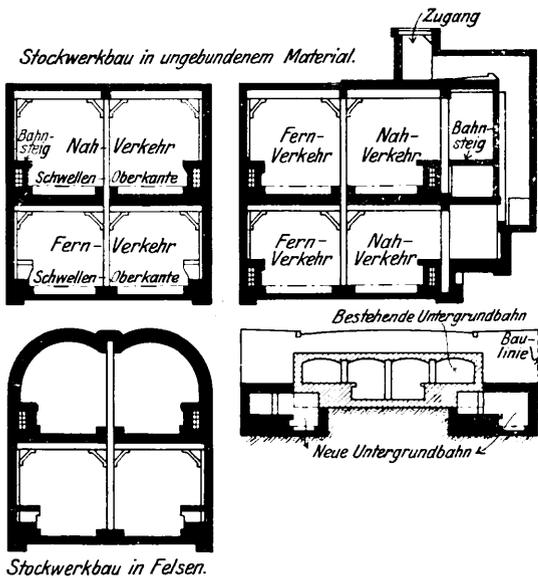


Abb. 1. Regelquerschnitte.

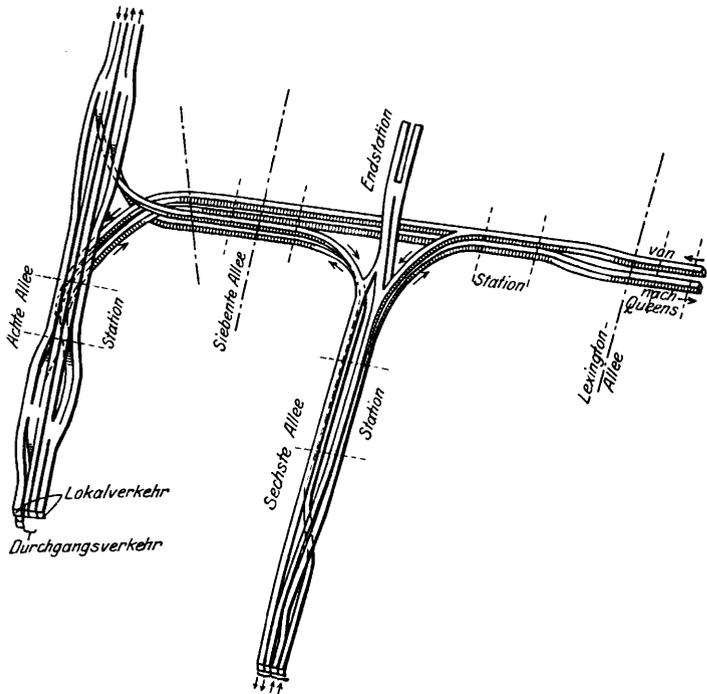


Abb. 2. Gleisanordnung im Bereich der 8. und 6. Längsstraße.

In der Nähe der Stationen und in der Mitte zwischen zwei Stationen werden zur Lüftung große Ventilatoren angelegt. Diese sind so bemessen, daß innerhalb eines Zeitraumes von 15 Minuten die Luft zwischen zwei Ventilatoranlagen vollkommen erneuert wird.

Beim Entwurf der Untergrundbahn wurde eine möglichst gerade Linienführung angestrebt. Im allgemeinen sollen Gleisbogen mit einem Halbmesser von 700 m angelegt werden. In schwierigen Ausnahmefällen dürfen diese auf 108 m herabgemindert werden. Als Höchststeigung wurden 30‰ vorgesehen.

Der Baufortschritt soll so beschleunigt werden, daß die jährlichen Gesamtausgaben etwa 125 Millionen Dollar betragen, so daß bis Ende 1931 die Untergrundbahn dem Betrieb übergeben werden kann. Die Arbeiten wurden in kurzen Baulosen von etwa 1 km Länge an Unternehmer vergeben.

Eines dieser Lose in der achten Längsstrecke von 915 m Länge hat einen Erdaushub von 150000 m³ zu bewältigen. 90 % davon besteht aus Sand und Kies, 10 % aus Felsen. Der größte Teil des Erdaushubs liegt unter dem Grundwasserspiegel. In dem Baulos sind rund 23000 m³ Beton einzubringen und Eisenträgerwerke im Gewicht von 3000 t zu errichten. Die Gesamtkosten des Voranschlags für die Ausführung der Arbeiten belaufen sich auf 4900000 Dollar. Die der Verdingung zugrunde gelegte Bauzeit beträgt 42 Monate. Die achte Längsstrecke hat im Losabschnitt

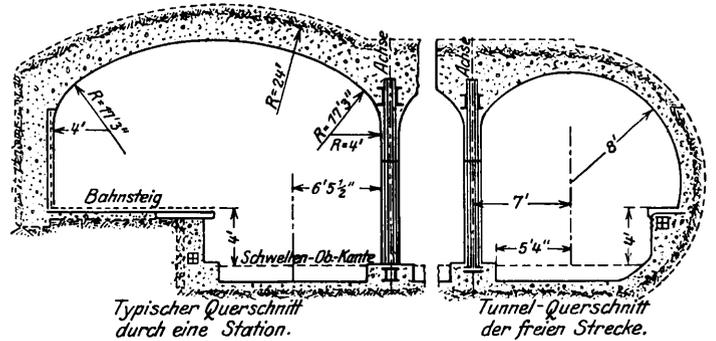


Abb. 3. Querschnitt in Felsen.

eine durchschnittliche Breite von 30,50 m, die Gebäude eine Höhe von fünf Stockwerken mit Läden im Erdgeschoß. Die Breite der Untergrundbahn beträgt im Mittel 18,30 m mit vier nebeneinander liegenden Gleisen. Im Baulos befindet sich eine Station für den Nahverkehr. Es mußten etwa 100 Pfeiler der Hochbahn neu gegründet und unterfangen werden. Während der Ausführung der Arbeiten ist der ganze Straßenverkehr aufrecht zu erhalten und der Zugang zu den Gebäuden am Rande der Straße ständig freizuhalten. Die beiden Gleise für die Straßenbahn müssen dauernd in fahrbarem Zustande erhalten werden. Aushubmaterial und Bauwerksteile dürfen daher nur ganz vorübergehend auf der Straße gelagert werden. Zur Sicherstellung dieser Bedingungen sind dauernd schwere Hilfsgerüste vor Inangriffnahme und während der Arbeiten einzubauen. Nach Fertigstellung des Tunnelprofils werden die Hilfsgerüste wieder ausgebaut. Die Hilfsgerüste zur behelfsmäßigen Aufnahme der Fahrbahn werden fast ausschließlich in Holz hergestellt, nur vier Doppel-T-Träger in der Längsrichtung und besonders stark beanspruchte Säulen stellt man in Eisen her. Abb. 4 zeigt den typischen Querschnitt der Hilfsgerüste.

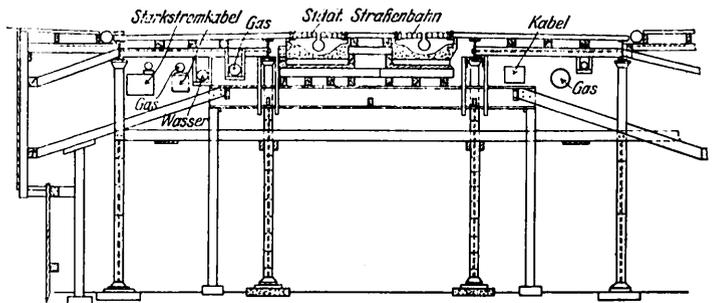


Abb. 4. Hilfsgerüste.

Vor dem Einbringen der Hilfsgerüste wird zunächst ein Schlitz senkrecht zur Achse der Untergrundbahn zwischen der äußeren Abstufung und der äußeren Fläche des Betonfundamentes für die elektrische Straßenbahn hergestellt. Dieser Schlitz hat im allgemeinen eine Tiefe von 3,65 m. Nur an der Stelle der Stütze, die zur Abstützung der Fahrbahn dient, wird der Schlitz bis zum Säulenfuß vertieft. Nach Aufstellen der Säulen werden die Querträger und die Längsträger zwischen den zwei benachbarten Bindern eingezogen und die Fahrbahn aufgelegt. Nach Beendigung dieser Arbeiten für die Hilfsfahrbahn wird der Erdaushub ausgeführt. Zur Gewährleistung einer wirtschaftlichen Durchführung des Erdaushubs verwendet der Unternehmer kleine, für diese Zwecke eigens gebaute Raupenlöffelbagger mit elektrischem Antrieb. Die Abbeförderung des Erdaushubs wird mit Automobilen durchgeführt, die ein Ladevermögen von 4 m³ besitzen. Diese Autos können Steigungen von 15 % noch leicht

nehmen. Die Strecke von 915 m Länge wurde an vier Stellen mit vier Baggern gleichzeitig in Angriff genommen. Etwa 35 Automobile waren für die Abbeförderung des Aushubes dauernd in Betrieb. Auf der Rückfahrt brachten sie den größten Teil der Bauteile an die Baustelle.

An der Kreuzung der 111. und 121. Querstraße mit der achten Längsstraße schneidet die Hochbahn die Untergrundbahn. An dieser Stelle liegt erstere etwa in Höhe der fünften Stockwerke der Häuser. Das Tragwerk der Hochbahn besteht aus Gitterträgern, die auf Phönix-Säulen ruhen. Diese wiederum stehen

auf Pfeilern aus Backsteinmauerwerk von 4,57 bis 9,15 m Höhe. Mehrere dieser Pfeiler kommen mitten auf die Tragwerke der Untergrundbahn zu stehen, deren Bahnkrone an dieser Stelle in einer Tiefe von 7,60 m unter der Straßendecke liegt. Während des Baues der Untergrundbahn mußte die Hochbahn vorübergehend unterfangen werden. Nach Fertigstellung einer bedeutend verstärkten Tunnelkonstruktion wurden die Pfeiler der Hochbahn auf das Dach der Untergrundbahn in ihrer ursprünglichen Lage wieder neu aufgesetzt.

Scherer.

(Nach Bull. d. Ch. d. F., Juli 1927.)

Buchbesprechungen.

Heft XI, Mitteilungen über Versuche, ausgeführt vom Österreichischen Eisenbeton-Ausschuß. Preis geheftet 5.— *R.M.* Verlag Franz Deuticke, Leipzig und Wien, 1927.

1. Versuche mit Säulen aus umschnürtem Beton und aus umschnürtem Gußeisen. Von Dr. Fritz Emperger, Dr. techn. e. h. Mit 40 Abbildungen und 6 Tabellen im Text.

2. Setzprobe und Flüssigkeitsgrad von Beton, Vergleich verschiedener Probekörperformen. Von Dr. Franz Rinagl, a. o. Professor an der Technischen Hochschule in Wien. Mit 11 Abbildungen und 2 Zahlentafeln im Text.

Zunächst wird auf Grund der Ergebnisse von 25 Versuchen an Säulen aus umschnürtem Beton der Nachweis erbracht, daß die festigkeitserhöhende Wirkung der Umschnürung nicht von der Druckfestigkeit des Betons, sondern von der Menge und Beschaffenheit des Umschnürungsdrahtes abhängt.

An einer zweiten Reihe von umschnürten Säulen, die eine 8 bis 10%ige Längsbewehrung aus Gußeisen enthalten, wird versuchsstechnisch nachgewiesen, daß im umschnürten Querschnitt auch größere Längseisenmengen als 3% des Betonquerschnittes einwandfrei mitwirken. An Vergleichsbeispielen wird gezeigt, wie bedeutend die Tragkraft schlanker Stützen mittels umschnürten Gußeisens gesteigert werden kann.

Die unter Leitung von Prof. Dr. Rinagl veranstalteten Versuche ergaben, daß die aus amerikanischen Veröffentlichungen bekannte Setzprobe besonders bei weichem und flüssigem Beton geringe Unterschiede des Wasserzusatzes sehr deutlich anzeigt, außer bei Quetschanden. An den durch Druckversuche mit verschiedenen Probekörperformen — Würfel, Zylinder, Balken — ermittelten Festigkeiten läßt sich eine gewisse Gesetzmäßigkeit erkennen. Bemerkenswert ist der Vorschlag des Verfassers, zur Bestimmung der tatsächlichen Bauwerksfestigkeit (die gleiche Erhärtungsbedingungen des Bauteiles und Probekörpers voraussetzt) Würfel oder besser Balken in Form von Angüssen an den Bauteil herzustellen, gemeinsam erhärten zu lassen und erst unmittelbar vor der Prüfung abzutrennen. Schönberg.

Regeln für Leistungsversuche an Kreiselpumpen. Aufgestellt von dem hierfür vom Verein deutscher Ingenieure und vom Kreiselpumpen-Verband gebildeten Ausschuß in den Jahren 1926 und 1927. Din A 4, 32 Seiten mit 26 Abbildungen. Preis broschiert *R.M.* 3,50, für VDI-Mitglieder *R.M.* 3,15. (VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin NW 7).

Dieses Heft erscheint in der Folge der Regeln für Leistungsversuche an Kraft- und Arbeitsmaschinen, die vom Verein deutscher Ingenieure in Zusammenarbeit mit den beteiligten Kreisen der Hersteller, Verbraucher und Wissenschaftler aufgestellt werden; es füllt eine fühlbare Lücke auf einem Gebiet aus, das gerade in letzter Zeit eine sprunghafte Vorwärtsentwicklung genommen hat.

Der bewährte Aufbau der bisher erschienenen Regeln ist im wesentlichen beibehalten. Zunächst werden die Grundbegriffe abgeleitet und durch Abbildungen erläutert. Der zweite Abschnitt behandelt die Versuchsbedingungen, unter denen einwandfreie Ergebnisse zu erzielen sind, und enthält Angaben über die zulässigen Abweichungen von den garantierten Werten. Daran schließen sich allgemeine Vorschriften über die Anwendung von Instrumenten und Meßverfahren mit besonderen Hinweisen auf die erzielbare Meßgenauigkeit. Eine knappe Anweisung zur Aufstellung des Versuchsberichtes vervollständigt den Hauptteil.

Lustiger Dienst oder der gemütliche Anschauungsunterricht. Ein Lehr-, Lern- und Unterhaltungsbuch für deutsche Eisenbahner und für andere Leute. Von Dr. jur. Gustav Eccardt, Reichsbahnoberrat, Mitglied der Reichsbahndirektion Nürnberg, Oberregierungsrat a. D., Berlin 1928. Verlag der Verkehrswissenschaftlichen Lehrmittelgesellschaft m. b. H. bei der Deutschen Reichsbahn, Berlin W 8, Din B 6 (125:176 mm), 179 Seiten. Geheftet 3,40 *R.M.*; Reichsbahnbedienstete erhalten Vorzugspreise.

Das Buch ist neuartig, neuartig aber im günstigen Sinne: es will durch Unterhaltung belehren. Die Unterhaltung geschieht in der Hauptsache durch praktische Vorführung von Fällen und Beispielen aus dem Eisenbahn- und Rechtsleben, die in Form von heiteren und ernststen Plaudereien dem Leser dargeboten werden. Und in diesen zwölf meist lustigen Erzählungen sind die Vorschriften und bemerkenswerten Angaben so geschickt eingeflochten, daß man sie gern liest und leicht merkt. Die Darstellung ist auf diese Weise unterhaltend und belehrend zugleich; sie macht uns in angenehmster Weise mit dem vertraut, was man im Dienst und außer Dienst auf der Eisenbahn und im Leben wissen soll und muß. Sie ist in erster Linie für die Eisenbahner geschrieben, daneben werden aber insbesondere auch die Angehörigen der Eisenbahner sowie die Nicht-Eisenbahner den „Ludi“, den „Lustigen Dienst“ mit Vergnügen und Vorteil lesen.

Dr. Ing. Rudolf Saliger „Praktische Statik“, II. Aufl. 1927. Verlag von Franz Deuticke, Leipzig und Wien.

Eine „Einführung in die Standberechnung der Tragwerke mit besonderer Rücksicht auf den Hoch- und Eisenbetonbau“ nennt der Verfasser das nunmehr in zweiter Auflage vorliegende Werk. Alle vorkommenden Ableitungen werden in klarer, anschaulicher Form gegeben und durch gute Skizzen erläutert.

Bemerkenswert ist das Streben des Verfassers, fremdsprachliche Ausdrücke seines Fachgebietes durch möglichst kurze, reindutsche Bezeichnungen zu ersetzen. Auch in diesem Sinne dürfte das vorliegende Werk, dessen zweite Auflage gegenüber der ersten manche wertvolle Ergänzung aufweist, zu empfehlen sein.

Karig.

Druckfehler-Berichtigung.

Bei dem in Heft 5 d. Js. veröffentlichten Aufsatz von Direktor Kaempf „Neuerungen in französischen Güterbahnhöfen mit besonderer Berücksichtigung der Mechanisierung“ ist auf Seite 85 in der 22. Zeile der linken Spalte der Abstand der einzelnen Abschnitte der beweglichen Bremsbacke von einander unrichtig angegeben. Es muß statt 50 cm . . . 50 mm heißen.