

Neue Wege, die künstliche Lüftung von Tunneln im Betriebe wirkungsvoll und wirtschaftlich zu gestalten.

Von Regierungsbaumeister Dr. Ing. Schmitt in Essen.

Hierzu Tafel 1 bis 4. *)

Inhaltsangabe: Bei den vorhandenen Betriebslüftungen von Tunneln beeinflussen die auf die Portale wehenden Außenwinde die Leistung und Wirkung dieser Anlagen in erheblichem Maße ungünstig; durch Versuche wird nachgewiesen, daß Vorbauten, die profilfrei vor einem oder beiden Tunnelportalen aufgestellt werden, die schädlichen Windkräfte nicht nur vernichten, sondern sie sogar zu einer Mitwirkung in Richtung der künstlichen Lüftung heranziehen und zwar unter Bedingungen, die den praktisch zu stellenden Anforderungen weitgehend genügen. Im besonderen wird an der Hand von Betriebsergebnissen am Tauertunnel dargelegt, daß die Lösung der genannten Frage für die Wirtschaftlichkeit der Betriebslüftung nach „Saccardo“ von grundlegender Bedeutung ist.

I. Einleitung.

Im allgemeinen sind zur Lüftung der im Betriebe befindlichen Eisenbahntunnel, die auf die Tunnelöffnung wirkenden äußeren atmosphärischen Kräfte als natürliche Kraftwirkungen ausreichend, nämlich Wind, örtliches barometrisches und thermisches Druckgefälle sowie der im Tunnelinnern herrschende Auftrieb der erwärmten Luft. Kommen jedoch diese Einflüsse nur unvollkommen zur Wirkung oder übersteigt die Rauchentwicklung im Tunnel mit wachsendem Zugverkehr, besonders bei ungünstigen Steigungsverhältnissen, starken Zugbelastungen, schlechter Beschaffenheit der Heizstoffe u. dgl. ein gewisses Maß, so verlangen Rücksichten auf die betriebssichere Durchführung des Verkehrs, auf die Lebens- und Arbeitsfähigkeit der Bahnunterhaltungsrotten, im minderen Maße auch der Lokomotiv- und Zugbegleitmannschaft, sowie letzten Endes die Erhaltung des Oberbaues, die Einführung einer künstlichen Lüftung. Volle Beachtung verdient schon allein die Tatsache, daß die Erneuerung des Oberbaues im Tunnel bedeutend öfter stattfinden muß, als auf einer ebenso langen freien Strecke mit gleicher Verkehrsgröße (z. B. im Cochemer Tunnel**) bei einem Zugverkehr von täglich 70 Zügen etwa drei- bis viermal so oft). Dabei muß diese Arbeit bei schlechten Licht- und Sichtverhältnissen durchgeführt werden; stark erschwert ist auch die Anfuhr der dazu nötigen Ersatzstoffe. Aus alledem gewinnt man einen Maßstab für die Höhe der allein hierfür ständig aufzuwendenden Geldmittel, deren Herabsetzung nur durch eine Verbesserung der Luftverhältnisse im Tunnel möglich ist, also durch Verringerung der Rauchdichte, Trocknung und Kühlung der Luft. Da über diese Gesichtspunkte, die zwangsmäßig auf die Einführung einer künstlichen Lüftung hinwirken, eine ausreichende Literatur (s. Literaturzusammenstellung) vorliegt, so genüge dieser allgemeine Hinweis.

2. Kurze Übersicht und Kritik der vorhandenen Lüftungssysteme.

Zur Betriebslüftung von Tunneln werden im wesentlichen drei Systeme angewendet:

1. Die Lüftung nach Saccardo,
2. „ „ mit Vorhang,
3. „ „ mittels eines Schachtes oder mehrerer Schächte.

Die Lüftung nach Saccardo. Bei diesem nach dem italienischen Erfinder Saccardo genannten System werden die Rauchgase durch die Stoßwirkung eines in Portalnähe

*) Die Tafeln 2 bis 4 erscheinen im Heft 3.

**) Th. Heberle: „Die Luftverhältnisse im Kaiser-Wilhelm-Tunnel der Moselbahn“. Wochenschrift für Bahnmeister, Jahrgang 1895, Nr. 15/16.

eingebauten ringförmigen Luftstrahlgebläses durch den Tunnel nach dem Gegenportal gefördert. Dieses System ist, bis auf den später erwähnten Ausnahmefall, bisher nur in der Form des „einseitig drückenden Saccardo“ ausgeführt worden (s. Textabb. 1).

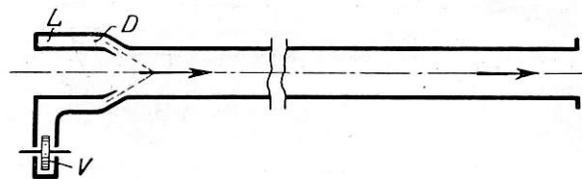


Abb. 1.

Dem Vorteile der profilfreien Anordnung des Gebläses, die eine Lüftung auch während des Zugverkehrs gestattet, steht ein geringer Wirkungsgrad der gesamten Anlage gegenüber. Die starke Herabsetzung des Wirkungsgrades entsteht durch die Verluste, die der vom Ventilator V erzeugte Druck auf dem Wege zur Luftkammer L erfährt, durch die ungleichmäßige Verteilung der Drücke in der Düse D und im besonderen durch den Energieverlust im Ringgebläse, das mit einem hohen, also ungünstigen Verhältnis: $\frac{\text{verengter Tunnelquerschnitt}}{\text{Düsenquerschnitt}}$ arbeitet. Den Mittelwert des Wirkungsgrades gibt E. Wiesmann für zweigleisige Tunnel mit 10%, für eingleisige

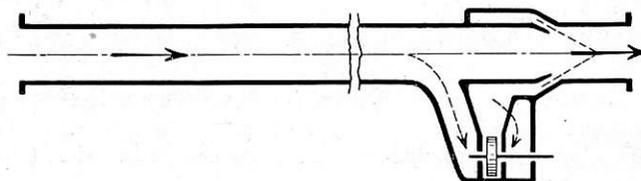


Abb. 2.

Tunnel mit 26% an. Nimmt man den durchschnittlichen Ventilatorwirkungsgrad, wie üblich, mit 60% an (etwa entsprechend dem praktisch eintretenden Mindestwert für Ventilatoren großer Luftleistung), so ergibt sich ein mittlerer Gesamtwirkungsgrad der Anlage, an der Ventilatorwelle gemessen, von nur 6% bzw. 16%.

Um die Rückstromverluste zu verringern, baute man im Piteccio-Tunnel den „einseitig saugenden Saccardo“ (s. Textabb. 2).

Eine merkliche Verbesserung des Wirkungsgrades könnte diese Anlage nicht bringen, da in diesem Falle wohl der Rückstrom verringert wurde, ein Teil dieser Luft jedoch den Ventilator nochmals belastete und damit die Gesamtlüftungswirkung

entsprechend verschlechterte. Hinzu kam der Nachteil, daß die Rauchmengen durch den Ventilator gesaugt wurden und somit auf diesen zerstörende Einflüsse ausüben konnten.

Dies sind die bisher ausgeführten Anlagen nach dem System Saccardo, die, sämtlich nach einer Richtung wirkend, die auf das Gegenportal anstehenden Winde überwinden müssen, um eine Lüftung zu erzielen. Man machte bei den ersten Ausführungen alsbald die Erfahrung, daß schon bei verhältnismäßig schwacher Gegenwirkung der Winde der Gesamtwirkungsgrad von 60% sich derart verschlechterte, daß überhaupt keine Luftförderung durch den Tunnel mehr eintrat und sich im Tunnel ein Rauchpfropfen bildete, dessen jeweilige Lage durch das Gleichgewicht der mechanisch erzeugten und der gegenwirkenden atmosphärischen Kräfte bestimmt ist. Der Wirkungsgrad sank also auf Null. Die zur Abhilfe dieses Übelstandes in der Literatur gemachten Verbesserungsvorschläge seien nachstehend aufgeführt (siehe E. Wiesmann).

Der „doppelseitige Saccardo in Druckkupplung“ (s. Textabb. 3).

Die doppelseitige Anlage weist bei gleicher Lüftungsleistung einen besseren Wirkungsgrad auf als die einseitig arbeitende, da die hierbei etwa halb so großen Drücke in den

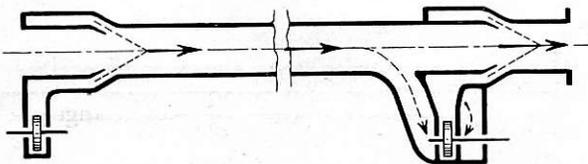


Abb. 3.

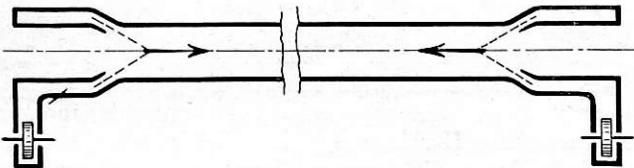


Abb. 4.

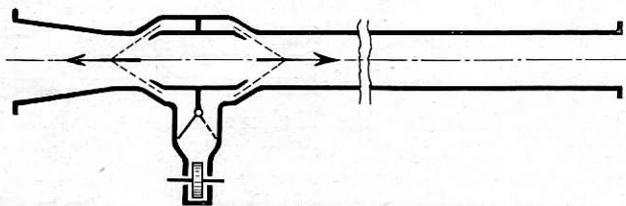


Abb. 5.

Luftkammern kleinere Luftgeschwindigkeiten im Zuführungskanal und besonders in der Düse verursachen, wodurch die entsprechenden Reibungs- und Rückstromverluste sich erheblich verringern.

Besteht nicht der Zwang, die Umgebung eines Tunnelportals vor Rauchbelästigung zu schützen, so bietet sich bei einer Verdopplung der Anlage eine weitaus bessere Lösung in dem Vorschlag des „doppelseitigen Saccardo“ (s. Textabb. 4).

Dieser arbeitet mit zwei tunnleinwärts gerichteten Saccardogebläsen, von denen eines jeweils mit dem herrschenden Außenwinde betrieben werden soll. Die praktische Ausführbarkeit der letztgenannten beiden Anlagen scheidet offensichtlich an den hohen Kosten eines zweiten, mit Reserven auszuführenden Gebläses (Zusammenstellung der Anlagekosten ausgeführter Saccardolüftungen, s. Literatur unter Lucas).

In einem bemerkenswerten Vorschlag vereinigt Wiesmann diese Betriebsweise an einem Bauwerk, dem „doppeltwirkenden Saccardo“ (s. Textabb. 5).

Um ein Saugen mit etwa gleichem Wirkungsgrade, wie auf Drücken zu erreichen, sieht er eine diffusorartige Erweiterung des Lüftungsportals vor. Jedoch bedingt die Ausführung dieser Anlage bei vorhandenen Betriebslüftungen einen Umbau, sowohl des Portals, als auch eines Teiles der Lüftungsanlage selbst. Die Anlage würde sich im übrigen dort verbieten, wo das Lüftungsportal in bewohnter Gegend gelegen ist, und der Rauchbelästigung wegen die künstliche Lüftung einseitig wirkend angeordnet werden muß.

Die Lüftung mit Vorhang (s. Textabb. 6).

Sieht man von den verhältnismäßig geringen Luftverlusten (3 bis 5%) ab, die durch Undichtigkeiten am Vorhang

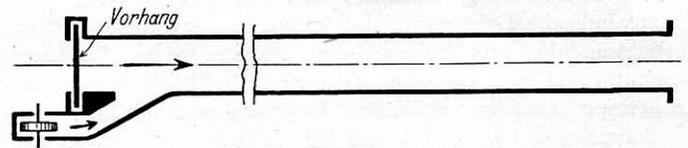


Abb. 6.

entstehen, so kann für die Kraftbemessung an der Ventilatorwelle ein Wirkungsgrad von 60% angenommen werden. Die Anlagekosten sind geringer als bei allen anderen Systemen; aber ein schwerwiegender Nachteil liegt darin, daß regelmäßig die Lüftungswirkung schon eine gewisse Zeit vor der Anfahrt des Zuges eingestellt werden muß und bis nach vollendeter Zugdurchfahrt unterbrochen bleibt, so daß sich also ein geringerer Gesamteffekt hinsichtlich der Luftverbesserung ergibt. Auch bei diesem System sind die auf das andere Portal anstehenden Gegenwinde zu überwinden, zu deren Bekämpfung ebenfalls ein mit ihrer Stärke erheblich wachsender Mehraufwand an Betriebskraft erforderlich ist. Immerhin bleibt diese Mehrleistung im Vergleich mit der Lüftung nach Saccardo innerhalb wirtschaftlich vertretbarer Grenzen.

Die Schachtlüftung (s. Textabb. 7).

Der Ventilatorwirkungsgrad sei wie vorher mit 60% angenommen. Die Schachtlüftung arbeitet im Betriebe am

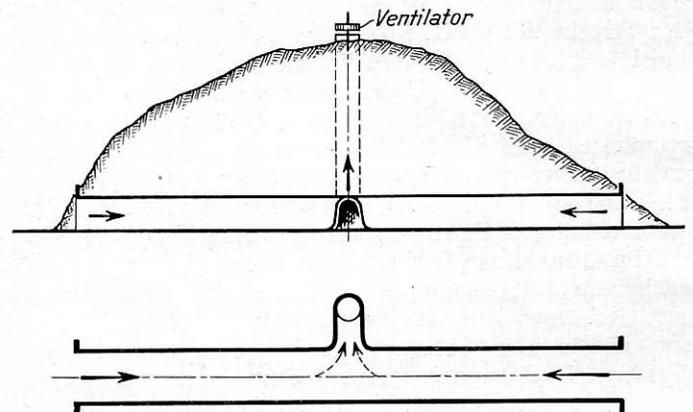


Abb. 7.

billigsten und beansprucht die geringste Wartung. Der natürliche Schachtauftrieb, der im Winterhalbjahr mitunter so bedeutend ist, daß die künstliche Lüftung ausgesetzt werden kann, ist ihr besonderer Vorzug, ebenso der Umstand, daß bei gleicher Lüftungsleistung gegenüber den anderen Systemen nur die Hälfte der Rauchmengen mit dem Oberbau in Berührung kommt. Von erheblicher Bedeutung für die Lüftungswirkung ist die richtige Lage und Querschnittsbemessung des Schachtes. Im allgemeinen wird man erst dann von der Schachtlüftung zu den anderen Systemen übergehen, wenn die mit der Tiefe erheblich wachsenden Erstellungskosten des Schachtes den Wettbewerb mit anderen Lösungen ausschließen.

Örtliche Verhältnisse bedingen mitunter eine abgeänderte Ausführungsform dieser Lüftung, wobei die Schachtlüftung mit besonderen Luftkanälen entsteht (s. Textabb. 8).

Sie beschränkt sich auf kurze Tunnel, bei denen eine günstige Schachtanordnung aus örtlichen Gründen nicht möglich ist, während zugleich die Kosten für den Mehrausbruch und den Ausbau eines besonderen Luftkanalquerschnitts nicht ins Gewicht fallen, oder wenn der abgetrennte obere Freiraum des normalen Tunnelquerschnitts eine Luftförderung bei erträglichem Druckverluste gestattet.

Eine derartige Anlage ist neuerdings auch in Druckkupplung ausgeführt worden (The Holland-Tunnel). Siehe Textabb. 8a: „Schachtlüftung mit besonderen Luftkanälen in Druckkupplung.“

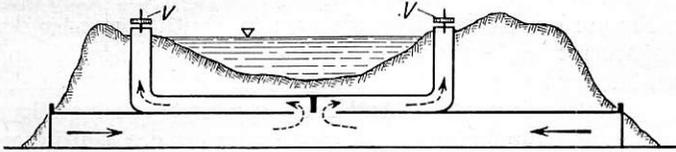


Abb. 8.

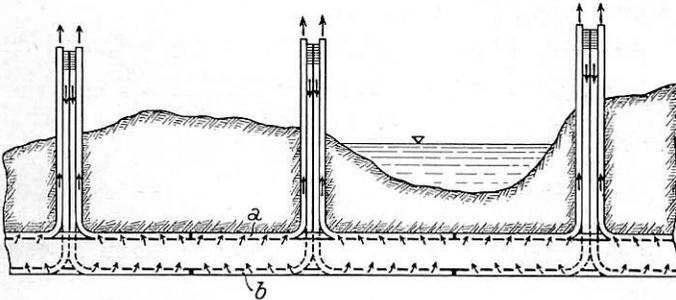


Abb. 8a.

Die hierbei beabsichtigte ständige und gleichmäßige Lufterneuerung auf der gesamten Tunnellänge erfordert die Förderung bedeutender Luftmengen. Im Gegensatz zu den vorgenannten Lüftungen wird die Luft senkrecht zur Tunnelachse in Bewegung gesetzt, und zwar durch zahlreiche, nahe beieinander liegende Öffnungen in den Lüftungskanälen a und b. Durch die Anwendung der Druckkupplung und die Unterteilung der gesamten Lüftung in einzelne selbständige Lüftungsabschnitte werden die Leitungsverluste in den Kanälen a und b in zweckmäßigem Grade herabgesetzt; denn einer im gleichen Sinne wirkenden Querschnittsvergrößerung der Kanäle würde ein erhebliches Anwachsen der Tunnelbaukosten gegenüberstehen. Der außergewöhnlich günstigen Lüftungsleistung entsprechen allerdings hohe Bau-, Betriebs- und Unterhaltungskosten.

Betriebsübersicht. In Abb. 1, Taf. 1 sind die Betriebskräfte, die für die einzelnen Lüftungssysteme an der Ventilatorwelle bei gleicher Lüftungsleistung ($V_t = 3$ m/sec) aufzuwenden sind, übersichtlich zusammengestellt, und zwar für den Idealfall, d. h. unter Vernachlässigung der in und außer dem Tunnel wirkenden meteorologischen Einflüsse. Die Zusammenstellung gilt für einen zweigleisigen Eisenbahntunnel (Querschnitt $F_t = 46$ m², Umfang $U_t = 26$ m, Tunnellänge $l_t = 5000$ m und Lüftungsgeschwindigkeit im Tunnel $v_t = 3$ m/sec). Als übliche Rechnungsgrundlage dienen die Formeln der Hydraulik für die strömende Bewegung von Flüssigkeiten in Rohrleitungen. In Anbetracht der geringen Betriebsdrücke (höchstens bis etwa 150 mm W.-S.) kann Volumenbeständigkeit der Luft angenommen werden. (γ Luft = 1,25 kg/m³).

Allgemein bedeuten mit den Kennbuchstaben t für Tunnel und s für Schacht:

- l_t, l_s = Länge oder Höhe in m.
- v_t, v_s = Geschwindigkeiten in m/sec.
- F_t, F_s = Rohrquerschnitt m².
- U_t, U_s = Rohrumfänge in m.
- Q_t, Q_s = Fördermenge in m³/sec.
- h_t, h_s = Geschwindigkeitshöhe in mm W.-S.
- Z_t, Z_s = Reibungshöhen in mm W.-S.

Außerdem sei wie üblich:

$\lambda = 4 \rho = 0,025$ Reibungsziffer an der Tunnelwandung.

η = Wirkungsgrade gemäß Übersicht.

Demnach ist der erforderliche Leistungsbedarf in PS

1. für die Saccardolüftung allgemein:

$$L_1 = \frac{Q_t (h_t + Z_t)}{\eta_1 \cdot 75} = \frac{Q_t \cdot \gamma \cdot v_t^2}{\eta_1 \cdot 75 \cdot 2g} \left(1 + \rho \cdot \frac{U_t}{F_t} \cdot l_t \right) \\ = \frac{F_t \cdot \gamma \cdot v_t^3}{\eta_1 \cdot 75 \cdot 2g} \left(1 + \rho \cdot \frac{U_t}{F_t} \cdot l_t \right).$$

In Zahlen:

$$L_1 = \frac{46 \cdot 1,25 \cdot 3,0^3}{0,06 \cdot 75 \cdot 19,62} \left(1 + \frac{0,025}{4} \cdot \frac{26}{46} \cdot 5000 \right) = 330 \text{ PS.}$$

2. für die Lüftung mit Vorhang

$$L_2 = \frac{L_1}{10} = 33 \text{ PS, da } \eta_2 = 10 \eta_1.$$

3. für die Schachtlüftung

$$L_3 = \frac{Q_t \cdot \gamma}{\eta_3 \cdot 75 \cdot 2g} \left[\left(1 + \rho \cdot \frac{U_t}{F_t} \cdot \frac{l_t}{2} \right) \left(\frac{v_t}{2} \right)^2 + \left(\left\{ 1 - \frac{p}{100} \right\} + \frac{\lambda \cdot l_s}{d_s} \right) \cdot v_s^2 \right]$$

worin p die prozentuale Rückgewinnung von h_s durch den Schachtdiffusor bedeutet; es sei $p = 50\%$ angenommen. Außerdem wird angesetzt:

$$Q_t = v_t \cdot F_t; \quad v_s = \frac{4 \cdot F_t \cdot v_t}{d_s^2 \cdot \pi}$$

und, um den Einfluß verschiedener Schachthöhen zu berücksichtigen, $l_s = 100x$

$$L_3 = \frac{F_t \cdot \gamma}{\eta_3 \cdot 75 \cdot 2g} \left[\left(1 + \frac{\lambda}{4} \cdot \frac{U_t}{F_t} \cdot \frac{l_t}{2} \right) \cdot \frac{v_t^3}{4} + \left(0,5 + \frac{\lambda \cdot 100x}{d_s} \right) \cdot \frac{16 \cdot F_t^2 \cdot v_t^3}{\pi^2 \cdot d_s^4} \right]$$

Nach Einsetzen der Zahlenwerte ergibt sich:

$$L_3 = 4,32 + \frac{3025}{d_s^4} + \frac{15125 \cdot x}{d_s^5}.$$

Beispielsweise: $d_s = 3,0$ m; $x = 1$, so $l_s = 100$ m.

$$L_3 = 4,32 + \frac{3025}{81} + \frac{15125}{243} = \sim 104 \text{ PS.}$$

Der Übergang von v_t in den Schacht ist vernachlässigt worden. Für Schachtdurchmesser von 3,0 bis 8,0 m und Schachthöhen von 100, 200 und 300 m wurden hiernach die Zahlenwerte errechnet und in der „Zusammenstellung über den Kraftbedarf künstlicher Tunnellüftungen bei gleicher Lüftungsleistung“ aufgetragen.

3. Der Weg zur Hauptfrage.

Allen Systemen gemeinsam ist die Schwierigkeit, den stark wechselnden meteorologischen Kräften, im besonderen den auf die Tunnelportale wirkenden Winden, bei der Anordnung und dem Betriebe der künstlichen Lüftung gerecht zu werden. Offenbar erfüllt die Lüftung nur dann ihren Zweck, wenn sie imstande ist, den Tunnel bei jeder Wetterlage innerhalb einer bestimmten Zeitdauer zu reinigen. Welch bedeutende Leistungen die Bekämpfung der Außenwinde bei den einzelnen Lüftungssystemen erfordert und inwieweit die Außenwinde zur Verschlechterung der Lüftungswirkung beitragen, soll kurz erörtert werden.

Für die „Saccardo-Lüftung“ geschieht dies an Hand der von R. Schumann angestellten Betriebsversuche an dem 8,85 km langen, zweigleisigen Tauerntunnel (Textabb. 9 und 10).

In Textabb. 9 sind als Abszissen die minutlichen Umdrehungszahlen des Ventilators und die dabei an der Ventilatorwelle aufgewandten Betriebskräfte in PS aufgetragen, als

Ordinaten die Luftgeschwindigkeiten im Tunnel, wobei die Null-Ordinaten allgemein die Geschwindigkeiten infolge der Gesamtheit der natürlichen Kräfte wiedergeben, im vorliegenden Falle jedoch als Wirkung entsprechender Außenwinde (W_a) gedeutet werden.

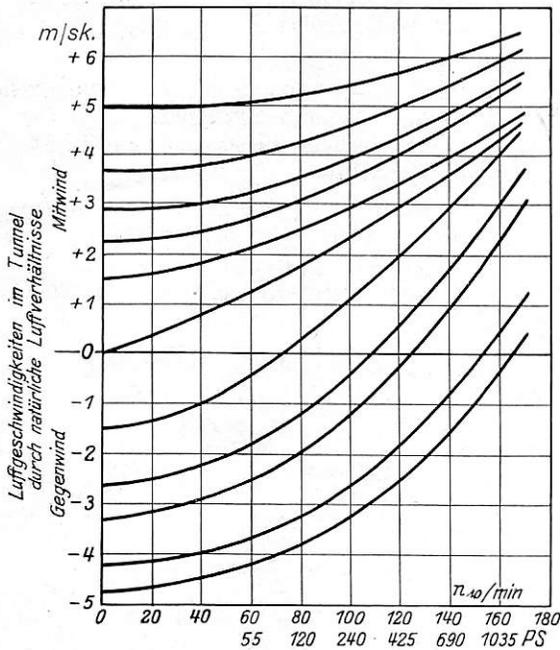


Abb. 9.

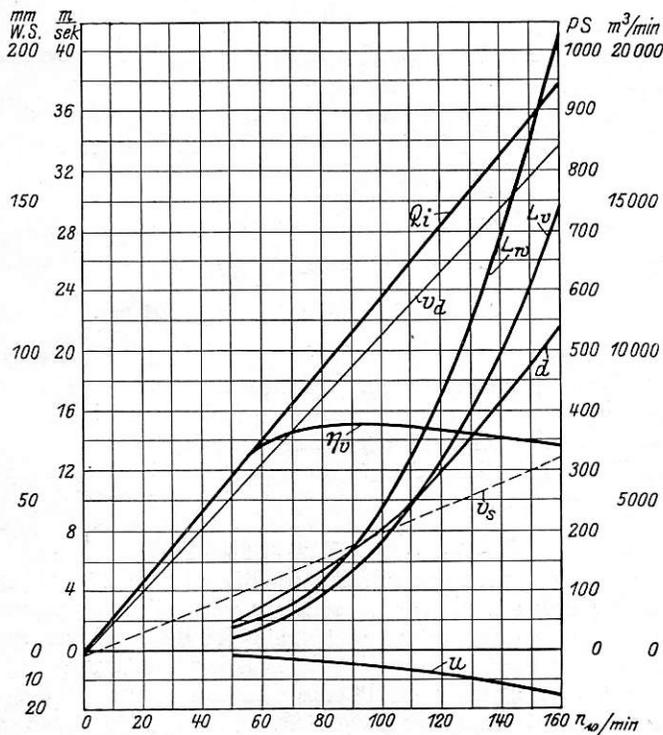


Abb. 10.

Um eine Lüftungsgeschwindigkeit $V_t = +3$ m/sec zu erreichen, werden benötigt:

Außenwind		Erforderliche Leistung PS	Mehr %
W_a m/sec	V_{ta} m/sec		
0	0	425	—
-7,8	-1,5	670	+57,6
-14,2	-2,6	1035	+143,5

Hierbei ist zu berücksichtigen, daß die in Betracht gezogene Lüftungsgeschwindigkeit $V_t = 3$ m/sec an der unteren Grenze der für die Betriebslüftung von Tunneln als zweckmäßig festgesetzten Spanne $V_t = (2,5) 3,0$ bis $6,0$ m/sec bleibt.

Ist aber die Krafterhöhung einer vorhandenen Anlage nicht möglich, so wird die Anlage leicht wirkungslos. Ist beispielsweise eine Betriebskraft von 120 PS vorhanden, so würde durch diese ein $V_t = +1,8$ m/sec erzeugt werden. Bei einem Gegenwind $W_a = -5$ m/sec verringert sich die Lüftungsgeschwindigkeit auf $V_t = +0,8$ m/sec, um schließlich bei $W_a = > 8$ m/sec unter 0 zu sinken; die Anlage arbeitet nutzlos. In kürzeren Tunneln ($< 8,85$ km) tritt dieser Zustand schon bei entsprechend kleineren Gegenwinden ein.

Bei der „Lüftung mit Vorhang“ ist der durch die Gegenwinde bedingte Lüftungsaufwand genau nur an Hand der Kennlinien des jeweils vorhandenen Ventilators oder der Ventilatorart zu berechnen. Um den Lüftungsaufwand angenähert zu ermitteln, berücksichtigen wir die infolge des Außenwindes eintretende Änderung der sog. gleichwertigen Öffnung des Tunnelrohrs durch eine Änderung des Ventilator-Wirkungsgrades.

Bei $W_a = 0$ soll $\eta_0 = 70\%$; bei $W_a = 15$ m/sec soll $\eta_{15} = 60\%$ angenommen werden.

Allgemein ist dann für einen zweigleisigen Tunnel mit $l_t = 5000$ m; $F = 46$ m²; $U = 26$ m; $q = \frac{\lambda}{4} = \frac{0,025}{4}$ und einer Lüftungsgeschwindigkeit $V_t = 3$ m/sec

$$h = h_t + Z_t = \frac{\gamma \cdot v_t^2}{2g} \left(1 + \frac{\lambda}{4} \cdot \frac{U_t}{F_t} \cdot l_t \right) = \frac{1,25 \cdot 3,0^2}{19,62} \left(1 + \frac{0,025}{4} \cdot \frac{26}{46} \cdot 5000 \right) = 10,75 \text{ mm W.-S.},$$

außerdem:

$$h_{W_a=15} = \frac{1,25 \cdot 15^2}{19,62} = 14,35 \text{ mm W.-S.},$$

also:

$$L_{W_a=0} = \frac{Q_t \cdot h}{\eta_0 \cdot 75} = \frac{3 \cdot 46 \cdot 10,75}{0,70 \cdot 75} = 28,3 \text{ PS.}$$

$$L_{W_a=15} = \frac{Q_t (h_t + h_{W_a=15})}{\eta_{15} \cdot 75} = \frac{3 \cdot 46 (10,75 + 14,35)}{0,60 \cdot 75} = 77 \text{ PS.}$$

Durch diese beiden Werte ist der Leistungsbedarf zur Überwindung der Gegenwinde ($W_a = 1$ m/sec bis 15 m/sec) bei konstanter Lüftungsgeschwindigkeit im $L - W_a = \text{Diagramm}$ Textabb. 11 festgelegt.

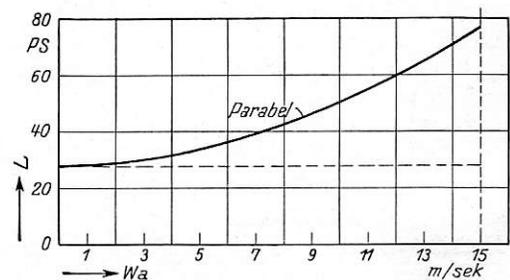


Abb. 11.

Zur Kennzeichnung des ungünstigen Einflusses des Außenwindes bei der „Schachtlüftung“ ist die Leistung als Vergleichsmittel nicht mehr ohne weiteres anwendbar, da in diesem Falle der Wind stets in Richtung des künstlichen Luftzuges weht. Er bewirkt hier, auf die Gesamtlüftungszeit bis zur völligen Reinigung des Tunnelns bezogen, eine Verminderung des Rauchgehaltes der durch den Schachtventilator geförderten Luftmenge. Um ein angenähertes Bild hiervon zu erhalten, sei angenommen, daß die von beiden Tunnel-

armen im Schachteinlauf zusammenströmenden Luftmengen im Verhältnis ihrer Geschwindigkeitshöhen $\frac{\gamma \cdot v_r^2}{2g}$ und $\frac{\gamma \cdot v_l^2}{2g}$ in den Schacht übergehen. In Wirklichkeit wird dieses Verhältnis sich nicht so einfach darstellen lassen, da es von der Form des Schachteinlaufes, von dem Verhältnis der Luftgeschwindigkeiten im Schacht v_s und denen im Tunnel v_r und v_l , sowie von einem gewissen Anteil der Wucht der zusammenströmenden Luftmengen, also den Produkten $l_r \cdot v_r^2$ und $l_l \cdot v_l^2$, beeinflusst wird.

Es sei auch hier der 5000 m lange zweigleisige Tunnel zugrunde gelegt; der Schacht sei also in Tunnelmitte angenommen, so daß der Schachtventilator im Tunnel beiderseits den gleichen Saugwiderstand zu überwinden hat. Er erzeuge dann im Schachteinlauf eine Depression h von solcher Größe, daß in jedem Tunnelarm eine Geschwindigkeit $v_r = v_l = v_m = 1$ m/sec entsteht. Der Rauchgehalt der geförderten Luft sei dann $q = 100\%$. Betrachtet wird also die günstigste Schachtlage im Idealfalle.

I. Einseitige Schachtlage.

Wird die Depression h konstant erhalten und der Schacht aus der Mittellage um die Strecke x nach rechts verschoben (s. Abb. 2, Taf. 1), so ist:

$$h = \frac{\gamma}{2g} \cdot v_{rx}^2 \left(1 + \frac{\lambda}{4} \cdot \frac{U}{F} \cdot l_{rx} \right) = \frac{\gamma}{2g} \cdot v_{lx}^2 \left(1 + \frac{\lambda}{4} \cdot \frac{U}{F} \cdot l_{lx} \right)$$

woraus mit: $a = \frac{\lambda}{4} \cdot \frac{U_t}{F_t}$

1) $\dots \dots \dots \frac{v_r^2}{v_l^2} = \frac{1+a \cdot l_{lx}}{1+a \cdot l_{rx}}$ und da $h = \text{const.}$

2) $\dots \dots \dots v_{rx} + v_{lx} = 2 v_m = 2$ m/sec.

somit:

$$v_{rx} = \frac{2 v_m}{1 + \sqrt{\frac{1+a \cdot l_{rx}}{1+a \cdot l_{lx}}}}$$

Der durchschnittliche Rauchgehalt der bis zur gänzlichen Tunnelreinigung geförderten Luft ist:

$$q\% = \frac{100 \cdot 2 \cdot Q_m \cdot t_m}{(Q_r + Q_l) \cdot t_l} = \frac{100 \cdot t_m}{t_l}$$

Nachstehende Tabelle wurde mit Benutzung der Zahlenwerte von Seite 23 berechnet und auf Abb. 2, Taf. 1, Ia bis Id ausgewertet.

x	$l_r = \frac{1}{2} - x$	$l_l = \frac{1}{2} + x$	$\sqrt{\frac{1+a \cdot l_r}{1+a \cdot l_l}}$	v_r	t_r	v_l	t_l	q %
0	2500	2500	1	1	2500	1	2500	100
250	2250	2750	0,913	1,044	2150	0,956	2880	86,8
500	2000	3000	0,835	1,09	1835	0,91	3300	75,8
750	1750	3250	0,762	1,133	1546	0,867	3750	66,8
1000	1500	3500	0,688	1,184	1267	0,816	4300	58,2
1250	1250	3750	0,618	1,235	1012	0,765	4890	51,1
1500	1000	4000	0,548	1,29	777	0,71	5640	44,3
1750	750	4250	0,478	1,35	555	0,65	6550	38,1
2000	500	4500	0,405	1,422	351	0,578	7790	32,1
2250	250	4750	0,325	1,505	166	0,495	9600	26,0

II. Wirkung einseitiger Außenwinde.

Ein auf das rechte Portal senkrecht auftreffender Wind W_a erzeugt dort eine Pressung $h_{wa} = \frac{\gamma \cdot W_a^2}{2g}$. Der Unterdruck im Schachteinlauf ist:

$$h_m = \frac{\gamma \cdot v_m^2}{2g} \left(1 + \frac{\lambda}{4} \cdot \frac{U}{F} \cdot \frac{1}{2} \right) = \frac{1,25}{19,62} \cdot 1^2 (1 + 0,00354 \cdot 2500) = 0,629 \text{ mm W.-S.}$$

$h_m = \text{konstant}$

es ist dann

1. $\frac{h_l}{h_r} = \frac{h_m}{h_m + h_{wa}} = \frac{v_l^2}{v_r^2}$ und wie vor:

2. $v_l + v_r = 2 v_m = 2$ m/sec.

$$v_r = \frac{2 v_m}{1 + \sqrt{\frac{h_l}{h_r}}}$$

Der durchschnittliche Rauchgehalt ist wie unter I:

$$q\% = 100 \cdot \frac{t_m}{t_l} = 100 \cdot \frac{v_l}{v_m}$$

Siehe hierzu nachstehende Tabelle und Abb. 2, Taf. 1 unter II d.

W_a	h_{wa}	$\frac{h_m^2}{h_e}$	h_r	$\sqrt{\frac{h_l}{h_r}}$	v_r	v_l	q %
0	0	0,629	0,629	1	1	1	100
1	0,064	0,629	0,693	0,953	1,023	0,977	97,7
3	0,574	0,629	1,203	0,723	1,16	0,84	84,0
5	1,595	0,629	2,224	0,532	1,305	0,695	69,5
7	3,13	0,629	3,759	0,409	1,417	0,583	58,3
9	5,175	0,629	5,804	0,329	1,505	0,495	49,5
11	7,74	0,629	8,369	0,274	1,570	0,430	43,0
13	10,78	0,629	11,409	0,2345	1,620	0,380	38,0
15	14,35	0,629	14,979	0,205	1,66	0,34	34,4

Aus dem Vergleich der Kurven geht hervor, daß beispielsweise einem Außenwind von 5,5 m/sec eine seitliche Verschiebung des Schachtes aus der Mittellage um $x = 0,15 l = 750$ m entspricht und daß hierbei der Rauchgehalt der Förderluft nur noch 63% beträgt.

Bei der Lüftung nach „Saccardo“ und „mit Vorhang“, also bei den einseitig gerichteten Lüftungen, besteht demnach die zu lösende Aufgabe in einer möglichst weitgehenden Vernichtung der Windkräfte am Gegenportal. Bei der „Schachtlüftung“ sind Windkräfte an beiden Portalen zu vernichten. Wirkt die Lage des Schachtes einseitig und unrichtig (unrichtig in den Fällen, wo die Schachtlage nicht den einen längeren Zeitraum umfassenden Mittelwerten der insgesamt wirkenden meteorologischen Kräfte entspricht), so muß die Windpressung am nächstliegenden Portal abgeschwächt werden, um die eintretende Ungleichmäßigkeit in der Rauchdichte auf ein Mindestmaß zurückzuführen. Wir stehen damit vor der Frage: „Ist es einwandfrei möglich, durch einfache, den Zugverkehr nicht behindernde Mittel die schädlichen Windkräfte zu vernichten oder sie sogar zu einer Mitwirkung an der künstlichen Lüftung heranzuziehen?“ Aus der Größe der mit ihrer Lösung erreichbaren Verbesserung erkennen wir, daß es sich um eine Aufgabe von hoher wirtschaftlicher Bedeutung handelt. Diese Erkenntnis beruht mit auf der Erwägung, daß die früher erwähnten Verbesserungsvorschläge an der Kostenfrage scheiterten.

Da durch Einbauten im Tunnel bei dem geringen Raum, der frei zur Verfügung steht und bei den dort auftretenden kleinen Luftgeschwindigkeiten nur eine ungenügende Wirkung, wenn nicht sogar eine schädliche Luftdrosselung erzielt werden kann, kam der Verfasser darauf, die Lösung aller Schwierigkeiten in Vorbauten vor dem Tunnel zu suchen. Im Aerodynamischen Institut der Technischen Hochschule in Aachen wurden mit einem nach diesem Grundgedanken entworfenen Modell einige Versuchsreihen ausgeführt, deren Ergebnis nachstehend wiedergegeben ist. (Schluß folgt.)

Die Entwicklung der Bahnerhaltungs-Kleinwagen bei den Österreichischen Bundesbahnen.

Von Ing. Josef Beyer, Zentralinspektor der Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen.

Der heute bei den Österreichischen Bundesbahnen in Verwendung stehende Kleinwagen für Bahnerhaltungszwecke (s. Abb. 1) hat ein Eigengewicht von etwa 550 kg und benötigt wegen der Notwendigkeit, ihn auf der Strecke auswerfen zu können, vier Mann zur Bedienung. Der Wagen hat einen Radstand von 1 m, eine Ladefläche von 2000×1550 mm und eine Tragfähigkeit von 4 t, die Plattform ist verhältnismäßig hoch gelegen, wodurch das Auf- und Abladen von schweren Gegenständen nicht unbedeutend erschwert wird. Bei langen Gegenständen, wie Schienen, bilden überdies die Bremskurbeln ein arges Hindernis. Die Reibungsverhältnisse der Gleitlager sind trotz Verwendung von Weißmetall sehr ungünstig, so daß zur Fortbewegung des Bahnwagens bei voller Belastung selbst auf horizontaler Strecke fünf bis sechs

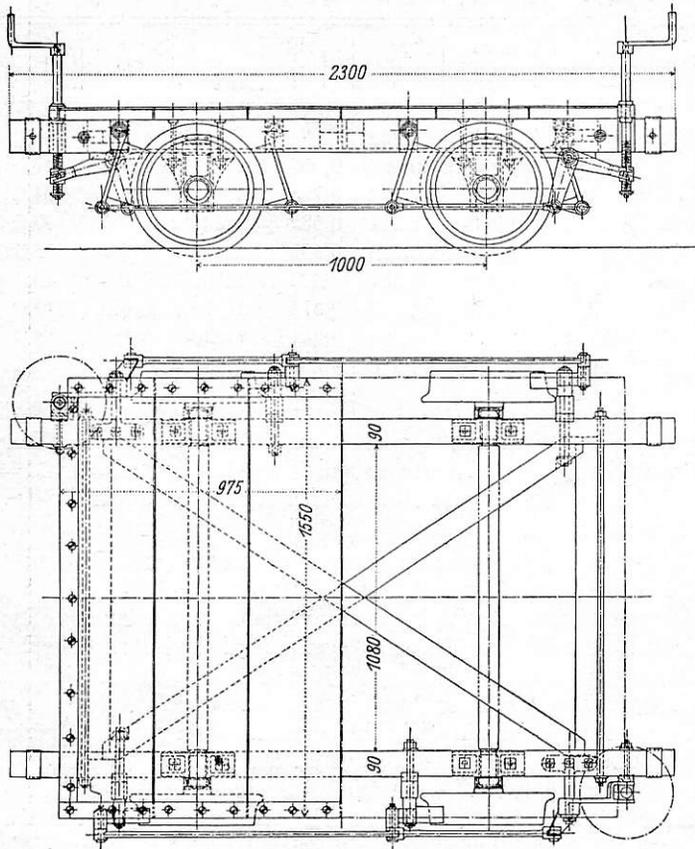


Abb. 1. Kleinwagen für Bahnerhaltungszwecke.

Mann benötigt werden. Das Verladen dieses Kleinwagens auf einen Eisenbahnwagen ist nur von einer Rampe aus möglich, was recht umständlich ist, weshalb der leere Wagen auch bergauf meist von mehreren Arbeitern geschoben oder gezogen wird.

Der so beschriebene Bahnwagen entspricht nicht mehr den heutigen Forderungen und Bedürfnissen mit Gut zu sparen und jeden unnötigen Kostenaufwand zu vermeiden. Dieser Erkenntnis zufolge wurde ein leichter beweglicher Bahnwagen für zweimännige Bedienung eingeführt, außerdem kamen Motorwagen zur Einstellung.

Die Konstruktion des Bahnwagens für zweimännige Bedienung (Patent Ing. Walter) mit einem Gewicht von 180 bis 200 kg ist aus der Abb. 2 zu ersehen. Er ist zerlegbar und besteht aus zwei Radsätzen, die durch zwei Winkeleisen in Entfernungen von 0,50 bis 2,50 m geklemmt werden können. Die Stahlgußräder sind in einem Gehäuse aus Elektron untergebracht und laufen in Kugellagern. Die Gehäuse mit den

Rädern sind durch I-Träger verbunden, welche die Achsen ersetzen und gleichzeitig als Tragbestandteil zur Aufnahme von Schwellen, Schienen, Kisten oder einer Plattform geeignet sind. Die Oberkante der I-Träger liegt nur 39 cm über Schienenoberkante, so daß das Be- und Entladen des Wagens sehr leicht ist.

Ein einzelner Radsatz wiegt nur 80 kg. Ein Mann kann daher den Bahnwagen nach Zerlegung allein aus dem Gleis bringen. Die einzelnen Teile können am Bankett eines Dammes, in einer Tunnelnische untergebracht oder zur Beförderung mittels Zuges in jedem Gepäckwagen zugeladen werden.

Jeder Radsatz hat eine auf beide Räder wirkende Hebelbremse. Bei offener Bremse steht der Hebel nach oben, bei angezogener Bremse wagrecht. In letzterer Stellung verhindert er in keiner Weise das Verladen. Da dieser Wagen nur zwei statt vier Mann Bedienung erfordert, und vermöge seiner Lagerausbildung auch mit 4 t Belastung rascher fortbewegt werden kann, so erzielt man mit ihm eine mehr als 50%ige Ersparung.

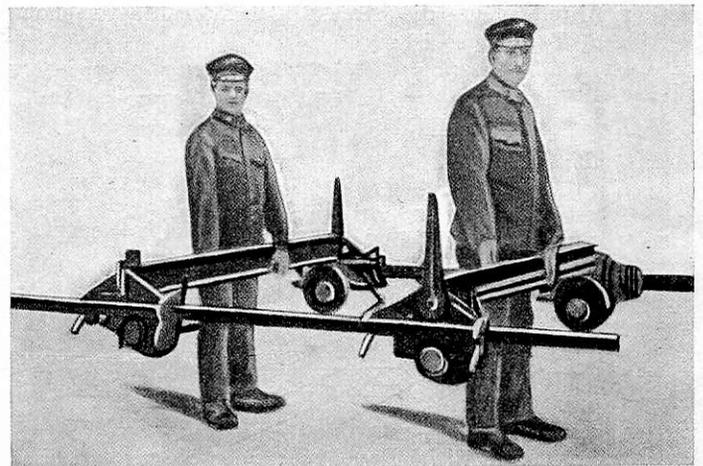


Abb. 2. Bahnwagen Patent Ing. Walter.

Der einzige Nachteil dieses Wagens ist, daß er ebenfalls von Menschenhänden geschoben werden muß, daher in der Wagerechten und auf Steigungen keine sonderliche Geschwindigkeit erreichen kann. Größere Geschwindigkeiten sind eben nur mit kraftbetriebenen Fahrzeugen zu erreichen. Die Österreichischen Bundesbahnen hatten bis 1926 einige Motorbahnwagen, die sich aber nicht einbürgern konnten, weil sie, um auf der Strecke von vier Mann ausgeworfen werden zu können, zu leicht gebaut, für die meisten österreichischen Strecken zu wenig leistungsfähig waren.

Da brachten die Austro Daimler-Werke in Wiener-Neustadt im Jahre 1926 erstmals eine Draisine auf den Markt, die in jeder Hinsicht den Anforderungen, die an ein derartiges Fahrzeug gestellt werden können, entspricht. Diese Draisine (s. Abb. 3) hat Platz für sechs Personen, einen Führer, Gepäck und Werkzeug. Zwei Sitzbänke für je drei Fahrgäste sind derart angeordnet, daß durch bloßes Umlegen jeweils sämtliche Fahrgäste in der Fahrtrichtung sitzen. Für den Führer sind zwei Sitze vorgesehen, die Bedienungs- und Bremshebel sind derart angeordnet, daß er sie in beiden Fahrtrichtungen gut bedienen kann. Der Begriff vorn und rückwärts gilt für dieses Fahrzeug nicht. Der Wagenaufbau hat drei Türen, je eine für die Fahrgastbänke und eine für den mittleren Führer- und Gepäckraum. Die Sitzanordnung der jeweils vorderen Fahrgastbank ermöglicht eine gute

Beobachtung des Oberbaues bis unmittelbar vor der Draisine, da vor den Sitzen keine störende Motorhaube oder ein sonstiger Aufbau angeordnet ist. Der Schwerpunkt der Draisine liegt außergewöhnlich tief, die Draisine läuft auch bei einer Geschwindigkeit von 60 km/Std. selbst in Kurven

Die Hauptabmessungen des Motors sind: Bohrung 80 mm, Hub 115 mm, Zylinderzahl 4, Gewicht 385 kg.

Die Zylinder stehen einzeln, haben Kühlrippen und sind von einem Blechmantel umschlossen, aus dem ein Ventilator die warme Luft absaugt. Der größte Wert der Luftkühlung

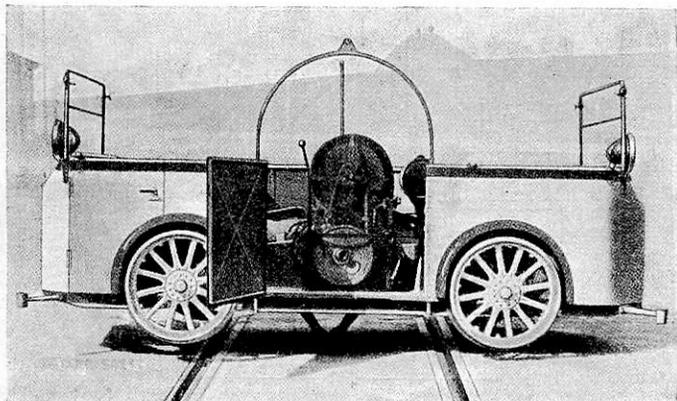


Abb. 3. Draisine.

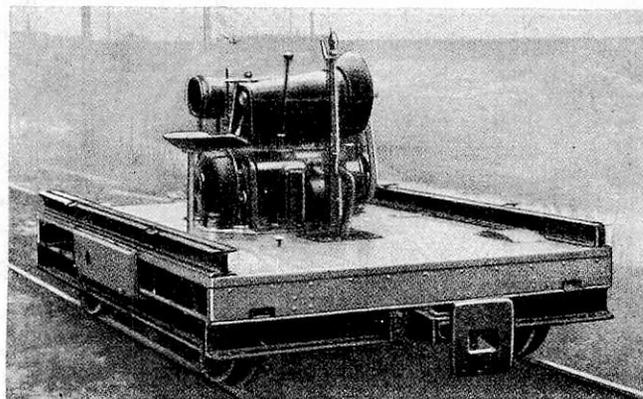


Abb. 5.

sehr ruhig. Wegen ihres hohen Gewichtes (etwa 1200 kg) hat die Draisine eine Aushebevorrichtung, die es zwei Bedienungsleuten ermöglicht, sie innerhalb 2 Minuten hochzuheben, zu wenden und aus dem Gleis zu bringen.

besteht für ein Fahrzeug, das von mehreren Personen bedient werden soll, darin, daß der Kühler, der immer ein empfindlicher Teil ist, samt Rohrleitungen und Wasserpumpe ganz entfällt und man der Sorge um die Füllung und rechtzeitige Entleerung der Kühlanlage entzogen ist. Hierdurch scheidet jede Frostgefahr im Winter, aber auch jede Störungsmöglichkeit aus, die durch Wassermangel und der sich daraus ergebenden Überhitzung im Sommer entstehen kann. Auch hat der luftgekühlte Motor besonders im Winter in einem viel kürzeren Zeitraum nach dem Ankurbeln die richtige Betriebstemperatur und damit die richtige Vollleistung. — Die Ausbildung dieses Motors kann aus der Abb. 4 ersehen werden.

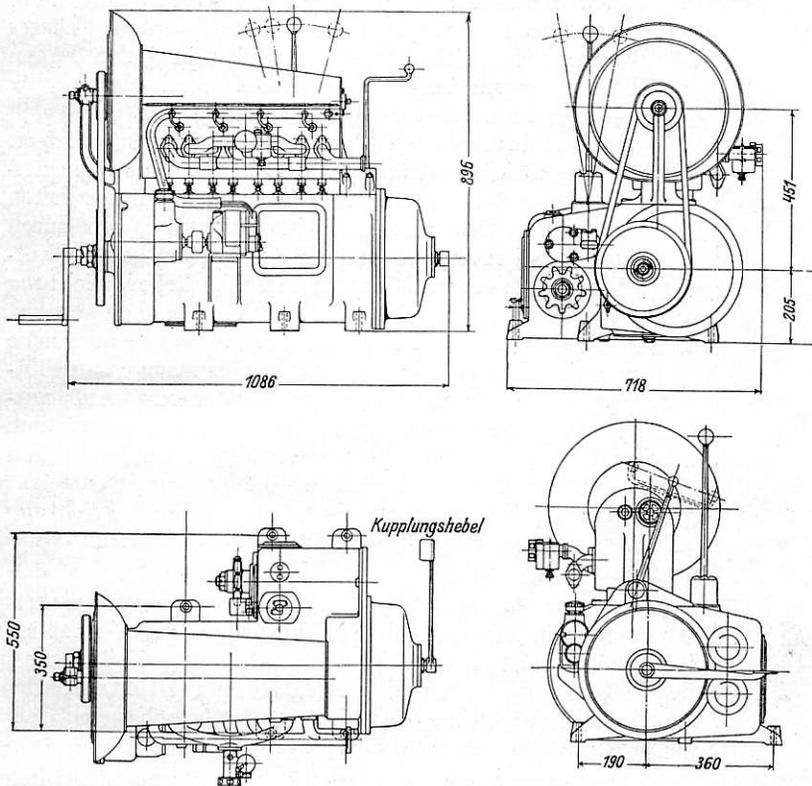


Abb. 4. Motor der Bahnerhaltungsfahrzeuge der Österreichischen Bundesbahnen.

Das beste an dieser Draisine ist aber der stets verlässlich arbeitende, also für den Bahnbetrieb besonders geeignete Motor. Es ist ein vierzylinderiger, luftgekühlter Verbrennungsmotor mit einem im erweiterten Motorgehäuse untergebrachten Geschwindigkeitsgetriebe für drei Vorwärts- und drei Rückwärtsgänge, der bei 1000 Umdrehungen/Minute, deren Überschreitung durch einen auf der Magnetwelle angebrachten federbelasteten Regulator verhindert wird, eine Leistung von 12 PS ergibt.

Die vorzügliche Eignung dieses Motors für den Bahnbetrieb, seine kräftige Ausführung und Einfachheit, die es ermöglicht, daß nach kurzer Einschulung jeder Arbeiter mit einigermaßen guter Auffassung mit ihm umgehen kann, veranlaßten die Österreichischen Bundesbahnen, diesen Motor auch für die Fortbewegung von Bahnmeisterwagen zu verwenden. Nach 1926 wurde ein Bahnmeisterwagen mit einem Motor der vorbeschriebenen Art gebaut. Seine Abmessungen und sein Aussehen sind in den Abb. 5 bis 6 dargestellt.

Dieser Wagen hat einen Rahmen aus U-Eisen, Profil 14, der auf den auf Kugellagern laufenden Achsen mit Schraubenfedern tief liegend aufgehängt ist.

Die Bremsen sind als Außenbackenbremsen ausgebildet und wirken unmittelbar auf die Laufräder. Durch einen Fußtritt wird die eine Achse und durch einen feststellbaren Handhebel die zweite Achse gebremst. Je eine Zugstange und ein Ausgleichhebel übertragen die Fuß-, bzw. Handkraft auf die vier Bremsbacken. Der Wagen hat ein Gewicht von

etwa 1400 kg und eine Tragfähigkeit von 3,5 t. Um ihn auf der Strecke aus dem Gleis bringen zu können, hat er die gleiche Aushebevorrichtung wie die Draisinen. Sie besteht aus vier beweglichen Streben, welche gemeinsam an dem sogenannten Aushebeteiler, einer kreisrunden Platte aus Stahlblech mit 250 mm Durchmesser, angreifen. Die ganze Anordnung gleicht einem umgekehrten vierbeinigen Stativ. Zwei von den Streben sind fest an die Querträger, auf welchen der Motor sitzt, angelenkt, während die zwei anderen durch

ein Querhaupt verbunden sind, das quer zur Fahrtrichtung durch eine Schraubenspindel bewegt werden kann. In der Ruhestellung ist das ganze System der vier Streben nahezu in Strecklage. Zum Ausneben wird durch Drehen der

Die notwendige zentrale Anordnung dieser sehr zweckmäßigen Aushebevorrichtung gestattet jedoch nur den Antrieb einer der beiden Laufachsen, was den Nachteil hat, daß nur das halbe Gewicht des Wagens als Reibungsgewicht

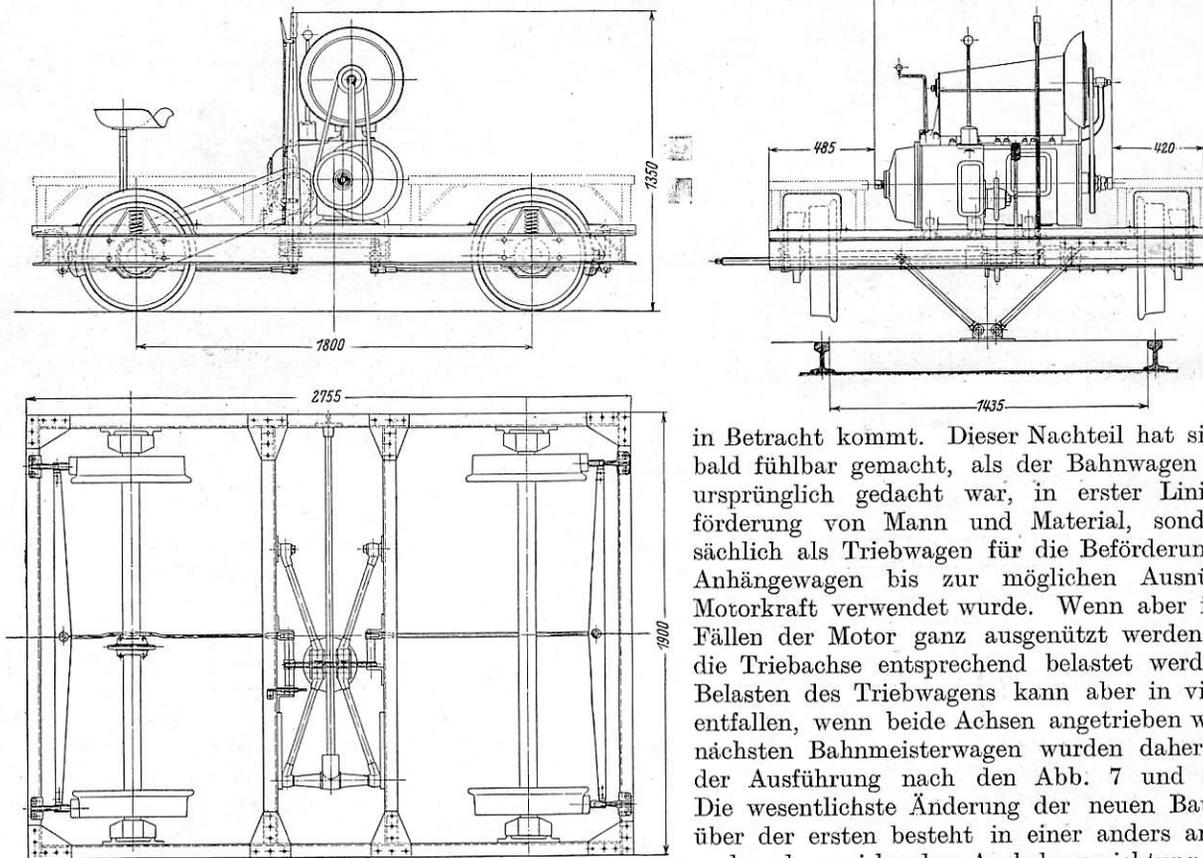


Abb. 6.

Motor-Bahnmeisterwagen mit 12 PS Motor. (1. Ausführung.)

Schraubenspindel mit Hilfe einer Kurbel eine kniehebelartige Bewegung bewirkt, welche das Heben des Fahrzeuges mit verhältnismäßig geringem Kraftaufwand gestattet. Der Aushebeteiler stützt sich dabei auf den festen Boden oder auf

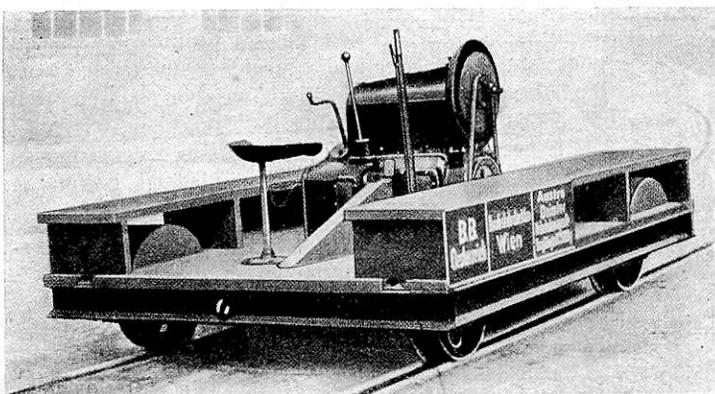


Abb. 7.

eine Unterlage, so daß der hochgehobene Wagen wie auf einer Drehscheibe beliebig gedreht und nach dem Niederlassen aus dem Gleis gefahren werden kann. Die Ruhestellung der Aushebevorrichtung ist gegen unbeabsichtigtes Senken während der Fahrt durch eine Klappe, die nach dem Abnehmen der Aushebekurbel von selbst in die Sicherungsstellung fällt, gesichert.

in Betracht kommt. Dieser Nachteil hat sich insofern bald fühlbar gemacht, als der Bahnwagen nicht, wie ursprünglich gedacht war, in erster Linie zur Beförderung von Mann und Material, sondern hauptsächlich als Triebwagen für die Beförderung mehrerer Anhängewagen bis zur möglichen Ausnützung der Motorkraft verwendet wurde. Wenn aber in letzteren Fällen der Motor ganz ausgenützt werden soll, muß die Triebachse entsprechend belastet werden. Dieses Belasten des Triebwagens kann aber in vielen Fällen entfallen, wenn beide Achsen angetrieben werden. Die nächsten Bahnmeisterwagen wurden daher bereits in der Ausführung nach den Abb. 7 und 8 geliefert. Die wesentlichste Änderung der neuen Bauart gegenüber der ersten besteht in einer anders angeordneten und anders wirkenden Aushebevorrichtung, um durch eine Zwischenwelle mittels Rollenketten beide Laufachsen antreiben zu können. Diese Aushebevorrichtung hat vier Laufrollen, die an hebelartigen Laschen gelagert sind und durch zwei mit Links- und Rechtsgewinde versehene Schraubenspindeln aus der wagrechten Regellage in die lotrechte Aushebelage gekurbelt werden können. Auf mitgeführten Aushebeschienen kann der Bahnwagen auf den Ausheberollen quer zum Gleis ausgefahren werden. Ein Nachteil dieser Aushebevorrichtung könnte darin erblickt werden, daß der Wagen nicht wie bei der ersten Vorrichtung nach allen Richtungen, sondern nur senkrecht zum Gleis abgestellt werden kann.

Der Führersitz ist auf der neuen Bauart quer zur Fahrtrichtung montiert, so daß der Führer gleich guten Ausblick bei Vorwärts- und Rückwärtsfahrt hat. Alle Bedienungshebel, wie Hand- und Fußbremse, Kupplungsfußtritt, Geschwindigkeits- und Umsteuerhebel, sowie Gashebel sind dem Sitze entsprechend, in Griffnähe angeordnet.

Da die Motorwagen, wie bereits erwähnt, hauptsächlich als Triebwagen benützt werden, erhält die neue Bauart statt des Zughakens, eine zentrale Zug- und Stoßvorrichtung. Die Anhängewagen, und zwar vorerst die eingangs beschriebenen gewöhnlichen Bahnwagen, erhielten eine Zugstange, die beiderseits in einer Gabel endet. Die Anhängewagen werden sowohl untereinander als auch mit dem Motorwagen mittels 90 cm langer Stangen steif gekuppelt. Durch diese Kuppelstangen werden die einzelnen Wagen in gegenseitiger günstiger Entfernung gehalten, wodurch die Bedienung der einzelnen Wagen erleichtert wird.

Der 12 PS-Motorbahnwagen neuer Bauart hat ein Gewicht von 2000 kg. Die nachstehende Leistungstabelle gibt

eine Übersicht über die erreichbaren Geschwindigkeits- und Zugleistungen:

Fahrstufe	km/Std.	Zugkraft am Haken kg	Bruttoanhängelast in Tonnen auf geraden Steigungen von								
			0 ⁰ / ₀₀	5 ⁰ / ₀₀	10 ⁰ / ₀₀	15 ⁰ / ₀₀	20 ⁰ / ₀₀	25 ⁰ / ₀₀	30 ⁰ / ₀₀	35 ⁰ / ₀₀	40 ⁰ / ₀₀
I	11,1	207	26	15	10	7,7	6	4,75	3,9	3,2	2,6
II	22,4	94	11,5	6,5	4	2,8	1,9	1,3	*)	*)	*)
III	39,5	35	1,9	*)	*)	—	—	—	—	—	—

*) Fahrzeug allein.

war es notwendig, für solche Strecken einen Motorbahnmeisterwagen stärkerer Bauart zu beschaffen, wie er in den Abb. 9 und 10 zum Ausdruck kommt. Dieser Motorbahnmeisterwagen hat einen 30 PS-Motor und ist dementsprechend kräftig gebaut, der Rahmen hat eine Länge von 3300 mm und eine Breite von 2300 mm. Die Profileisen sind 280 mm hoch. Die Ausbevorrichtung ist in der allgemeinen Bauart die gleiche wie beim 12 PS-Wagen, doch ist sie entsprechend dem hohen Eigengewicht des Wagens von 4000 kg kräftiger ausgebildet. Auch sind für deren Bedienung vier Mann erforderlich.

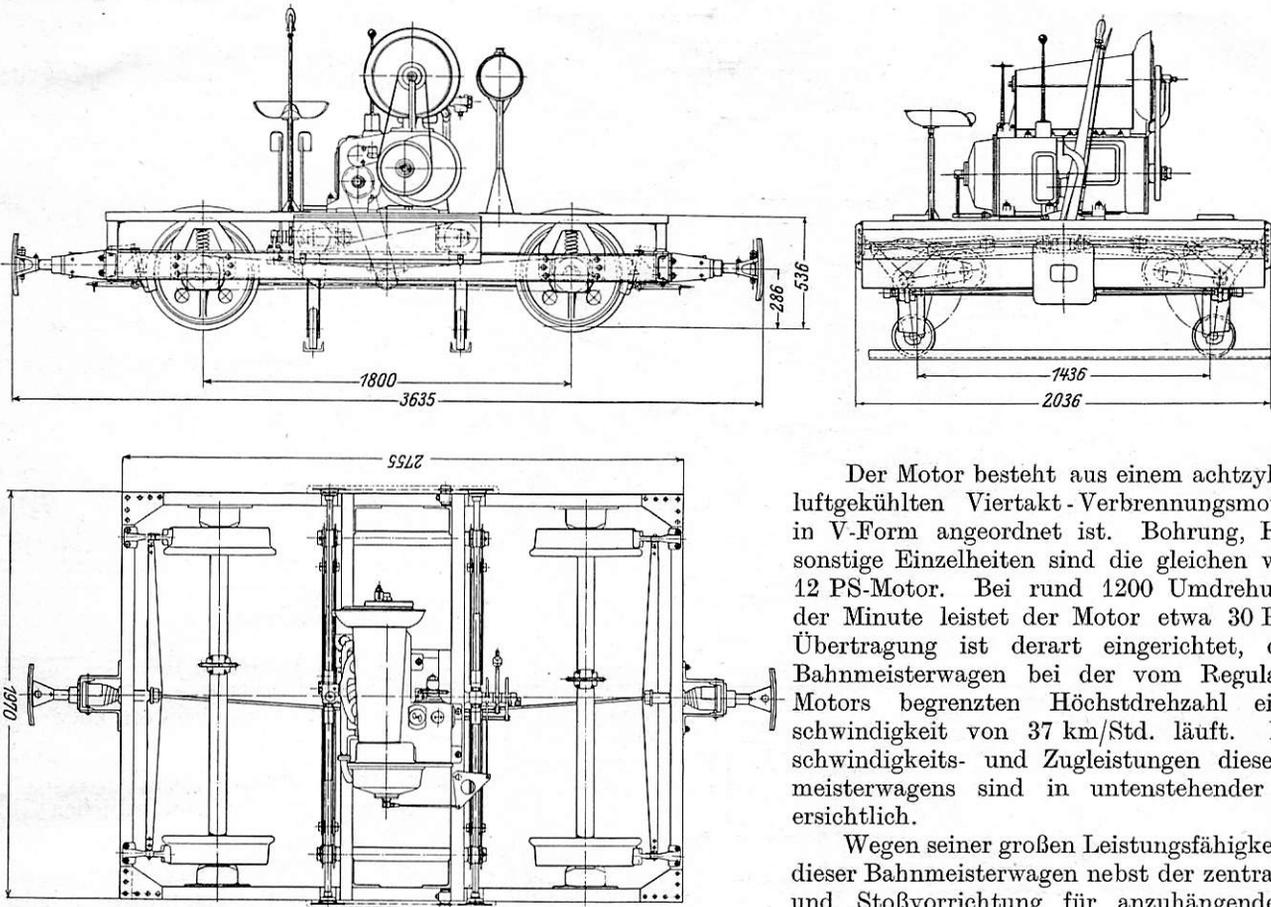


Abb. 8. Motor-Bahnmeisterwagen mit 12 PS Motor. (2. Ausführung.)

Der Motor besteht aus einem achtzylindrigen luftgekühlten Viertakt-Verbrennungsmotor, der in V-Form angeordnet ist. Bohrung, Hub und sonstige Einzelheiten sind die gleichen wie beim 12 PS-Motor. Bei rund 1200 Umdrehungen in der Minute leistet der Motor etwa 30 PS. Die Übertragung ist derart eingerichtet, daß der Bahnmeisterwagen bei der vom Regulator des Motors begrenzten Höchstdrehzahl eine Geschwindigkeit von 37 km/Std. läuft. Die Geschwindigkeits- und Zugleistungen dieses Bahnmeisterwagens sind in untenstehender Tabelle ersichtlich.

Wegen seiner großen Leistungsfähigkeit wurde dieser Bahnmeisterwagen nebst der zentralen Zug- und Stoßvorrichtung für anzuhängende Kleinwagen, auch mit der normalen Eisenbahnwagenkupplung ausgerüstet, um auch mit normalen Eisenbahnwagen kleine Verschiebewegungen ausführen zu können.

Eisenbahnwagen kleine Verschiebewegungen ausführen zu können.

Fahrstufe	km/Std.	Zugkraft am Haken kg	Bruttoanhängelast in Tonnen auf geraden Steigungen von					
			0 ⁰ / ₀₀	5 ⁰ / ₀₀	10 ⁰ / ₀₀	20 ⁰ / ₀₀	25 ⁰ / ₀₀	30 ⁰ / ₀₀
I	6,3	930	116	70	49	30	25	21
II	12,4	450	56	33	23	13	11	9
III	22	240	30	17	11	6	4	—
IV	36,8	130	21	8,5	5	—	—	—

Sowohl dieser als auch der 12 PS-Bahnmeisterwagen bewähren sich im Betriebe außerordentlich gut. Besonders die Verwendung in Motorwagenzügen bringt große Erleichterungen und Ersparungen im Bahnerhaltungsbetriebe, doch soll nicht verschwiegen werden, daß die vorhandenen gewöhnlichen ungefederten Bahnmeisterwagen, die als Anhängewagen verwendet werden, dem rascheren Verkehr mit

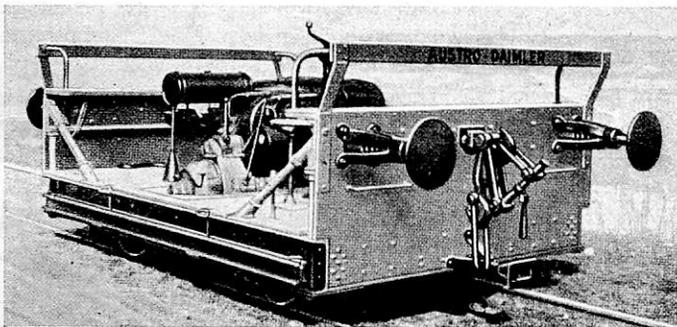


Abb. 9.

Da die Österreichischen Bundesbahnen sehr viele Strecken mit 25⁰/₀₀ Steigung und darüber haben, für welche Verhältnisse der 12 PS-Motorwagen, wie vorstehende Tabelle zeigt, nicht mehr die erwünschte Leistungsfähigkeit hat, so

Triebwagen nicht ganz gewachsen sind. Es drückt sich dies in vermehrten und größeren Ausbesserungskosten aus. Es ist daher beabsichtigt, für Motorwagenzüge Anhängewagen besonderer Bauart zu beschaffen. Als Versuchszug wurden bereits fünf von den Austro Daimler-Werken entworfene Wagen bestellt, welche eine durchgehende, vom Motorwagen

3. Infolge der entwickelten größeren Geschwindigkeit können auch kleinere Zugpausen zu Kleinwagenfahrten auf der Strecke herangezogen werden. Es kann daher öfter auf der Strecke gefahren werden und die Bedienungsmannschaft braucht im allgemeinen bis zur Ermöglichung einer Fahrt weniger lange zu warten. Daher geringere Stehzeiten.

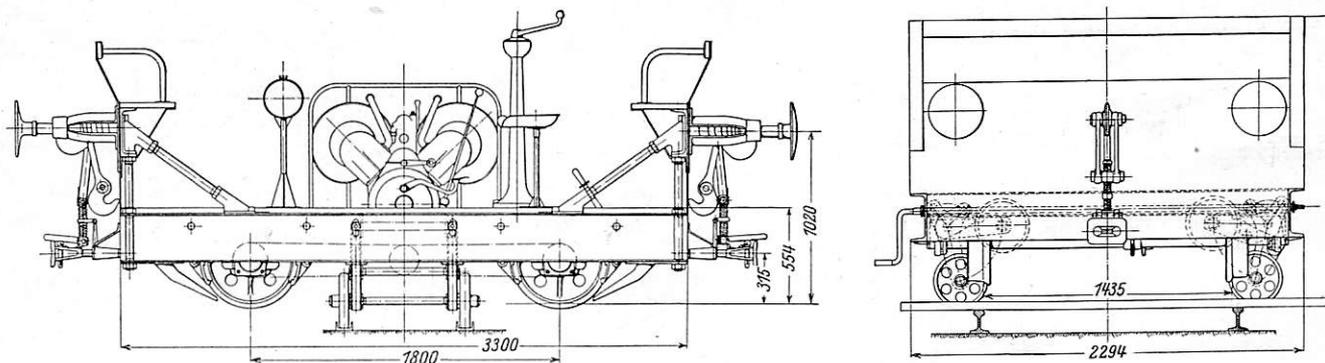


Abb. 10. Motor-Bahnmeisterwagen mit 30 PS Motor.

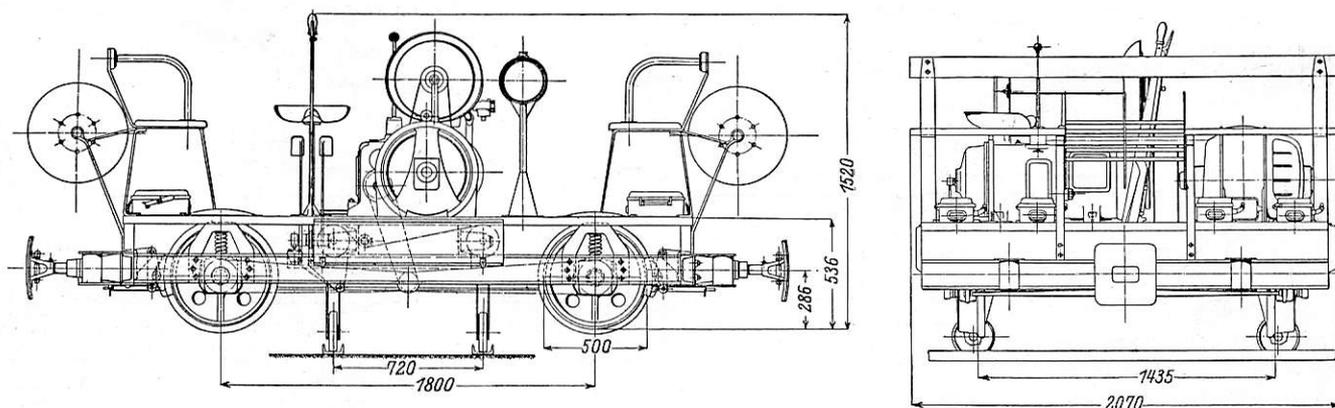


Abb. 11. 12 PS Motor-Bahnmeisterwagen mit Nebenschlußgenerator.

aus zu bedienende Bremse haben werden, um die jetzt notwendige, nicht ganz ungefährliche Besetzung der Anhängewagen mit Bremsern zu vermeiden. Eine durchgehende Kuppelstange bewirkt durch Drehung derselben das Anziehen und Lüften der Backenbremsen.

Zusammenfassend wären die Vorteile, die durch den Motorwagenbahnbetrieb erzielt werden, folgende:

1. Der Motorwagenbetrieb benötigt gegenüber dem Handwagenbetrieb zur Ausführung der gleichen Leistung höchstens die Hälfte der Bedienungsmannschaft.

2. Er vermag Geschwindigkeiten zu entwickeln, die gegenüber dem mit Hand geschobenen Bahnwagen im Durchschnitt fünfmal größer sind.

4. Das Auswerfen der Kleinwagen auf der Strecke wird wegen des rascheren Verkehrs der Bahnwagen weniger oft notwendig.

5. Bei Beförderung von Arbeitspartien wird Zeit gespart. Da die Arbeiter das Beförderungsmittel nicht schieben brauchen, ermüden sie nicht, was der produktiven Arbeitsleistung zugute kommt.

6. Da die Motorwagenzüge mindestens das dreifache eines gewöhnlichen Bahnwagens mit einer Fahrt befördern, so wird die Arbeitsleistung zumindest dreimal so rasch bewältigt. Die Strecke wird nur ein Drittel der bisherigen Zeit beanspruchen. Die Möglichkeit eines Bahnwagenunfalls sinkt auf ein Drittel.

7. Durch den Motorwagenzug wird in vielen Fällen der kostspielige Arbeitszug erspart. Die normalen Eisenbahnwagen werden nicht dem Verkehr entzogen. Auch kostet

die Beladung der niedrigen Bahnmeisterwagen weniger, als die der normalen Eisenbahnwagen.

Diese Vorteile des Motorbahnmeisterwagenbetriebs sind derart groß, daß der etwa zwölfmalige Anschaffungspreis gegenüber einem gewöhnlichen Bahnmeisterwagen gar nicht in die Wagschale fällt. Bei entsprechender Ausnützung macht sich ein Motorbahnmeisterwagen schon in wenigen Monaten ganz bezahlt.

Damit der Motorbahnmeisterwagen aber auch ausgenutzt werden kann, wenn er zum Fahren nicht benötigt wird, haben die Österreichischen Bundesbahnen als nächsten Schritt vorläufig acht 12 PS-Motorbahnmeisterwagen (s. Abb. 11) mit je einem Nebenschlußgenerator ausrüsten lassen, der bei

einer Spannung von 220 V eine Dauerleistung von 40 kW hat. Er wird über eine elastische Kupplung unmittelbar vom Benzinmotor angetrieben. Dadurch wurde eine fahrbare elektrische Zentrale geschaffen, die den Strom aus acht Steckkontakten an verschiedene Arbeitsmaschinen, wie Gleisstopf-

(Bahnerhaltungsplatz) hinterstellt ist. Auch Scheinwerfer zur Beleuchtung des Arbeitsplatzes oder einer Unfallstelle können an diese Wagen angeschlossen werden.

Zum Antrieb pneumatischer Werkzeugen, wie Gleisstopfern, Stampfern, Bohrern, Niethämmern usw. wurde

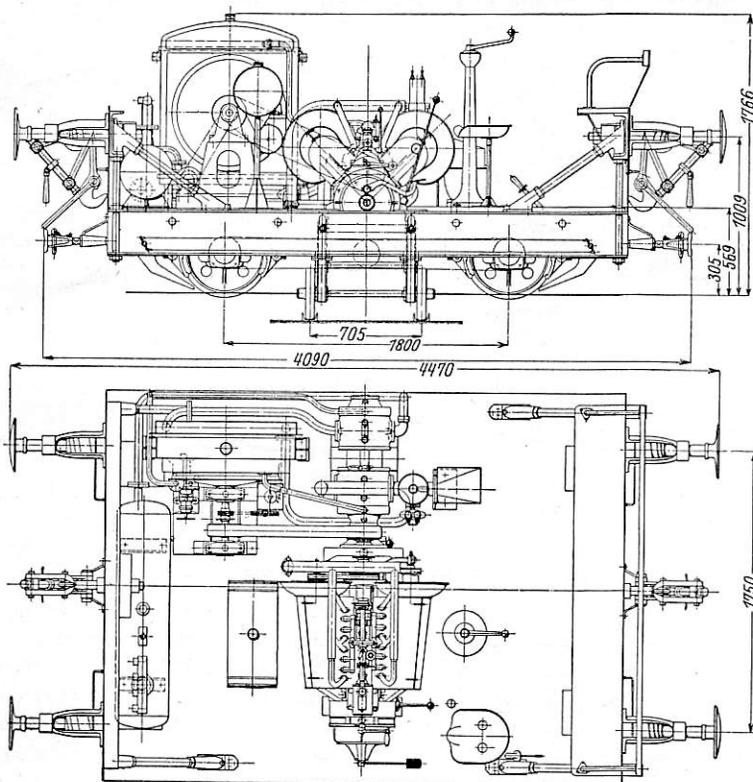
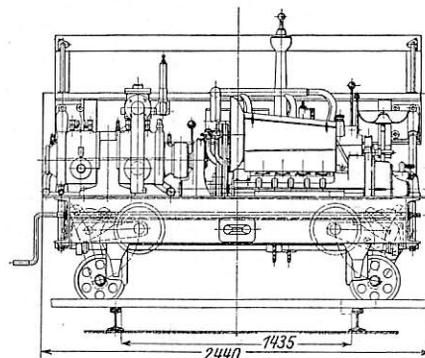


Abb. 12. 30 PS Motor-Bahnmeisterwagen mit Rotationskompressor.



versuchswise ein 30 PS-Motorbahnwagen mit einem Kompressor nach Abb. 12 ausgerüstet, der bei 7 at Druck $3\frac{1}{2}$ m³ Luft/Minute liefert.

Um die Motoren vor Unberufenen zu schützen und zu sichern, da sie in Ruhestellung nicht immer in einem versperrbaren Raume untergebracht werden können, wird es notwendig werden, sie mit einem Schutzgehäuse zu versehen, was bei den nächsten Motorwagenbestellungen Berücksichtigung finden soll.

Schließlich sei noch erwähnt, daß der 12 PS- und der 30 PS-Motor auch zum Antrieb von Turmwagen und Gleisbett-Walzen Verwendung gefunden hat. Dadurch ist eine Vereinheitlichung der motorangetriebenen Maschinen erreicht, wodurch nicht nur in der Erhaltung und der Haltung von Ersatzbestandteilen eine wesentliche Vereinfachung geschaffen ist, sondern es auch jedem Kraftwagenführer möglich ist, verschiedene Fahrzeuge sofort zu bedienen.

Bohr-, Schrauben-Ein- und Ausdreumaschinen, Sägen, Pumpen usw. dann abgibt, wenn der Wagen auf der Strecke nach Beförderung der Arbeitspartie ausgeworfen, abgestellt oder wegen Nichtbedarfs auf der Strecke, in einer Station

Schnelle Massenermittlung aus dem Längsprofil.

Von Zivilingenieur L. Sparr, Stockholm.

Bei der Berechnung des Inhaltes von Dämmen und Einschnitten aus dem Längsprofil einer Eisenbahn oder einer Landstraße werden zuerst die Flächen der Querschnitte, gleich weit voneinander entfernt, ausgemessen. Werden die Flächen mit F_1, F_2, \dots und die Abstände zwischen den Querprofilen mit l bezeichnet, so ist der Rauminhalt

$$V = \left(\frac{F_1 + F_n}{2} + F_2 + F_3 + \dots \right) l.$$

Es wird dabei vorausgesetzt, daß der Körper zwischen zwei Querschnitten die Form eines abgestumpften Keiles anstatt der richtigen Form einer abgestumpften Pyramide hat. Ist der Höhenunterschied zwischen zwei benachbarten Querschnitten $h_1 - h_2 = z$ und das Neigungsverhältnis der Böschung 1:m, so ergibt dieses Verfahren streng genommen etwas zu viel, nämlich als absoluten Fehler

$$f = \frac{1}{6} m l z^2.$$

Für $l=10$ m, $m=1,5$ und $z=2$ m wird der Fehler 10 m³, um die also die zuerst berechnete Masse vermindert werden muß.

Die Methode ist umständlich; man berechnet Flächen, obwohl man Rauminhalte haben will. Man geht von senkrechten Querschnitten aus. Dies ist so natürlich, daß man kaum jemals an ein anderes Verfahren gedacht hat, wenn man etwa von Massenermittlungen mit Meßmaschinen absieht.

Ein schnelleres Verfahren wird erreicht, wenn man den Querschnitt des Einschnittes oder des Dammes in Streifen einteilt, die der Bahnkronen parallel laufen. Jedem Streifen wird eine derartige Dicke gegeben, daß er im Durchschnitt

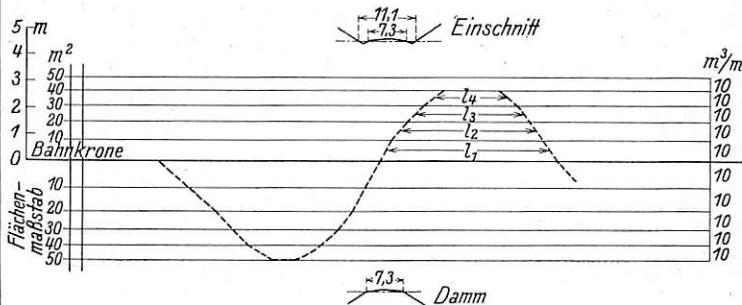


Abb. 1. Integratorscheibe.

gerade 10 m² umfaßt. Jeder Längenmeter Streifen enthält also 10 m³, von dem Längenmaßstab unabhängig.

Wenn die Streifen in dem Damm oder im Abtrag die Mittellängen l_1, l_2, \dots haben, wird der Rauminhalt $V = (l_1 + l_2 + \dots + l_n) 10$.

Wird eine durchschnittliche Scheibe (Abb. 1) verfertigt, auf der die Verteilungslinie eingezeichnet ist und die Grenzlinien der Streifen parallel mit der Verteilungslinie gezogen sind,

so erhält man einen Massenintegrator einfachster Art*). Die Verteilungslinie der Scheibe wird über die Bahnkrone des Längsprofils gelegt. Der Abtrag oder der Damm wird dann in Streifen eingeteilt. Werden deren Mittellängen mittels des Zirkels summiert, so erhält man eben $\frac{1}{10}$ der Masse durch das Ablesen des endgültigen Zirkelmaßes auf dem Längenmaßstabe des Profils. Die wirkliche Masse ist zehnmal größer. Die Summierung kann auch mit einem geeigneten Meßrade ausgeführt werden. Wird das Zählwerk des Meßrades dem Längenmaßstabe angepaßt, so kann man den Rauminhalt ohne weiteres von ihm ablesen.

Jede Berechnung der Flächen mittels Tabellen oder Flächenmaßstäben, das Aufschreiben und Zusammenzählen der Flächen sowie die schließliche Ausrechnung der Masse

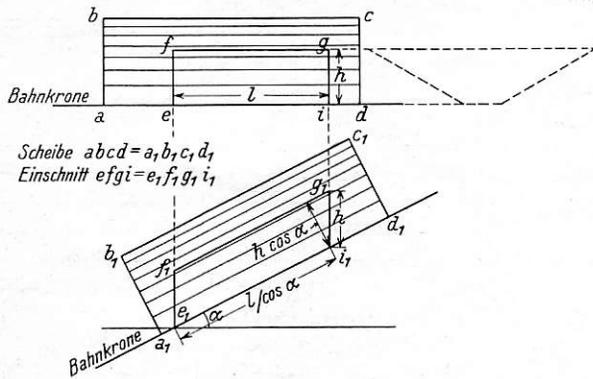


Abb. 2. Integratorscheibe bei geneigter Bahnkrone.

wird unnötig durch Verwendung einer solchen Integratorscheibe. A. Goerings Flächenprofil dürfte auch unnötig werden. Für die Massenermittlung ist kein Profil auf Millimeterpapier nötig.

Im vorstehenden ist vorausgesetzt, daß die Erdhöhenlinien auf den Querprofilen wagrecht sind. Nun ist die Massenberechnung aus den Querprofilen oder dem Flächenmaßstab von der Neigung der Bahnkrone unabhängig. Bei Vermessung mittels einer Integratorscheibe muß dagegen eine Verbesserung mit Bezug auf die Neigung der Verteilungslinie auf dem Profile (also nicht im Felde) durchgeführt werden.

Die Fläche eines Dammquerschnitts mit wagrechter Bodenlinie bei einer Eisenbahn ist $F=Bh+mh^2$, wo die Planumbreite = B, die Höhe des Damms = h und die Böschungsanlage = 1:m; die Bahnkrone sei wagrecht.

*) Die Scheibe ist in mehreren Ländern patentiert, doch nicht in Deutschland. Die Scheibe kann vom Verfasser, Flemingatan 23 B III, Stockholm, Schweden, bezogen werden.

Der Inhalt dieses Damms mit der Länge l ist also

$$V=(Bh+mh^2)l.$$

Bei geneigter Bahnkrone (Abb. 2) mißt dagegen die Integratorscheibe den Inhalt nur nach der Höhe $h \cos \alpha$, aber nach der Länge $\frac{l}{\cos \alpha}$;

$$\text{also } V_1=(Bh \cos \alpha+mh^2 \cos^2 \alpha) \frac{l}{\cos \alpha}.$$

Setzt man $V=k V_1$, so wird die Verbesserungsziffer k schließlich

$$k=\frac{Bh+mh^2}{Bh+mh^2 \cos \alpha}=\frac{10}{Bh+mh^2 \cos \alpha}.$$

Bei wagrechter Bahnkrone ist $\alpha=0$, also $k=1$.

Ist die Querschnittsfläche ein Dreieck, d. i. $B=0$, so wird

$$k=\frac{1}{\cos \alpha}.$$

Bei Berechnung von k bedeutet h die Streifenhöhe und B die Länge der kürzeren Paralleleseite des Streifenquerschnitts.

Zahlentafel:

B =	Neigung		$\frac{1}{\cos \alpha}$	$1+\frac{1}{\cos \alpha}-1$	k
	wirklicher ‰	auf dem Profil ‰			
10 h	15	300	1,044	1,011	1,006
5 h	30	600	1,167	1,042	1,034
5 h	25	500	1,117	1,029	1,025
5 h	20	400	1,078	1,020	1,017
5 h	15	300	1,044	1,011	1,010
5 h	10	200	1,019	1,005	1,004
5 h	5	100	1,005	1,001	1,001

Bei Neigungen (s. Zahlentafel) bis 300‰ auf dem Profile

$$\text{(Höhenmaßstab 20 mal Längenmaßstab) kann } k=1+\frac{1}{\cos \alpha}-1$$

gesetzt werden. Die Reduktion wird leicht auf dem Profile graphisch gemacht. Bei steileren Neigungen muß eine Tabelle über k gemacht werden.

Die Massenermittlung aus dem Profile wird in der Regel zur Bestimmung der Verteilungslinie benutzt; übermäßige Genauigkeit ist deshalb nur von geringem Werte. Bei Berechnung der Massen für die Geldabrechnung muß dagegen das alte Flächenverfahren angewendet werden. Bei der Nachprüfung der Massen aus einem Profil im Maßstab 1:1000 mit eingezeichneter Bahnkrone ist es bestenfalls möglich, 30 km/St. mittels der Integratorscheibe zu berechnen.

Die Benguela-Eisenbahn.

Von Geh. Regierungsrat Wernecke, Berlin-Zehlendorf.

Im Juni d. J. ist auf der 1346 km langen Benguela-Eisenbahn der Betrieb bis an ihr Ende an der Grenze zwischen Angola und dem Belgischen Kongo eröffnet worden.

Die Gegend Afrikas, zu der die Benguela-Eisenbahn den Zugang bildet, sollte zunächst von Südafrika her erschlossen werden. Die Bodenschätze jener Gegend übten auf die Eisenbahnen von Südafrika eine Anziehungskraft aus, aber man erkannte doch rechtzeitig, daß für die Ausfuhr der Kupfererze aus dem Katanga-Becken nach Europa zur Verhüttung der Umweg über Südafrika zu weit sein würde, und suchte einen näheren Weg. Sir Cecil Rhodes, der im Zusammenhang mit seiner geplanten Kap-Kairo-Eisenbahn die Möglichkeit, im Innern von Afrika Bodenschätze zu heben, erörtern ließ, stand auch hinter dem Plan, für dieses Gebiet einen Ausweg

auf Schienen zu schaffen. Er schob für dieses Unternehmen Sir R. Williams vor, der im Jahre 1902 von der portugiesischen Regierung die Genehmigung erlangte, von einem auf 12° südlicher Breite gelegenen Punkt der Grenze zwischen Angola und dem belgischen Kongo eine Eisenbahn nach der Lobito-Bai zu bauen. Es wurde zur Durchführung dieser Genehmigung eine Gesellschaft nach portugiesischem Recht gegründet, und im März 1903 wurde mit dem Bau begonnen. 1906 wurde das 36 km von Lobito entfernte Benguela, der Sitz einer portugiesischen Bezirksbehörde, erreicht. Bis 1913 waren 519 km fertiggestellt, es dauerte aber dann bis 1924, ehe der nächste Fortschritt gemacht werden konnte.

Für den ersten Teil der Strecke hatten die Portugiesen schon Vorarbeiten gemacht; die englische Gesellschaft wollte

jedoch den Tunnel umgehen, der im portugiesischen Entwurf vorgesehen war, außerdem eine Anzahl Brücken vermeiden und die Streckenlänge verkürzen. Dies war nur auf Kosten steiler Neigungen möglich, und so mußte denn auf einer Teilstrecke von 2,5 km Länge Zahnradbetrieb bei 1:16,5 Steigung eingelegt werden. Bei den Vorarbeiten für die Fortsetzung der Eisenbahn in das Innere des Landes kam man von der ursprünglichen Linienführung etwas ab und setzte an deren Stelle den kürzesten Weg an die Grenze.

Die Benguela-Eisenbahn verläuft von der Lobito-Bai zunächst nach Süden bis Benguela und wendet sich dann nach Südosten. Bis km 50 sind nur geringe Steigungen zu überwinden, dann folgt aber auf 4 km Entfernung ein Höhenunterschied von 120 m, der die schon erwähnte Zahnstangenstrecke enthält. Man hat dafür die Bauart Riggensbach gewählt. Auf der nächsten 143 km langen Strecke erklimmt die Eisenbahn mit Steigungen bis 1:40 und Krümmungen von 100 m Halbmesser einen Paß auf 900 m Seehöhe, aber nur um dann gleich wieder um 366 m zu fallen. Sanfte Steigungen führen weiter bis an den Fuß des Lepi-Gebirgsrückens, wo wieder auf 24 km Entfernung ein Höhenunterschied von rund 425 m überwunden werden muß. 385 km von der Küste entfernt erreicht die Eisenbahn mit etwa über 1800 m Seehöhe ihren höchsten Punkt. Sie berührt dann, 426 km von Lobito entfernt, Huambo, das als zukünftige Hauptstadt von Angola in Aussicht genommen ist. Sie zieht sich im allgemeinen mit Neigungen bis 1:50 und 1:80 und Krümmungen mit 140 m und 200 m Halbmesser auf der Höhe hin, muß aber dann noch einmal um etwa 180 m fallen, um den Quanza-Fluß auf rund 1300 m Seehöhe zu überschreiten. Von hier steigt die Eisenbahn wieder auf etwa 1500 m und fällt schließlich bis zu ihrem Endpunkt an der Grenze, 1347 km von Lobito entfernt, wieder auf 1070 m Seehöhe. Das letzte Stück verläuft sie auf der Wasserscheide zwischen dem Zambesi und dem Kongo.

Die ganze Strecke ist eingleisig. Die Spurweite ist 1,067 m. Der Oberbau besteht aus Breitfußschienen von 30 kg/m Gewicht auf Stahlschwellen. Nur auf einer kurzen Strecke in der Nähe der Küste sind Holzschwellen verwendet, weil Stahl den chemischen Einflüssen des Bodens nicht widerstehen kann. Die Schienen sind 10 m lang und mit versetzten Stößen verlegt. Auf die Schienenlänge kommen 13 Schwellen. Die größte Achslast, die dem Oberbau zugemutet wird, beträgt 13 t. Von einem Verfüllen des Oberbaus mit Schotter hat man aus Mangel an geeignetem Gestein zunächst absehen müssen, doch sind neuerdings Lagerstätten erschlossen worden, die einen für Oberbauzwecke verwendbaren Schotter liefern. Um für den lebhaften Verkehr gerüstet zu sein, den man erwartet, wenn erst die anschließende belgische Strecke im Betrieb sein wird, geht man daran, den Oberbau mit diesem Gestein zu verfüllen.

Schon in den ersten 100 km war der Bau von 38 Brücken und Durchlässen nötig, doch bieten die Brückenbauten nichts bemerkenswertes. Der Catumbella-Fluß wird auf einer Brücke von 76 m Spannweite überschritten. Sie ist ebenso wie die Quanza-Brücke, die vier Öffnungen von 40 m Spannweite hat, für Eisenbahn- und Straßenverkehr eingerichtet. In der Zahnradstrecke liegen drei größere Brücken. Die erste hat fünf Öffnungen von 18 m Weite und liegt in einer Krümmung von 150 m Halbmesser bei 1:20,75 Steigung. Die zweite

ist eine Bogenbrücke von 42 m Spannweite, die dritte ist ähnlich der ersten, liegt aber in der Wagrechten. Zwei ihrer Pfeiler sind 16,5 m hoch.

Die Eisenbahn führt durch gesunde Gegenden. Europäer halten das Klima gut aus, und auch die eingeborenen Arbeiter hatten beim Bau nur wenig unter Krankheit zu leiden. Ein Krankenhaus mit europäischen Ärzten und eingeborenen Pflegern mit vorgeschobenen Posten in der Nähe der Gleisspitze sorgte während des Baues für den Gesundheitsdienst. Eingeborene Arbeitskräfte waren außer in der Nähe der Küste ohne Schwierigkeiten zu haben. Hier fehlte es auch an Wasser, und es mußte deshalb eine 14 km lange Wasserleitung gebaut werden. Am Fuße der Zahnradstrecke wurde weiter ein Brunnen abgeteuft, aus dem das Wasser in einen 150 m höher gelegenen, 8 km entfernten Behälter am oberen Ende der Zahnradstrecke gehoben wird. Auf einem Teil der Strecke wird das Wasser in Kesselwagen angeliefert, die in einen unterirdischen Behälter entleert werden. Aus diesem wird das Wasser mit Handpumpen gehoben. Weiter landeinwärts war überall gutes Wasser reichlich vorhanden.

Lobito hat einen ausgezeichneten natürlichen Hafen, es fehlten aber bis zum Beginn des Bahnbaus alle Einrichtungen für den Güterumschlag. Der Unternehmer für den Bahnbau errichtete daher zunächst ein hölzernes Bollwerk, an dem die Schiffe anlegen. Neuerdings hat die Regierung als Anfang für einen Hafenausbau eine 225 m lange Kaimauer aus Beton bauen lassen.

Die Benguela-Bahn ist mit Lokomotiven und Wagen neuester Bauart ausgestattet. Ursprünglich wurden Lokomotiven der Achsanordnung 2-D verwendet, die 210 bis 230 t über Steigungen bis 1:40 ziehen konnten. Sie sind neuerdings durch Garrat-Lokomotiven ersetzt worden, die etwa das Doppelte leisten. In Huambo, das bei 1800 m Seehöhe ein Europäern zuträgliches Klima hat, werden Werkstätten errichtet; sie werden mit den neuesten Maschinen ausgestattet. Mit Kraft werden sie von einem etwa 17 km weit entfernten Wasserfall versorgt. Sie kommen etwa in die Mitte der Eisenbahn zu liegen, liegen also für den gesamten Werkstätdienst und namentlich für den Lokomotivdienst an der richtigen Stelle.

Man verspricht sich für die Benguela-Bahn einen lebhaften Verkehr. Die Entwicklung der Kupferbergwerke im Katanga-Becken ist derart, daß man in der nächsten Zeit eine Erzeugung von 200 000 t erwartet. Diese Menge wird auf der Eisenbahn abzuführen sein. In der Gegenrichtung werden Maschinen für die Bergwerke einzuführen sein. Ferner werden umfangreiche Sendungen zur Deckung des Bedarfs der dort arbeitenden Bewohner an in Europa erzeugten Gütern erwartet. Von Panda, dem Mittelpunkt des Kupferbezirks, beträgt die Entfernung bis Southampton über Lobito 10 000 km, während der Weg über Kapstadt 13 600 km, über Beira 15 100 km lang ist. Die Gegend, die von der Benguela-Bahn durchquert wird, hat auch landschaftliche Reize und bietet Gelegenheit zur Jagd auf Großwild. Die Eisenbahngesellschaft entfaltet daher auch eine lebhafte Werbetätigkeit, um Touristenverkehr anzulocken. Sie weist dabei namentlich auch darauf hin, daß mit dem Flugzeug Vorarbeiten angestellt werden, um auf dem Zambesi einen Schiffsverkehr einzurichten. Man könnte dann zu Schiff bis Lobito, ferner mit der Benguela-Eisenbahn und schließlich mit der Flußschiffahrt die berühmten Victoria-Fälle von London aus in 18 Tagen erreichen.

Berichte.

Bahnunterbau, Brücken und Tunnel; Bahnoberbau.

Vollendung des Musconetcong-Tunnels der Lehighal-Bahn.

Nach zweijähriger Bauzeit wurde der auf der Strecke Neuyork—Buffalo gelegene Tunnel Musconetcong, der durch

das gleichnamige Gebirge (im Westen von New-Yersey) führt, vollendet. Der Tunnelbau war notwendig geworden, weil der bestehende 1875 erbaute alte Tunnel, anfänglich zweigleisig,

infolge der Vergrößerung des Wagen- und Lokomotivprofils nur noch eingleisig befahren, den Verkehr nicht mehr bewältigen konnte, zumal die Strecke auf beiden Seiten bis zum Tunnel viergleisig ist. Um den Betrieb im alten Tunnel nicht zu stören, nahm man von einer Erweiterung desselben Abstand und baute parallel zu ihm, etwa 40 m südlich, einen neuen, zweigleisig, von 1492 m Länge, 7,6 m lichter Höhe und 9,15 m lichter Weite. Er führt in der Richtung von Ost nach West auf etwa 1279 m durch Syenit und Kalkgestein und auf 213 m durch nassen Ton und bröckeligen Fels. Das Gefälle beträgt 2‰ nach der West-, $1,8\text{‰}$ nach der Ostseite.

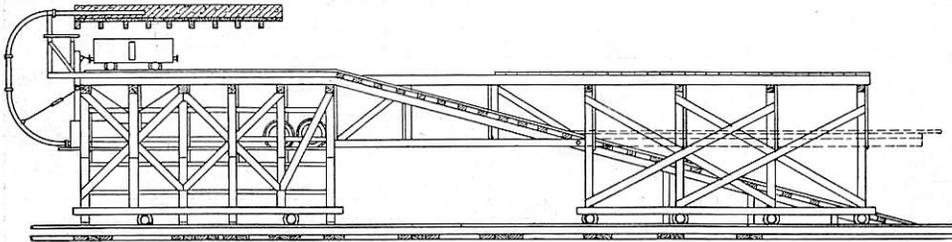


Abb. 1. Längsschnitt.

aus undurchlässigem Material mit einer Neigung nach beiden Seiten des Bahnkörpers schütten und die Oberfläche sorgsam eben abrammen und abwalzen, dem Verfahren analog, welches sein berühmter Zunftgenosse Telford bei Herstellung des Körpers der Landstraßen anwandte. Auf die ganze Oberfläche dieses Körpers wurde nun, ebenfalls wie bei den Straßen, ein Packlager aus groben Steinen gesetzt, beiderseits bis ungefähr einen Fuß von der Dammkante; hierauf brachte man eine Schicht scharfen Knack und Steinschlag, den man, um den darauf verlegten Schwellen eine vollkommene Lagerung zu geben, mit feinem Kies und Sand mischte und ebenfalls abrammte und abwalzte.

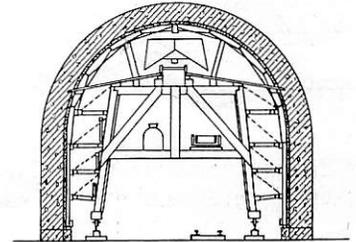


Abb. 2. Querschnitt.

Die Durchführung des Tunnelbaues erfolgte unter Anwendung der amerikanischen „Kronbalken-Bauweise“ (Firststollen). Bei dieser Bauweise stellt man zuerst die vollständige Zimmerung des Tunnelgewölbes fertig, bevor das Kernstück entfernt wird. Die amerikanische Bauart hat bei hartem Gestein den Vorteil, daß wenig Hölzer notwendig sind und ermöglicht es, das Material des Kerns maschinell mittels Bagger zu entfernen.

Wände, Gewölbe und Sohle des Tunnels wurden aus armiertem Beton hergestellt mit Ausnahme des Tonabschnittes mit hohem Gebirgsdruck. In dieser Teilstrecke wurden Stahlrahmen in Abständen von 1,10 m eingebaut.

Bemerkenswert ist, daß die Ausführung des Tunnels ohne dampfbetriebene Maschine vor sich ging. Die Bagger, die auf beiden Seiten des Tunnels beim Vollaussbruch benützt wurden, waren mit Druckluft betrieben.

Eines der interessantesten Baugeräte, das bei der Ausmauerung eingesetzt wurde, war eine Spezial-Laufbrücke (Abb. 1 Längsschnitt, Abb. 2 Querschnitt) mit einem Ausmaß von 35 m Länge und 6 m Höhe. Sie diente dem Einlegen der Armierungseisen, der Betonzuführung und zur Abnahme der Schalgerüste. Die Laufbrücke bestand im wesentlichen aus zwei Podien, von denen das eine etwas über der Kämpferlinie, das andere 2,5 m tiefer gelegen war. Die höhergelegene Bühne war mit der Tunnelsohle durch eine Rampe von 25% Steigung verbunden. Die Rampe war drehbar eingerichtet, so daß sie bei der Bewegung der Laufbrücke über die Vorstreckgleise nicht hinderte. Über die Rampe wurde der Beton mittels Gasolin Motors in Wagen von 2,29 cm³ Fassungsvermögen zugeführt. Durch seitliche Bodenöffnungen der Hunde wurde der Beton über Schüttrinnen eingebracht. Wo Schütten nicht mehr möglich war, wurde der Beton von den Karren zunächst in eine auf der tiefergelegenen Bühne stehende Spritzkanone gebracht und von dort mittels Druckluft in Röhrenleitungen in den Gewölbescheitel, hinter das Lehrgerüst geschleudert.

(Railway Age 1929, 1. H., Nr. 8.)

Do.

Georg Stephenson's Bettung für Schwellenoberbau.

Daß die Festigung der Bettung durch Walzen zu erreichen, nicht neu ist, sondern schon in den Anfängen des Eisenbahnwesens angewendet wurde, zeigt nachfolgende Stelle aus dem Buche des zu seiner Zeit bedeutenden Eisenbahnfachmannes Max Maria v. Weber „Die Stabilität des Gefüges der Eisenbahngleise“ aus dem Jahre 1869. Auch die Abwalzung des Planums mit einer wasserundurchlässigen Schicht mit Querneigung, wie sie in dem Bericht angeführt ist, entspricht dem heutigen Einbringen von Isolierschichten. Die Stelle lautet:

„Hingegen ist die erste von Georg Stephenson für die Lagerung von Querschwellen angewandte Bettungskonstruktion wohl von keiner späteren an Zweckmäßigkeit übertroffen worden. Er ließ die Planie der Bahn bis 18 Zoll unter der Schwellensohle

Die Verfüllung der Schwellen geschah mit einer Mischung von Kies und Lehm, um eine bessere Oberflächenabwässerung erzielen zu können. Dies erwies sich später als ein Fehler, den er selbst verbesserte, indem er den ganzen Teil des Bahnkörpers, der das Gleis selbst trägt und die Schwellen umgibt, aus durchlässigem Materiale herstellte, so daß die Schwellen selbst fortwährend tunlichst trocken gehalten wurden. Für die Oberflächenabwässerung wurde durch zweckmäßige Krümmung der Ober-

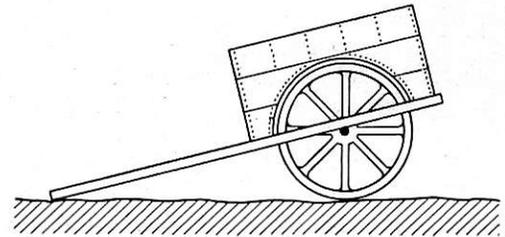


Abb. 1. Walzwagen.

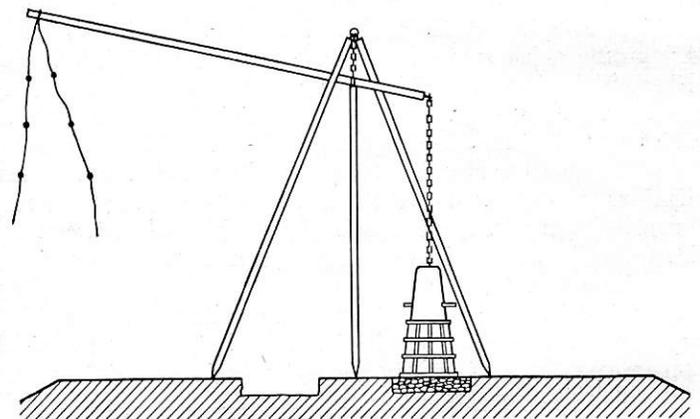


Abb. 2. Rammklotz zum Feststampfen der Gründung.

fläche der Verfüllung in der Länge der Bahn gesorgt, wobei die Konstruktion des Oberbaues mit Stühlen günstig war, die es gestattet, auf die Schwellen genügendes Material zur Herstellung entsprechender Abwässerungsoberflächen zu bringen und, ohne die Schwellen bloßzulegen, alle zwei bis drei Schienenlängen ein Tagegerinne anzubringen, welches das Wasser, unter der Schiene hin, nach den Bahngräben abführte.

Diese Bettungskonstruktion ist, als die zweckmäßigste, trotz ihrer Kostspieligkeit in England und Frankreich in all-gemeinen Gebrauch gekommen.“

Eine Abbildung eines bei der Ludwigseisenbahn Nürnberg—Fürth, der ersten Eisenbahn Deutschlands, verwendeten Walzwagens (Abb. 1), sowie eines Gerätes zum Feststampfen (Abb. 2), ebenfalls dem Buche entnommen, fügen wir bei.

Sitz der Schienennägel.

Von jeher war es bei der Unterhaltung des Gleises das beständige Bestreben, die Schienennägel bis zur völligen Berührung mit dem Schienenfuß nachgeschlagen zu halten. Gegenwärtig macht ein in der Gleisunterhaltung sehr erfahrener Ingenieur den Vorschlag, von dieser allgemeinen Übung Abstand zu nehmen und er stellt sogar den umstürzenden Antrag, die Nägel beim ersten Einschlagen gar nicht bis zur Berührung mit der Schiene zu bringen, sondern einen Zwischenraum von 4 bis 5 mm zu lassen. Diese Größe entspricht dem durch Beobachtung festgestellten Aufsteigen der Schienennägel, wie es bei der wellenförmigen Bewegung der Schiene unter der Wirkung der Radlasten auftritt. (Baldrige, Railway Engineering and Maintenance.)

Von russischen Eisenbahnfachleuten werden ähnliche Beobachtungen beschrieben; es wird jedoch dabei betont, daß die schlechte Befestigung der Schiene auf der Schwelle das Wandern befördere; das sei nicht erwünscht.

Die Beobachtungen von Baldrige haben für die Beurteilung der Zweckmäßigkeit der starren Verbindung zwischen Schiene und Schwelle Bedeutung. Wenn seine Gedanken richtig sind, so müssen bei starrer Schienenbefestigung die Gleiserstörungen und die Kosten der Gleisunterhaltung unvermeidlich wachsen, was aber gerade den Grundsätzen, auf denen die neuesten Oberbauformen aufgebaut sind, widerspricht. Die neuesten Oberbauformen suchen die gegenseitige Beweglichkeit der Oberbauteile zu vermeiden und auf diese Weise die Abnutzung auf ein Mindestmaß zurückzuführen. Ob dabei dann die Zerstörung des Gleises infolge der Beweglichkeit der Schwelle in der Bettung wächst und in welchem Ausmaße, müssen erst Versuche zeigen. Die gegenseitige Beweglichkeit der Bestandteile des Oberbaues ist in jedem Falle von Übel und führt zur vorzeitigen Abnutzung der Oberbauteile. Die Zukunft gehört den Gleisbauarten mit fester Verbindung von Schiene und Schwelle.

Dr. S.

Die Tannenschwelle im Eisenbahngleis.

Dem sehr großen Bedarfe russischer Eisenbahnen an Holzschnellen kommt es bei dem mächtigen Aufschwunge des Baues neuer Strecken sehr zustatten, daß besonders im Norden und in Sibirien ausgedehnte, noch nicht berührte, mit Tannen bestockte Waldgebiete zur Verfügung stehen. Es handelte sich nur darum, ob diese Holzart genügend getränkt werden könne, da ungetränkte Tannenschwellen nur drei, höchstens vier Jahre im Gleise dienen können. Deshalb wurde eingehend erörtert: 1. Was für eine Art von Tannenholz für Schnellen am besten geeignet sei; 2. welche mechanische Eigenschaften sie besitzen müssen; 3. welche Möglichkeiten bestehen, sie genügend zu tränken; 4. womit sie zu tränken wären; 5. wie lang ihre Lebensdauer zu rechnen sei und 6. wie groß die Kosten ihrer Tränkung wären.

Demzufolge ist festgestellt worden, daß jede Art von Tannenholz zur Herstellung von Schnellen geeignet ist, wenn das Holz ganz gesund, fest und möglichst lufttrocken ist. Mechanisch müßte es eine Druckfestigkeit von mindestens 400 kg/cm² und eine Zugfestigkeit von mindestens 800 kg/cm² haben. Obwohl keine Möglichkeit vorhanden ist, mit voller Bestimmtheit die wahrscheinliche Liegedauer einer getränkten Tannenschwelle abzuschätzen, da Erfahrung nicht vorliegt, so kann man dennoch darauf rechnen, daß eine der nordamerikanischen Tanne „Hemlock“ sehr ähnliche russische Art von Tannen mindestens acht bis zehn Jahre aushalten könne.

Deswegen wurden Tränkungsversuche mit Chlorzinklösung üblicher Beschaffenheit veranstaltet.

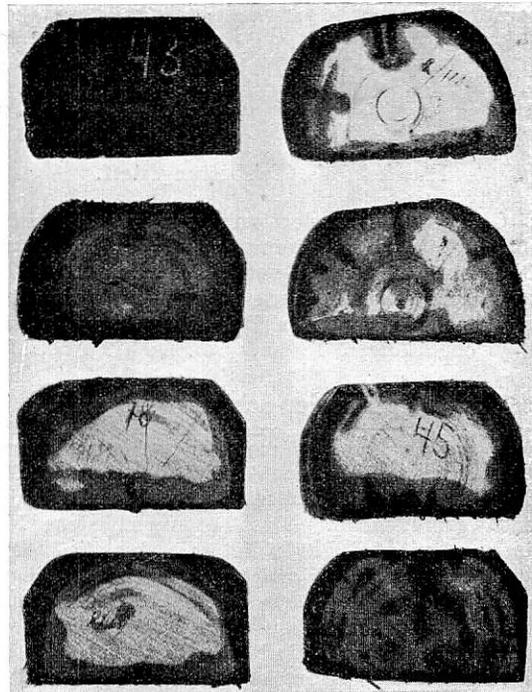
Die ersten Versuche wurden im Jahre 1924/25 in der Bologowschen Tränkungsanstalt der Oktoberbahn (früher Nikolaibahn) in einem kleinen Versuchskessel veranstaltet. Sie ergaben einen günstigen Erfolg; im nächsten Jahre 1926/27 wurden schon mehr als 80000 Schnellen mit heißer Chlorzink-

lauge getränkt und zwar mit 14,8 kg bis 17,87 kg für eine 2,7 m lange Vollspurschwelle von 15 × 25 cm.

Es handelte sich also um eine Volltränkung bis zur höchsten Aufnahmefähigkeit des Holzes.

Die Tränkung geschah wie folgt: 1. Erwärmung der Schnellen mit trockenem Dampf von 1,5 atü während 10 bis 15 Minuten; 2. Luftverdünnung im Kessel bis 60 bis 65 cm Quecksilbersäule während 30 Minuten; 3. Füllung des Kessels mit heißer Chlorzinklauge (bis 60°C); 4. Hochdruck mit 8 atü während 1 ½ Stunden und 5. Ablassen der Chlorzinklauge.

Guter Erfolg wurde nur mit jenen Schnellen erzielt, die höchstens 15 bis 30% Feuchtigkeit besaßen hatten. Weitere Versuche wurden schon im Jahre 1928 von dem Vorsteher des Versuchslaboratoriums für Holztränkung bei dem höheren Technischen Rate des Wegebaukommissariats, Dipl.-Ing. K. Popeff, vorgenommen; sie haben endgültig so gute Ergebnisse gezeigt, daß vorläufig die Tränkung von Tannenschwellen in großem Umfange festgelegt worden ist.



Querschnitte von Tannenschwellen.

Bei der obenerwähnten Versuchstränkung wurde festgestellt: 1. Das Maß der aufgenommenen Lauge hängt ab von ihrer Temperatur und von der Dauer des Hochdruckes. Es wurde daher neuerdings die Temperatur der Lauge auf 80°C erhöht. 2. Die Dauer des Hochdruckes von 8 atü muß so lange beibehalten werden bis keine namhafte Aufsaugung der Lauge mehr stattfinden kann.

Unter diesen Umständen wurde erreicht, daß jede Schwelle 22 bis 24 kg Tränkstoff aufnahm. Der Splint ist dabei (s. Abb.) ganz durchgetränkt und zwar auf eine Tiefe von rund 2 bis 2,5 cm und auf die ganze Länge der Schwelle. Der Kern der Schnellen ist von beiden Enden auf eine Tiefe von 15 bis 100 cm durchgetränkt. Alle vermorschten Stellen der Schnellen wurden ganz durchgetränkt, ebenso der untere Teil der Schnellen auf eine Tiefe von 0,5 bis 4 cm getränkt. Der Kostenaufwand der Tränkung betrug durchschnittlich 0,90 bis 1,00 R. M. für eine Schwelle. Die Lauge verbreitete sich in den Tannenschwellen größtenteils in der Faserrichtung nach der Länge der Schnellen. Demzufolge kann die Aufgabe, eine gute Tränkung von Tannenschwellen zu erzeugen, als gelöst betrachtet werden. L. Lubimoff.

Muscheln als Gleisbettungsstoff.

Seit Jahren wird auf den Südbahnen des russischen Eisenbahnnetzes ein eigenartiger Gleisbettungsstoff angewendet. Er besteht aus sehr kleinen Muscheln (s. Abb.), die am Strande des

Azowschen Meeres bei der Stadt Genitschesk in sehr großer Menge vorhanden sind. Diese Art von Bettung besitzt bei sehr geringem Raumgewichte (1013 kg/m^3) eine ziemlich große Widerstandsfestigkeit und genügende Durchlässigkeit, also beide hauptsächlich Bedingungen eines guten Gleisbettungsstoffes.



Muscheln als Gleisbettungsstoff.

Das Gleis auf Muschelbettung liegt sehr elastisch, ruhig und staubfrei. Außerdem bekommt es ein ganz schmuckes Aussehen. Obgleich nach Verlauf von einigen Jahren die Muscheln beim Stopfen und durch Reibung teilweise zertrümmert werden, können sie dennoch als guter Bettungsstoff ungefähr 10 bis 12 Jahre, ja noch länger, dienen. L. Lubimoff, Moskau.

Das Auseinandertreiben der Schienen ohne Beschädigung des Kleineisenzeugs behufs Erhaltung von Wärmelücken.

In Rußland ist vielfach zum Auseinandertreiben der Schienen behufs Erhaltung der Wärmelücken noch die Anwendung von Stoßschienen gebräuchlich. Das hat verschiedene Nachteile: Das Kleineisenzeug wird beschädigt, die Arbeiter können sich Verletzungen zuziehen, die Vorrichtung ist schwerfällig und sie muß vor Vorbeifahrt eines Zuges von der Schiene abgenommen werden. Ausländische Schraubenvorrichtungen wie die von Bauer und Robel beseitigen wohl die beiden ersteren Nachteile, sollen aber nach russischer Anschauung infolge ihrer langsamen Wirkungsweise wenig leistungsfähig sein. Sie müssen vor Vorbeifahrt eines Zuges abgenommen werden. Die Vorrichtung von Bauer erfordert weiterhin die Abnahme der Laschen.

Die Eisenbahnversuchsstation der Jekaterinenbahn baute ein Schraubengerät, das sich durch schnelle und ununterbrochene Arbeit auszeichnet. Es braucht bei Vorbeifahrt eines Zuges nicht abgenommen zu werden und leistet um 20 v. H. mehr als die

Stoßvorrichtung. Das Gerät besteht aus einem Gewindestab mit zwei Schuhen, mit denen das Gerät am Schienenfuß befestigt wird. Gehandhabt wird es von zwei Arbeitern mittels zweier Hebel mit Knarren, die an den Vierkant-Enden des Gewindestabes angreifen. Es werden stets zwei Geräte angebracht, die gleichzeitig an zwei gegenüberliegenden Schienenstößen von der Außenseite her arbeiten. Auf diese Weise können gleichzeitig zwei Gleisstöße (vier Schienen) auf 100 bis 200 mm und mehr verzogen werden. Zweijährige Verwendung hat die Vorzüge der Vorrichtung erwiesen und es werden alle Bezirke der Jekaterinenbahn mit dem neuen Geräte ausgestattet. Dr. S.

Prodorite, ein säurefester Beton.

Prodorite, eine Erfindung des Genfer Ingenieur-Chemikers Dr. M. Lévy, ist ein betonartiger Baustoff, zu dessen Herstellung an Stelle von Portlandzement ein Teerpech von hoher Schmelztemperatur verwendet wird. Dieses Bindemittel wird aus einem Sondermaterial nach einem Sonderverfahren gewonnen. Die Herstellung des Baustoffes erfolgt bei einer Temperatur von etwa 270° und kann auch auf der Baustelle erfolgen.

Die hervorragendste Eigenschaft des neuen Baustoffes ist seine hohe Widerstandsfähigkeit gegen alle chemischen Einflüsse. Auch die mechanischen Festigkeiten übertreffen die eines Betons mit 300 kg Zement + Wasser im m^3 . Zur Zeit werden drei Sorten des neuen Baustoffes hergestellt.

Prodorite I mit hohen mechanischen Festigkeiten besteht aus vorwiegend gebrochenem Sand- und Kiesmaterial (säurefester Quarz und Porphyrt) und ist gegen chemische Einflüsse aller Art sehr widerstandsfähig.

Prodorite II mit gleich guten Festigkeitseigenschaften, enthält ausgesuchtes, reines, natürliches Sand- und Kiesmaterial und ist gegen chemische Einflüsse geringer Aktivität widerstandsfähig. (Saure Bodenarten, Gips- und Magnesiawässer, Fäkalien usw.)

Prodorite B besitzt nicht die guten Festigkeitseigenschaften, leistet aber der mechanischen Abnutzung größeren Widerstand.

Die in den Jahren 1927/28 an der eidgenössischen Materialprüfungsanstalt in Zürich ausgeführten Versuche haben folgende Mittelwerte der Festigkeitseigenschaften ergeben:

Raumgewicht 2,3; Würfeldruckfestigkeit 560 kg/cm^2 ; Biegezugfestigkeit 80 kg/cm^2 ; Ringzugfestigkeit 40 kg/cm^2 ; Haftfestigkeit von Eiseneinlagen 65 kg/cm^2 .

Temperaturen von $+70^\circ$ und -18° C s ind ohne nachteiligen Einfluß. Die Reißbildungslast bei bewehrten Balken liegt etwa 50% höher als bei bewehrten Balken aus Beton mit hochwertigem Portlandzement.

Das Elastizitätsmaß ist auf Druck 300000 bis 400000 kg/cm^2 für Spannungen bis 150 kg/cm^2 ; auf Biegung 200000 bis 300000 kg/cm^2 für Spannungen bis 45 kg/cm^2 . Bei der Herstellung der Bauwerke ist zu beachten, daß Prodorite bei der Verfestigung etwa um $2\frac{0}{100}$ schwindet. Hergestellt wird Prodorite von der S. J. P.; Industriegesellschaft Pratteln. Sp.

(Schweizerische Bauzeitung, Nr. 18.)

Elektrische Bahnen; besondere Eisenbahnarten.

Die Einführung des elektrischen Betriebs auf der Südafrikanischen Staatsbahn.

Wie Streckenverhältnisse und Betriebsbedingungen bei schwierigen Verhältnissen die Einführung der elektrischen Zuförderung erheischen, dafür ist ein neuer Beweis die Strecke Pietermaritzburg—Glencoe-Junction der Südafrikanischen Staatsbahn, auf der aus diesen Gründen vor kurzem eine bemerkenswerte Elektrisierung durchgeführt worden ist.

Über die Südafrikanische Staatsbahn als solche sei hier nur kurz folgendes angeführt: Die Südafrikanische Union, die über ein Landgebiet von rund der zweieinhalbfachen Größe Deutschlands verfügt, und wenn man das Mandatgebiet des früheren Deutsch-Südwestafrika einrechnet, sogar der viereinhalbfachen Größe, mit rund 7,5 Millionen Einwohnern, hat zugleich mit ihrer Gründung die Eisenbahnen des Landes zu einer einheitlichen Staatsbahn zusammengeschlossen. Es waren dies die früheren drei großen Regierungsbahnen, die Cape Government Railway, die Natal Government Railway und die Central South African

Railway nebst einer Reihe kleinerer Privatbahnen, zu denen 1922 auch die Eisenbahnen des Mandatgebiets des früheren Deutsch-Südwestafrika hinzugetreten sind. Die Südafrikanische Staatsbahn, abgekürzt SAR (South African Railway), bildet durch ihre technisch fortschrittliche Leitung eine der wesentlichsten Ursachen für die starke wirtschaftliche Entwicklung des Landes in den Jahren nach dem Weltkriege, der sich in den lebhaft steigenden Verkehrszahlen und der schnellen technischen Entwicklung des Bahnnetzes und des Fahrzeugparks widerspiegelt. Verstärkung des Oberbaus, Beschaffung von neuzeitlichen Drehgestellpersonenwagen für die großen durchgehenden Strecken, von Großgüterwagen für den starken Massengüterverkehr, und von höchst neuzeitlichen Lokomotiven kennzeichnen die technischen Fortschritte der letzten Jahre und haben zu Betriebsleistungen geführt, die sich mit denen der europäischen Bahnen in Anbetracht der ausnehmend zerklüfteten natürlichen Gestalt des Landes im Fernschnellzugverkehr als durchaus ebenbürtig vergleichen lassen. So legt der „Union-Expres“ die Strecke von Kapstadt nach Johannesburg, quer durch die ganze Südafri-

kanische Union, in 28 1/2 Stunden zurück, eine Entfernung von rund 1540 km, die derjenigen von Berlin nach Friedrichshafen am Bodensee und zurück ziemlich gleichkommt. Die dabei erzielte reine Reisegeschwindigkeit von 54 km/h ist in Anbetracht der schwierigen Streckenverhältnisse und zu überwindenden beachtlichen Höhenunterschiede durchaus als gute Leistung zu werten.

Von dem rund 20000 km umfassenden Streckennetz ist der weitaus größere Teil, nämlich rund 18500 km, in Kapspur von 1067 mm Spurweite erbaut, der Rest mit nur 610 mm Spurweite.

Besonders schwierige Streckenverhältnisse und dabei reger Verkehr herrschen in Natal, dem Tal der Tausend Hügel, das besonders deutlich den zerklüfteten Steilabfall von den bis 3650 m sich erhebenden Drakensbergen zur Küste zeigt. Außerordentlicher Kurvenreichtum und sehr geringe Krümmungshalbmesser, die auf diesen Strecken vielfach bis auf 90 m herabgehen, sind ja überhaupt kennzeichnend für das Bahnnetz der Südafrikanischen Staatsbahn. Aus diesem Grunde ist auch die Hauptstrecke in Natal, die Verbindung zwischen Pietermaritzburg und Johannesburg, bis sie nach Überschreitung der Gebirgskette das Hochland erreicht hat, für die Einführung der elektrischen Zugförderung besonders geeignet. Eröffnet worden ist in elektrischem Betrieb die Strecke von Pietermaritzburg über das Drakensgebirge nach Ladysmith, wo die Strecke nach dem südlichen Transvaal abzweigt, und weiter bis Glencoe-Junction, wo sich von der direkten Strecke nach Johannesburg diejenige nach Lourenço Marquez nördlich abzweigt. Glencoe liegt in der Nähe des Schwerpunktes der Kohlenfelder von Natal, und ein großer Teil des Frachtverkehrs der Strecke nach dem Hafen Durban besteht aus der hier gewonnenen Kohle. Die Strecke hat insgesamt 275 km Länge, beginnt in Glencoe in rund 1300 m Höhe über dem Meeresspiegel, senkt sich zunächst bis Ladysmith auf rund 950 m, und überschreitet mit rund 1500 m die Drakensberge, um sich bis Pietermaritzburg auf 675 m zu senken. Von dort bis zum Hafen Durban sind noch rund 140 km.

Als Stromsystem wurde 3000 V Gleichstrom mit Oberleitung gewählt. Das die Strecke versorgende Kraftwerk liegt in Colenso, ziemlich halbwegs zwischen Ladysmith und Estcourt, wo die Bahn den Tugelafluß überschreitet. Dieses Bahnkraftwerk umfaßt fünf 12000 kW Turbogeneratoren, die Drehstrom von 50 Hertz und 6600 V erzeugen, der in einem Freiluftumspannwerk auf 88000 V für die Fernübertragung heraufgespannt wird. Je zwei Fernleitungen gehen von dem Kraftwerk nach Norden nach Glencoe und nach Süden nach Pietermaritzburg; sie sind zu größeren Störungsfreiheit für die Fernsprech- und Telegraphenleitungen von der Bahnlinie entfernt geführt, aber auch untereinander etwa 1 km voneinander entfernt, um auch hier gleichzeitige Störungen in beiden Leitungen durch äußere Gewalt möglichst auszuschalten. In jedem der zwölf in Abständen von rund 20 km über die Strecke verteilten Unterwerke sind jedoch die beiden Leitungen zusammengeführt, so daß sie sich gegenseitig als Ersatz dienen können. Diese verhältnismäßig geringe Entfernung der Unterwerke voneinander (bei anderen elektrisch betriebenen Gebirgsbahnen mit gleichem Stromsystem, wie etwa der Chicago-Milwaukee-St. Paul-Bahn, beträgt sie rund 50 km) wird bedingt durch die auf einer nur eingeleisigen Strecke bei starken Steigungen und hohem Krümmungswiderstand zu fördernden schweren Lasten, weil wegen der Stromentnahme aus nur einer Fahrleitung bei größerer Entfernung der Spannungsabfall unzulässig groß werden würde. Die Unterwerke sind abwechselnd mit einem und zwei Maschinensätzen ausgerüstet, die aus einem Synchron-Motor mit zwei in Reihe geschalteten 1500 V Gleichstromgeneratoren bestehen. Alle Unterwerke weisen vollautomatischen Betrieb auf und werden von der Betriebswarte im Bahnkraftwerk Colenso ferngesteuert. Jeder Motorgenerator hat eine Dauerleistung von 2000 kW. Um beim gleichzeitigen Anfahren zweier Züge in einem Speiseabschnitt ein Fallen des Hauptschalters in dem einem hochbelastetem Unterwerk zu verhindern, wird beim Überschreiten einer gewissen Stromstärke selbsttätig die Spannung vermindert, damit die beiden benachbarten Unterwerke stärker zur Speisung herangezogen werden. Die einzelnen Unterwerke sind nicht direkt mit der Betriebswarte in Colenso mit ihren Anzeigeinstrumenten verbunden, sondern nur mit den nächstgelegenen Stationen, von denen auf besonderen Fernsprech-

leitungen die Meldungen der Betriebswarte weitergegeben werden. Das Kraftwerk und die Fernleitungen mit den Unterwerken wurde von einer besonderen Elektrizitätslieferungsgesellschaft übernommen, die auch gleichzeitig Industrie und anliegende Städte mit Strom versorgt. Aus diesem Grunde wurde auch für die Stromerzeugung die allgemein übliche Frequenz für diese Zwecke gewählt an Stelle einer lediglich für die Fernübertragung des Bahnstroms wirtschaftlicheren geringeren Frequenz, die die allgemeine Verwendung im Landesversorgungsnetz ausschließt. Der Querschnitt der Kupferoberleitungen schwankt je nach den Streckenverhältnissen und -belastungen zwischen 400 und 800 mm². Für den Entwurf der elektrischen Lokomotiven wurden sehr erschwerende Bedingungen gestellt, einmal nach der Seite der geforderten Leistung, sodann hinsichtlich der konstruktiven Beschränkungen, bei denen wegen der vorkommenden kleinsten Krümmungen von 90 m Halbmesser ein fester Radstand von nicht über 2,8 m und außerdem wegen des Oberbaus ein Achsdruck von nicht über 18 t vorgeschrieben werden mußte. Unter diesen Bedingungen eine elektrische Lokomotive für schwersten Güterzugdienst auf starken Steigungen zu schaffen, erforderte die Unterteilung der Leistung auf mehrere voneinander unabhängige Maschineneinheiten, so daß eine Lokomotiveinheit mit vier Triebachsen in zwei Drehgestellen geschaffen wurde, deren jede durch einen Tatzenlagermotor angetrieben wird. Es entstand so eine Lokomotive einfacher Bauart, die bei den vorgesehenen Höchstgeschwindigkeiten auch durchaus befriedigende Laufeigenschaften zeigt. Für die normal zu befördernden Züge werden drei Lokomotiveinheiten dieser Bauart unmittelbar gekuppelt verwendet, und da jeder Motor 300 PS Leistung aufweist, stehen dann 3600 PS zur Verfügung. Die Zugkraft bei der Stundenleistung beträgt ziemlich genau 30 t, und die zugehörige Geschwindigkeit rund 34 km/h. Alle Lokomotiveinheiten sind mit Vielfachsteuerungen ausgerüstet, deren stromführende Teile für die unmittelbare Kupplung von vier solchen Einheiten bemessen sind, die dann vom führenden Führerstand aus betätigt werden. Durch diese Bauart ist es gelungen, die Anforderungen des Personen- und Güterverkehrs mit nur einer einzigen Lokomotivgattung zu befriedigen, wobei freilich die Geschwindigkeit der Personenzüge, wie schon aus dem gebirgigen Gelände erklärlich, einigermaßen beschränkt bleiben muß. Die wechselnde Zugkraft wird lediglich durch Kupplung einer zwischen 1 und 4 Einheiten schwankenden Zahl von gleichartigen Lokomotiveinheiten erreicht. Je zwei Motoren eines Drehgestells bilden eine steuerungstechnisch zusammengefaßte Einheit mit elektropneumatischen Schützen. Zur Erzeugung von Strom für die Steuerung und die Hilfsstromkreise sind zwei Motorgeneratoren vorgesehen, deren einer von 16 kW Leistung den Steuer- und Hilfsstrom von 100 V erzeugt und gleichzeitig parallel auf eine Batterie arbeitet, die im Notfall diese Stromkreise versorgt. Außerdem ist noch ein zweiter Motorgenerator von 28 kW Leistung und einem von der Batterie fremd-erregten Generator vorhanden, der die Erregung der Hauptmotoren für die Stromrückgewinnung auf der Talfahrt liefert. Der gesamte 3000 V-Teil ist auf der Lokomotive in eine besondere Hochspannungskammer eingebaut, die in bekannter Weise mit der Druckluftzuführung zum Stromabnehmer verriegelt wird. Von dem 100 V-Hilfsstromkreis wird auch ein Motorluftpresser versorgt, der die Preßluft für die Druckluftbremse — nur die Lokomotive besitzt solche, alle Wagen der Südafrikanischen Staatsbahn dagegen Vakuumbremse —, die Stromabnehmer und die Steuerung liefert. Außerdem sind für die Bremsung der Wagen Luftsaugepumpen an den 100 V-Hilfsstromkreis angeschlossen. Dieses etwas unübersichtliche Bremssystem, Druckluftbremse für die Lokomotiven, und Saugebremsen für den ganzen Zug, wurde aus dem Grunde gewählt, weil auf den Lokomotiven die Unterbringung der erforderlichen großen Bremszylinder für eine Luftsaugebremse auf unüberwindliche räumliche Schwierigkeiten stieß. Die Bremsung der Lokomotive wird durch ein Übertragungsventil von der vom Führer allein betätigten Saugebremse des Zuges aus bewirkt.

Günther, Erfurt.

Der elektrische Betrieb der englischen Südbahn.

Die bekannten Vorteile des elektrischen Betriebes: Beschleunigung und dichtere Zugfolge haben die englische Südbahn veranlaßt, diese Betriebsart auf ihren Strecken, wozu in größerem

Umfange Vorortstrecken von London gehören, in immer stärkerem Maße einzuführen. Die günstigen Wirkungen für die Hebung des Verkehrs sind nicht ausgeblieben.

Auf den elektrisch betriebenen Strecken sind im Zeitraum von 1909/11, wo mit elektrischer Zugförderung begonnen wurde, bis zu den Jahren 1925/26 die Zugleistungen mehr als verdoppelt worden. An Stelle von 9,4 Mill. Zugkilometer bei Dampftrieb sind 21 Mill. Zugkilometer der elektrischen Züge getreten. Die Fahrgeschwindigkeit ist dabei im allgemeinen um etwa ein Drittel gesteigert worden. Auf Strecken, auf denen der elektrische Betrieb 1925 eröffnet wurde, haben daher die Verkehrseinnahmen 1928 um 37,8% gegen das Jahr 1927 zugenommen.

Auf der westlichen Gruppe von Strecken wurde die elektrische Zugförderung in den Jahren 1915 bis 1917 eingeführt; hier ist der Verkehr seit dem Jahre 1914 sogar um 111% gestiegen, und Strecken, auf denen die Elektrizität die Dampfkraft erst in den Jahren 1925 und 1926 ersetzt hat, zeigen heute bereits einen Verkehrszuwachs von 15 und 25%.

Allerdings sind die durch Verkehrssteigerung erzielten höheren Einnahmen durch hohen Kapitalaufwand erkauft. Bis Ende 1928 hatte die Südbahn für die Einführung elektrischer Zugförderung auf ihren Londoner Vorortstrecken 10,5 Mill. Pfd. ausgegeben. Davon sind jedoch nur 6 Mill. dem Anlagekapital zur Last geschrieben worden, der Rest ist zum großen Teil aus Rücklagen entnommen worden, und einen Teil davon hat die Betriebsrechnung der verschiedenen Jahre tragen müssen. Selbst wenn man aber berücksichtigt, daß diese Beträge auch verzinst werden müssen, haben doch nicht nur die Fahrgäste, sondern auch die Inhaber der Aktien Vorteile von der Einführung elektrischer Betriebes, und diese Vorteile werden in Zukunft, so erwartet man mit Bestimmtheit, eher zu- als abnehmen.

Am 3. März ist auf der Strecke bis Epsom, 25 km von den Londoner Endbahnhöfen Victoria und London Bridge der Südbahn entfernt, der elektrische Betrieb eröffnet worden. Damit ist der Übergang von Dampf zu Elektrizität zu einem gewissen, aber noch nicht endgültigen Abschluß gekommen. Das von der Umstellung auf elektrische Triebkraft betroffene Vorortnetz der Südbahn umfaßt 420 km mit 1200 km Gleis. Als Betriebskraft dient Gleichstrom, der durch eine dritte Schiene zugeführt wird. Ein Teil der Strecke war ursprünglich für Wechselstrom eingerichtet, der von einem Fahrdrat abgenommen wurde. Beim weiteren Ausbau ist aber diese Einrichtung beseitigt worden, und es besteht nun durchgehend Gleichstrombetrieb.

Zusammen mit der Einrichtung elektrischer Betriebes sind auch eine Anzahl baulicher Veränderungen vorgenommen worden. Eine Anzahl Bahnhöfe und Haltestellen sind um- und ausgebaut worden, neue Verbindungen zwischen bestehenden Strecken sind geschaffen worden, so daß der Verkehr durch den Übergang der Züge von einer Strecke auf die andere flüssiger gemacht werden kann. Auch der Bau der neuen Eisenbahn Wimbledon—Sutton im Südwesten von London, auf der demnächst der Betrieb teil-

weise eröffnet werden soll, steht mit der Einführung elektrischer Zugförderung im Zusammenhang.

Der Betriebsstrom wird als Wechselstrom aus einem bahnfremden Werk bezogen und von einer Verteilerstelle aus auf die Unterwerke der Eisenbahn verteilt, wo er in Gleichstrom umgeformt wird.

Als Stromschiene dient eine Breitfuß-(Vignoles-)schiene von 50 kg/m Gewicht, von der der Strom auf der oberen Fläche abgenommen wird. Die Schiene ruht auf Porzellankörpern von der bei den englischen Eisenbahnen als Regel angenommenen Form.

Zu den Bauarbeiten aus Anlaß der Einführung elektrischer Betriebes gehört auch die Errichtung einer Wagenhalle von 183 m Länge und 56,7 m Breite mit 12 Gleisen. We.

Elektrisierungsfortschritte in Italien.

Am 24. Mai 1929 wurde der elektrische Betrieb auf der 89,3 km langen Strecke Bozen—Brenner eröffnet. Die größte Steigung dieser Strecke beträgt 22,5 v. T. Das Stromsystem ist Dreiphasen-Drehstrom von 3700 V Fahrdratspannung und 16,7 Perioden. Sieben Unterwerke in Brennerbad, Sterzing, Grasstein, Vahrn, Klausen, Atzwang und Bozen speisen die Fahrleitung. Die Speiseleitungen stehen unter 60000 V Spannung. Die Energie wird von privaten Werken geliefert und zwar von der Zentrale in Vizzate, später auch von jenen in St. Michael und Kardaun. Der Bau eines neuen Verwaltungsgebäudes in Brixen ist beabsichtigt.

Eine besondere Leistungserhöhung brachte die Einführung des elektrischen Betriebs auf der Strecke Bologna—Florenz. — Vor der Einführung des elektrischen Betriebs verkehrten auf dieser Strecke täglich etwa 35 Züge, im Maximum 54, wobei die Grenze erreicht war; heute sind es täglich etwa 52 Züge bis zu 71 in besonderen Fällen. Die Länge der Strecke beträgt 135 km; davon sind Bologna—Pistoia eingleisig, Pistoia—Florenz doppelgleisig. Auf der südlichen Seite ist eine 21 km lange Steigung von 22 bis 26 v. T., auf der nördlichen sind ebenfalls sehr lange Steigungen bis zu 25 v. T. zu überwinden.

Das Stromsystem ist wie oben Dreiphasen-Drehstrom von 3700 V Fahrdratspannung und 16 bis 17 Perioden. Die Verteilungsspannung ist 60000 V. Im Jahre 1927 betrug der Stromverbrauch rund 37 Millionen kWh. Schn.

Riv. tecn. ferr. ital. Mai u. Juni 1929.

Elektrisierung englischer Hauptbahnlinien.

Nach einer Mitteilung im „The Railway Engineer“ hat die englische Regierung ihre Aufmerksamkeit der Frage der Elektrisierung von Hauptbahnlinien zugewendet und einem Ausschuß aus drei Sachverständigen mit der Untersuchung der einschlägigen Fragen betraut. Er soll im Hinblick auf die Fortschritte, die in der Anwendung von Höchstspannungen zur Übertragung elektrischer Energie gemacht wurden, prüfen, ob es in wirtschaftlicher und anderer Hinsicht empfehlenswert sei, die Elektrisierung bei den englischen Bahnen, insbesondere auf Hauptbahnen einzuführen.

Verschiedenes.

Lokomotivvergebung der Reichsbahn.

Die Reichsbahn muß auch in der nächsten Zeit in der Vergabung von Lokomotivaufträgen stark zurückhalten. Wegen der angespannten finanziellen Lage können nur die notwendigsten Bestellungen gemacht werden. Bekanntlich waren für das erste Halbjahr 1930 50 Lokomotiven vorgesehen. Dazu sollte für das zweite Halbjahr 1930 eine gleich große Bestellung treten. Mit Rücksicht auf die finanzielle Lage der Reichsbahn können jedoch zunächst nur einige 20 Lokomotiven für das zweite Halbjahr vergeben werden, so daß insgesamt eine Vergabung von 70 bis 80 Lokomotiven zunächst in Frage kommt.

Auf Berlin entfallen 16 Lokomotiven, die größtenteils an die Firma Schwarzkopf vergeben werden. Es handelt sich hier um zehn schwere Schnellzuglokomotiven und drei Schmalspurlokomotiven. Außerdem werden für die Fortentwicklung der Bauformen noch einige Versuchslokomotiven vergeben, von denen z. B. die Firma Borsig in Berlin drei leichte Schnellzuglokomotiven erhalten wird.

18 Schnellzuglokomotiven bayerischer Bauart sind der

Firma Henschel & Sohn in Kassel in Auftrag gegeben worden infolge ihrer Verbindung mit der Firma Maffei in München. Daß diese 1908 geschaffene, inzwischen neuzeitlich verbesserte 2C1-Type der ehemaligen bayerischen Staatseisenbahnen weiter gebaut wird, ist ein Beweis ihrer Verwendbarkeit hinsichtlich Leistung und Wirtschaftlichkeit.

Zwölf schwere Schnellzuglokomotiven sind an die Firma Krupp vergeben worden, die für die Folge zugunsten der Linke-Hofmann-Werke den Waggonbau aufgibt und außer ihrem eigenen Arbeitsanteil noch den von Hohenzollern, Humboldt und Karlsruhe übernommen hat.

Zehn Güterzug-Tenderlokomotiven sind der Hanomag in Hannover zur Lieferung übertragen worden.

Die Maschinenfabrik Esslingen wird, da ihr Arbeitsanteil so niedrig ist, daß eine wirtschaftliche Fertigung der Lokomotiven im Jahre 1930 nicht möglich ist, an Stelle von Lokomotiven die Lieferung von Personenwagen übernehmen.

Die J. A. Maffei A. G. in München erhielt zwei Schnellzuglokomotiven, die Lokomotivfabrik Krauß & Co. sechs Tenderlokomotiven.