

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen

Herausgegeben von Dr. Ing. Heinrich Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden

94. Jahrgang

15. Dezember 1939

Heft 24

Statische Untersuchungen an einer durchlaufenden Bogenbrücke mit Hilfe von Durchbiegungsmessungen am Bauwerk.

Von Abteilungspräsident Dr. Ing. Krabbe und Reichsbahnrat Dr. Ing. Brückmann.

(Schluß.)

B. Auflösung von n linearen Gleichungen mit n Unbekannten.

Nachdem die lotrechten Durchbiegungen $EJ_c \delta_{ik}$ des eingespannten Bogens nach den Regeln des Abschnittes III A errechnet sind (Übersicht 1), ergeben sich die Ersatzlasten P_i ($i = 1 \dots 6$) eines bestimmten Lastfalles, für den die lotrechten Durchbiegungen δ_i ($i = 1 \dots 6$) gemessen sind, durch Auflösung der Gleichungsgruppe 1).

Hierzu gibt es zwei Wege.

1. Annäherungsverfahren.

Wenn, wie hier, die in Übersicht 1 symmetrisch zueinander liegenden Werte $EJ_c \delta_{ik}$ verhältnismäßig wenig voneinander abweichen und die Zahl n der Unbekannten gerade ($n = 6$) ist, so kann die Gruppe von $n = 6$ linearen Gleichungen mit unsymmetrischen Beiwerten $EJ_c \delta_{ik}$ (abgesehen von der Symmetrie nach Maxwell) zunächst — und zwar nur für die Zwecke der Rechnung — in eine Gruppe von $n = 6$ linearen Gleichungen mit doppelt symmetrischen Beiwerten $EJ_c \delta_{ik}$ umgewandelt werden (Übersicht 3). Durch diesen Eingriff müssen sich, wenn wir die unabhängigen Glieder δ_i beibehalten, natürlich auch die Unbekannten ändern. Wir bezeichnen diese neuen Unbekannten in der nur gedachten, in Wahrheit aber nicht bestehenden doppelt symmetrischen Gleichungsgruppe mit \bar{P} ($i = 1 \dots n$). Diese Gruppe lösen wir nun am zweckmäßigsten auf, indem wir sie in zwei Teilgruppen von je $\frac{n}{2} = 3$ linearen Gleichungen mit je $\frac{n}{2} = 3$ Unbekannten zerlegen,

$$89) \dots \bar{S}_1 = \bar{P}_1 + \bar{P}_6, \bar{S}_2 = \bar{P}_2 + \bar{P}_5, \bar{S}_3 = \bar{P}_3 + \bar{P}_4,$$

$$90) \dots \bar{D}_1 = \bar{P}_1 - \bar{P}_6, \bar{D}_2 = \bar{P}_2 - \bar{P}_5, \bar{D}_3 = \bar{P}_3 - \bar{P}_4,$$

die sich leichter lösen lassen. Zum Schluß muß dann aber der durch das Umwandeln der unsymmetrischen Beiwerte $EJ_c \delta_{ik}$ in die doppelt symmetrischen Werte $EJ_c \bar{\delta}_{ik}$ in die Unbekannten \bar{P}_i hineingebrachte Fehler durch schrittweise Annäherung wieder beseitigt werden. Dieses Näherungsverfahren konvergiert sehr schnell, so daß oft die erste, meist aber die zweite Annäherung schon genügt.

Ist n eine gerade Zahl, dann liegt in Übersicht 1 zu $EJ_c \delta_{ik}$ symmetrisch der Wert $EJ_c \delta_{n+1-i, n+1-k}$. Das Mittel dieser beiden Werte ist der neue Beiwert in der zunächst angenommenen doppelt symmetrischen Gleichungsgruppe, also

$$91) \dots EJ_c \bar{\delta}_{ik} = \frac{1}{2} (EJ_c \delta_{ik} + EJ_c \delta_{n+1-i, n+1-k}) = EJ_c \bar{\delta}_{ki},$$

wobei die Gegenseitigkeit der Formänderung nach Maxwell erhalten bleibt. Durch diese Umwandlung unterscheidet sich

aber jeder Wert $EJ_c \bar{\delta}_{ik}$ von dem ursprünglichen Werte $EJ_c \delta_{ik}$ um

$$92) \dots EJ_c \Delta_{ik} = EJ_c \delta_{ik} - EJ_c \bar{\delta}_{ik} = -EJ_c \Delta_{n+1-i, n+1-k},$$

$$93) \dots EJ_c \Delta_{ik} = EJ_c \Delta_{ki}$$

sein muß (Übersicht 8). Mit Gl. 91) entsteht die gewünschte neue Gleichungsgruppe 94) der Übersicht 3 für die Unbekannten \bar{P}_i und mit den gegebenen unabhängigen Gliedern $EJ_c \delta_i$ der ursprünglichen Gleichungsgruppe 1).

94) Übersicht 3 der doppelsymmetrischen Werte

$$EJ_c \bar{\delta}_{ik} = \frac{1}{2} (EJ_c \delta_{ik} + EJ_c \delta_{n+1-i, n+1-k}).$$

	\bar{P}_1	\bar{P}_2	\bar{P}_3	\bar{P}_4	\bar{P}_5	\bar{P}_6	
1	11 + 3134566	21 + 4358234	31 — 325324	41 — 4072362	51 — 3581583	61 — 826743	= $EJ_c \delta_1$
2	12 + 4358234	22 + 18600222	32 + 6699663	42 — 12048991	52 — 14086134	62 — 3581553	= $EJ_c \delta_2$
3	13 — 325324	23 + 6699663	33 + 17211076	43 — 372772	53 — 12048991	63 — 4072362	= $EJ_c \delta_3$
4	14 — 4072362	24 — 12048991	34 — 372772	44 + 17211076	54 + 6699663	64 — 325324	= $EJ_c \delta_4$
5	15 — 3581553	25 — 14086134	35 — 12048991	45 + 6699663	55 + 18600222	65 + 4358234	= $EJ_c \delta_5$
6	16 — 826743	26 — 3581553	36 — 4072362	46 — 325324	56 + 4358234	66 + 3134566	= $EJ_c \delta_6$

Gl. 94) wird, wie oben angedeutet, einmal durch Zusammenzählen und einmal durch Abziehen der Zeilen 1 und 6, 2 und 5, 3 und 4 unter Ausnutzung der doppelten Symmetrie in die zwei Teilgleichungsgruppen I der Übersicht 4 [Gl. 95)] und II der Übersicht 5 [Gl. 96)] zerlegt, aus denen entweder durch die

95) Übersicht 4 der Teilgleichung I.

$\bar{P}_1 + \bar{P}_6$	$\bar{P}_2 + \bar{P}_5$	$\bar{P}_3 + \bar{P}_4$	
11 + 16 = a_1 + 2307823	12 + 15 = b_1 + 776681	13 + 14 = c_1 — 4397686	= $EJ_c (\delta_1 + \delta_6)$
21 + 26 = a_2 + 776681	22 + 25 = b_2 + 4514088	23 + 24 = c_2 — 5349328	= $EJ_c (\delta_2 + \delta_5)$
31 + 36 = a_3 — 4397686	32 + 35 = b_3 — 5349328	33 + 34 = c_3 + 16838304	= $EJ_c (\delta_3 + \delta_4)$

Determinantenrechnung oder — zur Probe — nach dem unter b) genannten Verfahren nach Gauß zunächst die — später noch zu berichtenden — Unbekannten \bar{P}_i folgen. Die Lösungsgleichungen 97) und 98) sind in den Übersichten 6 und 7 dargestellt.

96) Übersicht 5 der Teilgleichung II.

$\bar{P}_1 - \bar{P}_6$	$\bar{P}_2 - \bar{P}_5$	$\bar{P}_3 - \bar{P}_4$	
11-16 = a ₁ + 3961309	12-15 = b ₁ + 7939787	13-14 = c ₁ + 3747038	= EJ _c (δ ₁ - δ ₆)
21-26 = a ₂ + 7939787	22-25 = b ₂ + 32686356	23-24 = c ₂ + 18748654	= EJ _c (δ ₂ - δ ₅)
31-36 = a ₃ + 3747038	32-35 = b ₃ + 18748654	33-34 = c ₃ + 17583848	= EJ _c (δ ₃ - δ ₄)

97) . . . Übersicht 6. Lösung der Teilgleichung I.

EJ _c (δ ₁ + δ ₆)	EJ _c (δ ₂ + δ ₅)	EJ _c (δ ₃ + δ ₄)	
+ 977975 . 10 ⁻¹²	+ 215566 . 10 ⁻¹²	+ 323912 . 10 ⁻¹²	= $\bar{P}_1 + \bar{P}_6$
+ 215566 . 10 ⁻¹²	+ 402796 . 10 ⁻¹²	+ 184263 . 10 ⁻¹²	= $\bar{P}_2 + \bar{P}_5$
+ 323912 . 10 ⁻¹²	+ 184263 . 10 ⁻¹²	+ 202521 . 10 ⁻¹²	= $\bar{P}_3 + \bar{P}_4$

98) . . Übersicht 7. Lösung der Teilgleichung II.

EJ _c (δ ₁ - δ ₆)	EJ _c (δ ₂ - δ ₅)	EJ _c (δ ₃ - δ ₄)	
+ 516189 . 10 ⁻¹²	- 160379 . 10 ⁻¹²	+ 61005 . 10 ⁻¹²	= $\bar{P}_1 - \bar{P}_6$
- 160379 . 10 ⁻¹²	+ 128596 . 10 ⁻¹²	- 102938 . 10 ⁻¹²	= $\bar{P}_2 - \bar{P}_5$
+ 61005 . 10 ⁻¹²	- 102938 . 10 ⁻¹²	+ 153628 . 10 ⁻¹²	= $\bar{P}_3 - \bar{P}_4$

Die so ermittelten, gedachten Unbekannten \bar{P}_i bedürfen eines Ausgleichs ΔP_i , weil wir die Unterschiede Δ_{ik} nach Gl. 92) in den Beiwerten $EJ_c \bar{\delta}_{ik}$ zunächst vernachlässigt haben. Die Unbekannten \bar{P}_i müssen wir daher berichtigen, indem wir — im Verfahren der schrittweisen Annäherung — die Ausgleichswerte ΔP_i ermitteln.

Würden wir die zunächst erhaltenen Ergebnisse \bar{P}_i nicht mit den umgewandelten Werten $EJ_c \bar{\delta}_{ik}$, sondern mit den ursprünglichen, richtigen Werten

99) $EJ_c \delta_{ik} = EJ_c \bar{\delta}_{ik} + EJ_c \Delta_{ik}$.

vervielfachen, so würden sich auf der rechten Seite nicht die ursprünglichen unabhängigen Glieder $EJ_c \delta_i$, sondern um einen gewissen Betrag $EJ_c \Delta_i'$ davon abweichende Glieder, also mit Gl. 92) die Gleichungen

100) . . $(EJ_c \bar{\delta}_{i1} + EJ_c \Delta_{i1}) \bar{P}_1 + (EJ_c \bar{\delta}_{i2} + EJ_c \Delta_{i2}) \bar{P}_2 + \dots = EJ_c \delta_i + EJ_c \Delta_i'$

ergeben.

Nun ist aber nach Gl. 91), Übersicht 3, in abgekürzter Form,

101) $\sum_{i=1}^{i=n} EJ_c \bar{\delta}_{ik} \bar{P}_k = E \cdot J_c \cdot \delta_i$.

Mit Gl. 99) und 100) haben — in erster Annäherung — die die unabhängigen Glieder berichtigenden Werte Δ_i' die Größe

102) . . . $EJ_c \Delta_i' = EJ_c \Delta_{i1} \bar{P}_1 + EJ_c \Delta_{i2} \bar{P}_2 + \dots = \sum_{k=1}^{k=n} EJ_c \Delta_{ik} \bar{P}_k$.

Die Abweichungen $EJ_c \Delta_i''$ der unabhängigen Glieder sind nach Gl. 103), Übersicht 8, zu errechnen.

103) Übersicht 8 der Differenzen

$\Delta_{ik} = EJ_c \cdot \delta_{ik} - EJ_c \cdot \bar{\delta}_{ik}, = -\Delta_{n+1-i, n+1-k} \quad (n = 6)$

\bar{P}_1	\bar{P}_2	\bar{P}_3	\bar{P}_4	\bar{P}_5	\bar{P}_6	
EJ _c Δ ₁₁ + 76328	EJ _c Δ ₂₁ - 54068	EJ _c Δ ₃₁ - 268005	EJ _c Δ ₄₁ - 178185	EJ _c Δ ₅₁ - 6748	EJ _c Δ ₆₁ 0	= EJ _c Δ _{1'}
EJ _c Δ ₁₂ - 54068	EJ _c Δ ₂₂ + 164727	EJ _c Δ ₃₂ - 630812	EJ _c Δ ₄₂ - 519453	EJ _c Δ ₅₂ 0	EJ _c Δ ₆₂ + 6748	= EJ _c Δ _{2'}
EJ _c Δ ₁₃ - 268005	EJ _c Δ ₂₃ - 630812	EJ _c Δ ₃₃ - 780368	EJ _c Δ ₄₃ 0	EJ _c Δ ₅₃ + 519453	EJ _c Δ ₆₃ + 178185	= EJ _c Δ _{3'}
EJ _c Δ ₁₄ - 178185	EJ _c Δ ₂₄ - 519453	EJ _c Δ ₃₄ 0	EJ _c Δ ₄₄ + 780368	EJ _c Δ ₅₄ + 630812	EJ _c Δ ₆₄ + 268005	= EJ _c Δ _{4'}
EJ _c Δ ₁₅ - 6748	EJ _c Δ ₂₅ 0	EJ _c Δ ₃₅ + 519453	EJ _c Δ ₄₅ + 630812	EJ _c Δ ₅₅ - 164727	EJ _c Δ ₆₅ + 54068	= EJ _c Δ _{5'}
EJ _c Δ ₁₆ 0	EJ _c Δ ₂₆ + 6748	EJ _c Δ ₃₆ + 178185	EJ _c Δ ₄₆ + 268005	EJ _c Δ ₅₆ + 54068	EJ _c Δ ₆₆ - 76328	= EJ _c Δ _{6'}

Wenn wir neben Gl. 99) noch

104) $P_i = \bar{P}_i + \Delta P_i'$

eingeführen, worin $\Delta P_i'$ die erste Annäherung des Ausgleichs der Unbekannten bedeutet, so würden die ursprünglichen Gleichungen 1) lauten:

105) . . . $(EJ_c \cdot \bar{\delta}_{i1} + EJ_c \cdot \Delta_{i1}) (\bar{P}_1 + \Delta P_1') + (EJ_c \cdot \bar{\delta}_{i2} + EJ_c \cdot \Delta_{i2}) (\bar{P}_2 + \Delta P_2') + \dots = EJ_c \cdot \delta_i$

Zieht man nun Gl. 100) von Gl. 105) ab, so folgt

106) $(EJ_c \cdot \bar{\delta}_{i1} + EJ_c \cdot \Delta_{i1}) \Delta P_1' + (EJ_c \cdot \bar{\delta}_{i2} + EJ_c \cdot \Delta_{i2}) \Delta P_2' + \dots = -EJ_c \cdot \Delta_i'$
usw. für i = 1 n = 6.

Hierin können aber die Unterschiede $EJ_c \Delta_{ik}$ als klein gegenüber den Werten $EJ_c \bar{\delta}_{ik}$ vernachlässigt werden. Wir erhalten somit zum Berechnen der Ausgleichswerte eine Gleichungsgruppe 107), in die als Beiwerte der Unbekannten $\Delta P_i'$ die umgewandelten Werte $EJ_c \bar{\delta}_{ik}$ und als unabhängigen Glieder die negativen Berichtigungen Δ_i' nach Gl. 102) oder 103), Übersicht 8, einzuführen sind, also die Gleichungsgruppe

107) . . . $EJ_c \cdot \bar{\delta}_{ik} \cdot \Delta P_i' + EJ_c \cdot \bar{\delta}_{i2} \cdot \Delta P_2' + \dots = \sum_{k=1}^{k=n} EJ_c \cdot \bar{\delta}_{ik} \cdot \Delta P_k' \approx -EJ_c \cdot \Delta_i'$
usw. für i = 1, 2 . . . n = 6.

In Tafelform entspricht diese Gleichung vollkommen der Gl. 94) Übersicht 3, wenn wir dort die Beiwerte bestehen lassen, aber die unabhängigen Glieder durch $-EJ_c \Delta_i'$ nach Gl. 102) und 103) und die Unbekannten durch $\Delta P_i'$ ersetzen. Wir können somit den dort angewandten Lösungsweg ohne weiteres beschreiten. Die Zerlegung der Gleichungsgruppe 107) in zwei Teilgleichungsgruppen I und II nach Übersicht 4 und 5 führt, wie früher zu den Lösungsübersichten 6 und 7, die zunächst die Ausgleichswerte

$\Delta P_1' + \Delta P_6'$ $\Delta P_2' + \Delta P_5'$ $\Delta P_3' + \Delta P_4'$
 $\Delta P_1' - \Delta P_6'$ $\Delta P_2' - \Delta P_5'$ $\Delta P_3' - \Delta P_4'$

und hiermit die gesuchten Annäherungen

108) $P_i = \bar{P}_i + \Delta P_i'$ usw.

liefern.

Sollten diese noch nicht genügen, so ist das Verfahren wie folgt zu wiederholen:

Wir ersetzen in Gl. 102) oder 103), Übersicht 8, die Werte \bar{P}_i durch die nunmehr gefundenen ersten Annäherungen P_i' und erhalten die zweite Berichtigung $EJ_c \Delta_i''$ der unabhängigen Glieder. Mit ihren negativen Werten und den

Werten P_1' erhalten wir dann auf dem Wege über die Gl. 94) bis 98), Übersicht 3 bis 7, die neuen Ausgleichswerte

$$\begin{matrix} \Delta P_1'' + \Delta P_6'' & \Delta P_2'' + \Delta P_5'' & \Delta P_3'' + \Delta P_4'' \\ \Delta P_1'' - \Delta P_6'' & \Delta P_2'' - \Delta P_5'' & \Delta P_3'' - \Delta P_4'' \end{matrix}$$

und hieraus die gesuchten zweiten Annäherungen der Unbekannten zu

109) $P_i = \bar{P}_i + \Delta P_i''$ usw.

Dieses Verfahren kann nun weiter fortgesetzt werden. Im vorliegenden Fall reicht aber die zweite Annäherung aus.

2. Das Gauß-Verfahren.

Es ist, wie hier, anwendbar, wenn die Beiwerte i_k der n Unbekannten symmetrisch zur Hauptdiagonale (11, 22 . . . ii . . . nn) der Gleichungsgruppe 1 oder Übersicht 1, sind. Ziel der Lösung ist, aus n Gleichungen mit n Unbekannten n Gleichungen mit je nur einer Unbekannten in der Form.

110) . . . $P_i = E J_c \cdot \delta_1 \cdot \lambda_{i1} + E J_c \cdot \delta_2 \cdot \lambda_{i2} + \dots + E J_c \cdot \delta_i \cdot \lambda_{ii} - \dots$
 $+ E J_c \cdot \delta_6 \cdot \lambda_{i6} = \sum_{k=1}^{k=6} E J_c \cdot \delta_k \cdot \lambda_{ik}$

zu entwickeln, wobei die λ_{ik} -Werte nur von den $E J_c \delta_{ik}$ -Werten allein abhängig sind. Die Einzelheiten des Ganges sind in den Lehrbüchern der Statik und Mathematik näher beschrieben, so daß hier nicht weiter darauf eingegangen werden soll. Als Lösung ergibt sich mit den für das Hauptsystem berechneten Werten $E J_c \delta_{ik}$, Übersicht 1, die Gleichungsgruppe 111) in Übersicht 9.

111) Übersicht 9. Lösungstafel der λ_{ik} -Werte nach dem Gauß-Verfahren.

	$E J_c \cdot \delta_1$	$E J_c \cdot \delta_2$	$E J_c \cdot \delta_3$	$E J_c \cdot \delta_4$	$E J_c \cdot \delta_5$	$E J_c \cdot \delta_6$
$P_1 =$	+ 756796 . 10 ⁻¹²	+ 45715 . 10 ⁻¹²	+ 215461 . 10 ⁻¹²	+ 130663 . 10 ⁻¹²	+ 209293 . 10 ⁻¹²	+ 232868 . 10 ⁻¹²
$P_2 =$	+ 45715 . 10 ⁻¹²	+ 252578 . 10 ⁻¹²	+ 50089 . 10 ⁻¹²	+ 132062 . 10 ⁻¹²	+ 139338 . 10 ⁻¹²	+ 172824 . 10 ⁻¹²
$P_3 =$	+ 215461 . 10 ⁻¹²	+ 50089 . 10 ⁻¹²	+ 194687 . 10 ⁻¹²	+ 25326 . 10 ⁻¹²	+ 159611 . 10 ⁻¹²	+ 134892 . 10 ⁻¹²
$P_4 =$	+ 130663 . 10 ⁻¹²	+ 132062 . 10 ⁻¹²	+ 25326 . 10 ⁻¹²	+ 165879 . 10 ⁻¹²	+ 34147 . 10 ⁻¹²	+ 175783 . 10 ⁻¹²
$P_5 =$	+ 209293 . 10 ⁻¹²	+ 139338 . 10 ⁻¹²	+ 159611 . 10 ⁻¹²	+ 34147 . 10 ⁻¹²	+ 284665 . 10 ⁻¹²	+ 12628 . 10 ⁻¹²
$P_6 =$	+ 232868 . 10 ⁻¹²	+ 172824 . 10 ⁻¹²	+ 134892 . 10 ⁻¹²	+ 175783 . 10 ⁻¹²	+ 12628 . 10 ⁻¹²	+ 748793 . 10 ⁻¹²

Das Gauß-Verfahren liefert die Unbekannten unmittelbar ohne Zwischen- oder Ausgleichsrechnung und gestattet, den Gang der Rechnung durch wertvolle Proben oft zu prüfen.

3. Nach Auflösung der Gleichungsgruppe 1) können nunmehr für jeden gegebenen Belastungszustand, dessen Verformungszustand am wirklichen Bauwerk gemessen ist, entweder mit Hilfe der Übersichten 3 bis 8 oder der Übersicht 9 diejenigen Ersatzlasten P_i berechnet werden, die das Hauptsystem, den eingespannten Bogen, genau so verformen wie die tatsächlichen Lasten das wirkliche Bauwerk.

C. Die Messungen und ihre Auswertung nebst den Spannungsnachweisen.

1. Verkehrslast.

Durch Messungen am Bauwerk sollte festgestellt werden, ob die neu beantragte Lokomotive noch zulässig sei.

Auf Grund des vorstehend beschriebenen „Ersatzlastenverfahrens“ wurden

- a) die lotrechten Durchbiegungen δ_i mit
 - α) elektrischen Schleifdrahtwiderstandsmessern mit einem Oszillographen in Brückenschaltung, Bauart des Reichsbahn-Zentralamtes München,
 - β) Leuner- und Zeiß-Uhren,
- b) die Verdrehungen τ_i mit Neigungszeigern (Libellen) an den Kämpfern und in den sechs Zwischenpunkten der Achse des unsymmetrischen Bogens 4 bei ruhender Verkehrs-

last in verschiedenen Stellungen gemessen. Bei Schnellfahrten mit einer leichteren Lokomotive erhöhten sich die Durchbiegungen nur unbedeutend gegenüber der gleichen ruhenden Last. Die einzelnen Messungen wurden bis zu zehnmal wiederholt, wobei die Einzelwerte verhältnismäßig wenig streuten und das ganze Bauwerk sich elastisch gut verhielt. Den weiteren Untersuchungen wurden nur aus solchen Meßreihen gemittelte Werte zugrunde gelegt; z. B. in Abb. 16. Mit diesen Durchbiegungen δ_i ($i = 1 \dots 6$), in denen also der Einfluß der Bogenaufbauten usw. mit enthalten ist, und mit den nach Teil III A, Gl. 97) und 98), errechneten Durchbiegungen $E J_c \delta_{ik}$ wurden sodann sowohl mit Hilfe des Annäherungs- als auch des Gauß-Verfahrens die Ersatzlasten P_i für die einzelnen Laststellen ermittelt, hiermit die Einflußlinien nach Gl. 76), Übersicht 2, ausgewertet und die Randspannungen des Bogens berechnet. Dabei ergab sich folgendes:

1. Die Aufbauten wirken nicht nur versteifend, sondern verteilen sehr wirksam die Lasten in Richtung der Brückenlängsachse, so daß stets auch entlastende Teile der Einflußflächen Beiträge zu den Kraftgrößen liefern und nicht nur die Ordinaten unter den wirklichen Achslasten.
2. Es treten im Bogen nur Druckspannungen auf.
3. Für dynamische Wirkungen kann der jetzt schon vorgeschriebene Zuschlag von 10% als ausreichend angesehen werden.
4. Volle Belastung der ganzen Öffnung erzeugt die größten Randspannungen. Mit Rücksicht auf Punkt 4 wurden die drei

Lastfälle a, b, c nach Abb. 2, 3 und 16 statisch überlagert und hierbei die Widerlagerverformungen nach Abb. 4 ausgeschieden. Die Biegelinie der Abb. 16 d gilt mithin für den mit drei Lokomotiven von rund $3 \times 86 = 258$ t Gesamtgewicht belasteten starr eingespannten Bogen.

Da, wie am Schluß des Teiles II dargelegt, die Ersatzlasten von dem Elastizitätsmaß unabhängig sind, wurde zunächst $E' = 20$ t/cm² gewählt, ein Wert, der nach den allerdings sehr spärlichen Angaben im Schrifttum über Elastizitätsmaße von Brückengewölben als angängig erscheint. Im übrigen ist das Elastizitätsmaß aber für die Spannungen aus Verkehrslast und ständiger Last belanglos. Es tritt nur bei den Spannungen infolge Wärme- und Bremswirkung und Widerlagerverformung auf, die aber nur gering und für die Beurteilung der Tragfähigkeit nicht ausschlaggebend sind.

Gemäß Gl. 3) ist die Summe der mit dem willkürlichen Maß E' gefundenen Ersatzlasten durch $\sum P_i'$ durch $j E'$ zu teilen, um $\sum \psi$ zu erhalten. Teilt man hiermit die gegebene Gesamtlast Q , so ergibt sich nach Gl. 3) bis 5)

112) $E = \frac{Q}{\sum \psi} = \frac{Q \cdot E'}{\sum P_i'} = \mu \cdot E'$,

woraus die richtigen Ersatzlasten zu

113) $P_i = \mu \cdot P_i'$

folgen. Hiernach sind für Vollast (Abb. 16 d) die Ersatzlasten zu

114) . . . $P_1=56,9 \text{ t}; P_2=39,4 \text{ t}; P_3=36,0 \text{ t}; P_4=30,8 \text{ t};$
 $P_5=41,3 \text{ t}; P_6=53,5 \text{ t}$

gefunden. Dabei ist für eine Lokomotive eine verkürzte Belastungslänge von 11,9 m angenommen, der bei einem gewogenen Gewicht von im Mittel rund 86 t eine gleichmäßig verteilte Last von $p=7,22 \text{ tm}$ entspricht. Die angenommene Vollast kann daher genau genug dem Lastenzug G gleichgestellt werden.

Mit der Stoßzahl*) $\varphi=1,1$ nach DIN 1075 § 7, Übersicht 1, Fall 3 b, ergeben sich die Spannungen $\varphi \cdot \sigma_p$ des Falles II der Übersicht 10. Hierin überwiegen die Längsspannungen aus Längskräften und Biegemomenten, während die Beiträge der Querkkräfte, wie Stichproben zeigen, die Gesamtspannungen nur unwesentlich beeinflussen und daher vernachlässigt sind.

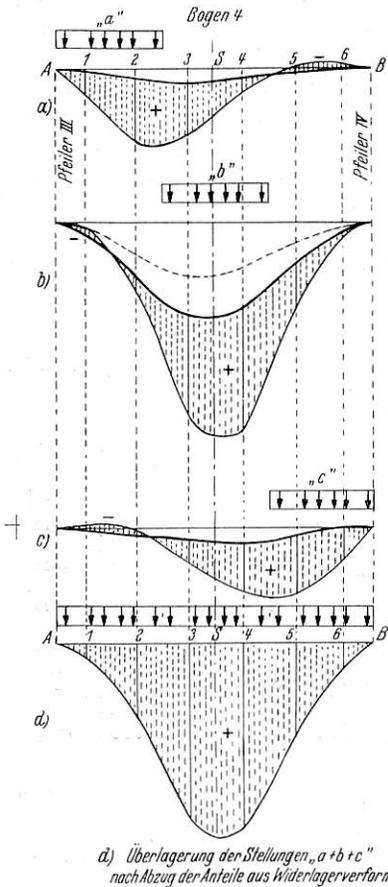


Abb. 16. Lotrechte Verschiebungen δ_p infolge Verkehrslast nebst Anteilen aus Verschiebung und Verdrehung der Widerlager.

2. Ständige Last.

Die abschnittsweise Belastung des Bogens in den drei Stellungen a, b und c gestattet auch, auf die Spannungen aus ständiger Last zu schließen. Rechnet man nämlich die infolge der Verkehrslast gemessenen Durchbiegungen im Verhältnis der entsprechenden Anteile der ständigen Last zur Lokomotivlast um und überlagert die so gefundenen Biegelinien, so können daraus die Ersatzlasten und damit auch die Spannungen infolge ständiger Last ermittelt werden (Übersicht 10, Fall I).

Diese Eigengewichtsspannungen sind maßgebend für die Gesamtbeanspruchung des Bogens. Es darf aber angenommen werden, daß sich die tatsächlichen Spannungen in dem hochgradig statisch unbestimmten System haben ausgleichen können. Außerdem sind sie von Ausführung und Ausrüstung des Bogens abhängig, also von Vorgängen, die heute nicht mehr feststellbar sind.

*) Das Wort „Stoßzahl“ wird künftig durch den klareren Begriff „Schwingbeiwert“ ersetzt.

3. Schwinden.

Da das Bauwerk über 40 Jahre (1891?) alt ist, kann vorausgesetzt werden, daß sich die Schwindspannungen ausgeglichen haben.

4. Temperatur.

Die Spannungen infolge eines Temperaturunterschieds von $\pm 10^{\circ} \text{C}$ bei einer Wärmedehnzahl $\alpha_t=0,000008$ (DIN 1075, § 1a, Abs. 2) sind nach Teil III A, 4a berechnet und auf Übersicht 10 unter Fall IV angegeben.

5. Widerlagerverformungen.

Es brauchen nur Verlängerungen der Bogensehne berücksichtigt zu werden; Senkungen traten nicht ein, die Einflüsse

von Widerlagerverdrehungen sind nur geringfügig. Die Spannungen infolge $\Delta h=0,1 \text{ cm}$ sind nach Teil III A, 4, b, α berechnet und unter Fall V, Übersicht 10, angegeben.

6. Bremskräfte.

Nach BE (1934), § 26, kann bei Bauwerken mit über 100 m Belastungslänge die Bremskraft zwischen $\frac{1}{7}$ und $\frac{1}{10}$ der Summe der Achsdrücke eingeschaltet werden. Bei rund 210 m Belastungslänge beträgt also der Bremswert

$$115) \dots \frac{10}{70} - \frac{3}{70} = \frac{210 - 100}{200} = 0,12 \text{ und}$$

die Bremskraft je Bogen 116) B = rund $0,12 \times 258 \text{ t} = \text{rund } 31 \text{ t}$, die waagrecht im Scheitel angenommen wurden. Mit

Verschiebungen des Schwerpunktes 0 entsprechend Abb. 15 für $m = \text{Scheitel C}$ ergeben sich sinngemäß die Kräfte und damit die Spannungen des Falles VI, Übersicht 10.

7. Windkräfte und Seitenstöße.

Spannungen aus Windkräften brauchen nach DIN 1075, § 5,3, Abs. 3, nicht nachgewiesen zu werden, weil

1. die Fahrbahn oben und
2. die Gewölbebreite $b=3,80 \text{ m}$ größer ist als $3,33 (= \frac{1}{10} \text{ der Stützweite } l=33,31 \text{ m})$.

Bei diesem Überschuß an Gewölbebreite kann sinngemäß auch auf den Einfluß der Seitenstöße verzichtet werden.

8. Knicksicherheit des Bogens.

Nach DIN 1075, § 9,3, Abs. 8, ist die Knicksicherheit angenähert mit der Euler-Formel zu 5, 3 (erforderlich 3) ermittelt.

9. Zusammenstellungen der Spannungen.

In Übersicht 10 sind die Gesamtspannungen zusammengestellt im Fall III für ständige Last und Verkehrslast mit Stoßzahl, Fall IV wie III und für Temperatur und Widerlagerverformung, Fall VIII wie IV und für Bremskraft.

Gemessene Durchbiegungen in mm.

„a“	1	2	3	4	5	6
$+\delta'$	+0,350	+0,954	+0,858	+0,286	-0,039	-0,056
$-\delta''$	-0,007	-0,111	-0,180	-0,101	-0,041	-0,011
$-\delta'''$	nicht meßbar					
$+\delta_{„a“}$	+0,343	+0,843	+0,678	+0,185	-0,080	-0,067
„b“	1	2	3	4	5	6
$+\delta'$	+0,053	+0,892	+2,566	+2,708	+1,046	+0,185
$-\delta''$	-0,041	-0,419	-0,741	-0,590	-0,263	-0,081
$-\delta'''$	-0,094	-0,300	-0,481	-0,516	-0,266	-0,042
$-(\delta'' + \delta''')$	-0,135	-0,719	-1,222	-1,106	-0,529	-0,123
$+\delta_{„b“}$	-0,082	+0,173	+1,344	+1,602	+0,517	+0,062
„c“	1	2	3	4	5	6
$+\delta'$	-0,044	+0,042	+0,445	+0,840	+0,856	+0,381
$-\delta''$	nicht meßbar					
$-\delta'''$	-0,048	-0,088	-0,150	-0,213	-0,130	-0,000
$+\delta_{„c“}$	-0,092	-0,046	+0,295	+0,627	+0,726	+0,381
„a + b + c“	1	2	3	4	5	6
$+\delta_{„a“}$	+0,343	+0,843	+0,678	+0,185	-0,080	-0,067
$+\delta_{„b“}$	-0,082	+0,173	+1,344	+1,602	+0,517	+0,062
$+\delta_{„c“}$	-0,092	-0,046	+0,295	+0,627	+0,726	+0,381
$\Sigma \delta_p$	+0,169	+0,970	+2,317	+2,414	+1,163	+0,376

$\max \sigma$ = Randspannungen in kg/cm^2 des eingespannten Bogens 4 bei Vollast, ermittelt aus gemessenen Durchbiegungen des Bogens mit Aufbau.

Fall	Last	Rand- faser	A	1	2	3	S	4	5	6	B	Bemerkungen	
I	Ständige Last	σ_g	σ_o	-14,9	- 9,1	- 7,7	- 7,6	-21,4	- 8,1	- 8,0	- 7,3	-17,0	
			σ_u	-12,8	-22,2	-22,1	-22,2	- 8,1	-21,5	-21,9	-23,5	-11,3	
II	Verkehrslast mit Stoßzahl (Vollast $p = 7,22 \text{ t/m}$)	$\varphi \cdot \sigma_p$	σ_o	- 4,7	- 3,2	- 2,8	- 2,5	- 7,3	- 2,5	- 2,8	- 2,6	- 5,8	$\varphi = 1,1$
			σ_u	- 4,7	- 7,5	- 7,4	- 7,7	- 2,9	- 7,6	- 7,5	- 8,1	- 3,9	
III = I + II		$\sigma_g + \varphi \cdot \sigma_p$	σ_o	-19,6	-12,3	-10,5	-10,1	-28,7	-10,3	-10,8	- 9,7	-23,8	
			σ_u	-17,5	-29,7	-29,5	-22,9	-11,0	-29,5	-29,4	-31,4	-15,2	
IV	Temperatur $\pm 10^0 \text{ C}$	σ_t	σ_o	$\mp 1,0$	$\mp 0,7$	$\pm 0,1$	$\pm 0,5$	$\pm 0,6$	$\pm 0,5$	0,0	$\mp 0,7$	$\mp 1,1$	oben: Erwärmung unten: Abkühlung
			σ_u	$\pm 0,9$	$\pm 0,5$	$\mp 0,2$	$\mp 0,7$	$\mp 0,7$	$\mp 0,6$	$\mp 0,2$	$\pm 0,6$	$\pm 1,0$	
V	Verlängerung der Bogen- sehne um $\Delta h = + 0,1 \text{ cm}$	$\sigma_{\Delta h}$	σ_o	+ 0,4	+ 0,2	0,0	- 0,2	- 0,2	- 0,2	0,0	+ 0,2	+ 0,4	Spannungen in- folge Widerlager- verdrehungen sind geringer
			σ_u	- 0,4	- 0,2	- 0,1	+ 0,2	+ 0,3	+ 0,2	+ 0,1	- 0,2	- 0,4	
VI = I + II + IV + V = $\sigma_g + \varphi \cdot \sigma_p +$ $+ \sigma_t + \sigma_{\Delta h}$			σ_o	-20,2	-12,8	-10,6	-10,8	-29,5	-11,0	-10,8	-10,2	-23,5	
			σ_u	-18,0	-30,4	-29,8	-30,4	-11,4	-29,9	-29,5	-32,2	-15,8	
VII	Bremskraft	σ_b	σ_o	$\pm 2,9$	$\pm 1,0$	$\mp 1,0$	$\mp 0,7$	$\pm 0,4$	$\pm 0,8$	$\pm 1,1$	$\mp 1,0$	$\mp 2,8$	oben: Bnach rechts unten: Bnach links
			σ_u	$\mp 2,3$	$\mp 0,3$	$\pm 1,8$	$\pm 1,5$	$\mp 0,4$	$\mp 1,6$	$\mp 1,9$	$\pm 0,3$	$\pm 2,3$	
VIII = I + II + IV + V + VII = $= \sigma_g + \varphi \cdot \sigma_p + \sigma_t + \sigma_{\Delta h} + \sigma_b$			σ_o	-23,1	-13,8	-11,6	-11,5	-29,9	-12,1	-11,9	-11,4	-26,3	$\sigma_{zul} = 37 \text{ kg/cm}^2$
			σ_u	-20,3	-30,7	-31,6	-31,9	-11,8	-31,1	-31,4	-32,7	-18,1	

Vorzeichen: - Druckspannung, + Zugspannung.

Der Größtwert infolge Vollast mit drei Lokomotiven (258 t) beträgt hiernach $\sigma_a = 32,5 \text{ kg/cm}^2$ bei $\sigma_{zul} = 37 \text{ kg/cm}^2$.

Bei früheren Berechnungen nach der üblichen Elastizitätstheorie waren bei Vernachlässigung der Aufbauten für eine bedeutend leichtere Verkehrslast (nur rund 75 t) erheblich größere Druckspannungen ($\sigma_a = 44,6 \text{ kg/cm}^2$) und dazu auch beträchtliche Zugspannungen ($\sigma_z = 15,3 \text{ kg/cm}^2$) infolge ständiger Last + Verkehrslast + Wärmewirkung gefunden worden. Demgegenüber darf nach den neuen Untersuchungen auf Grund von Messungen am Bauwerk mit Berücksichtigung der Aufbauten der Brücke eine größere Tragfähigkeit (Lastenzug [G]) zugesprochen werden als früher.

IV. Zusammenfassung.

An einem praktischen Beispiel ist - allgemein gültig - gezeigt, daß man durch Messungen von Verformungszuständen (Biegelinien) eines hochgradig statisch unbestimmten Bauwerks dieses auf ein einfacheres Hauptssystem - hier einen nur dreifach statisch unbestimmten Bogen - zurückführen kann. Mit Hilfe der nur für das Hauptssystem zu berechnenden Durchbiegungswerte $EJ_c \delta_{ik}$ und der am wirklichen System gemessenen Verformungen δ_i infolge bestimmter Lasten, bekannten Gewichtes werden diejenigen „Ersatzlasten“ berechnet, die das Hauptssystem in der gleichen Weise verformen wie die wirkliche Last das Gesamtbauwerk. Die Belastung des Hauptsystems mit diesen Ersatzlasten liefert dann

die Kraftgrößen (Biegemomente, Längs-, Quer-, Auflager- usw. Kräfte). Diese erlauben einen Einblick in den Spannungszustand des Hauptsystems und damit auch des Gesamtbauwerkes selbst, weil beide in ihren Verformungszuständen übereinstimmen.

Ferner ist für die Berechnung des eingespannten unsymmetrischen Bogens ein allgemein gültiges übersichtliches Verfahren entwickelt und die Auflösung von sechs linearen Gleichungen mit sechs Unbekannten - neben dem Gauß-Verfahren - an einem neuen Annäherungsverfahren gezeigt, das nur die Auflösung von zwei Teilgleichungsgruppen mit je drei Unbekannten erfordert.

Im Gegensatz zu der üblichen Festigkeitsberechnung des vorliegenden Bauwerks (Abb. 2 und 3) ohne Berücksichtigung der Aufbauten haben die neuen Untersuchungen auf Grund von Verformungsmessungen die - schon vermutete - versteifende und lastverteilende Mitwirkung der Aufbauten erwiesen und demzufolge auch viel geringere Spannungen im Bogen ergeben.

Bisher berechtigte Bedenken an der Tragfähigkeit des Bauwerks konnten somit beseitigt werden.

Die Brücke kann unbedenklich für schwerere Betriebslasten freigegeben werden, so daß Kosten und Baustoffe für Verstärkungs- oder Umbauarbeiten der äußerlich im guten Zustand befindlichen Brücke erspart werden können.

Die neuen Oberbauvorschriften der Deutschen Reichsbahn.

Von Dr.-Ing. habil. Gerhard Schramm, Danzig.

Im Jahre 1928 kamen zum ersten Male Oberbauvorschriften (abgekürzt Obv) für die ganze Reichsbahn heraus. Sie lösten die verschiedenen Oberbauvorschriften der ehemaligen Länderbahnen ab, z. B. die Preußische von 1915 und die Bayerische von 1907. Die Entwicklung des Oberbauwesens im letzten Jahrzehnt hat nunmehr nach 11 Jahren eine Neuherausgabe der Oberbauvorschriften nötig gemacht.

Im folgenden ist ein Überblick über die neue Vorschrift gegeben, wobei vor allem die wesentlichen Neuerungen gegenüber den alten Obv hervorgehoben sind.

Beibehalten ist in den neuen Obv die bewährte Einteilung in Text und Anlagen. Im übrigen ist die Vorschrift jedoch ganz neu gegliedert worden. Der Text zerfällt in acht Abschnitte (früher nur sechs), und Anlagen sind jetzt 14 beigegeben (früher 20).

Abchnitt I. Einteilung der Gleise nach oberbautechnischen Gesichtspunkten und Bauart des Oberbaus (§§ 1 bis 2).

An der Einteilung der Gleise (§ 1) hat sich nichts geändert. Hinzugekommen ist die Ziffer 4, wonach Schmalspurgleise je nach ihrer betrieblichen Beanspruchung zu den Gleisen zweiter oder dritter Ordnung gehören.

Als Regelbauart für neuen Oberbau (§ 2) geben die Anlagen 1 u. 2 nur noch den Reichsbahnoberbau K auf Holz- und Eisenschwellen, während die alten Obv außerdem noch den Oberbau B (Baden) und O (Oldenburg) auf Eisenschwellen anführten.

Wertvoll ist die neu aufgenommene Übersicht über die gebräuchlichen Schienenformen der Reichsbahn und der ehemaligen Länderbahnen (Anlage 3).

An den Bettungsquerschnitten (Anlage 4) ist nichts Wesentliches geändert worden. Als Regelgleisabstand bei zweigleisigen Bahnen gilt jetzt jedoch 4 m (früher 3,50 m) in Übereinstimmung mit der Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung von 1935 (BO, § 12¹).

Abchnitt II. Gleislage (§§ 3 bis 10).

Dieser Abschnitt behandelt die Spurweite, die Linienführung der Gleise im Grund- und Aufriß und die Gleisvermarkung. In sprachlicher Hinsicht ist bemerkenswert, daß das Wort „Krümmung“ jetzt für „Gleisbogen“ nicht mehr gebraucht wird. Unter „Krümmung“ versteht man bekanntlich den Kehrwert des Bogenhalbmessers $\left(\frac{1}{H}\right)$. Es ist nämlich nötig,

die Begriffe Bogen und Krümmung scharf zu unterscheiden, weil jetzt bei allen Bogenuntersuchungen die Krümmung und Krümmungslinie in zunehmendem Maße verwendet wird. Die neuen Obv tragen dieser Forderung Rechnung, und es wäre zu begrüßen, wenn sich auch sonst die klare Unterscheidung dieser Begriffe bald durchsetzte.

Bei der Tafel 1 (§ 3) für die Spurerweiterung in Bogen fällt die angegebene Halbmessergrenze von 251 m auf. Sie könnte selbstverständlich ohne weiteres auf 250 m gerundet werden, da Halbmesserunterschiede von $\frac{1}{250} = 0,4\%$ sich überhaupt nicht feststellen lassen und daher praktisch gegenstandslos sind. Der Pfeilhöhenunterschied beträgt nämlich bei einer 20 m-Schnur nur 0,8 mm und bei einer 10 m-Schnur sogar nur 0,2 mm. Und selbst wenn solche Unterschiede noch meßbar wären, hätten sie nichts zu bedeuten, weil auch bei sorgfältigst verlegten Kreisbogen mit dem Soll-Halbmesser $H = 250$ m die tatsächlichen Krümmungshalbmesser etwa zwischen den Grenzen 240 und 260 m schwanken. Im übrigen unterscheiden sich die Halbmesser der beiden Gleise eines Bogens auf zweigleisiger Bahn stets um den Gleisabstand, also mindestens um 3,50 m. Wird z. B. in der Bahnachse ein Halbmesser von 251 m abgesteckt, so haben bei 4 m-Gleisabstand der innere und äußere Bogen die Halbmesser $251 - 2 = 249$ m bzw. $251 + 2 = 253$ m. Die Halbmesserangabe 251 m täuscht daher lediglich einen Genauigkeitsgrad vor, der in Wirklichkeit gar nicht vorhanden sein kann. Die runde Zahl 250 verdiente natürlich als Grenzfestsetzung den Vorzug.

Die Tafel 2 für die Herstellung der Spurerweiterung in den Übergangsbogen gibt jetzt die Abstufungen für beliebige Übergangsbogenlängen, während die frühere Tafel nur für wenige bestimmte Übergangsbogenlängen zu gebrauchen war.

Für die zulässigen Abweichungen von der vorgeschriebenen Spurweite infolge des Betriebs sind jetzt keine bestimmten Grenzen mehr festgesetzt. Es gelten jetzt nur noch eine untere und obere Grenze der Spurerweiterung, nämlich bei Hauptbahnen +30 und -3 mm und bei Nebenbahnen +35 und -3 mm. Diese Lockerung der Vorschrift ist vom Standpunkt des Gleiswirts zu begrüßen, denn die bisher für alle Gleise

geltenden Grenzen (+10 und -3 mm) haben sich als zu starre und enge Festsetzungen erwiesen, die in der Gleisunterhaltung nicht immer zu gewährleisten sind. Dies haben vor allem die Aufnahmen der Oberbaumaßwagen im letzten Jahrzehnt bewiesen.

Der Lichtraum, der um die Schienen herum freizuhalten ist (Spurrillen nach § 11⁵ der BO), ist im Bild 2 dargestellt. Diese Maßangaben, die in der Bahnunterhaltung sehr oft gebraucht werden, fehlten bisher in den Obv.

Die Vorschriften über die Überhöhung (§ 4) sind wesentlich eingehender als früher und tragen der Geschwindigkeitssteigerung im letzten Jahrzehnt Rechnung. Die Überhöhung wird jetzt mit dem Buchstaben \ddot{u} bezeichnet (früher h). Dies ist zweckmäßig, weil der Buchstabe h bereits als Abkürzung für Stunde und als Bezeichnung von Bogenpfeilhöhen allgemein üblich ist. Der Buchstabe \ddot{u} für Überhöhung ist eine klare und einprägsame Bezeichnung, die sich rasch durchsetzen wird. Die Bogenhalbmesser werden jetzt mit H bezeichnet (früher R oder r).

Die Gleichung für die Regelüberhöhung

$$\ddot{u} = \frac{8 \cdot V^2}{H} \dots \dots \dots (1)$$

ist beibehalten worden (\ddot{u} in mm, V in km/h und H in m). Für Strecken, auf denen alle Züge mit gleicher Geschwindigkeit fahren, soll jedoch künftig als Regelüberhöhung die theoretische Überhöhung

$$\ddot{u} = \frac{11,8 \cdot V^2}{H} \dots \dots \dots (2)$$

angewendet werden. Diese Bestimmung ist nicht nur für Stadtschnellbahnen maßgebend (z. B. Berliner S-Bahn), sondern vor allem auch für alle Nebenbahnen mit kleinen zulässigen Geschwindigkeiten. Sie werden demnach künftig größere Überhöhungen erhalten als bisher.

Für die kleinste zulässige Überhöhung bei gegebenen V und H gelten folgende Gleichungen:

a) bei Halbmessern bis herab zu 300 m:

$$\ddot{u}_{kl} = \frac{11,8 \cdot V^2}{H} - 90 \dots \dots \dots (3a)$$

b) bei Halbmessern unter 300 m:

$$\ddot{u}_{kl} = \frac{11,8 \cdot V^2}{H} - \left(40 + \frac{H}{6}\right) \dots \dots \dots (3b)$$

Nach diesen Gleichungen ist der zulässige Fehlbetrag, um den die Überhöhung kleiner sein darf als die theoretische Überhöhung, bei Halbmessern bis herab zu 300 m 90 mm, bei Halbmessern unter 300 m jedoch kleiner als 90 mm. Hierdurch soll den in jeder Hinsicht ungünstigeren Verhältnissen bei kleineren Halbmessern und schlechter Linienführung Rechnung getragen werden. Z. B. ist hiernach bei $H = 180$ m die kleinste zulässige Überhöhung

$$\ddot{u} = \frac{11,8 \cdot V^2}{H} - 70,$$

d. h. der zulässige Fehlbetrag an Überhöhung beträgt bei diesem Halbmesser nur 70 mm.

Aus den Gl. 3a und 3b erhält man die größten zulässigen Geschwindigkeiten bei gegebenen H und \ddot{u} , indem man sie nach V auflöst. Es ergibt sich:

a) bei $H \geq 300$ m:

$$V_{gr} = \sqrt{\frac{H}{11,8} \cdot (\ddot{u} + 90)} \dots \dots \dots (4a)$$

b) bei $H < 300$ m:

$$V_{gr} = \sqrt{\frac{H}{11,8} \cdot \left(\ddot{u} + 40 + \frac{H}{6}\right)} \dots \dots \dots (4b)$$

Diese Bedingungen bei Halbmessern unter 300 m (Gl. 3b und 4b) gelten aber offenbar nicht für Weichen; denn sonst

könnten die jetzt üblichen Geschwindigkeiten in den Zweigleisbogen der Weichen nicht mehr zugelassen werden. Z. B. ergäbe sich für die Fahrt durch den Zweigleisbogen einer nicht überhöhten ($\ddot{u} = 0$) Weiche mit $H = 190$ m Halbmesser nach Gl. 4b nur die zulässige Geschwindigkeit:

$$V_{gr} = \sqrt{\frac{190}{11,8} \cdot \left(0 + 40 + \frac{190}{6}\right)} = 34 \text{ km/h.}$$

Demnach käme eine Einfahrt durch einen solchen Weichenbogen mit $V = 40$ km/h auf zweiflügeliges Signalbild nicht mehr in Frage. Eine derartig einschneidende Beschränkung im Betrieb oder in der Verwendung der Weichen dürfte aber nicht beabsichtigt sein. Die Überhöhungsgleichung 3a (bzw. die Geschwindigkeitsgleichung 4a) müßte daher nicht nur für Halbmesser bis herab zu 300 m zugelassen sein, sondern darüber hinaus ausdrücklich allgemein für alle Weichenbogen. Dies ist insofern unbedenklich, als diese Geschwindigkeiten seit Jahrzehnten in Weichen angewendet werden und weil bei den Weichen eine genaue Bogenlage besser gewährleistet ist als bei Bogen der freien Strecke mit kleinen Halbmessern.

Neu ist die Bestimmung (Ziffer 8), daß an Bahnsteigen die Überhöhung nicht mehr als 60 mm betragen soll und Ausnahmen hiervon der Genehmigung des Verkehrsministeriums bedürfen. D. h. mit anderen Worten: Künftig ist in Bogen an Bahnsteigen die zulässige Geschwindigkeit gemäß Gl. 4a auf

$$V_{gr} = 3,6 \cdot \sqrt{H}$$

beschränkt (statt sonst $4,5 \cdot \sqrt{H}$ für Schnelltriebwagen und $4,25 \cdot \sqrt{H}$ für die übrigen Züge). Häufige Ausnahmen von dieser Regel werden sich kaum vermeiden lassen, wenn man nicht lästige Geschwindigkeitsbeschränkungen (z. B. wegen Bahnsteigen an unbedeutenden Haltepunkten) in Kauf nehmen will. Unfälle durch Auf- oder Zuschlagen von Türen, Herausfallen von Kindern aus Zügen usw. ließen sich am sichersten dadurch verhüten, daß die Wagen künftig Schiebetüren erhielten statt der Klapptüren, wie das bei manchen anderen Eisenbahnverwaltungen bereits angestrebt wird. Dann brauchte an Bahnsteigen die Überhöhung und damit die Geschwindigkeit nicht beschränkt zu werden.

Bei den Überhöhungsrampen (§ 5) sind die starren Festsetzungen der alten Obv fallen gelassen. Für die Rampenlängen gelten jetzt die bewährten Werte:

$$\text{Regellänge: } l = 10 \cdot V \cdot \ddot{u} \quad \dots \dots \dots (5)$$

$$\text{Mindestlänge: } l_{kl} = 8 \cdot V \cdot \ddot{u} \quad \dots \dots \dots (6)$$

Zwischen zwei Rampen soll ein gleichmäßig überhöhtes Stück von der Länge $\frac{V}{2}$ vorhanden sein. Diese Forderung ist zu streng und wird sich sehr oft nicht einhalten lassen. Wahrscheinlich wird infolgedessen von den gestatteten Mindestlängen von 20 und 30 m bei V bis 120 bzw. über 120 km/h reichlich Gebrauch gemacht werden. Genügen würde die Länge $\frac{V}{6}$, mindestens aber 15 m. Und bei geschwungenen Rampen (s. unten) ist ein derartiges Zwischenstück mit gleichbleibender Überhöhung selbstverständlich überhaupt nicht nötig.

Die Angabe im § 6, Ziffer 2, wonach beim Einschalten eines Übergangsbogens der Kreisbogen oder die Gerade um ein gewisses Maß f zu verschieben sind, ist überflüssig; denn diese Verschiebung ergibt sich als geometrisch-mathematische Notwendigkeit ohne die geringste Möglichkeit, darüber etwas vorzuschreiben.

Die Frage, in welchen Fällen zwei gleichgerichtete Kreisbogen (Gleichbogen) durch einen Übergangsbogen verbunden werden müssen, ließe sich einfacher beantworten, als es in § 6, Ziffer 6, geschehen ist, nämlich durch die Vorschrift:

Zwischen zwei gleichgerichtete Bogen ist in der Regel ein Übergangsbogen einzuschalten. Ausnahmsweise kann darauf

verzichtet werden, wenn die theoretische Überhöhungen (Gl. 2) der beiden Bogen sich nicht mehr als 90 mm voneinander unterscheiden, d. h. wenn

$$\frac{1000}{H_1} - \frac{1000}{H_2} \leq \frac{7600}{V^2} \quad \dots \dots \dots (7)$$

ist. Dabei ist H_1 der kleinere, H_2 der größere der beiden Halbmesser, beide in m, V die Geschwindigkeit in km/h. Diese Bedingung trägt allen Anforderungen an ruhigen Wagenlauf Rechnung.

Außer der geraden Überhöhungsrampe sind jetzt auch geschwungene Rampen zugelassen. Seit 1935 sind sie in großem Umfange versuchsweise angewendet worden und haben sich insofern gut bewährt, als sie es gestatten, bei gleich gutem Fahrzeuglauf die Seitenverschiebungen der Bogen bis etwa 1,3 m kleiner zu halten, was für die Ausführungsmöglichkeit und Kosten von Linienverbesserungen natürlich sehr wesentlich ist. Die geschwungenen Rampen haben hinsichtlich der praktischen Ausführung keine Schwierigkeiten bereitet. Für die Regel- und Mindestlängen gelten die gleichen Werte wie bei geraden Rampen (Gl. 5 und 6). Die größte Rampenneigung in einer geschwungenen Rampe ist $1:m_M = \frac{2 \cdot \ddot{u}}{l}$. Damit sie den größten zulässigen Wert 1:400 nicht überschreitet, muß die geschwungene Rampe — unabhängig von der Geschwindigkeit — mindestens die Länge $l = 800 \cdot \ddot{u}$ haben.

Die Bestimmungen über Gegenbogen und gleichgerichtete Bogen (§ 7 und 8) tragen den neueren Erkenntnissen hinsichtlich der zweckmäßigen Bogengestaltung Rechnung. Eine Zwischengerade ist nur noch bindend vorgeschrieben, wenn bei Gegenbogen ohne Übergangsbogen

$$\frac{1000}{H_1} + \frac{1000}{H_2} \geq 10 \quad \dots \dots \dots (8)$$

ist, z. B. zwischen Gegenbogen ohne Übergangsbogen mit Halbmessern von 200 m abwärts.

Die Ausrundungshalbmesser der Neigungswechsel (§ 9) sind jetzt von der Geschwindigkeit abhängig gemacht worden. In der Regel soll

$$H_a = V^2 \quad \dots \dots \dots (9)$$

gewählt werden. Bei ungünstigen örtlichen Verhältnissen darf aber bis auf die Maße der BO heruntergegangen werden, d. h. bis auf 2000 m ohne Rücksicht auf die Geschwindigkeit. Dieses Zugeständnis geht etwas zu weit. Denn bei einer Geschwindigkeit von 160 km/h oder mehr wäre ein Ausrundungshalbmesser von nur 2000 m ein recht unbefriedigender Zustand, dessen Zulässigkeit fraglich erscheint. Die Ausrundungshalbmesser sollten den Wert

$$H_a = \frac{V^2}{8} \quad \dots \dots \dots (10)$$

keinesfalls unterschreiten. Es wäre also empfehlenswert, in diesem Punkte über die Forderung der BO hinauszugehen, ähnlich wie man hinsichtlich der zulässigen Rampenneigung von dem Grenzwert der BO (1:300) keinen Gebrauch mehr macht, sondern 1:400 fordert.

Die Bestimmungen über das Vermarken der Gleise (§ 10, Anlage 6) sind ganz umgearbeitet worden und tragen jetzt den praktischen Bedürfnissen viel besser Rechnung als früher. Die Außendienststellen sollen künftig eine „Absteckungsübersicht“ bekommen, die alle Angaben enthält, die für die Gleislage von Bedeutung sind (Anlage 6, Ziffer 14).

Bogentafeln sind nicht mehr verlangt. Sie werden also nach und nach von den Strecken verschwinden; dies ist zweifellos die einfachste und beste Lösung dieser Frage. Die Bogentafeln stammten nämlich aus einer Zeit, wo die Gleise nicht vermarktet wurden. Sie sind aber bei der jetzigen sorgfältigen Gleisvermarkung und Ausrüstung der Dienststellen mit Plänen, Meßstreifen usw. durchaus entbehrlich.

Als Absteckverfahren für die Gleisbogen ist ausdrücklich das Winkelbildverfahren vorgesehen, dessen Vorzüge so bekannt sind, daß darüber kein Wort verloren zu werden braucht.

Abschnitt III.

Grundlagen für die Herstellung des Gleises (§§ 11 bis 20).

Die §§ 11 bis 14 enthalten die neuen Vorschriften über die Verwendung der Schienen (neue und altbrauchbare Schienen, verschleißfeste Schienen, Regellängen, Ausgleichschienen, Leit- und Schutzschienen). Bemerkenswert ist, daß als Regellängen für neue Schienen wie bisher nur 15 und 30 m vorgesehen sind. Die Reichsbahn hält diese Schienenlängen aus praktischen Gründen für angemessen. Gleise mit längeren Schienen oder lückenlos geschweißte Gleise ließen sich wohl verwerfungssicher herstellen; jedoch wären die Vorteile solcher Gleise hinsichtlich des ruhigen Fahrzeuglaufs nicht so bedeutend, wie man früher annahm; und dem Vorteil der geringeren Anzahl von Stößen ständen große Nachteile beim Verlegen und Unterhalten der Gleise gegenüber. Die Reichsbahn beabsichtigt daher nicht, zu längeren Schienen oder gar zum durchgehend geschweißten Gleis überzugehen. Nur auf Brücken oder in Sonderfällen kommen längere Schienen in Frage, z. B. zur Vermeidung kurzer Paßschienen.

Der § 15 gibt genaue Richtlinien dafür, in welchen Fällen Schienen geschweißt werden dürfen. Zur Ausbesserung von Oberflächenfehlern an Schienen (Schleuderstellen und Schlaglöcher) ist die Auftragschweißung ausdrücklich vorgesehen.

Im § 16 ist die Tafel für die Verlegungslücken gegeben, die seit etwa 8 Jahren angewendet wird und sich gut bewährt hat. Die verschiedenen Wärmeverhältnisse in den einzelnen Gegenden des Reiches sind durch Einteilung der Strecken in folgende drei Gruppen berücksichtigt:

A. Besonders hohe Wärmegrade im Sommer und mäßige Kälte im Winter.

B. Mittlere Wärmegrade im Sommer und im Winter.

C. Mäßige Wärmegrade im Sommer und große Kälte im Winter.

In längeren Tunneln werden die Gleise mit 30-m-Schienen ohne Stoßlücken verlegt.

Wanderschuttmittel (§ 17) werden wie bisher angewendet. Als Schuttmittel gegen seitliches Verdrücken von Holzschwellengleisen dürfen in Bogen mit Halbmessern ≤ 500 m nötigenfalls besondere „Sicherungskappen“ an jedem zweiten bis dritten Schwellenkopf des Innenstranges angebracht werden. Sie greifen in die Bettung ein und vergrößern den Widerstand gegen Seitenverschiebung der Schwellen ganz erheblich.

Die §§ 18 bis 20 behandeln ausführlich die Verwendung neuer und altbrauchbarer Oberbaustoffe (Weichholzswellen, Hartholzswellen, Eisenschwellen, Kleiseisen und Bettungstoffe). Diese Bestimmungen waren bisher nur durch Verfügungen bekanntgegeben, in den Obv aber nicht enthalten.

Abschnitt IV. Unterhaltung des Gleises (§§ 21 bis 26).

Dieser Abschnitt ist vollkommen umgestaltet worden. Er enthält jetzt eingehende Anweisungen für die Trockenlegung des Unterbaus und der Bettung (§ 21), für die planmäßige Gleispflege (§ 22) und die gründliche Durcharbeitung der Gleise (§ 23). Besonders wichtig sind die „Richtlinien für die Unterhaltung der Schienenstöße und Beseitigung von Verbiegungen im Gleisgestänge“ (Anlage 8) und die ausführlichen „Richtlinien für das Stopfen der Schwellen“ (Anlage 9). Ein besonderer Abschnitt (§ 25) ist der Verhütung von Gleisverwerfungen gewidmet.

Abschnitt V. Auswechslung oder Erneuerung des Gleises (§§ 27 bis 30).

Auch dieser Abschnitt und die zugehörigen Anlagen 10 (Klotzverfahren) und 11 (Füllformverfahren) sind ausführlicher als bisher. Wichtig ist die Tafel für die Höhenlage der Lehrschienen in überhöhten Bogen und die genaue Beschreibung des „verbesserten Füllformverfahrens“.

Abschnitt VI. Oberbaustoffe (§§ 31 bis 33).

Bei diesem Abschnitt über die Behandlung, Einteilung und Wiederverwendung der Oberbaustoffe sind vor allem die Anlagen 12 bis 14 zu beachten. Die Anlage 12 gibt einen ausführlichen Auszug aus den Lieferbedingungen für alle Oberbaustoffe. In der Anlage 13 ist erstmalig genau vorgeschrieben, wie die alten Schienen vor dem Ausbau zu kennzeichnen sind im Hinblick auf ihre spätere Wiederverwendung. Die Anlage 14 enthält die Gruppeneinteilung der Stoffe mit Rücksicht auf den Abnutzungsgrad; und zwar werden jetzt sechs Verwendungsgruppen unterschieden, gegenüber früher drei. Hierdurch soll eine möglichst weitgehende Ausnutzung der altbrauchbaren Stoffe gewährleistet werden mit dem Ziele der Ersparnis an Eisen und Holz.

Abschnitt VII. Weichen (§§ 34 bis 38).

Dieser Abschnitt ist neu hinzugekommen und füllt eine Lücke in den bisherigen Vorschriften aus. Die Bestimmungen über Weichen befanden sich nur zum Teil verstreut in einzelnen Verfügungen.

Anschließend an den § 34 über die Einteilung der Weichen behandelt der § 35 die Verwendung der Weichen (neue und altbrauchbare Weichen, Holzschwellen und Eisenschwellen, Weichengrundformen im Hinblick auf die betrieblichen Erfordernisse usw.).

Der § 36 über Weichenlage enthält u. a. die seit 1935 geltende Bestimmung, daß bei Weichenbogen, die nur zu Verschiebefahrten benutzt werden, ein Fehlbetrag an Überhöhung bis zu 130 mm zugelassen werden darf (gegenüber sonst 90 mm). Durch diese Bestimmung ist es möglich, bei Außenbogenweichen in durchgehenden Hauptgleisen, deren Außenbogen nur zu Verschiebezwecken dient, den durchgehenden Gleisbogen stärker zu überhöhen und infolgedessen schneller zu befahren. Auf diese Ausnahmebestimmung sollte zweckmäßig im § 4 (5) hingewiesen werden.

Für Bogenweichen ist jetzt ausdrücklich die Ausarbeitung von Weichenüberhöhungsplänen gefordert.

Eingehend ist im § 37 die Unterhaltung und im § 38 die Auswechslung und Erneuerung der Weichen behandelt. Über das Verlegen von Weichen in Ausrundungsbogen von Neigungswechseln ist jetzt Klarheit geschaffen (§ 38, Ziffer 4). Danach dürfen in Ausrundungsbogen mit oben liegendem Mittelpunkt Weichen ohne Einschränkung verlegt werden, dagegen in Ausrundungsbogen mit unten liegendem Mittelpunkt nur dann, wenn der Ausrundungshalbmesser mindestens 5000 m groß ist.

Abschnitt VIII. Betriebliche Vorschriften für die Durchführung der Oberbauarbeiten (§§ 39 bis 41).

Dieser Abschnitt enthält keine wesentlichen Neuerungen gegenüber den alten Obv.

Die neuen Oberbauvorschriften sind nicht nur für die mit dem Oberbau befaßten Reichsbahnbeamten die maßgebende Anweisung, sondern sie sind darüber hinaus ein unentbehrliches Buch für jeden, der sich mit Fragen des Oberbauwesens beschäftigen will.

Die Lokomotiven der vormals Polnischen Staatsbahnen.

Bei der Bildung der Polnischen Staatsbahnen (Polskie Koleje Państwowe = P.K.P.) vor nunmehr 20 Jahren setzte sich der Lokomotivpark mit rund 4600 Stück zu etwa $\frac{2}{3}$ aus ehemals deutschen, hauptsächlich preußischen Maschinen zusammen. Etwa $\frac{1}{3}$ wurde von Österreich übernommen und nur wenige stammten aus dem Besitz der ehemals russischen Bahnen. Die im früher russischen Teile des bisherigen Polens bestehenden breitspurigen Strecken waren mit dem Vordringen der Verbündeten im Weltkrieg von der deutschen Militärverwaltung (M.E.D. Warschau) samt den erbeuteten Fahrzeugen größtenteils schon auf Regelspur umgebaut worden. Der Fahrpark der einzigen regelspurigen Bahnlinie des zaristischen Rußlands, der Warschau-Wiener Bahn, war von den russischen Truppen bei ihrem Rückzuge nach Osten verschleppt worden, und dürfte in den Wirren des Umsturzes von 1917 zugrunde gegangen sein. Heute sind die Hauptbahnen Versailles-Polens durchaus regelspurig, dazu kamen noch Strecken mit 785 mm-Spur im ostoberschlesischen Industriegebiet, sowie einige kleine Zubringerbahnen mit 600 mm-Spur.

Infolge der starken Inanspruchnahme während des Weltkrieges wies der übernommene Fahrpark einen sehr hohen Ausbesserungsstand auf, so daß ein starker Bedarf an betriebsfähigen Lokomotiven vorhanden war. Um diesen zu decken, versuchte man, anderweitig überflüssige Lokomotiven anzukaufen. So gelangten eine größere Anzahl, durch die Einführung des elektrischen Betriebes auf der Gotthardbahn freigewordene, schweizerische Lokomotiven nach Polen. Sodann entschloß man sich zum Weiterbau der gangbarsten der übernommenen Lokomotivgattungen (preußische 2' C h 2 P-Gattung P 8, neue polnische Bezeichnung Ok 1; D h 2 G-Gattung G 8' neu Tp 4; E h 2 G-Gattung G 10 neu Tw 1; österreichische 1' D h 2 G-Reihe 270 neu Tr 12; E h 2 G-Reihe 80.900 neu Tw 12). Weiterhin ging ein großer Auftrag auf insgesamt 175 schwere Güterzuglokomotiven nach Amerika an Baldwin, und schließlich mußte Deutschland im Jahr 1922 nochmals 430 Lokomotiven an Polen abtreten.

Der Weiterbau der übernommenen Lokomotivgattungen wurde jedoch nur als Notmaßnahme angesehen. Das Ziel der Bahnverwaltung war schon bald, eigene nationalpolnische Bauarten zu entwickeln. Da eine polnische Lokomotivindustrie nicht bestand, sondern erst neu geschaffen werden mußte, so wurden für den Entwurf und die Lieferung dieser neuen Bauarten zunächst noch ausländische, vor allem deutsche Fabriken herangezogen.

Zu Anfang der zwanziger Jahre nahmen dann kurz hintereinander drei Werke den Lokomotivbau auf. Die „Erste Polnische Lokomotivfabrik“ in Chrzanow, westlich von Krakau, wurde unter Beteiligung der Österreich-Ungarischen Staatseisenbahngesellschaft gegründet. Die Lokomotivfabrik H. Cegielski in Posen ist auch als Waffenfabrik bekanntgeworden. Schließlich entstand eine dritte Lokomotivfabrik in Warschau selbst. Alle drei Werke liegen innerhalb des von den deutschen Truppen besetzten Gebietes.

Noch kurz ein Wort über die Bezeichnung der Lokomotiven bei den vormals Polnischen Staatsbahnen, die sich an die frühere preußische Bezeichnung anlehnte. Ein großer lateinischer Buchstabe gab die Hauptgattung an, und zwar P (pospiezn) für Sz-Lok., O (osobowy) für Pz-Lok. und T (towarowy) für Gz-Lok. Bei Tenderlokomotiven trat noch ein K (kusy) hinzu. Sodann folgte ein kleiner lateinischer Buchstabe zur Kennzeichnung der Achsanordnung. Schließlich war jede einzelne Gattung noch durch eine Kennzahl bezeichnet, wofür bei den neugeschaffenen Bauarten das Jahr der ersten Beschaffung diente.

Bei den Tendern gab eine Zahl den Wasserinhalt in Kubikmetern und ein großer lateinischer Buchstabe die Zahl der

Achsen an. Sodann folgte wie bei den Lokomotiven die Kennzahl.

Die einzelnen Fahrzeuge jeder Baureihe wurden für sich gezählt und begannen jeweils mit der Betriebsnummer 1.

Wenden wir uns nun der Besprechung der einzelnen neu-entstandenen Lokomotivbauarten zu.

Tr 20. Als erste eigene Lokomotivbauart der Polnischen Staatsbahnen galten ihrer Bezeichnung nach die 175 Stück von Baldwin in Philadelphia gebauten 1' D h 2 G-Lokomotiven der Reihe Tr 20. Sie entsprachen den als „General Pershing Type“ bekanntgewordenen Maschinen der amerikanischen Feldeisenbahnen in Frankreich, und es ist anzunehmen, daß wenigstens ein Teil von ihnen hier bereits Dienst getan hat, oder doch ursprünglich dafür bestimmt war. Die Lokomotive weist die übliche amerikanische Bauart mit Barrenrahmen, mit Zylindergußstücken, die je eine Hälfte des Kesselsattels umfassen, und hochliegendem Kessel mit vorderem Kegelschuß und breiter, über Rahmen und Räder hinausragender Feuerbüchse auf. Die vordere Laufachse liegt in einem Bisselgestell. Die äußere Heusingersteuerung treibt Kolbenschieber mit innerer Einströmung. Die Luftdruckbremse wirkt in Radmitte einklötzig von vorn auf die vier Kuppelachsen. Die Hauptabmessungen der Lokomotive sind: $Tr = 584/660/1440$ mm; $R = 3,17$ m²; $H_f + H_{\bar{u}} = 184 + 42,5$ m²; $p = 12$ atü; $G_r = 63,5$ t; $G_a = 73,0$ t. Der Tender läuft auf zwei Drehgestellen mit Schwanenhalsträgern.

Tr 21. Eine weitere 1' D h 2 G-Lokomotive entstand als erste nationalpolnische Bauart bei der Lokomotivfabrik Chrzanow. Die Maschine zeigt eine auffällige Vermischung preußischer und österreichischer Baugrundsätze. Insbesondere weisen der Plattenrahmen mit der Adamsachse und der hochliegende Kessel mit allseits senkrechten Stehkesselwänden, wie auch die Federanordnung Formen auf, die von anderen von der österreichischen St.E.G.-Fabrik gebauten Maschinen bekannt sind. Dagegen sind die Federn selbst und der einsienige Kreuzkopf preußischer Bauart. Bei den ersten Ausführungen der Lokomotive erhielt die in 2000 mm Achsstand gelagerte letzte Kuppelachse jederseits 20 mm Seitenspiel. Später gab man dies jedoch auf, so daß der feste Achsstand von 3060 mm auf 5060 mm wuchs. Ebenso wurde der Seitenzugregler durch den preußischen Stirnregler ersetzt. Die Heusingersteuerung treibt Kohlschieber von 320 mm Durchmesser mit innerer Einströmung. Die Luftdruckbremse wirkt auf die vier Kuppelachsen einklötzig von vorn. Zum Teil wurden die Lokomotiven mit Knorr-Vorwärmern ausgerüstet. Eine Bestellung von 100 Stück dieser Maschinen ging seinerzeit an zwei belgische Fabriken. Die Hauptabmessungen sind: $Tr = 615/660/1350$ mm; $H_w = 209,3$ m²; $H_{\bar{u}} = 58,5$ m²; $p = 13$ atü; $G_l = 72$ t; $G_r = 64$ t; $G_a = 78$ t.

Der dreiachsige Tender 16 C 11 entspricht der österreichischen Reihe 156. Er besitzt bei einem Fassungsvermögen von 16 m³ Wasser und 7 t Kohle ein Dienstgewicht von 40 t.

Ok 22. Unter den an Polen gelangten preußischen Lokomotiven befand sich, wie bereits erwähnt, auch die 2' C h 2-Gattung P 8, die sich hier wie überall bestens bewährte. Der Kessel dieser Maschine verlangt jedoch mit seiner langen, schmalen, tief zwischen den Rahmen eingeschnürten Feuerbüchse mit 2,6 m² Rostfläche hochwertige Stückkohle. Es trat nun der Wunsch auf, diese Maschine durch Einbau eines Kessels mit größerer Rostfläche zur Verwendung minderwertiger Kohle geeignet zu machen. Der Auftrag hierzu ging nach Deutschland an die Hanomag. Bei der neuen Maschine blieben Rahmen und Triebwerk ungeändert. Durch volle Ausnutzung des Lademaßes I und Höherlegen der Kesselachse auf 3150 mm über S. O. gelang es, einen im Durchmesser um 100 mm

vergrößerten Kessel mit breitem, über Rahmen und Räder hinausragenden Stehkessel unterzubringen. Die Hauptabmessungen dieser Lokomotive sind: $Tr = 575/630/1750$ mm; $R = 4,0$ m²; $H_f = 182,1$ m²; $H_{ii} = 61,6$ m²; $p = 12$ atü; $G_1 = 70,8$ t; $G_r = 51,0$ t; $G_d = 78,9$ t.

Der vierachsige Drehgestellender entspricht dem der P 8-Lokomotive.

Ty 23. Zur Beförderung schwerer Kohlenzüge wurde von Schwartzkopf in Berlin eine 1' E h 2 G-Lokomotive geschaffen. Der hochliegende Kessel von 1800 mm innerem Durchmesser besitzt einen Belpaire-Stehkessel von 4,5 m² Rostfläche. Krebswand und Stehkesselrückwand sind leicht geneigt. Wegen des verwendeten galizischen Schmieröles mit niedrigem Entflammungspunkt wurde die Überhitzung auf 350° C beschränkt. Der Barrenrahmen hat eine Stärke von 100 mm. Die führende Adamsachse besitzt ein Seitenspiel von 2,85 mm. Österreichischer Gepflogenheit folgend ist sie ohne Rückstellung ausgeführt. Die zweite und fünfte Kuppelachse haben jeweils 30 mm Verschiebbarkeit, die Spurkränze der Treibachse sind schwächer gedreht. Der große Kolbenhub von 720 mm, ebenfalls aus Österreich kommend, machte einen Treibraddurchmesser von 1450 mm erforderlich. Die äußere Heusingersteuerung treibt Kolbenschieber von nur 250 mm Durchmesser, gegen 320 mm bei den meisten anderen Bauarten. Die Schieber haben innere Einströmung. Die ersten Maschinen dieser Reihe erhielten Knorr-Vorwärmer, später wurde jedoch die Abdampfstrahlpumpe von Friedmann bevorzugt. Die Hauptabmessungen sind: $Tr = 650/720/1450$ mm; $R = 4,5$ m²; $H_f = 223,9$ m²; $H_{ii} = 73,5$ m²; $p = 14$ atü; $G_1 = 86$ t; $G_r = 85$ t; $G_d = 95,5$ t.

Der Drehgestellender Reihe 22 D 23 besitzt die langen seitlichen österreichischen Einfüllöffnungen sowie das ebenfalls aus Österreich stammende Rohr für die Feuerheizen. Bei einem Fassungsvermögen von 21,5 m³ Wasser und 10 t Kohle wiegt er dienstfertig 53,5 t.

Diese sehr schöne Lokomotive hat das Äußere der weiteren polnischen Neubauten maßgeblich beeinflusst. Sie wurde auch im Jahr 1924 auf der Eisenbahnausstellung in Seddin bei Berlin gezeigt. Zwei von Schwartzkopf auf Vorrat gebaute Lokomotiven wurden von der Polnischen Staatsbahn nicht übernommen. Sie gelangten später auf die Lübeck-Büchener Eisenbahn. Dagegen wurde diese Bauart nach den deutschen Zeichnungen bei belgischen und polnischen Fabriken in großer Zahl von der Polnischen Staatsbahn nachbeschafft. Die große Rostfläche der Lokomotive legte einen Versuch mit mechanischer Beschickung nahe. Im Jahr 1929 wurden daher drei Lokomotiven mit dem amerikanischen „Duplex D 4“-Rostbeschicker ausgerüstet, die bemerkenswerte Brennstoffersparnisse gegenüber Handbeschickung bei Verwendung im gleichen Dienst zeigten.

Os 24. Die gute Bewährung der österreichischen 2' D h 2 P-Lokomotiven (Südbahn, Kaschau-Oderberger Eisenbahn, Österreichische Bundesbahnen) veranlaßte die Polnischen Staatsbahnen für Strecken, auf denen die dreifache Kupplung der Lokomotiven zur Beförderung schwerer Reisezüge nicht mehr ausreichte, ähnliche Maschinen zu beschaffen. Der von Chrzanow ausgeführte Entwurf lehnt sich eng an das österreichische Vorbild an. Die Maschinen erhielten z. T. Kolbenschieber von 320 mm Durchmesser mit innerer Einströmung, teilweise Ventilsteuerung Bauart Lentz in der bekannten österreichischen Ausführung. Bei dieser Bauart wurden Versuche mit verschiedenen Vorwärmanordnungen, Knorr, Friedmann, Dabeg, gemacht. Die Hauptabmessungen sind: $Tr = 615/650/1750$ mm; $R = 4,35$ m²; $H_f = 200,0$ m²; $H_{ii} = 65,3$ m²; $p = 14$ atü; $G_1 = 82,4$ t; $G_r = 63,2$ t; $G_d = 90$ t.

Eine Eigenart der gewählten Achsanordnung 2' D ist es, daß bei der erforderlichen großen Rostfläche der Lokomotive

die breite Feuerbüchse sehr flach wird. Es wurden deshalb nur 60 Stück dieser Bauart beschafft.

Der Tender 27 D 24 zeigt ebenfalls den österreichischen Einfluß. Bei 4800 mm festem Achsstand haben die beiden Mittelachsen jederseits 8 mm Spiel. Bei einem Fassungsvermögen von 27 m³ Wasser und 9,3 t Kohle wiegt er dienstfertig nur 57 t.

OKI 27. Der starke Vorortverkehr, insbesondere auf den damals unter polnischer Verwaltung stehenden Danziger Strecken und im ostoberschlesischen Industriegebiet, forderte die Entwicklung einer leistungsfähigen Tenderlokomotive. Hier fand man in der in einigen Stück nach Polen gelangten sächsischen 1' C 1' h 2 Pt-Lokomotive Reihe XIV HT, neu OKI 101, ein geeignetes Vorbild. Die neue von Cegielski gebaute Maschine hat ebenfalls Plattenrahmen. Die Laufachsen sind als Adamsachsen ausgeführt. Der hochliegende Kessel hat einen glatt anschließenden Crampton-Stehkessel mit allseits senkrechten Wänden. Die seitlichen Wasserkästen reichen von der Rauchkammer bis vor den Stehkessel. Der Raum neben diesem ist frei, eine Maßnahme, die für bequeme Untersuchung desselben sehr vorteilhaft ist. Die Hauptabmessungen dieser, ebenfalls in großer Stückzahl gebauten Lokomotive

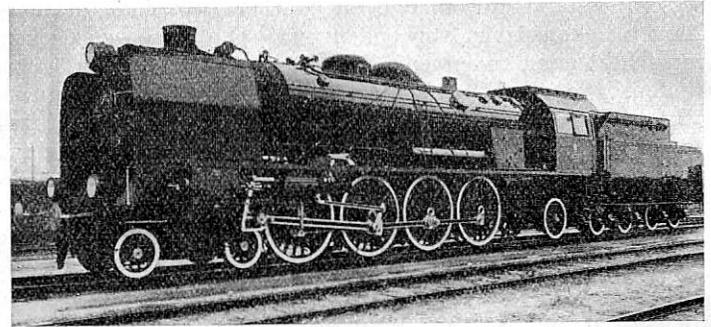


Abb. 1. 2' D 1' h 2 Schnellzuglokomotive Reihe Pu 29 der P. K. P.

sind: $Tr = 540/630/1500$ mm; $R = 2,6$ m²; $H_f = 122,7$ m²; $H_{ii} = 45,2$ m²; $p = 14$ atü; $G_r = 52,5$ t; $G_d = 81,8$ t; Vorräte: 10 m³ Wasser und 3,5 t Kohle.

Pu 29. Zur Beförderung von Schnellzügen bis zu 750 t Gewicht mit einer Geschwindigkeit von 100 km/h in der Waagerechten und 55 km/h auf Steigungen von 5 v. T. wurde von der Lokomotivfabrik Cegielski in Posen eine 2' D 1' h 2 S-Lokomotive entwickelt (Abb. 1). In vielen Einzelheiten lehnt sich diese Bauart wieder an bewährte preußische Formen an. Der Stehkessel mit einer Rostfläche von 4,8 m² besitzt stark geneigte Vorder- und Rückwand. In der Rohrlänge von 6500 mm und in den Durchmessern der Heiz- (65/70 mm) und Rauchrohre (157/165 mm) zeigt sich der Einfluß der Einheitslokomotiven der Reichsbahn. Das tiefliegende Blasrohr besitzt eine Zwischendüse Bauart Kylälä. Der Plattenrahmen hat eine Stärke von 35 mm. Das Drehgestell besitzt 100 mm Spiel nach beiden Seiten. Der feste Achsstand der vier Kuppelachsen beträgt 6000 mm. Die Treibachse ist ohne Spurkranz ausgeführt, die dritte Kuppelachse hat 30 mm Seitenspiel. Das nachlaufende Deichselgestell ist doppelt abgefedert und hat 100 mm Ausschlag. Die Kuppelachsen sind zur Gewichtsverleicherung hohlgebohrt. Die waagerechten Zylinder sind rechts und links austauschbar. Sie besitzen Kolbenschieber von 320 mm Durchmesser mit innerer Einströmung. Die Steuerung ist die Heusingersche. Die Bremse wirkt nur einklötzig von vorn auf die Treibachsen. Das führende Drehgestell und die Schleppachse sind ungebremst. Diese Abbremsung muß als äußerst schwach angesprochen werden. Die Hauptabmessungen der Maschine sind: $Tr = 630/700/1850$ mm; $R = 4,8$ m²; $H_f = 238,5$ m²; $H_{ii} = 86,5$ m²; $p = 15$ atü; $G_1 = 104,5$ t; $G_r = 72,6$ t; $G_d = 113,8$ t.

Der Tender 32 D 29 besitzt zwei Fachwerkdrehgestelle. Bei 32 m³ Wasserinhalt und einem Raum für 9 t Kohle wiegt er dienstfertig 67,6 t.

Pt 31. Wenn die Pu 29 auch die in sie gesetzten Erwartungen erfüllte, so war sie doch wegen ihres großen Gesamtachsstandes nur dort verwendbar, wo genügend große Drehscheiben vorhanden waren. Dies führte zur Schaffung einer bei gleichem Triebwerk und gleichem Reibungsgewicht kürzeren 1' D 1' h 2 S-Lokomotive durch die I. polnische Lokomotivfabrik in Chrzanow. Diese Maschine besitzt Barrenrahmen und führendes Krauß-Helmholtz-Drehgestell. Die Schleppachse ist wieder in einer Deichsel gelagert. Angetrieben wird die dritte Kuppelachse. Sonst gleicht die Maschine äußerlich sehr der sächsischen Reihe XX HV. Ihre Hauptabmessungen sind: Tr = 630/700/1850 mm; R = 4,5 m²; H_f = 239,8 m²; H_ü = 90,2 m²; p = 15 atü; G₁ = 95,4 t; G_r = 73,0 t; G_d = 105,9 t. Der Tender entspricht dem der Reihe Pu 29.

OKz 32. Zur Beförderung von Reisezügen bis zu 400 t Gewicht auf den Gebirgsstrecken der Beskiden mit 26 v. T. Steigung und Krümmungen von 190 m schuf Cegielski eine 1' E 1' h 2 Pt-Lokomotive. Der Kessel hat Rohre von 4500 mm Länge. Der glatt anschließende Stehkessel hat allseits senkrechte Wände. Die Feuerbüchse ist wegen der zu befahrenden Steigungen nach hinten schwach geneigt. Das tief liegende Blasrohr hat Zwischendüsen. Der Barrenrahmen hat 90 mm Stärke. Die Lokomotive besitzt vorderes und hinteres Krauß-Helmholtz-Gestell. Die mittlere Treibachse hat schwächer gedrehte Spurkränze. Sämtliche Achsen sind wieder hohlgebohrt. Die Heusingersteuerung mit Kuhnscher Schleife treibt die üblichen Kolbenschieber von 320 mm Durchmesser. Die seitlichen Wasserkästen reichen wieder nur bis vor den Stehkessel. Ein dritter Wasserkasten liegt unter dem Kohlenbunker hinter dem Führerstand. Die Hauptabmessungen der Lokomotive sind: Tr = 630/700/1450 mm; R = 3,8 m²; H_f = 182 m²; H_ü = 66 m²; p = 15 atü; G₁ = 94 t; G_r = 83,8 t; G_d = 116,6 t; Vorräte: 10 m³ Wasser und 6 t Kohle. Die Lokomotive besitzt von allen europäischen 1' E 1' Tenderlokomotiven die größten Treibräder.

Pm 36. Die großen Erfolge der Deutschen Reichsbahn mit Schnellfahrlokomotiven mit windschnittiger Verkleidung führten auch in Polen zur Schaffung einer verkleideten 2' C 1' h 2 S-Lokomotive. Die von der Warschauer Lokomotivfabrik gebaute Maschine wurde auf der letzten Pariser Weltausstellung gezeigt*). Sie wurde auch ohne Verkleidung ausgeführt. Bei ihr macht sich neuzeitlicher französischer Einfluß bemerkbar, der sich beispielsweise in dem Doppelkamin äußert. Sie hat folgende Abmessungen: Tr = 530/700/2000 mm; R = 3,86 m²; H_f = 198,0 m²; H_ü = 71,2 m²; p = 18 atü; G_r = 51,6 t; G_d = 94,0 t.

Der Drehgestellender 32 D 36 besitzt an der Vorderseite einen Führerhausbau, wodurch ein vollständiger Abschluß erzielt wird, ähnlich wie es bei russischen Lokomotiven der Fall ist. Er faßt 32 m³ Wasser und 9 t Kohle.

Schmalspur: Für die ostoberschlesischen Schmalspurbahnen mit 785 mm Spurweite und vielen engen Krümmungen wurde von Schwartzkopff in Berlin eine E h 2-Tenderlokomotive entwickelt, die besonders durch die Ausführung des Treib- und Laufwerkes bemerkenswert ist (Abb. 2). Dabei sind die erste und dritte Achse im Rahmen fest gelagert. Die zweite Achse besitzt ein Seitenspiel von jederseits 26 mm nach Gölsdorf. Das gleiche Spiel erhielten die beiden letzten Achsen, jedoch wurden sie zur besseren Führung der Lokomotive im Gleis

durch einen in Rahmenmitte drehbar gelagerten Hebel nach Art des Beugnot-Gestelles miteinander verbunden, so daß sie zwangsläufig nach entgegengesetzten Seiten ausweichen. Bei ausreichender Krümmungsbeweglichkeit erhält die Lokomotive eine von der ersten Achse bis zur Mitte der beiden hinteren Achsen reichende geführte Länge von 3150 mm bei 1800 mm festem und 3600 mm ganzem Achsstand. Die wegen des Lichtraummaßes geneigten Dampfzylinder treiben die mittlere Achse. Um ein seitliches Ausknicken der Kuppelstangen bei den beiden Hinterachsen sicher zu vermeiden, sind diese an den Kurbeln einer hinter den Achsen im Rahmen gelagerten Blindwelle nochmals geführt. Die Heusingersteuerung mit Kuhnscher Schleife treibt Kolbenschieber. Die Hauptabmessungen dieser Maschine sind: Tr = 450/400/810 mm; R = 1,6 m²; H_f = 55,7 m²; H_ü = 21,5 m²; p = 13 atü; G₁ = 32 t; G_r = G_d = 42 t; Vorräte: 4,2 m³ Wasser und 1,6 t Kohle. Die gleiche Lokomotive wurde von Schwartzkopff mit 750 mm Spurweite auch nach Bulgarien geliefert.

Für die Zubringerbahnen mit 600 mm Spurweite lieferte die Hanomag eine D n 2-Tenderlokomotive. Diese besitzt trotz der schmalen Spur Barrenrahmen und waagerechte Zylinder mit Kolbenschiebern. Ihre Hauptabmessungen lauten: Tr = 285/350/650 mm; R = 0,76 m²; H_w = 37,6 m²; p = 12 atü; G_d = 19,1 t; Vorräte: 4,6 m³ Wasser, 1 t Kohle.

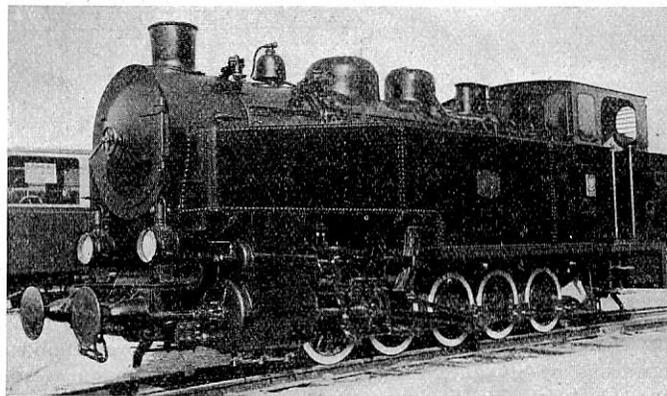


Abb. 2. E h 2-Tenderlokomotive mit 785 mm Spurweite für die ostoberschlesischen Schmalspurbahnen.

Auslandslieferungen: Zum Schluß noch kurz einige Worte über die Auslandslieferungen der polnischen Lokomotivfabriken. Diese Bestellungen konnten nur zu äußerst niedrigen Preisen durch rücksichtsloses Unterbieten sämtlicher anderer Mitbewerber hereingeholt werden. Dieses Unterbieten wieder war nur dadurch möglich, daß der polnische Staat durch reichliche Ausfuhrkredite die sonst unvermeidlichen Verluste übernahm und deckte. Diese Außenhandelspolitik des Staates ist seinerzeit von polnischen Wirtschaftskreisen verschiedentlich scharf angegriffen worden. Insbesondere wurde dabei auch darauf hingewiesen, daß die Polnischen Staatsbahnen selbst nicht über eine ausreichende Anzahl neuer und genügend leistungsfähiger Lokomotiven verfügten.

An bemerkenswerten Neubauten für ausländische Bahnen seien die folgenden erwähnt. Die Lokomotivfabrik in Chrzanow lieferte nach französischen Zeichnungen eine 1' D 1' h 2 P-Lokomotive Reihe 141 A der französischen Bahnen in Marokko, sowie nach deutschem Entwurf die 1' D 1' h 2-Einheits-Schnellzuglokomotive der Bulgarischen Staatsbahnen. Den gleichen Kessel und viele gleiche Einzelteile hat die von Cegielski gelieferte 1' F 2' h 2-Einheits-Tenderlokomotive für Bulgarien. Diese Firma lieferte auch für die Kiangnan-Bahn in China eine 2' C 1' h 2 P-Lokomotive, die deutlich von der Preußischen Staatsbahn stammende Formen verrät.

Dr. W. Lübsen, VDI.

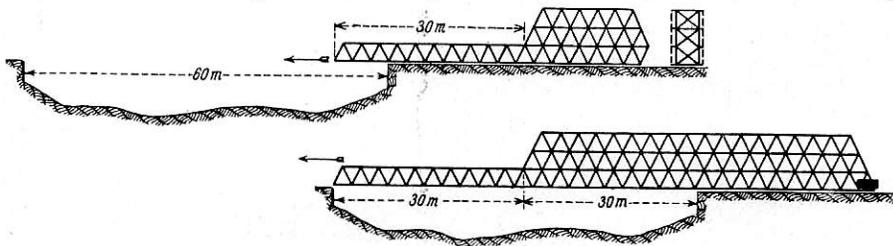
*) Vergl. Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1938, S. 19.

Rundschau.

Bahnunterbau, Brücken und Tunnel; Bahnoberbau.

Der Bau von Callender-Hamilton-Einheitsbrücken.

Das sind zerlegbare Fachwerke mit steigenden und fallenden Schrägen, Neigungswinkel 60° , mit Ständern in jedem Obergurtknoten, Maschenweite rund 3 m, Abstand der Hauptträger 4 m, Fahrbahn unten, Straßenbreite 3 m. Die Tragwerke ermöglichen das Überbrücken von Flüssen oder anderen Hindernissen ohne Gerüste. Auf einem Ufer werden zwei Gleitschienen verlegt und darauf das Tragwerk zusammengebaut. Um es freischwebend über das Hindernis hinwegziehen zu können, wird an seinem Ende ein Anhänger derselben Bauart angesetzt, der als Gegengewicht dient und überdies noch mit einem Gegengewicht beschwert wird. Bei starkem Seitenwind wird die Tragwerksspitze vom gegenüberliegenden Ufer durch Windseile gesichert. Nach vollzogenem Einschub wird der Anhänger wieder rückgebaut.



Dreistöckiges Fachwerk.

Eine solche Längsverschiebung wurde in einem Werkshofe mit einem 27 m langen Tragwerk von 27 t Gewicht vorgenommen. Es entfielen 15 m auf die endgültige Öffnung und 12 m auf den Anhänger. Das Tragwerk war auf Gleitschuhen gelagert, zwei Mann zogen es mit einer Winde vorwärts, die Zugkraft betrug etwa 3,5 t.

Die Gleitschienen liegen in einer Steigung von 1:80 in der Gleitrichtung, damit die freischwebende Spitze des vorgeschobenen Tragwerkes auf ihr endgültiges Widerlager niedergelassen werden kann. Doch ist eine Steigung der Gleitschienen nicht unbedingt erforderlich, wenn man die Tragwerksspitze beim Widerlager anhebt.

Statt des Anhängers kann auch an der Tragwerksspitze ein Nasenträger verwendet werden oder beide gleichzeitig. Das richtet sich nach den örtlichen Verhältnissen.

Die einzelnen Glieder sind normalisiert und gegeneinander vertauschbar. Die Gurte und zum Teil auch die Schrägen bestehen aus je zwei Winkeln $152 \times 152 \times 10$ mm, zur Verbindung dienen 25 und 38 mm starke Schraubenbolzen. Anhänger und Nase können immer wieder für andere Brückenbauten verwendet werden, besondere Facharbeiter sind nicht erforderlich. Alle Glieder können auch mit der Hand eingesetzt werden.

Man kann die Stützweiten durch Aufbau von einem oder von zwei Stockwerken vergrößern. Gleichzeitig werden die Hauptträger zweiwandig ausgebildet. Ein dreistöckiges Fachwerk mit Nase ist in der Abbildung dargestellt. Während des Verschiebens bleiben die Hauptträger einwandig. Sie werden mit Kreuzen ausgesteift. Nach der Verschiebung werden die äußeren Tragwände und die Endposten eingesetzt. Dabei müssen die Schrägen von den Enden gegen die Mitte zu gleichzeitig eingebaut, die Gurte in den Viertelpunkten geschlossen werden. Die Bolzenlöcher dürfen keinesfalls erweitert werden, man darf sich höchstens zugespitzte Dorne bedienen.

Das Vorschieben ist wahrscheinlich das sicherste, aber doch nicht das einzige Verfahren. Wenn z. B. auf einem Ufer zu wenig Platz für das Zusammenbauen längerer Träger vorhanden ist, dann wird bei den Royal Engineers das Vorderende des Tragwerkes durch Derricks vom gegenüberliegenden Ufer gehalten, das auf Rollen ruhende Tragwerk wird in dem Maße, als hinten angebaut wird, nach vorne gezogen. Dieses Verfahren erfordert die Verstärkung der Untergurte, die ja vorübergehend auf Biegung beansprucht werden, und schwere Winden und ist auf Stützweiten bis zu 43 m beschränkt. Zwei- und dreistöckige Brücken sind so schwer, daß sie nach diesem Verfahren noch nicht verschoben wurden.

Das Einheitstragwerk kann auch als Gerüstpfeiler verwendet werden. Man kann mehrere solcher Pfeiler errichten und das Tragwerk über sie hinüberschieben oder immer vom auskragendem Ende des Schwebeträgers einen Pfeiler nach dem anderen aufbauen. Schließlich wird noch die Verwendung von Kränen, Kabelkranen und die Ausnützung der Gezeiten erwähnt.

(Engineering vom 23. Juni 1939. Konstruktive Einzelheiten im Jahrgang 1935.) Ke-

Bahnhöfe nebst Ausstattung.

Sektor-Drehscheibe.

In einem Kopfbahnhof einer französischen Hafenanlage (Port-Vendres) ergab sich die Notwendigkeit, wegen mangelnden Platzes für Weichen zum Umsetzen der Lokomotiven eine Sektor-Drehscheibe außergewöhnlicher Länge einzubauen. Sie hat eine Länge von 24 m, eine Tragkraft von 200 t und bedient vier Gleise.

Der Drehzapfen liegt 2,80 m von dem einen Ende der Scheibe entfernt. Man hatte erst geplant, diese Drehscheibe in der Bauart auszuführen, wie sie bereits in Boulogne steht. Bei dieser Ausführung läuft die Brücke der Drehscheibe auf drei Schienen. In Port-Vendres hat man indessen insgesamt sechs Schienengleise für die Laufräder der Drehscheibe angeordnet. Dies war möglich, weil

der Baugrund in Port-Vendres sehr felsig ist und dadurch keine Gefahr für eine Senkung der Fundamente vorhanden ist. Dadurch konnte die Höhe der Träger wesentlich gesenkt werden.

Der Königszapfen dient zur Führung beim Schwenken und zur Aufnahme der horizontalen Schubkräfte beim Auf- und Abfahren der Lokomotiven. Er trägt auch die Stromschleifringe. An der Schmalseite des Sektors steht ein kreisförmiger Prellbock, um das Überfahren der Drehscheibe zu verhindern. Die Drehscheibe wird elektrisch angetrieben. Der Führerstand befindet sich in einem am langen Ende angebauten Führerhäuschen. Kinkeldei.

Rev. gén. Chem. de Fer. 1. März 1939.

Lokomotiven und Wagen.

Neue Lokomotiven der Türkischen Staatsbahnen.

Für ihre auf 18,5 t Achsdruck verstärkten anatolischen Strecken haben die Türkischen Staatsbahnen eine Anzahl 1'D 1'-Schnellzug- und 1'E-Güterzuglokomotiven von Henschel & Sohn in Kassel beschafft. Die Strecken weisen eine größte Steigung von 25 v. T. und Krümmungen bis zu 150 m auf. Als Höchstgeschwindigkeit

waren 100 km/h bzw. 70 km/h gefordert. Weiterhin war Anlehnung an die bekannten Bauformen der Deutschen Reichsbahn und weitestgehende Vereinheitlichung und Austauschbarkeit der Einzelteile der beiden Bauarten zur Bedingung gemacht. Dieses Ziel wurde in hohem Maße erreicht. So sind der Kessel bis auf die Rauchkammer, die Rauchkammertür mit Verschlüssen, die

gesamte Kesselausrüstung, die Zylinder, die gesamte Steuerung, das Führerhaus, der Rahmen des führenden Krauß-Helmholtz-Gestelles samt dem Laufradsatz, die Achswellen und Achslager der Treib- und Kuppelachsen, der vollständige Tender und viele weitere Teile des Rahmens, des Triebwerkes, der Federung und der sonstigen Ausrüstung der beiden Maschinen vollständig gleich und austauschbar.

Der 3100 mm über S.O. liegende Kessel besteht aus zwei Schüssen und enthält 43 Rauchrohre von 135/143 mm und 106 Heizrohre von 49/54 mm Durchmesser bei 6000 mm freier Rohrlänge. Die Feuerbüchse hat stark geneigte Vorder- und Rückwand. Der schwach geneigte 4 m² große Rost besitzt in der Mitte ein Kippfeld mit Spindeltrieb. Die Speisung erfolgt durch einen Abdampfvorwärmer Bauart Knorr und eine Strahlpumpe von Friedmann. Die Dampfentnahme erfolgt durch einen Ventilregler von Schmidt und Wagner. Der Überhitzerkasten ist zweiteilig ausgeführt.

Der Barrenrahmen von 90 mm Stärke ist allseitig bearbeitet und ausreichend versteift. Das Krauß-Helmholtz-Gestell gibt der Laufachse 125 mm und der Kuppelachse 30 mm Ausschlag. Der Drehzapfen hat 70 mm Seitenspiel und Rückstellung durch zwei Blattfedern. Bei der Schnellzuglokomotive hat die Schleppachse 80 mm Ausschlag, während bei der Güterzuglokomotive die letzte Achse 30 mm Seitenspiel aufweist. Außerdem hat bei beiden Maschinen die dritte Kuppelachse, die zugleich Triebachse ist, um 15 mm schwächere Spurkränze.

Die waagrecht liegenden Außenzylinder sind für rechts und links nach dem gleichen Modell gegossen. Sie haben Kolbenschieber von 300 mm Durchmesser mit losen Büchsen. Die Heusingersteuerung gestattet Füllungen bis zu 80 v. H. für beide Fahrtrichtungen. Auf den Schieberkästen sitzt der Druckausgleicher mit luftgesteuerten Eckventilen.

Die Luftdruckbremse wirkt auf sämtliche Kuppelräder einklötzig von vorn. Die Laufachsen sind ungebremst.

Die Fachwerkdrehgestelle des Tenders sind gleich mit denen des Tenders der früher gelieferten 2'D und 1'E 1'-Lokomotiven der Türkischen Staatsbahnen.

Die Hauptabmessungen der neuen Lokomotiven sind:

		1' D 1'	1' E
		Schnellzug-	Güterzug-
		Lokomotive	Lokomotive
Spurweite	mm	1435	1435
Zylinderdurchmesser	„	650	650
Kolbenhub	„	660	660
Treibraddurchmesser	„	1750	1450
Laufraddurchmesser	„	850/1250	850
Fester Achsstand	„	3800	3800
Gesamtachsstand	„	11900	10300
Kesseldruck	kg/cm ²	16	16
Heizflächen fb.			
Feuerbüchse	m ²	15,84	15,84
Rohre	„	207,3	207,3
Verdampfungsfläche	„	223,14	223,14
Überhitzer	„	105,75	105,75
Leergewicht	t	94,75	95,9
Dienstgewicht	„	104,36	105,14
Reibungsgewicht	„	72,81	91,14
Tender:			
Raddurchmesser	mm	1000	1000
Drehgestellachsstand	„	1700	1700
Gesamtachsstand	„	5200	5200
Wasservorrat	m ³	29	29
Kohlenvorrat	t	8	8
Leergewicht	„	26,46	26,46
Dienstgewicht	„	63,46	63,46

Gesamtachsstand von Lokomotive

und Tender	mm	19460	18960
Gesamtlänge über Puffer	„	22860	22360

Die Maschinen haben den Erwartungen entsprochen, so daß eine größere Nachbestellung erfolgte, an deren Ausführung auch die Fr. Krupp A.G. beteiligt ist. Dr. Lübsen, VDI.

(Die Lokomotive, August 1939.)

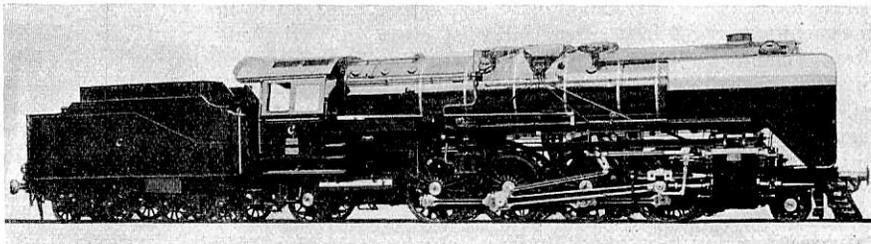


Abb. 1. 1'-D 1'-Schnellzuglokomotive für die Türkei.

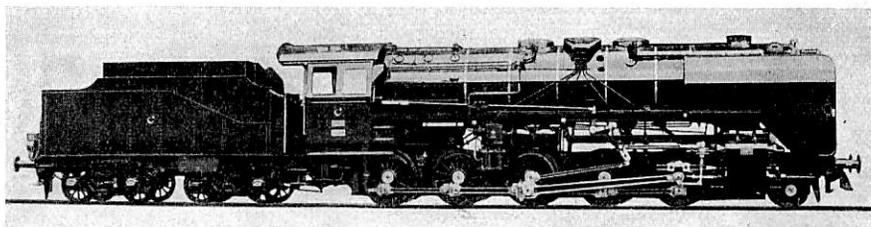
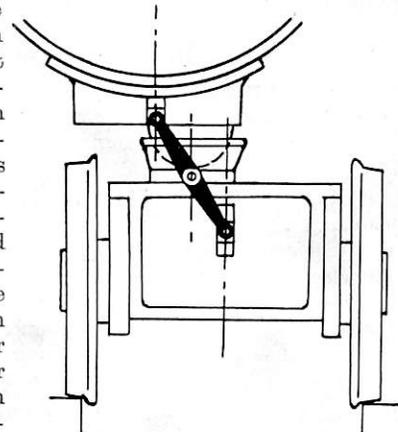


Abb. 2. 1'-E-Güterzuglokomotive für die Türkei.

Kesselauflagerung bei Mallet-Lokomotiven.

Bei Mallet-Lokomotiven stützt sich der vordere Teil des Kessels meist in einer ebenen Gleitfläche auf dem Vordergestell ab, wodurch lediglich eine seitliche Verschiebung von Kessel und Gestell in waagerechter Ebene möglich ist.

Auf Strecken mit nicht ganz einwandfreier Gleislage erscheint jedoch auch eine Verwindungsmöglichkeit des Vordergestelles gegenüber der senkrechten Längsebene des Kessels zweckmäßig. Diese läßt sich durch reine Dreipunktauflage des Kessels leicht ausführen. Dabei ist die Auflage am Vorderrahmen als Kugelaufgabe ausgeführt und bildet den einen Stützpunkt, während die Federn des mit dem Kessel fest verbundenen hinteren Gestelles je rechts und links untereinander durch Ausgleichhebel verbunden sind und die beiden anderen Stützpunkte bilden. Der seitliche Ausschlag wird dabei durch Verschiebbarkeit entweder des auf dem Rahmen oder des am Kessel befindlichen Teiles der Auflagerung ermöglicht.



Kesselauflagerung bei Mallet-Lokomotiven.

Diese Bauart hat jedoch ebenfalls noch einen Nachteil. Beim Durchfahren scharfer Krümmungen schlägt das Vordergestell so weit seitlich aus, daß hierdurch die Lastverteilung der Lokomotive gestört wird, und durch einseitige Überlastung Federbrüche und selbst Entgleisungen vorkommen können. Je nachdem ob die seitliche Verschiebbarkeit des vorderen Kessellagers nun an der am Kessel angeordneten Kugel oder an der auf dem Rahmen liegenden Pflanze vorgesehen ist, werden hierdurch die am Außenstrang der Krümmung laufenden Räder des Hauptrahmens oder des Vordergestelles zusätzlich belastet.

Bei einer für die Brasilianische Zentralbahn gelieferten (1' D) D 2'-Mallet-Lokomotive haben nun Henschel & Sohn eine

neue Auflagerung entwickelt, die durch Verteilung der Druckänderungen auf Hauptrahmen und Vordergestell die zusätzlichen Belastungen an den einzelnen Federn herabsetzt.

Zu diesem Zwecke ist sowohl die Kugel am Kessel als auch die Pfanne auf dem Rahmen des Vordergestelles seitlich verschiebbar angeordnet. Außerdem befinden sich an der Vorder- und Rückseite der Pfanne je ein bei Fahrt im geraden Gleis senkrecht stehender Hebel. Der obere und der untere Endpunkt dieses Hebels ist in senkrechten Gleitbahnen des Kesselträgers und der Rahmenquerverbindung geführt. Der Hebel ist etwa im Verhältnis 1:1 geteilt. Damit halbiert die Achse der Kesselauflagerung auch den Ausschlag zwischen Kesselachse und Gestellmitte wenn das Gestell bei der Fahrt durch Krümmungen seitlich ausschlägt. Durch Lagerung auf sich kreuzenden Keilbahnen ist die Pfanne gleichzeitig als Rückstellvorrichtung für das Vordergestell ausgebildet.

(Die Lokomotive 1939, Nr. 6.)

Dr. Lübsen, VDI.

Zahnradgetriebe für 100 000 Umdrehungen in der Minute.

Ein Beispiel für die Leistungsfähigkeit des neuzeitlichen Getriebebaues, das schnellste Zahnradgetriebe der Welt, führte die Fried. Krupp Aktiengesellschaft, Essen, auf der Leipziger Messe vor. Auf der Welle eines Drehstrommotors von 3000 Umdr./Min. ist ein Zahnrad von 265 mm Durchmesser mit 82 Zähnen auf doppeltem Zahnkranz aufgeschraubt, das in zwei, aus dem Vollen des Wellenwerkstoffes herausgearbeitete Ritzel mit 17 Zähnen eingreift. Auf der Ritzelwelle ist ein zweites Zahnrad mit 90 Zähnen aufgeschraubt, das ebenfalls mit doppelter Schrägverzahnung in das aus dem Vollen gearbeitete Abtriebsritzil mit 13 Zähnen eingreift. Die Gesamtübersetzung beträgt 1:33,33 aufgeteilt in 1:4,824 und 1:6,923. Bei 100 000 Umdr./Min. oder 1667 Umdr./Sek. führt das letzte Ritzel in einer Minute 1,3 Millionen, in einer Sekunde 21 667 Zahneingriffe aus. Es hat 29 mm Außendurchmesser; seine Umfangsgeschwindigkeit beträgt 152 m/sec, was einer Stundengeschwindigkeit von 547 km gleichkommt. Die Lagertemperaturen stiegen dank der einwandfreien Lösung der Schmierung bereits bei den ersten Probeläufen nicht nennenswert über 40° C. Eine schnelllaufende, durch einen Elektromotor angetriebene Pumpe saugt das Öl aus der Ölwanne des Getriebes und drückt es mit etwa 2 at durch mehrere Filtereinsätze und den Röhrenkühler zu den einzelnen Schmierstellen und Ölbrausen. Das abfließende Öl sammelt sich in der Wanne und der Kreislauf beginnt von neuem. Das Getriebe läuft vollkommen erschütterungsfrei und mit kaum wahrnehmbarem Lagergeräusch und ist für 150 PS bemessen.

Schn.

Die Mason-Lokomotive.

Beim Entwurf und Bau neuzeitlicher leistungsfähiger Dampflokomotiven sind vor allem zwei Fragen befriedigend zu lösen: Der Bogenlauf der Lokomotiven und die genügende Luftzuführung unter den Rost.

Die erste Frage hat in den verschiedenen Gelenklokomotiven Lösungen erfahren, von denen die Bauarten von Mallet und Garratt größere Verbreitung gefunden haben. Dabei ergibt die Bauart Garratt mit ihrem zwischen den beiden Triebgestellen angeordneten Kessel mit frei durchhängendem Stehkessel und damit möglichem großen Aschkasten mit ausreichenden Luftklappen auch eine einwandfreie Lösung der zweiten Frage.

Gegenüber den genannten Bauarten ist die Mason-Lokomotive, die sich vor etwa 50 Jahren in Amerika einer gewissen Verbreitung erfreut hat, in Vergessenheit geraten. Sie besitzt je ein Treib- und ein Laufdrehgestell mit einfachem Kessel, dessen Feuerbüchse zwischen den beiden Gestellen durchhängt. Ihr Nach-

teil liegt darin, daß bei dem Antrieb der Achsen durch das gewöhnliche Triebwerk mit Kuppelstangen bei höheren Geschwindigkeiten die freien Massenkräfte zu störenden Bewegungen des Triebgestelles führen. Diese wieder haben ungünstige Rückwirkungen auf die Gleislage zur Folge.

Prof. Meineke schlägt nun in Glasers Annalen vor, diese Bauart mit zeitgemäßen Mitteln zu neuem Leben zu erwecken. Zu diesem Zwecke bringt er die Skizze einer rückwärts laufenden (1'D₀1')3'-Mason-Lokomotive, die in ihrer Leistung der Reihe 06 der Deutschen Reichsbahn entspricht. Auf den beiden Drehgestellen ruht der Hauptrahmen, der den Kessel, das Führerhaus und den Brennstoffbehälter trägt. Die Auflage erfolgt beim Laufgestell durch Kugelnzapfen, beim Triebgestell durch seitliche Stützen. Der Kessel besitzt eine tiefe Feuerbüchse, deren großer Rauminhalt sich auch sehr gut für Kohlenstaubfeuerung eignet. Die gemeinsame Lage von Kessel und Brennstoffbehälter auf der Rahmenbrücke legt die Anwendung mechanischer Feuerung nahe. Das Triebgestell besitzt Außenrahmen. Zur Vermeidung freier Massenkräfte ist Einzelachsenantrieb vorgesehen. Trotz der Beweglichkeit der Endachsen des Triebgestelles, die nach Bauart Adams ausgeführt sind, kann bei der großen geführten Länge ruhiger Lauf des Triebgestelles erwartet werden. Die Dampfzuführung erfolgt durch den hohlen Drehzapfen. Das Wasser wird auf einem besonderen Tender mitgeführt.

(Glasers Ann., 15. 8. 39.)

Dr. Lübsen.

Automatisch-mechanisches Kraftfahrzeuggetriebe

Bauart Kreis.

Die „Rundschau Deutscher Technik“ enthält in ihrer Nummer vom 12. Oktober 1939 die Beschreibung eines von Ingenieur Kreis erfundenen selbsttätigen Getriebes für Kraftfahrzeuge. Das Getriebe hat drei Gänge und eine Vorgelegewelle. Die drei Antriebsräder sitzen mittels Hohlwellen auf der Motorantriebswelle. Die Kupplungen für diese drei Hohlwellen sitzen zusammen in einem besonderen Gehäuse. Wesentlich ist nun, daß diese drei Kupplungen Fliehkraftkupplungen sind, die sich bei Erreichung einer entsprechenden Drehzahl selbsttätig einrücken. Da nun selbstverständlich bei der Höchstdrehzahl, also Einschaltung des dritten Ganges, auch die beiden anderen Kupplungen eingeschaltet sind, so sind in die Zahnräder Freiläufe eingebaut, so daß bei höherer Drehzahl die Antriebe der niedrigeren Drehzahlen überholt werden.

Die Kupplung des ersten Ganges ist eine radial wirkende Kupplung, bei der die Backen selbst die Fliehkraftgewichte bilden. Die beiden Kupplungen für Gang 2 und 3 dagegen sind Scheibenkupplungen bei denen die Fliehkraftgewichte achsiale Kupplungsbacken herausdrücken. — Der ganze Kupplungsteil ist in einem Gehäuse von sehr geringem Raumbedarf untergebracht.

Die vorhandenen Handschalthebel dienen nur zur Schaltung des Rückwärtsganges, zur vollständigen Abschaltung des Motors und zur Steuerung eines Freilaufs, damit der Motor im zweiten Gang zum Bremsen herangezogen werden kann.

Die Schaltbereiche der einzelnen Gänge überschneiden sich etwas, da sonst in einem bestimmten Fahrbereich ständig hin und her geschaltet werden würde. Durch die Form der Führungsflächen bei Kupplung II und III muß beim Zurückgehen der Fliehkraftgewichte ein etwas größerer Widerstand überwunden werden als beim Einschalten, so daß das Ausschalten bei einer, etwas niedrigeren Drehzahl erfolgt, als das Einschalten.

Ein 2,5-Literwagen mit einem solchen Getriebe hat zu Versuchszwecken bereits eine Strecke von über 100 000 km in der Großstadt und in den Alpen zurückgelegt.

Über die weitere Erprobung soll nach der Quelle später berichtet werden.

Dr. Ue.

Sämtliche in diesem Heft besprochenen oder angezeigten Bücher sind durch alle Buchhandlungen zu beziehen.

Der Sonderabdruck der in dem „Organ“ enthaltenen Originalaufsätze oder des Berichtes, mit oder ohne Quellenangabe, ist ohne Genehmigung des Verfassers, des Verlages und Herausgebers nicht erlaubt und wird als Nachdruck verfolgt.

Als Herausgeber verantwortlich: Direktor bei der Reichsbahn Dr. Ing. Heinrich Uebelacker in Nürnberg. — Verlag von Julius Springer in Berlin.

Druck von Carl Ritter & Co., Wiesbaden.