

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. Juni 1939

Heft 12

Verfahren zur Bestimmung der Lokomotivleistung mit einfachen Hilfsmitteln.

Von Ing. F. L. Angerer, Wien.

Das nachstehend beschriebene Verfahren verdankt seine Entstehung dem Wunsche, bei der Untersuchung von Speisewasservorwärmern im Lokomotivbetriebe Aufschluß über die Lokomotivleistung im Verlaufe der Fahrt zu erhalten, doch ist es für alle Fälle anwendbar, in denen die Anstrengung oder die Arbeitsleistung von Lokomotiven ermittelt werden soll*). Es soll kein Ersatz für Untersuchungen mit Meßwagen sein, sondern durch seine Einfachheit und das Entfallen aller Vorbereitungen zur Ergänzung der Meßwagenfahrten die häufige Durchführung von Leistungs- bzw. Arbeitsmessungen an Lokomotiven im normalen Betriebe ermöglichen; auch wenn kein Meßwagen zur Verfügung steht. Ein besonderer Vorteil des Verfahrens liegt in der raschen Auswertung, die, mit dem Rechenschieber als Hilfsmittel, auch für eine längere Fahrt nur wenige Stunden erfordert.

Für den einzuschlagenden Weg war bestimmend, daß die nötigen Messungen im normalen Betriebe und ohne an der Lokomotive irgendwelche Apparate anzubringen gemacht werden können, außerdem wenig Zeit und keine besondere Aufmerksamkeit erfordern und daher die Beobachtungen, welche den Hauptzweck der Versuchsfahrt bilden, nicht beeinträchtigen.

Der einzuschlagende Vorgang ist folgender: Es werden während der Fahrt in beliebigen Abständen Aufzeichnungen über die Fahrgeschwindigkeit und den Ort (Streckenkilometer) ihrer Messung gemacht. Durch diese Meßpunkte wird die Fahrt in einzelne Abschnitte geteilt, deren Anfangs- und Endpunkte mit aus dem Längenprofil bestimmbarer Höhenlage sowie die in diesen Punkten gemessenen Fahrgeschwindigkeiten bekannt sind.

Wenn man bezeichnet mit

A die im Meßabschnitt geleistete Zugförderungsarbeit in tm je Tonne Zuggewicht (tm/t), mit

A_h die Höhe, um welche der Zug im Meßabschnitt gehoben wurde in m ; d. i. die Hubarbeit in tm/t , mit

A_w die zur Überwindung des Laufwiderstandes im Meßabschnitt aufgewendete Arbeit in kgkm/t oder gleichbedeutend tm/t und mit

A_b den Zuwachs an lebendiger Kraft des Zuges in tm/t , so gilt für jeden Meßabschnitt die Energiebilanz

$$1) \dots \dots \dots A = A_h + A_w + A_b$$

Von den drei Größen auf der rechten Seite der Gleichung sind A_h und A_b aus den gemessenen Werten genau bestimmbar und nur A_w unsicher, da der Laufwiderstand für die vorliegende Fahrt unbekannt ist. Um über seine Größe Aufschluß zu erhalten, werden auch im Auslauf (bei Zugkraft null) Geschwindigkeit und Ort aufgezeichnet. Aus

$$1a) \dots \dots \dots 0 = A_h + A_w + A_b$$

kann A_w und daraus der Laufwiderstand für die einzelnen Meßabschnitte im Auslauf gerechnet werden. Die so erhaltenen Widerstandswerte enthalten alle zufälligen Einflüsse bei der vorliegenden Fahrt wie z. B. Zusammensetzung des Zuges, leichter oder schwerer Lauf desselben usw., welche mit den bekannten Widerstandsformeln doch nicht für jeden besonderen

*) Vergl. Sanzin, Abgekürztes Verfahren zur Berechnung von Lokomotivleistungen. „Die Lokomotive“ 1909, S. 121.

Einzelfall ermittelt werden können. Außerdem ist darin auch der Krümmungswiderstand entsprechend den Richtungsverhältnissen der betrachteten Streckenabschnitte enthalten.

Als einziges Meßgerät benötigt man, wenn nicht ein genauer Geschwindigkeitsmesser zur Verfügung steht, eine Stoppuhr mit Geschwindigkeitsteilung, am besten für 200 m Meßstrecke. Wie im einzelnen vorzugehen ist, wird nachstehend an Hand von Beispielen erläutert.

A. Aufzeichnungen während der Fahrt.

Die Aufzeichnung von Geschwindigkeit, Ort und Uhrzeit ist unbedingt beim Öffnen und Schließen des Reglers (Ein- und Ausschalten der Zugkraft) vorzunehmen und erfolgt am besten zeichnerisch in einem Schaubild mit der Zeit als Abszisse wie unter ① auf Abb. 3 dargestellt, in welches auch alle sonstigen Messungen eingetragen werden können. Wenn nur die gesamte Zugförderungsarbeit gesucht wird, sind während der Fahrt mit arbeitender Lokomotive keine weiteren Messungen nötig. Will man ein genaueres Bild der Fahrt erhalten, werden häufigere Messungen vorgenommen, etwa bei Änderungen der Zugkraft (Füllung bzw. Fahrstufe) sowie am Anfang und Ende von Steigungen oder willkürlich in Abständen von 2 bis 5 km, wobei weder die Länge noch die Regelmäßigkeit der Abstände von Belang ist. In Beschleunigungsabschnitten nach Aufhalten oder Langsamfahrstellen geben Meßstrecken von etwa 1 km Länge gute Ergebnisse.

Messungen im Auslauf mit abgeschalteter Zugkraft und gelösten Bremsen sind so oft als möglich vorzunehmen, da hieraus der Laufwiderstand des Zuges berechnet werden soll. Je länger eine zusammenhängende Auslaufstrecke ist, desto genauer ist das Ergebnis. Es empfiehlt sich die Messungen im Auslauf etwa in Abständen von 1 km zu machen, da, insbesondere wenn man den Lokomotivführer bei betriebsmäßigen Fahrten gänzlich unbeeinflusst arbeiten läßt, oft unvermittelt eine Bremsung oder Öffnen des Reglers erfolgt. Nach Bremsungen ist vor einer neuerlichen Messung abzuwarten, bis die Bremsen verlässlich gelöst sind.

B. Behelfe für die Auswertung.

Für die Auswertung des Ergebnisses zeichnet man als Behelf ein Längenprofil der Versuchsstrecke auf Millimeterpapier, etwa in den Maßstäben $1 \text{ cm} = 1 \text{ km}$ für die Längen und $1 \text{ cm} = 10 \text{ m}$ für die Höhen. Aus diesem kann man schnell die Höhen für jeden Streckenpunkt ablesen, wobei 0.1 m noch geschätzt werden können.

C. Auswertung.

a) Bezeichnungen:

Es bedeuten:

- S_1 den Streckenkilometer am Beginn des Meßabschnittes,
- S_2 den Streckenkilometer am Ende des Meßabschnittes,
- s in km die Länge des Meßabschnittes,
- V_1 in km/h die Geschwindigkeit im Streckenpunkt S_1 ,
- V_2 in km/h die Geschwindigkeit im Streckenpunkt S_2 ,
- V_m in km/h die mittlere Geschwindigkeit im Meßabschnitt,
- H_1 in m die Seehöhe des Streckenpunktes S_1 ,
- H_2 in m die Seehöhe des Streckenpunktes S_2 .

w in kg/t den Laufwiderstand des Zuges bei der Geschwindigkeit V_m und
 t in Minuten die zum Durchfahren des Meßabschnittes benötigte Zeit.

Die Größen A, A_h, A_w und A_b wurden bereits besprochen.

S_1, S_2, H_1 und H_2 gelten streng genommen für den Schwerpunkt des Zuges. Dies wird näherungsweise dadurch berücksichtigt, daß man aus der Zusammensetzung des Zuges den Abstand des Schwerpunktes vom Beobachterstandort (Führerstand) ermittelt und, sofern er bedeutend ist, die aufgezeichneten Kilometerzahlen damit berichtigt. So wurden in Beispiel 1 (13-Wagen-D-Zug) 0,1 km von den aufgezeichneten Werten abgezogen, in Beispiel 2 (4-Wagen-Vorortzug) hingegen keine Berichtigung vorgenommen.

Zwischen den einzelnen Größen bestehen folgende Zusammenhänge:

2) $s = |S_2 - S_1|$ (Absolutwert),

3) $A_h = H_2 - H_1$

V_m wird für kürzere Meßabschnitte (bis etwa 10 km), in denen keine großen Geschwindigkeitsschwankungen auftreten, als das arithmetische Mittel $V_m = \frac{V_1 + V_2}{2}$ bestimmt; dann ist aus

4) $t \cdot \frac{V_m}{60} = s$

t zu ermitteln. Für lange Meßabschnitte und insbesondere im ersten Anfahrabschnitt nach einem Stillstand wird umgekehrt V_m nach Gl. 4) aus t gerechnet. In den Beispielen sind die auf letztere Art gefundenen Werte mit * bezeichnet. Die Summen der t, für zusammenhängende größere Fahrabschnitte gebildet, lassen durch Vergleich mit dem tatsächlichen Zeitaufwand eine Nachprüfung der Genauigkeit der Geschwindigkeitsmessung zu und es können Fehlmessungen erkannt werden, wenn sich größere Abweichungen zeigen.

Die Widerstandsarbeit A_w ergibt sich aus

5) $A_w = w \cdot s.$

Hierin ist w für V_m einzusetzen. Die Bestimmung von w wird im nächsten Abschnitt behandelt.

Die Beschleunigungsarbeit findet man aus

6) $A_b = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g \cdot 3,6^2} \cdot (1 + \rho),$

wobei ρ den Einfluß der umlaufenden Massen der Radsätze (Motoren bzw. Getriebe) berücksichtigt. Für Züge mit Dampflokomotiven kann $\rho \doteq 0,06$ gesetzt werden, so daß

6a) $A_b = \frac{V_2^2 - V_1^2}{240}.$

Für Sonderfälle muß ρ berechnet werden.

b) Bestimmung des Laufwiderstandes (siehe Zahlentafel I und II).

Aus den Gl. 1a) und 5) ergibt sich

7) $A_w = -(A_h + A_b) = w \cdot s.$

In die Spalten 2, 3, 5 und 6 werden die auf Auslaufstrecken aufgezeichneten Werte von S_1, S_2, V_1 und V_2 eingetragen (gegebenenfalls S_1 und S_2 mit der oben erwähnten Berichtigung für den Schwerpunktsabstand). Sodann werden aus dem Längenprofil die zu S_1 und S_2 gehörigen Werte von H_1 und H_2 entnommen und in die Spalten 7 und 8 eingetragen. Hierauf bildet man den Absolutwert $|S_2 - S_1| = s$ in jeder Zeile und trägt ihn in Spalte 4 ein. Die Differenz $H_2 - H_1 = A_h$ kommt

in Spalte 9, $A_b = \frac{V_2^2 - V_1^2}{240}$ (mit dem Rechenschieber $\frac{(V_2 + V_1) \cdot (V_2 - V_1)}{240}$) in Spalte 10. Dann wird $A_w = -(A_h + A_b)$

gebildet und in Spalte 11 eingetragen. Mit s aus Spalte 4 wird $w = \frac{A_w}{s}$ berechnet, womit der Laufwiderstand (Spalte 12) gefunden ist. In Spalte 13 kommt die hierzu gehörige mittlere

Geschwindigkeit $V_m = \frac{V_1 + V_2}{2}$ (aus 5 und 6). Die Werte für

w streuen in der Regel stark und es kommen auch solche vor, deren Unrichtigkeit sofort zu erkennen ist. Diese letzteren bleiben weiterhin außer Betracht.

Zahlentafel I.

Datum: 22. 7. 1937. Strecke: Wien West—Salzburg. Zug Nr. D 121. Belastung: 577 t.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Auslauf-Meßstrecke				Geschwindigkeit im Punkte S_1	Geschwindigkeit im Punkte S_2	Seehöhe des Punktes S_1	Seehöhe des Punktes S_2	Hubarbeit	Beschleunigungsarbeit	Widerstandsarbeit	Laufwiderstand	Mittlere Geschwindigkeit	Anmerkung	
Fortl. Nr.	Anfang	Ende	Länge											
Nr.	S_1	S_2	s	V_1	V_2	H_1	H_2	A_h	A_b	A_w	w	V_m	$V_m \cdot s$	
	km	km	km	km/h	km/h	m	m	tm/t	tm/t	tm/t	kg/t	km/h	km/h . km	
1	25,6	27,0	1,4	63	78	356,7	342,5	- 14,2	8,8	5,6	4,00	70,5	98,7	
2	44,6	47,8	3,2	92	84	248,2	244,8	- 3,4	- 5,9	9,3	2,90	88	281,6	
3	57,8	61,3	3,5	85	60	268,0	275,0	7,0	- 15,1	8,1	2,31	72,5	253,8	
4	66,0	70,9	4,9	86	86	269,2	251,3	- 17,9	0	17,9	3,65	86	421,4	
5	76,7	79,7	3,0	100	98	239,1	228,3	- 10,8	- 1,7	12,5	4,17	99	297,0	
6	79,7	83,2	3,5	98	78	228,3	230,5	2,2	- 14,7	12,5	3,54	88	308,5	
7	83,2	84,8	1,6	78	74	230,5	227,1	- 3,4	- 2,5	5,9	3,68	76	121,6	
8	151,5	154,4	2,9	78	92	347,0	327,3	- 19,7	9,9	9,8	3,38	85	246,5	
9	162,5	168,6	6,1	88	88	278,1	252,0	- 26,1	0	26,1	4,28	88	536,8	
10	179,1	183,0	3,9	88	66	254,3	258,0	3,7	- 14,1	10,4	2,67	77	300,3	
11	291,5	296,9	5,4	86	87	536,8	516,4	- 20,4	0,7	19,7	3,65	90*	486,0	
Summe			39,4							138,3		3440,8		
Mittelwert . .											3,53	84,5		

Zahlentafel II.

Datum: 24. 1. 1938. Strecke: Neulengbach—Wien West. Zug Nr. 354. Belastung: 84 t.

Auslauf-Meßstrecke				Geschwindigkeit im Punkte S ₁	Geschwindigkeit im Punkte S ₂	Seehöhe des Punktes S ₁	Seehöhe des Punktes S ₂	Hubarbeit	Beschleunigungsarbeit	Widerstandsarbeit	Laufwiderstand	Mittlere Geschwindigkeit	
Fortl. Nr.	Anfang	Ende	Länge										
Nr.	S ₁	S ₂	s	V ₁	V ₂	H ₁	H ₂	A _h	A _b	A _w	w	V _m	V _m · s
	km	km	km	km/h	km/h	m	m	tm/t	tm/t	tm/t	kg/t	km/h	km/h · km
1	24,2	23,5	0,7	44	54	357,3	350,2	— 7,1	4,1	3,0	4,28	49	34,3
2	19,2	17,5	1,7	50	68	311,7	294,4	— 17,3	8,9	8,4	4,94	59	100,3
3	16,2	14,1	2,1	50	72	281,2	260,2	— 21,0	11,2	9,8	4,67	61	128,1
4	10,6	9,9	0,7	66	68	236,6	232,5	— 4,1	1,1	3,0	4,28	67	46,9
5	7,6	6,5	1,1	73	71	220,5	215,0	— 5,5	— 1,2	6,7	6,09	72	79,2
Summe			6,3							30,9			
Mittelwert											4,90	61,7	388,8

Nun werden für w und V_m die Mittelwerte gebildet. Man kann entweder für beide Größen die arithmetischen Mittel suchen oder, von der Erwägung ausgehend, daß die Genauigkeit des Einzelergebnisses mit wachsender Länge von s zunimmt, diesen letzteren Wert der Einzelbeobachtung als Gewicht zuordnen und die Mittelwerte $\frac{\sum [w \cdot s]}{\sum s}$ und $\frac{\sum [V_m \cdot s]}{\sum s}$ bilden, wie dies in den Zahlentafeln geschehen ist. Da in Spalte 11 w · s = A_w schon vorliegt, ist lediglich die Kolonne

zu addieren um, $\sum [w \cdot s]$ zu erhalten. Für die Bestimmung des Mittelwertes für V_m werden noch in Spalte 14 die Produkte V_m · s eingetragen und die Kolonne addiert. Jede dieser beiden Summen wird durch die Summe der Spalte 4 geteilt und dies gibt dann die gesuchten Mittelwerte für w und V_m. Als Widerstandsgleichung, welche dann weiterhin Verwendung finden soll, wird die einfache Form $w = a + \frac{V^2}{b}$ gewählt, da sich Ungenauigkeiten in den Werten für den Lauf-

Zahlentafel III.

Datum: 22. 7. 1937. Strecke: Wien West—Salzburg. Lokomotive Nr. 214.10. Zug Nr. D 121.

Belastung: 52 Achsen = 577 t Wagenzuggewicht.

Meßstrecke				Geschwindigkeit im Punkte S ₁	Geschwindigkeit im Punkte S ₂	Mittlere Geschwindigkeit	Laufwiderstand	Seehöhe des Punktes S ₁	Seehöhe des Punktes S ₂	Hubarbeit	Widerstandsarbeit	Beschleunigungsarbeit	Zugförderungsarbeit	Fahrzeit	Indiz. Zugkraft	Indiz. Leistung	Fortlaufende Summe der Zugförderungsarbeit	Anmerkung
Fortl. Nr.	Anfang	Ende	Länge															
Nr.	S ₁	S ₂	s	V ₁	V ₂	V _m	w	H ₁	H ₂	A _h	A _w	A _b	A	t	Z _i	N _i	ΣA	
	km	km	km	km/h	km/h	km/h	kg/t	m	m	tm/t	tm/t	tm/t	tm/t	min	kg	PS _i	tm/t	
1	0,1	25,6	25,5	0	63	54,7*	2,64	208,1	356,7	148,6	67,3	16,6	232,5	28*	7520	1520	232,5	
2	36,9	44,6	7,7	100	92	96	3,97	245,5	248,3	2,8	30,6	— 6,4	27,0	4,82	2890	1025	259,5	
3	47,8	57,8	10,0	84	85	81*	3,40	244,8	268,0	23,2	34,0	0,7	57,9	7,4*	4780	1435	317,4	
4	61,3	65,9	4,6	60	86	73	3,14	275,0	269,5	— 5,5	14,4	15,8	24,7	3,78	4430	1200	342,1	
5	70,9	76,7	5,8	86	100	93	3,85	251,3	239,2	— 12,1	22,3	10,9	21,1	3,74	3000	1035	363,2	
6	85,2	151,6	66,4	75	78	83*	3,47	225,5	346,3	120,8	230,4	1,9	353,1	48*	4390	1350	716,3	
7	168,9	179,1	10,2	88	88	90*	3,73	252,0	254,2	2,2	38,0	0	40,2	6,8*	3250	1085	756,5	
8	183,6	186,4	2,8	65	65	65	2,90	258,5	259,8	1,3	8,1	0	9,4	2,58	2780	670	765,9	
9	187,5	188,0	0,5	13		20*	2,09	261,2	262,5	1,3	1,0	2,3	4,6	1,5*	7600	565	770,5	
10	188,4	209,7	21,3	0	100	71*	3,08	263,0	313,0	50,0	65,6	41,7	157,3	18*	6100	1600	927,8	
11	212,8	241,5	28,7	0	91	73,3*	3,15	317,0	408,1	91,1	90,4	34,6	216,1	23,5*	6220	1690	1143,9	
12	243,3	279,5	36,2	0	77	69*	3,02	414,9	592,7	177,8	109,3	24,8	311,9	31,5*	7100	1810	1455,8	
13	287,3	291,1	3,8	65	86	75,5	3,22	542,5	538,8	— 3,7	12,2	13,2	21,7	3,02	4710	1315	1477,5	
14	297,6	301,5	3,9	86	85	85,5	3,56	516,0	514,0	— 2,0	13,9	— 0,7	11,2	2,73	2370	755	1488,7	
Summe ...			227,4							595,8	737,5	155,4	1488,7	185,37				
Mittelwert .						73,6									5400	1470		

Für die Teilstrecke Linz—Salzburg, lange Steigungen bis zu 10‰, eine Anfahrt und zwei Zwischenaufenthalte:

$$\frac{\Sigma A_h}{\Sigma A} = \frac{313,2}{718,2} = 43,6 \%$$

$$\frac{\Sigma A_w}{\Sigma A} = \frac{291,4}{718,2} = 40,6 \%$$

$$\frac{\Sigma A_b}{\Sigma A} = \frac{113,6}{718,2} = 15,8 \%$$

In Beispiel 2, sehr oft haltender Vorortzug, Steigungen und Gefälle bis zu 10‰, ist für die ganze Strecke:

$$\frac{\Sigma A_h}{\Sigma A} = \frac{64,6}{307,0} = 21,0 \%$$

$$\frac{\Sigma A_w}{\Sigma A} = \frac{66,8}{307,0} = 21,8 \%$$

$$\frac{\Sigma A_b}{\Sigma A} = \frac{175,6}{307,0} = 57,2 \%$$

Hier sieht man das Überwiegen der Beschleunigungsarbeit infolge der vielen Aufenthalte.

Die bisher erhaltenen Werte beziehen sich auf die Tonne Gesamtzuggewicht und sind daher mit diesem zu vervielfachen, um die Zugförderungsarbeit \bar{A} für den ganzen Zug zu finden. Will man die indizierte Arbeit \bar{A}_i der Lokomotive erhalten, muß man hierzu noch die zusätzliche Widerstandsarbeit der Lokomotivmaschine unter Dampf berücksichtigen. Es ist daher $\bar{A}_i \cdot (1 - n) = \bar{A} = G \cdot A$ oder

$$8) \dots \dots \bar{A}_i = \frac{1}{1 - n} \cdot G \cdot A \quad \text{in mt.}$$

Hierbei ist n , der Anteil der zusätzlichen Reibungsarbeit in Prozent von \bar{A}_i , zu schätzen. Er ist etwa $n = 7 \div 10\%$. Im vorliegenden Fall wurde $\frac{1}{1 - n} = 1,1$ gewählt, also $n = 9,1\%$, mit Rücksicht auf die besonders wirksame Leerlaufeinrichtung der untersuchten Lokomotiven, welche außerordentlich niedrige Widerstände bei der Fahrt ohne Dampf zur Folge hat.

Es ist daher für Beispiel 1 nach Zahlentafel III die indizierte Lokomotivarbeit für die ganze Strecke, da das Wagenzuggewicht $G_w = 577$ t und das mittlere Gewicht von Lokomotive und Tender $G_L = 173$ t, $G = G_w + G_L = 750$ t,

$$\bar{A}_i = 1,1 \cdot 750 \cdot 1488,7 = 1228000 \text{ tm}$$

oder

$$\bar{A}_{PS,h} = \frac{1,1 \cdot 750 \cdot 1488,7}{270} = 4550 \text{ PS}_h.$$

Für Beispiel 2 nach Zahlentafel V ergibt sich in gleicher Weise $G_w = 84$ t, $G_L = 45$ t, $G = 129$ t,

$$\bar{A}_i = 1,1 \cdot 129 \cdot 307,0 = 43600 \text{ tm}$$

oder

$$\bar{A}_{PS,h} = \frac{1,1 \cdot 129 \cdot 307,0}{270} = 161,5 \text{ PS}_h.$$

Sollten es die besonderen Verhältnisse der Versuchsfahrt erfordern, könnte G_L auch entsprechend den sich ändernden Tendervorräten abschnittsweise mit verschiedenen Werten eingesetzt werden.

d) Zugkraft und Leistung.

Die indizierte Zugkraft kann für jeden Meßabschnitt aus der Arbeit A (Spalte 14) und dem Weg s (Spalte 4) gefunden werden.

Da \bar{A}_i nach Gl. 8) die indizierte Arbeit der Lokomotive in tm oder kg.km darstellt, ist diese nur durch s in km zu

teilen, um die indizierte Zugkraft Z_i in kg zu erhalten, so daß also

$$9) \dots \dots \dots Z_i = \frac{1}{1 - n} \cdot G \cdot \frac{A}{s}$$

oder in besonderen Zahlen für Beispiel 1:

$$Z_i = 1,1 \cdot 750 \cdot \frac{A}{s} = 825 \cdot \frac{A}{s} \text{ kg,}$$

welche Werte in Zahlentafel IV in Spalte 16 eingetragen sind. In Spalte 17 sind die zugehörigen Füllungen vermerkt. Die

so erhaltenen Zugkräfte für 30% Füllung sind in einem Schaubild (Abb. 2) über der Fahrgeschwindigkeit als Abszisse aufgetragen. Zum Vergleich ist auch der Verlauf der indizierten Zugkraft bei 30% Füllung nach mit dieser Lokomotivreihe durchgeführten Indikatorversuchen eingetragen.

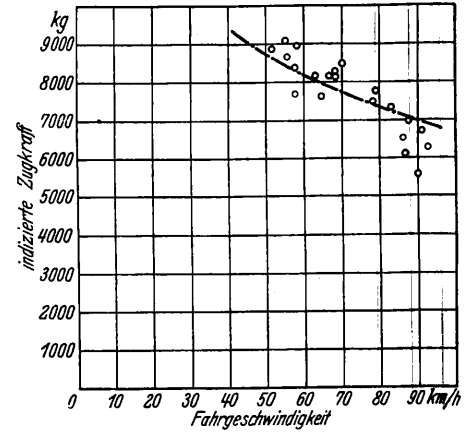


Abb. 2. Indizierte Zugkraft für = 30%.

o gemäß Beispiel 1 gerechnet,
- - - nach Indikatorversuchen.

Die indizierte Leistung N_i ließe sich aus der Beziehung $N_i = \frac{Z_i \cdot V}{270}$ bestimmen, doch wurde dies

nur zur Nachprüfung der Ergebnisse aus der folgenden Ableitung verwendet, welche, ohne vorher Z_i zu ermitteln, direkt N_i ergibt.

$$\bar{A}_{mkg} = 1000 \cdot \frac{1}{1 - n} \cdot G \cdot A \text{ ist die indizierte Arbeit in}$$

mkg; 60 t ist die Zeit in Sekunden, in welcher diese Arbeit geleistet wurde (t aus Spalte 15); dann ist:

$$10) \dots \dots N_i = 1000 \cdot \frac{1}{1 - n} \cdot G \cdot \frac{A}{60 \cdot t \cdot 75}$$

oder in den besonderen Zahlen des Beispiels 1:

$$N_i = 1000 \cdot 1,1 \cdot 750 \cdot \frac{1}{60 \cdot 75} \cdot \frac{A}{t} = 183,3 \frac{A}{t} \text{ PS}_i.$$

Diese Werte sind in Spalte 18 der Zahlentafel IV eingetragen sowie in Schaulinie ② der Abb. 3 über der Zeit als Abszisse dargestellt. In gleicher Weise läßt sich aus den Summenwerten von A und s bzw. t für die ganze Strecke oder für Teile derselben die mittlere Zugkraft bzw. Leistung berechnen.

Bei der Durchsicht der so erhaltenen Ergebnisse für Z_i und N_i und noch mehr bei deren zeichnerischer Darstellung bemerkt man mitunter zwei aufeinanderfolgende Werte, von denen in auffallender Weise einer zu hoch und der andere zu niedrig erscheint, wie z. B. in den Zeilen 51 und 52 der Zahlentafel IV. Hier liegt eine fehlerhafte Geschwindigkeitsmessung vor, nämlich 92 km/h bei km 202,6, was sich aus der bildlichen Darstellung der Geschwindigkeit (① auf Abb. 3) vermuten, aber noch nicht mit Sicherheit behaupten läßt. Die Fehlmessung ist zu streichen und beide anschließenden Meßabschnitte in einen zusammenzuziehen, wie in der Fußnote zu Zahlentafel IV angeführt. Die so erhaltenen Werte (für Schaulinie ② der Abb. 3 strichliert) fallen jetzt nicht mehr aus der Reihe. Für die Ermittlung der Gesamtarbeit (Summe der Spalte 14) sind solche Fehlmessungen ohne Belang, da, abgesehen von einer vernachlässigbar kleinen Änderung von w und daher auch A_w als Folge der falsch eingesetzten Geschwindigkeit, A_b in dem einen Abschnitt um ebensoviel zu

groß erscheint als es im anderen zu klein ist, was an der Summe nichts ändert.

D. Beispiel für eine Anwendung des Verfahrens.

Zur Untersuchung des Speisewasservorwärmers*) der 1'D2'-Heißdampf-Zwillings-Schnellzuglokomotive Reihe 214** der vormaligen Österreichischen Bundesbahnen wurden bei Meßfahrten mit fahrplanmäßigen Zügen die Speisewassertemperatur im Speiskopf und die Arbeitsgeschwindigkeit der Speisepumpe aufgezeichnet. Für die in Beispiel 1 behandelte Fahrt sind die beobachteten Werte dieser Größen in den Schaulinien ③ und ④ der Abb. 3 dargestellt.

Der Verbrauch an Tenderwasser betrug für die ganze Strecke 32 m³. Aus dem Verlauf der Speisewassertemperatur wurde errechnet, daß 10% Abdampfcondensat im (Misch-)Vorwärmer niedergeschlagen wurden, das sind 3,2 t. Die

wiegend war und danach die erzielten Vorwärmertemperaturen zu beurteilen.

Zunächst ist in Schaulinie ⑥ durch graphische Integration der schraffierten Fläche in Schaubild ④ die Summenlinie der Pumpenhübe gebildet. Mit der näherungsweise Annahme, daß die Speisepumpe mit jedem Doppelhub die gleiche Wassermenge fördert, kann man diese Linie auch als Summenlinie der Speisewasserzufuhr auffassen, wenn man den Maßstab ⑤ anwendet, der so bestimmt wird, daß der Endordinate der Linie ⑥ (20,75 cm = 8300 Doppelhübe) die Gesamtspeisewassermenge (35,2 t) entspricht; also 1 t = 0,59 cm.

Weiter ist die Linie des Dampfverbrauches für Bremse und Nebenbetriebe (strichpunktiert) als Gerade vom Ursprung bis zur Endordinate 1,3 t = 0,77 cm gezogen.

Schließlich ist angenommen, daß der Dampfverbrauch der Lokomotivmaschine der geleisteten Arbeit verhältnismäßig

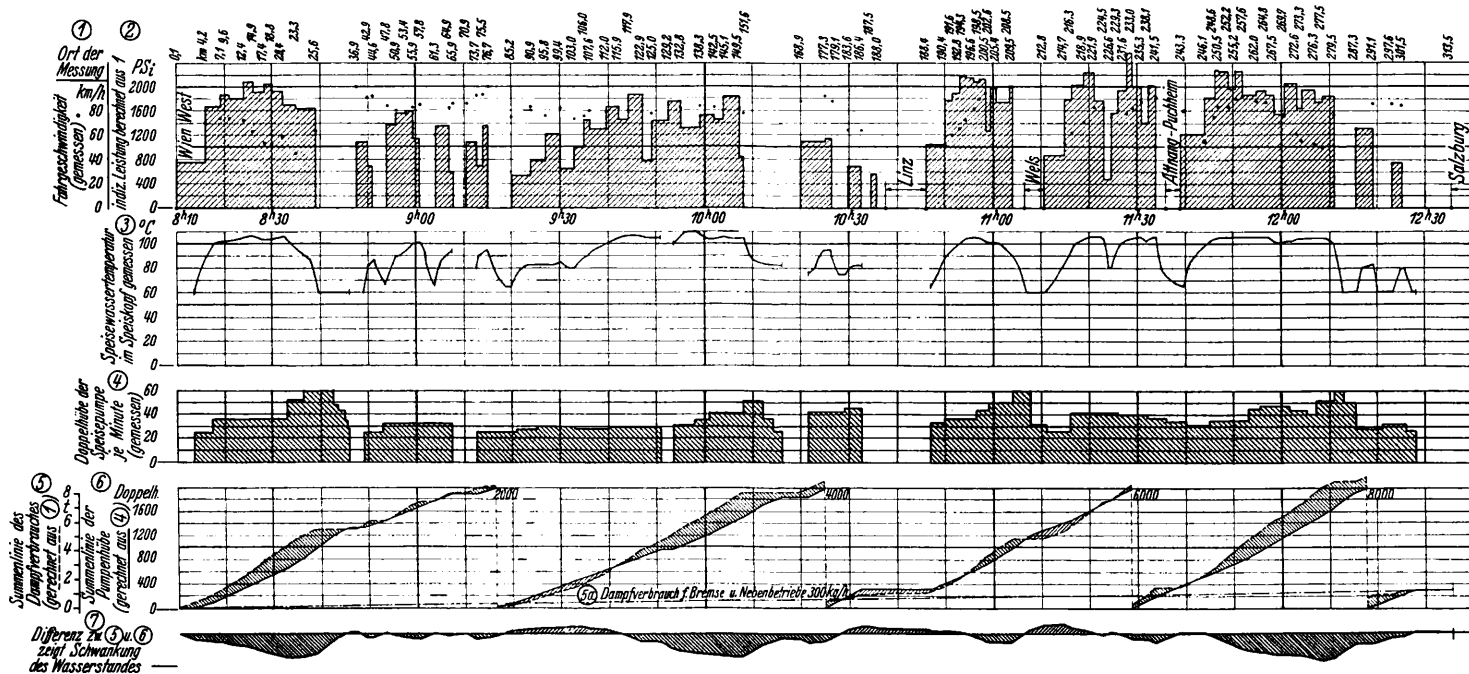


Abb. 3. Schaulinien zu Beispiel 1.

Wasserstände im Kessel zu Beginn und Ende der Fahrt waren dieselben, so daß die gesamte gespeiste und verdampfte Wassermenge 35,2 t beträgt. Rechnet man für Bremse und Hilfsbetriebe einen stündlichen Dampfverbrauch von 300 kg, so gibt dies für 4 h 26 min rund 1300 kg und als Verbrauch der Lokomotiv-Dampfmaschine bleiben 33900 kg.

Daraus ergibt sich für die laut unserer Berechnung geleisteten 4550 PS_h ein mittlerer Dampfverbrauch von $\frac{33900}{4550} = 7,45 \text{ kg/PS}_{h}$.

Nachfolgend soll nun näherungsweise der Verlauf des Wasserstandes im Kessel bestimmt werden, um zu erkennen, wann die Dampfabgabe oder die Speisewasserzufuhr über-

*) Abdampf-Speisewasservorwärmer Patent Heintl mit Warmwasserspeicher, vergleiche Lehner, 2-C-2 Heißdampf-Zwillings-Tenderlokomotive der Österreichischen Bundesbahnen. Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1932, S. 218; ferner: Heintl Hot Water Feed System for Locomotives, „The Locomotive“ 1935, S. 228, 264 und 297.

***) Vergleiche Lehner, Die 1-D-2 Schnellzuglokomotiven der Österreichischen Bundesbahnen. Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1930, S. 133. Die letzte Ausführung dieser Lokomotivreihe, der die untersuchte Maschine angehörte, sowie die Heintl-Vorwärmanlage Type V mit Warmwasserspeicher im Tender ist beschrieben in: Seidl, 1-D-2 Heißdampf-Zwillings-Schnellzuglokomotive Reihe 214 der Österreichischen Bundesbahnen (3. Lieferung). „Die Lokomotive“ 1937, S. 37.

ist. Da in Zahlentafel IV Spalte 19 schon die fortlaufenden Summenwerte der Arbeit gebildet sind, ist nur der Maßstab zu bestimmen, nach welchem diese Werte von der eben gezogenen Linie des Dampfverbrauches der Nebenbetriebe aufzutragen sind. Da die Endordinate der Dampfverbrauchslinie in unserem Falle gleich ist mit der der Linie ⑥ (weil am Ende der Fahrt derselbe Wasserstand vorhanden war wie zu Beginn) müssen 1504,7 tm/t der Ordinatendifferenz 20,75 — 0,77 = 19,98 cm entsprechen, daher 1 tm/t = 0,01328 cm. Auf diese Weise ist Schaulinie ⑤ gefunden.

Die Summe des gespeisten Wassers (Linie ⑥) weniger der Summe des verdampften Wassers (Linie ⑤) gibt für jeden Zeitpunkt ein Maß für den Wasserstand im Kessel, bezogen auf dessen Höhe zu Beginn der Fahrt. In Schaulinie ⑦ ist die Schwankung des Wasserstandes, die schon aus Schaubild ⑤ ⑥ entnommen werden kann (schraffierte Fläche), übersichtlich dargestellt.

Zusammenfassung.

Ausgehend von Aufzeichnungen über die Fahrgeschwindigkeit und den Ort (Streckenkilometer), wo diese gemessen wurde, wird aus dem Längenprofil die Höhenlage der Meßstellen bestimmt und zwischen je zwei Meßpunkten die Zugförderungsarbeit je Tonne Zuggewicht aus ihren Anteilen, a) Hubarbeit, b) Änderung der kinetischen Energie und c) Arbeit zur Über-

windung des Laufwiderstandes, ermittelt. Von diesen drei Größen sind a) und b) genau bestimmbar. Der Laufwiderstand des Zuges wird für den speziellen Fall aus Geschwindigkeitsmessungen bei abgeschalteter Zugkraft auf gleiche Weise bestimmt, da bei Zugkraft null die Abnahme der potentiellen (a) und kinetischen (b) Energie zur Gänze für die Überwindung der Laufwiderstandsarbeit (c) aufgewendet wurde. Mit dem Mittelwert, der so gefundenen Widerstände wird eine einfache Widerstandsformel aufgestellt, welche dann den bei der vorliegenden Fahrt herrschenden Verhältnissen, wie leichter oder

schwerer Lauf des Zuges, Wind, mittlere Krümmungsverhältnisse, Gleiszustand usw. in weitgehendem Maße Rechnung trägt. Mit dieser Widerstandsformel wird für die einzelnen Meßstrecken die Widerstandsarbeit (c) gerechnet. Aus den so gefundenen Arbeitsgrößen können Zugkraft und Leistung in einfacher Weise bestimmt werden.

Für das freundliche Entgegenkommen bei der Überlassung der für diese Arbeit nötigen Unterlagen sei der ehemaligen Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen an dieser Stelle der wärmste Dank ausgesprochen.

Geschweißte Lokomotivzylinder.

Von M. Reiter VDI., München.

Hierzu Tafel 13 und 14.

Die Grauguß-Lokomotivdampfzylinder bereiten den Reichsbahnbetriebswerken bei der Instandsetzung auch nur kleiner Schäden erhebliche Schwierigkeiten. Soll der Schaden durch die Lichtbogenwärmeschweißung, die für eine einwandfreie Ausbesserung nur in Frage kommt, beseitigt werden, so ist der Ausbau des Zylinders erforderlich. Damit ist wieder ein teilweiser oder vollständiger Abbau der Lokomotive verbunden, je nachdem ob der Zylinder außen- oder innenliegend angeordnet ist. Bei der Gußeisen-Kaltschweißung sind zwar

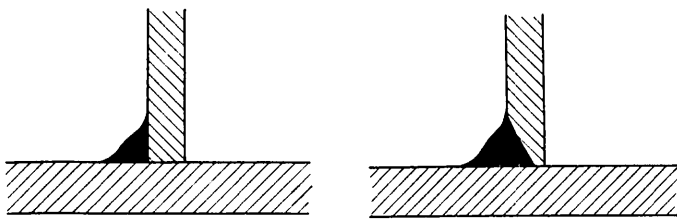


Abb. 1. Offene Kehlnaht.

Abb. 2. Versenkte Kehlnaht.

diese umständlichen Aus- und Einbauarbeiten nicht notwendig, aber dieses Schweißverfahren genügt nur für untergeordnete Ausbesserungen. Für die vollwertige Verschweißung von Rissen und Brüchen ist die Kaltschweißung ungeeignet. Dazu kommt noch, daß jede Instandsetzung von Graugußzylindern durch Schweißung eine mehr oder weniger lange Stillstandszeit verursacht.

Diese angeführten Nachteile der Graugußzylinder machen sich besonders bei den innenliegenden Hochdruckzylindern der 2 C 1-Lokomotiven S 36.18 sehr störend bemerkbar. An diesem Zylinderblock treten bereits seit längerer Zeit häufig Anrisse und Brüche auf, die auf übergroße Spannungen, hervorgerufen durch bedeutende Temperaturunterschiede im Zylinder, zurückzuführen sind. Diesen Überbeanspruchungen ist das Gußeisen nicht gewachsen. Die Brüche treten meist in der Kesselaufgabe auf und können durch die Wärmeschweißung mit Sicherheit beseitigt werden, jedoch ist der Kostenaufwand durch die notwendigen Formarbeiten sehr erheblich. Vielfach ist die Wärmeschweißung der Brüche wegen schwerer Zugänglichkeit unwirtschaftlich, manchmal sogar unmöglich. Daher ist in den meisten Fällen ein frühzeitiger Ersatz des 3,5 t schweren Zylinderblockes erforderlich. Diese Auswechslung bedingt, vom mittleren Anschaffungspreis des Zylinderblockes von 4300.— RM ganz abgesehen, bedeutende Instandsetzungskosten, da die Lokomotive wegen der Innenlagerung der Hochdruckzylinder vollständig abgebaut werden muß.

Um nun die Festigkeit der Dampfzylinder zu erhöhen und die mögliche Instandsetzung ganz wesentlich zu vereinfachen, wurde im Jahr 1935 versucht, einen aus Stahlblech geschweißten Zylinder mit Gußlaufbüchse zu entwerfen und

zu bauen. Da bis zu diesem Zeitpunkt in Deutschland ähnliche Konstruktionen noch nicht vorlagen, mußten zunächst an einer einfachen Bauart Erfahrungen beim Entwurf und bei der Ausführung geschweißter Zylinder gewonnen werden. Hierfür wurde der außenliegende Zylinder der

Lokomotivbauart G 34.16

ausgewählt. Als besondere Bedingung war gestellt, daß zwischen dem gegossenen und geschweißten Zylinder unbedingte Austauschbarkeit besteht, so daß an keinem Teil der Lokomotive eine Abänderung notwendig ist. Weiter war verlangt, daß die Form und die Maße der Dampfkanäle nach Möglichkeit beibehalten werden, auf keinen Fall durfte der Kanalquerschnitt verkleinert werden. Auch mußte auf eine gute Umleitung des Dampfes in den S-Kanälen geachtet werden, um Wirbelbildungen in den Ecken zu vermeiden. Durch die unbedingte Austauschbarkeit wurden einer schweißgerechten Gestaltung gewisse Grenzen gesetzt. Deshalb war es nicht immer möglich, eine den Bedingungen der Schweißtechnik entsprechende, also von der Gußbauart unabhängige Konstruktion durchzuführen. Somit konnte ein wesentlicher Vorteil der Schweißtechnik, bedeutend leichter als in Guß zu gestalten, in diesem Fall nicht restlos ausgenützt werden, da der Zylinder für eine bereits vorhandene Lokomotivbauart bestimmt war und deshalb die Achsbelastung nicht wesentlich geändert werden konnte. Für die Schweißfertigung wurde

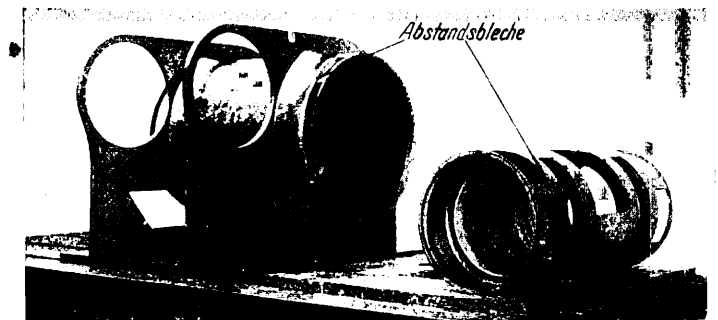


Abb. 3. Zylinder, Schieber, Tragrippen und Grundplatte.

beim Entwurf besonders darauf geachtet, daß sämtliche Nähte für den Schweißer gut zugänglich sind und in bequemer Lage geschweißt werden können. Im allgemeinen wurde deshalb wegen der besseren Zugänglichkeit die offene Kehlnaht (Abb. 1) angeordnet und auf die versenkte Kehlnaht (Abb. 2) verzichtet. Zunächst wurde ein Pappmodell im Maßstab 1:5 hergestellt, um die Schweißverbindungen, ihre Zugänglichkeit und die Schweißfolge mit mechanischer Bearbeitung unter Berücksichtigung der Werkstätte festzulegen.

Der Zylinder, dessen konstruktive Einzelheiten in der Hauptsache aus Taf. 13 zu ersehen sind, besteht im wesentlichen aus folgenden Teilen:

1. Zylindermantel mit Gußlaufbüchse,
2. Schiebermantel mit Dampfumlenkkanälen.
3. Einströmstutzen,
4. Ausströmkanäle,
5. Zylinderdeckelflansch,
6. Grundplatte mit Tragrippen und Querversteifungen.

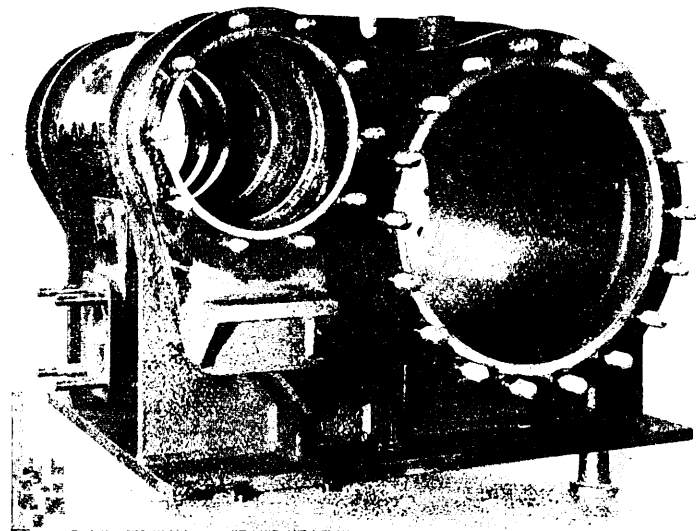


Abb. 4. Fertig geschweißter Zylinder.
Schweißverbindung zwischen Tragrippen und Grundplatte.

Als Werkstoff wurde für den Zylinder durchweg St 34-Kesselblechgüte verwendet. Die beiden längsseitig zusammengeschweißten Blechmäntel für Zylinder und Schieber sind in zwei Tragrippen von 20 mm Stärke gelagert (Abb. 3). Schieber und Zylinder sind mit den notwendigen Ausschnitten für den

der Schieberbüchsen. Die oben erwähnten Tragrippen sind mit kräftigen Kehlnähten an die Grundplatte angeschweißt (Abb. 4). Zwischen Zylinder und Schieber, beiderseits der Tragrippen, sind die Dampfumlenkkanäle angeordnet, deren Ecken mit besonderen Leitblechen ausgerüstet sind (Taf. 13 Schnitt C—D—E—F und Abb. 5). In der Mitte des Schiebergehäuses ist der Ausschnitt für den Anschluß des Einströmstutzens vorgesehen. Der Einströmstutzen selbst ist aus vier Blechen kastenförmig zusammengeschweißt (Abb. 5). Die

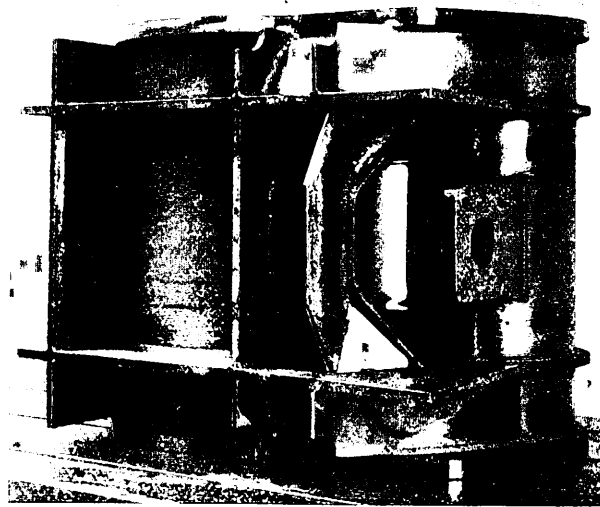


Abb. 6. Ausströmkanäle.

Ausströmkanäle sind unter Verwendung der Querversteifungen ebenfalls aus einzelnen Blechen zusammengebaut und an die Tragrippen angeschweißt (Abb. 6), die dem Kanalquerschnitt entsprechend ausgeschnitten sind (Abb. 3 und 5). Die Ver-

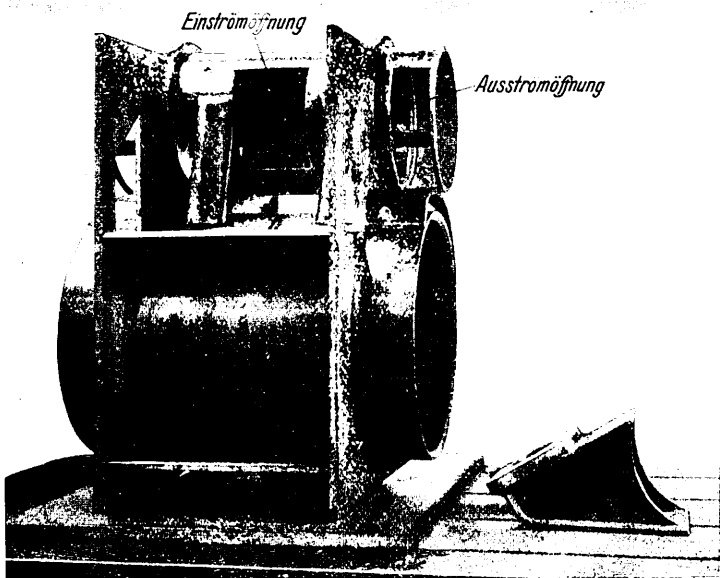


Abb. 5. Dampfumlenkkanäle und Einströmstutzen.

Dampf ein- und -austritt versehen. Die gußeiserne Zylinderlaufbüchse aus Ge 26.91 ist 22 mm stark und kalt eingezogen (Taf. 13 Schnitt J—K). Die Büchse hat in der Länge ein Ausdehnungsspiel von 0,1 bis 0,3 mm. Im Steuerzylinder sind vier Ringe eingeschweißt zur Feststellung und Abdichtung

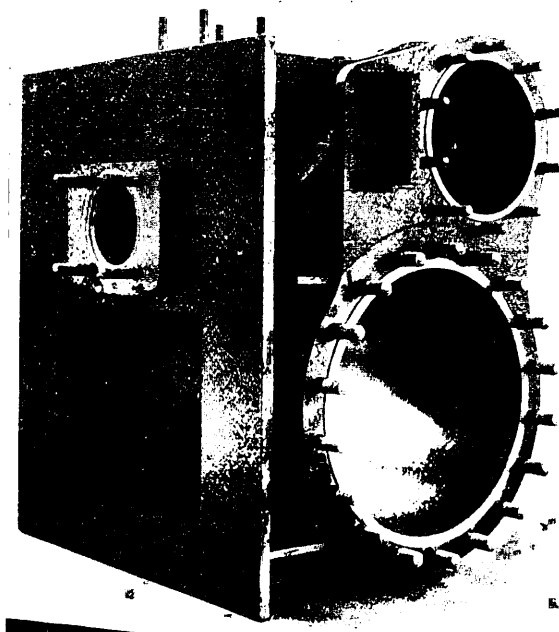


Abb. 7. Zylinderrückseite mit Ausströmdeckelflansch.

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens. Neue Folge. LXXVI. Band. 12. Heft 1939.

bindung des Ausströmkanals mit der Grundplatte einerseits und der Grundplatte mit dem Ausströmflansch andererseits ist aus Taf. 13. Schnitt A—B, ersichtlich. Zur Aussteifung der Tragrippen sind zwei Querbleche eingeschweißt (Abb. 5 und 6). Den Abschluß an den beiden Enden des Zylinders und Schiebers

bilden die 30 und 25 mm starken Deckelflansche (Abb. 7). Die Art der Schweißverbindung ist in Taf. 13, Schnitt G—H und J—K dargestellt.

Zylinderherstellung.

Nach dem Entwurf des Reichsbahnzentralamtes München auf Taf. 13 wurden von der Firma Krauß-Maffei München-Allach zwei Zylinder gebaut. Die Zylinder sind vollkommen lichtbogengeschweißt. Für dampfdichte Verbindungen wurden im allgemeinen E 34 z-Elektroden nach den Lieferbedingungen der Deutschen Reichsbahn verwendet. Teilweise wurde auch mit Blankdraht E 34 geschweißt, besonders bei schlechter Zugänglichkeit der Nähte z. B. bei den Dampfkanälen zwischen Schieber und Zylinder. Hier sei gleich erwähnt, daß auch an den Blankdrahtnähten bis heute nach zweijähriger Betriebszeit noch keine Undichtigkeiten aufgetreten sind. Diese Tatsache zeugt für die Güte der Schweißarbeit. Die nur auf Festigkeit beanspruchten Nähte wurden ausschließlich mit nackten Elektroden hergestellt. Die autogen geschnittenen Blechkanten wurden größtenteils mechanisch nachgearbeitet. Die Schweißnahtflächen für die Kehlnähte wurden vor dem Schweißen zunderfrei geschliffen. Diese zusätzlichen Vorarbeiten waren für eine einwandfreie Versuchsausführung notwendig. Entsprechend der oben erwähnten Unterteilung des Zylinders ist die Fertigung bereits klar vorgezeichnet.

Der Blechmantel für den Arbeitszylinder wird nach dem Biegen und Schweißen der Längsnaht zunächst außen auf Durchmesser und auf Länge gedreht. Die beiden Enden werden für den V-förmigen Anschluß der Deckelflanschen abgeschrägt (Taf. 13, Schnitt J—K). Der nächste Arbeitsvorgang ist das autogene Ausschneiden der Kanalquerschnitte. Dabei muß auf eine gute Abrundung der Schnittkanten und Ausrundung der Ecken geachtet werden. In diesem Fertigungszustand wird der Zylindermantel in die bereits fertig bearbeiteten Tragrippen eingeführt (Abb. 3). Der Steuerzylinder ist ebenfalls aus einem Blechmantel hergestellt. Nach dem Biegen und Schweißen der Längsnaht wird das Mantelinnere auf Maß ausgedreht und auf genaue Länge abgedreht. Eine Abschrägung der Enden ist hier nach Taf. 13, Schnitt G—H nicht notwendig, da die Flanschringe mit offenen Kehlnähten angeschlossen werden können. Nun folgt das Einpassen der ebenfalls auf Maß gedrehten Distanzringe in den Schiebermantel. Nach dem Einschweißen dieser Ringe wird der Mantel außen ebenfalls auf Maß gedreht und die Kanäle werden ausgeschnitten. Für den weiteren Arbeitsverlauf müssen die an den beiden Enden liegenden Kanäle im Zylinder und Schieber durch Abstandsbleche gesichert werden (Abb. 3). Durch die maßhaltige Bearbeitung der Bohrungen in den Tragrippen und des Zylinder- und Schiebermantels ist die genaue Parallelität zwischen Zylinder- und Schieberachse gesichert und somit für den Zusammenbau keine besondere Vorrichtung notwendig. Bei der nächsten Arbeitsfolge werden auf den Arbeitszylinder innerhalb der Tragrippen die beiden Überströmkanäle aufgesetzt und nun kann der Schiebermantel eingebaut werden. Nach diesem Arbeitsvorgang erscheint der Zylinder wie in Abb. 5 dargestellt. Anschließend wird der Einströmstutzen in den Schiebermantel (mittlerer Ausschnitt Abb. 5) eingesetzt und verschweißt. Dabei dürfen die Überströmkanäle mit dem Schiebermantel noch nicht fest verbunden sein, um diesen Schieber in die für das Einschweißen des Einströmstutzens günstigste Lage drehen zu können. Diese Arbeitsfolge ist notwendig, da die Schweißnähte an der Einströmung unbedingt dampfdicht sein müssen. Im weiteren Arbeitsverlauf werden die Tragrippen mit Zylinder und Steuerzylinder endgültig verschweißt. Hierzu müssen die beiden inneren Überströmkanäle nach der Mitte zu verschoben werden. Nunmehr können die Leitbleche (Taf. 13, Schnitt C—D—E—F) und die inneren und

äußeren Dampfkanäle eingeschweißt werden. Anschließend erfolgt das Anschweißen der beiden Deckelflanschen. Da diese Flansche die Stiftschrauben für die Deckelbefestigung aufzunehmen haben, ist bei ihrer Verschweißung besondere Sorgfalt geboten. Schieber und Zylinder müssen mit den Flanschen beiderseitig verschweißt werden (Taf. 13, Schnitt G—H und J—K). Der Einbau der beiden Ausströmkanäle mit nachfolgendem Verschweißen bereitet keine wesentlichen Schwierigkeiten (Abb. 6). Nachdem die noch fehlenden Querversteifungen eingebaut sind, wird der ganze Zylinderblock auf die Grundplatte aufgeschweißt. Vor dem Anschweißen des Ausströmflansches muß die Grundplatte auf der Rahmenseite um den Sitz des Flansches herum ausgefräst werden, um bei der nachfolgenden Hobelbearbeitung auf Maß für den Stahl einen Auslauf zu erhalten (Abb. 7). Als letzte Arbeitsfolge werden die verschiedenen Gewindeanschlüsse angeschweißt. Damit ist die Schweißarbeit beendet. Um zu vermeiden, daß die Schweißspannungen unter dem Einfluß der Dampftemperatur sich im Betrieb ausgleichen und unangenehme Verziehungen (lose Laufbüchsen) verursachen, muß der Zylinder vor der

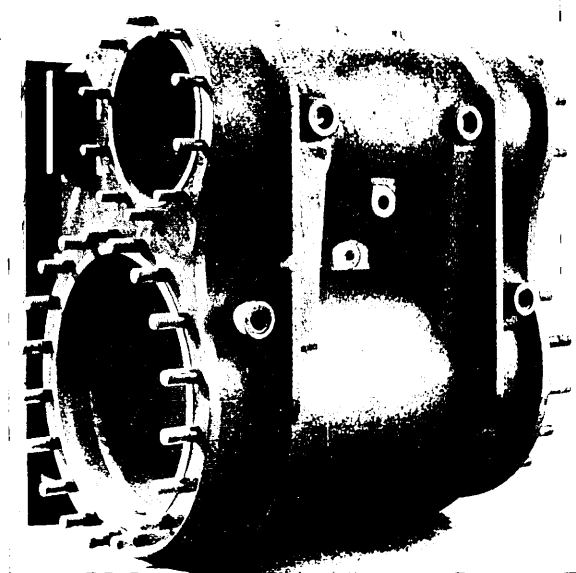


Abb. 8. Geschweißter Dampfzylinder für Lokomotive G 34.16.

mechanischen Bearbeitung vollkommen spannungsfrei geglättet werden. Erst nach diesem Glühvorgang kann der Zylinder auf Fertigmaß bearbeitet und mit der Gußlaufbüchse ausgerüstet werden. Nachdem die Zylinderdeckel-Stiftschrauben eingezogen sind, wird der Zylinder abschließend durch eine Wasserdruckprobe von 15 at auf Dichtigkeit geprüft. Die vollständig bearbeitete und geprüfte Ausführung ist in Abb. 7 und 8 dargestellt. Nach Kenntnis des Verfassers ist dies in Deutschland der erste Versuch, im Dampflokomotivbau die Zylinder statt in Gußbauart in geschweißter Blechkonstruktion herzustellen.

Betriebsergebnisse.

Nach ordnungsgemäßer Prüfung und Abnahme der beiden nach obiger Beschreibung hergestellten Zylinder wurde eine Ausführung an die Lokomotive G 34.16, Nr. 54.1622 ohne Schwierigkeit angebaut. Nachdem die Probefahrten ohne Zwischenfall verlaufen waren, wurde die Lokomotive im November 1936 dem Betrieb übergeben. Der zweite Zylinder wurde zunächst auf verschiedenen Ausstellungen gezeigt und erst im Februar 1938 in die Lokomotive Nr. 54.1528 eingebaut. Dagegen hat die Lokomotive Nr. 54.1622 seit November 1936 ohne jede Störung, die auf den geschweißten Zylinder zurück-

zuführen wäre, regelmäßig Dienst geleistet. Bis heute beträgt die Laufleistung etwa 75000 km. Im November 1938 war diese Lokomotive im Reichsbahn-Ausbesserungswerk Freimann wieder zur fälligen Hauptuntersuchung. Dabei haben sich an dem geschweißten Zylinder bei der Überprüfung keine Mängel gezeigt. Auf Grund dieser guten Betriebsergebnisse wurde entschieden, die Schweißversuche auf die innenliegenden Hochdruckzylinder der

Schnellzuglokomotive S 36.18

auszudehnen. Wie schon erwähnt, waren die häufigen Anbrüche bei diesen Zylindern der eigentliche Anlaß zu dem Schweißversuch. Die beim Zylinder für die Lokomotive G 34.16 gestellten Bedingungen über Austauschbarkeit und Gewicht haben auch hier Geltung. Ebenso wurde auch hier an Hand eines Pappmodells die Zugänglichkeit beim Schweißen sowie die gesamte Arbeitsfolge untersucht. Da die Zylinder innenliegend, also zwischen den Rahmenwangen und unterhalb der Rauchkammer angeordnet sind und somit gleichzeitig als Rahmenverbinder und Kesselträger dienen, so muß neben der Dichtigkeit auch eine ausreichende Wechselfestigkeit verlangt werden. Als Werkstoff kam hier ebenfalls St 34-Kesselblechgüte zur Verwendung. Der Zylinderblock, dessen konstruktive

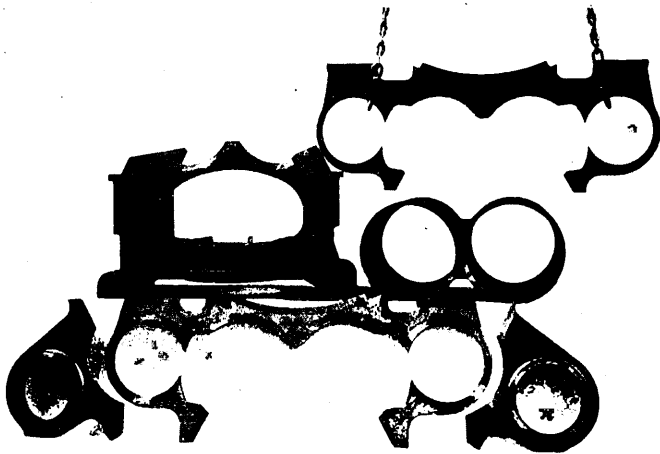


Abb. 9. Zylindereinzelteile.

Durchbildung aus Taf. 14 ersichtlich ist, ist in der Hauptsache aus folgenden Einzelteilen aufgebaut:

1. Die zu einem Block verschweißten Arbeitszylinder
2. Das Auflager für den Zylinderblock mit Drehzapfenführung
3. Die beiden außen gelagerten je aus vier Einzelringen bestehenden Schieberzylinder mit Abdeckblechen zur Aufnahme der Steuerkolben
4. Die zwischen der Vorder- und Rückwand liegenden vier Querversteifungen
5. Die Vorder- und Rückwand zur Aufnahme der Stiftschrauben für die Deckelbefestigung
6. Die Abdeckplatte.

Die beiden 20 mm starken Arbeitszylinder sind wegen ihrer gedrängten Anordnung durch ein eingesetztes Schmiedestück zu einem Block vereinigt. Dieses Mittelstück enthält auch die Entwässerungslöcher für das Niederschlagswasser (Textabb. 9, Taf. 14, Schnitt A—B—C—D und N—O). Der Zylinderblock ruht auf einem kräftigen Unterbau, der als Rahmenverbinder die Diagonalkräfte und als Drehzapfenführung für das Laufdrehgestell die Brems- und Beschleunigungskräfte aufzunehmen hat (Abb. 9). Die Schieberzylinder bestehen aus 16 und 32 mm starken Einzelringen, die in den Querversteifungen gelagert sind (Abb. 10). Die Abstände zwischen den Ringen bilden mit

den Abdeckblechen die Dampfkanäle (Abb. 11). Auf den Steuerzylindern sind die Niederdrucküberströmflanschen angeordnet (Abb. 12). Von den vier Querversteifungen sind die beiden inneren als Tragrippen an die Zylinder angeschlossen, während die beiden äußeren gleichzeitig für die Unterteilung des Dampfraumes über den Arbeitszylindern in Hoch- und Nieder-

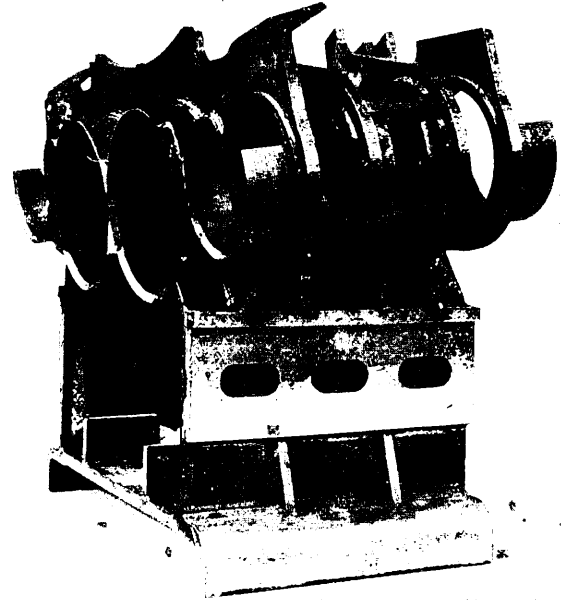


Abb. 10. Schieberzylinder ohne Abdeckhaube.

druckraum dienen (Taf. 14, Schnitt J—K—L—M). Zwischen Schieberkammer und Zylinder sind die Überströmkanäle mit Dampfleitblechen eingeschweißt (Abb. 10 und 13). Vorder- und

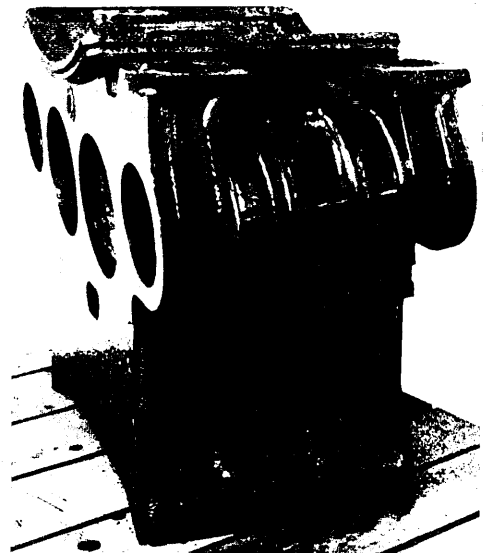


Abb. 11. Schieberzylinder mit eingeschweißten Abdeckblechen.

Rückseite des Blockes sind mit 35 bzw. 45 mm starken Platten abgedeckt (Abb. 13). Die zugehörigen Schweißverbindungen sind aus Taf. 14, Schnitt J—K—L—M und N—O, ersichtlich. Diese verhältnismäßig große Plattenstärke war notwendig, um besonders aufgesetzte Deckelanschlüsse zu vermeiden. Bei letzteren war zu befürchten, daß beim Einziehen der Stiftschrauben die Schweißnähte angebohrt werden und dadurch undichte Stellen entstehen können (Abb. 14 und 15). Besonders schwierig war sowohl beim Entwurf wie bei der Fertigung der schweiß-

gerechte Anschluß der 30 mm starken Abdeckplatte an den Block zu lösen. Durch die eingeschweißte Abdeckplatte mußte zwischen Hochdruckraum und Verbinder vollkommene Dichtigkeit erreicht werden, da hiervon das einwandfreie Arbeiten des Zylinders abhängig ist. Mit einem allseitig stumpfen Anschluß (T-förmig), war erfahrungsgemäß keine vollständige Dichtigkeit zu erreichen. Zunächst wurde eine zweiteilige Platte (Außenrahmen- und Mittelblech im Hochdruckraum) erwogen.

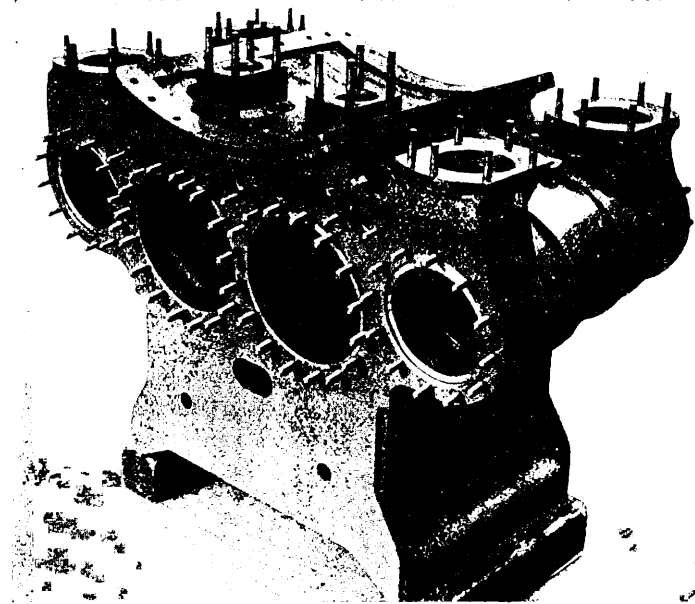


Abb. 12. Fertig geschweißter Zylinder. Ansicht von oben.

Aber das Einschweißen der mittleren Platte ließ nach den bisherigen Erfahrungen beim Einsetzen von Flickern wegen der verhältnismäßig großen Blechstärke übermäßige Spannungen erwarten. Es wurde deshalb eine Verbindung zwischen Quer-

die nach den Lieferbedingungen der Deutschen Reichsbahn Nr. 91890 mit 18 kg/mm² Festigkeit hergestellt sind. Anfangs hat dieser Werkstoffunterschied zwischen Büchse und Kolbenring eine stärkere Riefenbildung verursacht. Nach einer gewissen Einlaufzeit sind diese Riefen wieder verschwunden. Untersuchungen über die Verschleißverhältnisse zwischen Büchse und Kolbenring haben ergeben, daß durch die Verwendung von Kolbenringen aus dem gleichen hochwertigen Perlitguß wie bei der Laufbüchse günstigere Verschleißzustände geschaffen werden, als wenn Perlitgußbüchsen mit einem anderen Gußwerkstoff zusammenarbeiten. Nach Feststellungen von K. Sipp, Mannheim*), ist die Brinellhärte allein kein Maßstab für die Verschleißfestigkeit des Gußeisens. Durchgeführte Versuche deuten weiter darauf hin, daß Gußeisen mit größerem Graphit in einem rein perlitischen Grundgefüge bessere Verschleißigenschaften besitzt als ein Gußeisen, bei dem die Graphitverfeinerung zu weit getrieben ist. Auf Grund dieser Versuchsergebnisse wurden in den Zylinderblock der Lokomotive S 36.18 Laufbüchsen und Kolbenringe (auch Schieber) aus Perlitguß G 26.91 gleicher Herstellung von der Firma Lanz, Mannheim, eingebaut.

Zylinderherstellung.

Mit dem Bau des Zylinderblockes nach dem Entwurf des Reichsbahnzentrallamtes München, wurde wiederum die Firma Krauß-Maffei, München-Allach, beauftragt. Für die gesamte Rahmenverbindung wurde Blankdraht E 34 verwendet, während

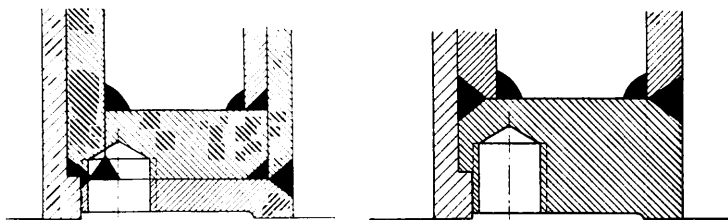


Abb. 14.

Sitz der Stiftschrauben
bei aufgeschweißtem Flansch.

Abb. 15.

Sitz der Stiftschrauben
ohne besonderen Flansch.

Abb. 13. Rückwand vor dem Einschweißen.

versteifungsblech und Abdeckplatte nach Taf. 14, Schnitt J—K—L—M und N—O, gewählt. Diese Verbindung war auch werkstattmäßig gut herzustellen, so daß die geforderte Abdichtung erreicht werden konnte. Bleiben noch die beiden Einströmflansche zu erwähnen, die auf dem Abdeckblech aufgesetzt sind.

Die Gußlaufbüchse, ebenfalls aus G 26.91 (Perlitguß), ist 15 mm stark. Beim Zylinder für die Lokomotive G 34.16 arbeitet die Perlitgußlaufbüchse mit Kolbenringen zusammen,

sämtliche dampfführenden Teile mit Mantelelektroden E 34 z verschweißt wurden. Gegen Ende der Fertigung machte sich der Nachteil der größeren Schrumpfung bei Mantelelektroden gegenüber Blankdraht sehr unangenehm bemerkbar. Beim Fertigschweißen ist die für die Schrumpfung notwendige Bewegung der Abschlußteile nicht immer möglich. Außerdem waren verhältnismäßig große Blechquerschnitte zu verschweißen, so daß verschiedene Mantelnähte infolge Reißbildung mehrfach geschweißt werden mußten. Diese Schwierigkeit wurde entweder durch Vorwärmen oder durch Blankdraht, auch für dampfdichte Verbindungen, beseitigt. Der eigentliche Fertigungsvorgang des Zylinders ist durch den konstruktiven Aufbau ziemlich eindeutig bestimmt.

Die beiden Arbeitszylindermäntel werden zunächst nach dem Rollen behelfsmäßig längsverschweißt und außen auf Durchmesser und an den beiden Enden mit Abschrägung auf Länge gedreht. Nach dem Ausarbeiten der Dampfkanäle werden in die Zylinder senkrecht zur Längsachse Flacheisenversteifungen eingehftet, um Veränderungen im Außendurchmesser beim Einsetzen des Mittelstückes auszuschalten. Beim Einschweißen des Verbindungsstückes ist auf den Mittenabstand der Zylinder zu achten. Nachdem der Zylinderblock und der Rahmenverbinder ohne Vorder- und Rückwand getrennt hergestellt sind (Abb. 9), werden beide zusammengebaut. Zweckmäßig werden vor dem Aufsetzen des Blockes

*) Karl Sipp, Mannheim, Verschleiß von gußeisernen Kolbenringen in Rohölmotoren, Zeitschrift „Stahl und Eisen“, Heft 2, 1937, S. 42/43.

die Entwässerungslöcher in die Zylinderverbindung gebohrt (Taf. 14, Schnitt N—O). Beim Zusammenbau muß die zeichnungsgemäße Schräglage der Zylinderachse zur Waagerechten genau eingehalten werden. An sich ist die Lage des Zylinderblockes durch eine entsprechende Bearbeitung der Seitenwandkanten des Rahmenverbinders und durch die Zwischenwand annähernd gegeben (Abb. 9). Aber der zeichnungsgemäße Zusammenbau ist wegen des Verziehhens durch das Schweißen nur durch eine genaue mechanische Bearbeitung nach dem Schweißen des Unterbaues zu erreichen. Dabei wird zunächst das Werkstück auf dem Bohrwerk auf die Zylinderachse ausgerichtet und angezeichnet. Hernach werden die oberen Seitenwandkanten mit Querwand ausgedreht. Diese Bearbeitung ist zwar äußerst zeitraubend, aber jedenfalls genau. Bei einer größeren Stückzahl könnten die hohen Bearbeitungskosten durch eine geeignete Vorrichtung wesentlich ermäßigt werden. Nun wird der Zylinderblock auf die Rahmenverbindung aufgesetzt und mit dieser verschweißt.

Die beiden Steuerzylinder wurden wegen der vielen Dampf-schlitzte, die auf dem ganzen Umfang angeordnet sind, in einzelne Ringe aufgeteilt. Nach dem Verschweißen der Ringe mit den Querversteifungen werden diese an den Zylinderblock angebaut. Dabei müssen die Ringe mit Hilfe einer Schablone (durchgehendes Blechrohr) auf die gemeinsame Achse ausgerichtet werden. Der nächste Arbeitsgang ist das Anschweißen der Querversteifungen einschließlich Dampfumlenkkanälen mit Leitblechen (Taf. 14, Schnitt N—O und P—Q) an die Arbeitszylinder (Abb. 10), wobei die Abstände zwischen den Querversteifungen bis zum Einschweißen der Abdeckbleche durch Flacheisenstücke gesichert werden müssen. Im folgenden Fertigungsgang wird die vorgearbeitete Vorder- und Rückwand aufgepaßt und mit dem Block verschweißt (Abb. 11 und 13). Anschließend werden sämtliche Schieberabdeckbleche (Taf. 14, Schnitt P—Q) und die vier Flansche für die Überström-kammern eingesetzt (Abb. 11). Nach dem Einschweißen der seitlichen Abschlußbleche für den Hochdruckraum (Taf. 14, Schnitt N—O) bleibt noch der Einbau der Abdeckplatte übrig. In diesem Fertigungszustand kommt der Zylinderblock abermals auf das Bohrwerk, um sämtliche Blechkanten entsprechend der Ausrundung genau auszureihen. Diese Bearbeitung ist für den saften Sitz der Platte notwendig. Das Verschweißen der vorgearbeiteten Abdeckplatte muß besonders sorgfältig ausgeführt werden, da diese Verbindungen trotz einseitiger Schweißnähte unbedingt dampfdicht sein müssen (Abb. 12). Abschließend werden die Einströmflansche und die übrigen Gewindeanschlüsse aufgeschweißt. Die oben erwähnten Schweißnahttrisse lassen ein Zwischenglühen im halbfertigen Zustand als ratsam erscheinen. Nach Beendigung der Schweißarbeiten muß der Zylinder abermals vollkommen spannungsfrei geglüht werden. Hierauf folgt die allseitige mechanische Bearbeitung und das Einpressen der Laufbüchsen. Nach dem Einziehen der Stiftschrauben wird der Zylinderblock durch eine Wasserdruckprobe von 20 at auf Dichtigkeit geprüft. Der fertig bearbeitete und geprüfte Hochdruckzylinderteil ist aus Abb. 12 zu ersehen.

Betriebsergebnisse.

Der Einbau dieses in Deutschland erstmals geschweißten innenliegenden Hochdruckzylinderblockes in die Lokomotive S 36.18 Nr. 18.530 ging ohne Zwischenfall vor sich. Nachdem

sich bei den Probefahrten an den Zylindern keine Mängel zeigten, wurde die Lokomotive am 18. Dezember 1938 dem Betrieb zur Dienstleistung auf den Rheinlandstrecken übergeben. Bis heute beträgt die Laufleistung etwa 40000 km.

Wirtschaftlichkeit.

Es dürfte ohne weiteres verständlich sein, daß die Gestehungskosten für den geschweißten Blechzylinder bedeutend höher liegen als für einen gewöhnlichen Gußzylinder, da bekanntlich bei der Erstaussführung zunächst Erfahrungen sowohl beim Entwurf wie bei Herstellung gewonnen werden müssen. Für den Preis bei Reihenfertigung muß unterschieden werden, ob, wie im vorliegenden Fall, die Gußausführung durch eine geschweißte Blechkonstruktion ersetzt werden soll, oder ob beim Neuentwurf einer Lokomotive der geschweißte Zylinder vollkommen unabhängig von der Gußbauart gestaltet werden kann. Im ersten Fall werden die Baukosten für die geschweißte Ausführung etwa das 2½fache des Gußzylinders betragen, während im anderen Fall der Hauptvorteil der Schweißtechnik, Gewichtsersparnis durch schweißgerechte Konstruktion unabhängig von der Gußbauart, ohne Beschränkung ausgenutzt werden kann, so daß die Fertigungskosten noch wesentlich ermäßigt werden können. Diese werden aber immer noch über den Beschaffungskosten des Gußzylinders liegen. Demgegenüber besitzt der geschweißte Zylinder aus Stahlblech wegen seiner höheren Festigkeit und guten Gefügebauart für Betrieb und Unterhaltung nachstehende Vorteile:

1. Die häufigen Wärmerisse bei Guß sind beim Blechzylinder nicht zu befürchten und damit sind der Aus- und Einbau sowie der Stillstand der Lokomotive nicht notwendig.

2. Auftretende Schäden können durch Kaltschweißung im eingebauten Zustand beseitigt werden. Damit betragen die Unterhaltungskosten des Blechzylinders nur einen Bruchteil der Kosten des Gußzylinders.

3. Der Gußzylinder muß nach einer gewissen Abnutzung der Zylinderwand ersetzt werden. Beim Blechzylinder muß nur die eingesetzte Laufbüchse ausgewechselt werden. Das Zylindergehäuse selbst bleibt erhalten.

4. Außerdem kann bei Neukonstruktionen von Lokomotiven durch geschweißte Blechzylinder eine Gewichtsersparnis von 25 bis 30% für den Zylinderblock erzielt werden, die gegebenenfalls für die Maschinen- oder Kesselleistung oder für andere Zwecke verwendet werden kann.

5. Die für die Auswechslung unangenehmen Stiftschrauben können teilweise durch die einfacheren Kopfschrauben ersetzt werden. Dadurch werden ebenfalls Unterhaltungskosten gespart.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß es ohne weiteres möglich ist, Lokomotivdampfzylinder auch in Schweißbauart auszuführen. Der einfache, außenliegende Zylinder wird jedoch mit Rücksicht auf die Kosten auch weiterhin als Graugußzylinder hergestellt werden, zumal in diesem Fall die Graugußfestigkeit für die Betriebsbeanspruchungen ausreicht. Neuerdings sollen auch bei Graugußzylindern auswechselbare Laufbüchsen eingesetzt werden. Dagegen ist bei Innenanordnung der geschweißte Zylinder wegen seiner größeren Festigkeit gegenüber der Graugußbauart im Vorteil. Hier wird aber erst die Zukunft ergeben, ob der geschweißte Zylinder im Vergleich zum Stahlgußzylinder wirtschaftlich gerechtfertigt ist.

Rundschau.

Allgemeines.

Englische Untergrundbahnen als Luftschutzanlagen.

Es handelt sich um einen Vorschlag, der bezweckt, die in England im großen Umfang geplanten Luftschutzanlagen für Verkehrszwecke dauernd nutzbar zu machen. Während die Ansichten

darüber geteilt sind, ob Luftschutzanlagen unmittelbar unter Straßenoberfläche oder solche in größerer Tiefe vorzuziehen sind, vereinigt der Vorschlag beide Ausführungsarten. Die Ausnutzung der Luftschutzanlagen für Verkehrszwecke ermöglicht vielen Städten

die Anlage von Untergrundbahnen unter staatlicher Beihilfe, deren Herstellung andernfalls an der Kostenfrage scheitern würde.

Nach dem Vorschlag sollen die Bahnhöfe der Untergrundbahnen unmittelbar unter Straßenoberfläche liegen, wodurch die Anordnung von Aufzügen und Rolltreppen vermieden wird. Die Verbindung zwischen den Bahnhöfen und den tiefliegenden Untergrundbahnstrecken geschieht durch beiderseits an die Bahnhöfe anschließende Gefällstrecken mit Neigung 1:7 bis zu einer Tiefe von 30 m und mehr. Durch die Steigungen bzw. Gefälle der Strecke wird erreicht, daß die Geschwindigkeit der in die Bahnhöfe einfahrenden Züge verlangsamt, die der ausfahrenden Züge beschleunigt wird. Andererseits ist die Streckenneigung nicht zu steil für Fußgänger, um sie beim Schutzsuchen gegen Luftangriffe zu begehen. In Anbetracht der starken Streckenneigung sollen die Züge nur auf einer unteren Mittelschiene laufen und in ihrer Lage durch eine im Scheitel des Bogens angebrachte Leitschiene gehalten werden, deren nach unten liegender Kopf von den Flanschen des oberen Führungsgrades umfaßt wird. Die obere Leitschiene die mit Isolierung ausgeführt wird, dient gleichzeitig zur Stromzuführung. Einer der Gründe, weswegen die jetzigen Untergrundbahnen sich nicht zu Luftschutzräumen eignen, ist der, daß die vier Schienen so viel Raum beanspruchen, daß zum Gehen für schutzsuchende Fußgänger zu wenig Platz bleibt. Die Abbildung zeigt, daß die eine Laufschiene in den Boden eingelassen ist; beiderseits derselben sind Fußwege von 75 cm Breite. An den Außenseiten der Fußwege liegen Bordsteine von 15 cm Höhe, die als Stufen zu durchgehenden Bänken an beiden Seiten der Untergrundbahn dienen.

Im Bedarfsfall kann je eine weitere durchgehende Bank oberhalb der genannten Bänke angebracht werden. Hierdurch

wären 10000 Sitzplätze für 1 km Strecke geschaffen, zu denen noch etwa 5000 Stehplätze hinzukämen. Bei Luftangriffen würden die vorgeschlagenen Untergrundbahnen sofort als Schutzräume zur Verfügung stehen, indem die Züge auf den Bahnhöfen festgehalten werden.

Die Bahnhöfe können entweder in Straßenhöhe oder unmittelbar unterhalb derselben angelegt werden. Im ersteren Fall würden die stählernen Bahnhofgebäude mehrere Stockwerke aus eisenbewehrtem Beton enthalten. Im letzteren Fall würden die Bahnhöfe durch eine Decke von 90 cm starkem eisenbewehrtem Beton geschützt werden, auf welcher eine aufschlagende Bombe zur Explosion käme. Unter der Betondecke würde sich eine Sandschicht von 90 cm Stärke befinden, welche zur Verteilung der Explosionskraft dient. Unterhalb der Sandschicht würde eine zweite Decke aus eisenbewehrtem Beton von 1,35 m Stärke liegen. Als Luftschutzräume könnten diese Untergrundbahnen schon vor ihrer Inbetriebnahme benutzt werden. Die Baukosten der vorgeschlagenen Untergrundbahn stellen sich erheblich niedriger als die der bestehenden Untergrundbahnen; ins Gewicht fällt hierbei auch der Fortfall von Aufzügen und Rolltreppen auf den Bahnhöfen. Die Betriebskosten werden durch die Streckenneigung 1:7 beiderseits der Bahnhöfe und die hierdurch bewirkte Geschwindigkeitsermäßigung bzw. -beschleunigung auf etwa die Hälfte vermindert, die Zuggeschwindigkeiten dagegen verdoppelt.

Die Stadt Leeds in Schottland beabsichtigt, ein radiales Netz von Untergrundbahnen nach der vorbeschriebenen Bauart anzulegen, wodurch für die Hälfte der Einwohner Schutzräume gegen Luftangriffe geschaffen werden.

Mod. Transport.

Bahnunterbau, Brücken und Tunnel; Bahnoberbau.

Untersuchungen über die Haftung zwischen Schiene und Schienenlaschen.

Der Widerstand, welchen Eisenbahnschienen bei der Längenausdehnung infolge Temperaturschwankungen zu überwinden haben, setzt sich zusammen aus dem über die Schienenlänge angenähert gleichmäßig verteilten Widerstand der Schwellen in der Bettung und aus der Reibung der Verbindungslaschen auf den Schienenflanken sowie der Köpfe und der Unterlagscheiben der Laschenschrauben auf den Laschen.

Bei den heutigen Bestrebungen, den Schienenspalt möglichst klein zu halten, ist es wichtig diese Widerstände genau zu kennen, um dadurch der Berechnung der Spaltweite die größte Genauigkeit zu geben. Andererseits ist es notwendig, daß die Spalte untereinander gleichmäßig groß bleiben, dadurch daß in jeder Schienenverbindung die gleichen Widerstände auftreten, die einzelnen Verbindungen also der Ausdehnung und Zusammenziehung einer Schiene die gleiche Kraft entgegensetzen. Über die Größe der Reibung in den Schienenverbindungen hat die Italienische Staatsbahn Versuche angestellt.

Der Gleitwiderstand der Schienenlaschen ist zunächst vom Anzugsmoment der Laschenschrauben abhängig. Nach Untersuchung einer Anzahl von Laschenverbindungen im Betriebszustand war das zum Lösen einer Mutter erforderliche Moment im Mittel 29 mkg; das Moment um die Mutter anzuziehen war im Mittel um 33% größer, also 38 mkg. Diesem Anziehungsmoment entspricht eine axiale Kraft von 6500 kg. Da der Kerndurchmesser einer Schraube 19,78 mm betrug, ist die Zugbeanspruchung 21,4 kg/mm², also sehr hoch, wenn man berücksichtigt, daß die Schrauben aus gewöhnlichem Werkstoff gefertigt werden. Will man die Schrauben nicht stärker machen, so empfiehlt es sich den Streckenarbeitern einzuschärfen die Muttern nicht zu stark anzuziehen und vor allem das Verbot der Verwendung verlängerter Schlüssel strikte durchzuführen. Solange die Schrauben nicht zu fest angezogen sind, gleiten die Laschen kontinuierlich, andernfalls ruckweise mit dem lauten Krachen, das man auf der Strecke oft bei Temperaturwechsel hören kann. Ein Festziehen der Laschen, so daß die Schienenenden mit ihnen gleichsam verzahnt sind, würde bedeuten, daß sich mehrere Schienenlängen wie ein einziger Stab verhalten, daß also das Gleis bei Wärmedehnungen ausknickt, zum mindesten sich ungleiche Stoßfugen ausbilden. Die empfehlenswerte Schmierung der Gleitflächen zwischen Laschenschrauben und Laschen einerseits, diesen und der Schiene andererseits mittels Graphit beeinflußt die Reibung selbst noch nach

längerer Zeit, wenn die Flächen schon trocken erscheinen und nur noch Spuren des Gleitmittels aufweisen. Solange keine ruckweise Bewegung eintritt, beteiligen sich die Reibung K zwischen Laschen und Schiene und K' zwischen Laschenschrauben und Laschen am Gesamtreibungswiderstand im Verhältnis 65:35. Beträgt also die axiale Schienenkraft 23000 kg, wie bei trockenen oder oxydierten Gleitflächen gemessen, so ist $K = 15000$ kg und $K' = 8000$ kg. Bei einer Neigung der Innenseite des Schienenkopfes und der Oberseite des Schienenfußes, gegen welche sich die Laschen spreizen, von 14° oder etwa 1:4, errechnet sich der Reibungswert Lasche gegen Schiene zu 0,13 und Schraube (d. i. Kopf und Unterlagscheibe) gegen Lasche zu 0,3. Solche Werte wurden auch anderwärts ermittelt. Die Reibung zwischen Schiene und den Stützflächen der Laschen bedingt einen Oberflächenverschleiß, der die Haftung nach einiger Zeit aufhebt, wenn die Laschenschrauben nicht nachgezogen werden. Es wird deshalb eine Neigung der Stützflächen 1:3, wie beim deutschen Oberbau GEO, empfohlen, bei der die Gefahr des Verzahnens und die Abnutzung geringer sind. Dies bestätigen auch die Erfahrungen mit dem italienischen Oberbau R.A. mit einer Neigung 1:2.

Schn.

Riv. tecn. Ferr. ital. Okt. 1938.

Eine Eisenbahnbrücke aus fertigestampften Betoneinzelbalken.

Bei Northampton hat eine englische Eisenbahngesellschaft eine viergleisige Eisenbahnbrücke erbaut, die dadurch bemerkenswert

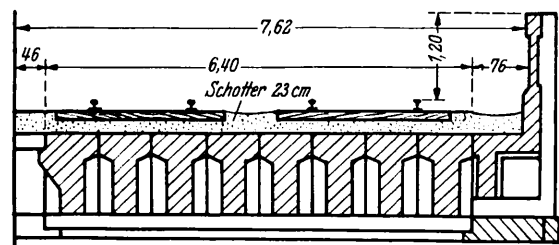


Abb. 1. Querschnitt.

ist, daß sie sich aus vorher fertigestampften Betoneinzelteilen zusammensetzt. Die Tragkonstruktion aus Eisenbeton ersetzt eine ältere eiserne Brücke, wobei die nötige Konstruktionshöhe

für die neue Konstruktion ohne weiteres beschafft werden konnte. Es handelt sich um drei Brückenöffnungen jede zu 11,3 m Spannweite. Jede Öffnung ist für die vier Gleise aus 16 Betonplattenbalken und außerdem zwei Seitenträgern gebildet. Die Plattenbalken (Abb. 1, Querschnitt) sind 1,2 m hoch und 79 cm breit, oben auf 30 cm Höhe voll, unten auf 38 cm Standbreite eingeschränkt. Unmittelbar auf den Plattenbalken liegt ohne weiteren

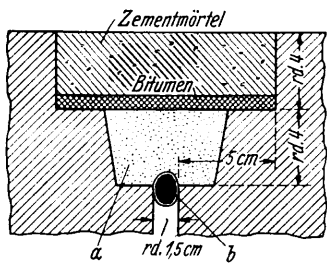


Abb. 2. Fugendichtung.

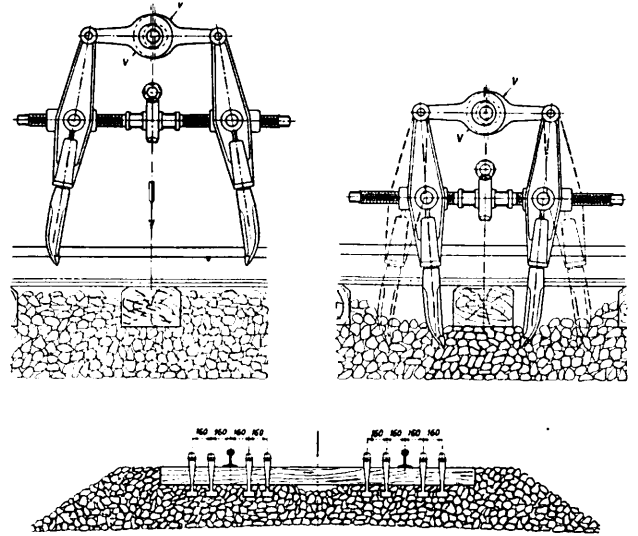
Schutz oder Isolation die Schotterdecke, 23 cm bis zur Schwel­lenunterkante stark. Die Dichtung der Fugen zwischen den Betonbalken ist aus Abb. 2 zu ersehen, a ist dabei eine plastische Masse, b Teertang. Bei dieser Dichtung können sich die Balken gegenseitig verschieben, ohne undicht zu werden. Die Brücke ist für einen Hauptbahnbelastungszug berechnet. Die Zugbewehrung der Hauptbalken besteht aus zehn Stück 38 mm Rundeisen in drei Reihen, die Druckbewehrung aus sieben Stück 25 mm Rundeisen. Das Mischungsverhältnis des Beton ist $1:1\frac{1}{4}:3\frac{1}{4}$, außen durch Vibrierung gedichtet. Die einzöllige Verschalung der Balken war so gerichtet, daß sie immer wieder verwendet werden konnte. Jeder Balken enthielt etwa 8 m^3 Beton und seine Herstellung erforderte $2\frac{3}{4}$ Std. Die Einlegung der Balken erfolgte nach 28 Tagen Erhärtung mit Hilfe eines beweglichen Krans. Zu den 580 m^2 Brückenoberfläche waren 96 t Bewehrungs­eisen und 440 m^3 Beton erforderlich. Dr. S.

Concr. constr. Engng. 1938.

Neuartige Gleisstopfmaschine.

Die Gesellschaft Scheuchzer, Renens, hat nach einem Artikel in der Schweizer Bauzeitung eine neuartige, auf dem Gleis fahrbare Gleisstopfmaschine entwickelt, die eine selbsttätige und gleichmäßige dichte Stopfung ohne Gefahr des Zerschlagens des Schotters

herbeiführen soll. Die Stopfarme, von denen acht Paare nebeneinander angeordnet sind, werden durch einen Exzenter in rasche Schwingungen bei geringem Ausschlag versetzt. Die Exzenterwelle wird durch einen auf dem Fahrgestell angeordneten, auch zur



Fortbewegung dienenden 50 PS Ford-Motor angetrieben. Die Stopfarme werden unter Schwingungen in die Bettung gesenkt und durch Verdrehen der die Festpunkte tragenden Doppelspindeln langsam den Schwellen genähert. Mit dem Erreichen eines bestimmten Stopfungsgrades nimmt das an der Spindel aufzubringende Moment einen Wert an, der die Auslösung des Antriebes bewirkt und dem Führer anzeigt, daß er die nächste Schwelle in Arbeit nehmen kann. Das Fahrgestell kann bei Zugverkehr schnell aus dem Gleis ausgesetzt werden. Sr.

Lokomotiven und Wagen.

Gekuppelte Schienenomnibusse und Triebwagen in Frankreich.

In Frankreich wurde der Entwicklung besonders leichter Schienentriebfahrzeuge die in ihren Konstruktionsgedanken, wie in ihrem Gewicht sich an die Straßenkraftfahrzeuge (Autobusse) anlehnen, bekanntlich besondere Aufmerksamkeit zugewendet. Sie führen den Namen „Autorails“, im Gegensatz zu den eisenbahnmäßiger gestalteten Triebwagen (Automotrices). Besonders bekannt geworden ist das unter dem Namen Micheline geschaffene, auf Gummirädern laufende Fahrzeug. Man dachte wohl ursprünglich an Verkehrsbedürfnisse sehr geringen Umfangs, denen ein solches Fahrzeug genügen würde. Auch hier stellte sich jedoch die schon so oft beobachtete Entwicklung ein, daß infolge des stark wechselnden Bedürfnisses zwei oder gar mehr Einzelfahrzeuge miteinander verkuppelt werden müssen. Ein Aufsatz in der Rev. gén. vom 1. Juli 1938 behandelt die dabei auftretenden Fragen der Kupplung und Bedienung. Er erstreckt sich nicht nur auf die Schienenomnibusse, sondern auch auf die eigentlichen Triebwagen, die erheblich größere Motoren aufweisen als die Schienenomnibusse. Die gekuppelten Fahrzeuge bilden entweder steuertechnisch eine Einheit oder sie laufen mit unabhängigen Maschinenanlagen zusammen. Die für den ersten Fall bestimmten Wagen besitzen Steuereinrichtungen, die dem Fahrer im Führerstand des ersten Wagens die gleichzeitige Steuerung mehrerer Fahrzeuge ermöglichen. Im zweiten Fall sind beide Wagen mit einem Fahrer besetzt. Der Fahrer des voranlaufenden Wagens zeigt mit Hilfe von besonderen Signaleinrichtungen dem zweiten Fahrer jede erforderliche Bedienung der Maschinenanlage an. Die Bremsen der zusammenfahrenden Wagen werden allerdings meist nur vom Fahrer des ersten Wagens bedient. Neuerdings werden auch Anhänger verwandt, doch ist dies nur bei Triebwagen der Fall, deren Motorleistung mindestens 500 PS beträgt. Diese Wagen sind mit normalen Zug- und Stoßvorrichtungen ausgerüstet, so

daß sie auch Kurswagen aus Schnellzügen aufnehmen und an Orte, die an Nebenstrecken gelegen sind, bringen können. Hier handelt es sich also um eisenbahnmäßige Fahrzeuge.

Die leichten Triebwagen, die in mehreren Einheiten gekuppelt fahren, sind fast alle mit der selbsttätigen Willison-Kupplung ausgerüstet. Bei dieser amerikanischen Bauart können sich die gekuppelten Köpfe in senkrechter Richtung gegeneinander bewegen. Luftleitungen und Kabel können durch die Hilfskupplung Bauart Robinson selbsttätig verbunden werden. Letztere Einrichtung ist an den Triebwagen der Strecke Baudet—Donon und Roussel im Bezirk Süd-West vorhanden. An Triebwagen des Bezirkes Nord (frühere Nordbahn) sind vollautomatische Kupplungen der Bauart Scharfenberg versuchsweise angebaut. Nebenbei wird vermerkt, daß die elektrischen Triebwagen der Strecke Paris—Le Mans mit der selbsttätigen Kupplung Bauart Compact der Firma Boirault ausgerüstet sind. Einige für den Kuppelbetrieb eingerichtete Michelinewagen sind mit einer halb­selbsttätigen Kupplung versehen, die von den Michelinewerken selbst erdacht ist. Sie besteht aus zwei Trichtern, die unter Zwischenschaltung von Gummiringen am Wagenuntergestell befestigt sind und untereinander durch ein Kuppelglied verbunden werden.

Wenn Triebwagen mit mechanischer Kraftübertragung zusammengekuppelt laufen, müssen Motorkupplung, Wendegetriebe, Stufengetriebe und Brennstoffpumpe (bzw. Drosselklappe bei Vergasermotoren) ferngesteuert werden. Wichtig ist, daß im Augenblick des Anfahrens die Kräfte an den Motorwellen gleich sind, da sonst die Motorkupplung rutscht. Mit mechanischen Kupplungen, deren Wirkung je nach ihrem Unterhaltungszustand veränderlich ist, kann ein Anfahren ohne Störung nur erreicht werden, wenn Kupplung und Brennstoffpumpe gleichzeitig gesteuert werden. Dies geschieht im allgemeinen durch eine gemeinsame Druckluftleitung. Das gleichzeitige Einschalten der Kupplungen wird durch Verzögerungsbehälter und genau kalibrierte Öffnungen für den Luftaustritt erreicht. Die Steuerwelle der

Brennstoffpumpe wird dabei durch einen Luftzylinder betätigt. Stufengetriebe und Wendegetriebe werden im allgemeinen elektropneumatisch geschaltet, manchmal auch rein elektrisch (System Cotal). Die Stellung der Getriebe wird durch Kontrolllampen, die Drehzahl der Motoren durch ferngesteuerte Drehzahlmesser überwacht. Bei den 300 PS-Renault-Triebwagen Type ABJ sind 16 elektrische Leitungen und eine Luftleitung für die Steuerung erforderlich. Die 2×150 PS-Dietrich-Wagen besitzen 15 elektrische und vier Luftsteuerleitungen.

Bei Triebwagen mit elektrischer Kraftübertragung ist die Steuerung gekuppelter Fahrzeuge wesentlich einfacher und bereitet keine Schwierigkeiten. Es kommt nur darauf an, daß die Geschwindigkeitsregler der Generatorgruppen richtig arbeiten. Die Berliet-Wagen mit 2×150 PS-Motoren haben z. B. nur acht Steuerleitungen.

Die ersten für einen Kuppelbetrieb ohne zentrale Steuerung bestimmten Triebwagen waren die der Bauart Michelin mit zwei je vierachsigen Drehgestellen, die 1934 in Dienst gestellt wurden. Sie haben nur einen über dem Dach erhöht angeordneten Führerstand, so daß bei zwei zusammenlaufenden Wagen die Führer sich gegenseitig sehen können. Die gleichmäßige Bedienung der beiden Maschinenanlagen wird durch je einen Spannungsmesser im Führerstand der beiden Wagen erreicht. Die Spannungsmesser sind so geschaltet, daß sie 0 zeigen, wenn die Gashebel beider Vergasermaschinen die gleiche Stellung einnehmen. Der Führer des zweiten Wagens beobachtet also ständig den Spannungsmesser und bedient seine Maschine so, daß der Zeiger nicht ausschlägt. Diese Betriebsweise hat sich so gut bewährt, daß sie auch bei Renault- und Bugatti-Triebwagen eingeführt wurde. Es hat sich sogar als möglich erwiesen, Renault-Triebwagen mit mechanischer Kraftübertragung und Berliet-Wagen mit elektrischer Übertragung zusammen zu fahren, wobei lediglich noch besondere Vorsichtsmaßnahmen zur Vermeidung einer Überlastung des elektrischen Antriebes getroffen sind.

Bei den meisten zusammenfahrenden Triebwagen gibt der Führer des voranlaufenden Wagens seine Befehle (Anfahren, Abschalten usw.) durch Lichtsignale. Die Signallampen sind entweder gut sichtbar im ersten Wagen selbst oder, wenn eine Verbindungsleitung vorgesehen ist, auf dem Führerstand des folgenden Wagens angeordnet.

Bei einigen älteren Wagen, die ursprünglich nicht für einen solchen Betrieb vorgesehen waren, haben sich insofern Schwierigkeiten ergeben, als bei dem nachlaufenden Wagen die Kühlung nicht ausreichte.

Die gleichen Grundsätze, wie sie zur Verständigung der Führer zusammenlaufender Triebwagen dienen, sind im Bezirk Nord auch bei Triebwagen mit Anhängern gebräuchlich. Der voranlaufende Beiwagen ist mit einem Führerstand versehen, der nur eine Bremssteuerung und einen Signalgeber besitzt. Die Bedienung der Maschine erfolgt durch einen zweiten Mann im Triebwagen selbst.

In Zukunft werden aber wohl alle neuen Triebwagen und Beiwagen mit vollständigen Einrichtungen für Fernsteuerung versehen.
Rev. gén. Chem. de Fer 1. Juli 1938. —ings.

Sonderwagen für Kraftwagenbeförderung über den Kanal.

Zwischen Mitteleuropa, der Schweiz und Italien einerseits und Großbritannien andererseits besteht ein Güterverkehr, der gedeckte Übergangswagen vom englischen Profil erfordert. Die Deutsche Reichsbahn besitzt eine große Anzahl solcher Übergangswagen, die sie zur Verfügung der österreichischen, ungarischen, schweizerischen, jugoslawischen, bulgarischen und rumänischen Exporteure hält, um einen durchgehenden Güterverkehr über den Kanal ohne Umladung zu ermöglichen. Die meisten dieser Wagen weisen eine für manche Beförderungen unzureichende Länge auf. Um dem abzuhelfen, hat die französische Nordbahn einen gedeckten Güterwagen mit großem Fassungsvermögen entwickelt, der auf die englischen Linien übergehen kann. Die Wagen sind bestimmt zur Beförderung besonders großer Güter und von Automobilen.

Die Wagen sind nach einem amerikanischen Großraumgüterwagen entwickelt worden. Sie haben zwei Drehgestelle, einen besonders entwickelten Rahmen und einen geschweißten Wagenkasten. An Stelle der sonst in Amerika üblichen Schraubenfedern sind Blattfedern verwendet, um einen ruhigen Lauf des Wagens bei großen Geschwindigkeiten zu gewährleisten. Der Rahmen hat Ringfeder-Puffer. Die Bremse ist eine Druckluftbremse der Bauart Westinghouse, doch kann auch eine Luftsaugebremse eingebaut werden. Außerdem besitzt jedes Drehgestell eine Handbremse.

Der ganze Wagen ist aus Stahl gebaut und durchweg elektrisch geschweißt. Er ist zusammengesetzt aus einer Reihe von besonderen, durch Abkanten von Blechen gewonnenen Profilen, wie in der Quelle näher dargestellt. Die Langträger sind dabei aus mehreren Profilen zusammengeschweißt. Auch das Kastengerippe besteht aus geschweißten Profilträgern. Die beiden Stirnflächen der Güterwagen bestehen aus seitlich aufklappbaren Doppeltüren. Dabei ist außerdem noch der untere Teil der Stirnwand um zwei Gelenke nach vorn und unten klappbar. Er legt sich dabei auf die Puffer auf und bildet so eine Zufahrtsbrücke für die Kraftwagen. Jeder Wagen kann zwei Kraftwagen befördern, die hintereinander in der Längsrichtung aufgestellt werden. Die Kraftwagen werden dabei an ihren Rädern durch Haltevorrichtungen befestigt und gegen unbeabsichtigte Bewegungen während der Fahrt des Zuges gesichert.

Durch die weitgehende Anwendung der elektrischen Schweißung und die Verwendung der besonderen abgekanteten Profile konnte das Gewicht des Wagens stark verringert werden. Sein Eigengewicht beträgt nur 18 t. Der Wagen kann infolge seiner Bauart auf allen bedeutenden europäischen Eisenbahnlinien mit erhöhter Geschwindigkeit fahren. Die französische Nordbahn hat bis jetzt zehn Stück solcher Wagen in Dienst gestellt. —dei.

Rev. gén. Chem. de Fer. 1938.

Bücherschau.

Berechnung und Gestaltung der Federn. Von Siegrfr. Groß.
Berlin: Julius Springer. Preis 4.80 *R.M.*

Das 87 Seiten und 79 Abbildungen umfassende Werk behandelt sämtliche Arten von Federn, soweit sie aus Stahl angefertigt sind, in einer wirklich klaren, leicht übersichtlichen Art, wobei neben den mathematischen Abschnitten auch die wichtigsten praktischen Erfahrungen erfreulicherweise nicht zu kurz kommen. Besonders sei hingewiesen auf die Dauerfestigkeitsschaubilder, die klar erkennen lassen, welche Wechselbelastung ein Federbaustoff bei einer gegebenen statischen Vorlast noch ertragen kann, auf den erheblichen Einfluß des Rostes zwischen den Blättern eines Blattfederwerkes, auf die Ausbildung der Federenden von Blattfedern und zylindrischen Schraubenfedern, auf Kraftwagenfedern mit gekrümmter Kennlinie, auf die Knicksicherheit, die Querverförmung und Schwingungen von zylindrischen Schraubenfedern und endlich auf die zur Energievernichtung besonders wichtigen Ringfedern, wobei allerdings die sogenannten geschlitzten Ringfedern etwas zu kurz behandelt sind.

Bei dem sehr niedrigen Preis darf der Leser freilich keine erschöpfende Auskunft über alle Federfragen erwarten, doch wäre bei einer Neuauflage die Anfügung eines ausführlichen Literaturverzeichnis zu empfehlen, damit der Leser bei Sonderfragen sich rasch die entsprechenden Aufsätze verschaffen kann. Eger.

Wärmetechnische Berechnung der Feuerungs- und Dampfkesselanlagen. Verlag R. Oldenbourg, München-Berlin. Preis kartoniert 3,80 *R.M.*

Das Büchlein ist eine Zusammenstellung der auf dem Gebiet der Feuerungs- und Dampfkesselanlagen vorkommenden Berechnungen. Bauliche Erläuterungen und Beschreibungen sind darin nicht enthalten. Durch diese Beschränkung war es möglich eine für den Gebrauch in der Praxis übersichtliche und handliche Darstellung des Stoffes zu geben, dessen Wert noch durch eine große Anzahl von Berechnungsbeispielen erhöht wird. Daß sich das Büchlein gut eingeführt hat, beweist sein Erscheinen in 7. Auflage.

Verschiedenes.

77. Hauptversammlung des Vereins Deutscher Ingenieure im NSBDT. in Dresden vom 18. bis 23. Mai 1939.

Den Mittelpunkt der Tagung bildete die eigentliche „Hauptversammlung“, die am 21. Mai unter dem Vorsitz von Generalinspektor Dr. Todt, stattfand. In grundlegenden Ausführungen sprach Dr. Todt über den Aufbau des technischen Schaffens im dritten Reich. Unter den Ehrungen, die der Verein vornahm, erhielt Dr. Ing. Porsche in Anerkennung seiner Pionierleistungen auf dem Gebiete des Motoren- und Kraftfahrzeugbaus die Grashof-Denk-münze, Direktor Pielstick, Augsburg, für seine Leistungen im Dieselmotorenbau das VDI-Ehrenzeichen. Dr. Ing. Wahl, Elbing, für seine Leistungen bei der Entwicklung des Staubmotors den VDI-Ehrenring. Der Direktor des VDI, Dr. Ing. Kölzow, erstattete den Geschäftsbericht und teilte mit, daß Düsseldorf zum Ort der 78. VDI-Hauptversammlung 1940 bestimmt ist. Im September dieses Jahres wird noch in Stuttgart eine Kolonial-technische Tagung und Anfang November in Magdeburg die Wissenschaftliche Herbsttagung stattfinden. Dr. Ing. Todt hat den Vorsitz des VDI für weitere drei Jahre übernommen. Den Festvortrag hielt Direktor K. Hegner, Berlin, über „Die Werkzeugmaschine“, die mit ihren gewaltigen Leistungen als wichtigstes technisches Hilfsmittel der Rationalisierung und Leistungssteigerung angesehen werden muß. Die Spanarbeit einer universellen mittleren Drehbank stieg von 5 kg/Std. Späne im Jahre 1860 auf 40 kg mit Schmellstählen im Jahre 1920 und auf 100 kg mit Hartmetallwerkzeugen im Jahre 1938. Die Genauigkeit der Werkzeugmaschine hat sich in 100 Jahren um das 1200fache verbessert.

In 15 Fachsitzungen wurden etwa 70 Vorträge gehalten. In der Fachsitzung „Kraftverkehrstechnik“ sprach Prof. Dr. Ing. Beck, Dresden, über „Maßnahmen zur Steigerung der Geländegängigkeit an Sonderfahrzeugen“. Hier liegen zwei wesentliche Probleme vor: Das Wenden mit Kettenfahrzeugen und die Schwingungen bei Vielrad- und Kettenfahrzeugen. — Die „Höchstleistung im Rennwagenbau“, die einen Maßstab im Wettbewerb der Nationen um fortschrittliche Gestaltung und technische Vervollkommnung des Kraftfahrzeuges gibt, erörterte R. Eberan vom Eberhorst, Zwickau (Sa.). Die heute erreichten Höchstleistungen sind den durch die mechanischen Gesetze gezogenen Grenzen schon sehr nahe gekommen, so daß auf den üblichen Straßenrennbahnen mit einer nennenswerten Geschwindigkeitssteigerung nicht mehr gerechnet werden kann. K. Ullmann, Dresden, berichtete über Untersuchungen der Reibungs- und Pumpverluste des schnelllaufenden Otto- und Dieselmotors mit dem „Schleppversuch“, d. h. dem Fremdversuch an der betriebswarmen Maschine. Während die mechanischen Reibungsverluste selbst bei hohen Drehzahlen (3200 Umdr./Min.) in verhältnismäßig günstigen Werten verbleiben, nehmen die Pumpverluste beträchtliche Werte an. Bei der Messung der Klopfestigkeit an Ottomotoren (R. Schütz, Hannover) wurde an Stelle des gegenwärtig sehr viel angewendeten Verfahrens mit Sprungstab-Indikatoren der Piezo-Indikator als trägheitsloses Meßgerät verwendet. Der erstere hat den Nachteil, daß die Meßgenauigkeit durch die Membraneigenschwingung ungünstig beeinflusst wird und die Eigenschwingungen der Federn die Meßergebnisse verfälschen. Mit dem neuen Verfahren können die Klopfrequenzen, das Klopfzentrum und die Flammgeschwindigkeit ermittelt werden.

In der Fachsitzung „Strömungstechnik“ gab R. Wille, Berlin, Ergebnisse zu strömungstechnischen Untersuchungen der Spülströmung in Zweitaktmotoren bekannt. Ein Zeitdehnerfilm zeigt die Vorgänge beim Spülen mit 500 Aufnahmen in der Sekunde. Der Einfluß der Kolbenbewegung auf die Strömungsform bei Querspülung war erkenntlich. Bei flachem Kolben schlägt die anfängliche Hochspülung später bei großer Schlitzöffnung in eine Flachspülung um wegen der Ansammlung von totem Grenzschiebmaterial über der Schlitzmündung und der darauf folgenden Wirbelbildung und des Abspaltens des Strahles von der Wand. Die experimentellen Untersuchungen über den pulsierenden Durchfluß durch Rohre (Schultz-Grunow, Göttingen) boten Interesse in Hinblick auf die Vorgänge im Ansaug- und Auspuffrohr eines Verbrennungsmotors. Der Rohr widerstand ist außer von der Reynoldszahl und der Art der Oberflächenrauigkeit auch von der Art des Pulsationsverlaufes und der Größe der Pulsationsamplituden abhängig. Die Abhängigkeit von der Amplitudengröße konnte durch

eine Kennzahl dargestellt werden, die die gleiche Bedeutung hat wie die von Prandtl für den Diffusor gegebene Kennzahl.

In der Fachsitzung „Braunkohle“ erörterte E. Rammler, Dresden, die „Vergasung von Braunkohlenschwelkoks“. Die Verwendung von Braunkohlenschwelkoks in Kleinlokomotiven und Fahrzeug-Gaserzeugern sei noch nicht völlig über den Versuchszustand hinausgekommen. Hier spiele die Aschen- und Schwefelfrage eine gewisse Rolle. Diese Angaben deckten sich mit den Ausführungen von Reichsbahnrat Bredenbecker vom Reichsbahn-Zentralamt in der Aussprache. Die Reichsbahn habe seit 1935 fünf Sauggas-Kleinlokomotiven im Betrieb, in denen in verschiedenen Generator-Bauarten Braunkohlenschwelkoks vergast wird. Wegen seiner hohen Reaktionsfähigkeit habe sich der Koks in den Kleinlokomotiven mit ihrem intermittierenden Betrieb als sehr geeignet erwiesen. Die Asche mache keine Schwierigkeiten. Die Frage der Staubreinigung der Gase ist jedoch trotz vieler Bemühungen noch nicht ganz gelöst. Motorschäden sind bei guter Wartung nicht aufgetreten. 1000 bis 1500 Betriebsstunden wurden erreicht. Der Betrieb sei etwas unbequem, aber tragbar. Die Reichsbahn beabsichtigt, zwölf derartige Lokomotiven in Betrieb zu nehmen.

In der Fachsitzung „Maschinenelemente“ wies E. Heidebroek, Dresden, darauf hin, daß bei Gleitlagern noch die Frage offen sei, warum bestimmte Lagerwerkstoffe bei höheren Belastungen versagen. Selten wurden bisher Werkstoffe zueinander in Vergleich gebracht. Hierzu ist eine einheitliche Prüfordnung notwendig. Aus den neuesten Versuchen ergab sich, daß Leichtmetall-Lager ebenso hochbelastbar wie hochzinnhaltige Weißmetalle sind. Füllstoffreies Kunstharz verhielt sich günstiger als übliche Kunstharzpreßstoffe. Gußeisen verträgt auch bei höchster Güte nur geringe Belastungen. — Das Schneckengetriebe (Altmann, Düsseldorf) erhält wegen zunehmend besseren Wirkungsgrades immer stärkere Bedeutung für den Achsantrieb von Kraftfahrzeugen, insbesondere bei Lastkraftwagen. Dazu kommt, daß sich nach umfangreichen Verschleißversuchen Schneckenräder aus einer Leichtmetall-Legierung auf Aluminiumgrundlage als durchaus geeignet erwiesen haben. Die hierdurch erzielten Gewichtsersparnisse betragen gegenüber der Bronzeausführung 57%. Auch Versuche mit Leichtmetall-Schneckenrädern auf Magnesiumgrundlage haben bis jetzt günstige Ergebnisse gezeigt.

In der Fachsitzung „Schweißen von Leichtmetallen“ sprach Matting, Hannover, über „Die statische und dynamische Beanspruchung von Leichtmetall-Schweißverbindungen und ihre Abhängigkeit von Korrosionseinflüssen“. Sehr bemerkenswerte Ergebnisse lieferten Untersuchungen über den Härteverlauf an selbsthärtenden geschweißten Aluminiumlegierungen, die erkennen ließen, daß es möglich ist, durch Zusätze zum Grundwerkstoff, z. B. Nickel, die Empfindlichkeit gegen Wärmeeinflüsse herabzusetzen und eine Nachhärtung selbst in der Erweichungszone zu erzielen. Korrosionsversuche bestätigten erneut die Überlegenheit der plattierten Werkstoffe. — Ein neues Schmelzschweißverfahren für dünne Leichtmetallbleche von rund 0,2 bis 2 mm Dicke liegt in dem Weibelverfahren vor (von Rajakovic, Berlin-Borsigwalde). Die Kanten der zu verschweißenden Bleche werden aufgebördelt und die Unterseiten sparsam mit Flußmittel bestrichen. Das Schweißgerät besteht aus zwei von niedriggespanntem Wechselstrom von 4 bis 8 V durchflossenen Kohle-Elektroden. Diese werden durch Kurzschließen an den Spitzen auf helle Rotglut erhitzt und an den aufgebördelten Rändern entlang geführt. Der Werkstoff wird vornehmlich durch die glühenden Elektroden zum Schmelzen gebracht und fließt, ähnlich wie bei der Gasschmelzschweißung, in die Nahtfuge ein. — Die Lichtbogenschweißung bei Leichtmetallen hat nach dem Vortrag von Röhrig, Lautawerk, wesentliche Fortschritte gemacht. Geschweißt wird mit Gleichstrom mit meistens positivem Pol an der Elektrode. Fast ausschließlich werden mit einem Salzmantel als Flußmittel umhüllte Metallelektroden verwendet. Bei der Lichtbogenschweißung sind die höhere Schweißgeschwindigkeit, die Einschränkung der Erweichungszone und die Verringerung der Verwerfungen von Vorteil. Aus den Erfahrungen wurde auf eine erste Ausführung der Schweißung bei einem 60 t-Großraumgüterwagen eingegangen, die sich als derartig gelungen ergeben hat, daß man weiterhin die damit erzielte Gewichtsverminderung durch Anwendung reiner Schweißkonstruktionen noch weiter treiben wird. Auch Reparatur-schweißungen mit Veral-Schweißstab Al-Si (12%) haben sich bei Gußlegierungen gut bewährt.

In der Fachsitzung „Kunst- und Preßstoffe“ brachte Jacobi Troisdorf, den zunehmenden Einsatz von Kunstharzpreßstoffen im Leichtbau der Verkehrsfahrzeuge zum Ausdruck. Hier bieten sie den Vorteil, daß sie sich zu größeren Bauteilen oft in einem einzigen Arbeitsgang verpressen lassen und sehr leicht sind bei hoher Festigkeit. Die Dauerfestigkeit der Stoffe ist sehr befriedigend. Diese läßt sich durch Einpressen von Stahldrähten noch bedeutend erhöhen. Auch ein Schweißverfahren ist für Kunststoffe entwickelt worden (Raalf, Troisdorf), das gegenüber dem Klebverfahren viele Vorteile hat. Man legt die zu verbindenden Teile wie z. B. die Kanten bei Rohren, die aus einer Igelit-PCU-Platte gebogen werden, dicht aneinander, hält den Schweißdraht (PCU-Draht) auf die Verbindungsfuge und richtet einen Heißluftstrom von etwa 250° auf diese. Der Draht und die Verbindungsstelle erweicht und eine unlösbare Verschweißung wird hergestellt.

41. Mitgliederversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker im NSBDT, in Wien vom 31. Mai bis 3. Juni 1939.

Die Geschäfts- und Festsitzung wurde durch den Vorsitzenden des VDE, Dr. Ing. Reißmüller am 2. Juni nachmittags eröffnet. 3000 Mitglieder des VDE hatten sich versammelt. Die großen Fortschritte in der Elektrotechnik zeigten sich am eindrucksvollsten im Festvortrag von Prof. Dr. Ing. Ramsauer „Elektronen- und Ionenströme in der Technik“, der mit seinen wohl gelungenen Experimenten lebhaftesten Beifall fand. In Röhren, die ein Gas von niedrigem Druck enthalten, tragen außer Elektronen auch noch Ionen den Strom, der in der Technik zur Gleichrichtung und Steuerung ausgenutzt werden kann. Im letzteren Fall wird eine dritte Elektrode, das Gitter eingebaut, dessen von außen veränderliche Ladung die Stromträger beeinflusst. Mit Hilfe der Gasentladungsgefäße hat man zahlreiche Probleme der Starkstromtechnik wie Wechselrichtung und Umrichtung, Leistungsregelung, Steuerung von Schweißmaschinen usw. erfolgreich gelöst.

Etwa 60 Fachberichte wurden in 14 Fachgruppen gegeben. Die vier Vorträge in der Gruppe D III-Bahnen mit dem Kennwort „Elektrischer Fern-Schnellverkehr auf eigenem Bahnkörper“ leitete Dr. Ing. habil Hans Kother ein. Die Aufgaben des Fernschnellverkehrs auf der Schiene entsprechen weitgehend denen der Reichsautobahnen. Ein Fernschnellbahnnetz als Zusatz zum vorhandenen Reichsbahnnetz gestattet mit besonderer Eignung für Schnellverkehr wie die Reichsautobahnen bei gleichbleibendem Aufwand eine Steigerung der Reisegeschwindigkeit oder eine Senkung der Betriebskosten unter Beibehaltung der jetzigen Reisegeschwindigkeit.

Prof. Dr. Ing. Paul Müller, Berlin, behandelte „Die Systemfrage vom Standpunkt der Bahnmotoren“ (Wechselstrom 16 $\frac{2}{3}$ und 50 Hertz, Gleichstrom 3000 V). Die Eignung der Charakteristik von Gleichstrom-Reihenschluß-, Nebenschluß- und Verbundmotoren für den Bahnbetrieb wurde erörtert und ein Vergleich zwischen Gleich- und Wechselstrom gegeben. Da der Wechselstrommotor dank der Spannungsregelung so ausgelegt werden kann, daß er auch bei hoher Geschwindigkeit volle Leistung gibt, ist er dem Gleichstrommotor, der nur geringe Zugkraft bei hohen Drehzahlen gibt, überlegen. Infolgedessen ist der Wechselstrommotor der gegebene Motor für Fernbetrieb in annähernd ebenem Gelände, wo schwere Zuglasten über längere Strecken befördert werden sollen. Wohl läßt sich auch der Gleichstrommotor in Sonderbauart für hohe Leistung bei hoher Geschwindigkeit bemessen. Nur müsse man dann größere Anfängerverluste in Kauf nehmen oder besser dreistufige Gruppenschaltungen vorsehen, was aber sechs Motoren erfordert. Sodann wurde auf das Verhalten beider Motorarten bei Halte- und Nutzbremse eingegangen. Bei der Bremscharakteristik der Gleichstrommotoren ist sowohl ein ansteigender Ast für Gefällebremse, wie ein annähernd konstanter Ast für Haltebremse vorhanden, ohne daß weitere Regelung nötig wäre. In der Nutzbremse bei Wechselstrom ist das Hauptproblem die Phasenlage des Motorfeldes, das irgendwie künstlich in Phase zur Netzspannung gebracht werden muß. Dieses geschieht neuerdings mit Hilfe von Kondensatoren, die durch besondere Herstellungsverfahren und neuartige Isolierflüssigkeiten in den letzten Jahren sehr verbessert worden sind. Zur besseren Sicherung der Phasenlage bei Frequenzschwankungen sind noch besondere Maßnahmen zu treffen, die den Wirkungsgrad

etwas herabdrücken. Der Motor für 50 Hertz ist dem für 16 $\frac{2}{3}$ Hertz dadurch im Nachteil, daß er mit Rücksicht auf Funkenbildung nur etwa ein Drittel der Spannung verträgt, somit den dreifachen Strom haben muß wie der entsprechende Motor für 16 $\frac{2}{3}$ Hertz. In Hinblick auf Spannungsabfall und Leistungsfaktor ist die Phasenverbesserung beim 50 Hertz-System ein wichtiges Problem. Ein Nachteil des Systems mit Kommutatormotoren für 50 Hertz, das technisch einwandfrei arbeitet, ist der höhere Preis der Motoren, der aus der verminderten Leistung, der höheren Polzahl und dem größeren Kommutator folgt. Daher ist z. Z. gerade für den Schnellverkehr auf größere Entfernungen das bei der Reichsbahn verwendete 16 $\frac{2}{3}$ -Hertz-System im ganzen sowohl in technischer wie in wirtschaftlicher Hinsicht als das günstigste anzusprechen.

Dipl.-Ing. Karl Schmer, Berlin, ging in seinem Vortrag auf einige kennzeichnende Gesichtspunkte über Gestaltung und Leistungsmöglichkeiten von Lokomotiven im Schnellverkehr auf weite Entfernungen ein. Den Betrachtungen wurden zwei Zugbeispiele zugrundegelegt: Ein Zug mit der Lokomotive E 18 und zehn angehängten D-Zugwagen mit einem Gesamtzuggewicht von 560 t, und ein Zug mit der Lokomotive E 19 mit neun angehängten Wagen und einem gesamten Zuggewicht von 520 t. Das mittlere Fahrtafelbild für beide Zugarten für ebene Strecke wurde in seinen Ergebnissen für betrieblich zulässige und erreichbare Höchstgeschwindigkeit erörtert. In der für schnellfahrende Lokomotiven wichtigen Ausgestaltung des Rahmens, der Achsanordnung und des Achsstandes für einen einwandfreien, ruhigen Lauf sei man bei den beiden Maschinengattungen E 18 und E 19 bereits an die mögliche Grenze herangekommen. Ihre Leistung von 4000 kW genüge aber für die Verkehrsanforderungen. (Bemerkenswert sei das kleinere, unabgefederte Gewicht je Treibachse von 3,5 t bei der elektrischen Maschine gegenüber etwa 5,8 t bei der Dampflokomotive Bauart Reihe 05.) Im Bremsproblem wurde auf die Bremsordnung bei der Lokomotive E 19 eingegangen, bei der zum kräftigen Einsatz aus hohen Geschwindigkeiten die Luftdruckbremsung durch eine zusätzliche elektrische Kurzschlußbremse unterstützt wird. Diese zusätzliche elektrische Bremse dient in erster Linie für die Abbremsung des Eigengewichts und der umlaufenden Massen der Lokomotive selbst. Des weiteren wurde auf die einbaumögliche Motorleistung je Treibachse, die allseitige Verwendbarkeit von schnellfahrenden Lokomotiven und auf den Fahrzeitgewinn im Schnellverkehr eingegangen.

Gegenstand des Vortrages von Dipl.-Ing. Hermann Hutt, Mannheim, war „Der elektrische Fernschnelltriebwagen“. Die mechanischen Grundlagen des Schnellfahrens erfordern ganz allgemein windschnittige Bauform und mit Rücksicht auf das Bremsen und auf die Beanspruchungen auch des Oberbaus Leichtbau der Fahrzeuge. Bei Geschwindigkeiten über 200 km/h wird für den Lokomotivzug das Verhältnis zwischen Lokomotivgewicht und Anhängelast ungünstig, so daß für höhere Geschwindigkeiten der Triebwagen in Frage kommt. Die Höchstgeschwindigkeit der Dieseltriebwagen ist durch die Dieselmotorleistung begrenzt, die ohne übermäßige Beschränkung des Nutzraumes in Triebwagen eingebaut werden kann. Elektrische Oberleitungstriebwagen könnten mit einer Motorleistung gebaut werden, die 320 km/h Höchstgeschwindigkeit erlaubt.

Es folgte der Bericht von Reichsbahnrat Dipl.-Ing. Kurt Mann, Hamburg, „Betriebsanforderungen an elektrische Fernschnellbahnen“. Den Betrachtungen wurden zugrunde gelegt die obigen Lokomotivzüge mit 560 t (140 km/h) und 520 t (180 km/h) und ein Schnelltriebwagen von 85 t und 240 km/h Höchstgeschwindigkeit, ferner eine besondere Fernschnellbahn, die überall eine volle Ausnutzung der Fahrzeughöchstgeschwindigkeit zuläßt. Der Aufwand für Schnellbahnen erfordert, daß die Reisegeschwindigkeit möglichst nahe an die Höchstgeschwindigkeit herankommt, d. h. Beschränkung der Zwischenhalte und der Aufenthaltszeiten. Das Bremsproblem muß in Übereinstimmung mit den Reichsbahnbestimmungen für die Signalanordnung gelöst werden. Bremsverzögerungen von 1,2 m/sec² und später sogar 1,5 m/sec² bei Schnellbremsungen werden möglich sein. Dann muß für 240 km/h Geschwindigkeit die Entfernung zwischen Vorsignal und Hauptsignal 1600 bzw. 2000 m betragen, die durch ein Zwischensignal als zweites Vorsignal unterteilt werden müssen. In einer Darstellung wurde ferner die Möglichkeit gezeigt, wie die bei der Deutschen Reichsbahn benutzte Zugbeeinflussung auch für 240 km/h und 2000 m Vorsignalabstand ausgebaut werden kann. Przygode.

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

Der Wiederabdruck 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.