

# Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden.

82. Jahrgang

15. Februar 1927

Heft 3

## Die mechanisch angetriebene Diesellokomotive mit fester Übersetzung und mehreren, einzeln kuppelbaren Motoren.

Von O. Günther, Oberingenieur der Maschinenfabrik Esslingen in Esslingen.

Hierzu Tafel 6 bis 9.

Die erste größere Diesellokomotive wurde als eine mechanisch von einem fest gekuppelten Motor angetriebene Lokomotive von Gebr. Sulzer & A. Borsig 1910/12 für die ehemalige preussische Staatsbahn gebaut. Ihr Mißerfolg durch zu schwachen Motor, ungenügende Hilfseinrichtung zum Anfahren und Bergfahren, und besonders durch das Anlassen des Motors unter Last führte zum Bau von Diesellokomotiven mit Übertragungen.

Die Übertragungen, elektrisch, mit Flüssigkeitsgetriebe oder mit Druckluft, sowie der mechanische Antrieb mit Zahnradwechselgetriebe machen die Drehzahl der Lokomotivräder mehr oder weniger unabhängig von der des Motors, ergeben bei einer mit wirtschaftlichen Brennstoffmengen nur gering veränderlichen Motorleistung eine mehr oder weniger stark veränderliche Zugkraft und befähigen die Diesellokomotive zu einer Anpassung an jetzige Betriebsforderungen, wie sie die Dampf- und die rein elektrischen Lokomotiven aufweisen. Eine solche Übertragung wiegt jedoch im allgemeinen mehr als der Motor und verringert die Brennstoffausnutzung der Lokomotive, so daß sie wirtschaftlich nur unter besonderen Verhältnissen gegen die Dampf- oder elektrische Lokomotive aufkommen kann.

In Deutschland kostet 1 t Gasöl von 10000 WE/kg annähernd 3,9 mal soviel als 1 t Lokomotivkohle von 6700 WE/kg ab Zeche bzw. Hafen, einschließlich der Fracht von 400 km, also eine WE Gasöl etwa das 2,6fache einer WE Kohle. Ist dann die Wärmeausnutzung der Dampflokomotive auf einer bestimmten Strecke 7%, so müßte die Wärmeausnutzung der Diesellokomotive auf der gleichen Strecke 18,2% betragen, wenn die Betriebskosten beider Lokomotiven auch sonst gleich wären. Diese sind aber, wie im weiteren dargelegt, für die Diesellokomotive bedeutend höher, so daß beispielsweise für eine Diesellokomotive mit dem  $2\frac{1}{2}$ fachen Preis einer gleichwertigen Dampflokomotive, und einer Anpassungsfähigkeit und Wärmeausnutzung wie bei der elektrischen Übertragung, die jährliche Nutzleistung  $\frac{1}{3}$  größer als bei der Dampflokomotive, oder der mittlere Wirkungsgrad dieser Diesellokomotive auf einer Strecke, auf der die neuzeitliche Dampflokomotive 7% aufweist, rund 23% sein müßte, wenn die gesamten Betriebskosten der Diesellokomotive mit denen der Dampflokomotive sich gleich stellen sollen. Selbst dann wird die Diesellokomotive wegen ihres höheren Preises nur eingeführt werden, wenn sie eine Verbesserung bringt, die sich nicht in der häufig erhobenen Forderung konstanter Leistung als Produkt aus Fahrgeschwindigkeit und Zugkraft erschöpft. Der der Eisenbahn im Straßenkraftwagen erwachsene Wettbewerb nötigt sie zur Forderung möglichst konstanter Fahrgeschwindigkeit, die am vollkommensten von einer Lokomotive erzielt wird, deren Zugkraft bei allen Fahrgeschwindigkeiten bis an die Schleudergrenze gesteigert werden kann. Damit ergibt sich die größtmögliche Beschleunigung und kürzeste Fahrzeit bei geringster, im allgemeinen wirtschaftlichster Höchstgeschwindigkeit.

Diese Forderungen werden von der mechanisch angetriebenen Diesellokomotive, Textabb. 1, erfüllt. Die beiden Motoren, parallel zu den Lokomotivachsen im Rahmen befestigt,

sind nach Dobrowolski an den Wellenenden mit Kupplungen\*) versehen, die das Leeranlassen des Motors oder die Leerfahrt der Lokomotive, sowie das teilweise oder volle Einschalten der Motoren gestatten.

Die Kupplung in der Bauart Lohmann & Stolterfoht, Textabb. 2, ist einesteils mit der Mitnehmerscheibe a an der Motorwelle b befestigt und andernteils mit der Kurbelscheibe c in der Motorwelle a und dem Tragarm d drehbar gelagert. In der dargestellten Lage der Hebel e und f ist die Motorwelle a mit dem an den Zapfen g angreifenden Triebwerk der Lokomotivräder gekuppelt, indem Federn h einerseits auf den Ring i und andererseits über den Ring k, Hebel e und f auf den Ring l drücken, so daß die Reibbeläge der Ringe i und l an der Kurbelscheibe c und dem mit ihr verbundenen Ring n die erforderliche Reib- bzw. Drehkraft erzeugen. Die Ringe i und l sind durch Keile o gegen Drehen auf der Scheibe a gesichert. Der Hebel e liegt in der überspreizten Stellung mit dem Hebel f mit der Nase p an dem Ring k an und wird in der Lage durch die Spannung der Federn h gehalten. Um den Reibungsdruck zu verringern, besonders beim Anfahren, wird durch eine Schnecke die Mutter q gedreht, so daß die Ringschraube r mit dem Kugellager s den Stützring t und den angegliederten Hebel e nach ihren strichpunktierten Stellen hin zieht. Bei weiterer Drehung der Schnecke oder Verschiebung des Stützringes t werden die Reibbeläge vollends von der Kurbelscheibe gelöst und der Motor vom Lokomotivrad abgeschaltet. Dabei legen sich die Ringe i und l gegen die Nase u des Keiles o. Das Kugellager s hat demnach nur einen Druck auszuüben beim Leerlauf der Lokomotive, um die Zentrifugalkräfte der Hebel auszugleichen, und beim Anfahren, um die Reibungskräfte zu erzeugen, während bei der gewöhnlichen Arbeitsübertragung die Kupplung selbsttätig wirkt. Die Übertragung erfolgt mit dem um  $90^\circ$  zu einander versetzten Kurbeln gleichmäßig zu beiden Seiten an die Lokomotivräder, so daß das Reibungsgewicht der Lokomotive gewöhnlich mit nahezu  $\frac{1}{4}$  ausgenutzt werden kann. Die Kupplung läßt 2 mm Abnutzung der Reibbeläge zu, bis der Ring n nachzustellen ist.

Bei den dargestellten Bauverhältnissen der Kupplung ergibt sich für die Lokomotive, Textabb. 1, mit 60 t Reibungsgewicht, die Reibungsziffer von 0,25 zwischen Rad und Schiene, und von 0,2 zwischen Reibring und Kuppelscheibe, der Flächen- druck zwischen letzteren zu  $3 \text{ kg/cm}^2$ . Die Kupplung nimmt das vom Motor für eine mittlere Zugkraft von 12000 kg gebotene Drehmoment bereits beim Anfahren in allen Kurbelstellungen auf, da die Drehkraft der um  $135^\circ$  zu einander versetzten Kurbeln des vierzylindrigen V-Motors mit  $90^\circ$  Zylinderneigung während einer Umdrehung sich verhältnismäßig nur wenig ändert und die Schwungmomente der Motorwelle mit den daran befestigten Kupplungshälften einen Ungleichförmigkeitsgrad von  $\delta = \frac{1}{6}$  erreichen lassen. Die beim Anfahren von der rutschenden Kupplung aufzunehmende Leistung beträgt 200 PS/Std., wenn die kleinste Drehzahl des

\*) Patente angemeldet.



verhältnissen gegenüberstellen zu können, sind die Bahndiagramme von einer  
 2 C 1 Heißdampflokomotive,  
 2 C 2 Diesel-elektrischen Lokomotive,  
 2 B-B2 elektrischen Lokomotive und der  
 2 C 2 mechanisch angetriebenen Diesellokomotive,  
 je mit einem Zuggewicht von 300 und 600 t auf der 94 km langen Hügellandstrecke Stuttgart-Ulm in den Abb. 3 u. 4, Taf. 6, Abb. 6 u. 7, Taf. 7, Abb. 4 u. 5, Taf. 8, Abb. 5 u. 6, Taf. 9 veranschaulicht worden.

Unter den gleichen Annahmen für alle Lokomotiven, der Höchstleistung bis zur größten Geschwindigkeit von 90 km/Std., auf der Steigung mit 25‰, bis 60 km/Std., der Bremsung mit 0,3 m/sek.<sup>2</sup> gleichbleibender Verzögerung, zweimaliger Fahrtunterbrechung auf der Wagerechten, einmaliger auf der Steigung 10‰ und der Vernachlässigung des Krümmungswiderstandes, können die Gewichte, Leistungen und Wirkungsgrade der verschiedenen Lokomotiven unmittelbar mit einander verglichen werden.

Als Schublokomotive für die Steigung 25‰ ist die 1 E 1 Tenderlokomotive T 20 angenommen und ihre Leistung und ihr Verbrauch bei der Brenngeschwindigkeit von 450 kg/m<sup>2</sup>/Std. nach Igel\*) ermittelt worden.

Der Laufwiderstand der Wagen ist nach der Strahlschen Formel  $W = 2,5 + 0,03 \left(\frac{V}{10}\right)^2$  bestimmt worden.

Die Hauptverhältnisse der Lokomotiven sind in nachstehender Übersicht wiedergegeben.

Übersicht

über die Hauptabmessungen der betrachteten Lokomotiven.

	2 C 1 Heißdampflokomotive	1 E 1 Tenderlokomotive	Diesel-elektrische 2 C 2 Lokomotive	elektrische 2 B-B2 Lokomotive	mechanisch angetr. 2 C 2 Diesellokomotive	mechanisch angetr. 2 C 2 Diesellokomotive mit Abwärmeverwertung
Zylinderdurchmesser . . . mm	580	700	390	—	410	410
Kolbenhub . . . . . "	660	660	420	—	600	600
Treibraddurchmesser . . . "	1600	1400	1400	1400	1600	1600
Dampfdruck . . . . . at	14	14	—	—	—	—
Rostfläche . . . . . m <sup>2</sup>	4,5	4,36	—	—	—	—
Heizfläche der Feuerbüchse . . "	17	17	—	—	—	—
„ „ Rohre . . . . . "	221	183	—	—	—	—
Gesamte Heizfläche . . . . . "	238	200	—	—	—	—
Heizfläche der Überhitzer . . . "	100	62,5	—	—	—	—
Größte Umdrehungszahl min.	300	230	450	—	300	300
Größte Leistung . . . . . PS	—	—	1940	—	2900	3200
Dauerleistung . . . . . "	—	—	—	2000	—	—
Übersetzungsverhältnis . . . . .	—	—	—	1:2,866	—	—
Größte Geschwindigkeit km/Std.	90	60	90	90	90	90
Reibungsgewicht etwa . . . . . t	60	87,5	60	78,6	60	60
Dienstgewicht etwa . . . . . "	108	117,5	126	126	122	130
Wasservorrat . . . . . m <sup>3</sup>	30	12	—	—	—	—
Kohlenvorrat . . . . . t	10	4	—	—	—	—

Dampflokomotive.

Für die Dampflokomotive, die der typisierten 2 C 1 Heißdampf-Zwillingslokomotive der deutschen Reichsbahn bis auf den Treibraddurchmesser, der nur 1600 mm mißt, entspricht,

\*) Handbuch der Dampflokomotive von Prof. Dr. Igel. 1923.

ist die Leistungsfähigkeit nach den Angaben von Strahl\*) bestimmt und in Abb. 1, Taf. 6 dargestellt worden. Über den Lokomotivleistungen als Abszissen sind die aus den Maschinenverhältnissen für 330° Dampftemperatur errechneten Dampfmenge Q, ebenso wie die aus den Kesselverhältnissen errechneten Dampfmenge Q'ind. als Kurven gleicher Drehzahl aufgetragen. Q'ind. ist mit der aus Q von bestimmter Füllung und Drehzahl bzw. Blasrohrwirkung abgeleiteten Verdampfungsziffer, bei einer Kohle von 6700 WE kg und der Speisewassertemperatur von 100°, und mit der Brenngeschwindigkeit B = 100—600 kg/m<sup>2</sup>/h ermittelt worden. Die Schnittpunkte von Q und Q'ind., Abb. 1, Taf. 6, in denen Dampfverbrauch und Dampferzeugung bei einer bestimmten Drehzahl und Brenngeschwindigkeit gleich sind, ergeben die Leistungen und damit die Zugkraftkurven gleicher Brenngeschwindigkeit über der Fahrgeschwindigkeit, Abb. 2, Taf. 6. Die größte Zugkraft beträgt bei der Ausnützung des Reibungsgewichtes von 60 t mit 200 kg/t = 12000 kg.

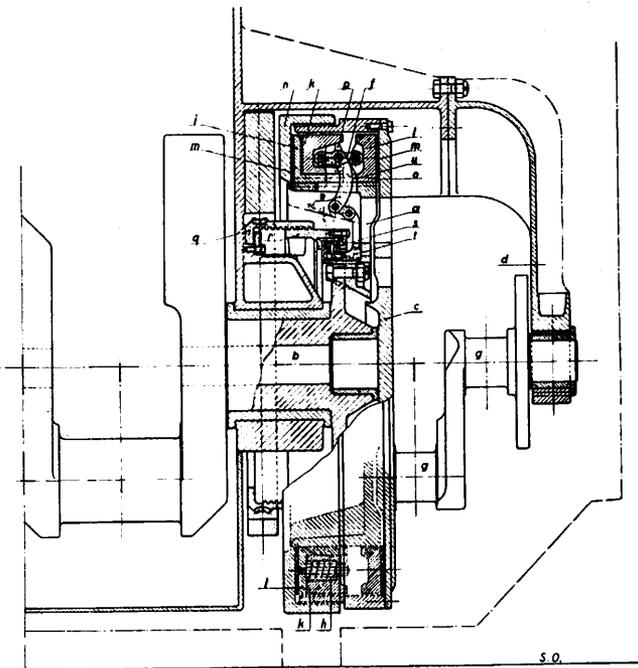


Abb. 2.

In der Zugkraftcharakteristik, Abb. 2, Taf. 6, sind die Laufwiderstände der Züge auf der Wagerechten, sowie die Schubkraft der Schublokomotive über der Fahrgeschwindigkeit eingetragen. Der Widerstand der leerlaufenden Lokomotive ist dabei ebenfalls nach Strahl mit

$$2,5 \cdot 116 + 7,3 \cdot 60 + 0,006 \cdot 10 (V + 12)^2 \text{ bzw.}$$

$$2,5 \cdot 30 + 9,3 \cdot 87,5 + 0,006 \cdot 10 (V + 12)^2$$

eingeführt, während der Zusatzwiderstand der arbeitenden Lokomotive in der Maschinen- und Kesselleistung berücksichtigt ist.

Aus der Zugkraftcharakteristik läßt sich nach Schwaiger\*\*) das Bahndiagramm, wie Abb. 3, Taf. 6 für einen 300 t und Abb. 4, Taf. 6 für einen 600 t Wagenzug zeigt, aufstellen. Über der Fahrstrecke als Parallele zur Ordinatenachse ist die dem Lauf- und Beschleunigungswiderstand entsprechende Zugkraft aufgetragen und zugleich über der Fahrzeit als Abszisse, die von der Zugkraft abhängige Fahrgeschwindigkeit. Der Beschleunigungswiderstand enthält einen Zuschlag von 10%

\*) Der Einfluß der Steuerung auf Leistung, Dampf- und Kohlenverbrauch der Heißdampflokomotive von G. Strahl, 1924.

\*\*) Elektromotorische Betriebe von Prof. Schwaiger. Sammlung Göschen 1922.

für die umlaufenden Massen der Lokomotive. Aus der Zugkraft ergibt sich mit Hilfe der Zugkraftcharakteristik, Abb. 2, Taf. 6, die über der Fahrzeit angetragene Brenngeschwindigkeit. Der Wärmeverbrauch für die ganze Fahrzeit folgt dann als Summe der Produkte aus Brenngeschwindigkeit, Fahrzeit, Rostfläche und Kohlenheizwert, und die geleistete Lokomotivarbeit für die ganze Fahrstrecke als Summe der Produkte aus Zugkraft und Fahrstrecke, woraus sich der Wärmewirkungsgrad ergibt für den

300 t Wagenzug mit 8,1%  
und für den 600 t » » 7,45%

Bei Berücksichtigung des Kohlenverbrauches für Anheizen und Entschlacken mit 220 kg, bezogen auf die 94 km lange Strecke, ergibt sich der Wärmewirkungsgrad für den

$$300 \text{ t Wagenzug } \frac{8,1 \cdot 389,7 \cdot 4,5}{389,7 \cdot 4,5 + 220} = 7,2\%$$

und für den 600 t »  $\frac{7,45 \cdot 599,5 \cdot 4,5}{599,5 \cdot 4,5 + 220} = 6,9\%$ .

Der in den beiden Bahndiagrammen dargestellte schroffe Wechsel der Zugkraft und Brenngeschwindigkeit bei Steigungswechsel und nicht voll ausgelasteter Lokomotive entspricht nicht der Wirklichkeit, in der schwankende Fahrgeschwindigkeit, Rostbeschickung und Kesselwasserstandshöhe mildernd oder ausgleichend wirken, doch wird dadurch das Endergebnis nicht nennenswert beeinträchtigt. Da die für die verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten und Belastungen in den einzelnen Streckenabschnitten eingeführten Wirkungsgrade von Maschine und Kessel nach der Strahlschen Berechnungsweise aus dem Lokomotivbetriebe abgeleitet worden sind, stimmt auch der ermittelte Wärmewirkungsgrad mit dem Lokomotivbetriebe überein.

#### Diesel-elektrische Lokomotive.

Ebenso sind für die Diesel-elektrische 2 C 2 Lokomotive zur Bestimmung der Leistung und Wärmeausnutzung Betriebsergebnisse zugrunde gelegt. Aus den Ergebnissen der Versuche der russischen Diesel-elektrischen 1 E 1 Lokomotive auf dem Prüfstand in Efslingen\*) lassen sich bei der gleichen Motorcharakteristik, jedoch entsprechend verstärkten Motoren und geänderter Zahnradübersetzung ableiten: nach Abb. 1, Taf. 7 die Leistungen bei vorteilhaftester Brennstofffüllung in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit und Drehzahl des Dieselmotors, nach Abb. 2, Taf. 7 die den Leistungen entsprechenden Wirkungsgrade der Lokomotive in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit und Drehzahl, nach Abb. 3, Taf. 7 der Verbrauch an Brennstoff von 10000 WE/kg aus den Abb. 1 u. 2, Taf. 7 mit Hilfe der Formel  $B = 0,0632 Ne$  in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit und Drehzahl, nach Abb. 4, Taf. 7 die Zugkraft — rechnerisch aus Abb. 1, Taf. 7 ermittelt — in Abhängigkeit von dem Brennstoffverbrauch und der Fahrgeschwindigkeit, und nach Abb. 5, Taf. 7 die Zugkraft über der Fahrgeschwindigkeit als Kurven gleichen Brennstoffverbrauches.

In dieser Zugkraftcharakteristik, Abb. 5, Taf. 7, sind die Laufwiderstände der Züge auf der Wagerechten, abzüglich des in der Motorleistung enthaltenen Widerstandes der Treibachsen, sowie die Schubkraft der Schublokomotive in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit eingetragen. Daraus ergibt sich das Bahndiagramm, Abb. 6 u. 7, Taf. 7, wie für die Dampflokomotive entwickelt, mit dem Wärmewirkungsgrad für den

300 t Wagenzug mit 21,2%  
und den 600 t » » 20,5%

#### Elektrische Lokomotive.

Für die elektrische 2 B-B 2 Lokomotive mit zwei Doppelmotoren von je 2.500 PS Dauerleistung sind aus Prüfstands-

\*) Die Diesel-elektrische Lokomotive von Prof. G. Lomonosoff. V. D. I. Verlag. 1924.

ergebnissen von dem BBC-Einphasen-Wechselstrommotor, Type ELM 86/12\*) die Zugkraft- und Wirkungsgradkurven der Abb. 1 bis 3, Taf. 8 entwickelt.

Wird der zusätzliche Leistungsverbrauch des Getriebes, der Blindwellen, Kuppelachsen und Zahnradübersetzung beim Arbeiten unter Last mit 5% der Motorleistung, das Übersetzungsverhältnis der Umlaufzahl des Motors zum Treibrad mit 2,866:1, und der Treibradhalbmesser mit 0,7 m angenommen, so folgt aus dem Drehmoment M eines Motors die Zugkraft

$$Ze = \frac{0,95 \cdot 2,866 \cdot 4 M}{0,700} = 15,6 M$$

und aus der Drehzahl n des Motors die Fahrgeschwindigkeit

$$V = \frac{n \cdot 60 \cdot 1,4 \cdot \pi}{2,866 \cdot 1000} = 0,0921 n,$$

so daß sich aus der auf dem Prüfstand ermittelten Motorcharakteristik die Zugkräfte der Lokomotive, wie in Abb. 1, Taf. 8 dargestellt ist, als Kurven gleicher Spannung in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit ergeben, und in der gleichen Abhängigkeit die Stromkurve. Die Zugkräfte sind durch das Reibungsgewicht der Lokomotive mit 78,6 t  $\cdot 200 \text{ kg/t} = 15720 \text{ kg}$  und durch den Transformator begrenzt. Die Wirkungsgrade des Motors nach den Prüfstandsversuchen sind nach Abb. 2, Taf. 8 als Kurven gleicher Drehmomente über der Spannung aufgetragen, hieraus sind nach Abb. 3, Taf. 8 die Wirkungsgrade von sämtlichen Spannungsstufen als Kurven gleicher Spannung in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit abgeleitet.

Das Bahndiagramm, Abb. 4 u. 5, Taf. 8, enthält den Leerlaufwiderstand der Lokomotive auf der Wagerechten mit nur

3,2 kg für jede t Lokomotivgewicht bei 0 km/h Geschwindigkeit	
3,4	10
3,65	20
4,1	30
4,7	40
5,4	50
6,40	60
7,55	70
8,85	80
10,3	90

und zur Berechnung der Beschleunigung einen Zuschlag von 35% des Lokomotivgewichtes für die umlaufenden Massen. Mit Hilfe der Zugkraftcharakteristik, Abb. 1, Taf. 8, und der Wirkungsgradkurven, Abb. 3, Taf. 8, läßt sich in das Bahndiagramm, Abb. 4 u. 5, Taf. 8, die Stromstärke und der Motorwirkungsgrad in Abhängigkeit von der Zugkraft und Fahrgeschwindigkeit eintragen. Aus der Stromstärke folgt die mit Hilfe von Prüfstandsergebnissen über der Fahrzeit aufgetragene Motorübertemperatur, und aus den Wirkungsgraden des Motors während der Zeit t' für die einzelnen Strecken-

$$\text{abschnitte der mittlere Wirkungsgrad des Motors } \eta^1 = \frac{\sum(\eta^0 \cdot t')}{\sum t'}$$

= 85,4% für den Zug mit 300 t sowohl, wie für den mit 600 t Gewicht. Wird der Kohlenheizwert im Kraftwerk nach Landsberg\*\*) mit = 13,9% in elektrische Kraft umgewandelt, der Wirkungsgrad der Kraftübertragung von der Sammelschiene im Kraftwerk bis zum Stromabnehmer der Lokomotive mit = 94% angenommen, so beträgt der Wärmewirkungsgrad der elektrischen Lokomotive  $\eta = 0,854 \cdot 13,9 \cdot 0,75 \cdot 0,94 = 8,4\%$ .

#### Mechanisch angetriebene Diesellokomotive.

Für die 2 C 2 Diesellokomotive ist gleichfalls die Charakteristik des Motors der russischen 1 E 1 Diesel-elektrischen Lokomotive zugrunde gelegt, mit dem Unterschied, daß die Normalleistung des Motors bei 300 Umdrehungen in der

\*) BBC-Mitteilungen 1922, S. 8, 12 und 199.

\*\*) Z. d. V. d. I. 1920 S. 518: Kraft- u. Wärmewirtschaft im Eisenbahnenwesen.

Minute erreicht wird und die Drehzahlen des Motors in der Sekunde

von 1,43 2,14 2,86 3,57 4,29 5,0 5,35  
denen des Motors der  
1 E 1 Lokomotive von 2 3 4 5 6 7 7 1/2  
entsprechen.

Aus der Motorcharakteristik lässt sich für den entsprechend stärker gewählten Motor die Zugkraft in Abhängigkeit von seiner Brenngeschwindigkeit und Drehzahl bzw. Fahrgeschwindigkeit nach Abb. 1, Taf. 9 ableiten und daraus die Zugkraft über der Fahrgeschwindigkeit in Form von Kurven gleicher Brenngeschwindigkeit nach Abb. 2, Taf. 9 für einen und zwei Motoren auftragen. Die größte Zugkraft ist durch den effektiven Zylinderdruck von annähernd 5,5 at, entsprechend der Ausnutzung des Reibungsgewichtes der Lokomotive mit 200 kg/t = 12000 kg begrenzt. Dabei ist die Ventilatorleistung für die Kühl- sowie Spülluft mit 9% und der zusätzliche Widerstand der doppelt gekuppelten Lokomotivtreibachsen beim Arbeiten unter Last mit 1% der Gesamtleistung berücksichtigt und der Widerstand der leerlaufenden Lokomotive nach der Strahlschen Formel mit  $2,5 \cdot 66 + 7,3 \cdot 60 + 0,006 \cdot 10 (V + 12)^2$  voll eingesetzt worden.

Aus der Zugkraftcharakteristik, Abb. 2, Taf. 9, ergibt sich das Bahndiagramm Abb. 5 u. 6, Taf. 9, wie für die Dampflokomotive entwickelt, mit dem Wärmewirkungsgrad für den 300 t Wagenzug mit 28,2% und für den 600 t » » 28,5%

Für die gleiche Diesellokomotive mit Abwärmeverwertung, unter der Annahme, dass die Abgase mit rund 1/3 der Brennstoffwärme und einer Temperatur, wie sie der Viertaktmotor liefert, bis auf 180°C zur Dampferzeugung ausgenutzt werden und der Dampf von nur 12 at und 320°C bei 100° Speisewassertemperatur in einer Maschine mit 7 kg/PS-Std. Dampfverbrauch verwertet wird, ergibt sich mit den Zugkräften der Abb. 3 u. 4, Taf. 9, dem Vorstehenden entsprechend abgeleitet, im Bahndiagramm derselben Strecke der Wärmewirkungsgrad für den

300 t Wagenzug mit 31,9%  
und den 600 t » » 32%

Die Abwärmeverwertung hat außerdem den Vorteil, dass das im Bahnbetrieb lästige Auspuffgeräusch des Dieselmotors nahezu beseitigt wird, ohne wesentliche Erhöhung des Gegendruckes im Dieselmotor.

Bei der Gegenüberstellung der Gewichte der verschiedenen Lokomotiven und ihrer Leistungsverhältnisse auf der Strecke Stuttgart-Ulm in Übersicht 2 ist zu beachten, dass die Dampflokomotive mit dem 600 t Wagenzug überlastet ist. Ebenso die Diesel-elektrische Lokomotive, die auch im Gewicht etwas

Übersicht 2.

	Wagen- gewicht t	Wärme- wirkung %	Fahrzeit Min.	Lokomotiv- gewicht t	Leistung bei Bergfahrt PS/h	Leistung PS/h auf 1 t Lok.-Gewicht
Dampf- Lokomotive . .	300	7,2	74,3	160	1220	7,6
600	6,9	92,0	„	„	1390	8,7
Diesel-elektrische Lokomotive . .	300	21,2	74,2	126	1010	8,0
600	20,5	91,8	„	„	1230	9,8
Elektrische Lokomotive . .	300	8,4	72,9	126	1270	10,1
600	8,4	80,4	„	„	1650	13,1
Mechan. angetr. Lokomotive . .	300	28,5	72,5	122	1260	10,4
600	28,2	78,0	„	„	1740	14,3
Mech. angetr. Lok. mit Abwärmeverw.	300	31,9	70,9	130	1360	10,5
600	32,0	75,1	„	„	1920	14,8

zu günstig dargestellt ist. Bei der elektrischen Lokomotive ist der Leerlaufwiderstand von Lokomotiven mit Parallelkurbelantrieb, ohne Zahnräder und Seitenwind, also gegenüber den anderen Lokomotiven zu niedrig eingesetzt, wodurch die Fahrzeit zu kurz angegeben ist.

Zur Untersuchung der Wirtschaftlichkeit der Lokomotiven ergeben sich bei den derzeitigen Anschaffungs-, Verbrauchs- und Unterhaltungskosten die Betriebs- und Gestehungskosten auf die Nutzlasteinheit bezogen, für eine neuzeitliche

Dampflokomotive

bei 500 Tages-km und 300 Betriebstagen jährlich,		300 t	600 t
mit einem Wagenzug von . . .		300 t	600 t
Verzinsung des Anschaffungswertes			
200 000 M zu 6%		12 000 M	12 000 M
Tilgung des Anschaffungswertes			
200 000 M zu 4%		8 000 »	8 000 »
Doppelbesatzung, je Führer und Heizer, monatlich 500 M bei 54 Wochen- stunden . . . . .		10 000 »	10 000 »
Kohlen (19,53 + 12,20 M/t) (1,75 + 1,17 + 0,44) $\frac{500 \cdot 300}{188}$ . . . . .		85 200 »	—
Kohlen (19,53 + 12,20 M/t) (2,70 + 1,79 + 0,44) $\frac{500 \cdot 300}{188}$ . . . . .		—	125 200 »
Wasser 0,16 M/t $\frac{2470 \cdot 0,01 \cdot 150 000}{188}$		3 150 »	—
» 0,16 M/t $\frac{3560 \cdot 0,01 \cdot 150 000}{188}$		—	4 550 »
Öl für Zylinder (0,56 + 0,04 M/kg) 1/6 · 0,022 · 150 000 . . . . .		330 »	330 »
Öl für Triebwerk (0,243 + 0,04 M/kg) 5/6 · 0,022 · 150 000 . . . . .		780 »	780 »
Unterhaltung 260 M/1000 km · 150		39 000 »	39 000 »
		158 460 M	199 860 M
Gestehungskosten von 1000 tkm			
Nutzlast . . . . .		3,52 M	2,22 M
Für die mechanisch angetriebene Diesellokomotive ohne Abwärmeverwertung, bei 900 Tages-km und 330 Betriebstagen jährlich,			
mit einem Wagenzug von . . .		300 t	600 t
Verzinsung des Anschaffungswertes			
530 000 M zu 6%		31 800 M	31 800 M
Tilgung des Anschaffungswertes			
530 000 M zu 6%		31 800 »	31 800 »
Doppelbesatzung, je Führer und Maschinist, monatlich 500 M bei 54 Wochenstunden . . . . .		11 000 »	11 000 »
Brennstoff (0,1095 + 0,0138 M/kg) (340,3 + 229,3) 297 000 $\frac{188}{188}$ . . . . .		111 000 »	—
Brennstoff (0,1095 + 0,0138 M/kg) (508,2 + 340) 297 000 $\frac{188}{188}$ . . . . .		—	165 000 »
Schmieröl für Diesel (0,53 + + 0,04 M/kg) $\frac{2465 \cdot 0,002 \cdot 297 000}{188}$		4 420 »	—
Schmieröl für Diesel (0,530 + + 0,041 M/kg) $\frac{3650 \cdot 0,002 \cdot 297 000}{188}$		—	6 570 »
Schmieröl für Laufwerk (0,243 + + 0,041 M/kg) 0,017 · 297 000 . . . . .		1 430 »	1 430 »
Unterhaltung 260 M/1000 km · 297		77 000 »	77 000 »
		268 450 M	324 600 M
Gestehungskosten von 1000 tkm . . . . .		3,01 M	1,82 M

Auch hier ist zu bemerken, daß die Dampflokomotive mit dem 600 t Wagenzug überlastet ist, da die Leistungsfähigkeit eines Heizers den Kohlenbedarf von 2700 kg in 1 1/2 Stunden oder 1760 kg/Std. nicht mehr zu decken vermag.

Aus dem Vergleich der Betriebskosten der beiden Lokomotiven geht hervor, daß die Diesellokomotive die Nutzlast um 15 bis 19 % billiger befördert und ferner, daß die Diesellokomotive mit nahezu der doppelten Jahresleistung der Dampflokomotive den Brennstoff annähernd 2,8 mal und mit der gleichen Jahresleistung annähernd 4 mal besser ausnützen muß, als die Dampflokomotive, um deren Betriebskosten nicht zu überschreiten.

Hierbei ist zu berücksichtigen, daß einer hochentwickelten Dampflokomotive eine Diesellokomotive gegenübergestellt ist, die sowohl in der Fertigung als auch im Wirkungsgrad noch große Entwicklungsmöglichkeiten bietet.

Die Diesellokomotive weist ferner nicht nur die für die

elektrische Lokomotive in Anspruch genommenen Vorteile auf, sondern bietet noch betriebliche Vorteile hinsichtlich größter Leistungsfähigkeit, kürzester Fahrzeit, unbeschränkter Fahrgeschwindigkeit bei Leerfahrt, hinsichtlich steter Betriebsbereitschaft, sowie auch wirtschaftliche Vorteile in geringerem Anschaffungswert gegenüber der elektrischen Lokomotive, in größter Ausnützung des Lokomotivgewichtes, besserer Ausnützung von Bahnanlagen und geringstem Bedarf ausländischen Kupfers. Berücksichtigt man alle diese Umstände, so ist die Schlussfolgerung berechtigt, daß — auch bei ungünstigem Preisverhältnis der Brennstoffe, das für Deutschland durch die mittel- oder unmittelbare Umsetzung von Kohle in Öl nahezu festliegt — die Diesellokomotive imstande ist, die Dampf- und elektrische Lokomotive mit Erfolg zu ersetzen.

Für die Mitarbeit danke ich Herrn Diplomingenieur Neu noch an dieser Stelle.

## Erfahrungen mit in Heißdampflokomotiven umgebauten Nafsdampflokomotiven.

Von M. Widdecke, Oberingenieur, Semarang (Java).

Auf dem im Jahre 1922 in Rom abgehaltenen Internationalen Eisenbahn-Kongress\*) wurde bei der Behandlung der »Wirtschaftlichen Erzeugung und Anwendung des Dampfes in Lokomotiven\*\*\*) u. a. auch lebhaft die Frage des Umbaus von Nafsdampf- in Heißdampflokomotiven erörtert.

Über die wirtschaftlichen Vorteile des Heißdampfes waren sich alle einig\*\*\*), über Einzelheiten der Ausführung waren dagegen noch sich stark widersprechende Ansichten zu hören.

Einer der Vertreter, ein Portugiese, brachte denn auch — bei der Besprechung über die Möglichkeit der Verwendung von Flachschiebern bei Heißdampf — deutlich zur Sprache, daß sich so stark widersprechende Meinungen es besonders kleineren Gesellschaften erschweren, Umbauten dieser Art zu wagen.

Es scheint mir darum von Wert zu sein, Erfahrungen mit solchen Umbauten mitzuteilen und bewährte Bauarten und Winke bekannt zu geben, wie sie der Leiter der Zugförderung und des Werkstättenwesens eines Eisenbahnunternehmens braucht, um so gut wie jede Gefahr eines Misserfolges auszuschließen.

Sehr groß ist noch die Zahl der Nafsdampflokomotiven, bei denen ein Umbau in Heißdampflokomotiven von großem Vorteil sein kann.

Ist die zur Bewältigung des Verkehrs benötigte Zugkraft zu klein geworden, so kann durch den Umbau die Beschaffung neuer Lokomotiven vermieden werden, weil stets eine Erhöhung der Leistung des Kessels und der Maschine um etwa 10 bis 20 % erreicht werden kann. Ungefähr ebensoviel beträgt die Ersparnis an Brennstoff.

Oft ist damit die Möglichkeit gepaart, schwerere Züge, oder weniger Züge zu fahren, an Mannschaften zu sparen, eine Vermehrung der Stände und der Belegschaft in Heizhäusern und Werkstätten zu umgehen, Vorteile, die gelegentlich selbst noch größer sein können als die unmittelbare Ersparnis an Betriebskosten nach dem Umbau.

Dagegen wird das Reibungsgewicht durch den Umbau nur wenig erhöht. Lag es daher schon bei Nafsdampf bei der größten Zugkraft in der Nähe der Schleudergrenze, so liegt der Vorteil des Umbaus mehr in der Brennstoffersparnis, bei nicht wesentlich schwereren Zügen als bei Nafsdampfbetrieb.

\*) Siehe Bulletin de l'Association Internationale du Congrès des Chemins de Fer. Vol. V. Nr. 3 Mars 1923, pag. 238—266. 2e Section: Traction et Matériel.

\*\*) Question V. Production et Utilisation de la Vapeur des Locomotives.

\*\*\*) Vertreten waren in dieser Abteilung Abgesandte von Eisenbahngesellschaften aus England, Frankreich, Holland, Italien, Portugal, Schweiz, Tschechoslowakei und den Vereinigten Staaten.

Unter der Voraussetzung, daß Brücken und Oberbau etwas höhere Achsdrücke zulassen, kann durch gleichzeitigen Umbau z. B. von 2 C in 1 C oder 1 D in D-Type vielfach ohne hohe Kosten, auch der Vorteil gesteigerter Zugkraft voll zu seinem Rechte kommen.

Ist das Reibungsgewicht für die um 10 bis 20 % gesteigerte Zugkraft genügend, war dagegen der Kessel an seiner Höchstleistung — war also die Lokomotive »underboilered«, wie die Amerikaner es nennen — dann ist der Umbau in Heißdampf ein wahrer Verjüngungsprozess. Die wirtschaftlichen und betrieblichen Vorteile werden dann am größten.

Eine weitere Möglichkeit die Dampferzeugung des Kessels zu steigern, würde sich durch Verwendung der Nicholson-Feuerbüchswasserkammern ergeben, deren Einbau gelegentlich des Feuerbüchwechsels besonders einfach wäre. Doch habe ich über diesen Punkt bisher keine eigene Erfahrungen.

Die Umwandlung von Nafs- in Heißdampf kann bei Beobachtung der nachstehend gegebenen Winke mit Geldbeträgen vorgenommen werden, deren Verzinsung und Abschreibung so klein werden, daß sie gegen die Vorteile verschwinden.

Als zweckmäßigster Zeitpunkt für den Umbau kommt allein eine bevorstehende Grofsausbesserung in Betracht, bei der Rohrwand oder Feuerbüchse ausgewechselt und allenfalls auch die Zylinder ausgebohrt werden müssen. Es ist dann, abgesehen vielleicht bei dem Umbau der ersten Lokomotive kaum ein Mehr an Zeit, die die Maschine in der Werkstatt bleiben muß, nötig.

Eine Zusammenstellung der Arbeiten und Werkstoffe, die den Umbau kennzeichnen, wird das deutlich machen. Unterteilt man die Arbeiten in solche, welche bei der gewöhnlichen Ausbesserung nötig wären (A) und in die, welche durch den Umbau hinzukommen (B), so ergibt sich die auf Seite 45 angegebene Übersicht.

Für mittelgroße Lokomotiven (~ 500 PS) betragen die Kosten für diese nur einmal hinzukommenden Teile nicht mehr als etwa 25 bis 35 % der Kosten, die die Ausbesserung der Nafsdampflokomotive betragen hätte. Je größer die Lokomotive ist, je geringer werden diese anteiligen Kosten.

Um nun die Vorteile des Heißdampfes voll auszunutzen, muß hohe Überhitzung erreicht werden (350°); man muß sich mit Rücksicht auf die flachen Schieber nicht etwa nur Dampftrocknung als Ziel setzen. Die Konstruktionen müssen derart sein, daß sie ohne Schaden hohe Temperaturen zulassen.

Wahl der Überhitzerbauform. Die Ansichten, ob dem Grofs- oder Kleinrohrüberhitzer der Vorzug zu geben sei, liefen auf dem Kongress in Rom noch recht weit auseinander. Es wurde u. a. behauptet, der Grofsrohrüberhitzer hätte nicht

genügend hohe Temperatur gegeben, deswegen sei der Kleinrohrüberhitzer gewählt worden, wobei sich dann allerdings so hohe Temperaturen (400°) ergeben hätten, das man Mittel zur Verminderung hätte anwenden müssen. — Es wurde aber nicht genügend erwähnt, das man bei ersterem 600 bis 700 mm von der Rohrwand abgeblieben war, noch keine 25% Überhitzerfläche

Übersicht über die Arbeiten, welche bei der gewöhnlichen Ausbesserung nötig wären (A) und solche, welche durch den Umbau hinzukommen (B).

	A	B
1. Rohrwand oder Feuerbüchse. . . . . (Bestand die Gewohnheit, auch bei Nafsdampfungebohrte Feuerbüchsen zu bestellen, so können diese sogar ohne weiteres Verwendung finden.)	ja	—
2. Rauchkammerrohrwand . . . . .	—	ja (bei Serverohren unnötig, da die bestehende Wand bei Gebrauch eines Kleinrohrüberhitzers ohne weiteres verwendbar bleibt).
3. Überhitzerendstücke und Rohre . . . . . (Etwaige Vorräte von schon in Betrieb befindlichen Heißdampflokomotiven können beinahe restlos aufgebraucht werden, da gezeigt werden wird, wie das Durchbrennen solcher Enden verhindert werden kann, so das kaum mehr Ersatzvorräte nötig sein werden.)	—	ja
4. Heizrohre . . . . .	Werden bei Großrohrüberhitzer etwa zu 70% wieder gebraucht	—
5. Überhitzerkasten . . . . .	—	ja
6. Schmierpumpe . . . . .	—	ja
7. Schieber . . . . .	ja, nur aus besonderer Legierung.	—
8. Stopfbüchsen . . . . .	Desgl.	—
9. Luftsaugventile . . . . .	—	ja, falls nicht von Nafsdampf vorhanden, die dann für Heißdampf brauchbar gemacht werden
10. Dampfzuführungsrohre, eiserne, vom Überhitzerkasten zum Zylinder	—	ja, doch dafür werden die kupfernen an Materialwert gewonnen

geschlossen werden muß, das beim Großrohrüberhitzer keine genügend hohe Temperatur erzielt wurde und das beim Kleinrohrüberhitzer die Rohrenden durchbrannten. Beide Fehler darf man nicht der Überhitzerbauart zuschreiben. Sie wären bei sachgemäßer Anordnung nicht entstanden.

Für den Betrieb ist in den meisten Fällen der Großrohrüberhitzer dem Kleinrohrüberhitzer vorzuziehen, besonders gilt dies auch für Umbauten von Nafsdampf in Heißdampf. Denn:

Der Großrohrüberhitzer ist billiger, der Bedarf an neu zu beschaffenden Rohren und Umkehrenden ist geringer, die vorhandenen Heizrohre können zum guten Teile wieder Verwendung finden, Gefahr von Zusetzen ist geringer, Reinigung einfach und vor allem ist auch der Einbau einfacher. Dieser letzte Punkt ist für den Betrieb von besonderer Wichtigkeit, besonders wenn die Dichtung der Kleinrohrüberhitzerrohre gegen den Überhitzerkasten mit Linsen vorgenommen ist. Es ist dann sehr genaues Richten des Überhitzerbündels nach Lehren nötig, sonst entstehen Schwierigkeiten, das ganze Bündel in die Rohre zu bringen; oft geht das nur mit Zwängen, was dann zusammen mit Wärmespannungen Lecken der Linsen zur Folge hat. Zudem verlangen die vielen eisernen Linsen sehr genaues Aufschleifen und sie verschieben sich leicht bei dem Einbau. Lecken bedeutet aber: ungenügenden Unterdruck in der Rauch-

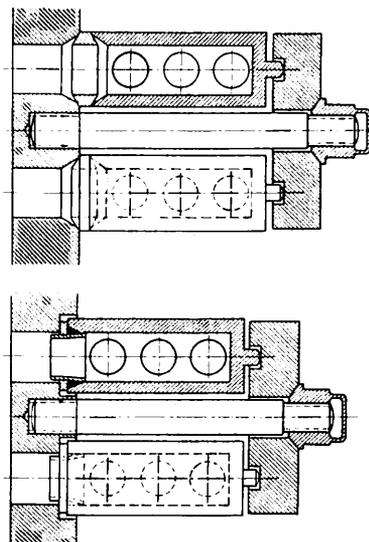


Abb. 1. Eiserner Linsen ersetzt durch etwas nachgiebige Dichtungsringe.

kammer und teure Abbauarbeiten im Heizhause, wobei dann die sonst sicheren Vorteile der Überhitzung leicht in Nachteile mit größerem Brennstoffverbrauch als bei Nafsdampf übergehen können. Es empfiehlt sich daher, in allen Fällen, wo Kleinrohrüberhitzer gewählt ist — z. B. bei Nafsdampflokomotiven, welche Serverohre hatten — statt der Dichtung mit Linsen Kupfer-Asbestringe zu verwenden. Diese sind etwas nachgiebig, und, wenn man etwa in der auf Abb. 1 angegebenen Weise, die den Umbau von Linsen auf Ringdichtung angibt, dafür sorgt, das die Ringe sich nicht bei dem Einbau verschieben können, dann vermeidet man alle den Linsen anhängenden Nachteile.

Bei sachgemäßer Verteilung der durch die Rauchrohre bzw. Heizrohre gehenden Abgase unter Berücksichtigung des freien Durchlasses und der bestrichenen Oberflächen wird die Überhitzung bei einem Verhältnis von etwa 26 bis 32% bei Großrohrüberhitzer und etwa 36 bis 42% bei Kleinrohrüberhitzer zwischen den Oberflächen der Überhitzerrohre zur Nafsdampfheizfläche angemessen sein. Mit den Überhitzerrohrenden gehe man

- bei Holzfeuerung auf etwa 300 bis 400 mm | je nach dem
- > Kohlenfeuerung 400 bis 550 » | Heizwerte
- > Öl (Pakura, Masut) 500 bis 650 »

an die Feuerbüchsenheran. Diese Abstände sind ungewöhnlich klein und mancher Betriebsleiter wird fürchten, dann noch mehr Unannehmlichkeiten und Kosten mit durchgebrannten Überhitzerrohrenden zu bekommen. Doch das Durchbrennen (Abschmoren) der Umkehrenden vermeidet man mit Sicherheit durch Aufschweißen von kleinen Kappen aus hartem Gußeisen (etwa nach Abb. 2). So beschützte Enden halten sich bei Großrohrüberhitzer ohne Selbstregler und auch bei Kleinrohrüberhitzer gut, wo die gewöhnlichen Umkehrenden,

gegeben hatte, ebendrin mit selbsttätiger Regelung arbeitete, das man dagegen beim Kleinrohrüberhitzer auf 300 mm an die Rohrwand herangegangen war, mehr als 50% Überhitzerfläche gegeben und keine selbsttätige Regelung verwendet hatte. Natürlich war bei solchen Gegensätzen die Folge, besonders bei Lokomotiven in Diensten, in welchen der Regler oft ge-

besonders jene aus Flußeisen (weniger die aus Stahlgufs) ab- und durchbrennen. Sollten selbst diese gusseisernen kleinen Kappen bei besonders beanspruchten Kesseln noch angegriffen werden, dann wähle man als Werkstoff eine der in den Handel gebrachten hochschmelzbaren Eisenlegierungen (Chrom Eisen, Nialit oder ähnliches), die selbst bei Temperaturen, wie sie dicht an der Rohrwand herrschen, nicht abschmoren.

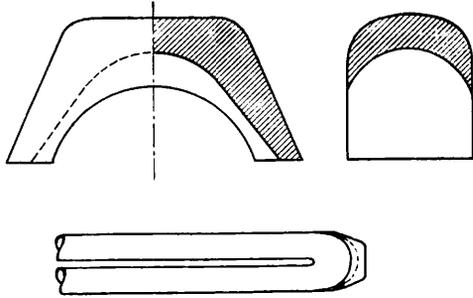


Abb. 2. Kappe für die Umkehrenden.

Die gegebenen Hinweise beseitigen gründlich die Klagen aus dem Betrieb über Undichtwerden in der Rauchkammer und Durchbrennen der Umkehrenden. Wird der Überhitzerkasten selbst von einer erstklassigen Fabrik bezogen, dann werden dem Betriebe aus diesen wichtigen Einzelteilen des Umbaus bei Überhitzung keinerlei Mehrarbeiten und keinerlei Mehrkosten gegenüber dem Nafsdampf erwachsen.

**Schieber und Zylinder.** Der Umbau steht und fällt mit dem Verhalten der Flachschieber im Heißdampf. Durch zweckmäßige Wahl von Werkstoff und Form des Schiebers, der Schmieranordnung und der Ölart wird es in so gut wie allen Fällen gelingen, Überhitzungen von  $350^{\circ}$  zu beherrschen. Und dies mit Schieberabnutzungen, die geringer sein werden als sie bei derselben Lokomotive mit Nafsdampf bei Rotgufschiebern waren. Nur in dem Falle, daß die Zylinder doch erneuert werden müßten, wird man solche mit Rundschieber wählen — falls die Steuerungsanordnung dies ohne weiteres zuläßt. Sind mit deren Änderung größere Kosten verbunden, so bleibe man ruhig bei Zylindern mit Flachschiebern.

So gut sich in der Regel weichgufseiserne Schieber bei Nafsdampf bewähren, bei Heißdampf versuche man sie nicht. Dagegen bewähren sich sehr gut nachfolgende Mischungen:

84,0 Cu	84,5 Cu
3,0 P. Cu oder	0,5 P. Cu
13,0 Sn	10,0 Sn
	5,0 Pb.

Bei der Bleibronze verfähre man so, daß dem geschmolzenen Kupfer das Zinn zugesetzt wird und dann unter kräftigem, dauerndem Rühren das Blei. Es darf nicht zu heiß gegossen werden ( $700^{\circ}$ ), weil sonst das Blei teilweise aussaigert. Beide Mischungen lassen sich gut bearbeiten. Ihre Festigkeit ist bei Temperaturen bis  $400^{\circ}$  genügend.

**Form des Schiebers.** Bei Lokomotiven mit Schiebern, die nicht größer als 70 qcm sind, werden keinerlei Schwierigkeiten, auch ohne Entlastung, auftreten. Bei größeren Schiebern entsteht die Frage, eine Entlastung vorzusehen. Der Nutzen einer der bekannten Entlastungen (z. B. Nicholson, von Borries) ist vielfach geringer als man zu glauben geneigt ist. Man mache den Versuch, auf dem Schieberdeckel innerhalb des Entlastungsraumes ein Manometer anzubringen und man wird meist finden, daß nach wenigen Schlägen der gleiche oder nur ein wenig geringerer Druck innerhalb des Entlastungsraumes herrschen wird wie im übrigen Schieberkasten. Bei dem dünnflüssigen Heißdampf ist die Leichtigkeit, mit der er zwischen den gleitenden Flächen und den Überdeckungsflächen durchdringt, noch größer als bei dem dickflüssigeren Nafsdampf. Übrigens hielt von Borries selbst nicht viel von der nach ihm

benannten Bauart, doch ist sie immer noch besser und billiger als die Richardsonsche. Wirkungsvoller wird die Entlastung bei Heißdampf nur dann, wenn dem in den Entlastungsraum gedungenen Dampf ein Ausweg gegeben wird. Bei Zwillingslokomotiven mit Vorwärmung oder bei Verbundlokomotiven leitet man den Leckdampf in den Vorwärmer oder in den Aufnehmer; er ist dann doch wenigstens noch teilweise von Nutzen.

Die Muschelschieberform, mit oder ohne Trickkanäle, mit oder ohne Entlastung, ist in der Stoffverteilung derart unregelmäßig, daß unmöglich erwartet werden kann, daß sich solche Gebilde nach allen Richtungen bei den Temperaturen des Heißdampfes gleichmäßig ausdehnen. Das erschwert natürlich das Anpassen der gleitenden Teile zwischen Spiegel und Schieber, also das Einlaufen. Dazu kommt, daß der Schieber dort, wo er über die Kanäle läuft, spezifisch höher belastet wird als auf den Seitenflächen, die in ganzer Länge auf dem Spiegel aufliegen. Die Folge ist, daß sich der Spiegel im Beginn der Einlaufperiode, verschieden stark abnutzen wird, mehr in dem mittleren Teile als an den Seiten. Und in der Tat kann man feststellen, daß ein solcher Schieber in kaltem Zustande eine hohle Form bekommt. Man lasse den Schieber in dieser Form, bringe ihn also nicht auf der Richtplatte wieder in eine Ebene; denn in warmem Zustande, unter Druck, ist er dann dicht und trägt gleichmäßig gut.

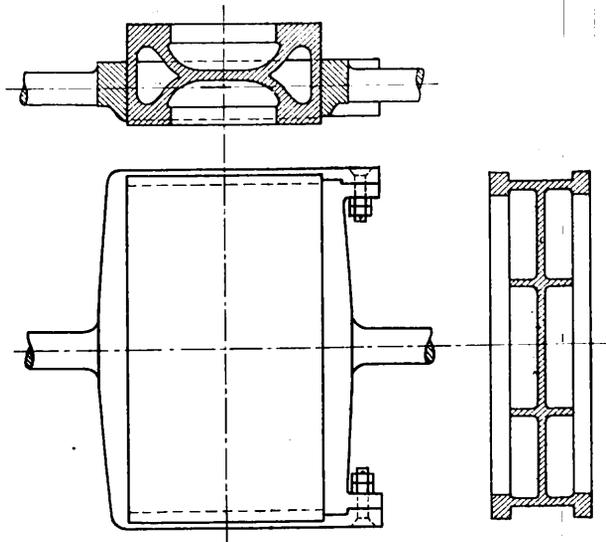


Abb. 3. Schieber mit doppelter Lauffläche und dafür passend gemachtem Schieberrahmen.

Die Muschelschieberform läßt sich verbessern und vereinfachen. Trickkanäle können bei hoher Überhitzung weggelassen werden und eine Formgebung wie Abb. 3 gibt einen gegen Durchbiegung sehr widerstandsfähigen Querschnitt. Die symmetrische Anordnung wirkt günstig auf das Verziehen in der Hitze und gewährt zugleich ungefähr doppelte Lebensdauer, weil sich der Schieber nach Abnutzung der einen Seite umdrehen läßt. Die Kosten für Schieberunterhaltung fallen damit auf ungefähr die Hälfte. Der Schieberrahmen läßt sich nach Abb. 3 mit wenig Kosten für diese Form passend machen.

**Schmierung.** Die schwierigste, aber auch bedeutendste Aufgabe des Umbaus ist, das Öl — bestes hochviskoses Heißdampfzylinderöl — unter Druck zwischen die tragenden Flächen zu bringen. Es ist dazu also nötig, den Schieberspiegel beinahe in ganzer Länge zu durchbohren. An je eine Leitung von der Schmierpumpe werden dann angeschlossen: je ein Steg des Spiegels, auf denen die äußeren Überlappungen und die seitlichen Flächen des Schiebers laufen, siehe Abb. 4, der Zylinder in seinem höchsten Punkte, die Schieberstopfbüchse, bei Entlastung auch

diese; das sind bei Zwillingslokomotiven also acht bzw. zehn Anschlüsse an der Ölpumpe.

Bei geneigt liegendem Schieberspiegel führt man das Öl nur den höchstliegenden Teilen des Spiegels von unten durch die Bohrung zu und bringt auf den Stegen eine Ölnot an, in der der Schmierstoff dem tieferliegenden Teile des Spiegels zuläuft. Wollte man bei geneigtem Spiegel das Öl wie bei wagrecht liegendem Spiegel von unten durch zwei oder drei Stichbohrungen zuführen, so bekäme der obere Teil des Spiegels selbst wenn den Zufuhrlöchern unten kleinere Bohrung als oben gegeben wird, zu wenig Öl, da das sich bei den herrschenden Temperaturen äußerst dünnflüssige Öl den Weg des kleineren Widerstandes sucht und darum unten leichter austritt als oben. Die Anordnung bei geneigtem Spiegel wird also grundsätzlich wie Abb. 5 angibt, bei wagrecht liegendem wie Abb. 4 gestaltet.

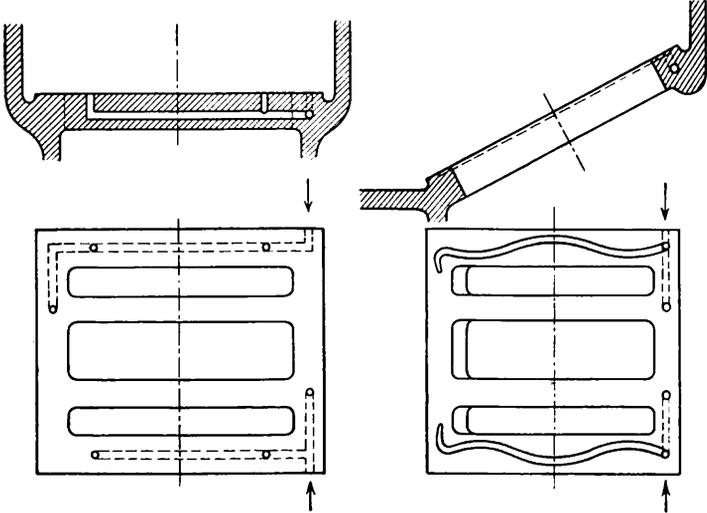


Abb. 4.

Ölzuführung im Schieberspiegel bei wagrecht liegendem Spiegel.

Abb. 5.

Ölzuführung im Schieberspiegel bei geneigt liegendem Spiegel.

Bei Beobachtung dieser Angaben kann der Ölverbrauch — nach anfänglich übermäßiger Schmierung, um über die schwierige Periode des Einlaufens gut hinwegzukommen — nach und nach so verringert werden, dass er bei Zwillingslokomotiven von ~ 100 bis 500 PS etwa 6 bis 8 g, bei größeren Lokomotiven von ~ 500 bis 1000 PS 7 bis 11 g auf den Lokomotivkilometer für beide Schieber, Zylinder und Stopfbuchsen beträgt, wobei etwa 50%, d. h. 2 bis 3 g je Schieber und km, auf die Schieberschmierung entfällt. Dabei wird die Schieberabnutzung geringer sein als sie bei derselben Type mit Nafsdampf betrug.

Schmierabnutzung. Bei einer Anzahl Lokomotiven, die vor und nach dem Umbau in gleichem Dienste lief — bei Heißdampf aber mit vergrößerten Zuglasten — wurden folgende mittleren Schieberabnutzungen gemessen:

Nafsdampf	Auf einem Durchlauf von 30000 km *)	Verschleiß in mm ohne Entlastung	Auf 1 mm Schieberverschleiß also ein Durchlauf von 1600 bis 2300 km.
Nach Umbau in Heißdampf	30000 km	7 bis 8 mm ohne Entlastung	3700 bis 4300 km
		~ 6 mm mit Entlastung	5000 km

Also Steigerung der Lebensdauer auf reichlich das Doppelte, bei nur geringer Verbesserung bei Entlastung. — Die Maschinen

\*) Entsprechend ca. 6½ Millionen Schieberbewegungen.

verkehren auf einer Strecke mit größten Steigungen von 28‰ und müssen mit etwa 60‰ Füllung laufen, wobei die Überhitzung vorübergehend auf etwa 370° steigt. Das bei Anstrengung bei Nafsdampf auftretende Brummen der Schieber verschwand nach dem Umbau.

Die anfänglich sicher manchem Betriebsleiter bedenklich erscheinende Verwendung von Flachschiebern bei Temperaturen von 350°, wird bei Beobachtung der gegebenen Winke kaum auf einen Misserfolg auslaufen; im Gegenteil, es wird voraussichtlich eine Ersparnis an Schiebern eintreten, die die bei Heißdampf nötige Verwendung teureren Öles mehr als ausgleichen wird. Notwendig bleibt natürlich eine strenge Aufsicht, dass das Öl auch wirklich dauernd den lebenswichtigen Teilen zugeführt wird. Schmierpressenbauarten wie z. B. die neue Pumpe von Bosch-Stuttgart mit Sichtschmierung sind in dieser Hinsicht natürlich von besonderem Werte.

Auf dem Kongress in Rom wurde der Erfolg, den die Great Eastern Railway mit dem Umbau in Überhitzung erzielt hatte, zum guten Teile einem »Intensif« genannten Schmierapparate zugeschrieben.

Ein Vertreter der Schweizerischen Bundesbahnen berichtete in Rom, dass flache Schieber sogar noch bei 470° gut gearbeitet hätten. So hohe Temperatur scheint mir nun allerdings nicht nachahmenswert. Sie deutet auch auf nicht richtige Verteilung der Heizgase, die vielleicht in zu großen Mengen durch die Rauchrohre zogen, weil der freie Durchgangsquerschnitt und die berührte Oberfläche den Gasen infolge nicht richtiger Bemessung der Rohrdurchmesser weniger Widerstand in den Rauchrohren entgegengesetzt als in den Heizrohren. Bei so hohen Überhitzungsgraden, die vermutlich bei angestrenzter Bergfahrt entstanden sind, besteht auch die Gefahr, dass Schieber und Spiegel, sobald der Regler nach erreichtem Brechpunkte geschlossen wird, zu schnell abkühlen, so dass Risse im Spiegel oder im Schieber auftreten können.

Wir kommen damit auf die Luftsaugventile. Man stelle sich vor, dass bei der Anordnung von Luftsaugventilen auf dem Schieberkasten plötzlich eiskalte Luft in die hocherhitzten Spiegel, Schieber und Zylinder tritt. Das kann nicht ohne gefährliche Spannungen gehen. Es ist darum viel zweckmäßiger, ein oder zwei Luftsaugventile mit sehr reichlich bemessenen Durchgangsquerschnitten, die beim Schließen des Reglers leicht und zwanglos freigegeben werden, auf der Nafsdampfseite des Überhitzerkastens, oben auf der Rauchkammer, anzubringen. Dadurch wird die angesaugte Luft auf dem langen Wege durch die Überhitzerrohre bis zum Zylinder vorgewärmt, die Überhitzerrohre werden, besonders auch in der Feuerzone gekühlt, und schließlich wird bei hoch angeordnetem Ventil die Gefahr, dass staubhaltige Luft beim Fahren über Wegübergänge in die Zylinder kommt, viel geringer als bei wenig über Schienenhöhe angebrachten Luftsaugventilen. Bei reichlicher Bemessung der Ventile ist es unnötig einen Umlauf anzubringen.

Gleiche Beobachtungen wurden, nach Mitteilungen auf dem Kongress in Rom, bei der Great Northern Railway gemacht.

Es ist natürlich ein großer Vorteil, der Notwendigkeit enthoben zu sein, etwa durch Anbohren und Anschweißen am Zylinder einen Umlauf gelegentlich des Umbaus vorsehen zu müssen. Auch Sicherheitsventile am Zylinder erübrigen sich, weil die Schieber abklappen können.

Stopfbüchse. Im Gegensatz zu der üblichen Anordnung bei Kolbenschiebern, durch innere Einströmung die an den Schieberstopfbüchsen auftretenden Drücke und Temperaturen niedrig zu halten, liegt bei den Umbaumaschinen die Aufgabe vor, in dem bestehenden Stopfbuchsraum, gegebenenfalls mit geringem Ausbohren, eine Abdichtung unterzubringen, die dauernd dem vollen Heißdampfdruck widersteht. Eine Bauart

etwa wie Abb. 6 hat sich unter ungünstigen Verhältnissen gut bewährt. Sie erfüllt die Bedingungen, daß: die Schieberstange

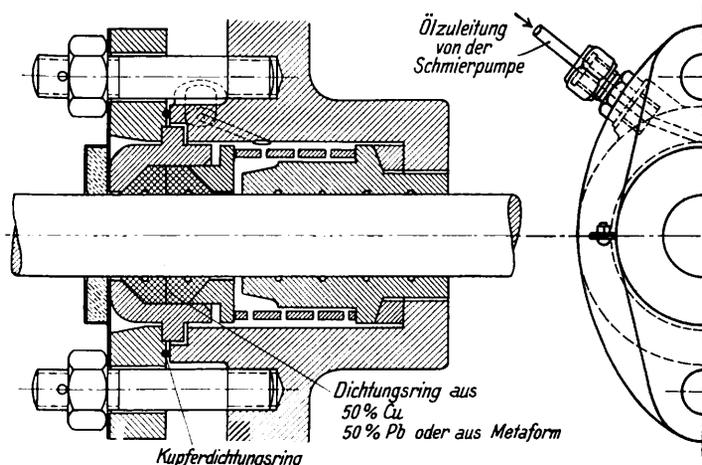


Abb. 6. Kolbenstangenstopfbüchse gedrängter Bauart für Heißdampf.

kleine Seitenbewegungen in allen Richtungen zwanglos ausüben kann; ein geschlossener Raum gebildet wird, in dem sich das

von der Pumpe eingedrückte Öl gut hält und der Stange in großer Länge zugeführt wird; durch die Manschaft nichts Wesentliches verstellt werden kann, falls die Dichtungsringe einmal ausgewechselt werden.

Die zwei untereinander gleichen Dichtungsringe können gefertigt werden aus einer Mischung von 50 Cu + 50 Pb. Dafür müssen die Stangen sehr sauber zylindrisch geschliffen sein. Nicht so hohe Ansprüche an genaues Rundsein stellen die von Krupp-Essen in den Handel gebrachten sogenannten Metaform-Dichtungsringe für Temperaturen bis  $\sim 450^\circ$ . Sie werden zweckmäßig für jeden Stangendurchmesser fertig gepreßt bezogen, da sie sich als eine Art Weichpackung nur wenig nacharbeiten lassen.

Ich hoffe im vorstehenden gezeigt zu haben, daß bei zweckmäßiger Wahl des Zeitpunktes, bei Beobachtung der besonderen Anforderungen an Bauart und Werkstoff und bei Bezug der Unterteile von erstklassigen Fabriken der Umbau von Naßdampflokomotiven für Heißdampfbetrieb mit Aussicht auf sicheren betrieblichen und geldlichen Erfolg möglich ist. Manch ältere Maschinenserie wird dadurch zu einer stärkeren und in Brennstoffverbrauch und Unterhalt sparsameren der Neuzeit entsprechenden Lokomotivgattung umgebaut werden können.

## Selbsttätige Signalanlagen.

Von Ober-Regierungs-Baurat Roudolf, Berlin-Friedenau.

Die selbsttätige Zugdeckung mit elektrischen Gleisstromkreisen hat in den Vereinigten Staaten von Nordamerika auf zwei und mehrgleisigen Stadtbahnen und Vollbahnen weite Verbreitung gefunden. Die Verwendung von Gleisströmen kam 1879 zuerst auf, um bei Zugtrennungen falsche Stellung des Signals auf freie Fahrt zu verhindern. Ferner sollte auch der Gleisstrom vorgekommene Schienenbrüche melden. Damit war man auf die selbsttätige Zugdeckung gekommen. Man fing 1885 mit Druckluftantrieben für die Signale an. Da diese Druckluftanlagen auf weite Entfernungen sehr teuer werden wegen der hohen Kosten für die Leitungen, so beschränkte man sich anfangs auf Strecken mit dichtem Verkehr und auf Stadtschnellbahnen. Die Anwendung auf langen Bahnstrecken war erst möglich, als die elektrischen Antriebe für die selbsttätige Sicherungsweise hinreichend erprobt waren. Von 1900 an wurden viele zwei- und eingleisige Hauptbahnen auf diese Weise gesichert. Die Sicherung eingleisiger Strecken erfordert verwickeltere Überwachungsströme, da für jeden der gegeneinander fahrenden Züge das Haltsignal auf solche Entfernungen gegeben werden muß, daß die Überholungen an den vorgeschriebenen Stellen stattfinden können. Die weite Verbreitung des selbsttätigen Signalsystems für eingleisige Strecken in Amerika liegt an den besonderen örtlichen Verhältnissen, die auf unsere Hauptbahnen nicht so einfach zu übertragen sind. Wohl aber kommen die selbsttätigen Signalstellereien für elektrisch betriebenen Bahnen mit dichter Zugfolge in der Nähe der großen Städte und insbesondere für Stadtschnellbahnen bei uns in Betracht.

Eine Zugfolge von  $1\frac{1}{2}$  Minuten zu erreichen, war mit den bestehenden handbedienten und halbselftätigen Signaleinrichtungen, wie sie auf der Berliner und der Hamburger Stadtbahn vorhanden sind, nicht zu erreichen. Man verließ die handbedienten Wechselstrom-Blockanlagen und wandte sich dem selbsttätigen Signalsystem zu. Die erste Ausführung dieser Art in Berlin wurde von der Berliner Untergrundbahn hergestellt. Im Gegensatz zu den bei den bisherigen Signalanlagen geltenden Grundsätzen zeigen die Signale im rein selbsttätigen Betriebe in der Grundstellung Fahrt frei statt Halt; im halbselftätigen Betriebe, also da, wo Weichen liegen, wo die Signale vom Zuge zwar auf Halt, aber vom

Wärter auf Fahrt frei gestellt werden, ist Halt die Grundstellung.

Viele Bahnen im Ausland wenden ein elektrisch-pneumatisches System an wegen seiner kräftigen Bauart. Bei der Untergrundbahn in Berlin hat man das rein elektrische System gewählt, und für den Betrieb der selbsttätigen Signalanlage einfachen Wechselstrom von 120 Wechsell in der Sekunde verwendet. Für den Bahnbetriebsstrom wird meistens Gleichstrom, für den Signalstrom, der die Signalfügel auf Fahrt hält, wird je nach den verschiedenen Systemen Gleichstrom oder Wechselstrom angewendet. Die Mitwirkung des Zuges bei allen selbsttätigen Signalsystemen wird durch Einbeziehung einer oder beider Fahrschienen in den Signalstromkreis erreicht. Die Fahrschienen werden entsprechend den Blockstrecken einseitig oder beiderseits in isolierte Blockstrecken zerlegt.

Die einzelnen Arten der selbsttätigen Signalanlagen unterscheiden sich je nach der Stromzuführung folgendermaßen:

1. Beide Fahrschienen sind bahnstromfrei, werden also nur für den Signalstrom verwendet,
2. nur eine Fahrschiene ist bahnstromfrei, die andere dient zur Rückleitung des Bahnstromes, so daß der Signalstrom eine stromfreie und eine stromführende Fahrschiene benutzen muß,
3. oder beide Fahrschienen leiten den Bahnstrom zurück, so daß sich der Bahn- und der Signalstrom überdecken.

### Selbsttätige, elektrische Signalstellerei mit Wechselstrom.

Die Berliner Hoch- und Untergrundbahn hat zuerst auf ihren Strecken das selbsttätige Signalsystem eingeführt, und zwar hatte sie anfangs ein Westinghouse-Hebelwerk verwendet, das einige Mängel aufwies, die in einem nach den Angaben der Hochbahngesellschaft von Siemens erbauten neuen Stellwerk beseitigt worden sind. In einem Holzgehäuse sind die Hebel mit ihren Schaltern gut übersichtlich angeordnet. Die Hebel können leicht bewegt werden, so daß ein besonderer Handfallenhebel entbehrlich wird. Die Überwachung der Endstellungen der Weichen und Signale erfolgt durch Lichtzeichen ohne bewegliche Teile, an Stelle der durch Elektromagnete gesteuerten Farbscheiben, wie sie bei den übrigen elektrischen Stellwerken üblich sind. Ein erleuchtetes + Zeichen gibt die

Grundstellung der Weiche an, ein erleuchtetes — Zeichen die umgelegte Stellung. Die Zeichen für die Signalhebel sind rote bzw. grüne Fenster. Bei dem neuen elektrischen Stellwerk von Siemens sind mit den Hebeln elektrische Verschlüsse (Abb. 1, Schnitt C-D) verbunden, die verlangen, daß der Hebel erst dann in eine Endstellung gebracht werden kann, wenn der Weichenmotor ausgelaufen ist und die mechanische Verriegelung aufgegeben hat.

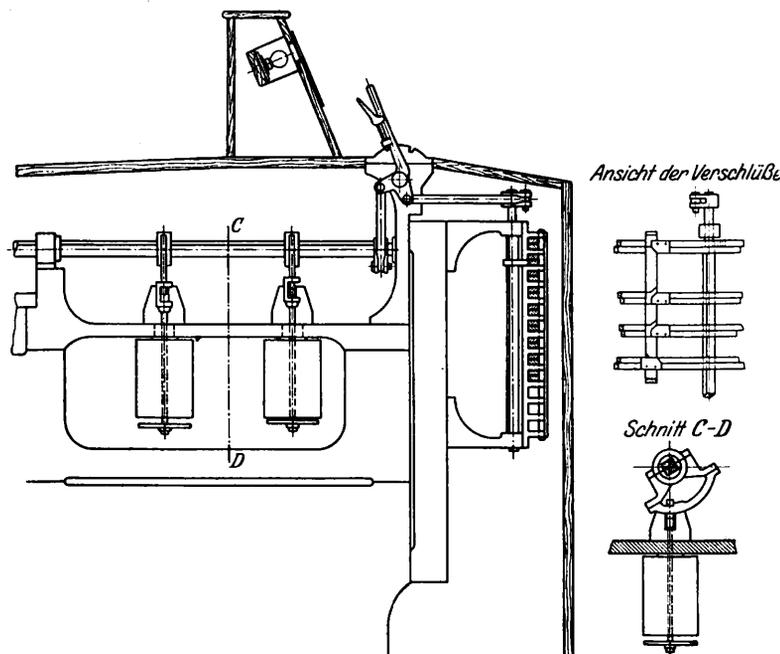


Abb. 1. Weichenhebelverschlüsse von Siemens.

Der Weichenhebel ist durch ein Zwischenstück mit einer drehbaren vertikalen Welle verbunden. Auf dieser Welle sitzt eine Übertragung, die in eine auf der Rückseite einer horizontalen Sperrschiene ausgeklügelte Nute eingreift. Diese Sperrschiene bewegt sich hin und her. Die Verriegelung der Hebel untereinander erfolgt durch Querriegel, die sich in vertikaler Richtung bewegen. In diese Querriegel greifen kleine Knaggen ein, die an den horizontalen Sperrschienen sitzen. Die elektrische Verschlüsse mit ihren Kontakten sitzen hinten und werden von der horizontalen Welle gesteuert. Die elektrische Verriegelung besteht aus einem Magnet, dessen Anker an einer senkrechten Stange sitzt, die durch die Mitte des Kerns geht.

Oben an der Stange sitzt ein Verschlussstück, das in einen Quadranten eingreift, der auf der Welle sitzend, mit dieser gedreht wird. Hinter dem Hebelwerk sind in einem Schrank die Relais und ein Transformator untergebracht. Über dem Stellwerk hängt ein Transparent, auf dem der Lauf der Züge verfolgt werden kann. Der besetzte Zustand wird durch Erlöschen der Lampen hinter den unterteilten leuchtenden Streifen, die die Gleise bedeuten, angegeben. Die Weichen, Signale und Fahrsperrern werden durch Elektromotore angetrieben, die von einer Sammlerbatterie von 100 bis 120 Volt Spannung gespeist werden. Die Hebel werden mechanisch und elektrisch verschlossen. An den Weichenhebeln verhindern die elektrischen Verschlüsse, daß der Hebel nach vorn oder nach rückwärts ganz umgelegt werden kann, ehe die Weiche richtig steht; an den Signalhebeln verhindern dieselben, daß der Hebel ohne weiteres in die Endstellung gebracht werden kann. Der eine Verschluss (Meldeverschluss) sperrt hierbei den Hebel so lang, bis das durch den Hebel zu stellende Signal auf Halt steht und der

andere Verschluss (Rückhaltverschluss) sperrt den Hebel so lang, bis der Zug alle Weichen durchfahren hat, die mit dem Signal gekuppelt sind. Diese Verschlüsse sind jedoch so eingerichtet, daß der Stellwerkwärter eine Umstellung der Hebel nur dann vornehmen kann, wenn dadurch keine Gefahren herbeigeführt werden können. Jede Weiche hat zwei Relais, die die eine oder die andere Endlage anzeigen. Tritt eine Störung an der Weiche ein, so wird der Relaisstrom unterbrochen, die Hebel und die Kontrollströme für die Signale, die die betreffenden Weichen unter Verschluss halten, werden verriegelt.

Die wichtigsten Bestandteile der selbsttätigen, elektrischen Stellereien sind die Drosselstöße oder Impedanzverbinder (Abb. 2). Es sind leitende Überbrückungen an Stosstellen, die den Signalstrom (Wechselstrom) abdröseln, aber den Bahnstrom durchlassen. Bei unseren elektrischen Bahnen mit zwei Fahrseilen und einer dritten Schiene als Stromschiene werden die Fahrseilen als Rückleitung für den Bahnstrom und gleichzeitig als getrennte Leitungen für den selbsttätigen Signalbetrieb benutzt. Und zwar ermöglichen dies die Drosselstöße. Voraussetzung ist, daß die beiden Fahrseilen an den Drosselstößen durch isolierende Zwischenschichten getrennt sind und auf Holzschwellen in durchlässiger Bettung liegen. Die Hochbahn in Berlin verwendet Gleichstrom als Fahrstrom, der durch eine dritte Schiene zugeführt wird, und Wechselstrom als Signalstrom. Die Fahrseilen sind ein wichtiges Glied der selbsttätigen Signalanlage.

Die Wirkungsweise des Drosselstoßes zeigt die Abb. 2. In mit Öl gefüllten Kästen aus Eisen liegen starke Kupferdrähte  $V_1$  und  $V_2$  in Windungen.  $V_1$  und  $V_2$  sind mit den Schienenenden durch Kupferseile verbunden, die Mitten von  $V_1$  und  $V_2$  durch die Drähte  $V$ . Der Bahnrückstrom fließt nun in den Schienensträngen des einen Streckenabschnittes in Richtung der Pfeile gegen die Mitte der einen Hälfte von  $V_1$ , dann durch  $V$  über  $V_2$  nach den Schienenenden des nächsten Abschnittes.

Die Fahrströme fließen in den beiden Windungshälften entgegengesetzt, ihre Kraftlinienfelder sind also auch entgegengesetzt und halten sich das Gleichgewicht, da sie ungefähr gleich groß sind. Der Signalstrom, der niedriger gespannt ist, findet als Wechselstrom in den mit Gleichstrom belasteten Windungen  $V_1$  und  $V_2$  des Drosselstoßes einen großen induktiven Widerstand, kann nicht zur Nachbarschiene gelangen

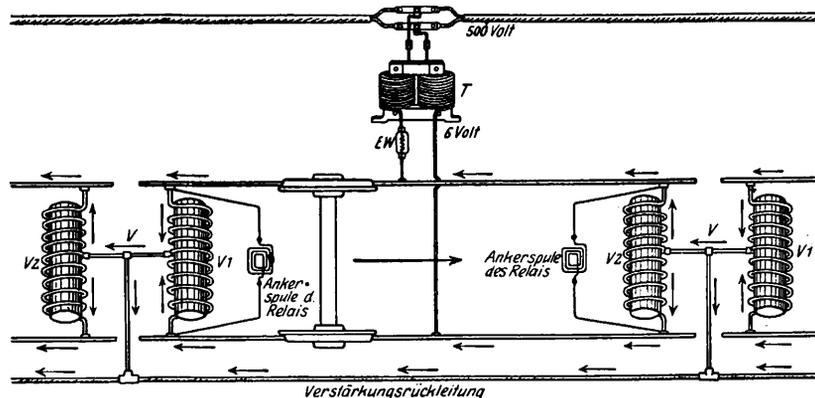


Abb. 2. Wirkungsweise des Drosselstoßes.

und ist somit abgedrosselt. Je höher die Periodenzahl (50 bis 60 Perioden sind zweckmäßig) des Signalwechselstroms genommen wird, um so größer ist sein induktiver Widerstand. In  $V_1$  und  $V_2$  entsteht ein magnetisches Feld, durch dessen Wechsel eine elektromotorische Kraft hervorgerufen wird, die der vom

Signalstromtransformator hinzugelieferten Spannung entgegenwirkt. Hierdurch wird der Kurzschlussstrom gedrosselt. Die magnetisierende Kraft bestimmt sich aus der Windungszahl der einen Spulenhälfte und dem Fahrstrom. Durch das resultierende magnetische Feld wird die magnetische Leitfähigkeit des Eisens in der Spule geringer, der Signalstrom wächst an, es wird mehr Energie vom Signaltransformator in die Spule geleitet. Fährt ein Zug in den Streckenabschnitt ein, so schliessen die Achsen den Signalstrom kurz, die Ankerwindungen der Relais T werden stromlos.

Die selbsttätigen Blockstellen sind Gehäuse mit Streckenrelais (2 oder 1 für jede Blockstrecke), den erforderlichen Widerständen, Transformatoren und Sicherungen. Die Blockstellengehäuse, die an jeder beliebigen Stelle aufgestellt werden können, werden durch Kabel mit dem Signal oder dem Fahrsperrenantrieb verbunden.

Halb selbsttätige Signale dürfen, wenn sie Halt zeigen, unter keinen Umständen überfahren werden, sie sind gekennzeichnet mit einer Tafel, die einen senkrechten roten Strich trägt. Das Signal darf nur dann überfahren werden, wenn der Befehl zur Vorbeifahrt erteilt ist.

Streckenblockfelder zur Sicherung der Züge sind auf den Untergrundbahnen nicht vorhanden. An deren Stelle tritt ein durchscheinender Gleisplan (Gleistransparent), auf dem die Signale, Gleisabschnitte und Weichen hell sichtbar sind durch elektrische Lampen, die entsprechend den Gleisabschnitten dahinter verteilt sind. Die Lampen erlöschen, wenn der Gleisabschnitt besetzt ist.

**Schaltungen der selbsttätigen Stellereien.**

Die Schaltungsanordnung für endgespeiste Blockstrecken zeigt Abb. 3. Am Ende jeder Blockstrecke wird von einem

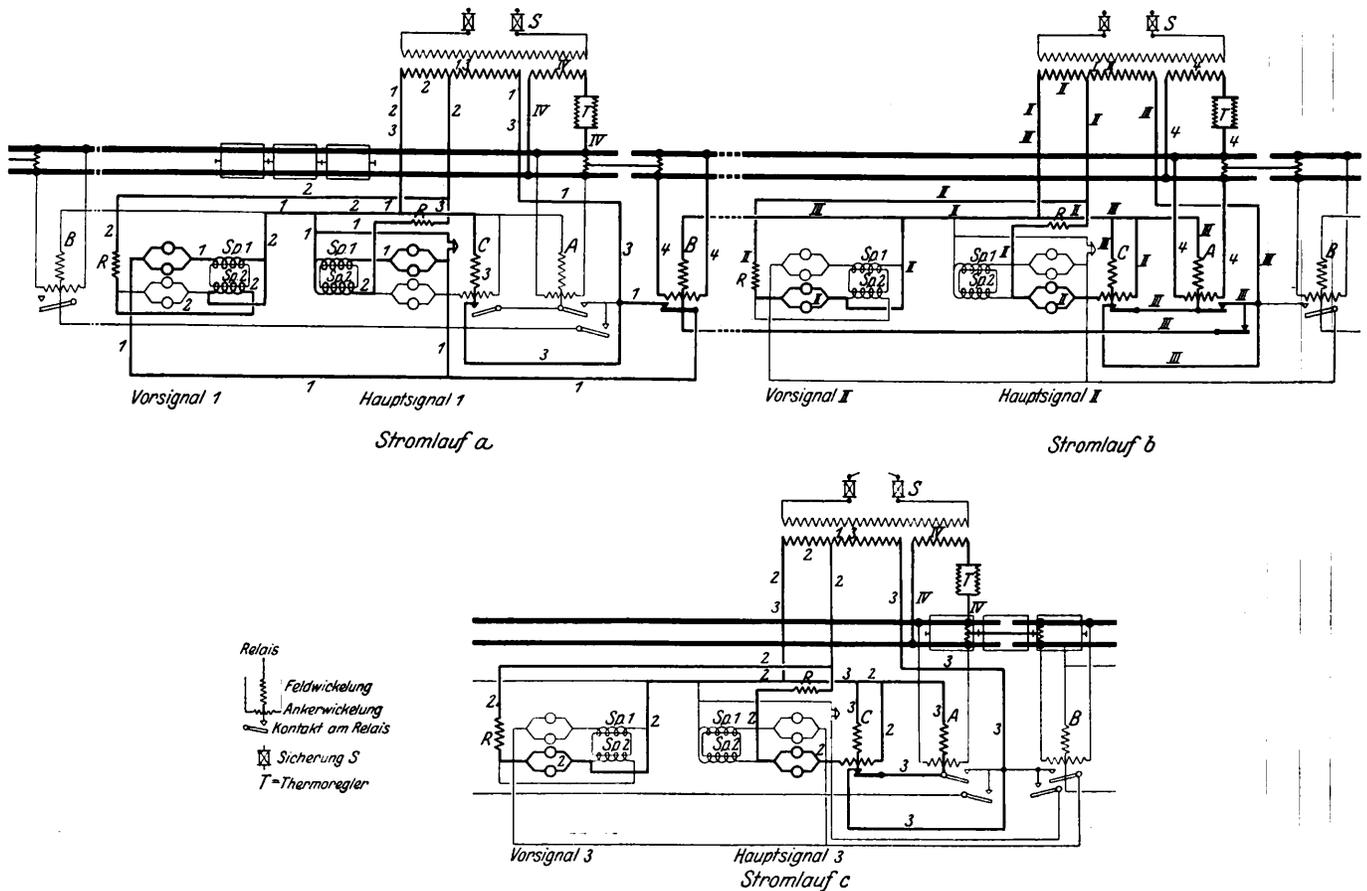


Abb. 3. Schaltung für endgespeiste Blockstrecken.

Für den Betrieb mit dieser neuen Einrichtung des selbsttätigen Signalsystems sind neue Vorschriften erforderlich. Findet ein Fahrer ein selbsttätiges Signal auf Halt, so kann er noch 1 Minute in Schrittgeschwindigkeit langsam weiter fahren. Ist er am nächsten Signal angekommen, so muß er auch dieses noch, auch wenn es Fahrt zeigt, 150m vorsichtig überfahren. Dann darf er erst seine zulässige Fahrgeschwindigkeit annehmen. In Krümmungen und bei Nebel oder wenn sonstwie das Signal nicht erkannt werden kann, darf der Fahrer nicht eher an dieses Signal herantreten, bis der Zugbegleiter, der vorausgehen muß, festgestellt hat, daß die Strecke frei ist. Immer muß klar sein, ob der Mangel am Signal zu suchen ist, keinesfalls darf die Anwesenheit eines Zuges im vorliegenden Streckenabschnitt die Veranlassung sein. Ehe ein Zug ein Signal überfahren darf, muß der Bremsanschlag ausgelöst sein. Nach Vorbeifahrt am Signal ist er wieder einzustellen. Der Fehler am Signal muß auf der nächsten Station gemeldet werden, die sofort die Untersuchung veranlaßt.

Wechselstromkabel von 300 bis 500 Volt abzweigend ein Blocktransformator angeschlossen, dessen Hauptwicklung in einer größeren Spule für die Abhängigkeitsleitung 100 Volt Wechselstrom und in einer kleineren Spule für die Schienen-Anschlußleitungen 4 bis 8 Volt Wechselstrom induzieren. Der 4 bis 8 Volt-Wechselstrom geht über die Fahrsperrschienen und wirkt ebenso wie der 100 Voltstrom auf je eine Hilfs- und sogenannte Gleiswicklung des Relais. Letzteres steht bei unbesetzter Strecke in Grundstellung und schaltet in dieser Stellung den Signalmotor an, das Signal zeigt Fahrt. Sobald ein Zug in die Blockstrecke einfährt, wird die Gleiswicklung des Relais stromlos, sein Drehfeld unterbricht den Kuppelstrom des Signals, das Signal zeigt Halt und schaltet den Signalmotor für den Rücklauf auf Halt ein. Da der Kurzschluss im Blocktransformator, hervorgerufen durch die Zugachsen, 4 bis 8 Volt Spannung im Blocktransformator verbraucht, so ist ein Dämpfungswiderstand in die Anschlußleitung eingeschaltet. Das Signal zeigt, sobald die Blockstrecke frei ist und die

Gleiswicklung des Blockrelais wieder Strom hat, Fahrt. Diese vom Ende her gespeiste Schaltung ist nur bei Blockstrecken bis zu 500 m Länge verwendbar. Bei längeren Blockstrecken bis zu 2 km ordnet man den Blocktransformator in der Mitte und je ein Blockrelais an den Enden der Blockstrecke an, da der Spannungsabfall im 4 bis 8 Voltzweig des Blocktransformators zu groß und somit der Energiebedarf zu hoch würde. Bei Einfahrt eines Zuges wird das erste Relais, dann der Blocktransformator kurz geschlossen und am Ende der Blockstrecke das zweite Relais umgesteuert.

Eine Schaltung für kurze Blockstrecken zeigt Abb. 3. An die Sicherungen S ist die Blockspeiseleitung von 250 bis 500 Volt angeschlossen. Vier verschiedene Stromkreise werden von dem Blocktransformator abgenommen und zwar:

1. Der Stromkreis für die Fahrstellung des Haupt- und Vorsignals und der Fahrsperrung;
2. der Stromkreis für die Halt- bzw. Warnstellung des Haupt- und Vorsignals;
3. der Stromkreis für die Feldwicklung der Relais A, B und C und
4. der Stromkreis für die Gleisabschnitte und die Ankerwicklung der Relais A und B.

Über die Spule Sp 1 geht der Strom 1 vom Transformator durch die grünen Signallampen und über den Kontakt des Relais B zurück (Stromlauf a). Über die Spule 2 und durch den Regulierwiderstand R geht gleichzeitig vom Transformator der Strom 2 zur Stromquelle, während Strom 3 über die Feldwicklung des Relais C geht. Da die roten Signallampen, die mit der Spule Sp 2 parallel geschaltet sind, einen höheren Widerstand haben als die Spule Sp 2, so geht der Strom über diese Spule, die roten Lampen werden also nicht vom Strom durchflossen, während die grünen Lampen leuchten. In der Signallaterne liegen zwei Glühlampen in Parallelschaltung, eine Lampe brennt also immer.

Fährt ein Zug in einen Streckenabschnitt ein, so wird der Stromkreis 4, der die Ankerwicklungen der Relais A und B durchflossen hat, durch die Zugachsen geschlossen (Stromlauf c). Die Kontakte dieser Relais fallen ab und unterbrechen dadurch den Stromkreis 1 des zurückliegenden Signals (Stromlauf b). Die Spule Sp 1 wird stromlos und die grünen Signallampen sind ausgeschaltet. In der Spule 2 tritt ein induktiver Widerstand auf, der höher ist als der Widerstand der roten Signallampen. Der Strom 2 geht vom Transformator über die Ankerwicklung des Relais C durch die roten Signallampen und über den Regulierwiderstand B.

Jetzt spricht das Relais C an, da seine Feld- und Ankerwicklung Strom haben, es schließt seinen Kontakt und gibt so dem Stromkreis 3 einen Weg über die Feldwicklungen des Relais A (Stromlauf c). Fährt der Zug aus dem Streckenabschnitt aus, so fließt der Strom durch die Anker der Relais A und B (Stromlauf b). Da nun Feld- und Ankerwicklung des Relais A Strom haben, so schließt es seine Kontakte, so daß der Stromkreis 3 seinen Weg zur Feldwicklung des Relais B findet über den unteren Kontakt des Relais A (Stromlauf a). Das Relais B schließt seinen Kontakt und schaltet dadurch den Signalstromkreis 1 auf Fahrt frei. Erst wenn der Zug mit seiner letzten Achse den rückliegenden Streckenabschnitt verlassen hat, kann das rückliegende Signal Fahrt zeigen. Die Fahrsperrung und das Vorsignal sind mit dem Hauptsignal parallel geschaltet.

Ist ein Streckenabschnitt noch besetzt, was der Wärter in dem durchscheinenden Gleisplan sieht, so kann er, auch wenn alle in Frage kommenden Hebel richtig stehen, den zugehörigen Signalhebel nur um  $\frac{2}{3}$  seiner Bewegung umlegen. Auf diese

Weise sind alle Hebel der Fahrstraße mechanisch verschlossen, während das Signal noch in der Haltstellung verbleibt. Letzteres kann erst bei vollständiger Umlegung des Hebels in die Fahrstellung gelangen. Ist der Zug aus dem Streckenabschnitt heraus, so wirkt der Gleichstrom wieder und gibt den Verschluss für die vollständige Umlegung des Hebels frei. In einen besetzten Gleisabschnitt kann also kein Zug einfahren. (Überwachung der Gleisbesetzung.)

Hingegen kann der Wärter jederzeit einen Signalhebel auf Halt legen. Muß der Wärter in dem Augenblick, in welchem noch ein Zug sich in dem Streckenabschnitt befindet, ein Signal in die Haltstellung bringen, so läßt sich der Signalhebel nur um zwei Drittel seiner Bewegung umlegen, aber diese Bewegung genügt für die Haltlage. Erst nach vollständigem Umlegen des Hebels werden die Weichen entriegelt. Auf diese Weise bleibt die Fahrstraße so lange gesperrt, bis der Zug mit seiner letzten Achse den Streckenabschnitt verlassen hat. (Fahrstraßenauflösung.) Auch der Fall, daß eine festgelegte

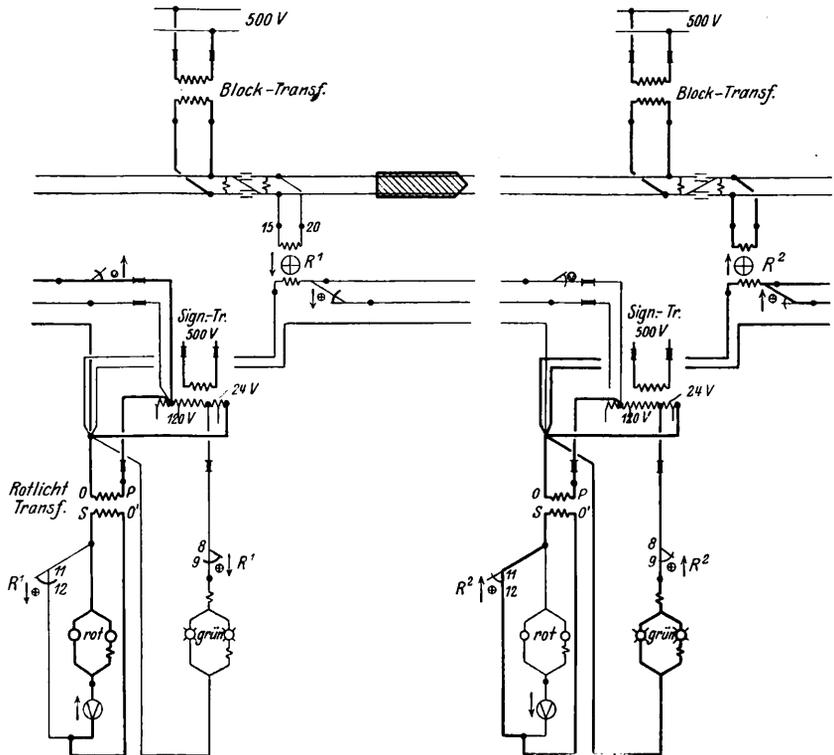


Abb. 4. Schaltung für selbsttätige Blockanlagen.

Fahrstraße mutwillig gestört werden sollte, ist berücksichtigt. In diesem Falle geht das betreffende Signal selbsttätig in die Haltlage. Abb. 4 zeigt eine neue Schaltung für selbsttätige Blockanlagen.

Ohne die selbsttätige Signalstellerei ist ein regelrechter Betrieb auf Stadt- und Untergrundbahnen nicht möglich. Die Blockstörungen und die dadurch entstehenden Aufenthalte der Züge an den Signalen sind beseitigt, ein Versagen eines selbsttätigen Signals kommt nur sehr selten vor.

Lichtsignale sind für Bahnen mit selbsttätiger Signalstellerei am vorteilhaftesten, weil elektrischer Strom vorhanden ist. Da in den Tunnelstrecken bei den Untergrundbahnen die Signale als Lichtsignale ausgebildet sind, so ist es folgerichtig, sie auch auf der Hochbahn anzuwenden.

Die Gründe, die bei Fernbahnen die Einführung der Tageslichtsignale noch erschweren\*), fallen bei der geringen Geschwindigkeit der Züge der Untergrundbahnen fort.

Bei den Lichtsignalen sind die Farben rot für Halt,

\*) Schubert-Roudolf. Sicherungswerke im Eisenbahnbetriebe. Bd. II, S. 559 bis 562. Kreidels Verlag in München, 1925.

orange gelb für Vorsicht und grün für freie Fahrt, wie sie die Signalordnung vorschreibt, beibehalten worden. Das gewöhnliche Hauptsignal zeigt ein rotes und ein grünes Licht, das Vorsignal hat je zwei orange gelbe und grüne Lichter.

Der Bau dieser Signale ist einfach, sie bestehen aus einem in einem Kasten sitzenden Rohr, das oben ein Gehäuse trägt,

in welchem die Lichtzeichen sitzen. Der Kasten am Mastfuß nimmt den Transformator auf. Die Höhe der Lichtsignale richtet sich nach den örtlichen Verhältnissen. Die Glühlampe des Haupt- und Vorsignals hat zwei parallele Leitungen und verbraucht rund 50 Watt bei 14 bis 16 Volt Spannung. Für die Laternen der Lichtsignale genügen 15 Watt-Lampen.

## Spurkranzschweißung.

Von Betr.-Ing. Krohne, Cassel.

In Heft 11, Jahrg. 1924 (S. 255) dieser Zeitschrift ist ein Aufsatz von Reichsbahnoberrat Gollwitzer über das Aufschweißen von Radspurkränzen erschienen. — Im nachstehenden soll anschließend hieran über die im Eisenbahn-Ausbesserungswerk Cassel gewonnenen Erfahrungen und über neue Formen der Einrichtungen berichtet werden.

In der Einleitung des genannten Aufsatzes ist mit Recht auf den großen Querschnittsverlust hingewiesen, da stets zwei Räder eines Wagen-Radsatzes oder bei Lokomotiven sämtliche Räder einer zusammengehörigen Radsatzgruppe auf den gleichen Laufkreisdurchmesser gebracht werden müssen. Von den im Eisenbahn-Ausbesserungswerk Cassel anfallenden Wagen-Radsätzen zeigen etwa 16%, an einem oder beiden Rädern, und von den anfallenden Güterzuglokomotiv-Radsätzen (G 10) etwa 25%, meistens an beiden Rädern, starke Spurkranzabnutzung. Von den für die Spurkranz-Schweißmaschine aufkommenden Wagen-Radsätzen waren etwa 90% nur an einem Rad in der Spurkranzhohlkehle abgenutzt, hätten aber ohne Aufschweißen trotzdem an beiden Rädern in gleich unwirtschaftlichem Maße abgedreht werden müssen. Eine Abhilfe ist durch die Aufschweißung der abgenutzten Spurkränze möglich. Diese Möglichkeit wurde zunächst u. a. auch von Fachleuten angezweifelt, aber die Praxis hat inzwischen die von Reichsbahnoberrat Gollwitzer angestellten Beobachtungen erwiesen, so daß jetzt vielfach die Spurkranzschweißung aufgenommen wird.

Die Haltbarkeit und die Wirtschaftlichkeit haben im Betriebe zu keiner Beanstandung geführt.

**Haltbarkeit:** Im Casseler Werk ist nicht nur durch zahlreiche Festigkeitsversuche und metallographische Untersuchungen, sondern auch durch Beobachtung der aus dem Betriebe aufkommenden Radsätze festgestellt, daß eine einwandfreie Verbindung des Schweißgutes mit dem Radreifen erfolgt ist. Es konnten wiederholt geschweißte Reifen, die nach Beendigung der vorgeschriebenen Laufzeit zur Untersuchung der Werkstatt zugeführt wurden, ohne weiteres Nachdrehen ein zweites Mal dem Betriebe zugeführt werden.

**Wirtschaftlichkeit:** Zwecks Feststellung der Wirtschaftlichkeit ist der Wert von 1 kg nutzbarem Radreifenquerschnitt oder der Durchschnittswert von 1 mm nutzbarer Reifenstärke  $(75-30 = 45 \text{ mm})$  aus dem Wert eines neuen Reifens zu ermitteln. (S. Organ 1924, S. 255.) Um den Vorteil des Aufschweißens voll ausnutzen zu können, ist es wesentlich, das Abdrehen nach dem Schweißen auf das geringst mögliche Maß zu bringen. Das bedingt die Verwendung eines geeigneten und in seiner Zusammensetzung gleichmäßigen Schweißdrahtes, da nur dann ein gleichmäßiges Auftragen der einzelnen Schweißlagen und damit das Mindestmaß der Abdreharbeit zu erzielen ist. — Ferner ist eine genügende Härte der aufgetragenen Schweißschicht anzustreben, da im anderen Falle eine vorzeitige Abnutzung des Spurkranzes im Betriebe eintritt.

Auf der Casseler Maschine sind bis jetzt u. a. etwa 450 Wagen- und Tenderradreifen geschweißt. Nach den vorgenommenen Messungen hätten an diesen Radsätzen zusammen etwa 4000 mm nutzbarer Reifenstärke beiderseits abgedreht werden müssen. Infolge Schweißung sind aber nur rund 1500 mm abgedreht worden. An den Wagenradreifen stellt 1 mm nutzbarer Reifenstärke z. Z. einen Wert von etwa 4,50  $\mathcal{M}$  dar, unter Beachtung, daß an den Wagenradsätzen immer zwei Reifen gleichzeitig abzudrehen sind.

Es ergibt sich eine Ersparnis von  $2500 \times 4,50 \mathcal{M} =$  rund 11 250 Mk. Die Drehkosten sollen bei dieser überschläglichen Rechnung zunächst außer Betracht bleiben.

Davon sind abzuziehen die Kosten für das Schweißen = etwa 475  $\mathcal{M}$ , so daß eine Ersparnis von etwa 650  $\mathcal{M}$  gebucht werden kann. Bei der Annahme, daß mit Rücksicht auf Reparatur und Reinigung usw. durchschnittlich vier Wagenradreifen an jedem Arbeitstag geschweißt werden, entfallen auf ein Jahr 1200 zu schweißende

Wagenradreifen, bei denen rund 17000  $\mathcal{M}$  im Jahr erspart werden, die nach Abzug für Abschreibung und Verzinsung als Reingewinn gebucht werden können. Bei den Lokomotiven ist der wirtschaftliche Vorteil wesentlich größer.

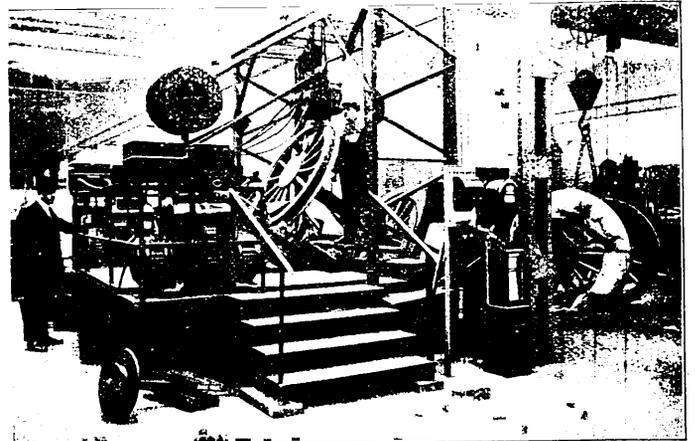


Abb. 1.

Ausführung des Verfahrens: Die Schweißungen erfolgen auf einer Spurkranzschweißmaschine. Abb. 1 zeigt eine solche Spurkranzschweißmaschine, wie sie im Eisenbahn-Ausbesserungswerk Cassel aufgestellt ist.



Abb. 2.

Der zu schweißende Radsatz wird mit Hilfe eines Kranes auf ein fahrbares Gestell gesetzt und in die gewünschte Schrägstellung gebracht. Diese Stellung ist beim Schweißen erforderlich, damit ein Heruntertropfen des aufgeführten Materials vor der Erstarrung vermieden wird. Die elektrische Kaltschweißung durch den elektrischen Lichtbogen geschieht in der Weise, daß von einer Drahtrolle ein

Schweißdraht entrollt und durch ein kleines Richtwalzwerk geradegerichtet wird, dabei wird gleichzeitig der Strom zugeführt, indem ein Pol an den Schweißdraht und ein Pol an den Wagen des Radsatzes gelegt ist. Auf der in Abb. 1 dargestellten Maschine wird gleichzeitig mit zwei Schweißköpfen geschweißt. Beim Zünden des Lichtbogens ist eine höhere Spannung als die Schweißspannung erforderlich, die sogenannte Zündspannung, annähernd 80 V bei einer Stromstärke = 0. Die Schweißspannung beträgt, wie sonst bei Stahlschweißungen üblich, etwa 20 Volt. Deshalb kommt das unmittelbare Schweißen vom Netz nicht in Frage, wenn man nicht Vorschaltwiderstände einschaltet; dann arbeitet aber eine derartige Schweißeinrichtung sehr unwirtschaftlich.

In der beschriebenen Anlage werden Schweißumformer benutzt, die aus einem Antriebsmotor mit direkt gekuppeltem Gleichstromerzeuger bestehen und in einem Gehäuse untergebracht sind. Die zur Bedienung der Maschinen nötigen Apparate sind nicht wie sonst üblich auf der Schalttafel, sondern in einem auf dem Umformergehäuse aufgebauten geschlossenen Regulierkasten untergebracht.

Die Reinigung der Schweißstelle erfolgt beim Drehen des Rades durch eine von einem kleinen Motor angetriebene Stahldrahtbürste.

Der Anfall an zu schweißenden Radreifen, das sind vorwiegend solche, die über 4 mm (in der Laufkreisebene gemessen), abgedreht werden müssen, ist derart, daß in einem größeren Wagen- oder Lokomotiv-Ausbesserungswerk etwa je eine Schweißmaschine aus-

gelastet ist. Im Ausbesserungswerk Cassel fallen für das Schweißen täglich etwa sechs Wagenradreifen, zwei bis drei Lokomotivradreifen und zwei Tenderradreifen an. Die Leistung einer Schweißmaschine mit zwei Schweißköpfen beträgt täglich bis zu sechs Wagenradreifen oder 2 bis 3 G 10 Lokomotivradreifen. Für einen Wagenradreifen werden in 1 1/2 Stunden Laufzeit etwa 40 m Schweißdraht von 4 bis 5 mm Durchmesser und 20 kWh Strom verbraucht.

Die Lieferfirma der Spurradschweißmaschine, „Stahl und Eisen“ in Nürnberg, ist z. Z. mit der Durchbildung einer Bauart nach Abb. 2 beschäftigt, von der drei Typen für Wagen-, mittlere und größere Lokomotivradreifen gebaut werden sollen. Der zu schweißende Radsatz wird zwischen zwei Spitzen eingespannt. Diese Spitzen lagern in einem Bügel, welcher in seiner Mittelachse drehbar angeordnet ist. Der Radsatz kann also um die Achse in jede beliebige Stellung gebracht werden, ohne daß ein Umspannen des zu schweißenden Werkstückes (Radsatz) notwendig ist. Die Maschine eignet sich in gleicher Weise zur Ausführung von Schweißarbeiten an Drehkörpern jeder Art, so können neben Radsätzen auch Achschenkeln, Felgenkränze, Walzen usw. aufgeschweißt und Rundnähte jeder Art an Kesseln geschweißt werden.

Eine Maschine für Wagenradreifen kostet z. Z. nach Angabe der Lieferfirma rund 15 000 M., und mit zwei Schweißköpfen rund 22 000 M., eine Maschine für Lokomotivradsätze bis 2000 mm Durchmesser mit zwei Schweißköpfen und zwei Umformern rund 25 000 M.

## Berichte.

### Lokomotiven und Wagen.

#### 1 C<sub>0</sub> - D<sub>0</sub> - C<sub>0</sub> 1 Diesel-elektrische Lokomotive in Rußland.

Die Lokomotive mit einem Dienstgewicht von 180 t ist nach den Angaben von Prof. J. M. Haekel in Rußland selbst gebaut und vor kurzem in Dienst gestellt worden. Die Dieselmachine stammt von den englischen Vickers-Werken und wurde von einem ausgemusterten U-Boot entnommen. Sie hat 10 Zylinder, ist nicht umsteuerbar und arbeitet kompressorlos im Viertaktverfahren. Die Leistung beträgt bei 395 Umdrehungen in der Minute 1030 PS. Mit der Maschine gekuppelt sind zwei Stromerzeuger von je 380 V und 1500 Amp., die zum Anfahren und bei geringen Geschwindigkeiten nebeneinander, bei größeren Geschwindigkeiten hintereinander geschaltet werden. Die 10 Elektromotoren sind dauernd nebeneinander geschaltet; sie treiben die Achsen mittels Zahnradgetrieben mit einer Übersetzung von 1:4,625 an.

Die ganze Lokomotive ruht auf drei Gestellen, von denen die äußeren an den Lokomotivenden kurvenbewegliche Laufachsen besitzen und auch die Zug- und Stossvorrichtungen tragen. Die drei Gestelle sind miteinander verbunden, so daß der darüberliegende Hauptrahmen keine Zugkräfte zu übertragen braucht. Er besteht aus zwei 900 mm hohen Blechträgern, die durch Querstreben versteift sind und mit der Unterkante noch 450 mm über den Gestellen liegen, so daß die Motoren zugänglich bleiben. Die Dieselmachine und die Stromerzeuger sind mit der Achse in der Längsrichtung der Lokomotive auf dem Hauptrahmen gelagert, erstere mittels besonderer Stahlgußträger, letztere unmittelbar. Außerhalb des Hauptrahmens liegen beiderseits die Behälter für den rund 7 t betragenden Treibölvorrat und für 1 t Schmieröl sowie eine Sammler-Batterie von 10 V und 600 Amp., die zum Anfahren sowie zur Beleuchtung und zum Antrieb der Hilfsmaschinen dient. Der Hauptrahmen mit sämtlichen angebauten Behältern liegt vollständig innerhalb des über die ganze Lokomotive sich erstreckenden Überbaues, jedoch unter dem Fußboden. Über demselben liegen ebenfalls innerhalb des Überbaues zwei Kühlwasserbehälter für je 1,5 m<sup>3</sup> Inhalt mit den erforderlichen Pumpen, der Kompressor für die Druckluftbremse und ein Heizkessel. In einem Aufbau auf dem Dach ist der Kühler mit 700 m<sup>2</sup> Oberfläche angeordnet. An jedem Ende der Lokomotive befindet sich ein Führerstand.

Die Lokomotive ist für eine Höchstgeschwindigkeit von 75 km/h gebaut und soll Züge von 1000 t Gewicht mit 50 km/h befördern. Im Verhältnis zu ihrem großen Dienstgewicht ist offenbar die erwähnte Leistung von rund 1000 PS viel zu gering; die große Zahl von 10 Triebachsen ist wohl darauf zurückzuführen, daß die Unterbringung stärkerer Motoren an den einzelnen Achsen Schwierigkeiten machte. Bemerkenswert ist, daß bei den beiden in Deutschland

gebauten russischen Diesellokomotiven dieselbe Leistung auf 7 bzw. 8 Achsen untergebracht wurde, gegenüber 12 bei der russischen Lokomotive.

(Railw. Age 1926, 2. Halbj., Nr. 5.)

R. D.

#### Dieselmotor-Triebwagen und -Lokomotiven in Amerika.

Die amerikanischen Eisenbahnfachleute befassen sich neuerdings mehr und mehr mit der Frage, in welchem Umfang der Verbrennungsmotor mit wirtschaftlichem Erfolg zum Antrieb der Eisenbahnfahrzeuge herangezogen werden kann. So sehr man den bewährten, fast hundert Jahre alten Dampftrieb schätzt und ihn durch Schaffung immer größerer Einheiten wirtschaftlicher zu gestalten sucht, so läßt es sich doch nicht von der Hand weisen, daß für den zusammengedrängten Verkehr in den Großstädten einerseits und für viele schwach belastete Seitenlinien andererseits mit den Dampflokomotiven ein wirtschaftlicher Betrieb kaum mehr möglich ist. Im Gebiet der großen Städte scheint der elektrische Betrieb der geeignetste Weg: den Triebwagen und Lokomotiven mit Verbrennungsmotor dagegen will man die schwächer belasteten Nebenlinien überlassen. Von den Verbrennungsmotor-Lokomotiven erwartet man außerdem noch wertvolle Dienste auf Verschiebeshöfen, vor allem auf solchen mit elektrischem oder Übergangsbetrieb, wo sie die Oberleitung entbehrlieh machen.

Wie auch in Europa liegt der Grund für die langsame Entwicklung der ganzen Frage in dem Umstand, daß eine vollbrauchbare Diesel-Lokomotive noch nicht vorhanden ist. Wohl ist der Verbrennungsmotor während des Krieges und nach demselben — vor allem durch die Luftfahrt — stark weiterentwickelt worden, aber die Regelbauarten sind sämtlich zu wenig leistungsfähig für den Eisenbahnbetrieb. Der Dieselmotor, der in erster Linie in Frage kommt, ist zudem noch viel zu schwer. Die üblichen Ausführungen wiegen rund 35 kg/PS gegenüber 7 bis 8 kg des Explosionsmotors. Neuerdings sind allerdings auch schnelllaufende Dieselmotoren gebaut worden, wie der für den Triebwagen der Kanadischen Nationalbahn\*) bestimmte, der von Beardmore in Glasgow geliefert wurde und nur etwa 8 kg/PS wiegt. Indessen sind solche Sonderausführungen noch ziemlich teuer und auch noch nicht in den für Lokomotiven erforderlichen Größen erprobt worden.

Zur Kraftübertragung benutzt man in Amerika meist die Elektrizität. Man hat damit angeblich die besten Erfolge erzielt und erwähnt als besondere Vorteile dieser Bauart die bequeme Übertragung vom Wagenkasten zu den Drehgestellen, den einfachen Achs-

\*) Organ 1926, S. 173.

antrieb, die Möglichkeit, die Kraftanlage im Wagenkasten selbst unterbringen zu können, die große Anpassungsfähigkeit der Übertragung, die leichte Überwachung, sowie endlich die geringe Abnutzung und daher billige Unterhaltung und lange Lebensdauer. Die mechanische Übertragung hält man nur für leichte Fahrzeuge für geeignet; die hydraulische sei zwar sehr anpassungsfähig und habe einen verhältnismäßig günstigen Wirkungsgrad, fange aber bald an zu lecken und zu verharzen und werde dann sehr unwirtschaftlich.

Die bis jetzt gebauten Diesel-Lokomotiven haben, entsprechend den schweren Motoren, im Verhältnis zum Dienstgewicht noch durchweg zu geringe Leistung. Die Ingersoll-Lokomotive\*), die in zwei Ausführungen mit 60 und 100 t Dienstgewicht gebaut ist, leistet 5 bzw. 6 PS/t. Die Baldwin-Westinghouse-Lokomotive leistet 11 PS/t, einige weitere im Bau befindliche Lokomotiven 8 bis 14 PS/t. Auch die Verschiebelokomotive von Brill-Westinghouse mit einem Explosionsmotor von 500 PS erreicht nur 6,7 PS/t. Ein erfolgreicher Wettbewerb solcher Lokomotiven mit den neueren amerikanischen elektrischen und Dampflokomotiven, die 25 bis 35 bzw. 18 bis 24 PS/t leisten, ist damit nicht möglich. Dazu kommt noch der Umstand, daß die Geschwindigkeiten, die sich mit größeren Zuglasten erreichen lassen, nur gering sind.

Ein Ersatz der Dampflokomotive oder gar der elektrischen Lokomotive durch die Diesel-Lokomotive kommt demnach auch in Amerika in den nächsten Jahren noch nicht in Frage. Wohl aber ist mit einer vermehrten Einstellung der leichteren Einheiten, der Triebwagen, zu rechnen und auch die Versuche mit der Verbrennungslokomotive scheint man lebhafter betreiben zu wollen.

(Railw. Age 1926, 1. Halbj., Nr. 7 und 15.)

R. D.

#### 1 D-h 2 Güterzuglokomotive und 2 D-h 2 Schnellzuglokomotive der Polnischen Staatsbahnen.

Der Betriebsmittelpark der Polnischen Staatsbahnen umfaßte im Jahre 1923 5030 Lokomotiven, 22 Triebwagen, 8592 Personenzüge, 2619 Gepäck- und Postwagen und 118471 Güterwagen. Die früheren Breitspurlinien sind alle auf Regelspur umgebaut bzw. besitzen eine dritte Schiene. Recht unerwünscht ist aber noch die große Verschiedenheit des Fahrzeugparks. Auf dem ehemals österreichischen Gebiet laufen etwa 100 verschiedene Lokomotivgattungen; nur ganz wenige davon wurden nachgebaut. Der überwiegende Teil der Lokomotiven stammt von den früheren Preussischen Staatsbahnen, nicht nur in den abgetretenen Gebieten, sondern auch im früheren russischen Gebiet. Die breitspurigen, russischen Lokomotiven sind teilweise auf Regelspur umgebaut.

Die Bahnverwaltung ging rasch daran, eigene Bauarten zu schaffen. Die 1 E-h 2 Güterzuglokomotive von Schwartzkopf und die 2 C-h 2 Schnellzuglokomotive der Hanomag sind schon früher beschrieben worden\*\*). Nun sind in Polen selbst drei Lokomotivfabriken gegründet worden. Die erste in Chrzanow bei Krakau wurde unter Beteiligung der Maschinenfabrik der Staatseisenbahngesellschaft in Wien geschaffen. Eine zweite entstand fast gleichzeitig in Warschau und eine dritte bei Posen.

In Chrzanow, das jetzt monatlich sechs bis acht schwere Lokomotiven liefern kann, ist als erste rein polnische Bauart die 1 D-h 2 Lokomotive, Type Tr 21 in 54 Stück gebaut worden.

Der Kessel besteht aus drei Schüssen mit 1800 mm größtem Durchmesser. Die Rahmenplatten sind 28 mm stark. Die vordere Adamsachse hat jederseits 55 mm Ausschlag; der Rahmen ist hierfür besonders ausgeschnitten. Bei der ersten Lieferung erhielt die letzte Kuppelachse jederseits 20 mm Seitenspiel; da aber bei den Polnischen Bahnen die geraden Strecken weitaus überwiegen, wurde die Achse später festgelagert und damit der feste Achsstand von 3060 bis 5060 mm vergrößert. Das Triebwerk nähert sich im Gegensatz zu dem österreichischen Kessel mehr der preussischen Ausführung; Rad-durchmesser und Kreuzkopf sind übernommen; dagegen sind die Köpfe der Kuppelstangen ohne Nachstellkeile ausgeführt. Von der Ausrüstung ist zu erwähnen die Luftdruckbremse von Knorr und die Handsandstreuervorrichtung, die Sand vor die erste und dritte Kuppelachse wirft. Sechs Lokomotiven erhielten Knorr-Vorwärmer. Mit einer großen Nachbestellung in Belgien sind nunmehr 190 derartige Lokomotiven im Dienst.

Von der 2 D-Lokomotive, Gattung OS 24, sind 80 Stück in Chrzanow im Bau. Sie lehnt sich ziemlich stark an die 2 D-Loko-

\*) Organ 1925, S. 37.

\*\*) Organ 1924, S. 265 und 284.

motiven der Österreichischen Bundesbahnen\*) an. Der Kessel ist hoch gelegt, so daß der Stehkessel über die Kuppelachsen zu liegen kam. Er besitzt kupferne Feuerbüchse und nach russischem Vorbild an der Decke des Langkessels ein Mannloch. Der Rahmen besteht wie bei der 1 D-Lokomotive aus 28 mm starken Blechen. Die Tragfedern des Drehgestells und der beiden vorderen Kuppelachsen liegen über, die der rückwärtigen Kuppelachsen unter den Achslagern. Die zwei vorderen und hinteren Kuppelachsen sind je durch Ausgleichhebel verbunden. Das Drehgestell mit Rückstellfedern hat beiderseits 35 mm Ausschlag, die letzte Kuppelachse 26 mm Seitenverschiebung, die Spurkränze der zweiten Kuppelachse, die zugleich Treibachse ist, sind um 8 mm verschwächt. Die Treib- und Kuppelzapfen sind aus Chromnickelstahl, die Stangen besitzen nachstellbare Lager. Der Durchmesser der Kolbenschieber beträgt 320 mm, so daß sich auch bei kleinen Füllungen und großen Geschwindigkeiten große Ein- und Ausströmquerschnitte und damit geringe Drosselungen ergeben. Einige Lokomotiven haben versuchsweise Lentz-Ventilsteuerung mit liegenden Ventilen erhalten. Die Lokomotiven besitzen Knorr-Bremse und Sandstreuer für Hand- und Druckluftbetrieb, durch den bei Vorwärtsfahrt die Räder der drei vorderen Kuppelachsen, bei Rückwärtsfahrt diejenigen der zweiten Kuppelachse gesandet werden; einige Lokomotiven haben versuchsweise Dabog-Vorwärmer erhalten. Der Tender ruht auf vier Achsen in einem Rahmen; die beiden mittleren Achsen haben jederseits 8 mm Spiel.

Die Hauptabmessungen der beiden Lokomotiven sind im folgenden zusammengestellt:

	1 D-h 2 Güterzug- lokom.	2 D-h 2 Schnellzug- lokomotive	
Kesselüberdruck . . . . .	13	14	at
Zylinderdurchmesser . . . . .	615	615	mm
Kolbenhub . . . . .	660	650	"
Kesselmitte über Schienenoberkante	3040	3255	"
Feuerbüchse: Länge und Weite .	—	2794 × 1630	"
Heizrohre: Anzahl . . . . .	178	161	Stck.
Durchmesser . . . . .	45/50	45/50	mm
Rauchrohre: Anzahl . . . . .	26	32	Stck.
Durchmesser . . . . .	125/133	125/133	mm
Rohrlänge . . . . .	4915	5200	"
Heizfläche der Feuerbüchse . .	15,7 <sup>*)</sup>	16,10 <sup>***)</sup>	m <sup>2</sup>
Rohre . . . . .	193,6 <sup>**)</sup>	183,69 <sup>***)</sup>	"
des Überhitzers . . . . .	58,5	75,50	"
— im ganzen — H . . . . .	267,8	275,29	"
Rostfläche R . . . . .	4,12	4,35	"
Durchmesser der Treibräder . . .	1350	1750	mm
"    "    Laufäder . . . . .	1000	1000	"
"    "    Tenderräder . . . . .	1034	1000	"
Fester Achsstand . . . . .	5060	3700	"
Ganzer Achsstand der Lokomotive	7620	9540	"
Reibungsgewicht G <sub>1</sub> . . . . .	64,0	63,2	t
Dienstgewicht der Lokomotive G	78,0	90,0	"
Leergewicht . . . . .	72,0	82,4	"
Dienstgewicht des Tenders . . .	40,0	57,0	"
Leergewicht . . . . .	—	22,38	"
Achsstand . . . . .	3200	4800	mm
Vorrat an Wasser . . . . .	16,0	27,0	m <sup>3</sup>
Brennstoff . . . . .	7,0	9,3	t
H: R . . . . .	65	61,8	"
H: G . . . . .	3,45	3,07	m <sup>2</sup> /t
H: G <sub>1</sub> . . . . .	4,2	4,37	"

\*) Organ 1925, S. 414 und 1919, S. 95.

\*\*) Wasserberührt.

\*\*\*) Feuerberührt.

(Die Lokomotive 1925, Heft 5 und 1926, Heft 8.)

R. D.

#### Vergleichsfahrten von Heißdampf- und Nafsdampflokomotiven bei Neben- und Kleinbahnen.

Anlässlich der Lieferung dreier C-Heißdampftenderlokomotiven durch die AEG liefs die Osthavelländische Kreisbahn in Nauen

mit diesen und den bereits vorhandenen Naßdampflokomotiven Vergleichsfahrten anstellen. Der Wasserverbrauch wurde durch Meßlatte, der Kohlenverbrauch mittels Körben gemessen. Da ein Meßwagen nicht zur Verfügung stand, mußte zur Bestimmung der effektiven Maschinenleistung und der Leistung am Zughaken der Fahrwiderstand nach Strahl berechnet bzw. geschätzt werden. Entsprechend den gegebenen Streckenverhältnissen wurden einschließlich Krümmung und Steigung für die Lokomotive 11 kg/t und die Wagen 4,5 kg/t Widerstand eingesetzt. Die Verschiebeleistungen waren nach Angabe der Kreisbahn als Zuschlag zu den Laufkilometern festgelegt, so daß hierfür kein Kohlen- und Wasserverbrauch abzuziehen war. Dagegen wurde der Kohlenverbrauch für Aufenthalte nach den Erfahrungswerten berücksichtigt, die Dr. Ing. Müller-Elberfeld in der Verkehrstechnischen Woche 1925, Heft 18, Seite 236 mitteilt. Darnach werden Aufenthalte unter

Die Fahrten fanden alle auf den von Nauen nach Brandenburg bzw. Ketzin führenden Strecken statt, allerdings waren die Fahr- längen verschieden. Der Einfluß des Windes dürfte durch die Aus- dehnung der Messungen auf Hin- und Rückfahrt ausgeglichen sein.

Einen großen Mangel weist die Versuchsreihe insofern auf, als den Heißdampflokomotiven gleicher Bauart durchweg leichtere Naß- dampflokomotiven gegenüberstanden und zu den sechs Naßdampf- fahrten fünf verschiedene C-Lokomotiven verwendet wurden; aus diesem Grunde ist die Anwendung gleichartiger Versuchsergebnisse der Naßdampflokomotiven in einer Kurve nur überschlägig zu bewerten.

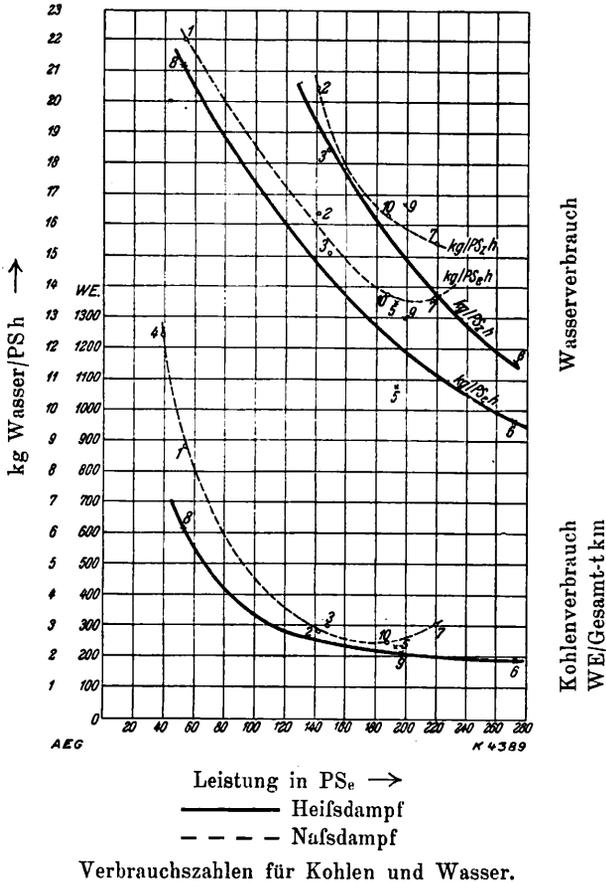
Die Hauptergebnisse der Probefahrten sind in nebenstehendem Diagramm — abhängig von der effektiven Maschinenleistung bzw. der Leistung am Zughaken — zusammengetragen. Die Ziffern geben die Versuchsnummern an.

Trotz aller Mängel läßt sich die Tatsache feststellen, daß der Kohlen- und Wasserverbrauch der Heißdampflokomotiven in allen Belastungsfällen geringer als bei Naßdampflokomotiven ist. Die Kurven für Naßdampf würden sich bei gleichstarken Lokomotiven den Heißdampfkurven mehr anschmiegen, doch ist es eine Eigenschaft überhitzten Dampfes, daß der Wasser- und Kohlenverbrauch über einen größeren Leistungsbereich günstigere Werte zeigt. Die Quelle folgert aus den Versuchen, daß es auch für Klein- und Nebenbahnen richtig ist, Heißdampflokomotiven an Stelle von Naßdampflokomotiven zu verwenden.

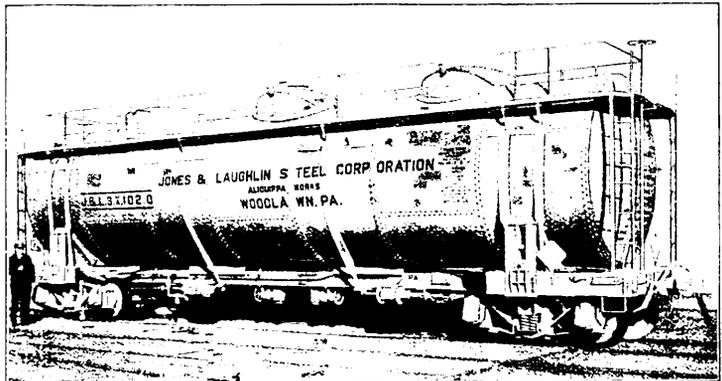
Nähere Einzelheiten finden sich in den AEG-Mitteilungen 1926, Heft 6. G. H.

**Kesselwagen für Steinkohlenteer.**

Die Standard-Kesselwagengesellschaft in den Vereinigten Staaten hat kürzlich einen Teerwagen für 75,7 cbm Inhalt erbaut (siehe Abb.). Drei Dome erleichtern das Füllen; außer den üblichen Abfallschiebern im Innern befinden sich außen noch zwei Ventile zum Entleeren. Der Kessel selbst ist 12,9 m lang und mißt 2,73 m im Durchmesser, das Untergestell 14 m zwischen den Kopfstücken; der Drehzapfen- abstand der Drehgestelle beträgt 10,15 m und die Wandstärke der



15 Minuten nicht berücksichtigt, weil der in dieser Zeit erzeugte Dampf beim Anfahren wieder verwendet wird. Für Aufenthalte von 15 Minuten und darüber wird mit einem Verbrauch von 0,5 kg Kohle je m<sup>2</sup> Rost und Minute gerechnet. (Siehe auch Organ 1924, Heft 1, Seite 22.) Ein Wasserverbrauch während der Haltezeit besteht nicht, abgesehen vom Ablassen der Ventile, über das jedoch keine Angaben zur Verfügung stehen.



Steinkohlenteerwagen mit 90 t Tragfähigkeit und 40 t Leergewicht.

Kesselbleche 14 mm. Der Kessel besitzt eine Heizschlange aus 2"-Rohren. Das Leergewicht beträgt 40 000 kg bei einer Tragfähigkeit von 90 000 kg.

(Railw. Age, 1. Hälfte 1926, Nr. 25.)

Bttgr.

**Betrieb in technischer Beziehung. Signalwesen.**

**Optische Signalübertragung.**

Unter diesem Titel findet sich in Nr. 42 des Jahrganges 1926 der Zeitung des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen ein beachtenswerter Beitrag zu der heute viel erörterten Frage der Zugbeeinflussungseinrichtungen. Der Verfasser, Reichsbahnrat Dr. Ing. Bäseler-München, bespricht zunächst die wichtigsten bisher vorgeschlagenen Übertragungsarten, wobei er ausführt, daß das Wünschenswerte und Mögliche bisher noch nicht erreicht wurde. Während mechanische und kontakt-elektrische Einrichtungen vor allem an der Profilfrage krankten, bieten magnetische und fern-elektrische Übertragungsarten bei großem Apparateaufwand längs der Strecke geringe Betriebssicherheit. Überdies genügt es nicht,

den Zug an einer Stelle zu überwachen, da die Notwendigkeit, einen in voller Fahrt befindlichen Zug bis zum Hauptsignal un- bedingt stellen zu können, hinsichtlich der Wahl des Beeinflussungs- orts im Widerspruch mit der Forderung steht, eine zwischen Über- tragungsstelle und Hauptsignal irrtümlich vorkommende Bremslösung und damit erneute Gefahr des Signalüberfahrens auszuschließen.

Dr. Bäseler schlägt nun eine an mehreren Stellen zwischen Vor- und Hauptsignal anzuordnende, optisch wirkende Kontroll- einrichtung vor. Am vorderen Teil der Lokomotive (also vor Rauch- schwaden geschützt) wird ein senkrecht nach oben leuchtender kleiner Scheinwerfer und rings um ihn eine Reihe von Selenzellen ange- bracht, die bei entsprechend starker Beleuchtung leitend werden

und dann mit Hilfe von Verstärkerröhren die Notbremse auslösen. Über den lichtempfindlichen Zellen bewegt sich eine vom Geschwindigkeitsmesser gesteuerte Scheibe, die die Zellen mit abnehmender Geschwindigkeit der Reihe nach überdeckt. Zwischen Vor- und Hauptsignal befinden sich längs der Strecke eine Reihe von „Raumspiegeln“ (Bauart Zeiss), die bei offenem Signal bedeckt sind, sonst aber vermöge ihrer besonderen Einrichtung das vom Scheinwerfer erzeugte Licht in die ihnen zugeordnete Selenzelle werfen, wobei nur ihre Winkelstellung in der Horizontalebene, nicht aber Verschiebungen in anderen Richtungen von Einfluß sind. Passiert der Zug eine Übertragungsstelle mit einer entsprechend der Haltstellung des herannahenden Hauptsignals unzulässig hohen Geschwindigkeit, so ist die entsprechende Selenzelle noch offen und die Schnellbremse wird ausgelöst. Selbst wenn noch kurz vor dem „Halt“ gebietenden Signal wider Erwarten die Betriebsbremsung aufgehoben und die Geschwindigkeit wieder erhöht wird, so tritt beim letzten, der Geschwindigkeit 0 km/Std. zugeordneten Spiegel noch genügend früh die Notbremsung ein. Von besonderem Vorteil ist es, daß die einzelnen Spiegel voneinander unabhängig arbeiten und hierdurch die Sicherheit der Wirkung gewissermaßen potenziert wird. Schädliche Nebeneinflüsse, wie Sonnenlicht, Nebel, Schnee oder Staub werden durch geeignete Vorkehrungen weitgehend ausgeschaltet. Dagegen soll nicht unerwähnt bleiben, daß auch von Dr. Bäseler selbst die bei hohen Geschwindigkeiten außerordentlich kurze Belichtungszeit der Selenzellen von etwa  $\frac{1}{100}$  Sekunde als Schwierigkeit gebucht wird, wobei noch hinzukommt, daß es zur Vermeidung unbeabsichtigter Auslösungen notwendig sein dürfte, den von einer für einen Augenblick unter dem Einfluß des Scheinwerfers stehenden Selenzelle geführten Strom wesentlich höher zu halten als denjenigen, der dem Widerstand aller parallel geschalteten Zellen entspricht, wenn diese unter dem Einfluß des gewöhnlichen Tageslichts stehen. Vielleicht gelingt es jedoch dem Einfluß des letzteren zu begegnen, etwa durch Ersatzwiderstände, die die Widerstandszunahme der durch Abdeckung völlig verdunkelten Zellen ausgleichen und abhängig von der Deckscheibe eingeschaltet werden.

Jedenfalls ist aber der von Dr. Bäseler eingeschlagene Weg der an mehreren Stellen durchgeführten Geschwindigkeitskontrolle ein nicht unwesentlicher Fortschritt in der bisher noch ungelösten Frage der Zugbeeinflussung, und selbst, wenn die optische Übertragung wegen ihres immerhin nicht ganz einfachen Aufbaus sich ungünstig erweisen sollte, bei geeigneter Konstruktion auch auf andere Systeme, besonders das kontaktelektrische, anwendbar.

v. G.

#### Selbsttätige Bremsvorrichtung von Miller für Lokomotiven.

In der Zeitschrift *Railway Age*, 1926, S. 1257 und 1258 ist eine selbsttätige Bremsvorrichtung von Miller beschrieben, die an zehn Lokomotiven der New York Central-Eisenbahn angebracht ist. Die Einrichtung besteht aus einem Sender A neben der rechten Schiene des Gleises (Abb. 1), einem Empfänger B an der Lokomotive (Abb. 2) und einem elektro-pneumatischen Ventil C über dem Empfänger B an dem Rahmen der Lokomotive. Sie ist im April 1926 in Betrieb genommen worden.

Der Sender A liegt in geringem Abstand neben der Schiene (Abb. 1) und ist gleich hoch mit Schienenoberkante, er kommt nicht in Berührung mit dem Schneesflug usw., er berührt auch nicht die unten hängenden Teile der Lokomotive. Der Empfänger B hängt an zwei Flacheisen am rechten Rahmen der Lokomotive und zwar so, daß er genau über den Sender A hinwegstreicht auch bei seitlichen und senkrechten Bewegungen der Maschine. Er wird durch nichts im Gleis gestört, da er nicht über die weitesten seitlichen Teile der Maschine hinwegreicht. Bei einer dritten Zuleitungsschiene für den elektrischen Betrieb ist eine Berührung derselben durch den Empfänger nicht möglich. In seiner Höhe ist B so angebracht, daß seine magnetische Kraft den Sender A erreicht.

Die Wirkungsweise ist folgende. Im Sender A sitzen zwei Spulen in einem Magneten, der Strom von einer Stromquelle erhält.

Über A bewegt sich der Empfänger B, der ebenfalls aus zwei Spulen und einem Magneten besteht. Sowie A über B hinweggeht, entstehen durch Induktion Stromstöße von A aus in B, die ein elektro-pneumatisches Ventil C am Rahmen der Lokomotive öffnen, daß die Bremsen des Zuges anzieht. Die Anziehung wirkt stoßweise, je schneller die Lokomotive fährt, um so größer ist die Induktionswirkung.

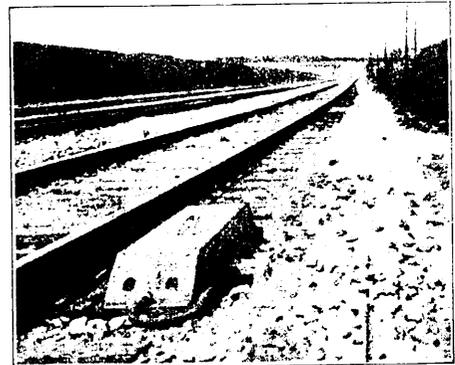


Abb. 1.

Für die Streckenteile ist keine Batterie oder irgend eine örtliche Kraftquelle erforderlich, sie werden vielmehr mit Strom durch die Signalrelais versorgt und wiederholen die Signalzeichen auf der Lokomotive. Der Apparat ist einfach und klein, stört in keiner Weise selbst bei der dritten Schiene für den elektrischen Betrieb nicht; er liegt innerhalb der von der Lokomotive hervorstehenden Teile.

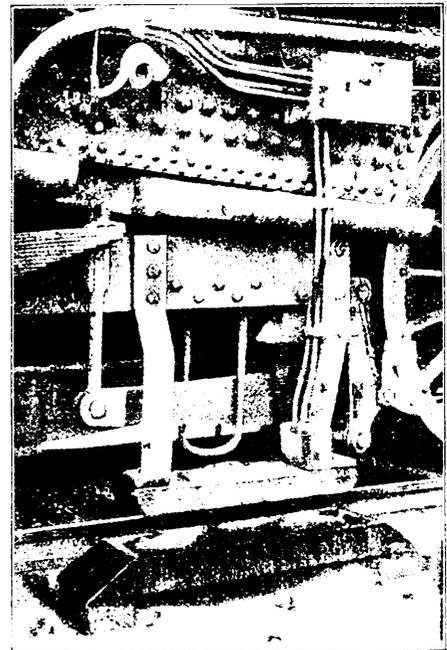


Abb. 2.

Bei den Versuchen, die die Reichsbahnverwaltung neuerdings macht, um die Signalzeichen auf die Lokomotive des fahrenden Zuges zu übertragen und die Bremsen zu beeinflussen, verdient dieser einfache Apparat Beachtung, da er ohne Streckenanschläge arbeitet.

R. d.

## Verschiedenes.

### Studiengesellschaft für Rangiertechnik.

Zur Erforschung aller Fragen, die die Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Rangierbahnhöfe betreffen, ist eine aus Vertretern der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft, der Eisenbahnwissenschaft und der einschlägigen Eisenbahnindustrie gebildete Studiengesellschaft für Rangiertechnik mit dem Sitze in Berlin gegründet worden.

Die Gesellschaft ist aus fünf Vertretern der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft, fünf Vertretern der Eisenbahnwissenschaft und Vertretern der Eisenbahnindustrie zusammengesetzt.

Die Geschäftsstelle der Gesellschaft befindet sich beim Eisenbahnzentralamt in Berlin.