

### Der Reichsoberbau auf Holzschwellen.

Von Reichsbahnoberrat Schlodtmann, Oldenburg.

Nach dem Vorschlage des Herrn Dr. Ing. Bloss, Dresden, im »Organ« 1925, Heft 23, Seite 507, kann der von der Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft herausgebrachte neue Reichsoberbau K auf Holzschwellen ganz wesentlich dadurch verbessert werden, daß an Stelle der Durchbildung der Schienenbefestigung auf der Unterlagsplatte in Anlehnung an den badischen Eisenschwellenoberbau eine Durchbildung nach den Grundsätzen des oldenburgischen Eisenschwellenoberbaues angewendet wird. Die hierdurch erzielten, im vorgenannten Aufsätze erwähnten Vorteile sind so schwerwiegend und für die Wirtschaftlichkeit so wichtig, daß der Gedanke des Herrn Dr. Ing. Bloss weiter durchgearbeitet und daß ferner auch mit seinem Vorschlage Versuchsstrecken in größerem Umfange verlegt werden sollten.

Eine weitere wesentliche Verbesserung kann der Vorschlag des Herrn Dr. Ing. Bloss dadurch erfahren, daß das oldenburgische Prinzip restlos durchgeführt wird, nach dem die erforderliche feste Verspannung der Schiene zwischen den Klemmleisten K der Unterlagsplatten für alle vorkommenden Spurweiten mit nur zwei Sorten Klemmplatten (Klemmbügel) erreicht wird. Dies ist in einwandfreier und einfacher Weise durch die in den Abb. 1 und 2 dargestellte Ausbildung des Oberbaues möglich.

In Abb. 1 ist die Schienenbefestigung für das gerade Gleis — Spurerweiterung 0 —, in Abb. 2 für die größte vorkommende Spurerweiterung von 24 mm dargestellt. Durch Wenden und Vertauschen der beiden Sorten Klemmplatten können ebenso, wie beim oldenburgischen Oberbau auf Eisenschwellen, nach der nachstehenden Tabelle alle Spurweiten von 0 bis 24 mm Erweiterung hergestellt werden:

Spurweite mm	Linke Schiene Klemmplatte		Rechte Schiene Klemmplatte		Spurerweiterung mm
	Nr.	Nr.	Nr.	Nr.	
1435	4	0	0	4	0
1438	4	0	1	3	3
1441	3	1	1	3	6
1444	1	3	0	4	9
1447	0	4	0	4	12
1450	0	4	1	3	15
1453	1	3	3	1	18
1456	1	3	4	0	21
1459	0	4	4	0	24

Die Abstufungen betragen je 3 mm. Durch ein geringes Schrägstellen der Klemmplatten, das ganz unbedenklich ist, können auch geringere Abstufungen — bis zu 1 mm und weniger — erreicht werden, wenn dies in besonderen Fällen erforderlich sein sollte. Auf den Klemmplatten werden zur Kennzeichnung der beiden Sorten auf der oberen Seite die Nummern 0, 1, 3 und 4 angebracht und zwar derart, daß die eine Sorte die Nummern 0 und 1, die andere Sorte die Nummern 3 und 4 erhält. Da jede Sorte Klemmplatte an jeder Seite eine Klaue für den Schienenfuß und darüber die Schrägfläche für die Anlage an der Klemmleiste K enthält, entstehen für die beiden Sorten Klemmplatten also vier Schlußweiten. Die für die betreffende Spurweite bestimmten Nummern müssen sich

beim Verlegen über dem Schienenfuß befinden; die Nummern sind so angeordnet, daß die Quersumme der über einem Schienenfuß befindlichen Nummern stets die Zahl 4 ergibt. Mit diesen beiden Sorten Klemmplatten lassen sich mithin stufenweise von 3 zu 3 mm alle Spurerweiterungen bis zu 24 mm herstellen. Es lassen sich daher auch einheitlich gebohrte Schwellen verwenden; die Schwellen können vor dem Tränken gebohrt werden.

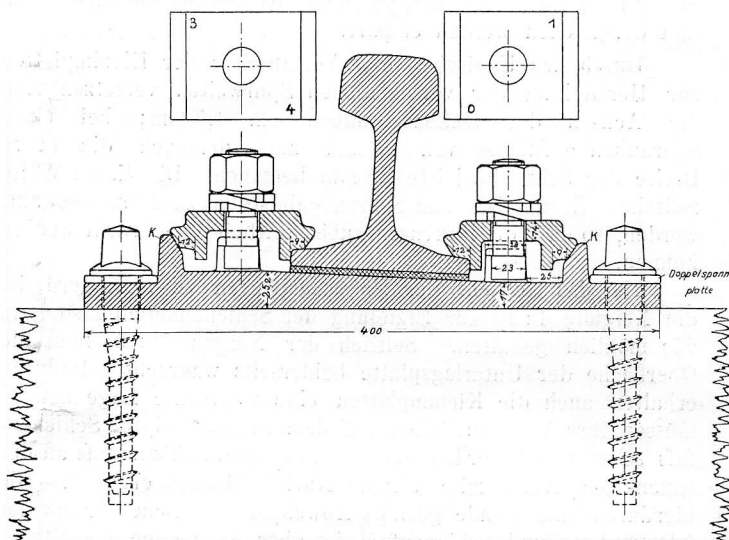


Abb. 1.

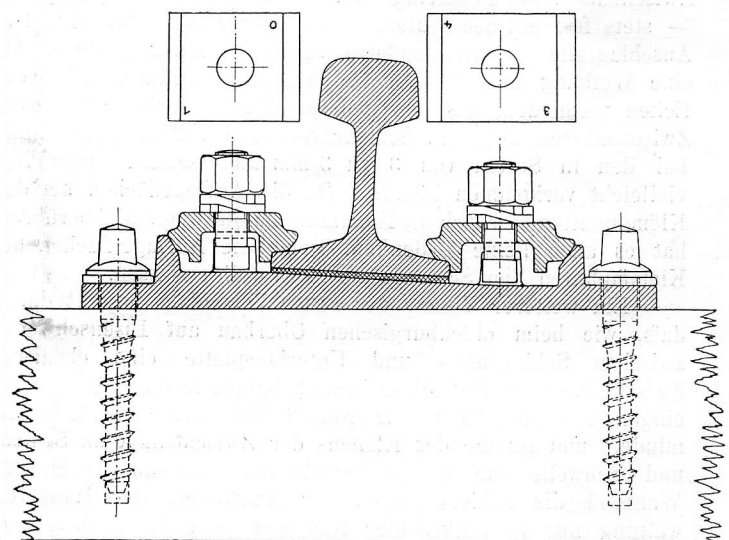


Abb. 2.

Die Unterlagsplatte wird bei dieser Oberbauanordnung für gerade Strecken und Gleiskrümmungen gleich; sie wird 400 mm lang, also nur 10 mm länger als die Unterlagsplatte nach der Anordnung der Hauptverwaltung mit Spurerweiterung. Hierdurch wird aber eine Verteuerung kaum eintreten, da die Herstellung der Unterlagsplatten nach dem neuen Vorschlage

dadurch bedeutend erleichtert wird, daß die schwierig herzustellende Neigung der Schraubenleisten fortfällt. Die Vergrößerung der Unterlagsplatten hat jedoch den ganz bedeutenden Vorteil, daß sie in erheblichem Maße zur Erhaltung der Holzschwellen beiträgt. Es sei hier auf den interessanten Aufsatz des Herrn Abteilungsvorstandes Ingenieur Ch. Driessen in Utrecht im »Organ« 1925, Heft 22, Seite 493/95 verwiesen. Ähnliche Feststellungen sind auch bei der Reichsbahndirektion Oldenburg gemacht worden. Bei der Abnahme der 160 × 334 mm großen Unterlagsplatten des oldenburgischen Holzschwellenoberbaues, die 14 Jahre in der stark belasteten zweigleisigen Hauptbahnstrecke Oldenburg—Bremen gelegen haben, zeigte sich, daß das Holz der Schwellen unter den Platten völlig unversehrt war, als ob es erst soeben bearbeitet worden wäre, während die Oberfläche der Schwelle im übrigen unter dem Einfluß der Witterung usw. bereits stark angegriffen war. Durch die Vergrößerung der Unterlagsplatten werden die Schwellen mithin erheblich geschont, Kosten für Verdübelungen und dergleichen werden erspart.

Durch das Umdrehen bzw. Vertauschen der Klemmplatten zur Herstellung der verschiedenen Spurweiten versetzen sich die Achsen der Hakenschrauben um 4,5 mm; bei einer Schraubenkopfstärke von 23 mm muß demnach die obere Breite der Schraubenleiste 28 mm betragen. Die lichte Weite zwischen Klemmleiste und Schraubenleiste ist zu 25 mm gewählt worden, so daß die Hakenschrauben seitlich eingebracht werden können.

Um das Gewicht der Unterlagsplatten zu verringern, ist die Neigung 1:20 zur Erzielung der Schienenneigung so kurz wie möglich gehalten. Seitlich der Neigung 1:20 liegt die Oberfläche der Unterlagsplatte beiderseits wagrecht. Dadurch erhalten auch die Klemmplatten eine wagrechte Lage und es müssen ihre Auflagerflächen auf dem 1:20 geneigten Schienenfuß so gestaltet werden, daß sich auf dem Schienenfuß an der Innen- und Außenseite gleiche Auflagerflächen ergeben. Die hierdurch entstehende geringe Abweichung zwischen Klaue der Klemmplatte und Schienenfuß ist aber ganz ohne Bedeutung, weil die Klemmplatten durch die Hakenschrauben nebst federnder Zwischenlage — Federring oder besser Bochumer Spannplatte — stets fest auf den Schienenfuß niedergedrückt werden. Die Anschlagseite der Klemmplatte gegen die Klemmleiste erhält eine Wölbung mit 60 mm Halbmesser; hierdurch wird ein Ecken vermieden, das sonst bei verschieden starken elastischen Zwischenlagen zwischen Schienenfuß und Unterlagsplatte und bei den in Stufen von 3 zu 3 mm absetzenden Spurweiten vielleicht vorkommen könnte. Da die Auflageflächen bei den Klemmplatten hiernach die Klemmleisten nur tangential berühren, hat es auch keine Bedenken, wenn die Auflagerflächen der Klemmplatten den Schienenfuß nicht voll umfassen.

Ein weiterer Vorzug des neuen Vorschlags besteht darin, daß, wie beim oldenburgischen Oberbau auf Eisenschwellen zwischen Schienenfuß und Unterlagsplatte eine elastische Zwischenlage aus Pappelholz, Gewebebauplatte oder dergleichen eingelegt werden kann. Hierdurch wird der Verschleiß vermindert und infolge des Klebens der Zwischenlage an Schiene und Schwelle die Schienenwanderung wirksam verhindert. Während die Schienen nach der Anordnung der Hauptverwaltung nur in senkrechter Richtung in recht hochstetiger Weise festgespannt werden, geschieht die Einspannung nach dem neuen Vorschlag durch die erheblich verbreiterten Klemmplatten in wirksamster Weise in senkrechter und wagrechter Richtung. Ebenso wie beim oldenburgischen Eisenschwellen-Oberbau werden auch hier alle beweglichen Teile, die Verschleiß verursachen würden, völlig vermieden. Seine klare, eindeutige und dabei kräftige Bauart unter Verwendung tunlichst weniger Einzelteile, die rahmenartige Verspannung aller Gefache und die zweckmäßigste Ausbildung aller Teile werden

dieselbe gute Bewährung gewährleisten, die sich beim ganz ähnlich konstruierten oldenburgischen Oberbau auf eisernen Schwellen in nunmehr zwölfjähriger Liegezeit erwiesen hat.



Abb. 3.

Für die Schwellenschrauben sind als Spannmittel Bochumer Doppelspannplatten von 50 × 5 mm Stärke mit einer Spannkraft von etwa 1100 kg vorgesehen. Sie halten die Unterlagsplatte dauernd auf die Schwelle nieder und verhüten dadurch, daß Auf- und Niederbewegungen der Unterlagsplatte auf der Schwelle unter den Betriebslasten durch die Federkraft der Spannplatten verhindert werden, jedes Eindringen von Feuchtigkeit zwischen Platte und Schwelle. Diese Befestigungsart hat sich bei dem oldenburgischen Oberbau auf Holzschwellen mit getrennter Schienen- und Schwellenbefestigung in 16jähriger Liegedauer ganz vorzüglich bewährt. Hierbei ist zu beachten, daß

1. die Auflagerflächen der Unterlagsplatten vor dem Verlegen gut mit Kohlenteer verstrichen worden sind und
2. die Bohrlöcher für die Schwellenschrauben nicht durchgebohrt werden. Die Bohrlöcher werden vor dem Einschrauben der Schwellenschrauben ganz mit Teer gefüllt; der Teer dringt beim Eindrehen der Schrauben in die Holzfasern der Schwelle ein und trägt dadurch wesentlich zur Erhaltung der Schwellen und der Schwellenschrauben bei\*).

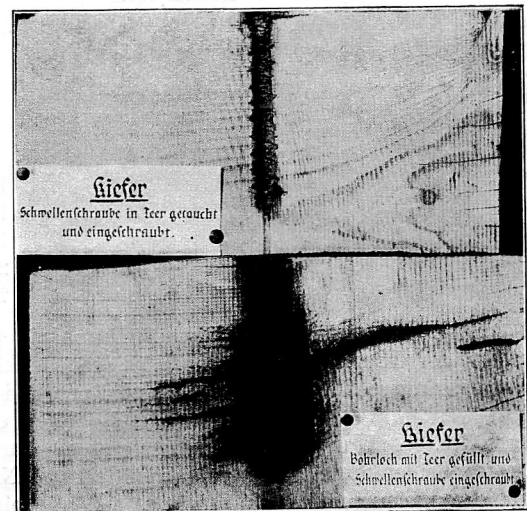


Abb. 4.

Dies Verfahren hat sich bei der Reichsbahndirektion Oldenburg ebenfalls sehr gut bewährt. Aus einem Gleise mit 14jähriger

\*) Helmeke, »Bahnbau«, Heft 38, 1925: Ist das Durchbohren der Holzschwellen zweckmäßig?

Liegedauer abgenommene Unterlagsplatten zeigten eine völlig blanke Lagerfläche, die Schwellenschrauben enthielten nicht den geringsten Rost. Wie das Ausfüllen der Bohrlöcher mit Teer sich nach dem Eindrehen der Schwellenschrauben auf die Umgebung der Bohrlöcher in den Holzschwellen auswirkt und wie zwecklos das immer noch vielfach ausgeübte sinnlose Eintauchen der Schwellenschrauben vor dem Eindrehen in Teer ist — der Teer streift sich dann einfach beim Eindrehen der Schwellenschrauben auf der Oberfläche der Schwelle ab — ist aus den Abb. 3 und 4 zu ersehen.

Um die Wirkung gut erkennbar zu machen, sind ungetränkte Kiefern- und Eichenschwellen verwendet worden.

## Die neuere Entwicklung der elektrischen Zugbeleuchtung bei der Deutschen Reichsbahn.

Von Reichsbahnoberrat M. Breuer.

Schon vor dem Kriege hatten die preussisch-hessischen Staatsbahnen etwa 1000 D-Zugwagen und 100 Schlafwagen mit »reiner Speicherbeleuchtung« und etwa 130 Schlafwagen mit Maschinenbeleuchtung ausgerüstet.

Bei dem damaligen Stande der Technik war die reine Batteriebeleuchtung der Maschinenbeleuchtung gleichwertig, wenn nicht überlegen. Hochgeschätzt wurde vor allem ihre große Einfachheit und Betriebsicherheit, während sich ihre Nachteile erst später geltend machten. Solange es sich nur um verhältnismäßig wenige Wagen mit Speicherbeleuchtung handelte, welche in festen Kursen zwischen Endbahnhöfen mit ausreichenden Ladestationen verkehrten, konnte man die mit der Batteriebeladung an festen Stationen verbundenen Unbequemlichkeiten und Zeitverluste in Kauf nehmen; aber auch damals schon ergaben sich besonders in Zeiten gesteigerten Verkehrs betriebliche Schwierigkeiten. Wenn z. B. ein Zug mit erheblicher Verspätung am Endbahnhof angekommen war, so reichte die Zeit bis zur Abfahrt in der Gegenrichtung nicht aus, um die Batterien voll zu laden, so daß dann im Laufe der Rückfahrt die Spannung zu tief sank, was oft eine unzulängliche Beleuchtung zur Folge hatte und das ganze System in Miskredit brachte. Es kam hinzu, daß bei der durch das Gewicht begrenzten Kapazität der Batterien lange Läufe ins Ausland kaum auszuführen waren. Ferner erwies sich die Bindung an die wenigen Ladestationen als eine für den Betrieb sehr lästige Fessel. Diese Schwierigkeiten wuchsen mit steigender Zahl der mit dieser Beleuchtungsart ausgerüsteten D-Zugwagen derart, daß eine allgemeine Einführung ausgeschlossen erschien.

Zum Glück hatte inzwischen die Maschinenbeleuchtung Fortschritte gemacht. Ihr kam vor allem der Umstand zugute, daß der Strombedarf durch die Einführung der Wolframlampen zurückging, so daß man mit kleineren Dynamomaschinen auskommen konnte, deren Antrieb von der Wagenachse aus eher möglich erschien. Es muß freilich zugegeben werden, daß die Antriebsfrage noch nicht restlos gelöst ist. Eine kritische Betrachtung der verschiedenen Antriebsarten würde hier zu weit führen und soll daher später in einem besonderen Aufsatz behandelt werden. Jedenfalls kann gesagt werden, daß auch heute schon der Antrieb der Maschinen im allgemeinen in befriedigender Weise arbeitet, und daß die bei besonders ungünstigen Schnee- und Witterungsverhältnissen noch auftretenden Störungen in Zukunft wohl vermieden werden können. (Es sei übrigens daran erinnert, daß in ähnlichen Fällen mitunter auch die Dampfheizung versagt.)

Eine Vergleichung der Betriebskosten, die unter anderem von Höppner angestellt wurde ergab, daß die Maschinenbeleuchtung auch wirtschaftlich der reinen Speicherbeleuchtung überlegen war.

Diese Erwägungen führten dahin, daß nach dem Kriege die Ausrüstung der D-Zugwagen mit elektrischer Maschinenbeleuchtung rascher gefördert wurde, während die reine Speicherbeleuchtung an Bedeutung zurückging.

Bei getränkten Schwellen ist eine rostschützende Eigenschaft des Teeröls für die Schwellenschrauben noch nicht erwiesen. Das Teeröl kann die Feuchtigkeit des Holzes nicht von den Schwellenschrauben zurückhalten, während der Kohlen-teer nach unseren Erfahrungen in der verdichteten Form, die bei dem geschilderten Verfahren erzeugt wird, kein Wasser durchläßt.

Es steht zu erwarten, daß dieser neue Vorschlag für die Ausbildung des Reichsoberbaues auf Holzschwellen einen weiteren Schritt zur Verbesserung und Vereinheitlichung der Oberbaufragen darstellt und daß seine Einführung der Deutschen Reichsbahn bedeutende wirtschaftliche Vorteile bringen wird.

Abb. 1 zeigt die zahlenmäßige Entwicklung der einzelnen Beleuchtungsarten in den letzten Jahren.

Ähnlich wie in anderen Ländern kämpften auch bei der Deutschen Reichsbahn mehrere Systeme der elektrischen Maschinenbeleuchtung um die allgemeine Einführung. Wenn dieser Wettstreit auch zweifellos die Entwicklung der Technik förderte, so war doch die Verschiedenheit der Einrichtungen vom Standpunkte des Eisenbahnbetriebs- und Werkstättenleiters unerwünscht. Daher war das Bestreben der Reichsbahn in den letzten Jahren darauf gerichtet, die Einrichtungen soweit als möglich zu vereinheitlichen, ohne doch den gesunden Fortschritt gänzlich zu unterbinden.

Bei den preussisch-hessischen Staatsbahnen und einigen anderen Eisenbahnverwaltungen Deutschlands (besonders Sachsen) waren hauptsächlich folgende Systeme in größerem Umfang erprobt worden:

- Das System der Gesellschaft für elektrische Zugbeleuchtung mit Rosenbergmaschine (abgekürzt G. E. Z.).
- Das System von Pintsch-Grob mit geteilten Batterien und Doppelkollektormaschine (abgekürzt P. G.).
- Das System von Brown-Boveri mit einfacher Nebenschlußmaschine und Regler nach Güttinger (abgekürzt B. B. C.).

Wer sich über die genannten Bauarten näher unterrichten will, findet alles Nötige in dem kürzlich in 3. Auflage erschienenen Buch von Büttner »Die Beleuchtung der Eisenbahnpersonenwagen« (Verlag Springer). Es soll gleich vorweg genommen werden, daß diese drei Systeme sich als durchaus lebensfähig erwiesen haben. Wenn sich nun eines dieser Systeme den anderen gegenüber als fraglos überlegen gezeigt hätte, wäre die Wahl nicht schwer gewesen. Aber dies trat nicht ein. Bevor daher das weitere Vorgehen zur möglichsten Vereinheitlichung der Einrichtungen behandelt werden kann, müssen die Vor- und Nachteile der einzelnen Systeme gegenübergestellt und abgewogen werden.

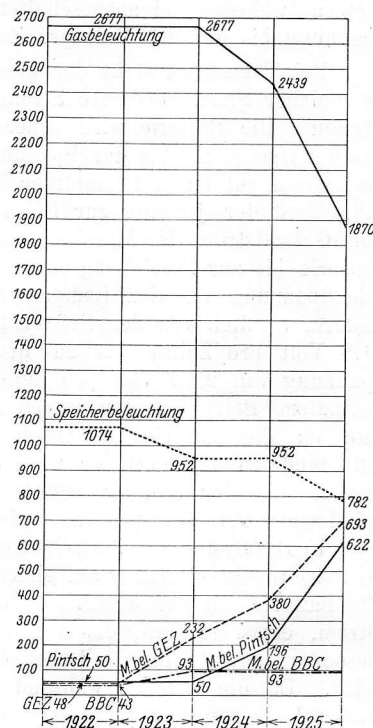


Abb. 1.

a) Das G. E. Z.-Rosenbergsystem erscheint zunächst als ideal, weil die Maschine selbst ohne besondere Regelorgane die Aufgabe löst, bei wechselnder Drehzahl und Drehrichtung einen gleichbleibenden Strom von gleicher Richtung zu liefern. Die eigenartige Wirkung der Rosenbergmaschine beruht bekanntlich auf der Ausbildung eines starken sekundären Querfeldes und mufs, wie bei allen Querfeldmaschinen, durch grossen Materialaufwand erkauft werden. Daher werden die Rosenbergmaschinen verhältnismäfsig schwer.

Bei steigender Gegenspannung der zu ladenden Batterie steigt auch die Maschinenspannung entsprechend. Dies würde zweifellos zur Überladung der Batterie und damit zur Verkürzung ihrer Lebensdauer führen, wenn nicht ein besonderer Spannungsbegrenzer bei Erreichung einer gewissen Höchstspannung durch Vergrößerung des Vorschaltwiderstandes die Erregung der Maschine herabsetzte. Diese Höchstspannung ist bei eingeschaltetem Lichtstrom auf 2,25 Volt pro Zelle bemessen, während bei ausgeschaltetem Lichtstrom die Batteriespannung bis auf 2,5 Volt pro Zelle steigen kann.

Bei Tagesfahrt steht der gesamte von der Maschine stets in gleicher Stärke erzeugte Strom zur Batterieladung zur Verfügung. Die Batterie wird daher mit gleichbleibendem Strom rasch aufgeladen, bis der Spannungsregler eingreift und den Ladestrom auf einen belanglosen Wert herabsetzt. (Bei Nachtfahrt geht der jeweilig zur Beleuchtung benötigte Strom von dem Gesamtstrom der Maschine ab, während der Reststrom die Batterie bis zur Erreichung der Grenzspannung weiter auflädt.) Die Spannung an den Lampen kann sich ziemlich erheblich ändern, nämlich von der tiefsten Entladespannung der Batterie (1,8 Volt pro Zelle) bis zu der bereits erwähnten Grenzspannung von 2,25 Volt pro Zelle, also um etwa 25%. Bei normalem Betrieb treten jedoch so starke Unterschiede nicht auf, da die Batterie nur nach längerer Stromentnahme bei Stillstand so tief entladen wird und sich während der Fahrt mit beginnender Ladung sofort wieder eine Spannung von mindestens 2,1 Volt pro Zelle einstellt.

b) Das System von Pintsch-Grob (vergl. Büttner 3. Auflage, S. 139) regelt selbsttätig auf gleichbleibende Spannung und lädt die Batterie mit zuerst starkem, dann allmählich abnehmendem Strom, ein Verfahren, das von manchen Sachverständigen als besonders günstig für die Lebensdauer der Batterien angesehen wird. Da die Lampen während der Batterieladung nicht der vollen Ladespannung ausgesetzt werden, so sind sie vor Überlastung geschützt. Nach jedem Aufenthalt werden die beiden Batteriehälften durch einen Umschalter mit einander vertauscht, so dafs jede abwechselnd den Erregerstrom liefert bzw. wieder aufgeladen wird. Bei stillstehender Maschine werden beide Batteriehälften durch den bereits erwähnten Umschalter parallel auf das Lichtnetz geschaltet. Der Umschalter besorgt ausserdem den Polwechsel bei Fahrtrichtungsänderung. Die schonende Behandlung der Batterien und Lampen wurde bei diesem System durch den sehr verwickelten Umschaltapparat sowie durch einen Anker mit Zusatzwicklung und zwei Kollektoren und durch die Teilung der Batterie erkauft. Als Umschaltapparat diente erst ein rein mechanischer, später ein elektromagnetisch betätigter Schalter, die jedoch beide zu mancherlei Störungen Veranlassung gaben.

c) Brown, Boveri & Cie. verwenden eine einfache Nebenschlussmaschine mit beweglicher Bürstenbrücke, die sich bei Fahrtrichtungswechsel umlegt und dadurch selbsttätig die Stromrichtung im äufseren Stromkreis unverändert erhält. Der einfachen Maschine stand aber ein ziemlich verwickelter Regler (Güttinger), siehe Abb. 2, gegenüber, dessen Wirkungsweise nicht gerade leicht verständlich ist. Näheres darüber vergleiche Büttner, 3. Auflage Seite 126. B. B. C. hat in den letzten Jahren einen neuen wesentlich verbesserten Regler aufgenommen, bei dessen Konstruktion alle bisher gemachten Erfahrungen ausgenutzt werden konnten.

Dieser nach Mauron benannte M-Regler (s. Abb. 3) erzielt die Spannungsregelung der Nebenschlussmaschine durch zwei Magnete, deren Kerne durch Wagbalken miteinander verbunden sind. Der eine Kern trägt ein durch Federwirkung gespanntes

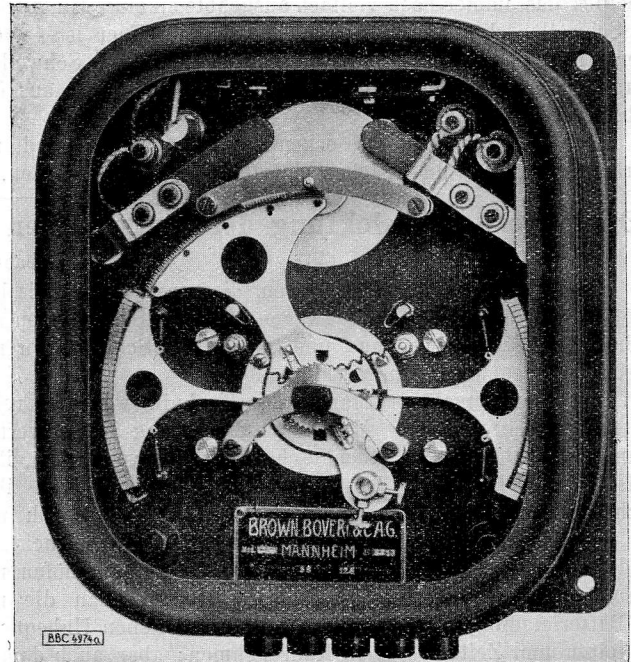


Abb. 2. B. B. C.-Zugbeleuchtungsregler, Bauart B.

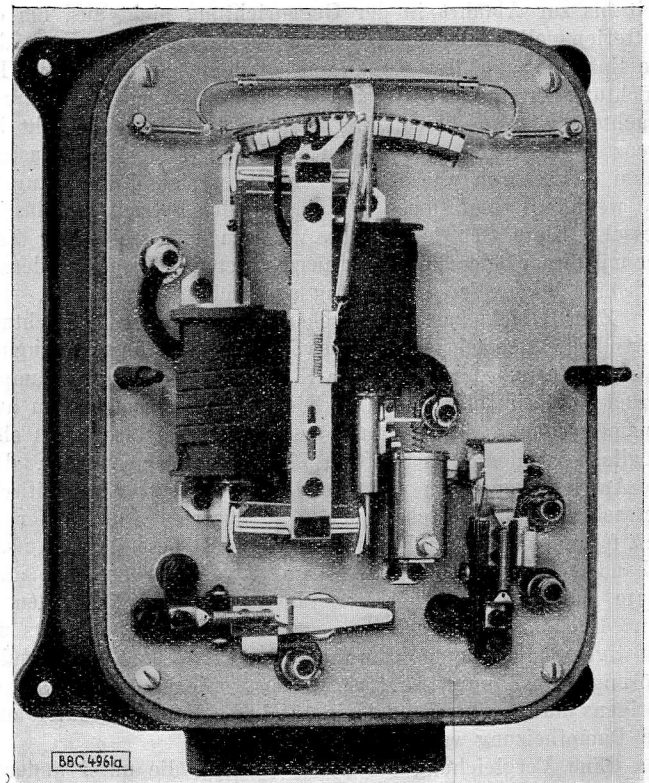


Abb. 3. B. B. C.-Zugbeleuchtungsregler, Bauart M.

elastisches Kontaktband, welches sich mehr oder weniger über die kreisbogenförmig angeordneten Kontaktstücke legt, an welche abgestufte Widerstände angeschlossen sind. Letztere liegen im Erregerstromkreis und werden je nach Lage des Kontaktbandes stufenweise ein- oder ausgeschaltet. Zur Verhütung schädlicher

Schwingungen der Magnetkerne ist eine Luftdämpfung vorgesehen. Die Zugkraft der vorgenannten Spannungsspule sowie der auf den zweiten Kern wirkenden Stromspule wird durch das sogenannte »Ladespannungsrelais« in ziemlich verwickelter Weise beeinflusst. Näheres darüber, sowie über die Wirkungsweise des »Entsulfatierungsrelais«, enthalten die »B. B. C.-Mitteilungen« vom Mai/Juni 1924, herausgegeben von Brown, Boveri & Cie. in Mannheim. Die Firma reguliert ihre Apparate selbst ein und plombiert sie dann, um Eingreifen von weniger sachkundiger Hand zu verhindern.

d) In den Vereinigten Staaten, die über große Erfahrungen auf dem Gebiete der elektrischen Zugbeleuchtung verfügen, verwendet man vorzugsweise ebenfalls einfache Nebenschlussdynamos mit selbsttätigem Polwechsler. Charakteristisch für die amerikanischen Systeme sind jedoch die einfachen und sehr sicher wirkenden Kohleregler. Sie beruhen auf der vom Mikrophon her bekannten Eigenschaft sich berührender Kohlenelektroden, bei wechselndem Anpressungsdruck den Übergangswiderstand stark zu ändern. Zur Druckänderung benutzt man ein Solenoid, welches einer Feder entgegenwirkt. Wenn man nun eine aus einer Anzahl von Kohlenelektroden gebildete Säule in den Erregerstromkreis der Dynamo einschaltet und das vorerwähnte Solenoid an die Maschinenspannung anlegt, so vermindert letzteres bei steigender Spannung die Anpressung der Kohlenelektroden. Damit steigt der Widerstand im Erregerstromkreis, bis der schwächer werdende Erregerstrom die Maschinenspannung wieder auf ihren normalen Wert herabdrückt. Eine derartige Einrichtung regelt daher in höchst einfacher und betriebsicherer Weise auf gleichbleibende Spannung. Man kann den Anpressungsdruck derselben Kohlenelektroden außerdem noch durch eine Stromspule beeinflussen, die entweder vom Batteriestrom allein oder vom gesamten Maschinenstrom durchflossen wird. Man hat es also in der Hand, durch Änderungen der Wicklungszahlen sowie des Wicklungssinnes die vorher erörterte Wirkung des an der Spannung liegenden Solenoides nach Wunsch teilweise abzuändern. Die verschiedenen amerikanischen Systeme unterscheiden sich nur noch in der Schaltung und Bemessung dieser zusätzlichen Stromspule. Bezeichnend für die Güte dieser Regelungseinrichtungen ist der Umstand, daß auf den Bahnen der Vereinigten Staaten etwa 30 000 Wagen mit Nebenschlussmaschinen und Kohleregler ausgerüstet sind und daß die Beleuchtung dort allgemein zufriedenstellt.

Bevorzugt wird dort ferner die völlig unabhängige Regelung der Lampenspannung durch besondere Lampenregler, die übrigens ebenfalls auf dem Prinzip der Kohlenelektrodenwiderstände beruhen. Das Solenoid, welches den Anpressungsdruck der Kohlenelektroden regelt, wird hier parallel zu den Lampen geschaltet, während der Lampenstrom selbst die Kohlenelektroden durchfließt. Hierbei erleidet er einen bestimmten Spannungsabfall, der den Überschuss der Batterieladespannung über die normale Lampenspannung aufzehrt, so daß die Lampenspannung völlig gleichbleibend erhalten wird, was natürlich für die Lebensdauer der Lampen besonders günstig ist. Die in solcher Weise getrennte Regelung einerseits der Maschinenspannung und andererseits der Lampenspannung hat den großen Vorteil, daß man ohne Kompromisse sowohl die Batterie wie auch die Lampen unabhängig voneinander mit der für sie benötigten Spannung versorgen kann.

In richtiger Erkenntnis, daß Einfachheit und Betriebssicherheit gewissen theoretischen Feinheiten vorzuziehen sind, hat die Firma Pintsch neuerdings ebenfalls den Kohleregler (Abb. 4) angenommen. Die ersten neuen einfachen Nebenschlussmaschinen mit Kohleregler eigener Bauart sind bereits im Betrieb und haben allen Erwartungen entsprochen.

Abb. 5 zeigt das sehr klare, etwas vereinfachte Schaltbild mit den völlig unabhängigen Kohleregler für den Generator und die Lampen. Der Kohleregler für den Generator wirkt

in gleicher Weise wie bei den amerikanischen Systemen auf den Erregerstrom der Nebenschlussmaschine.

Das Solenoid, welches den Anpressungsdruck der Kohlenelektroden beeinflusst, besteht aus drei Wicklungen, von denen im vorliegenden vereinfachten Schaltbild aber nur zwei gezeichnet sind. Der Federkraft wirkt zunächst eine Spannungswicklung aus vielen Windungen dünnen Drahtes entgegen. Diese Wicklung bewirkt bei steigender Drehzahl, also wachsender Spannung der Maschine eine allmähliche Entlastung der Kohlenelektroden, vermehrt also den Widerstand im Erregerkreis und drückt so die Spannung auf den Normalwert wieder herab.

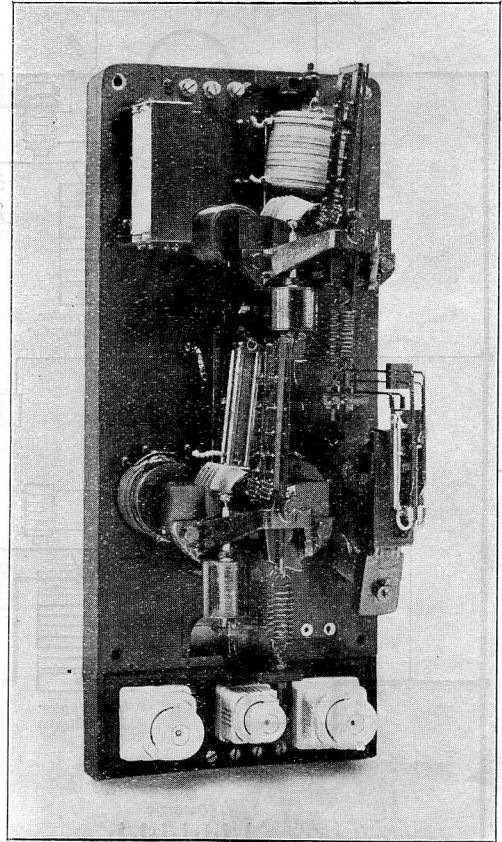


Abb. 4. Kohleregler, Bauart Pintsch.

Die zweite Wicklung führt den Ladestrom der Batterie und wirkt ebenfalls der Feder, welche die Kohlenelektroden zusammendrückt, entgegen. Falls nun der Ladestrom zu groß wird, was bei stark entladener Batterie anfangs möglich ist, wird wieder die Kohlenelektroden soweit entlastet, daß durch Verminderung der Maschinenspannung auch der Ladestrom eingeschränkt wird. Diese Stromwicklung schützt also den Generator vor Überlastung. Die dritte Wicklung wird vom Lampenstrom durchflossen und wirkt in gleichem Sinne wie die Feder, also druckverstärkend, ist aber bei Tage, solange die Lampen ausgeschaltet sind, außer Tätigkeit. Diese Spule ist aus folgendem Grunde zugefügt worden: Bei langen Tagesfahrten ohne Lichtstromverbrauch besteht an sich die Gefahr, daß die Batterie überladen und dadurch in ihrer Lebensdauer beeinträchtigt wird. Man vermeidet dies, indem man den Regler so einstellt, daß die Maschinenspannung ein gewisses Grenzmaß nicht überschreitet. Andererseits ist ein zeitweises Laden mit höherer Spannung für die Batterie durchaus zuträglich; es wirkt der schädlichen Sulfatierung entgegen und bewahrt die Batterie vor Erschöpfung, wenn langen Nachtfahrten mit hohem Lichtbedarf nur verhältnismäßig kurze Tagesfahrten gegenüberstehen. Es ist also zweckmäßig, die Ladespannung der Batterie

zu erhöhen, solange der Lichtstrom fließt. Dies wird durch die genannte dritte Spule\*), welche ja vom Lampenstrom durchflossen wird, erreicht. Hierbei sei darauf hingewiesen, daß diese Erhöhung der Ladespannung nicht auf die Lampen wirkt, weil deren Spannung ja durch den besonderen Lampenregler gleichbleibend erhalten wird, dessen Wirkungsweise bereits von den amerikanischen Systemen her bekannt ist.

Im Schaltbild ist dann noch der Maschinenselbstschalter angedeutet, der bei Erreichung einer gewissen Mindestdrehzahl Maschine und Batterie parallel schaltet. Dieser Maschinenselbstschalter ist bei allen Zuglichtsystemen erforderlich und wird auch durchweg in gleicher Weise geschaltet: Das Ein-

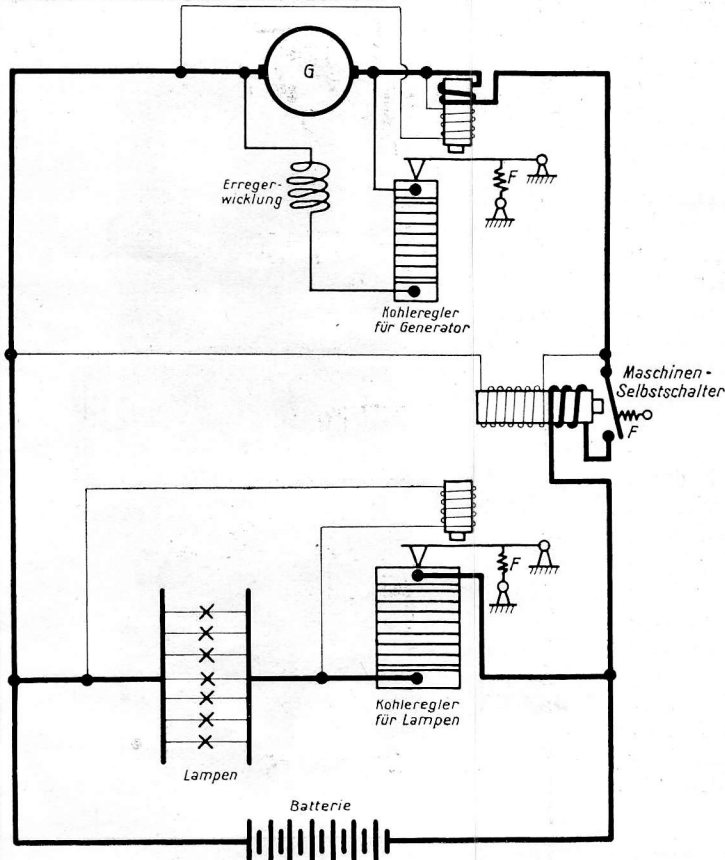


Abb. 5. Schaltbild für Zugbeleuchtung mit Kohleregler, Bauart Pintsch.

schalten besorgt die Spannungsspule allein. Der nachfolgende Maschinenstrom verstärkt die Anziehungskraft des Schalters durch dessen Stromspule. Sobald aber beim Abfall der Drehzahl und damit der Maschinenspannung in dieser Stromspule ein Rückstrom auftritt, schaltet der Selbstschalter die Maschine ab.

Von besonderem Interesse ist es, daß die G. E. Z. seit einiger Zeit neben den bekannten Rosenbergmaschinen auch eine einfache Nebenschlußmaschine für die Zugbeleuchtung baut. Als Generatorregler verwendet sie den in Österreich vorzugsweise eingeführten Dickregler (Abb. 6 und 7). Auch dieser verändert mit Hilfe eines an der Maschinenspannung liegenden Solenoides den Widerstand im Erregerstromkreis. Nur die Art der Widerstandsänderung ist hier eine andere, sie ist nicht stetig, wie beim Kohleregler, sondern schrittweise abgestuft. Die Enden der Teilwiderstände sind mit Metallringen verbunden, die mit isolierenden Zwischenlagen zu einem topfartigen Gefäß übereinandergeschichtet sind. In letzterem befindet sich etwas Queck-

silber, das durch einen von Solenoid beeinflussten Verdrängungskolben zum Steigen oder Fallen gebracht wird. Hierdurch werden die Widerstände schrittweise kurzgeschlossen oder wieder eingeschaltet. Aufser der Spannungswicklung ist auch an diesem Regler eine Stromspule angeordnet, die ein Anwachsen des Gesamtstromes über ein bestimmtes, für die Dynamo noch zu-

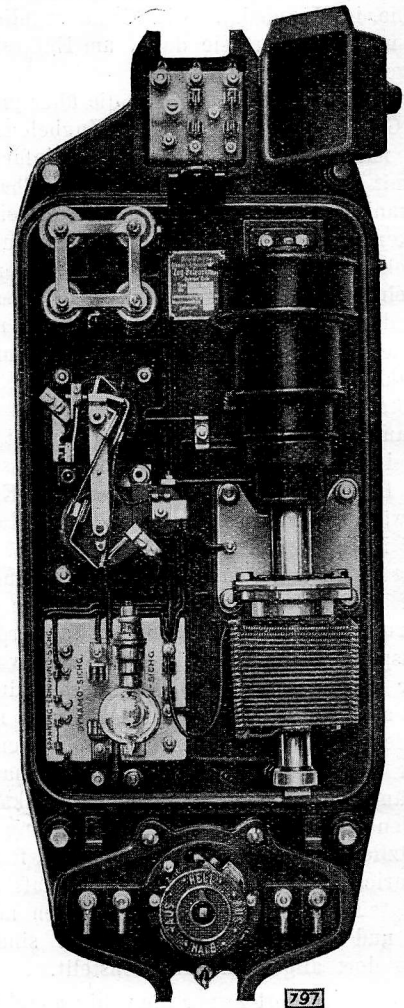


Abb. 6. Dick-Regler.

lässiges Maß verhindert. Der Apparat wird nun so eingestellt, daß die Maschinen- und damit auch die Batteriespannung nicht über 2,35 Volt pro Zelle steigt, ein Wert, der ausreichen soll, um die Batterie genügend zu laden und vor Sulfatierung zu bewahren. Ein besonderer Lampenregler ist nicht vorgesehen, so daß die gesamten Spannungsschwankungen, die hier  $\sim 30\%$  betragen können, auf das Lichtnetz wirken. Hier sieht man deutlich, wohin der Kompromiß zwischen den Anforderungen der Batterie und der Lampen führt. Selbst wenn man die Ladespannung nicht höher als 2,35 Volt pro Zelle treibt, ist der Spannungsunterschied an den Lampen schon so groß, daß entweder die Lichtausbeute oder die Lebensdauer der Lampen leidet. Denn wenn man den Glühdraht so hemifist, daß er die Ladespannung aushält, ohne allzu schnell durchzubrennen, so wird die Lampe, die ja beim Stillstand des Wagens nur die Entladespannung der Batterie erhält, in diesem Falle weniger hell strahlen. Richtet man sich aber bei der Bemessung des Glühdrahtes nach der Entladespannung, so wird die Lebensdauer der Lampe verkürzt, weil die Ladespannung während der Fahrt für sie zu hoch wird. Meines Erachtens darf man in dem Streben nach Vereinfachung nicht so weit gehen, daß die Vor-

\*) Der Einfachheit halber ist in dem Schaltbild nur eine vom Gesamtstrom durchflossene Stromspule eingezeichnet.

bedingungen für eine gute Lichtausbeute nur unvollkommen geschaffen werden können. Immerhin hat der Dick-Regler wegen

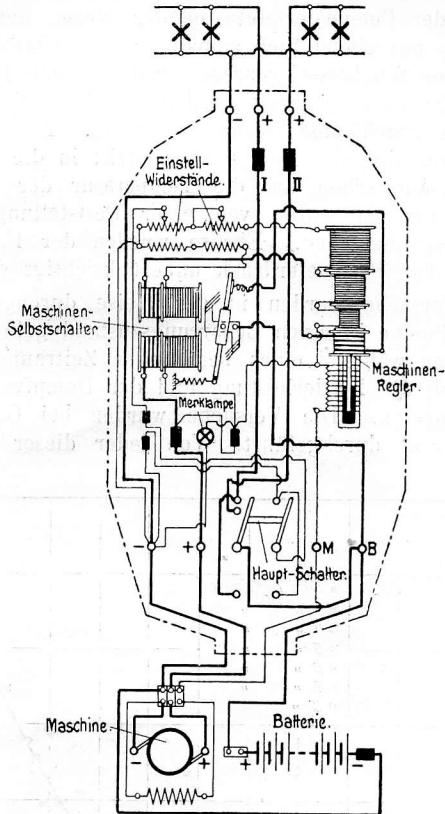


Abb. 7. Schaltbild für Dick-Regler.

seiner einfachen Wirkungsweise besonders in Österreich zahlreiche Anhänger gefunden. In allerjüngster Zeit hat die Gesell-

schaft für elektrische Zugbeleuchtung auch den für ortsfeste Maschinen wohlbekanntem Tirill-Regler den Zwecken der Zugbeleuchtung angepaßt und dienstbar gemacht.

Das Ergebnis der im vorstehenden behandelten Entwicklung der letzten Jahre ist also eine wesentliche grundsätzliche Annäherung der drei oben genannten Systeme. Wir haben jetzt bei allen eine Nebenschlußmaschine mit besonderer — von ihr räumlich getrennter — Regelvorrichtung. Die Lampenspannung ist für alle von der Reichsbahn neu zu beschaffenden Einrichtungen einheitlich auf 24 Volt, entsprechend einer Aufhängungs- und Nachspannvorrichtungen der Maschinen einheitlich durchgebildet sind, wird es sich zunächst erreichen lassen, die einzelnen Hauptteile der verschiedenen Systeme ohne weiteres gegen einander auszutauschen, was für den Betrieb schon eine große Erleichterung bedeutet. Vielleicht wird es nach einiger Zeit, wenn erst genügende Betriebserfahrungen vorliegen, möglich sein, durch Zusammenstellung der am besten bewährten Teile ein Einheitssystem zu schaffen. Das würde für die Lagerhaltung und Werkstattbehandlung von außerordentlicher Bedeutung sein und zu einer wesentlichen Verminderung der Unterhaltungskosten führen. Bei der Zuglichtmaschine wird man allerdings nicht mit einer Maschinengröße auskommen können, weil der Strombedarf der einzelnen Wagengattungen — von 500 Watt bei gewissen zweiachsigen Wagen bis zu etwa dem vierfachen Betrage bei den Schlafwagen (mit elektrischem Kocher) — zu verschieden ist. Drei Größen dürften aber auf alle Fälle genügen. Die zugehörigen Batterien werden sich nur durch die Anzahl, nicht durch die Größe der Platten unterscheiden.

Durch die Schaffung des Einheitssystems soll aber nicht jeder Fortschritt unterbunden werden. Nur wird man später vor Einführung einer Neuerung eingehend prüfen müssen, ob die Vorteile, die man sich davon verspricht, die Nachteile überwiegen, welche jede Durchbrechung der Einheitlichkeit mit sich bringt.

## Versuche mit der Doppelverbundluftpumpe Bauart Nielebock-Knorr.

Von Dr. Ing. R. Drath.

Im Anschluß an die von Herrn Dr. Schneider, München, vorgenommenen Untersuchungen über Lokomotivluftpumpen (s. Organ für Fortschritte des Eisenbahnwesens, Heft 9 vom 15. Mai 1925) wurden vom Verfasser ähnliche Versuche mit der Doppelverbundluftpumpe Bauart Nielebock-Knorr durchgeführt, die einen Vergleich beider Bauarten in bezug auf Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit gestatten sollen.

Die Luftpumpe Bauart Nielebock-Knorr, die der Cross-Compound-Pumpe von Westinghouse ähnlich ist, in der Steuerung jedoch wesentlich abweicht, besitzt zwei Kolbensätze und zwar sind der Hochdruckdampf- und der Niederdruckluftkolben einerseits (Kolbensatz I, Abb. 1) und der Niederdruckdampf- und der Hochdruckluftkolben andererseits (II) zu je einem Kolbensatz verbunden. Der Hochdruckdampfzylinder arbeitet als Volldruckmaschine, d. h. der Dampf strömt während des ganzen Hubes unter gleichbleibendem Druck in den Zylinder. Nachdem die Endlage erreicht ist, erfolgt die Umsteuerung und die im Hochdruckdampfzylinder eingeschlossene Dampfmenge expandiert unmittelbar (ohne Aufnehmer) in den Niederdruckdampfzylinder, wobei der zweite Kolbensatz die Zylinder durchläuft und die Ausdehnungsarbeit des Dampfes ausnutzt.

Die Bauart und Wirkungsweise der Pumpe sind aus dem Schema, Abb. 1 ersichtlich. Die Steuerung besteht aus zwei Teilen, aus dem in senkrechter Lage zwischen den Dampfzylindern angeordneten Hauptschieber, der die Dampfverteilung zu den Zylindern regelt und aus dem Hilfschieber, der die

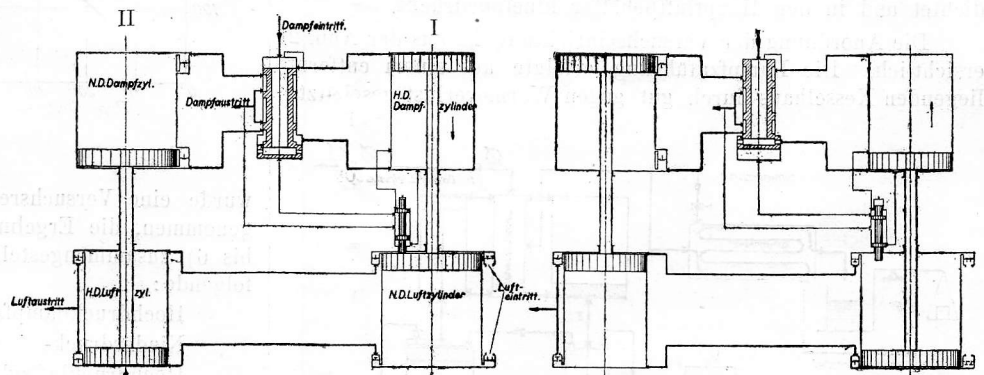


Abb. 1.

Bewegung des Hauptschiebers bedingt. Der Frischdampf wird dem Hohlraum des Hauptschiebers zugeführt und tritt je nach der Stellung des Hauptschiebers entweder durch Bohrungen in der zylindrischen Wand des Schieberkopfes in den unteren oder an der Stirnfläche des engeren Schieberteiles in den oberen Arbeitsraum des Hochdruckdampfzylinders ein. Die durch Aussparungen am Schaft des Hauptschiebers entstandenen

und durch Kolbenringe voneinander abgedichteten ringförmigen Hohlräume regeln den Übertritt des im Hochdruckdampfzylinder ausgenutzten Dampfes nach dem Niederdruckdampfzylinder sowie den Austritt des im Niederdruckdampfzylinder vollständig ausgenutzten Dampfes. Der unter der geschlossenen Stirnfläche des Hauptschiebers gelegene Raum wird als Umsteuerungskammer benutzt und durch den Hilfschieber entweder mit Frischdampf beaufschlagt oder mit der Außenluft verbunden. Im ersten Falle wird der Hauptschieber durch die Wirkung seiner beiden verschieden großen Endflächen in die obere Endlage getrieben; im andern Falle treibt der Frischdampfdruck den Kolbenschieber in die untere Lage. Der Hilfschieber reicht mit dem unteren Ende seiner Kolbenstange so weit in den Niederdruckluftzylinder hinein, daß er (durch Vermittlung eines Stößels) vom Niederdruckluftkolben bei seiner Annäherung an die obere Endstellung nach oben gestoßen wird. Hierbei wird dann die Umsteuerungskammer mit dem Auspuff verbunden, und der Hauptschieber macht seine Bewegung abwärts. Der Dampf wird jetzt so geleitet, daß der steuernde Kolbensatz I seine Bewegung abwärts macht, während der Kolbensatz II aufwärts geht. Befindet sich der umsteuernde Kolbensatz I in der unteren Totlage, so legt der Hochdruckdampfkolben eine kleine Bohrung frei, durch welche Frischdampf auf die obere Kolbenfläche des Hilfschiebers strömt und ihn nach unten treibt. Hierdurch wird der Verbindungskanal zwischen Haupt- und Hilfschieber freigelegt, wobei dann die Umsteuerungskammer des Hauptschiebers mit Frischdampf beaufschlagt wird. Der Hauptschieber geht in seine obere Endstellung, der erste Kolbensatz macht dann einen Aufwärtshub, der zweite Kolbensatz einen Abwärtshub, und das Spiel beginnt von neuem. Die Kolben sind so bemessen, daß der Kolbensatz II (Niederdruckdampf) früher als der Kolbensatz I (Hochdruckdampf) in seine Endstellung gelangt. Da die Umsteuerung durch den Hochdruckdampfkolbensatz eingeleitet wird, so erfolgt sie erst dann, wenn der Niederdruckdampfkolben seine Endlage bereits erreicht hat. An den Enden des Niederdruckdampfzylinders sind zwei kleine Rückschlagventile angeordnet, die den Zweck haben, nach Beendigung des Arbeitshubes des Kolbensatzes II den Niederdruckdampf ins Freie entweichen zu lassen, um den Kolbensatz I zu entlasten.

die Ventile 1 und 2; die Leitungen am Prüfstand selbst, sowie die Pumpe waren nicht verkleidet. Der Abdampf wurde in einem Kondensator niedergeschlagen und dann gewogen. Die Belastung der Pumpe erfolgte in der Weise, daß die Luft durch einen mit einem Sieb abgedeckten Saugkanal angesaugt und in einen Windkessel geprefst wurde, dessen Druck durch das Drosselventil 3 geregelt werden konnte. Die entspannte Luft wurde durch eine Gasuhr gemessen. Da angenommen werden kann, daß die Luft beim Eintritt in die mit Wasser gefüllte Gasuhr schon auf die Temperatur der Ansaugluft abgekühlt war, so wurde von einer Feststellung der Lufttemperaturen abgesehen. Ebenso wurden der Feuchtigkeitsgehalt und der Barometerdruck unberücksichtigt gelassen.

Die Versuche wurden in der Weise durchgeführt, daß zuerst die Pumpe in einen Beharrungszustand gebracht wurde. Dann wurden während eines bestimmten Zeitraumes (5 Min.) die Hubzahl, die Förderleistung und der Dampfverbrauch der Pumpe gemessen. Die Versuche wurden bei Gegendrücken von 2 bis 8 at durchgeführt. Von jeder dieser Belastungen

Die Luft wird vom Niederdruckluftzylinder angesaugt und in den Hochdruckluftzylinder geprefst, wodurch die erste Stufe der Kompression, etwa 2,7 at, erreicht wird. Im Hochdruckluftzylinder wird nun die Luft auf den vollen Gegendruck verdichtet und in den Hauptluftbehälter hineingedrückt.

Die Anordnung der Versuchseinrichtung ist aus der Abb. 2 ersichtlich. Die Dampfzuführung erfolgte aus einem entfernt liegenden Kesselhaus durch gut gegen Wärmeverlust geschützte

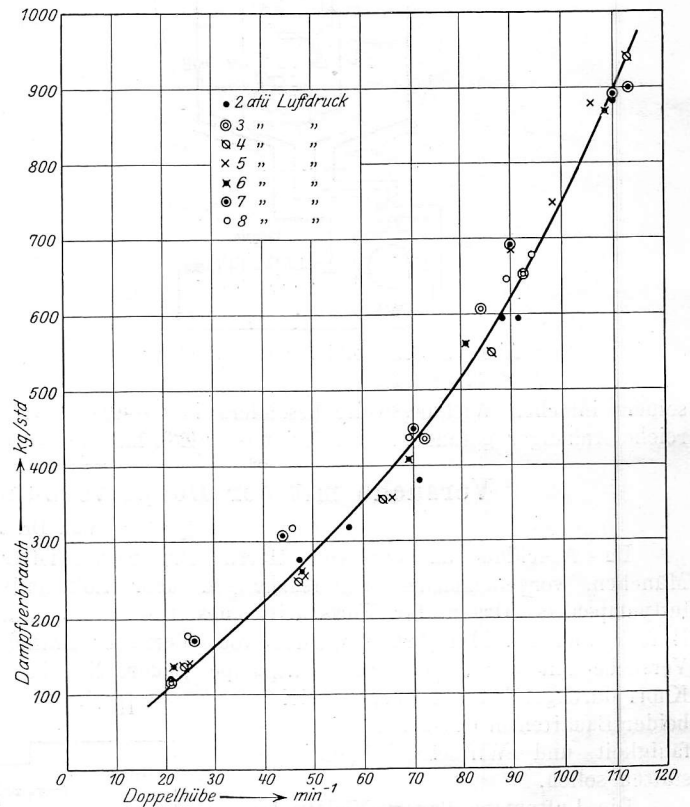


Abb. 3.

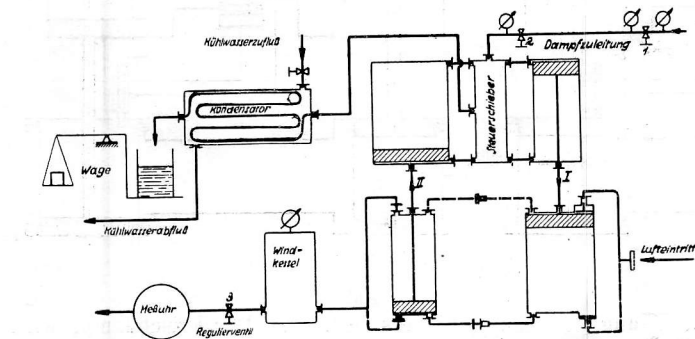


Abb. 2.

Leitungen. Der Dampf hatte beim Eintritt in den Prüfraum etwa 14 at Spannung und war trocken gesättigt oder schwach überhitzt. Die Regelung des Dampfdruckes erfolgte durch

wurde eine Versuchsreihe mit verschiedenen Hubzahlen aufgenommen, die Ergebnisse sind in den Schaubildern (Abb. 3 bis 6) zusammengestellt. Die Abmessungen der Pumpe sind folgende:

Hochdruckdampfzylinder	180 mm Durchmesser
Niederdruck-	300 » »
Hochdruckluftzylinder	165 » »
Niederdruck-	270 » »
Hub	350 » »
Kolbenstange	30 » »

Der Niederdruckluftzylinder hat also einen Ansaugraum von rund 20 l.

In Abb. 3 ist der Dampfverbrauch in kg/h als Funktion der Hubzahl aufgetragen, und zwar ist das Verhältnis der Abszissen zu den Ordinatenmaßstäben das gleiche wie in dem



Diagramm des Versuches von Herrn Dr. Schneider\*). Man sieht, daß zwischen der zweistufigen Luftpumpe der Regelbauart und der Nielebock-Luftpumpe wesentliche Unterschiede bestehen. Der Dampfverbrauch der Nielebock-Luftpumpe ist fast unabhängig vom Gegendruck, nimmt jedoch mit der Hubzahl stark zu. Diese Eigentümlichkeit erklärt sich dadurch, daß der Dampfverbrauch der Pumpe, außer durch die Hubzahl, nur durch die Belastung des Hochdruckdampfzylinders bedingt wird. Die Belastung des Hochdruckdampfzylinders ist jedoch bei allen Gegendrücken die gleiche, da der Niederdruckluftkolben immer die angesaugte Luftmenge in den Hochdruckluftzylinder zu treiben, also auf annähernd 2,7 at zu verdichten hat. Liegen die Gegendrücke unter diesem Wert, so wird die ganze Arbeit vom Hochdruckkolbensatz (Kolbensatz I) allein geleistet, und der andere Kolbensatz läuft leer mit. Infolgedessen ist der Dampfverbrauch bei gleicher Hubzahl unabhängig vom Gegendruck. Die Höhe des Luftdruckes im Hauptluftbehälter hat also, abweichend von der Luftpumpe der Regelbauart, keinen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit des Betriebes, was jedoch praktisch bedeutungslos ist, da die Pumpe immer gegen den gleichen hohen Gegendruck arbeitet. Die Erscheinung, daß der Dampfverbrauch nicht im Verhältnis zur Hubzahl, sondern etwas schneller wächst, wird dadurch begründet, daß mit steigenden Hubzahlen ein immer größerer Teil der Dampfarbeit zur Beschleunigung des Kolbensatzes verwendet wird.

Der volumetrische Wirkungsgrad wird bestimmt als Verhältnis der wirklichen Fördermenge zum theoretischen Förderraum der Pumpe. Wie aus Abb. 4 ersichtlich, ändert sich der volumetrische Wirkungsgrad sehr wenig mit der Hubzahl und mit dem Gegendruck. Dieses Ergebnis steht ebenfalls in scharfem Gegensatz zu den Untersuchungen an der Luftpumpe der Regelbauart. Die schädlichen Räume der Nielebock-Luftpumpe sind so klein gehalten, daß die Ansaugemenge durch sie kaum beeinflusst wird. Die ungewöhnliche leichte Bauart der Ventile sichert ihr genaues Öffnen und Schließen in den Endlagen des Kolbensatzes. Ein volumetrischer Wirkungsgrad von 90% kann bei einem Kompressor als außerordentlich gut angesehen werden. Der geringe Abfall des Wirkungsgrades bei steigender Hubzahl ist durch Drosselung der angesaugten Luft infolge zu großer Spaltgeschwindigkeit zu erklären. Das Abfallen des Wirkungsgrades bei geringer Hubzahl wird durch den größeren Einfluss der Undichtigkeiten von Kolbenringen und Ventilen bei langsamem Gang der Pumpe begründet. In Abb. 5 ist die Förderleistung als Funktion der Hubzahl aufgezeichnet. Da die Wirkungsgrade sich wenig mit dem Gegendruck verändern, so fallen die Leistungskurven für 2 und 8 at Luftdruck fast zusammen.

Um die Nielebock-Luftpumpe mit der älteren Pumpe der Regelbauart wärmetechnisch vergleichen zu können, wurde die Leistung der idealen, verlustfreien Luftpumpe mit dem volumetrischen und mechanischen Wirkungsgrad 1 für die verschiedenen Luftmengen und Gegendrücke berechnet. Es wurde, wie bei den Versuchen von Herrn Dr. Schneider, die isothermische Kompression der Rechnung zugrunde gelegt. Die Verdichtungsarbeit für G kg Luft beträgt in PS:

$$\frac{2,303}{75} \cdot G \cdot p_0 \cdot v_0 \cdot \log \frac{p}{p_0}$$

Darin sind:

G = verdichtete Luft in kg/sec.

$p_0$  und  $v_0$  = Druck und spezifisches Volumen der Luft vor der Verdichtung in  $\text{kg/m}^2$  bzw.  $\text{m}^3/\text{kg}$ .

p = Druck der Luft der Verdichtung in  $\text{kg/m}^2$ .

Die Temperatur der Außenluft betrug ca. 22° C., was einem spezifischen Gewicht der Luft von 1,14  $\text{kg/m}^3$  entspricht. In Abb. 6

ist der Dampfverbrauch pro PS-Std. als Funktion der ideellen Leistung aufgetragen. Ein Vergleich dieses Schaubildes mit dem entsprechenden der älteren zweistufigen Luftpumpe führt zu folgenden Ergebnissen.

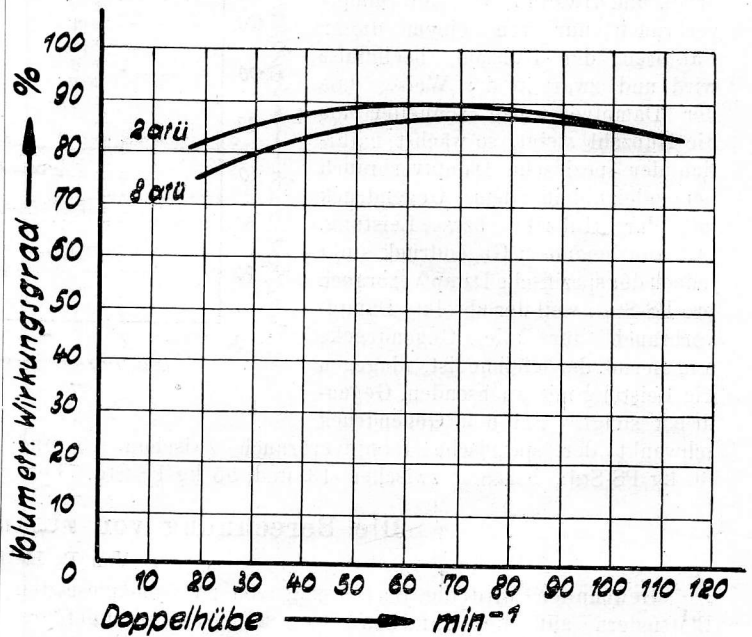


Abb. 4.

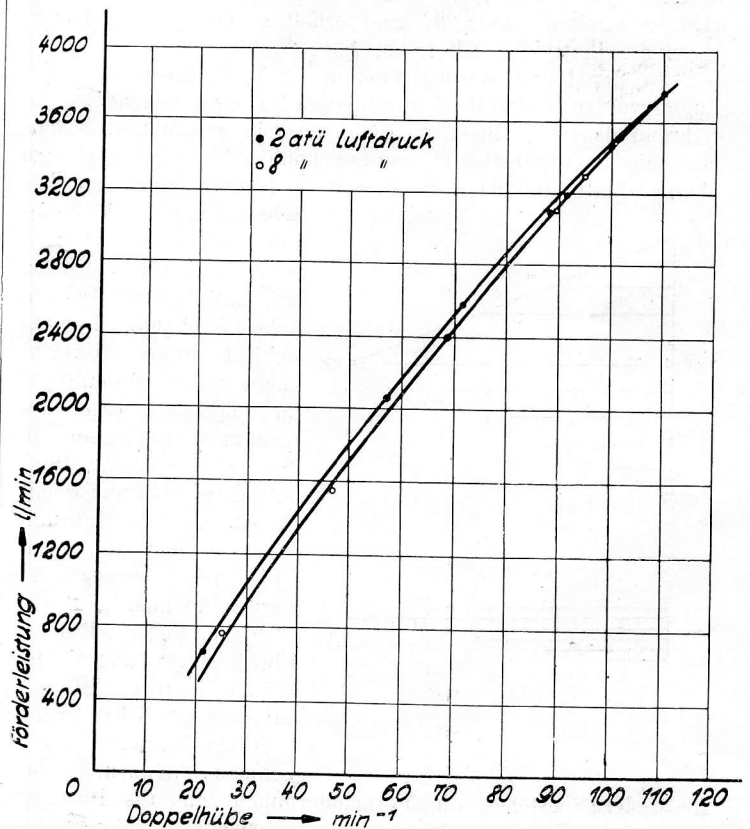


Abb. 5

Der Dampfverbrauch der Nielebock-Pumpe ist erheblich geringer als der der alten Knorr-Pumpe, und zwar steigt bei der Nielebock-Pumpe der Dampfverbrauch pro PS-Std., wenn der Gegendruck abnimmt, während er bei der Pumpe der Regelbauart mit zunehmendem Gegendruck steigt. Außerdem kann festgestellt werden, daß der Dampfverbrauch der Nielebock-

\*) Organ 1925, S. 205 usw. (Abb. 1).

Pumpe mit zunehmender Leistung steigt, während der Dampfverbrauch der Regelbauart-Pumpe mit zunehmender Leistung fällt. Da sich die Belastung aus zwei Faktoren zusammensetzt (Gegendruck und Hubzahl) und der Dampfverbrauch nur von einem dieser Faktoren, der Hubzahl, beeinflusst wird und zwar in der Weise, daß der Dampfverbrauch schneller als die Hubzahl steigt, so wächst natürlich der spezifische Dampfverbrauch bei gleichbleibendem Gegendruck mit der Hubzahl bzw. Leistung. Mit zunehmendem Gegendruck sinkt jedoch der spezifische Dampfverbrauch pro PS-Std., weil der absolute Dampfverbrauch für alle Gegendrücke annähernd der gleiche ist, dagegen die Leistung mit wachsendem Gegendruck steigt. Bei 6 at Gegendruck schwankt der spezifische Dampfverbrauch zwischen 45 und 60 kg/PS-Std., bei 8 at zwischen 43 und 55 kg/PS-Std. Legt

man der Rechnung einen mittleren Wert von 50 kg Dampf für die PS-Std. zugrunde, so ergibt sich bei der Nielebock-Pumpe

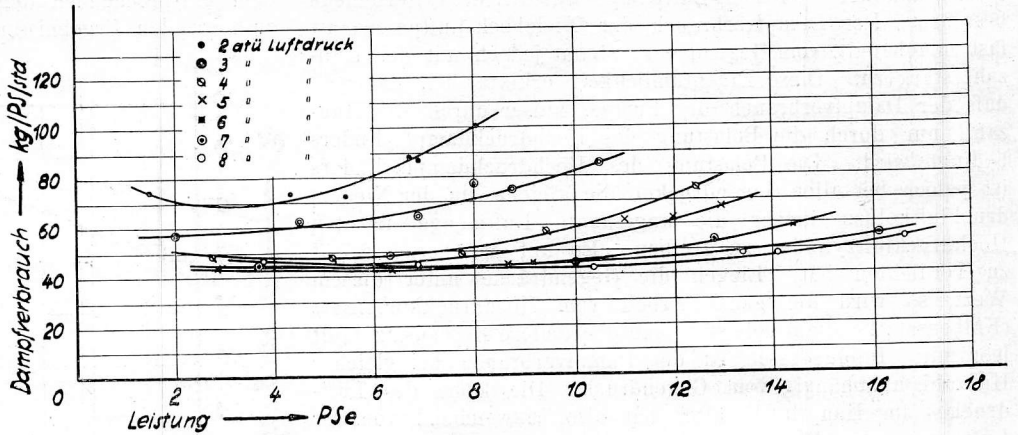


Abb. 6.

eine Verbesserung der wirtschaftlichen Ausnutzung gegenüber der Pumpe der Regelbauart von 40 bis 50%.

### Die Berechnung von zusammengesetzten Blattfedern.

Von P. Helfer, Utrecht.

Gewöhnlich wird die Berechnung von zusammengesetzten Blattfedern auf die einfachen Dreieckfedern zurückgeführt. Man denkt sich eine Dreieckfeder a, b, c in 2n gleich breite Streifen geteilt und dann je zwei der symmetrisch zu ad gelegenen Streifen vereinigt, man erhält so durch Aufeinanderlegen die Blattfeder AB (Abb. 1).

In der Regel werden zwei dieser Federn vereinigt; die Lagen werden in der Mitte durch einen Bund zusammengehalten, während das obere Blatt am Ende derartig gestaltet wird, daß dort die Last aufgehängt werden kann. Oft fügt man zum oberen Blatt ein oder zwei weitere Blätter hinzu um die Schwächung, welche dieses Blatt durch Formgebung oder Bearbeitung erlitten hat, aufzuheben. Die übliche Rechnung berücksichtigt diese Abweichungen nicht, weshalb wir im folgenden eine Berechnung entwickeln, in der jedes einzelne Blatt betrachtet wird und womit für jedes Blatt die Materialspannung und die Formänderungen angegeben werden können.

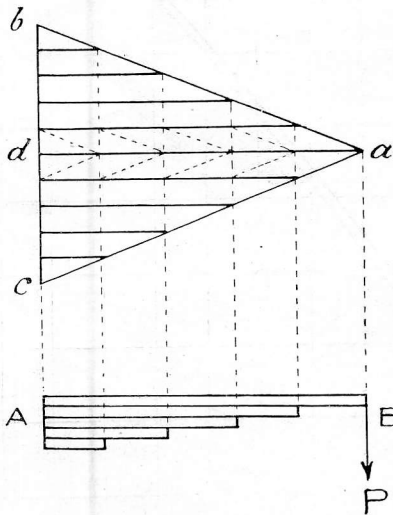


Abb. 1.

der Fall, wenn wenigstens ein Teil der Last p auf das Ende des folgenden Blattes übertragen wird.

Wenn also am Ende des n<sup>ten</sup> Blattes eine Kraft p<sub>n</sub> wirkt, wird am Ende des n-1<sup>ten</sup> Blattes eine Kraft p<sup>n-1</sup> angreifen, p<sub>n</sub> und p<sub>n-1</sub> müssen sich derart verhalten, daß die Durchbiegung des n<sup>ten</sup> Blattes beim Angriffspunkte von p<sub>n-1</sub> ebenso groß ist wie die Durchbiegung am Ende des n-1<sup>ten</sup> Blattes. Wir werden zuerst die Aufgabe für eine Feder behandeln,

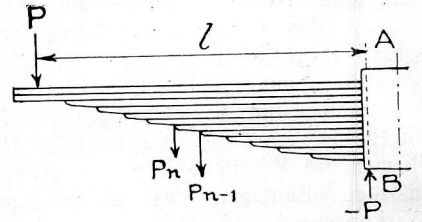


Abb. 2.

deren Lagen beliebige Länge haben, um sodann die Bedingungen zu entwickeln, unter denen die Federn zu Körper gleicher Widerstandsfähigkeit werden. Die einzelnen Lagen müssen hierfür Körper gleicher Krümmung werden; d. h. der Halbmesser der Biegungskurve muß konstant sein.

Diese Bedingung für die freitragenden Enden der Feder wird erfüllt sein wenn  $r = \frac{J \cdot E}{p(1-x)}$  eine Konstante ist

Wir müssen also Sorge tragen, daß  $r = \frac{J \cdot E}{pl} = \frac{bh^3 \cdot E}{12 pl}$  konstant wird. Man kann dazu entweder die Breite oder die Höhe des Federblattes konstant halten. Wir wählen das erstgenannte Mittel und erhalten die Gleichung:

$$\frac{bh^3 \cdot E}{12 pl} = \frac{bz^3 \cdot E}{12 p(1-x)} \text{ und daher: } \frac{h^3}{z^3} = \frac{1}{1-x}$$

Die Zuspitzung der Feder muß also nach der kubischen Parabel geformt sein oder annähernd nach einem Trapez, dessen kleine parallele Seite  $= \frac{2}{3} h$  ist.

Der Halbmesser der Biegungskurve ist:

$$r = \frac{J \cdot E}{p \cdot l}; \text{ da } \frac{1}{r} = \frac{d^2 y}{dx^2} \text{ so ist: } \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{p \cdot l}{J \cdot E}$$

woraus die Neigung für jeden Punkt der Biegungskurve durch Integrieren gefunden wird:  $a = \frac{p \cdot l}{J \cdot E} \cdot x;$

Blattfedern bestehen die Formänderungen nur aus Biegung. Eine halbe Tragfeder sei in Abb. 2 dargestellt, durch eine Last p belastet. Diese Last wird auf den Bund übertragen; die Feder steht also unter Einwirkung eines Kräftepaars, dessen Moment pl ist. Die Länge l des Armes würde bis an das Ende des Bundes gemessen werden, wenn die Feder genau durch den Bund umschlossen wäre. Mit Rücksicht darauf, daß bei Bruch die Federlage häufig ungefähr 1 cm innerhalb des Bundes bricht, rechnen wir die Länge l vom Angriffspunkt der Last bis zu 1 cm innerhalb des Bundes. Die Enden der Federlagen müssen gegen das obere Blatt anliegen. Dies ist

durch nochmaliges Integrieren findet man für die Gleichung der Biegungskurve  $y = \frac{P \cdot l}{2 J \cdot E} \cdot x^2 \dots \dots \dots (1)$

Auf das n<sup>ten</sup> Federblatt wirken die Kräfte  $p_n$  und  $-p_{n-1}$  angreifend im Abstand  $l_n$  und  $l_{n-1}$  (Abb. 4). Das Blatt ist bis

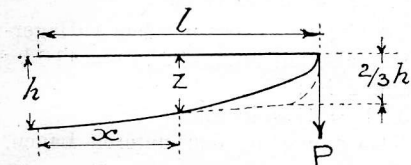


Abb. 3.

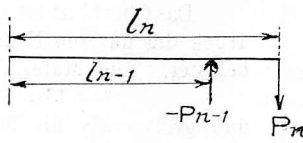


Abb. 4.

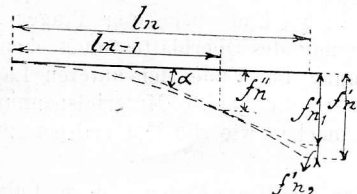


Abb. 5.

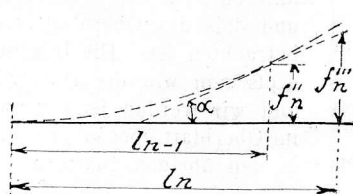


Abb. 6.

an den Angriffspunkt von  $-p_{n-1}$  prismatisch gebildet. Bei Belastung des Blattes mit  $p_n$  allein gestaltet sich die Gleichung der Biegungskurve demnach wie folgt:  $y = \frac{P_n}{2 J \cdot E} \left( l_n \cdot x^2 - \frac{x^3}{3} \right)$

Unter Einwirkung der Kraft  $-p_{n-1}$  allein ist die Gleichung der Biegungskurve für die Strecke  $l_{n-1}$ :

$$y = \frac{-P_{n-1}}{2 J \cdot E} \cdot \left( l_{n-1} \cdot x^2 - \frac{x^3}{3} \right);$$

hier  $x = l_{n-1}$  setzend finden wir:

$$f'''_n = -\frac{P_{n-1}}{3 J \cdot E} \cdot l_{n-1}^3$$

Die Neigung der Tangente an der Biegungskurve im Punkte  $(l_{n-1}, f'''_n)$  ist:  $\alpha = \frac{-P_{n-1}}{2 J \cdot E} \cdot l_{n-1}^2$

die Gleichung der Tangente also:  $y = f'''_n + \alpha(x - l_{n-1})$ , wenn  $x = l_n$

$$f''''_n = -\frac{P_{n-1}}{3 J \cdot E} \cdot l_{n-1}^3 - \frac{P_{n-1}}{2 J \cdot E} \cdot l_{n-1}^2 \cdot (l_n - l_{n-1})$$

Für die Senkung des n<sup>ten</sup> Blattes haben wir:

a) bei dem Angriffspunkt von  $-p_{n-1}$ :

$$f'_n = f''_n + f'''_n$$

oder:

$$f'_n = \frac{P_n \cdot l_{n-1}^2}{6 J \cdot E} \cdot (3 l_n - l_{n-1}) - \frac{P_{n-1} \cdot l_{n-1}^3}{3 J \cdot E}$$

also:

$$f''_n = \frac{P_n \cdot l_{n-1}^2 \cdot (3 l_n - l_{n-1}) - 2 P_{n-1} \cdot l_{n-1}^3}{6 J \cdot E}$$

b) bei dem Angriffspunkt von  $p_n$

$$f_n = f''_n + f'''_n + f''''_n$$

$$f_n = \frac{P_n \cdot l_{n-1}^2}{6 J \cdot E} \cdot (3 l_n - l_{n-1}) + \frac{P_n \cdot l_{n-1}}{2 J \cdot E} \cdot (2 l_n - l_{n-1}) (l_n - l_{n-1}) + \frac{P_n \cdot (l_n - l_{n-1})^3}{2 J \cdot E} - \frac{P_{n-1}}{3 J \cdot E} \cdot l_{n-1}^3 - \frac{P_{n-1}}{2 J \cdot E} \cdot l_{n-1}^2 \cdot (l_n - l_{n-1})$$

Da aber die Senkung des n<sup>ten</sup> Blattes, bei dem Angriffspunkt von  $-p_{n-1}$  ebenso groß sein muß wie die Senkung des

Endes vom n-1<sup>ten</sup> Blatt, hat man die folgende Gleichung zu erfüllen:

$$\frac{P_n \cdot l_{n-1}^2 \cdot (3 l_n - l_{n-1}) - 2 P_{n-1} \cdot l_{n-1}^3}{6 J \cdot E} = \frac{P_{n-1} \cdot l_{n-2}^2 \cdot (3 l_{n-1} - l_{n-2})}{6 J \cdot E} + \frac{P_n}{2 J \cdot E} \cdot l_{n-2} \cdot (2 l_{n-1} - l_{n-2}) (l_{n-1} - l_{n-2}) + \frac{P_n \cdot (l_{n-1} - l_{n-2})^3}{2 J \cdot E} - \frac{P_{n-2}}{3 J \cdot E} \cdot l_{n-2}^3 - \frac{P_{n-2}}{2 J \cdot E} \cdot l_{n-2}^2 \cdot (l_{n-1} - l_{n-2}) \dots \dots \dots (2)$$

hieraus:

$$P_n = \frac{P_{n-1} \{ 2 l_{n-1}^3 + 3 \cdot (l_{n-1} - l_{n-2})^3 + l_{n-2}^2 \cdot (3 l_{n-1} - l_{n-2}) + 3 l_{n-2} \cdot (2 l_{n-1} - l_{n-2}) (l_{n-1} - l_{n-2}) \} - P_{n-2} \{ 3 l_{n-2}^2 \cdot (l_{n-1} - l_{n-2}) + 2 l_{n-2}^3 \}}{l_{n-1}^2 \cdot (3 l_n - l_{n-1})} \quad (3)$$

Durch Einsetzung von  $x = l_{n-1}$  finden wir (Abb. 5):

$$f''_n = \frac{P_n}{2 J \cdot E} \left( l_n \cdot l_{n-1}^2 - \frac{1}{3} \cdot l_{n-1}^3 \right)$$

$$\text{oder } f''_n = \frac{P_n \cdot l_{n-1}^2}{6 J \cdot E} \cdot (3 l_n - l_{n-1})$$

Die Senkung  $f_n$  besteht aus zwei Teilen:

$f_{n1}$ : der Ordinate der Tangente im Punkte  $(l_{n-1}, f''_n)$  wenn  $x = l_n$ , und:

$f_{n2}$ : der Senkung der Zuspitzung des n<sup>ten</sup> Blattes auf die Länge  $l_n - l_{n-1}$ .

Die Neigung der Tangente ist für jeden Punkt der Biegungskurve:

$$\alpha = \frac{P_n}{2 J \cdot E} \cdot (2 l_n \cdot x - x^2)$$

und im Punkte  $(l_{n-1}, f''_n)$ :

$$\alpha = \frac{P_n}{2 J \cdot E} \cdot (2 l_n \cdot l_{n-1} - l_{n-1}^2)$$

Die Gleichung der Tangente in diesem Punkte ist also:

$$y = f''_n + \alpha \cdot (x - l_{n-1});$$

setzen wir hier  $x = l_n$  dann folgt:

$$f_{n1} = \frac{P_n \cdot l_{n-1}^2}{6 J \cdot E} \cdot (3 l_n - l_{n-1}) + \frac{P_n}{2 J \cdot E} \cdot l_n \cdot l_{n-1} \cdot (2 l_n - l_{n-1}) (l_n - l_{n-1})$$

Die Gleichung der Biegungskurve für die Strecke von  $l_n$

bis  $l_{n-1}$  ist nach Gleichung 1:  $y = \frac{P \cdot l}{2 J \cdot E} \cdot x^2$ ;

die Senkung  $f_{n2}$  ist also:  $f_{n2} = \frac{P_n (l_n - l_{n-1})^3}{2 J \cdot E}$

Unter Zuhilfenahme vorstehender Beziehung zwischen  $p_n$ ,  $p_{n-1}$  und  $p_{n-2}$  können wir die Größe der Kräfte berechnen, welche am Ende jedes Federblattes angreifen müssen, um der Bedingung gleicher Durchbiegung des n-1<sup>ten</sup> und des n<sup>ten</sup> Blattes bei den Stützpunkten des n-1<sup>ten</sup> Blattes zu genügen. Wir wählen dazu eine Feder nach Abb. 7, deren Abmessungen mit vielen Ausführungsformen übereinstimmen.

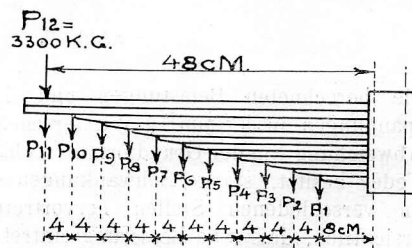


Abb. 7.

Geben wir n in Gleichung 3 die Werte 1, 2, 3 ... usw. bis 12, so wird  $l_n$  aufeinanderfolgend 8, 12, 16 ... usw. bis 48 cm, und es wird, wenn  $p_1 = 1$  gesetzt wird:

$p_1 = 1.$	$p_5 = 1,670.$	$p_9 = 1,733.$
$p_2 = 1,429.$	$p_6 = 1,700.$	$p_{10} = 1,736.$
$p_3 = 1,575.$	$p_7 = 1,714.$	$p_{11} = 1,739.$
$p_4 = 1,642.$	$p_8 = 1,724.$	$p_{12} = 1,959.$

Wenn wir jetzt für  $p_{12}$  die wirkliche Belastung 3300 kg einführen, so sind die Kräfte an den Enden der Federblätter:

$p_1 = 1684 \text{ kg.}$	$p_5 = 2827 \text{ kg.}$	$p_9 = 2919 \text{ kg.}$
$p_2 = 2407 \text{ »}$	$p_6 = 2864 \text{ »}$	$p_{10} = 2924 \text{ »}$
$p_3 = 2653 \text{ »}$	$p_7 = 2887 \text{ »}$	$p_{11} = 2929 \text{ »}$
$p_4 = 2766 \text{ »}$	$p_8 = 2904 \text{ »}$	$p_{12} = 3300 \text{ »}$

Dieses Ergebnis zeigt, daß bei der betrachteten Feder die Federbelastung nur teilweise von den Enden der Blätter fortgepflanzt wird, und daß die Materialspannungen daher sehr verschieden ausfallen werden.

Die Belastungen des  $n^{\text{ten}}$  Blattes sind in Abb. 8 angegeben und man findet für das maximale Biegemoment an der Einspannstelle:

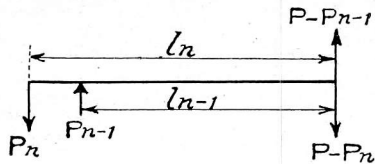


Abb. 8.

$$M_n = p_n \cdot l_n - p_{n-1} \cdot l_{n-1},$$

und für das Biegemoment am Angriffspunkte von  $p_{n-1}$

$$M'_n = p_n \cdot (l_n - l_{n-1}).$$

Die betrachtete Feder ist aus Federstahl von 11,4 cm Breite und 1,3 cm Dicke angefertigt, ihr Widerstandsmoment ist:

$$W = \frac{11,4 \cdot 1,3^2}{6} = 3,21.$$

Wir sind jetzt imstande, die maximalen Spannungen  $s_n$  und die Spannungen  $s'_n$  in den Angriffspunkten von  $p_{n-1}$  zu berechnen und finden:

$s_1 = 4220 \text{ kg/cm}^2$		$s'_2 = 3000 \text{ kg/cm}^2$
$s_2 = 4800 \text{ »}$		$s'_3 = 3310 \text{ »}$
$s_3 = 4230 \text{ »}$		$s'_4 = 3450 \text{ »}$
$s_4 = 4010 \text{ »}$		$s'_5 = 3530 \text{ »}$
$s_5 = 3900 \text{ »}$		$s'_6 = 3580 \text{ »}$
$s_6 = 3840 \text{ »}$		$s'_7 = 3610 \text{ »}$
$s_7 = 3800 \text{ »}$		$s'_8 = 3630 \text{ »}$
$s_8 = 3800 \text{ »}$		$s'_9 = 3650 \text{ »}$
$s_9 = 3800 \text{ »}$		$s'_{10} = 3660 \text{ »}$
$s_{10} = 3700 \text{ »}$		$s'_{11} = 3650 \text{ »}$
$s_{11} = 3710 \text{ »}$		
$s_{12} = 5550 \text{ »}$		

Die übliche Berechnung würde in der ganzen Feder eine Materialspannung von  $4110 \text{ kg/cm}^2$  ergeben. Abb. 9 enthält

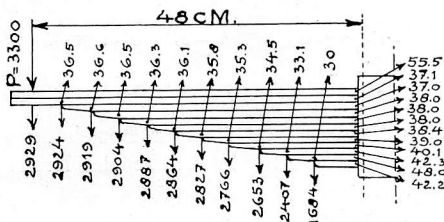


Abb. 9.

die berechneten Belastungen und die gefundenen Materialspannungen in  $\text{kg/mm}^2$ . Wir ersehen daraus, daß durch die Abweichung von der Grundform in Abb. 1, welche die betrachtete Feder besitzt, starke Schwankungen in der Materialspannung an verschiedenen Stellen hervortreten. Ohne weiteres ist ersichtlich, daß eine Besserung eintreten wird, wenn die Länge des Unterblattes ebenso lang gemacht wird wie die Abstufungen der folgenden Federblättern; hier also muß  $l_1 = \frac{1}{11}$  sein. In

diesem Falle ist die Länge des zweiten Blattes  $l_2 = \frac{21}{11}$ , des

dritten Blattes  $l_3 = \frac{31}{11}$  usw. Wann aber wird auch Formel 3

für die Kräfte  $p_1, p_2, p_3$  usw. gleich große Werte ergeben und werden die Materialspannungen in der ganzen Feder mit Ausnahmen des Oberblattes, überall unter sich gleich sein. Es entsteht dann eine Feder nach Abb. 10.

Wird nun mittelst Gleichung 3 die Belastung  $p_{12}$  berechnet, wenn  $p_{11} = 1$  gesetzt wird und  $l_n = 48, l_{n-1} = 48, l_{n-2} = 48 - \frac{48}{11}$ , dann finden wir, daß  $p_{12} = 1,137 p_{11}$ .

Ist die Belastung der (halben) Feder  $p_{12} = 3300 \text{ kg}$ , dann ist  $p_{11} = p_{10} = p_9 = 2890 \text{ kg}$ . Die unteren 11 Lagen sind mit  $2890 \text{ kg}$  belastet und die Materialspannung ist deshalb, wenn die Feder aus Federstahl von  $11,4 \text{ cm}$  Breite und  $1,3 \text{ cm}$  Dicke angefertigt ist und also  $W = 3,21$ :

$$2890 \cdot 48 : 11 \cdot 3,21 = 3930 \text{ kg/cm}^2.$$

Das Oberblatt ist mit  $3300 \text{ kg}$  vermindert mit dem Auflagerdruck der unteren Federlagen, also mit  $3300 - 2890 = 410 \text{ kg}$  belastet. Die Materialspannung ist:

$$410 \cdot 48 : 3,21 = 6130 \text{ kg/cm}^2$$

und größer als die Materialspannung in den unteren Lagen.

Wir haben nun dargelegt, daß bei richtiger Form die unteren Federlagen einen Körper gleichen Widerstandes bilden, und daß das Oberblatt als ein am Ende belasteter Träger zu betrachten ist. Die Durchbiegung des Oberblattes muß ebenso groß sein wie die Durchbiegung am Ende der unteren Lage und wir werden jetzt versuchen, die größte Materialspannung im Oberblatt ebenso groß zu machen wie die Materialspannung in den übrigen Blättern.

Wenn die Belastung der (halben) Feder, aus  $n$  Lagen  $b \times h$  und 1 Oberblatt  $b \times H$  bestehend,  $= p$  ist und davon  $p'$  an die unteren Blätter übertragen wird, dann ist die Durchbiegung der Unterblätter:

$$f = \frac{p' \cdot l^3}{2n J \cdot E} = \frac{6 p' \cdot l^3}{n b h^3 \cdot E}.$$

Die Durchbiegung des Oberblattes ist dann:

$$f = \frac{(p - p') \cdot l^3}{3 J \cdot E} = \frac{4 (p - p') \cdot l^3}{b H^3 \cdot E}.$$

Diese beiden Durchbiegungen müssen gleich groß sein, also:

$$\frac{6 p' \cdot l^3}{n b h^3 \cdot E} = \frac{4 (p - p') \cdot l^3}{b H^3 \cdot E},$$

$$\text{oder } \frac{H^3}{h^3} = \frac{2n (p - p')}{3 p'} \dots \dots \dots (4)$$

Die Materialspannung in den  $n$  unteren Lagen ist:

$$k_b = \frac{p' \cdot l}{n W} \text{ oder: } k_b = \frac{6 p' \cdot l}{n b h^2}.$$

Im Oberblatt ist die Materialspannung:

$$k_b = \frac{6 (p - p') l}{b H^2}.$$

Diese Materialspannungen sollen gleich groß sein, also ist:

$$\frac{6 p' l}{n b h^2} = \frac{6 (p - p') l}{b H^2},$$

$$\text{hieraus } \frac{H^3}{h^3} = \frac{n (p - p') H}{p' h} \dots \dots \dots (5)$$

Durch Zusammenstellung von Gleichung 4 und 5 hat man  $\frac{2n (p - p')}{3 p'} = \frac{n (p - p') H}{p' h}$ , oder  $\frac{H}{h} = \frac{2}{3}$ .

Hiermit ist die Aufgabe, welche wir uns gestellt haben erfüllt, und wir ersehen, daß eine Feder mit überall gleichen Materialspannungen entsteht, wenn

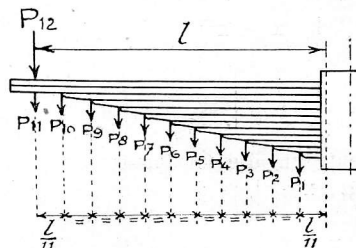


Abb. 10.

die Dicke des Oberblattes zwei Drittel der Dicke der übrigen Federblätter beträgt. Aus der Berechnung geht hervor, daß auch die Dicke von weiteren Blättern, welche man manchmal als Oberblätter hinzufügt, ebenso zwei Drittel der Dicke der Unterblätter sein muß.

Bei Gebrauch von Federstahl von  $13 \text{ mm}$  Dicke für die Unterblätter muß das Oberblatt eine Dicke haben von  $\frac{2}{3} \times 13 = 9 \text{ mm}$ . Wenn die Feder in Abb. 10 diesen Grundsätzen gemäß ausgeführt wäre, würde die Durchbiegung der 11 Unterlagen, belastet mit  $p'$   $\text{kg}$  sein:

$$f = \frac{p' \cdot l^3}{2 n J \cdot E}, \quad f = \frac{p' \times 48^3}{2 \times 11 \times \frac{11,4 \times 1,3^3}{12} \times 2300000}$$

$$\text{oder } f = 0,00105 p'$$

Die Durchbiegung des Oberblattes, belastet mit  $(p - p')$  ist:

$$f = \frac{(p - p') \cdot l^3}{3 J \cdot E}, \quad f = \frac{(p - p') \times 48^3}{3 \times \frac{11,4 \times 0,9^3}{12} \times 2300000}$$

$$f = 0,0231 (p - p')$$

Die folgende Gleichung ist zu erfüllen

$$0,00105 p' = 0,0231 (p - p')$$

$$\text{oder } p = 1,045 p'$$

Ist die Federbelastung  $p = 3300$  kg, dann ist  $p' = 3300 : 1,045 = 3160$  kg. Das Oberblatt ist am Ende belastet mit  $3300 - 3160 = 140$  kg.

Die Materialspannung im Oberblatt ist

$$\frac{140 \times 48}{11,4 \times 0,9^2} = 4360 \text{ kg/cm}^2.$$

Die Materialspannung in den Unterblättern ist:

$$\frac{3160 \times 48}{3,21 \times 11} = 4300 \text{ kg/cm}^2.$$

Praktisch sind diese Spannungen einander gleich, der Unterschied ist darauf zurückzuführen, daß 9 mm nicht genau  $\frac{2}{3} \times 13$  ist.

Wenn man nun noch, in Übereinstimmung mit der Form, welche wir für die Zuspitzung des Federendes fanden, die Dicke des Oberblattes an der Stelle des Federgehanges,  $\frac{2}{3}$  macht von der Dicke in der Mitte, so ist auch die Krümmung die gleiche wie diejenige der Unterblätter.

## Bericht über die Fortschritte des Eisenbahnwesens.

### Lokomotiven und Wagen.

#### Lokomotivbestellungen in Amerika im Jahre 1925.

Unter den im Jahre 1925 in Amerika bestellten Lokomotiven befinden sich als neue Gattungen eine 1 D 2, eine 2 E 1 und eine 1 E 2 Dampflokomotive, die durch ihre Ausstattung mit Feuerbrücken, Überhitzer und Speisewasservorwärmer von der Bemühung Zeugnis ablegen, die Leistungsfähigkeit zu erhöhen. Um das für die größeren Kessel notwendige Gewicht anderweitig zu sparen, wurden die Zylinder aus Gußstahl hergestellt. Im Jahre 1924 führte das Bedürfnis für einen Kesseldruck von 24 at zum Bau von Kesseln mit Wasserröhrenfeuerbüchsen; im vergangenen Jahr wurden bei den neuen Lokomotiven Kesseldrücke von 16 bis 17½ at gewählt. Unter Hinweis auf die in München ausgestellte Lokomotive mit 60 at Kesseldruck wird ein Fortschritt des amerikanischen Lokomotivbaues in der Anwendung gleich hoher Drücke erwartet. Der Fassungsraum der Tender hat 54 bis 67,5 m³ Wasser, 20 t Kohlen und 22,5 m³ für Rohöl als Brennstoff erreicht.

Der Bau von Diesellokomotiven umfaßt Gattungen von 300 bis 600 PS, die Baldwin-Lokomotivwerke haben Erfahrung im Bau und Betrieb von 1000 PS-Diesellokomotiven. Für Verschiebebewegungen haben solche Lokomotiven bei geringer Geschwindigkeit gute Dienste geleistet: für den schweren Streckendienst muß für den Bau von Diesellokomotiven schrittweise vorgegangen werden. Man rechnet damit, daß im günstigsten Falle in einigen Jahren Diesellokomotiven entstehen werden, die mit Bezug auf Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit Vergleiche mit den modernen Dampflokomotiven aufnehmen können.

Die in den Vereinigten Staaten von Nordamerika im Jahre 1925 bestellte Zahl von Lokomotiven betrug nur 1055 (1924: 1413; 1922: 1944; 1922: 2600); hierzu kommen noch 10 für Canada und 209 für die Ausfuhr, so daß insgesamt 1274 Lokomotiven in Auftrag gegeben wurden. Infolge Überschreibung beim Jahresende gelangten im Jahre 1925 zur Ablieferung für die Vereinigten Staaten 994 und für die Ausfuhr 291, zusammen 1285 Lokomotiven.

In keinem Monat war die Zahl der Aufträge zufriedenstellend; nur in vier Monaten überschritt die Zahl 100 Stück, in fünf Monaten erreichte sie nicht einmal 50 Stück; der beste Monat war der Dezember mit 216 Stück. Es muß beigefügt werden, daß im Oktober, dem stärksten Betrieb der Bahngesellschaften, etwa 4500 Lokomotiven kalt betriebsbereit hinterstellt waren. Als Grund hierfür glaubt man lange Lokomotivläufe, größere Zuglast und erhöhte Geschwindigkeit annehmen zu müssen.

Für das vergangene Jahr wird zum ersten Mal nach Dampflokomotiven, elektrischen und Diesellokomotiven ausgeschieden; die Gesamtbestellungen betragen 1220 Dampflokomotiven, 40 elektrische und 14 Dieselelektrische Lokomotiven.

Ru.

Railway Age 1926, 1. Halb, Nr. 1.

#### Fliefsarbeit im Wagenbau.

Die Wolvertonwerke der London Midland & Scottish Railway haben für den Bau von Personenwagen und gedeckten Güterwagen zur Ersparnis von Arbeitszeit, Fliefsarbeit eingeführt. Die Arbeit beginnt im äußerst geräumigen Fristbüro, an dessen Wänden auf

den Fristafeln der Fertigungsfortschritt der Teilarbeiten bis zum Aufbau der Wagen dargestellt wird.

Die Bauteile der Wagen werden ausgeschieden nach Rahmen und Drehgestellen, fertigen Holzteilen für die Kasten und Ausstattungsteile. Für eine oder mehrere dieser Gruppen überwacht ein Beamter die rechtzeitige Anlieferung der einzelnen Teile, indem er den Gang der Bauteile durch das ganze Werk verfolgt und auf den Fristafeln vermerkt. Die Bauteile sind auf diesen Tafeln links in je einer Zeile mit verschiedenen Farben derart eingetragen, daß die Gesamtzahl der Personen- oder Güterwagen oder Rahmen und Drehgestelle für die die Teile ausreichen, durch die Länge einer Linie dargestellt wird. Ein lotrechter Faden über der Tafel gibt die zu einem gewissen Zeitpunkt fertigen Fahrzeuge an; die Länge der Linien rechts von diesem Faden zeigt die Zahl der über den augenblicklichen Bedarf fertigen Bauteile an. Wird festgestellt, daß die Fertigung eines Bauteiles in Rückstand zu geraten droht, so wird eine blaue Fahne auf die Fristtafel aufgesteckt und eine rote Fahne mit der Abteilungsnummer, wenn der Rückstand den Arbeitsfortschritt hemmt. Zur Beseitigung der Hemmnisse ist angeordnet, daß jeder Meister täglich einmal sich im Fristbüro an der ihn betreffenden Tafel vom Arbeitsfortschritt unterrichtet.

Zur Vermeidung von unwirtschaftlichen Förderwegen ist die Aufstellung der Arbeitsmaschinen und Arbeitsplätze derart angeordnet, daß die Werkstoffe die Arbeitsgruppen ohne Rücklauf bis zur Vollendung zum Bauteil durchlaufen. Statt Bauteile zur Lackiererei zu senden, werden Maler in verschiedenen Werkstätteabteilungen verwendet. Eine Anzahl Tischler und Polierer werden in einem Teil der Aufbauhalle beschäftigt, um die vollkommen fertigen Türen einzubauen.

Das für die Personenwagen im Werk verwendete (Teak-, Eichen-, Jarrah-, Mahagoni- und Fichten-) Holz wird teils in Stämmen, teils in Form von Brettern beschafft und für die Aufbauhallen nach Maßen und Lehren bearbeitet. Nur schwere Hölzer werden vorgezeichnet; die Benützung von Lehren und genau eingestellten Maschinen für das Schlitzeln, Zapfen, Abplatten, Fügen, Kehlen und Bohren erzielt genaue und billige Arbeit. Die mit den erforderlichen Meßvorrichtungen ausgerüstete Arbeitsprüfung bürgt dafür, daß alle Teile ohne Nachbearbeitung passen. Die Dachbögen aus Eschenholz werden nach Erhitzung in Dampf auf besonderen Vorrichtungen nach Maß gebogen. Sämtliche Türen und Fenster sind auswechselbar; alle Holzteile werden mit Preßluft zusammengebaut.

Die Teile für die gepolsterten Sitze und Lehnen werden den Sattlern auf Förderanlagen abgelängt zugeführt und durchlaufen auf langen Bänken der Reihe nach die verschiedenen Arbeitsvorgänge. In gleicher Weise gelangen die im Werk gegossenen, teils versilberten und polierten Messingbeschläge und elektrischen Beleuchtungs-ausrüstungen zur Aufbauhalle.

Für die 17,4 m langen Drehgestellwagen I./III. Klasse werden folgende Bauabschnitte unterschieden: 1. Auflegen des  $\frac{2}{3}$  von der Schreinerei fertigen, aus zwei Teilen bestehenden Bodenrahmens und Befestigung am Untergestell, Einfügen der Bodenbretter und Verbindungen für die Abteilwände. Einbau der fertigen Stirnwände.

Aufbau der einmal gestrichenen Seitenwände in vier Teilen, Einbringen der Abteilwände. Zusammenpressen des Kastens mit selbsttätigen Schraubenvorrichtungen. 2. Aufbau der Dachbögen und eisernen -Winkel, Anbringen der Dachbretter und Decken und Anstrich mit Bleifarbe, Befestigung der Endbögen und Kämpfer und inneren Dachverschalung und Verlegen der elektrischen Leitungen. 3. Einbau der fertigen Türen, Streichen der Dachverschalung, Befestigung der Lüfter, Schösser, Handgriffe, Faltenbälge und Aborte, Anbringung der elektrischen Beleuchtungskörper. 4. Einbau der Türpuffer und -führungen und der Klosetbeschläge. Dritter und vierter weißer Anstrich der Dachverschalung, zweiter Bleianstrich des Wagenkastens und Spachteln. 5. Einbringen der Seitengang- und Klosetfüllungen und der Fensterbeschläge, Spachtelanstrich und Schleifen. 6. Einhängen der Schiebetüren und Endtüren, Einbau der Abteilverschalungen und Kehlleisten, der Heizkörper, Auslegen von Linoleum; dritter und vierter Anstrich des Wagenkastens. 7. Anbringen der Sitzrückwände, der Gepäcknetze, Oberlichte, Sitze und Tische; Anstrich unter den Sitzen und Heizkörpern. 8. Schleifen des Wagenkastens und erster Bleianstrich, Anbringen der Fußstritte und Verbringen des Wagens zur Lackiererei.

Nach Anbringung der Beleuchtungskörper werden die Kabel an die Werkstätteleitung angeschlossen, um für die Arbeiter im Inneren des Wagens Licht zu schaffen. In der Aufbauballe sind um die Wagen herum feste Rampen in verschiedener Höhe angebracht, um das Arbeiten an Seitenwänden und Dächern zu erleichtern.

Das Formeisen für die Drehgestelle und Untergestelle, das in einem Teil der Werkstatt lagert, wird auf Spezialmaschinen gerade gerichtet und auf die erforderlichen Längen geschnitten; die Gestelle werden auf Böcken zusammengebaut. Hier werden schon Bremsgestänge, Luftbremsleitungen, Dampfheizrohre und Kabelrohre für die elektrische Beleuchtung eingebaut.

Für die Instandhaltung der aus dem Betrieb genommenen Fahrzeuge werden nach gleicher Arbeitsweise drei lange oder fünf kurze Wagen nach folgenden Arbeitsabschnitten gleichzeitig in Arbeit genommen: 1. Entfernung der Türen, Schösser, Handgriffe und Füllungen, der Gepäcknetze, Jalousien und Beschlagteile; Abbrennen der Farbe. 2. Wiederanbringen der abgenommenen und ausgebesserten Teile und Polieren oder Streichen. 3. Schösser, Handgriffe und Oberlichter werden wieder eingebaut. Alle Holzteile innen werden zweimal lackiert, der Wagenkasten außen zweimal gestrichen. 4. Anbringung der Messingteile, Sitze, Rücklehnen. Der Wagen wird mit vier Schleifanstrichen versehen und in die Lackiererei zur Vollendung des Anstriches verbracht. — Sechs Mann haben alles Holz, Füllungen und sonstige abgenommenen Holzbauteile für den Wiedereinbau am Ort der Wagen instanzzusetzen.

Derzeit wird nach etwas mehr als einer Arbeitsstunde je ein bedeckter Güterwagen fertiggestellt. Durch Vermehrung der Arbeitskräfte und Änderung in der Herstellungsweise könnte diese Zeit auf fast die Hälfte vermindert werden. Alle Güterwagenteile erhalten vor dem Zusammenbau zwei Anstriche und nach dem Aufbau zwei weitere Farbüberzüge, deren letzterer über Nacht für die Beschriftung genügend trocknet. Mit Ausnahme der Achsbüchsen und Puffergehäuse werden alle Teile im Werk hergestellt und mit Eisenmennig gestrichen. Die Formeisen unterliegen der gleichen Behandlung wie bei den Personenwagen. Der Zusammenbau der Untergestelle geschieht auf Böcken und zwar mit den Achshaltern nach oben. Das Wenden der fertigen Gestelle und Einlassen auf die vorbereiteten Achsen wird mit Hilfe eines Krans vorgenommen. Nachdem die Kastenträger und Zugvorrichtungen eingebaut sind, werden die Kastenwinkel aufgebaut und gestrichen, das Bremsgestänge und die Puffer angebracht.

Der Wagenkasten wird aus den vorbereiteten Böden, Stirnwänden, halben Seitenwänden, Dächern und Türen aufgebaut, die alle bereits doppelten Anstrich erhielten. Fünf Wagen werden in dieser Reihenfolge gleichzeitig bearbeitet und gelangen nach Anstrich und Beschriftung einzeln zum Auslauf. Auch für die Güterwagen sind um die zu erbauenden Fahrzeuge feste Rampen von verstellbarer Höhe angebracht, um das Arbeiten an den Seitenwänden oder Dächern schneller und zuverlässiger zu gestalten.

Durch die Fließarbeit im Wagenbau wird der doppelte Auslauf gegen früher erreicht und geringere überbaute Fläche im Werk benötigt.

Ru.

The Railway Engineer 1925.

### Wirtschaftlichkeit des elektrischen Bahnbetriebes in der Schweiz.

Die Generaldirektion der Schweizerischen Bundesbahnen hat nach den Betriebserfahrungen des Jahres 1924 neuerlich Bericht über die Wirtschaftlichkeit des elektrischen Betriebes an den Verwaltungsrat erstattet\*). Das Jahr 1924 eignete sich insofern gut zu solchen Überlegungen als es zum erstenmal wieder die grösste Vorkriegsverkehrsstärke (1913) aufwies. Die angestellten Untersuchungen stützen sich auf den Begriff des Paritätskohlenpreises\*\*). Der Paritätskohlenpreis  $p$  ist dargestellt als Quotient der Differenz des Aufwandes in Fr. für elektrischen und Dampfbetrieb und der jährlich verbrauchten Kohlenmenge.

Die Aufwendungen sind wie folgt unterteilt:

Elektrischer Betrieb	Fr.	Dampfbetrieb	Fr.
Eigentliche Betriebsausgaben für Kraftwerke, Unterwerke und elektrische Leitungen . . . . .	4 950 000	—	—
Kosten bezogener elektrischer Energie, abzüglich Erlös aus Energieverkauf . . . . .	600 000	—	—
Ausgaben für Fahr-, Zug- und Depotpersonal und für die Unterhaltung von Triebfahrzeugen und Anhängewagen . . . . .	23 157 000	Die gleichen Ausgabenarten . . . . .	32 305 000
—	—	Kohlentransport von der Landesgrenze bis auf den Tender und Speisewasser . . . . .	5 136 000
—	—	Mehrkosten der Bahnunterhaltung . . . . .	390 000
Verzinsung u. Tilgung des Elektrifikationsanlagekapitals einschließlich der Lokomotiven . . . . .	38 178 000	Verzinsung u. Tilgung des Anlagekapitals der Dampflokomotiven . . . . .	4 260 000
Summe:	66 885 000	Summe:	42 091 000

Der Kohlenverbrauch  $k$  betrug 480 000 t im Jahre 1924. Der Paritätskohlenpreis errechnet sich also zu

$$p = \frac{66\,885\,000 - 42\,091\,000}{480\,000} = 51,70 \text{ Fr./t Kohle}$$

ohne die Bundessubvention. Mit der Bundessubvention stellt er sich nur auf 45,30 Fr./t Kohle.

Bei der diesmaligen Wirtschaftlichkeitsberechnung wurde die Personalsparnis der Zugbegleitung und der Wagenreinigung beim elektrischen Betrieb besonders berücksichtigt.

Für die Schweiz, die die Kohlen im Ausland kaufen muß, ist die Frage der Wirtschaftlichkeit des Eisenbahnbetriebes in hohem Masse vom Kohlenpreis ab Grenz abhängig. In der Abhandlung wird weiter gezeigt, daß die jetzt elektrifizierten Strecken (nachdem die Teuerung der Nachkriegszeit gemildert ist) bereits billiger elektrisch betrieben werden können, sofern der Kohlenpreis nicht 30,50 Fr. unterschreitet. Es wird ferner errechnet, daß bei einem nur um 10% gesteigertem Verkehr im Jahre 1929 und unter Zugrundelegung des bis dahin auf 1566 km erweiterten elektrifizierten Netzes rund 3 Millionen Fr. durch den elektrischen Betrieb gespart bleiben, wenn ein mittlerer Kohlenpreis von 45 Fr. angenommen wird. Nach neueren Ermittlungen wird das Elektrifikationskapital mit 680 Millionen Fr.

\*) Siehe auch Schweizerische Bauzeitung 1925, 12. Dezember, Seite 297 von W. Kummer.

\*\*) Siehe auch Schweizerische Bauzeitung 1924, 25. Oktober, Seite 208.

angegeben und könnte nach obigem, in 30 bis 35 Jahren getilgt werden ohne das Geschäftsergebnis zu verschlechtern.

Dipl. Ing. Homolatsch,

### 20 t-Wagen bei der englischen Grofsen Westbahn.

Bei den englischen Eisenbahnen herrscht bekanntlich heute noch der kleine Güterwagen vor; der Grund dafür ist in den kurzen Versandentfernungen und in den kleinen Versandmengen zu suchen. Unter diesen Umständen sind die Anstrengungen besonders bemerkenswert, die die Grofsen Westbahn macht, um den Kohlenverkehr zwischen den Zechen und den Häfen von Südwales, der bis vor kurzem allgemein mit Wagen von 10 und 12 t Ladefähigkeit bedient wurde, auf die Benutzung eines Regelwagens für 20 t Ladung umzustellen, eine Maßnahme, deren einschneidende Bedeutung man erkennt, wenn man bedenkt, daß von den 50 Millionen Tonnen Frachtgut, die in jener Gegend jährlich mit der Eisenbahn befördert werden, 40 Millionen Ausfuhrkohle sind. Die Grofsen Westbahn benutzte schon seit Jahren für ihre Dienstkohle 20 t-Wagen und hatte richtig erkannt, daß der Kohlenverkehr zwischen Zeche und Hafen, in dem voll beladene Wagen in geschlossenen Zügen laufen, das gegebene Gebiet für einen Großraumgüterwagen ist.

Der neue 20 t-Wagen der Grofsen Westbahn hat das zweiachsige Untergestell nach der im Jahre 1924 von den englischen Eisenbahnen angenommenen Regelform. In Zukunft soll von dieser Bauart insofern abgewichen werden, als der Wagen mit einer von beiden Seiten zu bedienenden Verschlepbremse ausgestattet wird, wie sie bei der Grofsen Westbahn schon immer üblich gewesen ist. Der Aufbau des 20 t-Wagens, für den die Vorschriften des Railway Clearing House einigen Spielraum lassen, ist zwischen den Bufferbohlen 6,55 m lang und im ganzen 2,6 m breit; der Radstand beträgt 3,66 m, die Gesamthöhe 2,64 m. Die Abmessungen sind unter Zugrundelegung des Gewichts der Kohle von Wales berechnet, von der 1,15 cbm auf 1 t gehen; sie ist schwerer als diejenige von Mittel- und Nordengland, so daß die Wagen niedriger sein können, als sie in jenen Gegenden bei gleicher Ladefähigkeit sein müßten.

Die 20 t-Wagen sind ganz aus Eisen gebaut. Sie wiegen 9,6 t; zwei der sonst üblichen 12 t-Wagen haben ein Gewicht von 14 t, so daß bei ihnen auf 20 t Ladung 11,65 t tote Last entfallen. Ein Zug mit 600 t Kohle braucht bei 20 t Wagen eine Gleislänge von 224 m; die entsprechende Länge bei Wagen für 12 t und 10 t Ladung ist 297,4 m und 329,4 m, so daß die Ersparnis an Gleislänge bei Verwendung von 20 t-Wagen 24,6 und 31,9 v. H. beträgt. Es kann also entweder ein entsprechender Betrag an den Anlagekosten der Gleise gespart werden oder ihre Aufnahmefähigkeit ist bei gleichbleibender Länge um daselbe Maß erhöht.

Die drei soeben miteinander verglichenen Züge wiegen bei Verwendung von 10 t-Wagen 969 t, bei 12 t-Wagen 950 t, bei 20 t-Wagen 888 t. Ihre tote Last verhält sich wie 100:95:82; der Übergang vom 12 t-Wagen zu demjenigen mit 20 t Tragfähigkeit bringt also, wie zu erwarten, erheblich größere Vorteile als der Übergang von 10 t zu 12 t. In demselben Maße wie die Gesamtlast geht aber auch der Bedarf an Zugkraft zurück, soweit die Beförderung des vollen Zuges in Frage kommt. Im Verhältnis der toten Lasten wird aber bei Rückbeförderung der leeren Wagen an Zugkraft gespart, und dieses Verhältnis ist noch günstiger als dasjenige der Gesamtlasten. Dem verringerten Bedarf an Zugkraft entspricht aber ein in demselben Maße verringerter Verbrauch von Kohle oder umgekehrt: es können mit der gleichen Menge Lokomotivkohle größere Mengen Kohle von der Zeche zum Hafen befördert werden. Dabei liegt der Einwand nahe, daß der 10 t- und der 12 t-Wagen freizügig sind, während der 20 t-Wagen nur für seinen Sonderzweck benutzt werden kann, so daß aber nur bei diesem eine Leerfahrt in Frage kommt. Das mag im allgemeinen zutreffen, nicht aber für den vorliegenden Fall; denn auch die Wagen mit 10 t und 12 t Ladefähigkeit sind zum großen Teil Privatwagen, nur für den Kohlenverkehr bestimmt und müssen mit wenigen Ausnahmen den Rückweg leer zurücklegen.

Zu der eben dargelegten Ersparnis an Zugkraft und damit an Kohle kommen noch andere Vorteile des 20 t-Wagens. Die Verschlepbewegung der Züge in den Hafengleisen erfordern kürzere Wege. Wenn den Kippern verschiedene Sorten Kohlen zum Mischen zugeführt werden sollen, so bedarf es hierzu einer geringeren Anzahl

von Wagen. Die Zusammenstellung der Leerzüge für die verschiedenen Zechen geht schneller vor sich usw.

Die genannten Vorzüge des 20 t-Wagens kommen an erster Stelle der Eisenbahngesellschaft zu gute. Die Grofsen Westbahn hat es aber für richtig befunden, an den Ersparnissen, die sie dabei erzielt, auch die Versender, zu deren Lasten die Beförderung vor sich geht, teilnehmen zu lassen. Sie gewährt für Kohle, die in 20 t-Wagen befördert wird, einen Frachtnachlaß von 5 v. H. und ermäßigt die Gebühren für das Verwiegen und Auskippen im Hafen um ein und einen viertel Penny die Tonne.

Zu dieser Ersparnis an Fracht und Hafengebühren kommt aber für den Verfrachter noch ein weiteres Vorteil, nämlich, da es sich im wesentlichen um die Beförderung von Kohle in Privatwagen handelt, die geringeren Anschaffungskosten für den 20 t-Wagen. Dieser Vorteil kommt dem Verfrachter auch dann zugute, wenn er den Wagen nicht selbst beschafft, sondern ihn von einer Wagenverleihanstalt ermieter, denn er braucht dann auch bei dieser nur ein geringeres Anleihenkapital zu verzinsen und zu tilgen. Ein 20 t-Wagen, wie er jetzt bei der Grofsen Westbahn läuft, kostet in England 280 £, ein 10 t-Wagen 180 £. Auf das gleiche Ladegewicht von 20 t bezogen, bedeutet also die Beschaffung eines 20 t-Wagens gegenüber den Kosten für zwei 10 t Wagen eine Ersparnis von 22 v. H. Ebenso sind die Unterhaltungskosten für einen 20 t-Wagen, die in dem hier behandelten Falle der Versender auch tragen muß und die zu 19 £ im Jahre angegeben werden, ungefähr in demselben Verhältnis niedriger als die Unterhaltungskosten für zwei Wagen zu 20 t.

Natürlich können die Zechenbesitzer nicht ihre kleinen Kohlenwagen auf einmal abschaffen, aber aus den vorstehenden Darlegungen geht deutlich hervor, daß sie von der Einstellung von 20 t-Wagen, wenn ihr Park an kleinen Wagen erneuerungsbedürftig wird, sehr erhebliche Vorteile haben.

Die vorstehenden Gedankengänge sind dem deutschen Fachmann, der sich mit dem Kohlenversand und dem Bau der dazu bestimmten Wagen zu beschäftigen hat, nicht fremd; im Gegenteil, er hat sie schon weiter durchgedacht, und ist zu der Überzeugung gekommen, daß für die Verkehrsbeziehungen, für die Großraumgüterwagen in Frage kommen, ein Maß der Ladefähigkeit von 40 bis 50 t dasjenige ist, das die größten Vorteile bietet. Dieser Erkenntnis hat sich der englische Fachmann nicht verschlossen, auf dessen Darlegungen sich die gegenwärtige Schilderung stützt; der Assistent für Häfen des Maschinenoberingenieurs der Grofsen Westbahn, J. Auld, hat in einem Vortrag vor dem Institute of Transport, einer Gesellschaft zur wissenschaftlichen Untersuchung von Verkehrsangelegenheiten, die Frage aufgeworfen, warum man mit der Ladefähigkeit nicht weiter geht, und führt dabei als Beispiel den 40 t-Wagen an. Er kommt bei Erörterung dieser Frage zu dem Ergebnis, daß eine Ladefähigkeit von 20 t das äußerste Gewicht sei, das von zwei Achsen noch getragen werden kann, namentlich auch mit Rücksicht auf den Radstand und die Beschaffenheit der Gleisanlagen in den Zechen. Außerdem verspricht er sich, weil der 40 t-Wagen Drehgestelle haben muß, von ihm keine wesentliche Verbesserung. Ein solcher Wagen würde leer etwa 18,7 t wiegen und 14 m über die Puffer gemessen lang sein. Ein Zug mit 600 t Ladung, der also 15 Wagen enthalten müßte, würde im ganzen 880 t, also kaum 1 v. H. weniger als der Zug aus 30 20 t-Wagen wiegen. Auch die Beschaffungskosten, bezogen auf die Lasteinheit, würden wegen der verwickelteren Bauart, die die Drehgestelle bedingen, höher sein. Die Verminderung der Zuglänge würde auch nur 6 v. H. ausmachen. Im großen ganzen könnte also die wirtschaftliche Seite der Frage die Einführung eines 40 t-Wagens nicht rechtfertigen, und gar eine Überschreitung dieses Maßes, also die Einführung eines Wagens von 60 t oder gar 80 t Ladefähigkeit, Gewichte, die bekanntlich in den Vereinigten Staaten noch bei weitem nicht die obere Grenze darstellen, wäre nur unter grundlegenden Änderungen im Bau und Betrieb der englischen Eisenbahnen möglich. Der 20 t-Wagen wird daher als der zweckmäßigste für den englischen Kohlenverkehr angesehen.

Um die 20 t-Wagen einführen zu können, müßten übrigens auch die Verladeanlagen in den Häfen und damit im Zusammenhang stehende Anlagen, wie Drehscheiben, Gleiswagen usw. zu einem großen Teil erneuert werden.

Wernecke.

## Buchbesprechungen.

**Professor G. Lomonossoff: Lokomotiv-Versuche in Rufsland.**  
V. D. I.-Verlag G. m. b. H., Berlin 1926. Preis 42 M.

Professor Lomonossoffs Lokomotivversuche sind häufig in der Literatur erwähnt worden, jedoch konnte immer nur auf einige Besonderheiten hingewiesen werden; die Versuche selbst blieben unbekannt. Dieser oft empfundene Mangel ist nun durch das vorliegende Buch behoben. Es wird allen denen eine wahre Fundgrube sein, die Lokomotive nicht nach Zunftregeln bauen, sondern die Grundlage der Bauart erkennen wollen. Gerade jetzt, wo auf allen Gebieten des Lokomotivbaues das Streben nach größerer Wirtschaftlichkeit einsetzt, ist die gründliche Aufdeckung der inneren Zusammenhänge von größtem Wert.

Das Buch zerfällt in folgende Abschnitte: I. Zweck und Art der Versuche. Der Verfasser ist aus seinen früheren Veröffentlichungen dafür bekannt, daß er an alle Fragen streng wissenschaftlich herantritt. Also ist der Zweck die wissenschaftliche Untersuchung der Lokomotive und nicht nur das Erkennen von Mängeln und der für den Betrieb wichtigen Eigenschaften. Das erfordert vollkommene Meß-Einrichtungen, einen zahlreichen geschulten Stab von Mitarbeitern, geeignete Strecken und systematische Behandlung der Versuchswerte; kurz Organisation und Geld. Erstere stellte Professor Lomonossoff, letzteres der Staat, der eingesehen hatte, daß die aufgewendeten Mittel sich durch Betriebsersparnisse schnell bezahlt machen.

Abschnitt II gibt eine kurze Entwicklungsgeschichte und Beschreibung der untersuchten zehn Grundtypen mit ihren Abarten. Die Mannigfaltigkeit ist überraschend; man findet alle damaligen Achsanordnungen, alle Arten der Dampfausnutzung, alle Arten des Brennstoffs. Die Lokomotiven sind von verschiedenen Fabriken auch in allen Einzelheiten verschiedenartig ausgebildet. Wir finden gute und schlechte Lokomotiven, wie z. B. die alte Normalpersonenzuglokomotive 1 C 2 v bei der im Niederdruckteil der Schieber Spiegel so dicht über dem Zylinder lag, daß durch Austrittsdrosselung die günstigste Geschwindigkeit auf 45 km/Std. herabgezogen wurde; daneben die D-h 2 v Güterzuglokomotive der Armawir-Tuapsebahn, die bei 420° Dampftemperatur seit 1912 den Rekord des Dampfverbrauchs mit 6,0 kg/PSi-Std. hält.

Im Abschnitt III wird an dem Beispiel der E-h 2 Güterzuglokomotive das ganze Meßverfahren und die Ausmittlung der Versuchsergebnisse beschrieben, wobei restlos jede Frage beantwortet wird, die der Lokomotivbauer stellen kann. Zum Beispiel sei erwähnt, daß auch der Einfluß der Regleröffnung auf den Dampfverbrauch untersucht worden ist. Man erkennt, daß alle Regler zu groß und zwei alte Regeln wohl begründet sind: große Schieberkästen, kleine Regler und ferner: je nasser der Dampf und je geringer die Geschwindigkeit, um so mehr muß man drosseln.

Die wichtigsten Ergebnisse mit den übrigen Lokomotivtypen werden im IV. Abschnitt gebracht. Erwähnt sei beispielsweise: die Untersuchungen über den Einfluß der Steuerung und des Feuerwölbes decken sich mit denen des Eisenbahn-Zentralamtes. Gleichstrom gibt mit und ohne Überhitzung ähnliche Ergebnisse wie zweistufige Dehnung. Erschütternd sind die Ergebnisse der C + C-h 4 v Malletlokomotive, deren günstigste Geschwindigkeit bei 10 km/Std. liegt. Allerdings ist zu beachten, daß die untersuchte Lokomotive zu einer Lieferung gehört, deren Niederdruckzylinder gegen den Rat des Berichters von 710 auf 770 mm vergrößert worden waren.

Wie die gewonnenen Erkenntnisse für den praktischen Eisenbahnbetrieb verwertet wurden zeigt Abschnitt V. Nachdem für jede Lokomotivtype die beste Arbeitslage mit der besten Regelung (Füllung und Regleröffnung) erkannt worden war, mußte aus Streckenprofil und Zugwiderstand für eine gegebene Zuglast der Fahrplan aufgestellt werden. Demnach beschäftigt sich dieser Abschnitt mit Widerständen, auch mit sonst wenig bekannten z. B.: bei geschlossenem Regler; Einfluß der Beladung auf den Güterwagenwiderstand. Dazu gehört auch die Ermittlung des Lokomotivwiderstandes, damit aus den gemessenen Zugkräften in den Zylindern und am Haken die am Radumfang wirkende berechnet werden kann. Schließlich lernen wir noch interessante Verfahren zur Berechnung der Fahrzeiten kennen.

Die wissenschaftliche Behandlung des reichen Stoffes durch einen Praktiker des Eisenbahnbetriebes macht das Buch besonders reizvoll. Jede Behauptung wird durch Diagramme erwiesen, deren Zahl sich auf etwa 600 beläuft. Die Lokomotivliteratur hat eine äußerst wertvolle Bereicherung erfahren.

F. Meineke.

**Rahmenformeln.** Gebrauchsfertige Formeln für einhüftige, zwei-stielige, dreieckförmige und geschlossene Rahmen aus Eisen- oder Eisenbetonkonstruktion nebst Anhang mit Sonderfällen teilweise und ganz eingespannter sowie durchlaufender Träger von Prof. Dr. Ing. A. Kleinlogel, Privatdozent an der Technischen Hochschule Darmstadt. 689 Rahmenfälle mit 1350 Abbildungen. Fünfte neubearbeitete und erweiterte Auflage. Berlin 1925. Verlag von Wilhelm Ernst und Sohn. Preis: geheftet 18,00 R. M. gebunden 19,50 R. M.

Die Tatsache, daß die „Rahmenformeln“ des bekannten Verfassers seit 1914 schon fünf Auflagen erlebt haben, ist der beste Beweis dafür, wie geeignet sie sind, die Forderungen unserer schnellbauenden Zeit nach rascher Entwurfsarbeit zu erfüllen. Genaue Beachtung der rechnerischen Voraussetzungen und Klarheit über die Auswirkung etwaiger mit diesen Annahmen nicht übereinstimmender Entwurfsgrundlagen sind natürlich Vorbedingung für eine erspriessliche Benutzung der Formelsammlung. Erfahrenen Entwerfern, die die rechnerischen Grundlagen beherrschen, ist das Buch ein wertvolles Hilfsmittel. Um allzu willkürlichen Anwendungen vorzubeugen, wäre es zweckmäßig, der nächsten Auflage noch einige einführende Bemerkungen über die Fehleranteile bei Abweichungen der tatsächlichen Trägheitsmomente von den rechnerischen und über die Wirkung von Eckverstärkungen (Vouten) auf Schubkraft und Momente beizugeben. Der Einfluß solcher Abweichungen von den theoretischen Voraussetzungen wird vielfach unterschätzt.

Außer einem jedem Kapitel beigefügten Zahlenbeispiel wurden bei den Rahmenformen mit wagrechtem Riegel Einflußlinien für die Eckmomente und Auflagerkräfte, ferner Spitzenkurven der Einflußlinien für die Riegelquerschnitte und mehrere wichtige Belastungsfälle neu aufgenommen. Druck und Ausstattung des Buches sind vorzüglich.

Schönberg.

**Zur Leistung von Streckengleisen und Bahnsteiggleisen.**  
Technisch-wirtschaftliche Bücherei. Verlag Guido Hackebell, Berlin.

In der Abhandlung, die einen Sonderdruck der Verkehrstechnischen Woche bildet, wird von Professor Dr. Ing. W. Cauer die Frage der Belegung und Zahl der benötigten Bahnsteiggleise einer Station behandelt. Ausgehend vom Leistungsgrad eines Streckengleises, d. h. von dem Verhältnis zwischen den tatsächlich innerhalb 24 Stunden verkehrenden Zügen und dem Vierundzwanzigfachen der Stunde der Höchstbelegung des Gleises, für den sich bei Strecken mit reinem Fernzugverkehr etwa 0,5 und für Strecken mit Fernzug- und Vorortverkehr etwa 0,6 ergibt, wird das grundsätzliche Verhältnis zwischen den Bahnsteig- und Streckengleisen erörtert. Auf Grund der so gewonnenen Gesichtspunkte werden die verschiedenen Bahnhofarten (Zwischen-, End-, Kreuzungs- und Trennungsbahnhöfe) besprochen und der Gang des Ermittlungsverfahren gezeigt. Durch Untersuchung einer Reihe bestehender Bahnhöfe wird das ganze Verfahren veranschaulicht.

**Knickfestigkeit der Stabverbindungen** von Dr. Ing. Dr. H. Zimmermann (Verlag W. Ernst und Sohn, Berlin). 840 M.

Seinen vielen Arbeiten über die Knickfestigkeit von Einzelstäben läßt der verehrte Verfasser hier eine abgeschlossene Abhandlung über die Knickfestigkeit von Stäben folgen, die in Fachwerke eingebaut, also durch den Steifigkeitsüberschuß der Nachbarstäbe elastisch gestützt sind. In seiner bekannten klaren Schreibweise geht der Verfasser im ersten Teile schrittweise von den Einflüssen der Einspannung der Stabenden eines Einzelstabes unter Einführung des Begriffes der Spannziffern bis zur Berechnung ganzer Stabzüge über und erläutert im zweiten Teile an Hand einer Reihe gut gewählter Beispiele und Übungsaufgaben die Anwendung der im ersten Teil gewonnenen Beziehungen. Zum bequemen Gebrauch sind im Anhang Zahlentafeln für die in den Formeln auftretenden Größen  $s$  und  $t$  und ihrer Verbindungen gegeben.

Diese verdienstvolle Arbeit unseres Nestors der Statik und des Eisenbaues der Aufmerksamkeit der Fachgenossen besonders zu empfehlen, dürfte sich wohl erübrigen. Dagegen sei angesichts seiner lichtvollen Ausführungen auch hier dem Wunsch Ausdruck gegeben, daß es unserem Altmeister noch recht lange vergönnt sein möge, seine reichen Erfahrungen zum Nutzen der kommenden Geschlechter zu verwerten.

Karig.