

### Der hundertjährige Werdegang der Lokomotive \*).

Von Professor Dr. Ing. e. h. G. Lomonossoff, Moskau.

Aus dem Russischen übersetzt von Dr. Ing. E. Mrongovius, Berlin.

Der Lokomotivgedanke. Handel und Industrie sind ohne Transportmöglichkeit undenkbar. Infolgedessen besteht zwischen der Entwicklung von Handel und Industrie, somit also auch der gesamten menschlichen Kultur, und der Entwicklung des Transportwesens ein enger Zusammenhang. Man kann in dieser Entwicklung seit der Zeit des alten Ägyptens und Griechenlands bis zu den heutigen Tagen drei grundlegende Entwicklungsstufen feststellen: Beginn der Seefahrt, Entstehen der Eisenbahn und Erfindung des Flugzeugs. Die Einführung des letzteren steht noch im Anfang der Entwicklung. Was jedoch die Eisenbahn betrifft, so kann man sagen, daß sie zur Zeit das Nervensystem unseres Wirtschaftslebens ist.

Es wäre oberflächlich anzunehmen, daß dies die Folge lediglich der Eisenbahnschienen ist. Die Eisenbahnschienen selbst sind bereits den Ägyptern bekannt gewesen und sie wurden auch, nach dem Zeugnis von Cäsar, von den Römern zur Beförderung von Mauerbrechgeräten benutzt. Es waren allerdings steinerne, und keine Metallschienen, aber die Entstehung der Metallschienen im Jahre 1738 hat ja auch noch nicht die Entstehung der Eisenbahn zur Folge gehabt, wie sie jetzt vorhanden ist. Die Eisenbahn entstand erst, nachdem dank der Energie von Stephenson die Lokomotive geschaffen wurde. Andererseits hat auch die Anwendung des Dampfes zur Beförderung von Fahrzeugen schon vor Stephenson eine lange Entstehungsgeschichte.

Wie man aus der Literatur sieht, gehört der Gedanke der Anwendung von Dampf zur Fortbewegung von Fahrzeugen Newton (1680). Als erster hat der französische Offizier Cugnot einen Dampfwagen zum Fahren auf gewöhnlichen Straßen erbaut. Dieser Wagen war zur Beförderung von Kanonen bestimmt gewesen. Bei der ersten Versuchsfahrt im Jahre 1770 stürzte dieses Fahrzeug auf einer Pariser Straße um und weitere Versuche wurden für gefährlich erklärt. Dieser Lastkraftwagen befindet sich heute noch im Conservatoire des Arts et Métiers in Paris.

Fast gleichzeitig mit Cugnot (1768) reichte Edgeworth der englischen Society of Arts einen Bericht ein, in dem er den Vorschlag machte, Eisenbahnen zu bauen, d. h. Schienenstränge, auf denen Züge mittels Dampf befördert würden. Er schlug zu diesem Zweck vor, längs dem Schienenstrang endlose Seile anzubringen, die mittels Rollen gezogen würden, die wiederum von Dampfmaschinen angetrieben würden. Dieser Bericht wurde durch eine goldene Medaille ausgezeichnet,

\*) Wir veröffentlichen den nach Umfluß des ersten Jahrhunderts der Eisenbahnen zeitgemäßen Rückblick und Ausblick des bekannten, von der technischen Hochschule Charlottenburg kürzlich zum Dr. Ing. e. h. promovierten russischen Lokomotivfachmannes, der mehrere Jahre als Vertreter der U. d. S. S. R. die Ausführung der Lokomotivbestellungen in Deutschland überwachte, in der Annahme, daß unseren Lesern die darin entwickelten Anschauungen von Interesse sind, auch da, wo man im Gebiete des V. D. E., teilweise auf Grund anderer Erfahrung, teilweise auch infolge anders liegender Verhältnisse zu abweichenden Ergebnissen gekommen ist.

Die zahlreichen Hinweise auf das russische Schrifttum zeigen, daß man auch in Rußland eifrig an der Förderung des Lokomotivproblems gearbeitet hat und daß die dortigen Bestrebungen anderen Ländern wohl an die Seite gestellt werden können. Die Sprachschwierigkeiten waren vielfach ein Hindernis für das Bekanntwerden der Forschungsergebnisse.

Die Schriftleitung.

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens. Neue Folge. LXIII. Band. 17. Heft. 1926.

was aber noch nicht zur Schaffung von Eisenbahnen führte. Diese wurden erst geschaffen, nachdem George Stephenson lebensfähige Formen für die Lokomotive schuf und die Trägheit seiner Zeitgenossen besiegte.

Die erste Lokomotive wurde nicht von Stephenson, sondern von Trevithick im Jahre 1803 erbaut. Die Lokomotive hatte glatte Räder und war zur Fortbewegung auf glatten Schienen auf dem Gelände einer Fabrik in Süd-Wales bestimmt. Sie erwies sich als zu schwer für diese Schienen und zerbrach sie ununterbrochen. Der Fabrikbesitzer wollte keine neuen Schienen legen, entfernte von der Lokomotive die Räder und benutzte sie als Dampfmaschine zum Wasserpumpen aus einer Erzgrube.

Die Grundlagen der Mechanik waren zu der Zeit den Ingenieuren bereits so weit bekannt, daß sie wußten, daß der Dampfdruck als eine innere Kraft nicht in der Lage ist, den Schwerpunkt der Lokomotive zu verschieben. Hierzu ist eine äußere Kraft erforderlich. Edgeworth suchte diese Kraft in der Reaktion des Seiles, Trevithick in der Reibung der glatten Räder auf den glatten Schienen. Seine Zeitgenossen hielten diese Kraft für nicht ausreichend und suchten andere Möglichkeiten zur Herbeiführung der für die Fortbewegung der Züge erforderlichen äußeren Kraft. Im Jahre 1811 erhielt Blenkinsop ein Patent auf eine dritte gezahnte Schiene und baute nach seinem System mehrere Lokomotiven. Im Jahre 1813 baute Brunton seine Maschine, die zur Fortbewegung Stützen zum Abstößen hatte. Gleich bei der ersten Fahrt explodierte jedoch bei dieser Maschine der Kessel und fast alle Anwesenden wurden getötet.

Verteidiger des Gedankens der glatten Schienen und Räder war ein Grubenbesitzer aus Newcastle, Blackett, und dessen Grubenverwalter Hedley. Im Jahre 1812 machte Hedley die ersten Versuche zur Feststellung der Größe der Reibung zwischen glatten Rädern und Schienen, und im Jahre 1813 nahm er ein Patent auf diese Fortbewegungsmethode und erbaute eine Lokomotive, die den Namen »Puffing Billy« erhielt.

George Stephenson arbeitete auf einer benachbarten Grube und interessierte sich außerordentlich für die Arbeit von Hedley. Ihm schien jedoch, daß wenn man von der Lokomotive von Blenkinsop das Zahnrad entfernte, diese besser sein würde als die »Puffing Billy«. Auf diese Weise entstand der Gedanke der Stephenson'schen Lokomotive, die zu wirklichen ihm im Jahre 1814 gelang. Zu Ehren der Helden von Waterloo benannte Stephenson seine erste Lokomotive »Blücher«. Im Jahre 1815 änderte er die Konstruktion etwas und erbaute im Jahre 1821 fünf solcher Lokomotiven für die Gruben von Hetton.

Im Jahre 1820 erschien ein bemerkenswertes Buch von Gray über das Eisenbahngleis »Th. Gray, Observations on a General Iron Railway«, von dem im Laufe von zwei Jahren vier Auflagen erschienen. Im Jahre 1823 nahm Stephenson teil an dem Bau der ersten Eisenbahn Stockton—Darlington, und im Jahre 1824 eröffnete er die erste Lokomotivfabrik in Newcastle, deren Leitung sein Sohn Robert übernahm. Trotzdem bestellte die Verwaltung dieser Eisenbahn bei Stephenson lediglich drei Lokomotiven zur Probe. Der Bewirtschaftung dieser Eisenbahn wurde die Beförderung durch Pferde zugrunde

gelegt. Am 27. September 1825 wurde die Stockton—Darlington-Eisenbahn eröffnet, und der Verkehr auf ihr nahm sofort unerwartet großen Umfang an. Die Lokomotiven von Stephenson arbeiteten gut, aber die Bahnverwaltung war auch mit der Pferdezugkraft ganz zufrieden.

Die Stockton—Darlington-Bahn zahlte sofort gute Dividende, wodurch englische Kapitalisten bewegt wurden, an den Bau einer größeren Eisenbahn zwischen Manchester und Liverpool heranzutreten. George Stephenson erhielt den Posten des leitenden Ingenieurs für den Bau dieser Bahn; trotzdem wurde es damals für unsinnig angesehen, seine Lokomotiven auf dieser Bahn anzuwenden. Zu Beginn des Jahres 1829 waren die Arbeiten im großen Zügen abgeschlossen, jedoch blieb die Frage der Zugkraft noch offen. Die Leitung der Bahn erhielt eine Unmenge von Vorschlägen und konnte sich darin selbst nicht durchfinden. Es wurde alsdann beschlossen, zur Klärung dieser Frage zwei der bekanntesten Ingenieure der damaligen Zeit, Walter und Rastrick, einzuladen. Die beiden Herren besuchten alle Gruben, wo Lokomotiven im Betriebe waren, studierten deren Arbeit auf der Stockton—Darlington-Bahn und erklärten sich für die Dampfzugkraft, jedoch nicht mittels Dampflokomotiven, sondern mittels Seilen und Kraftstationen, die alle 2 bis  $2\frac{1}{2}$  km erbaut werden sollten, mit anderen Worten, sie erklärten sich für den Gedanken von Edgeworth.

Stephenson jedoch ergab sich nicht. Er behauptete, daß die Lokomotive noch bedeutend verbessert werden könnte, daß er es selbst übernehme, falls ihm die Zeit dazu gegeben werde, eine Lokomotive zu bauen, die allen Anforderungen seiner Kritiker entsprechen sollte, und daß die Zukunft den Lokomotiven gehöre, d. h. den Beförderungsmitteln, welche die Kraftquelle mit sich tragen. Um Stephenson los zu werden, veranstaltete die Bahnleitung einen Wettbewerb zum 6. Oktober 1829 für eine Lokomotive, die bei einem Dampfdruck von nicht mehr als 50 Pfund auf 1 Quadrat Zoll und einem Gewicht von nicht mehr als 6 t imstande wäre, dauernd Züge von einem Gewicht von 20 t einschließlich Tender zu befördern, und zwar mit einer Geschwindigkeit von nicht weniger als zehn Meilen stündlich (16 km/Std.). Die Bedingungen und der Termin des Wettbewerbes schienen unerfüllbar zu sein. Trotzdem wurden zum 6. Oktober der Station Rainhill vier Lokomotiven zugestellt, von denen jedoch nur die »Rocket« von Stephenson den Bedingungen des Wettbewerbes entsprach. Mehr als das, sie entwickelte ohne Zug eine Geschwindigkeit von 56 km/Std, was für völlig unwahrscheinlich gehalten worden war.

Der Erfolg der »Rocket« entschied die Frage der Zugkraft auf der Liverpool-Manchester-Bahn und entschied zugleich die Frage der Eisenbahnen überhaupt. Bereits im Jahre 1830 erschien die »Planet« von Stephenson, die bereits alle Bauteile unsrer heutigen Lokomotive besaß, und die Erdkugel begann sich mit einem sich schnell entwickelnden Netz von Eisenbahnen zu bedecken.

In den vierziger Jahren trat als Wettbewerber die Lokomotive von Brunel auf, welcher den Gedanken der »atmosphärischen« Eisenbahn vertrat. Er schlug vor, zwischen die Schienen ein Rohr zu legen, aus welchem mittels Pumpen die Luft ausgesogen werden sollte. Oben sollte das Rohr einen Schlitz haben, welcher mittels eines Lederstreifens zugedeckt werden sollte. Durch diesen Schlitz sollten Stangen durchgehen, zur Verbindung mit den im Rohr gleitenden Kolben. Dadurch, daß diese Stangen den Lederstreifen abhoben, wurde der Druck auf einer Seite des Kolbens gleich dem atmosphärischen, wodurch der Wagen oder der Zug vom Kolben in Bewegung gesetzt werden sollte. Brunel behauptete, daß auf Grund vieler Versuche er zu der Überzeugung gekommen sei, daß in den meisten Fällen die atmosphärische Zugkraft wirtschaftlicher sein werde als die Dampfzugkraft. Er behauptete: »Mit einem Worte, Geschwindigkeit, Bequemlichkeit, Zuverlässigkeit und

Wirtschaftlichkeit sind die Vorzüge dieses Systems«. Im Grunde war dies ein Versuch, die Lokomotivzugkraft anzugeben und zum Vorschlage von Edgeworth zurückzukehren, d. h. zu dem Versuche, den Zug an einen bestimmten Ort festzubinden. Zum Glück endete der lange und heisse Kampf zwischen Stephenson und Brunel im Parlament zugunsten des ersteren.

Während fast sechzig Jahren wurden die Anschauungen von Stephenson nicht bestritten und, abgesehen von sehr wenigen Seilbahnen rein örtlicher Bedeutung, ist auf sämtlichen Eisenbahnen der Welt ausschließlich Lokomotivkraft angewendet worden, d. h. Zugkraft mittels solcher Fahrzeuge, die ihre Kraftquelle mit sich tragen, an den Schienenstrang nicht gebunden sind, aus einem Verwaltungsbezirk in einen anderen, von einer Bahn auf eine andere übergeführt werden können. Trotzdem kam der Gedanke von Edgeworth Ende des 19. Jahrhunderts, wenn auch in einer anderen besseren Form, wieder zur Geltung, nämlich der Gedanke, die Fahrzeuge an die Strecke zu binden. Ich meine hierbei die Elektrisierung der Bahnen. Natürlich hat die Elektrisierung in besonderen Fällen wesentliche Vorteile, aber im Grunde genommen ist sie eine Abkehr von dem Gedanken der Lokomotive. Die Elektromotive ist keine Lokomotive; sie trägt nicht auf sich die Kraftquelle, sondern sie erhält die Kraft von außen zugeleitet. Sie ist an die Leitung gebunden, durch die der Strom von der Kraftstation ihr zugeführt wird.

Alles Gesagte zusammenfassend kommen wir zu dem Ergebnis, daß Stephenson mehr erfunden hat, als die Dampflokomotive, und zwar hat er die »Lokomotive« erfunden, und hat sein Leben der Förderung des Lokomotivgedankens gewidmet. In der ersten Zeit der Entwicklung der Eisenbahn wurde diesem Gedanken der andere Gedanke entgegengestellt — der Gedanke der zentralen Kraftwerke. Der Kampf zwischen diesen zwei Gedanken ist auch heute noch nicht beendet. Als Anhänger des Stephenson'schen Gedankens muß ich trotzdem zugeben, daß seine glänzende Entwicklung zum großen Teil durch das Vorhandensein des anderen Gedankens bedingt ist. Wenn die Vervollkommnungen, die in den vierziger Jahren von Stephenson an seinen Dampflokomotiven eingeführt wurden, zum großen Teil infolge seines Kampfes mit Brunel entstanden, so haben die Erfolge der elektrischen Zugkraft, deren Zeugen wir in der letzten Zeit gewesen sind, neuere vollkommene Formen von Lokomotiven hervorgerufen, wie z. B. von Turbolokomotiven und Thermolokomotiven, d. h. von solchen Lokomotiven, bei denen die Dampfmaschine der alten Dampflokomotive durch eine Dampfturbine oder durch einen Verbrennungsmotor ersetzt worden ist.

Jede Lokomotive, sei es eine Dampflokomotive, Turbolokomotive oder Thermolokomotive, stellt, vom mechanischen Standpunkte aus betrachtet, eine Kraftstation dar, die auf Räder gestellt ist und diesen Rädern eine drehende Bewegung gibt. Trotzdem besteht zwischen der Arbeit einer Lokomotive und der Arbeit einer Kraftstation eine Reihe von besonderen Unterschieden, und man kann sagen, daß der eigentliche technische Fortschritt der Lokomotive während ihrer hundertjährigen Entwicklung in der Anpassung der schon als stationäre Maschinen bekannten Wärmemaschinen, an die besonderen Erfordernisse der Arbeit auf den Schienen bestand.

Worin bestand denn dieser Unterschied? Vor allem in dem Zwang, sich dem Eisenbahnprofil anzupassen. Eine moderne Lokomotive entwickelt bis 4000 PS. Als stationäre Anlage würde man hierzu ein Gebäude von etwa 9000 m<sup>3</sup> Raum benötigen, während bei einer Lokomotive diese Leistung in einem Raum von 90 m<sup>3</sup> und noch weniger untergebracht werden muß. Zweitens, wird auf ortsfesten Kraftwerken die Drehzahl der Hauptwelle mittels eines Reglers unveränderlich gehalten, während auf einer Lokomotive infolge der Eigenart des Eisen-



bahnverkehrs die Drehzahl der Treibräder ununterbrochen von 0 bis zu einem Höchstwerte wechselt. Drittens, besteht die Dynamik einer ortsfesten Anlage lediglich in der Festigkeit der Fundamentschrauben. Die Lokomotive dagegen ist nicht an ein festes Fundament gebunden, sondern rollt auf einer elastischen Schiene. Die Lokomotive führt der Schiene Kraftwirkungen zu, die in ihr entstehen, darunter auch lebendige Kräfte und erhält, infolge der Elastizität der Schiene, von ihr Stöße. Infolgedessen sind die Beanspruchungen in den Teilen der Lokomotive nicht nur von der Arbeit der Lokomotive selbst abhängig, sondern auch von der Deformation des Gleises. Ebenso sind die Beanspruchungen des Gleises nicht nur von dessen Bauart abhängig, sondern auch von der Geschwindigkeit und der statischen Belastung durch die Lokomotive, ferner auch von der Bauart der Lokomotive und von ihren Arbeitsbedingungen. Viertens, muß die Lokomotive in beiden Richtungen fahren. Schließlich, wird in der Lokomotive Brennstoff verbraucht nicht nur zur Erzielung der Nutzarbeit und der Überwindung der inneren Reibung, sondern auch zur eigenen Fortbewegung.

Die Lokomotive als Werkzeug der Eisenbahnwirtschaft. Im Gegensatz zu ortsfesten und Schiffsmaschinen müssen die Lokomotiven unter außerordentlich veränderlichen Bedingungen arbeiten. Sie müssen schwere und leichte Züge befördern und manchmal auch leer fahren. Auch bei Zügen irgend einer Zugstärke, von der geringsten bis zur höchsten, müssen die Lokomotiven sie in Gefällen und in Steigungen, sowie auf ebenen Strecken befördern. Mit anderen Worten, die Lokomotiven müssen auf Grund der Eigenart des Eisenbahnbetriebes die Geschwindigkeit und die Belastung von Null bis zu einem Höchstwert dauernd verändern. In Gefällen müssen die Lokomotiven sogar zum Bremsen eine negative Arbeit aufwenden. Zusammenfassend kann man sagen, daß von einer Lokomotivmaschine eine außerordentliche Elastizität verlangt wird.

In diesem Sinne hat die Dampflokomotive bereits durch Stephenson einen ziemlich hohen Grad der Vollkommenheit erreicht und erlitt in der weiteren Zeit keinerlei Entwicklung, falls man von dem Hahn von Le-Chatelier (1865) absieht, der die Anwendung des Gegendampfes erleichtert. Die Anpassungsfähigkeit der Dampflokomotive an die Bedingungen des Eisenbahndienstes wird erstens dadurch bedingt, daß sie zwei Mittel zur Veränderung der Belastung hat: den Regler und den Steuerungsmechanismus; zweitens dadurch, daß bei der üblichen Schiebersteuerung die Zugkraft bei beliebiger Stellung des Reglers und der Steuerung mit wachsender Geschwindigkeit rasch sinkt. Dieser Umstand erteilt der Dampflokomotive die sehr wesentliche Eigenschaft der selbsttätigen Regelung, die erst in der letzten Zeit theoretisch bewertet worden ist\*).

Von diesem Standpunkt aus betrachtet, können diejenigen Maschinen, die jetzt zur Ablösung der Dampfmaschine zur Anwendung auf der Lokomotive vorgeschlagen werden, d. i. die Dampfturbine und der Dieselmotor, mit der Dampfmaschine nicht verglichen werden. Die Dampfturbine arbeitet bei starkem Drosseln des Reglers unbefriedigend, während die Anzahl der Düsen, die nach Belieben eingeschaltet werden können, nur 3 bis 5 ist. Noch schlimmer steht es mit dem Dieselmotor, der bei ganz geringen Drehzahlen gar nicht in der Lage ist zu arbeiten. Dies zwingt zur Einschaltung einer Übertragung zwischen dem Dieselmotor und den Treibrädern einer Diesellokomotive. Bei elektrischer Übertragung arbeitet die Diesellokomotive allerdings noch elastischer als eine Dampflokomotive, aber diese Übertragungsart ist sehr kostspielig. Bei Übertragung mittels eines Flüssigkeits- oder eines mechanischen Getriebes ist die Elastizität beträchtlich schlechter als bei einer Dampflokomotive. Bei Druckluftübertragung nähert sich die

Diesellokomotive in ihrer Anpassungsfähigkeit an die Streckenverhältnisse der Dampflokomotive.

Zur wirtschaftlichen Beurteilung der Lokomotive übergehend, d. h. zur Beurteilung der Transport-selbstkosten, ist zu sagen, daß die Theorie\*), sowie die Praxis der Bahnen der ganzen Welt festgestellt hat, daß die Höhe dieser Selbstkosten hauptsächlich von den folgenden fünf Punkten abhängt:

1. Der Zugstärke,
2. der Organisation des Transportes, d. h. der täglichen Beförderungsstrecke des rollenden Materials, der Belastung der Wagen usw., d. h. Punkten, die von der Type und der Bauart der Lokomotiven nicht abhängen.
3. dem Brennstoffverbrauch der Lokomotiven,
4. dem Anschaffungspreis der Lokomotiven,
5. den Instandhaltungskosten der Lokomotiven.

Der nächste Abschnitt wird der Frage des Brennstoffverbrauches, d. h. dem thermischen Vollkommenheitsgrade der Lokomotive und dessen Entwicklung im Laufe des Jahrhunderts gewidmet sein. Wir brauchen daher hier nur die Entwicklung der Lokomotive mit Rücksicht auf die Punkte 1, 4 und 5 zu untersuchen.

Die Theorie und die Praxis zeigen, daß die Transport-selbstkosten, wenigstens bis zu einer gewissen Grenze, mit der Steigerung der mittleren Belastung der Züge stark sinken\*\*). Man kann sogar sagen, daß die Zugbelastung der wichtigste Punkt bei der Bestimmung der Transport-selbstkosten ist. Auch in dieser Hinsicht hat die Dampflokomotive während ihres ein Jahrhundert dauernden Bestehens einen großen Fortschritt erreicht. Bei dem Wettbewerb in Rainhill (1829) hat die «Rocket» Züge von 13 t Gewicht befördert, während zur Zeit in Amerika Züge von 4000 t Gewicht üblich sind.

Diese Vergrößerung des Zuggewichtes wird ermöglicht durch eine bedeutende Erhöhung der Zugkraft der Dampflokomotiven, und beruht auf der Erhöhung der Zahl der Treibachsen und ihrer Belastung. Die «Rocket» hatte lediglich eine einzige Treibachse bei einer Achsbelastung von  $2\frac{1}{2}$  t, während zur Zeit in Amerika Lokomotiven mit zehn Treibachsen und mit einer Achsbelastung bis 35 t gebaut werden. Es muß jedoch gesagt werden, daß die letztere Zahl bereits außerhalb der vernünftigen Grenze liegt. Sogar bei dem russischen Umgrenzungsprofil ist eine Achsbelastung von 32,5 t der Grenzwert, oberhalb dessen es bereits unmöglich ist, eine Dampfmaschine von einer entsprechenden Leistung in dem Umgrenzungsprofil unterzubringen. Bei Diesellokomotiven beträgt dieser Höchstwert nach meinen Schätzungen etwa 45 t.

Wir kommen nun zum Anschaffungspreis einer Lokomotive und zu deren Instandhaltungskosten. Es braucht wohl nicht bewiesen zu werden, daß beide zunächst von der Einfachheit der Bauart abhängen. Infolgedessen sind Einfachheit und Güte der Bauart die wichtigsten Forderungen, die an den Dampflokomotivbau gestellt werden müssen. Andererseits ziehen die thermische Vervollkommnungen der Dampflokomotive unvermeidlich eine gewisse Verwicklung der Bauart mit sich, wie wir das aus dem nächsten Abschnitt ersehen werden. In solchem Falle muß entschieden werden, ob die verwickeltere Bauart sich bezahlt macht, wobei die richtige Entscheidung in bedeutendem Maße von den Löhnen und den Brennstoffpreisen abhängt. In England und in Amerika, wo der Brennstoff billig, die Löhne aber hoch sind, werden von den Bahnen Dampflokomotiven vorgezogen, die nicht sehr wirtschaftlich, aber von einfacher Bauart sind. Bei uns sind die Löhne niedrig und der Brennstoff teuer, infolgedessen werden auch beträcht-

\*) Wellington. Railway Location 1901. Lomonosoff. Nautschnye problemy. 1922. (Wissenschaftliche Probleme).

\*\*) Lomonosoff. Nautschnye problemy. 1922. (Wissenschaftliche Probleme Seite 163).

\*) Zeitschrift des V. D. I. 1924, Seite 849.

lich verwickeltere Bauarten in Kauf genommen, um nur eine Brennstoffersparnis zu erzielen.

Wie bei jeder Fertigung, sinkt der Anschaffungspreis einer Dampflokomotive stark mit dem Übergang von der Einzel- zur Massenherstellung. Während einer langen Zeitdauer wurden Dampflokomotiven stets zu fünf bis zehn Stück in Auftrag gegeben und bei jeder Bestellung stellte jede Bahn stets neue Forderungen. Sogar vor einigen Jahren (1917 bis 1923) habe ich bei dem Besuch der besten Dampflokomotivfabriken Amerikas und Europas stets Lokomotiven der verschiedensten Bauarten gesehen, wobei in manchen Fabriken die Anzahl der verschiedenen Typen bis 24 betrug. Unter diesen Umständen kann von einer Massenherstellung natürlich nicht die Rede sein. Die unbedingte Vorbedingung einer solchen ist die Vereinheitlichung der Typen\*).

Der erste Schritt in dieser Richtung wurde in Rußland durch Einführung der »normalen Güterzuglokomotivtype« im Jahre 1893 gemacht\*\*). Dieser Schritt kann leider nicht als erfolgreich angesehen werden. Erstens, wurde diese »normale Type« dauernd verändert und, zweitens, baute jede Fabrik diese Lokomotiven nach eigenen Modellen und sogar nach eigenen Zeichnungen, die alle von den vorgeschriebenen abwichen.

Wir stellen daher jetzt die Bedingung, daß Lokomotiven zur Verbilligung der Herstellung und der Ausbesserung nicht nur von der gleichen Type sein, sondern auch aus austauschbaren Teilen bestehen müssen. Dies führt zur Forderung der Herstellung nach dem Grenzkalibersystem.

In dieser Hinsicht verdienen die Arbeiten des Deutschen Ausschusses für Lokomotivnormen (Alna), der am 13. Februar 1918 gegründet worden ist, ganz besondere Beachtung. Es muß jedoch erwähnt werden, daß eine bedeutende Anregung für den Fortschritt dieser Arbeiten die Forderungen der Austauschbarkeit gleichartiger Teile waren, die von der Sowjet-Regierung bei der Bestellung der Lokomotiven der Serie  $\Theta^M$  und  $\Theta^T$  im Auslande gestellt wurden\*\*\*). Gleichzeitig mit der Normalisierung der Teile wird in Deutschland auch eine neue Art der Ausbesserung eingeführt, die darin besteht, daß die Lokomotive nicht in der Werkstatt die Ausbesserung ihrer Teile abwartet. Die schadhafte Teile werden in Ausbesserung gegeben und an ihrer Stelle erhält die Dampflokomotive vom Lager neue Teile oder bereits früher ausgegebene. Im Ergebnis wird die Dauer des Aufenthaltes der Dampflokomotive in der Werkstatt zwei- bis dreimal kürzer. Ein Vorläufer dieses Verfahrens war die im Jahre 1900 von N. J. Girski auf der Katharinen-Bahn entwickelte Arbeitsweise, die in ausgeprägter Weise dann im Jahre 1909 in den Orenburger Werkstätten der Taschkent-Bahn angewandt werden.

Von allen Lokomotivteilen ist der Kessel derjenige, dessen Ausbesserung am wichtigsten und am umständlichsten ist, insbesondere die Feuerung. Der schwächste Teil des Kessels sind die flachen Wände der Feuerung. Um bei Drücken bis 16 at ausreichende Festigkeit und Steifheit einer solchen Feuerung zu erhalten, müssen die Wandungen durch eine große Zahl von Verankerungen verbunden werden. Abgesehen von der außerordentlichen Sorgfalt in der Herstellung dieser Bolzen, fördern sie bei schlechtem Wasser die Ablagerung von Kesselstein, was zur größeren Umständlichkeit in der Unterhaltung

\*) Railway Age Gazette 1918, Ap. 5, 12. Zeitschrift des V. D. I. 1922 Nr. 38.

\*\*\*) Bekanntlich hat schon um die Wende der achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts die preussische Staatseisenbahnverwaltung »Normalentwürfe für Lokomotiven« aufgestellt, die die Bildung von Normaltypen zum Zwecke hatten. Sie beherrschten lange Zeit hindurch den Bau der Lokomotiven in Preußen und beeinflussten auch den Lokomotivbau anderer Länder. Die Verschiedenartigkeit der Ausführung der verschiedenen Fabriken und der ständigen Änderungen war allerdings auch hier zu beklagen. Die Schriftleitung.

\*\*\*) Zeitschrift des V. D. I. 1922, Seite 376.

des Kessels führt und zu recht gefährlichen Formveränderungen führen kann. Nicht weniger umständlich in der Unterhaltung der Kessel ist das Leckwerden der Rohre. Bei schlechtem Wasser kann es so schlimm werden, daß von zehn Dampflokomotiven, die einen Lokomotivschuppen verlassen, lediglich sieben bis acht den nächsten erreichen. Dies führt dazu, daß in der U. d. S. S. R. Bahnstrecken vorhanden sind, auf denen 23 % aller Betriebsausgaben zur Ausbesserung der Kessel und Beseitigung der Verkehrsstörungen angewandt werden müssen, die durch das Schadhafwerden der Lokomotiven auf der Strecke entstehen. Um diese Schwierigkeiten zu beheben, wurden bereits in den achtziger Jahren verschiedenartige Versuche gemacht, die Anzahl der Stehbolzen zu verringern durch Verwendung von gewellten Wandungen statt der flachen\*) und durch Anwendung von besonderen Winkelversteifungen nach Polonceau\*\*). Die gewellten Wandungen erwiesen sich als unbequem in der Unterhaltung, während die Versteifungen nach Polonceau sich nur dann als gut erwiesen, wenn die Rostfläche nicht über 2 m<sup>2</sup> betrug, während bei den jetzigen Lokomotiven die Rostfläche bis 6 und sogar 10 m<sup>2</sup> beträgt. Die Bauart von Polonceau wurde im Jahre 1909 auf der Santa Fe Eisenbahn neu angewandt, in Gestalt der Feuerung nach Jacobs-Shubert\*\*\*). Diese Feuerung erhielt aber keine besondere Verbreitung. Ein weiterer Schritt in dieser Hinsicht war der Vorschlag von Brotan (1902) die Feuerkiste in der Weise herzustellen, daß an Stelle von zwei Reihen von Wandungen, die durch Bolzen verbunden sind, eine Reihe von Stahlrohren angewendet wird, die fest aneinander gerückt sind†).

Die Brotan-Kessel wurden außer von den österreichischen und ungarischen Bahnen auch in Rußland und Deutschland versucht, ergaben jedoch kein ausschlaggebend günstiges Verhalten††). Sie enthalten keine Stehbolzen, die Heizrohre arbeiten jedoch unter genau den gleichen Verhältnissen wie in gewöhnlichen Kesseln. Im Gegenteil, bei schlechtem Wasser kommt zu dem Leckwerden der Heizrohre noch das Leckwerden der Feuerungsrohre und Verbindungsrohre hinzu, deren Einwalzen beträchtlich schwieriger und an manchen Stellen ganz unmöglich ist. In letzter Zeit wurde der Brotan-Kessel wieder in Amerika versucht †††).

Der nächste Schritt in dieser Richtung ist der Wasserrohrkessel von Robert§), der auf der Eisenbahn in Algier im Jahre 1904 angewandt wurde, und der ähnliche Kessel von Strohmann (1914), der auf einer der preussischen D Lokomotiven angewandt wurde§§). Beide Kessel besitzen keine Heizrohre; eine weitere Verbreitung haben sie nicht erhalten.

Schließlich ist der letzte Schritt in dieser Hinsicht der Vorschlag, den Kessel von der Lokomotive gänzlich zu entfernen, indem die Dampfmaschine durch einen Verbrennungsmotor ersetzt wird. Von solchen Thermolokomotiven geringer Leistung (bis 200 PS) arbeiten in Europa bereits über 100 Stück. Was dagegen Leistungen von über 1000 PS betrifft, so gibt es in der ganzen Welt bisher nur eine Lokomotive, die Diesel-elektrische Lokomotive Serie IO<sup>3</sup> Nr. 001, die auf den Bahnen der U. d. S. S. R. arbeitet und bereits etwa 50 000 km zurückgelegt hat.

\*) Die Eisenbahntechnik der Gegenwart I (1912), Seite 232—235.

\*\*\*) Revue Générale. 1896. Februar.

\*\*\*) Railroad Age Gazette. 1909.

†) Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins 1903, Nr. 34—35; Organ 1904, Seite 115.

††) Westnik Obschestwa Technologow. 1909. N. 5. (Nachricht der Technologen-Gesell. 1909, Nr. 5). Injener. (Ingenieur) 1909, Nr. 5). Protokoly XXX Sav. Siesda Tiagi, str. 83. (Protokolle der XXX Betriebstagung, Seite 83.) Zeitschrift des V. D. I. 1911, Seite 296.

†††) The Engineer 1925. II, Seite 370.

§) Revue Générale 1905, I, Seite 237; Organ 1906, Seite 43.

§§) Brückmann. Heißdampflokomotiven 1920, Seite 1057.



Die thermische Vollkommenheit der Lokomotiven. Nach den Versuchen von Clark\*) und Bauschinger\*\*) hatte die Stephenson'sche Dampflokomotive einen Gesamtwirkungsgrad von etwa 4%, d. h. die Dampflokomotiven verwerteten in den sechziger Jahren nur etwa 4% der in dem Brennstoff enthaltenen Wärme. Für moderne Dampflokomotiven sind es 7 bis 9%\*\*\*), Turbolokomotiven erreichen 15% und Thermolokomotiven 27%. Die letztere Zahl bringt die Lokomotiven den besten ortsfesten Anlagen nahe.

Der niedrige Wirkungsgrad aller Wärmemaschinen wird vor allem dadurch bedingt, daß nach dem zweiten Satz der Wärmelehre sogar die ideale Maschine, die nach dem Carnot-Prozess arbeitet, keinen höheren Wirkungsgrad haben kann als das Verhältnis der Temperaturdifferenzen, innerhalb deren die Maschine arbeitet, zu der oberen Grenze, ausgedrückt in absoluten Temperaturen. — Der Carnot-Prozess ist praktisch nicht durchführbar und daher gilt als Ideal für eine Lokomotivmaschine nicht der Carnot-Prozess, sondern der sogenannte praktisch-ideale Prozess, der in dem  $p$ - $v$ -Koordinatensystem aus vier Geraden und Adiabaten besteht. Der Wirkungsgrad dieses Prozesses ist beträchtlich niedriger als der Wirkungsgrad des Carnot-Prozesses und erreicht für Dampflokomotiven, die ohne Kondensation mit zwei- bis vierfacher Expansion arbeiten, 12 bis 17%†).

Der Wirkungsgrad einer wirklichen Maschine ist noch geringer, da bei ihr noch zusätzliche Verluste vorhanden sind, die der idealen Maschine fehlen, und zwar:

1. Verluste im Kessel,
2. Verluste durch Abkühlung der Zylinderwandungen und durch Undichtheiten,
3. Verluste infolge der Unvollkommenheit des Indikator-diagramms,
4. Verluste durch innere Reibung.

Die ersten Dampflokomotiven arbeiteten gänzlich ohne Expansion, infolgedessen betrug ihr idealer Wirkungsgrad nur 7%, d. h. sogar beim Fehlen der Verluste 1. und 4. konnten sie nur 7% der im Brennstoff enthaltenen Energie verwerten. Vom Jahre 1839 ab wurden die Schieber der Dampflokomotiven mit Überdeckung versehen und im Jahre 1842 wurde die erste Kulissensteuerung von Stephenson erfunden und für Lokomotiven angewandt. Dank diesen Verbesserungen begann die Dampflokomotive mit Expansion zu arbeiten und die Verluste in ihrer idealen Maschine wurden bis zu den Grenzen herabgesetzt, die auch heute noch bestehen.

Betreffs des Kessels ist zu sagen, daß außer der Anwendung von Gewölben, die in den vierziger Jahren begann, bis zur letzten Zeit keine wesentlichen Vervollkommnungen an ihm vorgenommen wurden. Lediglich vom Jahre 1905 ab begann man an Dampflokomotiven Vorwärmung des Speisewassers und der dem Brennstoff zugeführten Luft anzuwenden.

Zur Dampfmaschine übergehend, muß bemerkt werden, daß in deren Entwicklung deutlich drei Zeiträume unterschieden werden können. Während des ersten Zeitraums (1860 bis 1885) war das Bestreben der Fachleute darauf gerichtet, die Indikator-diagramme zu verbessern und die innere Reibung zu verringern. Eine wesentliche Verbesserung in dieser Hinsicht sind die Kolbenschieber und die Vergrößerung ihres Hubes. Im zweiten Zeitraum (1885 bis 1920), deren Beginn mit den Arbeiten von Green und seiner Anhänger zusammenfällt, wurde der Kampf mit der inneren Kondensation geführt. In dieser Richtung wurde zuerst die Verbundwirkung vorgeschlagen, dann die Überhitzung, und schließlich beides zusammen. Erst im Laufe

der letzten fünf Jahre sind wir in den dritten Zeitraum eingetreten, der das Bestreben zeigt, den idealen Wirkungsgrad zu erhöhen, wie schon in den vorhergehenden Zeilen ausgedrückt. Hierzu gehört die Anwendung von Kühlern, hohen Drücken und Dampfturbinen.

Die Tatsache, daß Eisenbahningenieure ihre Aufmerksamkeit vor allem auf die Dampfverteilung und die Diagrammverluste richteten, ist kein Zufall. Sie ist bedingt dadurch, daß der Indikator das erste Meßinstrument war, das auf der Dampflokomotive verwendet wurde. Auch heute gibt es noch Ingenieure, die bei der Erprobung von Dampflokomotiven sich hierauf beschränken. Der zweite Apparat, der auf Dampflokomotiven noch in den fünfziger Jahren verwendet wurde, ist die Meßdose. Wassermessungen bei konstanten Arbeitsbedingungen in Laboratorien begann man erst im Jahre 1882 und auf der Strecke im Jahre 1900, das Verdienst des russischen Ingenieurs Borodin\*) und des Verfassers\*\*).

Es wurde lange Zeit angenommen, daß der geringe Wirkungsgrad von Dampflokomotiven bedingt sei durch die Unvollkommenheit der Dampfsteuerung. In der Tat ist es unmöglich, bei der Anwendung von gewöhnlichen Schiebern und Kulissensteuerungen große Expansionen zu erreichen, da das Indikator-diagramm mit Verringerung der Füllung und Erhöhung der Geschwindigkeit verdorben wird. Diese Erscheinung wurde bereits durch Clark\*\*\*) und Bauschinger†) festgestellt, aber die anschaulichsten Beweise erhielt sie durch die Versuche von Desdoutis††), Gofs†††), Nadal§) und des Verfassers§§). Dies erklärt sich dadurch, daß infolge der Grundeigenschaft der Kulissensteuerungen mit Verringerung der Füllung einerseits das Kompressionsverhältnis und die Vorausströmung wächst, wodurch die Diagrammfläche unmittelbar verringert wird, andererseits die Dampfausströmöffnungen verkleinert werden.

Zur Verbesserung der Steuerung von Dampflokomotiven begann man dieselben Mittel anzuwenden wie bei ortsfesten Maschinen. Diese Mittel hatten zum Ziel sowohl eine Erhöhung des Expansionsgrades und eine Vergrößerung der Dampfdurchströmöffnungen als auch eine Verringerung der Kompression und die Unabhängigkeit der Kompression von der Füllung. Der erste Versuch in dieser Richtung war die Anwendung der doppelten Schieber von Meyer und Polonceau auf Dampflokomotiven. Die Versuche wurden in den vierziger Jahren durchgeführt§§§). Die Praxis und die Versuche\*†) lieferten unbefriedigende Ergebnisse. Trotzdem wurde im Jahre 1900 der Polonceau-Schieber auf der Nord-Spanischen Bahn an-

\*) Borodin Lewi. Opytnoe issledowanie nad primeneniem sistemy kompaund i parowych rubaschek k parowosnym maschinam, priswedenoje Ha J. Z. j. d. Kieff 1886. (Borodin und Levi. Experimentelle Untersuchung über die Anwendung der Verbundwirkung und der Dampfventile an Dampflokomotivmaschinen, ausgeführt auf der Süd-West-Bahn. Kieff, 1886.)

\*\*) Lomonossoff. Zel opytow i ich metod. 1914. (Lomonossoff. Zweck und Methode der Versuche. 1914.)

\*\*\*) Clark. Railway Machinery. 1861, Seite 67—68.

†) Bauschinger. Indikatorversuche an Lokomotiven. 1868. Kapitel V.

††) Revue Générale. 1890, I S, Seite 295.

†††) Romanoff. Parowosy. 1900. Str. 544. (Romanoff. Die Dampflokomotiven 1900, Seite 544.)

§) Revue Générale. 1903, I S, Seite 301, 1904, I S, Seite 180, 208, II S, Seite 165, 183.

§§) Opytnoe issledowanie na Ch. N. jd. Str. 195—199. (Lomonossoff. Experimentelle Untersuchung auf der Charkoff-Nikoajeff-Bahn, Seite 195—199.) Lomonossoff. Opyty na Ek j. d. Str. 101—102. Versuche auf der Katharinen-Bahn, Seite 101—102. Lomonossoff. Parowosy  $\Theta$ ,  $\Theta^M$ ,  $\Theta^T$  1924. Str. 79, 182—185. (Die Dampflokomotiven  $\Theta$ ,  $\Theta^M$ ,  $\Theta^T$  1924, Seite 79, 182—185.)

§§§) Romanoff. Parowosy. 1900. Str. 450. (Die Dampflokomotiven 1900, Seite 450.)

\*†) Bauschinger. Indikatorversuche an Lokomotiven 1868.

\*) Clark. Railway Machinery. 1861.

\*\*) Bauschinger. Indikatorversuche an Lokomotiven. 1868.

\*\*\*) The Engineer 1925, I, Seite 550—551, 689.

†) Zeuner. Technische Thermodynamik. 4. Aufl., II, Seite 387.

gewandt\*), wiederum ohne sichtlichen Erfolg. Dies verhinderte nicht, daß Nadal\*\*) im Jahre 1905 eine Lokomotive mit zwei Schiebern an jedem Zylinder, gesondert für Einlaß und Auslaß, baute. Auch diese Bauart erhielt keine Verbreitung.

Es wurde auch mehrfach versucht, an Dampflokomotiven die Corlifs-Steuerung anzuwenden. Von diesen Versuchen sind hervorzuheben die Dampfsteuerungen von Durant und Lencauchez\*\*\*) Bonfond†) und Young†). Die Steuerung von Durant und Lencauchez erhielt in den achtziger Jahren eine gewisse Verbreitung auf der Paris-Orléans-Bahn. Diese Lokomotiven zeigten eine merkliche Brennstoffersparnis, erforderten aber bedeutend mehr Schmierung und wurden häufig auf der Strecke schadhafte. Alle diese Lokomotiven sind bereits außer Dienst gestellt worden. Dasselbe Schicksal hatten auch die Lokomotiven mit Bonfond-Steuerung. Einige Dampflokomotiven mit der Young-Steuerung arbeiten auch jetzt noch in Amerika, aber ohne besonderen Erfolg.

Eine Ventilsteuerung wurde für Dampflokomotiven von Lentz in zwei Bauarten vorgeschlagen: mit senkrechten ††) und mit wagrechten †††) Ventilen. Sie erhielt keine merkliche Verbreitung§). Somit arbeiten auch heute noch 99,9% aller Dampflokomotiven mit derselben Steuerung, wie vor Jahren.

Diese Tatsache kann nicht durch Zufälligkeit und Trägheit der Eisenbahnfachleute erklärt werden. Die Ursache liegt bedeutend tiefer. Die Diagramme, die von Dampflokomotiven mit den erwähnten Steuerungen aufgenommen wurden, sind bedeutend besser, als bei der gewöhnlichen Dampfsteuerung. Trotzdem ergibt die Statistik für diese Dampflokomotiven keine besondere Brennstoffersparnis. Leider haben wir keine genauen Angaben über deren Dampfverbrauch. Zweifellos steigt auch der Dampfverbrauch und zwar gerade wegen der Verbesserung des Indikatordiagramms. Bekanntlich besteht der wirkliche Dampfverbrauch jeder Dampfmaschine aus zwei Teilen: aus dem nützlichen Verbrauch, der durch das Indikatordiagramm bedingt ist, und mit dessen Fläche wächst, und dem zusätzlichen Dampfverbrauch, der durch Undichtheiten und den Einfluß der Wandungen bedingt ist. Infolgedessen wächst mit der Verkleinerung der Diagrammfläche der spezifische Dampfverbrauch und zwar desto stärker, je größer der zusätzliche Verbrauch ist. Dieser ist aber bei den jetzigen Dampflokomotiven sehr gering. Eine ähnliche Untersuchung dieser Erscheinung wurde in der letzten Zeit durchgeführt§§) und zeigte, daß eine gewisse Verschlechterung des Diagramms sogar nützlich ist, da der Verlust der Diagrammfläche durch die Verringerung des Dampfverbrauches reichlich wettgemacht wird. Bei den jetzigen Dampflokomotiven beträgt der gesamte Verlust infolge der Unvollkommenheit der Dampfsteuerung nicht mehr als 2% der in dem Brennstoff enthaltenen Energie und kann sogar negativ sein.

Es sind noch einige Worte zu sagen in bezug auf die Möglichkeit der Vergrößerung des Expansionsgrades bei Dampflokomotiven mit den oben erwähnten Steuerungen, d. h. über die Möglichkeit, mittels der Steuerung die Verluste in der idealen Maschine zu verringern. Dieses Ziel wurde von den Konstrukteuren verfolgt, die in den vierziger bis achtziger Jahren entsprechende Vorschläge machten. Damals schien das Ziel

\*) Revue Générale. 1899, I S, Seite 216.

\*\*) Revue Générale. 1906, I S, Seite 143—146.

\*\*\*) Demoulin. Traité pratique de la machine locomotive. II (1898) Seite 130—145, oder Guédon. Les locomotives nouvelles. 1898, Seite 131—185.

†) Railroad Gazette. 1904, Seite 516.

††) Garbe. Die Lokomotiven der Gegenwart. 1920, Seite 301.

†††) Zeitschrift des V. D. L., 1924, Seite 225.

§) Bei den österreichischen Bundesbahnen hat sie in jüngster Zeit ausgedehntere Anwendung gefunden. Die Schriftleitung.

§§) Lomonosoff. Parowosy  $\Theta$ ,  $\Theta^M$ ,  $\Theta^T$  1924. Seite 109, 211. (Dampflokomotiven  $\Theta$ ,  $\Theta^M$ ,  $\Theta^T$ ).

noch unerfüllbar, z. B. zeigten die Versuche mit den Steuerungen von Durant und Lencauchez, daß die erzielte Brennstoffersparnis hauptsächlich dadurch bedingt war, daß sie mit großer Expansion arbeiteten. Hierzu ist aber nicht nur eine Verbesserung der Steuerung, sondern auch eine Vergrößerung der Dampfzylinder erforderlich. Nun wird es aber schon zur Zeit, bei dem stetigen Wachsen der Leistungen der Dampflokomotiven, immer schwieriger, selbst Dampfzylinder, die für gewöhnliche Expansionsgrade entworfen sind, in dem Umgrenzungsprofil unterzubringen.

Es muß daher festgestellt werden, daß alle aufgezählten Versuche, die Steuerung zu verbessern, jetzt zwecklos sind. Das einzig Nützliche, was in dieser Hinsicht seit Stephenson geschaffen worden ist, ist die beträchtliche Erhöhung des Hubes, also auch der Geschwindigkeit des Schiebers. Der Nutzen dieser Maßnahme war bereits im Jahre 1838 von Woods\*) erkannt worden. Damals war deren Anwendung bei nicht entlasteten Schiebern mit einer beträchtlichen Erhöhung der Reibungsverluste verbunden. Erst seit der Einführung der Kolbenschieber konnten Ricour\*\*) und Churchward\*\*) diese Maßnahme verwirklichen.

Von Kulissensteuerungen werden auf Dampflokomotiven folgende fünf Bauarten verwendet: Stephenson (1843), Gooch (1843), Walschaert-Heusinger (1844), Allan (1856) und Joy (1871), letztere in der ursprünglichen Bauart wie auch in der im Jahre 1891 von Gleb-Koschanski etwas abgeänderten Bauart. Alle diese Umsteuerungen ergeben fast gleiche Dampfverteilung, außer der abgeänderten Joy-Umsteuerung, bei der die Dampfverteilung beträchtlich von dem Federspiel abhängt\*\*\*). In bezug auf Bequemlichkeit der Wartung und Ausbesserung ist die Walschaert-Heusinger Umsteuerung unbedingt die beste. Infolgedessen verdrängte sie in der letzten Zeit alle anderen, sogar in Amerika, wo sich bis jetzt die Stephensonsche Kulisse erhalten hatte.

In bezug auf die Verluste durch innere Reibung wurde im Laufe der 100 Jahre lediglich eine wesentliche Verbesserung eingeführt und zwar die entlasteten Schieber, zuerst Flachschieber, dann Rundschieber. Die entlasteten Flachschieber erhielten in den achtziger Jahren eine weite Verbreitung, die Rundschieber um das Jahr 1900 herum. Nun hängt aber die innere Reibung nicht nur von der Bauart, sondern auch von dem Zustand der Dampflokomotive ab und bei geeigneter Wartung kann der Verlust durch innere Reibung bis auf 1% der in dem Brennstoff enthaltenen Energie herabgesetzt werden.

Wir kommen nun zu den Verlusten durch Kondensation und Undichtheiten. Die Tatsache, daß der wirkliche Dampfverbrauch einer Dampfmaschine stets höher ist, als der durch die Indikatordiagramme angegebene, war bereits Watt und seinen Schülern bekannt. Sie wurde aber erst von Clark im Verlaufe seiner vielen Versuche mit Dampflokomotiven genau festgestellt. Bei der Beurteilung dieser Tatsache bestand zuerst die Ansicht, daß die Differenz zwischen dem wirklichen und dem nützlichen Verbrauch lediglich durch die Undichtheiten herbeigeführt würde. Wenn auch bereits Watt der Gedanke über die Möglichkeit eines Einflusses der Wandungstemperatur des Zylinders auf den Dampfverbrauch†) nicht fremd war, so wurde doch erst durch Clark††) die Ursache des zusätzlichen Dampfverbrauches klar festgestellt. Die Bedeutung der Clark'schen Versuche wurde jedoch durch seine Zeitgenossen nicht richtig gewürdigt. Ebenso unbemerkt blieben auch die Versuche

\*) The Engineer, 1925, I, Seite 711.

\*\*) Revue Générale, 1886, II S., Seite 212.

\*\*\*) Lomonosoff. Opytnoe issledowanie na Ch. N. j. d Seite 21—24. (Experimentelle Untersuchung auf der Charkoff-Nikolajeff-Bahn.

†) Ewing, the Steam Engine, Seite 12.

††) Clark. Railway Machinery. 1861, Kap. V.



von Ysherwood\*) mit Schiffsdampfmaschinen, und erst durch die Untersuchungen von Green\*\*) erhielt die Erklärung des zusätzlichen Dampfverbrauches durch den Einfluß der Wandungen eine weite Verbreitung.

Heute kann man die Tatsache eines starken Wärmeaustausches zwischen dem Dampf und den Wandungen infolge der von vielen Seiten durchgeführten Versuche als bewiesen annehmen. Man kann also annehmen, daß ein Teil des in den Zylinder eintretenden Dampfes auf den Wandungen sich als Tau niederschlägt und somit für die Arbeit verloren geht. Trotzdem bleibt eigentlich immer noch ungeklärt, welcher Teil des zusätzlichen Dampfverbrauchs auf Kosten der Wandungen und welcher auf Kosten der Undichtheiten geht. Die Mehrzahl der Forscher vernachlässigen zur Zeit gänzlich den Einfluß der Undichtheit, indem sie behaupten, daß bei guter Wartung der Maschine Undichtheiten nicht stattfinden dürfen. Diese Anschauung steht im krassen Widerspruch zu den Ergebnissen der bemerkenswerten Versuche von Nicolson und Callendar\*\*\*), die die Undichtheiten durch die Schieber und Kolben gemessen haben und zwar nicht im Ruhezustand, wie das gewöhnlich geschah, sondern während des Laufes.

Es muß darauf hingewiesen werden, daß die Mehrzahl der Untersuchungen über den Einfluß der Wandungen an ortsfesten Maschinen durchgeführt wurde. Die Literatur enthält sehr wenig solcher Angaben in bezug auf Dampflokomotiven. Man muß sogar sagen, daß die Frage des zusätzlichen Dampfverbrauches, die infolge der Clarkschen Versuche zuerst aufgeworfen wurde, diejenigen Ingenieure, die sich späterhin mit der Untersuchung von Dampflokomotiven befaßten, sehr wenig interessierte. Im Laufe von 60 Jahren, die seit den Clarkschen Versuchen verstrichen sind, wurde die Frage des zusätzlichen Verbrauches nur in den Forschungen von Borodin†), Gofs††), Nadal†††) und des Verfassers§) berührt.

Übrigens war die Aufmerksamkeit von Nadal hauptsächlich nicht auf die experimentelle Untersuchung dieser Erscheinung, sondern auf die Schaffung ihrer mathematischen Theorie gerichtet§§). Das prägte sich auch in der Art seiner Untersuchungen aus. Bei seinen bekannten Versuchen mit Personenzuglokomotiven der französischen Staatsbahn hat er die Größe des zusätzlichen Dampfverbrauches überhaupt nicht gemessen, sondern nach einer Gleichung berechnet, die er auf Grund seiner theoretischen Erwägungen aufgestellt hat.

Nun ist aber vom Standpunkt der thermischen Vollkommenheit der Dampflokomotiven der Kondensationsverlust außerordentlich wichtig. Man könnte fast sagen, daß die Entwicklung des Dampflokotivbaues der letzten 80 Jahre, beginnend mit den Versuchen von Crampton, an Dampflokotivzylindern Dampf-mantel anzubringen (1846), bis zu den neuzeitlichen Verbundlokomotiven mit vier Zylindern und Überhitzung, ein ununterbrochener und erfolgreicher Kampf mit diesem Verlust ist.

Es sollen hier einige besonders bemerkenswerte Einzelheiten dieses Kampfes hervorgehoben werden. Wie bereits er-

wähnt, ist der erste Versuch der Anwendung eines Dampf-mantels im Jahre 1846 unternommen worden, allerdings erfolglos. Dann wurde diese Frage im Jahre 1882 von Borodin und Levy auf der russischen Süd-West-Bahn\*) eingehend studiert, wobei diese Untersuchungen nicht nur die von Crampton erzielten Mißerfolge bestätigten, sondern auch eine Erklärung hierfür fanden. Bei Schiffsdampfmaschinen arbeitet die Maschine ununterbrochen während einer längeren Zeit, während im Dampflokotivdienst in Abhängigkeit vom Streckenprofil der Regler alle 10 bis 15 Minuten geschlossen werden muß. Nun kühlen sich aber beim Fahren ohne Dampf die Dampf-mantel rasch ab und bei jedem nachfolgenden Öffnen des Reglers muß eine gewisse zusätzliche Dampfmenge zur Anwärmung des Dampf-mantels verwendet werden. Diese Verluste zur Anwärmung der Dampf-mantel verschlucken im Dampflokotivdienst diejenigen Ersparnisse, die sich in bezug auf die Kondensation ergeben.

Die Verbundwirkung wurde zuerst an den Mallet-Lokomotiven im Jahre 1876 angewandt. Eine weitere Verbreitung erhielt sie erst von der zweiten Hälfte der achtziger Jahre an, hauptsächlich dank der zielbewußten Tätigkeit von v. Borries. Ihm verdanken wir das Aufkommen einer großen Zahl von Zweizylinder-Verbundlokomotiven in Deutschland, Österreich und Rußland. Die erste wissenschaftliche Untersuchung der Verbundlokomotiven wurde im Jahre 1882 von Borodin\*\*) in Rußland durchgeführt. Die Arbeiten von v. Borries\*\*\*) Klein†), Richter††), Leitzmann†††), Brückmann§), Marchi§§), sowie des Verfassers§§§) sind nicht von der gleichen wissenschaftlichen Tiefe und beziehen sich hauptsächlich auf die spätere Zeit.

Alle diese Forscher kamen zu dem Ergebnis, daß die Verbundwirkung bei Dampflokotiven bis zu 20% Brennstoffersparnis ergeben kann, aber nur bei richtiger Wahl der Füllungen im großen und kleinen Zylinder. Bei zwei Zylindern ist dies jedoch nicht immer erreichbar. Außerdem verschlechtert sich bei Zweizylinder-Verbundmaschinen die Wirkung des Blasrohrs, das Tangentialdruckdiagramm wird ungleichmäßiger, und das Getriebe, sowie die Dampfsteuerungen werden an beiden Seiten nicht gleichmäßig abgenutzt\*†).

Dies bewog Borodin bereits im Jahre 1885 zur Tandem-Verbundlokomotive mit vier Zylindern überzugehen. Die Tandemanordnung erhielt außer Rußland noch Verbreitung in Ungarn (1896) und in Amerika auf der Santa Fe-Bahn (1899)\*\*†). In den neunziger Jahren erschienen in Amerika und dann auch in Rußland Lokomotiven nach der Bauart Vauclain. Diese kommt der Tandemanordnung sehr nahe. Bei beiden Ausführungen sind die Kolben der beiden Zylinder unterein-

\*) Injener 1886. (Der Ingenieur.)

\*\*) Injener 1886, Str. 381—388. (Der Ingenieur.) Proceedings of Inst. M. E. 1886, Seite 317.

\*\*\*) Organ. 1880, Seite 220; 1883, Seite 146; 1885, Seite 18, 151; 1889, Seite 56.

†) Organ. 1889, Seite 56.

††) Organ. 1895, Seite 117, 136, 155, 175, 195, 215, 235.

†††) Zeitschrift des V. D. I. 1898, Seite 207.

§) Die Eisenbahntechnik der Gegenwart. I (1897), Seite 235.

§§) Revue Générale. 1904, I S, Seite 85.

§§§) Lomonossoff. Opytnoe issledowanie parowosow kompaund normalnawo tipa, proiswedenoe v. 1898—1900 g. na Ch. N. j. d. Kieff. 1907. (Experimentelle Untersuchung von Verbundlokomotiven der Normaltype, durchgeführt in den Jahren 1898—1900 auf der Charkoff-Nikolajeff-Bahn. Kieff 1907.) Lomonossoff. Opyty na Ex. j. d. Odessa. 1915. Versuche auf der Katharinen-Bahn).

\*†) Lomonossoff. Glawneischie resultaty issledowania parowosow 0—4—0 i 1—4—0, 1913, Seite 60—61. (Die wichtigsten Ergebnisse der Untersuchung der Dampflokotiven 0—4—0 und 1—4—0).

\*\*†) Railway Gazette 1899, Nr. 24; 1900, Nr. 2; American Engineer 1903, Seite 127, 175.

\*) Ysherwood. Experimental researches in Steam Engineering. 1862.

\*\*) Eine Reihe von Aufsätzen in Bulletin de la Société de Mulhouse (1855—1883), ebenso Dwelshouvers-Dery. Etude expérimentale calorimétrique de la machine à vapeur. 1898.

\*\*\*) Minutes of Proceedings of the Inst. of Civil Engineers CXXXI (1898), Seite 147.

†) Injener. 1886. (Der Ingenieur. 1886, Seite 381—388.)

††) Gofs. Tests of the Locomotive at the Laboratory of Purdue University. 1893.

†††) Annales des Mines. 1898, I S, Seite 718.

§) Lomonossoff. Lokotivversuche in Rußland. 1926. Seite 108—116.

§§) Annales des Mines. 1893, Seite 675; 1897 Seite 297; Revue de Mécanique 1900, I, Seite 141, 269, 713; Revue Générale 1901, II S, Seite 211; 1903, Seite 309.

ander starr verbunden und haben nur einen Kreuzkopf. Hierdurch wird das Gewicht der hin- und hergehenden Massen sehr hoch, wodurch ein unruhiger Gang verursacht wird. Die Schieber werden bei der Tandemanordnung auf jeder Seite auf einem Tauchkolben untergebracht, während Vauclain für jede Seite nur einen Schieber hat, der auf zwei Zylinder arbeitet. Unter diesen Verhältnissen ist die Verwendung des vorteilhaftesten Verhältnisses der Füllungen fast unmöglich und die Lokomotiven sind, abgesehen vom unruhigen Gang, auch noch verhältnismäßig unwirtschaftlich.

Die besten Ergebnisse in bezug auf ruhigen Gang, wie auch in bezug auf Brennstoffverbrauch ergeben von allen Verbundlokomotiven die Lokomotiven mit vier Zylindern, von denen zwei außerhalb und zwei innerhalb des Rahmens unter-

gebracht sind\*). Die erste Lokomotive dieser Bauart erschien im Jahre 1885 auf der französischen Nord-Bahn, auf der sie im Verlaufe von sieben Jahren verschiedene Versuchsänderungen und Umbauten erlitt. Im Jahre 1895 wurde diese Type auf der Nordbahn als Normaltype aufgenommen, später auch auf den übrigen französischen Bahnen\*\*). Eine gewisse Verbreitung erhielt diese Anordnung nachher auch in Deutschland, in der Schweiz, in Schweden\*\*\*) und in Rußland auf der Rjasan-Ural-Bahn und Taschkent-Bahn. (Schluß folgt).

\*) Engineering 26—VIII. 98, 10—XI. 99, 2—II. 1909.

\*\*\*) Revue Générale 1898 Sept.; 1902 April; 1908 II. S. Seite 149; 1909 I S. Seite 180 und andere.

\*\*\*\*) Organ 1896 Nr. 3, 4, 5; Zeitschrift des V. D. I. 1908, Seite 567; 1909 Seite 641. Revue Générale 1899, Dezember; 1903, April und andere.

### Zeichnerische Untersuchung der Bogenbeweglichkeit von Eisenbahnfahrzeugen.

Von Dr. Ing. Rudolf Vogel, Direktor der Gesellschaft für Oberbauforschung, Mannheim.

Hierzu Tafel 32 und 33.

Die erforderliche Verschieblichkeit bzw. Spurkranzschwächung von Lokomotivachsen wird von fast allen deutschen und ausländischen Eisenbahnverwaltungen durch das zeichnerische Verfahren von Roy\*) ermittelt. Es ist bekanntlich ein Näherungsverfahren und enthält daher Ungenauigkeiten. Zwar können diese häufig durch geeignete Wahl der Maßstäbe in erträglichen Grenzen gehalten werden, sie werden aber in vielen Fällen so groß, daß der praktische Wert des Verfahrens stark herabsinkt. Die genauesten Werte liefert naturgemäß die Rechnung. Sie ist aber sehr umständlich und auch deshalb mangelhaft, weil die Vorstellung fehlt. Es ist daher vom Verfasser ein genaues zeichnerisches Verfahren gesucht worden. Zum besseren Verständnis sei zunächst das zeichnerische Verfahren von Roy und danach das neue Verfahren beschrieben.

Man denke sich aus Abb. 1, Taf. 32 den Teil B bis B<sub>1</sub> herausgeschnitten. Der Abstand der Schienenfahrkanten ist dadurch auf den Spielraum s zwischen den Spurkränzen und den Schienenfahrkanten zusammengeschmolzen (nach T. V. § 70 nicht unter 10 mm bei Spurweite 1435 mm). Die Lokomotiven erscheinen in der Aufsicht als Striche und ihre Achsen als Punkte. Die Schienenfahrkanten werden als parallel oder — Gleisbögen — konzentrisch verlaufende Linien mit dem Abstand s + Spur-erweiterung dargestellt.

Zusammenstellung 1.

Maßstab für	Grundformeln	b = 1		b = 2		b = 4	
		n = 10	n = 20	n = 10	n = 20	n = 10	n = 20
Breite	$\frac{1}{b}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$
Länge	$\frac{1}{b \cdot n}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{80}$
Halbmesser	$\frac{1}{b \cdot n^2}$	$\frac{1}{100}$	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{800}$	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{1600}$

Zur Erzielung handlicher Zeichnungen und doch gut meßbarer Breitenmaße hat Roy den Breitenmaßstab  $\frac{1}{b}$  und den Längenmaßstab  $\frac{1}{b \cdot n}$  gewählt. Die Gleiskurve wird als Kreisbogen dargestellt, der im Maßstab  $\frac{1}{b \cdot n^2}$  aufgetragen ist. Zusammenstellung 1 gibt einige Zahlenbeispiele für n = 20 und

\*) Baumann, Bewegung der Lokomotiven in geraden Strecken und Bogen. Eisenbahntechnik der Gegenwart. 3. Auflage, 1913, Bd. I, 1, S. 138 ff.

n = 10. In der Regel wird der Längenmaßstab  $\frac{1}{40}$  gewählt, weil er die handlichsten Bildgrößen bringt. Der Breitenmaßstab kann hierfür nach Zusammenstellung 1  $\frac{1}{2}$  oder  $\frac{1}{4}$  sein und der Maßstab des Halbmessers  $\frac{1}{800}$  oder  $\frac{1}{400}$ . Für diese beiden Maßstäbe ist in Abb. 2 und 3, Taf. 32 eine Lokomotive der früheren Gattungsbezeichnung K (Württ.), jetzt G. 67.16, in einem Bogen von 180 m Halbmesser mit s = 10 mm Spielraum und s<sub>e</sub> = 20 mm Spurerweiterung dargestellt. Der Bogenaußenhalbmesser errechnet sich nach der Formel  $\frac{R}{b \cdot n^2} + \frac{\frac{1}{2}s}{b}$  zu 227,5 bzw. 451,25 mm; der Innenhalbmesser nach der Formel  $\frac{R}{b \cdot n^2} - \frac{\frac{1}{2}s + s_e}{b}$  zu 212,5 bzw. 443,75 mm. Steht ein Stangen-zirkel nicht zur Verfügung, dann müssen die Kurvenpunkte rechnerisch ermittelt werden, da Kurvenhölzer für zuverlässige Darstellungen in der Regel zu ungenau sind. Man errechnet am besten die Ordinaten für die Gleisachse. Sie sind für die Abb. 2 und 3, Taf. 32 aus Zusammenstellung 2, Zeile 2 und 3, zu ersehen.

In den Abb. 4 und 5, Taf. 32 ist die gleiche Lokomotive im gleichen Bogen 180 nach dem genauen zeichnerischen Verfahren dargestellt. Hier sind nur zwei Maßstäbe angewendet, und zwar  $\frac{1}{b}$  für die Breiten und  $\frac{1}{b \cdot n}$  für die Längen. Der Gleisbogen erscheint als Ellipsenbogen, dessen Krümmungshalbmesser folgendermaßen berechnet werden:

1. Krümmungshalbmesser  $\rho = \frac{(B^4 \xi^2 + A^4 \eta_0^2)^{3/2}}{A^4 B^4}$ .

2. Ellipsengleichung  $\frac{\xi^2}{A^2} + \frac{\eta_0^2}{B^2} = 1$ ; darin bedeuten  $\xi$  und  $\eta_0$  die Koordinaten des jeweiligen Kurvenpunktes im Zeichnungsmaßstab, bezogen auf den Ellipsenmittelpunkt;

$A = \frac{R}{b \cdot n}$ ;  $B = \frac{R}{b}$ ; daraus ergibt sich:

$\rho = \frac{R}{b \cdot n^2} [1 + \xi^2 \cdot C]^{3/2}$ , worin  $C = \frac{b^2 \cdot n^2 (n^2 - 1)}{R^2}$

ist. Aus dieser einfachen Formel lassen sich die Krümmungshalbmesser genau genug mit dem Rechenschieber ermitteln. Sie sind in Zusammenstellung 3 für eine Reihe von Kurvenpunkten der Halbmesser 180, 190 und 200 m in den Maßstäben  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{40}$  und  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{40}$  angegeben. Die Scheitelhalbmesser stimmen mit den Bogenhalbmessern des Royschen Verfahrens überein.



Zusammenstellung 2.  
Alle Maße in Millimetern.

Lfd. Nr.	Maßstäbe	Abszissen und Ordinaten in den Punkten	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1 a	Wirklichkeit: M 1 : 1	Abszissen	x	1600	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000
2 a	Abb. 2 bis 5, Taf. 32 $\frac{1}{b \cdot n} = \frac{1}{2 \cdot 20} = \frac{1}{4 \cdot 10} = \frac{1}{40}$		$\xi = \frac{x}{40}$	25	50	75	100	125	150	175	200	225
1	Wirklichkeit: M. 1 : 1	Ordinaten für R = 180000 mm	$y = \frac{x^2}{2R} = \frac{x^2}{360000}$	2,8	11,1	25,0	44,4	69,4	100,0	136,1	177,8	225,0
2	Abb. 2, Verfahren Roy $\frac{1}{b} = \frac{1}{2}; \frac{1}{bn} = \frac{1}{40}; \frac{1}{bn^2} = \frac{1}{800}$		$\eta = \frac{R}{800} - \sqrt{\left(\frac{R}{800}\right)^2 - \left(\frac{x}{40}\right)^2}$	1,4	5,6	12,9	23,4	37,9	57,3	83,6	124,2	225,0
3	Abb. 3, Verfahren Roy $\frac{1}{b} = \frac{1}{4}; \frac{1}{bn} = \frac{1}{40}; \frac{1}{bn^2} = \frac{1}{400}$		$\eta = \frac{R}{400} - \sqrt{\left(\frac{R}{400}\right)^2 - \left(\frac{x}{40}\right)^2}$	0,7	2,8	6,3	11,2	17,7	25,7	35,4	46,9	60,3
4	Abb. 4, Neues Verfahren $\frac{1}{b} = \frac{1}{2}; \frac{1}{bn} = \frac{1}{40}$		$\eta = \frac{y}{b} = \frac{y}{2}$	1,4	5,6	12,5	22,2	34,7	50,0	68,1	88,9	112,5
5	Abb. 5, Neues Verfahren $\frac{1}{b} = \frac{1}{4}; \frac{1}{bn} = \frac{1}{40}$		$\eta = \frac{y}{b} = \frac{y}{4}$	0,7	2,8	6,3	11,1	17,4	25,0	34,0	44,4	56,3

Zusammenstellung 3.

Halbmesser m	Maßstab		$\frac{b^2 n^2 (n^2 - 1)}{R^2} = C$	Krümmungshalbmesser $\rho$ in Millimetern bei															
	Länge	Breite		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	180	190	200
	1 : b · n	1 : b		Meter Entfernung von der Bogenmitte												Grenzwerte			
180	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{2}$	0,00001970	225	230	242	263	295	336	390	457	538	635	750	884	1039	1 800 000	—	—
		$\frac{1}{4}$	0,00000489	450	452	458	468	482	501	525	554	588	627	671	721	777	450 000	—	—
190	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{2}$	0,00001768	237	241	253	273	302	341	391	453	528	618	724	848	991	—	1 900 000	—
		$\frac{1}{4}$	0,00000439	475	477	483	493	507	525	547	574	604	640	682	730	784	—	475 000	—
200	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{2}$	0,00001596	250	253	264	283	311	348	395	453	523	607	706	820	949	—	—	2 000 000
		$\frac{1}{4}$	0,00000396	500	502	507	516	529	547	568	593	623	658	697	741	790	—	—	500 000

Von der Gleisachse aus wird auf jeder Ordinate (nicht etwa senkrecht zur Tangente an den Kurvenpunkt!) nach oben das Maß  $\frac{s}{2b}$  nach unten  $\frac{s}{2b} + \frac{s_e}{b}$  abgetragen. Die Verbindungskurven dieser Punkte ergeben die beiden Fahrkanten. Streng genommen müßte man die Spurmäße in Richtung der Normalen auftragen. Die Abweichungen sind aber so gering (0,04 mm in Ordinate 10), daß die Abtragung auf der Ordinate vollauf genügt. Die Achspläne der Lokomotiven werden auf einer Parallelen zur Grundlinie im Maßstab 1 : 40 aufgetragen und die Achspunkte parallel zu den Ordinaten auf die Kurven projiziert. Stehen die Lokomotiven in der Kurve geneigt zur Grundlinie, dann erscheinen die Achsabstände vergrößert. Streng genommen müßte man diese Schiefstellung in natürlichem Verhältnis (Längen- und Breitenmaßstab 1 : 40) im Achsplan einbessern. Die Veränderung der Längenmaße ist aber selbst bei der in Abb. 11, Taf. 32 dargestellten starken

Schiefstellung so gering, daß man sie praktisch vernachlässigen kann.

Der Spielraum  $s$  zwischen den Spurkränzen und Schienenfahrkanten im Gleis mit 1435 mm Spurweite ist in den Abb. 4 und 5, Taf. 32 mit 11 mm angegeben, während bisher 10 mm Spielraum angenommen wurden. Das in den T. V. § 70 angegebene Maß von 10 mm ist zwischen der Fahrkante (14 mm unter SO) und dem Spurkranz (10 mm außerhalb des Laufkreises) gemessen. Die tatsächliche seitliche Bewegungsmöglichkeit des Fahrzeugs ist aber größer und zwar nach Abb. 6, Taf. 32 zwischen senkrecht stehenden Schienen 11 mm und nach Abb. 7, Taf. 32 zwischen 1 : 20 geneigt stehenden Schienen 12 mm. Für die Kurvenbeweglichkeit der Fahrzeuge ist der tatsächliche Spielraum zwischen senkrecht stehenden Schienen (in Weichen) maßgebend, daher ist der Spielraum von 11 mm den Abb. 6 und 7, Taf. 32 zugrundegelegt. Es sei aber darauf aufmerksam gemacht, daß diese 11 mm nicht den kleinsten vor-

kommenden Spielraum darstellen. Da in den T. V. § 70 vorgeschrieben ist, daß der Spielraum »mindestens« 10 mm groß sein muß, wird meistens angenommen, daß dies für den größtzulässigen lichten Abstand der Räder von 1363 mm gilt. Tatsächlich gilt das Maß 10 mm aber für den normalen lichten Abstand von 1360 mm. Der kleinste vorkommende Spielraum ist daher nach der vorschriftsmäßigen Messung 7 mm und die kleinste Bewegungsmöglichkeit 8 mm. Da aber bei den Untersuchungen der Bogenbeweglichkeit das Spiel in den Achslagern, der Spielraum zwischen den Klemmplatten und Schienen und die elastische Nachgiebigkeit der Schienen und der Fahrzeuge, die alle im Sinne einer Spurerweiterung wirken, unberücksichtigt bleiben, kann auch die zulässige Abweichung des lichten Abstandes der Räder unbedenklich außer Betracht bleiben, zumal sie bei Lokomotiven sehr selten vorkommt und dann höchstens 1 mm beträgt.

Es ist nun noch zu untersuchen, ob der Spielraum durch den sogenannten Spurkranzübergreif verkleinert wird. Der größte Anlaufwinkel einer Achse kommt bei der Rückwärtsfahrt der Lokomotive K (Württ.) G. 67.16 vor. Er beträgt für die letzte Achse im Bogen 140 mit 24 mm Spurerweiterung bei neuen Rädern und Schienen im Höchstfall rund 2°.

Durch Auftragung in fünffacher Vergrößerung kann man feststellen, daß das Maß  $d$  in Abb. 8 von  $e$  gar nicht meßbar verschieden ist, also das Seitenspiel auch nicht verringert wird. Damit fällt auch die Notwendigkeit fort, die Vorverlegung des Berührungspunktes um  $c = a - b = 40 - 25 = 15$  mm zu berücksichtigen. Merkbar werden aber die Unterschiede, wenn man prüfen will, ob auch nach höchstzulässiger Abnutzung der Schienen und namentlich der Räder das erstrebte Anlaufen mehrerer Achsen an der Aufschiene bei dem gewählten Achspiel noch zutrifft. Die Vorverlegung des Berührungspunktes ( $c$ ) ist hier sehr viel größer, zumal der Anlaufwinkel auch wächst. Berücksichtigt man aber bei diesen Untersuchungen die dauernden und elastischen Verbiegungen der Schienen und die gewöhnlich eingetretene Abnutzung der Schienenbefestigungsmittel in der Darstellung nicht, dann ist die Verringerung des Spiels in der Regel schon ausgeglichen. Bleibt doch ein kleiner Rest, dann kann das Resultat höchstens etwas zu ungünstig ausfallen, was in diesem Falle nicht schadet. Man kann also bei allen Untersuchungen die Schiefstellung der Achsen außer Betracht lassen.

Ein Vergleich der Abb. 2 und 3, Taf. 32 mit Abb. 4 und 5, Taf. 32 zeigt, daß die Genauigkeit des Royschen Verfahrens sehr stark vom Maßstab abhängt, das neue zeichnerische Verfahren dagegen nicht. Die Maßunterschiede zwischen Abb. 2 und 3, Taf. 32 sind so bedeutend, daß von vornherein der Maßstab in Abb. 2, Taf. 32 als ungeeignet zu erkennen ist. Damit ist man aber auf das Abgreifen der Breiten im Maßstab 1:4 (Abb. 3, Taf. 32) angewiesen, was sehr genaues Zeichnen voraussetzt oder man muß die Bilder doppelt so groß zeichnen. Im übrigen zeigt aber ein Vergleich der Abb. 3, Taf. 32  $\left(\text{Roy } M \frac{1}{4}, \frac{1}{40}, \frac{1}{400}\right)$  mit Abb. 4 und 5, Taf. 32, daß die Abstände der Achsen II bis VII von den Fahrkanten in beiden Fällen nahezu übereinstimmen, daß also das Roysche Verfahren für diese Achsen als genau genug bezeichnet werden kann. Für Achse I ergeben sich aber größere Unterschiede. Bisher wurde allgemein der Ausschlag der Bissel- und Adamachsen durch einen Kreisbogen um den Deichselmittelpunkt und Messung des Ausschlages senkrecht zur Lokomotivachse ermittelt. Nach Abb. 3, Taf. 32 sollte der Ausschlag 90 mm groß sein, tatsächlich muß er aber (Abb. 4 und 5, Taf. 32) 98 mm betragen. Zweifelloß war beabsichtigt, daß in den häufig vorkommenden Bogen von 180 m Halbmesser auch noch nach einiger Abnutzung der Schienen und Spurkränze die erste und zweite Achse der siebenachsigen Lokomotive aufsen anlaufen; der Ausschlag wurde daher 95 mm groß gewählt. Abb. 4 und 5, Taf. 32 zeigen jedoch, daß bei

diesem Ausschlag nur die Bisselachse voll aufsen anlauft, die Achse II dagegen höchstens ihre eigene Querverschiebung übernimmt, nicht aber einen Teil von den anderen Kuppelachsen. Auch an anderen Lokomotiven wurde in der Praxis festgestellt, daß der Kreisbogen um den Deichselmittelpunkt zu kleine Ausschläge ergibt. Daher hat Prof. Baumann empfohlen, den Ausschlag in der Senkrechten zur Lokomotivachse im Achspunkt zu messen. Nach Abb. 3, Taf. 32 ergibt sich bei dieser Meßart ein Ausschlag von 102 mm, also 4 mm mehr, als nach Abb. 4 und 5, Taf. 32. Da dieses zu große Maß schwerlich als schädlich bezeichnet werden kann, ist das Roysche Verfahren im Maßstab  $\frac{1}{4}, \frac{1}{40}, \frac{1}{400}$  mit der Baumanschen Ver-

besserung auch für Achse I und damit für Untersuchung auch so langer Lokomotiven wie K (Württ.) in Bogen von 180 m als genügend genau anzusprechen.

Der Wert des Royschen Verfahrens verliert aber stark, wenn mehrere Fahrzeuge hintereinander untersucht werden sollen. Die Kupplung der Lok. K (Württ.) mit einem Tender in Rückwärtsfahrt ist in Abb. 9, Taf. 32 nach dem Royschen Verfahren  $M \frac{1}{4}, \frac{1}{40}, \frac{1}{400}$  in bisheriger Zeichnungsweise (Kreisbogen), in

Abb. 10, Taf. 32 nach dem Royschen Verfahren  $M \frac{1}{4}, \frac{1}{40}, \frac{1}{400}$  in Baumanscher Zeichnungsweise (Senkrechte auf der Lokachse) und in Abb. 11, Taf. 32 nach dem neuen Verfahren  $M \frac{1}{2}, \frac{1}{40}$

dargestellt. In Abb. 9, Taf. 32 erscheinen Lokomotive und Tender, der Wirklichkeit widersprechend, ineinandergeschoben und in Abb. 10, Taf. 32 auseinandergezogen, dagegen in Abb. 11, Taf. 32 wirklichkeitsgetreu. Der Ausschlag der Kuppelstange in Höhe des Lokomotivendes ist nach Abb. 9, Taf. 32 64 mm groß, nach Abb. 10, Taf. 32 45 mm und nach Abb. 11, Taf. 32 42 mm. Man sieht daraus, daß auch hier die Baumansche Konstruktionsart einen hohen Genauigkeitsgrad hat. Er ist aber wiederum geringer, wenn man den Ausschlag der Kuppelstange zur Tenderachse in Höhe des Tenderendes mißt. In Abb. 9, Taf. 32 weicht das Maß des Ausschlages nur um 10% von Abb. 11, Taf. 32 ab, in Abb. 10, Taf. 32 aber 40%. Rechnerische Nachprüfung ergibt, daß keine der beiden Royschen Zeichnungsweisen, sondern nur das neue Verfahren genaue Werte liefert. Aus diesen Zeichnungen sind sowohl die Winkel der Kuppelstange zu Lok. und Tender, als überhaupt alle Winkel, auch die Anlaufwinkel der einzelnen Achsen, sehr leicht und zuverlässig abzulesen.

Bei kleineren Halbmessern und vor allem bei Untersuchung von Lokomotiven in Zungenvorrichtungen tritt der höhere Genauigkeitsgrad des neuen Verfahrens besonders klar in Erscheinung. Das zeigt ein Vergleich der Abb. 1 und 2, Taf. 33  $\left(\text{Roy } \frac{1}{4}, \frac{1}{40}, \frac{1}{400}, \text{ neues Verfahren } \frac{1}{2}, \frac{1}{40}\right)$ , welche die Einheitslokomotive 2 C 2 (ähnlich Lokomotive T 18, nur mit 70 mm Ausschlag der Drehgestelle) in einer Zungenvorrichtung der preussischen Weiche 140 1:7 darstellen. Nach Abb. 1, Taf. 33 Roy soll die Achse V bei Vorwärtsfahrt um 12 mm zwängen, tatsächlich (Abb. 2, Taf. 33) zwingt sie in günstigster Stellung der Lokomotive nur 5 mm. Man könnte nun sagen, daß das Roysche Verfahren danach also etwas zu ungünstige Werte bringe, also keinesfalls schaden könne. Es liegt aber darin eine indirekte Gefahr: In der Praxis wird man feststellen, daß die Lokomotive ohne starke Schäden für die Zungenvorrichtung die Weiche befahren kann. Man folgert daraus, daß eine Zwängung von 12 mm unschädlich ist und läßt sie deshalb vielleicht auch in einer Weiche mit 190 m Halbmesser zu, beispielsweise in einem gekrümmten Herzstück. Die Zeichnung nach dem Royschen Verfahren ist aber für diesen Halbmesser und für den



gewöhnlichen Bogen ziemlich genau. Die Folge davon ist, daß man hier dann tatsächlich eine Zwängung von 12 mm erhält und damit das Gleisgestänge und die Lokomotiven zu hohen Beanspruchungen aussetzt.

Sehr auffallend treten die Ungenauigkeiten des Royschen Verfahrens auch bei Ermittlung der Pufferausschläge zwischen Drehgestellwagen in S-Bogen in Erscheinung. Nach Abb. 3, Taf. 33  $\left(\text{Roy } \frac{1}{10}, \frac{1}{100}, \frac{1}{1000}, \text{ also für } n = 10\right)$  ergibt sich ein Pufferausschlag von  $168 + 178 = 346$  mm zwischen 2 D-Zug-Wagen von 20,610 m Länge in S-Kurve 180 mit 6 m Zwischengerade, während der tatsächliche Ausschlag (Abb. 4, Taf. 33 neues Verfahren  $\frac{1}{5}, \frac{1}{100}$ , also für  $n = 20$ ) nur  $144 + 154 = 298$  mm groß ist. Die Überdeckung der 450 mm breiten Pufferscheiben ist also in Wirklichkeit fast 50% größer, als nach dem Royschen Verfahren zu erwarten ist. Bei S-Bogen ohne Zwischengerade ist der Unterschied noch größer. Für Abb. 3, Taf. 33 ergibt sich ein Pufferausschlag von  $193 + 203 = 396$  mm, für Abb. 4, Taf. 33 aber nur von  $169 + 179 = 348$  mm. Das entspricht einer fast 100% besseren Überdeckung der Pufferscheiben. Offenbar ist diese starke Ungenauigkeit des Royschen Verfahrens bei so langen Fahrzeugen bekannt, da die Pufferausschläge allgemein durch Rechnung ermittelt werden. Diese Rechnung ist aber außerordentlich umständlich und hat den Mangel, daß die ungünstigsten Stellungen der Fahrzeuge zueinander (Maximalausschläge) nicht mit Sicherheit festgestellt werden können. Das genaue zeichnerische Verfahren bedeutet daher eine wesentliche Arbeitersparnis; tagelange Rechnung wird durch Zeichenarbeit von wenigen Stunden ersetzt. Weiterhin entsteht der Vorteil der besseren Vorstellung und damit des leichteren Vermeidens von Irrtümern.

Das Ergebnis des Vergleiches zwischen dem Verfahren von Roy und dem neuen zeichnerischen Verfahren kann kurz dahingehend zusammengefaßt werden: sollen einzelne Fahrzeuge von mittlerer Länge in flachen Kurven untersucht werden, dann ist das Roysche Verfahren für  $n \leq 10$  genau genug. In kleineren Halbmessern (unter 180 m), in Zungenvorrichtungen und bei Untersuchungen langer und gekuppelter Fahrzeuge ist aber das neue zeichnerische Verfahren vorzuziehen. Da nun selbst der eingearbeitete und erst recht der ungeübte Konstrukteur sehr schwer beurteilen kann, in welchen Fällen das Roysche Verfahren genügenden Genauigkeitsgrad besitzt, wird empfohlen, das neue Verfahren allgemein anzuwenden. Es zeichnet sich — abgesehen von dem großen Genauigkeitsgrad und der Unabhängigkeit desselben vom Maßstab — durch die Klarheit der Verzerrung aus. Es sind stets nur 2 Maßstäbe vorhanden, einer für die Längen und einer für die Breiten. Der häufige und selbst älteren Konstrukteuren unterlaufende Irrtum beim Royschen Verfahren, die falsche Errechnung des dritten Maßstabes für die Kurve, wird vermieden. Freilich hat das neue Verfahren — wie alles — auch seine Schattenseite: die Auftragung der Kurven erfordert etwas Mehrarbeit. Diese läßt sich aber durch Zuhilfenahme von Tabellen (Ausarbeitung der Zusammenstellungen 2 und 3 für alle in Frage kommenden Halbmesser) so herabdrücken, daß sie gar nicht mehr ins Gewicht fällt, sich jedenfalls im Hinblick auf die gewonnenen Vorteile sehr wohl lohnt. So häufig werden ja die Untersuchungen nicht vorgenommen, daß die etwaige Mehrarbeit auf die Dauer unerträglich werden könnte.

Es seien nun noch einige Beispiele für Einstellung von Lokomotiven in Gleisbögen mit verschiedener Spurerweiterung gegeben. Abb. 5, Taf. 33 stellt eine Lokomotive T 18 (Pt 37.17) im Bogen von 300 m mit Spurerweiterung  $s_0 = 18$  mm, Abb. 6, Taf. 33 in Bogen von 190 m mit  $s_0 = 21$  mm und Abb. 7, Taf. 33 in Bogen von 140 m mit  $s_0 = 24$  mm dar. Die Abb. 8 und 9, Taf. 33 zeigen die gleiche Lokomotive im Bogen von 300 m ohne Spurerweiterung und

in Bogen 190 mit  $s_0 = 6$  mm. Es ist zu erkennen, daß die Lokomotive T 18 in keinem der dargestellten Bögen zwängt. Eine Zwängung würde entstehen, wenn die erste Kuppelachse (III) an der Innenschiene anläuft. Beispielsweise würde in einem Bogen von 140 m mit 18 mm Spurerweiterung und in einem Bogen 190 ohne jede Spurerweiterung theoretisch eine Zwängung um je 0,5 mm entstehen. Tatsächlich erfolgt auch bei so geringer Spurweite noch keine Zwängung, da das Spiel in den Achslagern bei der Darstellung nicht berücksichtigt ist. Voraussetzung ist dabei naturgemäß, daß das Gleis ganz einwandfrei liegt. Man muß aber mit ungenauer Gleislage rechnen, weshalb sich eine Spurerweiterung von 5 bis 6 mm im Bogen von 190 m und von 24 mm Erweiterung im Bogen 140 für Lokomotive T 18 empfiehlt. Für die freie Strecke ist für die Lokomotive T 18 in Bögen von 190 m vielleicht sogar eine Erweiterung von etwa 10 mm zu erwägen, weil freies Gleis sich leicht etwas verwerfen kann. Für Weichen, deren Bogenschienen durch die auf den gleichen Schwellen befestigten geraden Schienen versteift sind und mit Hilfe des geraden Stranges genau verlegt werden können, genügt aber eine Erweiterung von 6 mm für die Lokomotive T 18 vollauf. Mit etwaigen gleichwohl auftretenden Verwerfungen, die auch gleichzeitig eine gut sichtbare Verwerfung des geraden Stranges im Gefolge haben müßten, braucht erst gerechnet zu werden, wenn das Gleis stark befahren ist, wenn also die Spielräume zwischen Klemmplatten, Schienen und Schwellenlöchern voll ausgenutzt und die Aufsenschienen etwas abgenutzt sind. Das bedeutet wiederum eine Spurerweiterung, also Vergrößerung des Abstandes der Achse III von der Innenschiene. Eine Gefahr der Zwängung besteht daher für Lokomotiven T 18 in Weichenbögen von 190 m mit 6 mm Spurerweiterung keinesfalls. Weichenbögen mit  $R \geq 215$  m Halbmesser benötigen überhaupt keine Spurerweiterung mehr für Lokomotive T 18. Abb. 8, Taf. 33 zeigt, daß in Bögen von 300 m ohne Spurerweiterung die Achse III schon außen anläuft, daß also für Lokomotive T 18 die Spurerweiterung von 18 mm (Abb. 5, Taf. 33) vollkommen überflüssig ist. Selbst wenn man in Bögen 190 eine Erweiterung von 21 mm für nötig halten sollte, ist für 300 m Halbmesser eine Spurerweiterung nicht erforderlich, da die Achse III in beiden Fällen fast gleich weit von der Innenschiene absteht. Wenn jemand behaupten würde, daß die Spurerweiterung von 18 mm im Bogen von 300 m für Lokomotive T 18 unbedingt nötig sei, dann müßte er, um logisch zu sein, das Befahren der Bögen unter 250 m Halbmesser mit 24 mm Erweiterung durch Lokomotive T 18 überhaupt verbieten. Die Erfahrung lehrt aber, daß auch Bögen von 140 m Halbmesser mit 24 mm Spurerweiterung von Lokomotive T 18 anstandslos befahren werden können. Voraussetzung ist dabei jedoch, daß nicht an irgend einer Stelle des Bogens eine Spurerengung oder gar ein Knick mit gleichzeitiger Spurerengung vorkommen. Ersteres ist der Fall am mittleren Herzstück der preussischen Doppelweiche 1:7, letzteres in den Zungenvorrichtungen aller gebräuchlichen Weichen 1:7. Abb. 2, Taf. 33 zeigt, daß bei nur 40 mm Ausschlag der Drehgestelle, wie ihn die Lokomotive T 18 hat, eine Zwängung von 35 mm für Achse V entsteht (Darstellung nur für 70 mm Ausschlag). In der Praxis wird auch diese große Zwängung den Lokomotiven und dem Gleisgestänge zugemutet (Weichen 1:7 liegen sogar vor Lokomotivschuppen) und — es geht; allerdings ist die Spurweite an den Zungenspitzen kaum zu halten, man wird sich daher hüten, solche Zwängungen zu verallgemeinern. Nun könnte man einwenden, daß die Weichen 1:7 nur mit geringeren Geschwindigkeiten befahren werden, als die Weichen mit 190 m Halbmesser, die engere Spurweiten erhalten sollen. Es ist nicht zu verkennen, daß die Einwirkungen plötzlicher Zwängungen auf das Gleisgestänge und den Lokomotivrahmen mit zunehmender Geschwindigkeit verstärkt werden. Andererseits ist aber bekanntlich die Entgleisungsgefahr bei schnell fahrenden Lokomotiven geringer, als bei langsam fahrenden. Im übrigen gibt es in

vorhandenen, seit Jahrzehnten in Benutzung stehenden Anlagen auch Beispiele genug für Zwängungen in Bögen 190 und zwar nicht nur bei Verschiebewegungen. So erfolgt am mittleren Herzstück der preussischen Doppelweiche 1 : 9 eine Zwängung der Lokomotive T 18, Achse III, um 1,3 mm. Hier ist die Spurerweiterung von 15 mm gegenüber der Herzstückrille auf 5 mm verringert (Abb. 10, Taf. 33). Die Verengung erfolgt beiderseits auf 1000 mm Länge. Die innen anlaufende Achse V steht also in der Spurweite  $1435 + 15 = 1450$  mm, während die Achse III in der Spurweite  $1435 + 5 = 1440$  mm steht. Die Folge davon ist, daß die Achse III nicht nur innen anläuft, sondern sogar das Bestreben hat, um 1,3 mm weiter nach innen zu stehen, also zwängt. Würde die Spurweite gleichmäßig 1440 mm groß sein, dann würde die Achse III an jeder Stelle 2,7 mm Abstand von der Innenschiene haben, also ohne Drängen durchlaufen. Die Drängung von 1,3 mm wird man mit Recht praktisch als bedeutungslos bezeichnen können, da sie allein durch das Spiel in den Achslagern, ferner durch elastische Nachgiebigkeit der Schienen und des Lokomotivrahmens unschädlich wird. Es ist aber an dieser Stelle eine bedeutend größere Zwängung vorhanden, nämlich für die Triebachse (IV) in der Herzstückrille. Da diese nur 49 mm weit ist und die Lokomotive infolge der größeren Spurweite vor dem Herzstück sehr schräg steht, wird die Triebachse mit abgedrehtem Spurkranz um 17 mm gezwängt. Dieses Herüberdrücken der Achse erfolgt noch dazu unter einem sehr steilen Winkel (etwa  $9^\circ$ ), so daß sie bei großer Geschwindigkeit als harter Schlag fühlbar wird und sowohl die Herzstückschrauben als auch den Lokomotivrahmen außerordentlich stark beansprucht. Man erkennt hieraus, daß gekrümmte Herzstücke für 190 m Halbmesser nur dann mit Vorteil zu verwenden sind, wenn die Spurweite im ganzen Bogen gleichmäßig verringert und außerdem die Rillenweite im Herzstück vergrößert und mit schlanken Einläufen versehen wird. Je größer der Halbmesser ist, desto kleiner kann die Rillenweite sein. Es würde zu weit führen, hier die Vorteile der vielseitigen Verwendung gekrümmter Herzstücke zu schildern. Es sei auf die Aufsätze des Verfassers, Verkehrstechnische Woche 1925, Nr. 26 bis 29 verwiesen und nur noch erwähnt, daß inzwischen eine Gleisverbindung für 450 m Halbmesser ohne Spurerweiterung mit mehreren gekrümmten Herzstücken, sowie mehrere Weichen 190 mit 8 mm Spurerweiterung und gekrümmten Herzstücken in Betriebsgleisen verlegt worden sind und sich ganz vorzüglich befahren.

Daß man nicht die geringsten Bedenken zu haben braucht, die Achse III der Lokomotive T 18 nahe an die Innenschiene herankommen zu lassen, geht auch aus folgendem hervor: es gibt eine Lokomotive im Bereiche der ehemaligen preussischen Staatsbahnverwaltung, deren erste feste Achse sogar bei 21 mm Spurerweiterung im Bogen von 190 m innen anläuft. Das ist die Lokomotive S 10<sup>1</sup> (S. 35.17). Sie hat nach Abb. 11, Taf. 33 auch nur 40 mm Ausschlag im Drehgestell, wie die Lokomotive T 18, aber sehr große Achsabstände (fester Achsstand entgegen der Vorschrift 4600 mm). Steht die S 10<sup>1</sup> im Spielfgang, dann wird die Achse III (bei neuen Rädern und Schienen) um 0,4 mm gezwängt. Praktisch finden diese 0,4 mm ihren Ausgleich im Spielraum der Achsen. Auch drängt der Tender das Lokomotivende etwas nach außen, also nach der Sehnenstellung zu. In Bögen von 190 m mit gleichmäßig 21 mm Spurerweiterung fährt also die S 10<sup>1</sup> noch ganz gut, dem Verfasser ist auch nicht bekannt geworden, daß Strecken-Gleisbögen durch die Lokomotive S 10<sup>1</sup> zu stark beansprucht werden. Nun ist aber in Weichen 1 : 9 in der Zungenvorrichtung nur 15 mm Spurerweiterung vorhanden, an der Zungenspitze sogar nur 10 mm. Dazu kommt die Überschneidung der Zungen, die zwar beim Fahren gegen die Spitze nicht zu Zwängungen führt, wohl aber beim Ausfahren aus der Zungenvorrichtung. Die Zwängung ist schon in Weichen 1 : 9 recht beträchtlich, in Weichen 1 : 7 aber ungeheuerlich.

In Doppelweichen 1 : 9 wird der Strang, in dem das gekrümmte Herzstück liegt, überhaupt nicht um mehr als 15 mm erweitert, gegenüber dem Herzstück sogar nur um 5 mm. Die Zwängung beträgt nach Abb. 12, Taf. 33 nicht weniger als 14 mm für Achse III und 26 mm für Achse IV. Dabei sind diese Weichen nicht etwa für Lokomotiven S 10<sup>1</sup> verboten, sie werden sogar von geschlossenen Zügen sehr häufig befahren. Die Lokomotive S 10<sup>1</sup> trägt darnach offenbar vorwiegend zur Überbeanspruchung der Weichen und deren frühzeitiger Zerstörung bei, ja man muß sie sogar als betriebsgefährlich bezeichnen. Da gibt es nur ein Mittel: Umbau der Lokomotiven S 10<sup>1</sup>. Da nur etwa 300 Lokomotiven dieser Bauart vorhanden sind, können die Kosten nicht sehr erheblich sein. Sie lohnen sich auf alle Fälle im Hinblick auf die Schonung der großen Zahl der von ihr gefährdeten Weichen. Im übrigen erschließt der Umbau dieser Lokomotivgattung die Möglichkeit, durch weitgehendste Verwendung gekrümmter Herzstücke eine bedeutend wirtschaftlichere Gleisentwicklung zu erzielen. Nach Abb. 13, Taf. 33 würde bei 58 mm Ausschlag des Drehgestelles die Lokomotive S 10<sup>1</sup> genau so gut in Bogen von 190 m mit 6 mm Erweiterung fahren, als mit 40 mm Ausschlag bei 24 mm Erweiterung.

Es wurde nahezu für alle Lokomotiven der Reichsbahn die Untersuchung geführt, ob sie Bögen 190 mit nur 6 mm Spurerweiterung befahren können und festgestellt, daß die Lokomotive S 10<sup>1</sup> die einzige ist, welche die bisher üblichen und sogar stellenweise größere Erweiterung bedingt. Geringeren Spielraum als die Lokomotive T 18 hat nur noch die preussische Lokomotive P 8 (P 35.17), aber auch diese läuft in Bögen 190 mit 6 mm Erweiterung noch vollkommen frei und wird außerdem durch den Tender in der Regel nach der Sehnenstellung zu gedrängt. Die P 8 befährt ferner gekrümmte Herzstücke noch besser als die T 18, es würden für P 8, wie für alle anderen Lokomotivarten, geringere Rillenweiten als für T 18 genügen. Es sei aber betont, daß für die Untersuchungen amtliches Material nicht immer zur Verfügung stand, weshalb eine Nachprüfung durch die zuständigen Stellen zu empfehlen ist.

Zum Schluß soll noch etwas über das zu erwartende Verhalten der Bogengleise mit geringerer Spurweite gesagt werden. Es wird oft das Bedenken geäußert, daß in solchen Bögen die Spurweite noch weniger zu halten ist, als es bei den bisherigen großen Erweiterungen schon der Fall ist. Es ist ganz selbstverständlich, daß in Gleisbögen die Schienen auseinandergedrängt werden und zwar um so viel, als die Befestigungsmittel zulassen. Spurkranzdruck und Querverschiebungen suchen stets die Schienen von der Gleisachse zu entfernen, gleichgültig, ob Spurerweiterung von vornherein vorhanden ist oder nicht. Bäseler\*) hat hierüber eine eingehende Abhandlung geschrieben. Es ist auch ganz selbstverständlich, daß ein Gleisbogen 190 mit  $s_e = 6$  mm stärker auseinander getrieben wird, als ein Bogen 190 mit  $s_e = 21$  mm, wenn sie von Lokomotiven S 10<sup>1</sup> (nicht umgebaut) befahren werden. Sind diese Lokomotiven aber umgebaut, dann ist nicht mehr einzusehen, warum ein Gleis mit  $s_e = 6$  mm stärker zur Erweiterung neigen soll, als ein Gleis mit  $s_e = 21$  mm. Die Schienen kommen zur Ruhe, wenn alles Spiel in den Befestigungsmitteln ausgenutzt ist. Auf Weichholzschnellen, besonders bei senkrecht stehenden Schienen, kommt ein Gleis freilich nie zur Ruhe, weil sich die Unterlagen in das Holz einarbeiten — z. T. einseitig — und die Schwellenschrauben in Holz nachgeben. In stark gekrümmten Gleisbögen und ganz besonders in Weichen (senkrecht stehende Schienen!) ist daher die Eisenschwelle das geeignetste Mittel zur Verhütung großer Spurerweiterungen. Weichen auf Holzschwellen sind zudem sowohl in der Anschaffung, als auch in der Unterhaltung teurer; es wäre daher zu begrüßen, wenn sie vollkommen verschwinden würden.

\*) Spurerweiterung oder nicht? Z. d. V. d. E. 1926, Nr. 8 bis 13.



## Fortschritte im Eisenbahnbau in der neuen Türkei.

Von Ing. Carl Laegel, Mannheim, z. Zt. Samsoun am Schwarzen Meer.

Die Türkei hat sich von der Stufe eines unter Vormundschaft stehenden Staates, nach planmäßig durchgeführter Säuberung ihres Landes von Feinden aller Art und durch rastlose Arbeit, Energie und Ausdauer auf eine Höhe emporgearbeitet, die es ihr heute ermöglicht, ohne ausländische Hilfe ihre Eisenbahnen in Eigenunternehmung zu bauen. Nur ganz vereinzelt werden noch Teilstrecken oder kleinere Bauten an europäische Firmen abgetreten. Noch bis Kriegsschluss war es, mit Ausnahme der Hedjasbahnen, die Regel, das Türkische Eisenbahnnetz nur durch berufene, fremde Firmen ausbauen zu lassen, ein Umstand, der reichlich türkisches Geld ins Ausland hat fließen lassen. Die neue Türkei hat jetzt auch in Bezug auf Bahnanlagen volle Selbständigkeit erlangt, eine Lage, zu welcher Freunde der republikanischen Türkei sie beglückwünschen, gewisse ausländische Staaten sie beneiden oder mit scheelen Augen betrachten. Dessen ungeachtet wird flott darauf losgebaut, wie es in folgenden Schilderungen zum Ausdruck kommt:

Der Bau der Vollspurbahn Samsoun-Sivas von etwa 400 km Länge schreitet emsig vorwärts. In etwa einem Monat soll Bahnhof Kawak, etwa 49 km, für den Personen- und Frachtverkehr freigegeben werden. Man bemerkt allenthalben regen Fleiß und lobenswerte Erfolge und Fortschritte in allen Arbeitsgebieten, so daß auch die Gleisspitze von Tag zu Tag weiter ins Landinnere voreilt. Die Kunstbauten bis 49 km, wie steinerne Brücken und die Aufstellung von zwölf Stück Eisenbrücken von der »Guten Hoffnungs-Hütte« sind fertig, so daß man bei der derzeit auf's Höchste gesteigerten Arbeit damit rechnet, die Bauten vor Anbruch des hier spät einsetzenden strengen Winters beenden zu können. Der Durchstich des Tunnels Nr. 12 auf 18 km am Schahin Kaya (Fels des Falken), wo sich das Bauprogramm infolge des harten Gesteins unter Vorkommen von Silex verzögerte, hat großen Unkosten verursacht. Es wurden zum Bohren elektrische Maschinen unter Wassereinspritzung verwandt. Stellenweise ist es vorgekommen, daß für Bohrlöcher von nur 1 m Tiefe bis 40 mal der Bohrer gewechselt werden mußte. Unter den gegebenen Umständen ist nur ein schrittweises Vordringen in den Berg möglich gewesen, doch schließlich war durch Ausdauer und Tag- und Nachtarbeit der »Falkenhorst« bezwungen. Es waren zuvor einige Stimmen laut geworden, der Meinung, es sei ein Unding, gegen dieses harte Gestein weiter anzukämpfen. Baudirektor Ata Bey ließ jedoch nicht locker.

Er ging tagelang nicht von der Stelle und war auch selbst nachts im Tunnel. Bei seiner Abwesenheit vertrat ihn am Bauplatze sein Stellvertreter Ibrahim Bey mit der gleichen Umsicht und Anfeuerung der Bohr- und Sprengkolonnen, bis das letzte, den Tunnel unter versperrende Gestein durch Dynamit zur Strecke gebracht war. Von Baulichkeiten ist auf Bahnhof Samsoun das Verkehrsbüro dem Dienst übergeben. Übrige Bauten, wie Räume für das technische Konstruktionsbüro und für den Bahnunterhaltungsdienst bestimmt, sowie einige Beamtenwohnungen, sind bis auf die Schreinerarbeiten fertiggestellt; auch der aus Eisenbeton erstellte etwa 60 m<sup>3</sup> fassende Behälter der Wasserversorgungsanlage ist fertig. Die Erd- und Dammaufschüttungen hart an den Ufern des Schwarzen Meeres, die Gleisanlagen mit 16, auf eiserne Schwellen gebetteten Starkweichen, wozu jetzt noch eine Doppelkreuzungsweiche hinzukommt, sind beendet. Die für die Wasserversorgung bestimmten Rohrleitungen werden z. Z. in den Boden verlegt. Eine in Ziegelmauerwerk, Beton und Eisenbeton, erbaute Betriebswerkstätte mit Kesselschmiede wird z. Z. mit von Maffei in München gelieferten Werkzeugmaschinen neuester Ausführung (elektrischer Einzelantrieb) bestückt. Eine Achssenkrube gestattet ein rasches Aus- und Einbinden heifs- oder scharf-

gelaufener Lokomotiv- und Wagenräder. Zu obigen Werkzeugmaschinen sollen später noch die in unserer Behelfs-Bauwerkstätte vorhandenen, s. Z. in Konstantinopel aufgekauften Maschinen hinzukommen. Ferner wird z. Z. über den Ankauf einer Lokomotivachsdrehbank ganz neuzeitlicher Bauart von etwa 30 000 kg Gewicht, 1100 mm Spitzhöhe für ausschließlich elektrischen Antrieb (etwa 32 PS) mit beiderseitigen Schablonensupporten ausgerüstet, verhandelt. Die Betonfundamente für unsere erste Lokomotivdrehmaschine von 20 m Nutzlänge sind im Bau. Die Drehscheibe soll durch die Bahn selbst, d. h. ohne Mithilfe eines Firmenrichtmeisters aufgestellt werden, ebenso die erste Brückenwage von 40 000 kg Tragkraft. Alle diese Aufgaben wird die Bauwerkstätte mit der nötigen Sorgfalt und Genauigkeit erledigen können, zumal genaue Einbauzeichnungen und -Vorschriften zur Verfügung stehen.

Großer Wert wird z. Z. auf die Verlängerung einer bestehenden, jetzt zwar noch kurzen Landungsbrücke aus Beton- und Eisenfachwerk gelegt, die sich etwa 150 m ins Meer selbst, um Seeleuchtern bei genügender Wassertiefe die Möglichkeit des Ein- und Ausladens zu geben. Auch hier hat sich die Bauleitung das Ziel gesetzt, die ihr gestellte Auf-



Abb. 1.

gabe nach Möglichkeit rasch und gewissenhaft zu erledigen, ein, bei den periodisch in dieser Windecke stark tobenden oder plötzlich aufspringenden Stürmen des Schwarzen Meeres, wirklich schwieriges Problem. Bisher hat eine Wiener Wasserbaufirma vergeblich versucht, Herr der Lage zu werden, so daß schließlich nach Monaten verlorener Zeit die Arbeiten eingestellt wurden, weil schwere Seen und Brandung zweimal die massiven Betonblöcke durchgebrochen hatten. Jetzt baut die Bahn diese Brücke selbst weiter, soweit möglich unter Verwendung von geramnten Differdinger Stahlträgern und Eisenbahnschienen mit darauf ruhendem Eisengerüst, mit Stein- und Felsbettung an der Wetterseite.

In der derzeitigen Bauwerkstätte, die dem Lokomotivdienst untersteht, wird Tag und Nacht fieberhaft gearbeitet und durch pünktliche Ablieferung der eingehenden Bestellungen viel zum regen Fortschritt des Bahnbaues beigetragen.

Eine weitere schwierige Arbeit gewärtigt der Eisenbahnfachmann beim endgültigen Durchstich der Karadagh-Tunnels auf 65 km in Längen von etwa 600 und 400 m. Seit Monaten arbeitet man eifrig an diesen Tunnels der »schwarzen Berge«, wie sie in der deutschen Übersetzung heißen. Beim zweiten Tunnel Nr. 19 ist man auf ganz besondere Bauschwierigkeiten

gestoßen. Dieser Kunstbau ist die schwierigste, bisher bei diesem Bahnbau festgestellte Bauvornahme wegen des äußerst druckhaften Gebirges. Der Durchstich ist an beiden Enden begonnen worden und liegt in Händen eines bewährten Eisenbahnfachmannes, Obering. Reinhard. Mit Rücksicht auf die geschilderten ungünstigen Gebirgsverhältnisse wird die Befahrbarkeit (Tunnel Nr. 19) kaum vor Anfang des nächsten Jahres (1927) zu erwarten sein; dazu käme noch das Ausmauern vor der endgültigen Freigabe für den Betrieb, so daß mit einer größeren Verzögerung des Bauprogrammes dieses Bauloses, das die Bahn als Eigenunternehmerin ausführen läßt, mit Sicherheit zu rechnen ist.

Unter dem Drucke dieses sogenannten «Klebenbleibens» der Bahnarbeiten an genanntem Tunnel Nr. 19 hat die Bauleitung den Entschluß gefaßt, Studien zu machen, ob es die Steigungsverhältnisse erlauben, eine Umgebungsbahn von mehreren Kilometern anzulegen, um mittels einer regelspurigen Reibungsbahn den Karadagh-Tunnel zu umfahren und so das Schienen- und Schwellenmaterial bis an das zukünftige Ausfahrtende des Tunnels in Richtung Sivas zu bringen. Dadurch könnte hinter Tunnel 19 dann flott und ungehindert weitergebaut werden, auch im Falle sich die Fertigstellung des Tunnels noch weiter verspätet, als bereits angenommen werden mußte. Die vor genannten Messungen und Berechnungen haben ergeben, daß

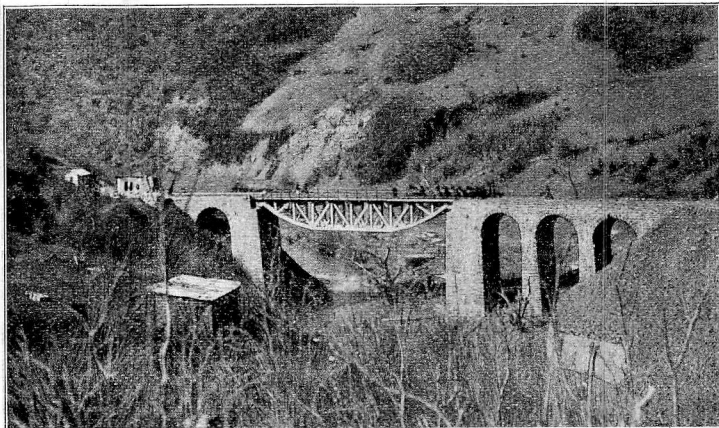


Abb. 12. Viadukt hinter Tunnel Nr. 17 bei Itschme—Su.

die Umgebungsbahn mit einer Höchststeigung von 38:1000 und Einschaltung zweier sogenannter Erholungssäcke noch ausführbar ist. Rechnerisch sind auch unsere 3/3 gekuppelten, mit Luftdruckbremsen ausgestatteten Baulokomotiven von 44 t Dienstgewicht und 6 t Schienenballast bei etwa 26 000 kg auf die Räder wirkenden Bremsdruckes ( $= 60\%$  des Reibungsgewichtes der Lokomotive) noch in der Lage, mit einem Vierachser-Schienenwagen von 17 t Eigengewicht und 52 t Gesamtgewicht, unter Streuung trockenen Sandes die Strecke bei geringer Geschwindigkeit zu bewältigen. Bei Talfahrten, wo jeweils der sogenannte Erholungssack in der Bahn ausgenutzt werden kann, wenn bei glitschigen Schienen die Zuggeschwindigkeit etwa 8 km in der Stunde überschreiten sollte, würde der Zug nach Durchlauf des errechneten und hierfür günstig lautenden Bremsweges zum Halten kommen. Vorbedingung zum Gelingen dieses Unternehmens ist, daß dem Personal eingeschärft wird, die Geschwindigkeit von 8 km in der Stunde nur in äußersten Fällen zuzulassen, damit es bei der Talfahrt die Macht über den Zug nicht verliert. Zur Sicherheit kann eine Luftgendruckbremse — System Riggenbach — in die Lokomotiven eingebaut werden, die sich auf der Eisenbahnlinie Blankenburg-Tanne, der steilsten Reibungsbahn Deutschlands, aufs beste bewährt. Die Zugkraft der Lokomotive, bei voller Füllung  $= 7600$  kg, bei mittlerer Füllung noch über 4000 kg

am Zughaken gemessen, genügt, um einen Drehstellwagen (Vierachser) von 52 t Gesamtgewicht den Berg von 38:1000 Steigung noch hinaufzuschleppen, so daß die Ausführbarkeit der Umgebungsbahn des Karadagh-Tunnels durch die angeschlossenen Studien und Berechnungen feststeht. Bei der Verwirklichung dieser Umgebungsbahn von nur einigen Kilometern Länge wird die programmäßig vorgesehene Eröffnung des Bahnhofs Amasia, auch durch die schwierigen Tunnelarbeiten am Karadagh, nicht verzögert, weil hinter dem Tunnel 19 bereits seit Monaten mit großer Arbeiterzahl bis über Amasia hinaus an der Ausführung des Bahndammes gearbeitet wird. Hiernach ist die Möglichkeit einer Eisenbahnfahrt im neuzeitlich gebauten Fahrzeug in der 1., 2. und 3. Wagenklasse in greifbare Nähe gerückt. Das überaus erhebende, landschaftlich schöne Gelände erinnert an vielen Punkten an die das Taurusgebirge durchquerende Bagdadbahn. Für die Zukunft wird sich für den Naturfreund eine Bahnfahrt vom Schwarzen Meer — Hafen Samsoun bis Amasia — entschieden lohnen.

Unter der persönlichen und unsichtigen Leitung des türkischen Baudirektors, Ata Bey, leistet sein technischer Stab und die übrigen Beamten und Arbeiter von der Baudirektion der Linie Samsoun-Sivas ihr Äußerstes. Das Unternehmen wird von der Generaldirektion in Angora, an dessen Spitze Generaldirektor Djevdet Bey steht, überwacht und unter Kostendeckung durch die Regierung finanziert. Die Generaldirektion untersteht dem Minister für öffentliche Arbeiten, dessen Verweser Behitsch Bey, der bisherige Generaldirektor der Anatolischen- und Bagdadbahnen, sich in Haidar Pacha verdient gemacht hat und ganz neuerdings auf den Posten nach Angora als stellvertretender Minister berufen worden ist.

An tüchtigen türkischen Autoritäten auf dem Gebiete des modernen Eisenbahnbaues ist die Zahl in der neuen Türkei zwar noch nicht groß; die Namen einiger hier aufgeführter Fachleute, wie Generaldirektor Djevdet Bey, Baudirektor Ata Bey (Bau Samsoun-Sivas) und Baudirektor Jzseo Bey (Bau Angona-Sivas), (alle drei waren s. Z. beim Bau der Hedjasbahn unter Leitung von Exzellenz Meissner Pascha beschäftigt) bürgen dafür, daß ein sicheres Gelingen der festgesetzten Ziele erreicht werden kann. Ein Nachwuchs von brauchbaren einheimischen Eisenbahn-Ingenieuren ist zu erwarten, da viele jüngere Herren, die auf technischen Schulen studiert haben, sich neuerdings mit großem Eifer dem Nachstudium des Bahnbaues widmen. Wo Not an Mann ist, stellt die türkische Regierung vereinzelt auch deutsche Ingenieure wieder ein, die durch ihre vorkriegszeitliche Betätigung bei den Anatolischen-, Bagdad- und Hedjasbahnen im Lande bekannt sind. An türkischen Werkmeistern und Werkstättenvorstehern, wie auch Lokomotivführern, verfügt die neue Türkei heute über ein Anzahl Leute, die von der Pike auf gedient haben und an Praxis ihren europäischen Kollegen in nichts nachstehen. Unter diesen günstigen Verhältnissen wird es mit den Jahren möglich sein, nach und nach auch im Eisenbahnbau das zu erreichen, was in Europa fachtechnisch in der Bahnbaukunst errungen wurde. Es herrscht heute in der republikanischen Türkei ein neuer Geist. Was früher auf Grund besonderer Vorurteile als durchaus unausführbar gegolten hatte, ist sozusagen über Nacht Gesetz geworden, dank der eisernen Faust der Regierung in Angora und nach dem alten Grundsatz, daß da, wo ein Wille ist, auch ein Weg sei. Und ein Wille ist vorhanden, gepaart mit Nationalstolz. Das sind Hauptsymptome und Triebkräfte für die heute aufstehende republikanische Türkei, die sie zum wirtschaftlichen und landwirtschaftlichen Wiederaufstieg führen werden, kraft eines systematisch und vom Auslande unabhängig durchgeführten Eisenbahnbauprogrammes.



# Bericht über die Fortschritte des Eisenbahnwesens.

## Bahnunterbau, Brücken und Tunnel; Bahnoberbau.

### Altes und Neues vom Gefüge und Verschleiß der Eisenbahnschienen.

(Aus einem Vortrag von Hofrat Ing. Dormus, Wien.)

Die Studien der vormaligen Kaiser-Ferdinands-Nordbahn (Zeitschrift des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines 1896 und 1898) waren die erste grundlegende Arbeit auf dem Gebiete technischer Forschung, die es ermöglicht, Aufschluß zu geben über die Ursachen der verschiedensten Formen des Schienenverschleißes. Den Anlaß zu diesem Studium haben die zahlreichen Schienenbrüche der älteren Lieferungen gegeben, die nicht selten von schweren Unfällen begleitet waren, sowie der angeblich geringe Verschleißwiderstand der neueren Schienen, besonders der aus basischem Stahl. Seither hat die Zahl der Schienenbrüche bedeutend abgenommen, an welchem Erfolge neben dem Fortschritt der Eisenhüttentechnik auch die sachgemäßere und sorgfältigere Durchführung des technischen Übernahmsdienstes, sowie auch die bessere Erhaltung des Oberbaues ihren Anteil haben. An den Grundformen des Grobgefüges hat der Fortschritt nichts geändert, dahingegen an der räumlichen Ausdehnung seiner Teile, der Rand- und Kernzone.

Die vergütende Wirkung des Walzdruckes scheint vornehmlich darin zu bestehen, daß er die Bildung groben Kornes verhindert. Der vorteilhafte Einfluß einer nicht zu hohen Temperatur der Schiene beim Verlassen des Schlußkalibers auf ihren Verschleißwiderstand, das Kaltwalzen derselben ist zwar erwiesen, doch noch wenig studiert.

Der Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen hat schon 1877 mit der Anlage von Versuchsgleisen begonnen, die auf ihre Ergebnisse aufgebaute Schienenstatistik jedoch laut Beschluß aus 1909 aufgelassen, da wenig Aussicht dafür bestand, zu einem brauchbaren Ergebnis zu gelangen. Hauptursache war die Nichtberücksichtigung der Verunreinigungen des Stahls bei seiner Erprobung. Die Verwaltungen der vormaligen Kaiser-Ferdinands-Nordbahn, sowie auch der Österr. Staatsbahnen haben bei Anlage der Versuchsgleise für eigene Zwecke diesen Fehler nicht begangen und sind solcherart zu brauchbaren Ergebnissen gelangt. Darnach wächst der Widerstand des basischen Martinstahls gegen Abnutzung im Eisenbahnbetriebe annähernd proportional mit seiner Zugfestigkeit, und zwar in dem Maße, daß bei einer Erhöhung derselben um 20 kg/mm<sup>2</sup> der Abnutzungswiderstand verdoppelt wird. Thomasschienen scheinen bis zu einer Zugfestigkeit von annähernd 75 kg/mm<sup>2</sup> demselben Gesetze zu folgen. Darüber hinaus liegen verlässliche Nachweise nicht vor.

Annähernd 70% der Weltproduktion an Schienen besteht aus basischem Martinstahl.

Zum Schlusse besprach der Vortragende das Schleifverfahren des Vorstandes der Innsbrucker Laboratorien der Österr. Bundesbahnen, Oberbaurat M. Spindel, das auch der Vorausbestimmung des Abnutzungswiderstandes der Schienen dienen soll.

Die mitgeteilten Ergebnisse, so insbesondere, daß Bessemer-schienen mit 45 bis 50 kg/mm<sup>2</sup> Zugfestigkeit einen größeren Widerstand gegen Abnutzung aufwiesen, als die an ihre Stelle verlegten Martinschienen mit einer Mindestfestigkeit von 65 kg/mm<sup>2</sup> und einer in einzelnen Fällen erreichten Festigkeit bis zu 76 kg/mm<sup>2</sup>, sind mit den Ergebnissen des Eisenbahnbetriebes nicht in Einklang zu bringen.

## Lokomotiven und Wagen.

### D-Zugwagen für die Ostkustbanars Aktiebolag Gävle.

Auch bei den Schwedischen Eisenbahnen beginnt man, sich allmählich den Bahnwagen eiserner Bauart, bei denen alle lastübertragenden Teile des Kastengerippes und Untergestelles aus Stahl gefertigt sind, zuzuwenden. In Schweden befinden sich die Eisenbahnen zu etwa 1/3 in Staats-, zu 2/3 in Privatbesitz. Es bestehen etwa 30 Privatgesellschaften. Eine neue Gesellschaft hat sich für den Bau und Betrieb einer Regelspur-Linie Gävle—Söderhamm—Hudiksvall Sundsvall—Hernösand gebildet, die 300 km lang ist und an der Ostküste Schwedens verläuft. Zur Zeit sind hiervon 80 km ausgebaut und der Betrieb soll mit 18 D-Zugwagen II./III. Klasse und 30 zweiachsigen Personenwagen III. Klasse in eiserner Bauart erfolgen, von denen die Hälfte von der Gothaer Waggonfabrik geliefert werden. Der erste D-Zugwagen ist fertiggestellt und abgenommen.

### Überwachung des Gleiszustandes auf den Eisenbahnen Nordamerikas.

Ein Aufsatz in „Engineering and Maintenance“ betrifft die Benützung von Gleisuntersuchungswagen. Er zeigt, wie praktisch die Amerikaner die Sache anzugreifen und lebhaftes Interesse dafür zu erwecken verstehen. Einmalige höhere Kosten werden dabei nicht gescheut, wenn sie sich nur später bezahlt machen.

Der Gleisuntersuchungswagen, der an der Eriebahn verwendet ist, erinnert in seinem Äußeren an einen gewöhnlichen Dienstwagen. Er hat genügend Raum für die Beobachtungsvorrichtungen, sowie für Beobachter und Bedienstete.

Die Messung der Spurweite erfolgt durch ein Rollenpaar, das vor der letzten Wagenachse läuft. Das Rollenpaar ist durch eine aus zwei Hälften zusammengesetzte Achse mit zwischengeschalteter Federung verbunden. Die Radkränze dieser Rollen stemmen sich gegen die Schienen. Da die Rollen beim Durchlaufen von Weichen, Wegkreuzungen usw. beschädigt werden könnten, so wird der ganze Radsatz vor solchen Stellen mittels Prefsluft gehoben. Ein Beobachter auf der Maschine gibt mit elektrischer Glocke das Zeichen der Annäherung an solche Stellen. Die Überhöhungen werden mittels im Wagen aufgehängter Pendel gemessen. Eingefahrene Stöße werden nach Schaulinien aus der Senkung der mittleren Achse eines dreiachsigen Gestells gegenüber den beiden Außenachsen gemessen.

Die Schaulinien der Spurweiten, Überhöhungen, der eingefahrenen Stöße werden auf einem Papierstreifen aufgezeichnet, der auf einer Trommel aufläuft. Eine Reihe von Federn schreibt auf dem Streifen Linien, die sich dabei um 12 Zoll verschieben, wenn der Wagen eine Meile durchläuft. Der Maßstab der Aufzeichnung der Spurweiten und Überhöhungen ist 1:2, der der eingefahrenen Stöße 1:1. Gewöhnlich wird bei den Beobachtungen mit 35 Meilen/Stunde Geschwindigkeit gefahren. Außer dem Schaubild, das auf dem Streifen verzeichnet wird, wird durch einen elektrischen Zähler noch die Anzahl der Stöße, die über ein gewisses Maß eingefahren sind, verzeichnet.

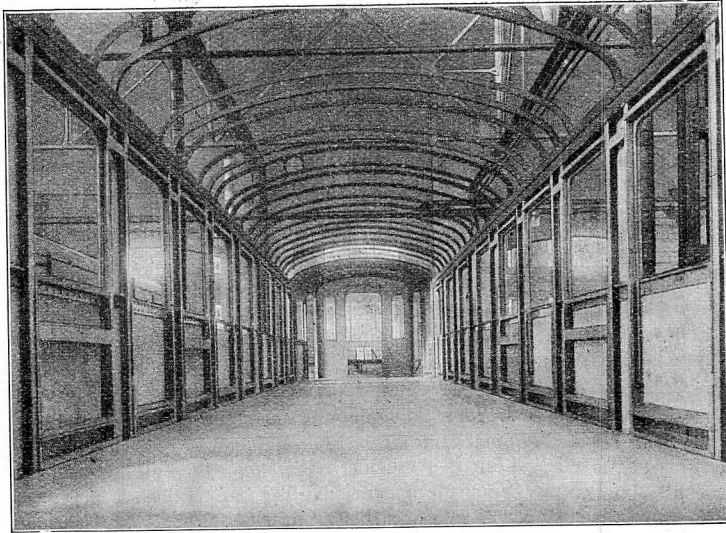
Mit dem Verfahren üben die Amerikaner eine ständige Streckenkontrolle aus. Diesem Zwecke dient ein auf der Eriebahn eingerichtetes Belohnungssystem. Eine jährliche Feststellung des Streckenzustandes dient als Grundlage der Beurteilung der guten Streckenunterhaltung. In den Dienstwohnungen der Vorarbeiter, die ausgezeichnet wurden, werden besondere Zeichen der Anerkennung ausgehängt und dies erhöht den Ruf dieser Bediensteten. Die Belohnung erfolgt teils auf Grund der Aufzeichnungen des Gleisuntersuchungswagens, teils auf Grund einer örtlichen Besichtigung des Gleises zur Beurteilung der Beschaffenheit des Untergrundes, des Unterstopfungs- und Entwässerungszustandes u. a. — Berücksichtigt werden weiter die auf die Gleiserhaltung aufgewendeten Kosten. Im Jahre 1908, als das erstmalig Schaubilder mit dem Gleisuntersuchungswagen abgenommen wurden, war ein Drittel aller Stöße eingefahren. Im Jahre 1921 kam auf vier Meilen nur mehr ein eingefahrener Stoß, 1923 auf 14 Meilen und 1925 auf 77 Meilen. Die Inspektion Marion und Chicago verzeichnete 1925 gar nur mehr einen eingefahrenen Stoß auf 246 Meilen Gleis. Die Anzahl der Preise ist nicht sehr groß.

Dr. S.

Der Wagen ist ein durchaus neuer Entwurf, da nur ein schwedischer Wagen in hölzerner Bauart als Vorgang diente und der deutsche eiserne D-Zug-Einheitswagen wegen der abweichenden Abmessungen und Raumteilung nicht zu übernehmen war. Immerhin ist der Aufbau in Anlehnung an die deutsche Bauweise erfolgt. Die Hauptabmessungen des Wagens sind:

Ganze Länge des Wagens über Puffer . . . . .	21 150 mm
Drehzapfenabstand . . . . .	14 200 „
Drehgestell-Radstand . . . . .	2 400 „
Größte äußerste Wagenbreite . . . . .	3 130 „
Größte Höhe des Wagens über S. O. . . . .	3 882 „
Seitengangbreite . . . . .	841 „
Gewicht des Wagens . . . . .	39 200 kg.

Der Wagen ist zur Hälfte in Einzelabteile II. Klasse mit gemeinsamem Seiteneingang und in zwei Räume III. Klasse für Raucher und Nichtraucher geteilt. In II. Klasse sind 24 Sitze, in III. Klasse 48 Sitzplätze vorhanden. Der Wagen hat Tonnendach mit Rammblechen an den Enden und Wendlerlüftern, herablaßbare Doppel Fenster in zusammengefalzten Teakholzrahmen mit Rathgeberscher Scherenspreize. Zu besonderem Wärmeschutz ist die Holzverkleidung im Boden, im Dach und in den Seitenwänden mit einer Isolierschicht belegt, die aus imprägnierten Papiertafeln besteht, zwischen denen eine seegrasähnliche Masse eingelegt ist. Diese Isolierung ist amerikanischen Ursprungs und mußte auf Wunsch der schwedischen Gesellschaft verwendet werden. Der Wagen ist mit normalen Zug- und



Kastengerippe zum D-Zugwagen für die Ostkusbanars Aktiebolag Gävle.

Stofsvorrichtungen, Luftdruckbremse Kunze-Knorr, aber auch mit einer Hardy-Leitung, elektrischer Beleuchtung der Gesellschaft Brown, Boveri & Co. mit Dynamo und Akkumulatorenbatterie und mit reichlich bemessener Dampfheizung System Pintsch ausgestattet. Die Drehgestelle sind solche der schwedischen Staatsbahnbauart mit weitgehender Verwendung von Stahlguß für die Querträger.

Die Innenausstattung des Wagens ist in sorgfältiger Farbenabstimmung gehalten. Die Abteile II. Klasse haben weiße Decke, cremefarbige Ledertapete an den Seitenwänden, in gleicher Farbe gehaltene Wollgardinen an den Fenstern, braune Lederpolsterung und auf die Farbe des Teakholzes abgestimmte Velourteppiche. In jeder Ecke der Abteile befindet sich eine für sich ausschaltbare elektrische Leselampe, an der Decke eine Lampe für Allgemeinbeleuchtung. Die Abteiltüren sind als doppelflügelige Schiebetüren ausgebildet. Auch in III. Klasse ist die Decke weiß, die Tafelung der Wände ist besonders gut in den Füllungen abgetönt, überall ist für reichliche und bequeme Gepäckablage gesorgt. Das Äußere der Wagen ist in moosgrünem Farbenton mit gelben Zierlinien und gelben Aufschriften für Klassen und Eigentumsbezeichnung gehalten.

Die zweiaxigen Personenwagen III. Klasse werden zum Teil mit Post- und Gepäckabteil versehen und erhalten 60 Sitzplätze.  
Przygode.

#### Wasserkammern Bauart Nicholson für Lokomotivfeuerbüchsen\*).

Im Lokomotivbau besteht das Bestreben eine große, unmittelbare vom Feuer berührte Heizfläche zu erzielen, um die günstigste Wärmeübertragung, nämlich die durch Strahlung, in möglichst hohem Maße auszunützen. Bei Kesseln mit tiefen, langen Feuerbüchsen kann diese unmittelbare Heizfläche den 5,5 bis 6fachen Wert der Rostfläche erreichen. Neuzeitliche, leistungsfähige Lokomotiven verlangen eine so große Rostfläche, daß der Rost aus baulichen Gründen vielfach über dem Rahmen angeordnet und in die Breite entwickelt werden muß. Dadurch sinkt jedoch die unmittelbare Heizfläche auf das 3,8 bis 3,0fache der Rostfläche.

Eine künstliche Vergrößerung der vom Feuer unmittelbar berührten Heizfläche wurde früher schon mehrmals, wenn auch mit

\*) S. auch Organ 1923, S. 189.

wenig Erfolg, versucht. Am längsten hält sich die Verwendung von Wasserrohren, die gleichzeitig den Feuerschirm tragen. Seit 1918 ist in den Vereinigten Staaten eine Neukonstruktion, die Wasserkammer nach Bauart Nicholson, im Gebrauch, die sich gut bewährt. Grundbedingung für den Erfolg ist eine hochentwickelte Schweißtechnik. Diese Wasserkammern sind dreieckige, taschenförmige Gebilde, die wie Falten von der Feuerbüchsendecke in den Feuerraum herabhängen. Bis auf die Deckenbefestigung sind die Wasserkammern allseits vom Feuer umgeben. Die herabhängende Spitze läuft in ein Rohr aus, das durch eine gewellte Platte mit der Feuerbüchsenrohrwand verbunden ist. Ein Wulst an der Tasche dient gleichzeitig zum Tragen des Feuerschirmes. Die Wasserkammern werden aus einem Stück gebogen und an einer Kante verschweißt. Die 76 mm voneinander entfernten ebenen Seitenflächen sind gegenseitig durch Stehbolzen versteift.

Zum Einbau wird aus der Feuerbüchsendecke ein rechteckiges Loch von 300 bis 330 mm Breite ausgeschnitten und der Flansch der Wasserkammer mit der Decke verschweißt. Auch die Befestigung der Rohrspitze in der gewellten Platte und mit dieser in der Feuerbüchsenrohrwand erfolgt durch Schweißen. Je nach der Breite der Feuerbüchse werden eine bis drei solcher Wasserkammern eingebaut.

Neben der Vergrößerung der Feuerbüchsenheizfläche bedingt die Wasserkammer infolge des geringen Durchflußquerschnittes und der hohen Wassergeschwindigkeit in ihr auch eine allgemeine Verbesserung des Wasserumlaufs, der bei Lokomotivkesseln ziemlich träge ist. Der Wasserstand über der Feuerbüchsendecke erhöht sich und es wird dadurch ein Ausglühen der Feuerbüchsenwände erschwert. Die Ablagerung von Kesselsteinbildnern in der Tasche wird durch die rasche Strömung verringert.

Laut Nachrichten aus Amerika sind mit diesen Wasserkammern Leistungssteigerungen bis 15% festgestellt worden; die Unterhaltungskosten sollen sehr niedrig sein; die Gewichtszunahme ist verhältnismäßig gering.

Die Deutsche Reichsbahn hat sich bereits zu Versuchen mit Nicholson'schen Wasserkammern entschlossen. Die Kupferschweißung dürfte keine Schwierigkeiten mehr bieten; außerdem kann die Wasserkammer mit der Feuerbüchse auch durch Vernieten verbunden werden.

G. H.

(Z. d. V. D. I., Nr. 18, Mai 1926.)

#### Schneeschilder in Schweden.

Eine der größten Schwierigkeiten, mit denen der Verkehr auf der schwedischen Riksgränsbahn nördlich des Polarkreises zu kämpfen hat, ist die Freihaltung der Strecken im Winter. Die Bahn läuft auf etwa 450 km großenteils durch reine Ödmarkungen. Wenn unter einem heftigem Schneesturm meterhohe Schneewehen sich innerhalb ein paar Stunden über dem Gleis auf türmen, so ist mit Menschenkraft nichts zu machen, auch abgesehen davon, daß in diesen unwirtlichen Gegenden kein Mensch aufzutreiben ist. Man hat sich daher auf Maschinen eingerichtet und diese immer mehr vervollkommen. Das Neueste sind zwei Schneeschildermaschinen, die die allgemeine schwedische Elektrische A. G. 1925 für die Riksgränsbahn lieferte (siehe Abb. 1 bis 4). Es sind dies vermutlich die einzigen auf der ganzen Erde, die für elektrischen Betrieb ausgeführt wurden. Der Grundgedanke ist, daß der Schnee mittels eines rotierenden Schaufelrades mit dem Fortschreiten der Maschine seitlich aus dem Gleis geworfen wird. Das Schaufelrad mit zugehörigem Motor und sonstigen maschinellen Einrichtungen ist mit Führer- und Maschinenraum auf einem Wagen aufgebaut. Der Wagen ruht auf zwei Güterwagendrehgestellen und hat einen Achsdruck von 16,5 t am vorderen und 10,5 t am hinteren Drehgestell. Die Schneeschilder hat keinen eigenen Antrieb, sondern wird durch eine elektrische Lokomotive geschoben, die von dem Führerraum in der Schneeschilder aus bedient wird. Der Motor, ein Einphasenkollektormotor mit Hauptschlufwicklung, für das Schilderrad hat eine Stundenleistung von 565 PS und kann vorübergehend bis nahe an das doppelte Drehmoment überlastet werden. Es handelt sich also um verhältnismäßig große Leistungen.

Am vorderen Ende der Schneeschilder ist der Schilderradmantel befestigt. Seine Vorderwand ist aus 15 mm starkem Blech gebildet. Nach oben ist der Mantel zu einer Öffnung für das Auswerfen des Schnees ausgezogen, die so verstellt werden kann, daß der Schnee nach jeder der beiden Seiten und innerhalb der beiden



Grenzlagen unter jedem beliebigen Winkel hinausgeschleudert werden kann. Der Radmantel erweitert sich nach vorne und ist in zwei Seitenschirme ausgezogen, die beim Gang durch den Schnee die Form des Ladeprofiles ausschneiden. Der untere Teil des vorgezogenen Teiles des Mantels liegt wagrecht und ist mit einem V-förmigen Ausschnitt ausgeführt und mit einer Schiene von hartem Stahl beschuht. Das Gehäuse ist wagrecht geteilt, so daß die obere Hälfte zum Ausbringen des Rades abgehoben werden kann.

Das Schleuderrad besteht aus zehn tütenförmigen Zellen. Die schief abgeschnittenen Spitzen sind an einem die Nabe umgebenden Hohlkörper aus Stahlguß befestigt. Sie sind nach vorn der ganzen Länge nach offen. Die Öffnung wird teilweise von zwei um radiale Achsen drehbare Messer von hartem Stahlblech gedeckt, je eines an jeder Öffnungskante. Die Messer sind durch Glieder so untereinander verbunden, daß sie sich nach der Drehrichtung des Rades einstellen. Die Nabe ist vorn kegelförmig ausgebildet und trägt hier zwei kräftige Hörner, die härtere Schneemassen auseinander schlagen sollen.

Der Durchmesser des Schleuderrades ist 3 m, die normale Drehgeschwindigkeit 125 Min. Bei 170 Umdrehungen wird der Motorstrom selbsttätig durch einen Fliehkraftaus-schalter ausgeschaltet. Der Achsialdruck der Radachse wird von einem S K F-Kugeldrucklager mit 66 mm Kugeln aufgenommen und ist für eine Höchstbelastung von 20 t gebaut. Die Kraftübertragung von Motor zur Schleuderachse erfolgt durch zwei Stirnräderpaare mit Schraubenzähnen. Im Maschinenraum ist der Hauptteil der übrigen elektrischen Ausrüstung (Transformator, Schaltvorrichtungen usw.) eingebaut.

Im Führerraum ist der Boden erhöht, so daß der Führer bessere Aussicht durch die hochgestellten Fenster hat. Hier ist die Bedienungseinrichtung für die Einstellung der Luke des Schleuder-radmantels, der Hebel für den Spurreiniger, die Handbremse, die Handgriffe für die Druckluftbremse, die Schleuderradbremse, die Sandvorrichtung, die Luftpfeife u. a.

An der Rückwand der Schneeschleuder sind zwei Vielfachanschlufsdosen zur Kupplung mit der Schublokomotive angebaut. Die Schneeschleuder hat die gewöhnliche Druckluftbremse der schwedischen Staatsbahnen. Die Druckluft kommt vom Kompressor der Schublokomotive. Die Bedienung der Bremse kann von der Schneeschleuder aus erfolgen.

Die Schneeschleuder war im Winter 1924/25 im Betrieb und hat ihre Aufgabe gut erfüllt. Die großen umlaufenden Massen im Schleuderrad haben sich als gut ausgewuchtet erwiesen und die Maschinen gehen bemerkenswert ruhig und erschütterungsfrei.

(Nach einem Bericht in der Asea-Zeitung.)

Dr. S.

### Der Abdampf-Injektor für Lokomotiven.

Die Speisung der Lokomotiven mit Abdampf-Injektoren hat bis heute nur in einigen außerdeutschen Ländern — nach der Quelle sollen insgesamt 6000 Lokomotiven damit ausgerüstet sein — Eingang gefunden. Die geringe Verbreitung hat weniger ihre Ursache in etwaigen Schwierigkeiten, mittels Abdampfes größere Kesseldrücke zu überwinden; denn eine wärme-theoretische Nachrechnung ergibt, daß z. B. mit Abdampf von 1,1 ata bei einer Tendervassertemperatur von 12° und einer Mischungstemperatur von 75° theo-

retisch eine Kesselspannung von 23,9 ata praktisch von mindestens 11 ata überwunden werden kann. Der Grund liegt vielmehr in den bisherigen Konstruktionen, deren Betriebssicherheit gering und deren Handhabung sehr umständlich ist.

Die Firma Alex Friedmann in Wien hofft mit der neuesten Konstruktion eines Abdampf-Injektors alle Mängel beseitigt zu haben. Die Betriebssicherheit, also die Möglichkeit, auch höhere Kesseldrücke als 11 ata zu überwinden, wird durch eine kleine Frischdampfdüse

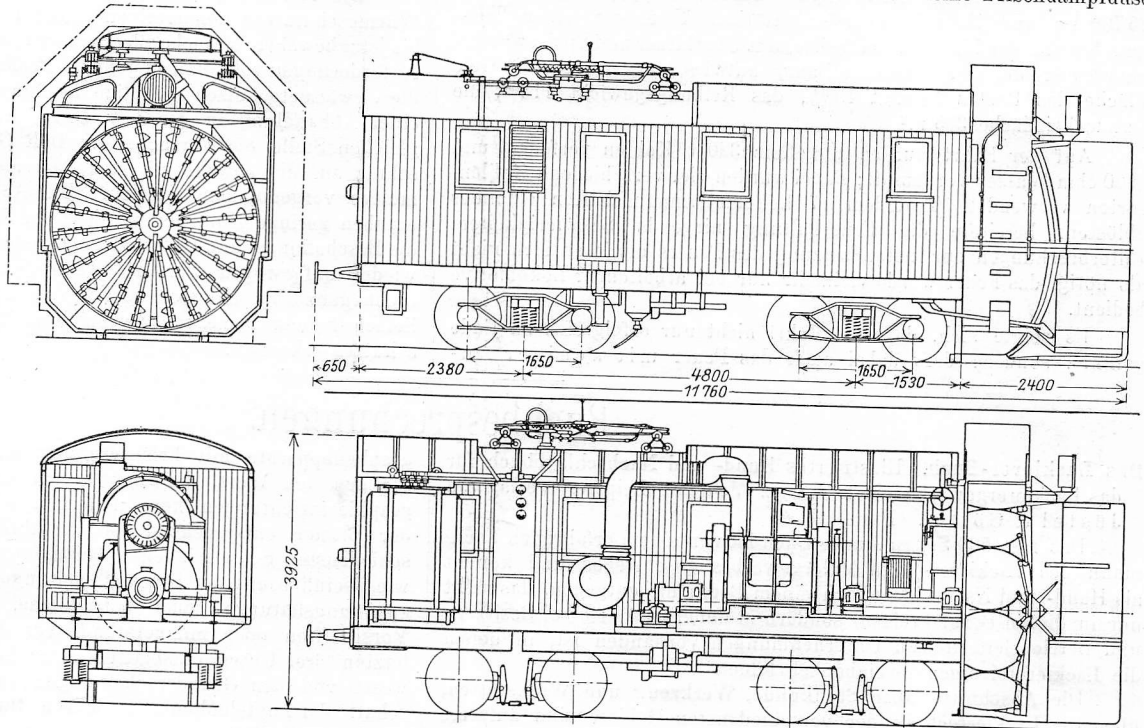


Abb. 1 bis 4.

Schematisches Bild des Vorderendes und der Seite der Schneeschleuder, sowie Querschnitt und Längsschnitt.

gewährleistet, wodurch gleichzeitig die Speisewassertemperatur auf 100 bis 110° erhöht wird, während eine weitere Frischdampfdüse dafür sorgt, daß wenn Abdampf nicht vorhanden, der Injektor mit gedrosseltem Frischdampf arbeitet. In Abhängigkeit von der Stellung des Reglers bewirkt die zwangläufige Steuerung mehrerer Ventile durch das bloße Drehen eines Handgriffes das Anlassen mit Frischdampf und Öffnen des Wasserweges (ein Viertel Umdrehung); durch weiteres Drehen wird bei geöffnetem Regler der Abdampfweg, bei geschlossenem Regler der Weg für den gedrosselten Frischdampf selbsttätig freigegeben. Im letzteren Betriebsfall wird zur Vermeidung des Ansaugens von Rauchgasen die Abdampfklappe ebenfalls selbsttätig geschlossen. Die Speisung mit Abdampf ist noch bei einem Schieberkastendruck von  $\frac{1}{3}$  des Kesseldruckes möglich. Der Wassereintrittsquerschnitt kann durch Verschieben einer Düse in weiten Grenzen verändert werden.

Die Wirtschaftlichkeit dieses Abdampf-Injektors wird trotz des notwendigen Frischdampfzusatzes als besser wie die der Kolbenpumpen mit Vorwärmer bezeichnet, und zwar soll die Gesamterwärmung des Speisewassers um 10° bis 15° höher sein, außerdem sind im Betrieb keinerlei Teile in Bewegung. Als weitere Vorzüge werden geringes Gewicht und Raumbedarf, geringe Anschaffungs- und Unterhaltungskosten, ferner, wie schon erwähnt, die einfache Handhabung angeführt.

Schweiz. Bauz.

R. o.

### Aufsergewöhnlicher Langlauf einer Güterzuglokomotive in den Vereinigten Staaten.

Auf der Northern Pacific-Bahn legte kürzlich eine 1 D 1-Güterzuglokomotive eine Strecke von 3200 km in 4 $\frac{1}{2}$  Tagen zurück, ohne vom Zug abgekuppelt zu werden. Die Fahrt ging über drei Wasser-scheiden mit Steigungen bis 22‰, bei einer Reisegeschwindigkeit von 28 km in der Stunde. Die Gesamtaufenthalte auf den 16 Zwischenstationen betragen 4 Stunden und 43 Minuten oder 19 Minuten durchschnittlich auf jedem Bahnhof. Für die Fahrt

wurden an der Lokomotive, die bereits fünf Monate im Dienst war, keine besonderen Ausbesserungen vorgenommen; sie hatte stets mindestens ihre Regelbelastung für den befahrenen Streckenabschnitt; entsprechend den Streckenverhältnissen wurden am Zugsende Wagen abgehängt oder angekuppelt. Die Belastung wechselte von 1600 bis 4000 t, die gefahrenen Achskilometer des Zuges beliefen sich auf 1,8 Millionen und die Bruttotonnenkilometer auf 10,5 Millionen.

Die verwendete Lokomotive entwickelt eine Zugkraft von 25700 kg und ist mit einer selbsttätigen Feuerung, einer Hilfsmaschine an der hinteren Laufachse, mit Überhitzer und Speisewasservorwärmer, der eine besondere Bauart aufwies, ausgerüstet; die freie Fläche des Rostes beträgt 13%, das Reibungsgewicht 113 t, die Gesamtheizfläche 385 m<sup>2</sup>.

Auf der Fahrt wurden ungefähr 320 t Kohlen verfeuert und 1600 cbm Wasser verdampft; dabei wurden vier verschiedene Kohlenarten verwendet. Trotzdem 17 Lokomotivmannschaften einander ablösten, bereitete die Feuerhaltung nirgends Schwierigkeiten. Unterbrechungen zur Instandsetzung des Feuers erwiesen sich nicht als nötig, das Feuer wurde vielmehr nur bei arbeitender Lokomotive bedient.

Es zeigte sich, daß die Fahrt nicht nur erfolgreich zu Ende geführt, sondern daß dabei auch das Feuer mit weniger An-

strengung besser als bei gewöhnlichem Rost leistungsfähig erhalten werden konnte.

Weder unterwegs noch auf der Endstation wurden irgendwelche Ausbesserungen an der Lokomotive oder den Wagen nötig. Railway Age 1926, 1. Hälfte, Nr. 21. Bttgr.

### Der Wärmeschutz bei Dampflokomotiven.

Die von der D. R. G. herausgegebenen Vorschriften über den Wärmeschutz von Lokomotiven fußen auf der Anschauung, daß die bis jetzt bewährte einfache Blechverschalung des Kessels den gestellten Anforderungen vollkommen genügt. Professor Nordmann begründet diese wärmetechnisch günstige Stellung des Lokomotivkessels in einer Abhandlung in der Z. V. D. I. 1926, Nr. 22 und gibt an der gleichen Stelle die Versuche der D. R. G. mit Glasgespinst-Wärmeschutz an, die sowohl mit stehender als auch mit bewegter Lokomotive vorgenommen wurden. Die Abkühlversuche im Stillstand ergaben geringe Kohlenersparnisse im Jahresmittel, die aber durch die Beschaffungs- und Unterhaltungskosten des Wärmeschutzes nahezu wieder aufgewogen wurden. Auch die, allerdings bis jetzt noch nicht ganz abgeschlossenen, Versuche an bewegten Lokomotiven liefen keinen bemerkenswerten Vorteil eines besonderen Wärmeschutzes erkennen. Pö.

## Buchbesprechungen.

**Das Lackierer-Buch.** Illustriertes Hand- und Nachschlagebuch für das Lackierergewerbe. Von Franz Wenzel - Leipzig. Verlag von Jüstel & Göttel. Preis 10 M.

Das fast 500 Seiten starke Buch ist von einem erfahrenen Fachmann des Lackierer- und Malergewerbes geschrieben und kommt als Hand- und Nachschlagebuch einem Bedürfnis entgegen, das nicht nur in diesen Berufskreisen, sondern in höherem Maße bei Besitzern und Betriebsleitern von Unternehmungen vorhanden ist, in denen die Lackiererei einen Zweigbetrieb bildet.

Die Abschnitte über Stoffkunde, Werkzeug und Werkstätten, über die Lackiertechnik der verschiedensten Gebiete sind äußerst gründlich behandelt und bieten dem Eisenbahntechniker und Lackiermeister viel Wissenswertes.

Der Umfang des Stoffes in der Materialkunde hat leider das Eingehen auf chemische Vorgänge an dieser Stelle wie auch bei einem späteren kurzen Abschnitt über Rostschutz nicht ermöglicht. Die Angaben über den Jägerschen Kronengrund hätten etwas vorsichtiger sein dürfen.

Die Beschreibung der Hauptgebiete der Lackierkunst ist sehr umfassend und gibt den meist einseitig ausgebildeten Fachleuten der Eisenbahnwerkstätte gute Gelegenheit den beruflichen Gesichtskreis zu erweitern.

Für die Büchereien der Eisenbahnwerke und Baubehörden wird das Werk gut geeignet sein. G u.

**Odenbach,** Unterrichtsblätter über Fernmeldetechnik. Verlag Dr. Arthur Tetzlaff, Berlin - Schöneberg, 1926.

Das dritte Bändchen der Unterrichtsblätter bringt Beschreibungen und Zeichnungen der jetzt bei der Reichsbahn gebräuchlichen Tele-

graphenapparate mit Erläuterungen ihrer Wirkungsweise. Es ist für den von Wert, der Einzelheiten besonders der neueren Telegraphieeinrichtungen kennen lernen will. Dem Unterrichtszweck der Blätter entsprechend ist ausführlich erörtert, wie den verschiedensten Schwierigkeiten beizukommen ist, seien es technische, wie Beeinflussung der Fernmeldeleitungen durch nahe gelegene Hochspannungsleitungen oder betriebliche, die sich aus lückenhaften Vorschriften oder mißverständlicher Betriebsweise ergeben. Die letzten drei Unterrichtsblätter versuchen fast das gesamte Funkwesen von den Grunderscheinungen an bis zur letzten Errungenschaft, der Zugtelefonie, zu lehren, für so wenige Blätter fast eine zu große Stofffülle. Dr. Ing. Pfaff, Dresden.

Eine **Denkschrift** über ihr Unternehmen und die von ihr hergestellten Erzeugnisse hat die Gleisbaumaschinenfabrik Robel & Co. in München anlässlich ihres 25jährigen Bestehens herausgegeben. Sie enthält neben der Entwicklungsgeschichte des Unternehmens einen guten Überblick über die neuzeitlichen Hilfsmittel, die beim Bau und bei der Unterhaltung des Gleises für Eisenbahnen und Straßenbahnen in Kraft und Arbeit sparender Weise in Verwendung stehen, und an deren ständiger Vervollkommnung und Verbesserung mitgearbeitet zu haben, ein besonderes Verdienst der Firma ist.

Ferner ging der Schriftleitung zu:

**Statik der Baugewerkschulen und Baugewerksmeister** von Karl Zillich. Verlag Wilhelm Ernst & Sohn. Preis geheftet 3,40 M.

## Wirtschaftlichere Gestaltung der Bettungsverdichtung durch Anwendung des Walzverfahrens.

(Nachtrag.)

Die in dem Aufsatz (Heft 10, 1926) „Wirtschaftlichere Gestaltung der Bettungsverdichtung durch Anwendung des Walzverfahrens“ beschriebenen Walzversuche wurden mit einer Hammschen Gleisbettungswalze durchgeführt. Diese Walze wurde nach besonderen Angaben gebaut, die als zweckmäßig für die Abwälzung des Bettungskörpers erschienen. Die in dem genannten Aufsatz erwähnten Unzulänglichkeiten dieser ersten Walze sind bei den weiteren Bauarten, wie mir der Vertreter der Firma mitteilt, auf Grund der Ansbacher Versuche hin entsprechend verbessert worden. So wurde

beispielsweise der Kettenantrieb durch Zahnradantrieb ersetzt; auch sind die neuen Walzen beträchtlich kürzer gebaut, so daß sie bedeutend lenkfähiger sein dürften; weiterhin ist auch die Breite geringer geworden. Außerdem sollen noch eine Reihe weiterer Verbesserungen angebracht worden sein, die die Wirtschaftlichkeit weiterhin erhöhen, so daß nunmehr allen Anforderungen entsprechende Walzen zur Verfügung stehen dürften.

Andreas Faatz,  
Reichsbahnrat.