

### Der Eisenbahnbetrieb auf Steilrampen mit Zahnrad- oder Reibungs-Lokomotiven.

Von Prof. Nordmann, Regierungsbaurat, Mitglied des Eisenbahn-Zentralamts in Berlin.  
Hierzu Abb. 1—14 auf Tafel 7.

[Fortsetzung von Seite 74.\*]

Die Versuche mit der T 20 und der Heißdampfvierzylinder-Verbund-Zahnradlokomotive von Esslingen auf den Steilstrecken der Reichsbahn 1923.

Mit den oben geschilderten Vergleichsfahrten war nun freilich das Grenzgebiet zwischen Reibungs- und Zahnradbetrieb noch nicht völlig durchforscht. Es konnte mit Recht als stark verschoben gelten, aber die betriebliche und wirtschaftliche Grenze nach oben war gerade angesichts der für 60<sup>0</sup>/<sub>100</sub> Steigung sicher vorhandenen Überlegenheit des Reibungsbetriebes noch unbekannt. Und dann hatte sich die schwere Reibungslokomotive wohl mit den ehrwürdigen ersten Zahnradlokomotiven für gemischten Betrieb der Harzbahn und der preussischen T 26 gemessen, aber noch nicht mit den modernen 1 D 1 + 2 Z und E + 1 Z Vierzylinder-Verbund-Heißdampflokomotiven der Bauart Preußen, gebaut von Borsig und Württemberg, gebaut von Esslingen, die als moderne Lokomotiven die Überlegenheit der Reibungslokomotiven auf 60<sup>0</sup>/<sub>100</sub> zwar vielleicht nicht wieder aufheben, aber doch stark herabmindern konnten.

In dieser streng systematischen Art wurde nun freilich die Grenzfrage nach Beendigung der Versuche mit den Mammutlokomotiven nicht sogleich gestellt, aber die Entwicklung drängte von selbst darauf hin. Zunächst war es selbstverständlich, daß das Eisenbahn-Zentralamt die neue T 28 Lokomotive (1 D 1 + 2 Z) wie alle neuen Lokomotivgattungen Versuchsfahrten unterzog (1922). Weiter lag der Gedanke zu nahe, die zwar für allgemeinere Zwecke bestimmte, aber gegenüber der Halberstadt-Blankenburger Lokomotive noch schwerere und leistungsfähigere T 20 auch auf den Zahnradstrecken mit 60<sup>0</sup>/<sub>100</sub> Steigung zu erproben, um ihn zu übersehen. Endlich waren die aufsehenerregenden Leistungen der Mammutklasse, namentlich durch ihre Veröffentlichung durch Präsident Hammer bekannt geworden; in dieser fand sich auch der Hinweis, dass die T 16 Lokomotive bei ihrem stattlichen Reibungsgewicht Leistungen bis zu 140 t auf 60<sup>0</sup>/<sub>100</sub> zu bewältigen vermochte, wenn auch für den Bergbetrieb ihre Zylinder zu klein sind. Das regte die Reichsbahndirektion Frankfurt im Frühling 1923 an, für ihre Zahnradstrecke Herrnberg—Hirzenhain beim Reichsverkehrsministerium die ausdrückliche Zulassung des Reibungsbetriebes zunächst mit der für den vorliegenden Verkehr ausreichend leistungsfähigen, einfachen T 16 Lokomotive zu beantragen. Da um jene Zeit bereits sehr befriedigende Versuche mit der neuen T 20 auf der Harzbahn vorlagen, so drängte sich das Endglied dieser Gedankenkette gleichsam von selbst auf: das Reichsverkehrsministerium beauftragte im Juni 1923, indem es den Reibungsbetrieb im Westen zunächst als Sonderfall unter der Bedingung sorgfältiger Unterhaltung der Sandstreuer genehmigte, das Eisenbahn-Zentralamt mit grundsätzlichen Versuchen über die wirtschaftliche und betriebliche Grenzlage zwischen Reibungs- und Zahnradbetrieb. Zu dem Ergebnis dieser Versuche, zu denen auch Zahnradbahnen anderer Steigungen und die neue württembergische Zahnradlokomotive herangezogen wurden, sollte noch der Lokomotiv-Ausschuß gehört werden, dessen Gutachten sich freilich bei dem eindeutigen Ausfall der Versuche im wesentlichen nur in Richtung einer formalen Zustimmung bewegen konnte.

Nach diesen Vorbemerkungen sollen nun die neuesten Versuche ausführlicher und systematisch nach einzelnen wichtigen Gesichtspunkten behandelt werden.

#### Ort, Zeit und Art der Versuche.

Im Frühjahr 1922 wurde zunächst die T 28 auf den thüringischen und rheinischen Zahnradstrecken untersucht; die Steigungen waren die gleichen wie im Harz, lediglich zwischen Schleusingen und Suhl liegt auch eine Zahnstrecke von 1:15 = 66<sup>2</sup>/<sub>3</sub><sup>0</sup>/<sub>100</sub>. Anfang 1923 kam die erste T 20 Lokomotive heraus und wurde sofort dem Lokomotiv-Versuchsam Grunewald zugewiesen. Nach vorbereitenden leichteren Fahrten und schweren Güterzugfahrten auf der Strecke Grunewald—Sangerhausen (lange Steigungen 1:100) wurde sie im März zu messenden Versuchsfahrten gastfreundlich auf der Harzbahn aufgenommen (Profil Abb. 1, Taf. 7). Diese hatte sich zu gleicher Zeit eine weitere T 20 von der Reichsbahn geliehen, um sie im Regelbetrieb mit ihrer Mammutklasse zu vergleichen und danach zu entscheiden, nach welcher Bauart bei Verkehrszunahme etwa künftig weiter zu beschaffende Lokomotiven ausgeführt werden sollten. Im Juni 1923 folgten Versuchsfahrten auf den thüringischen Zahnradbahnen, an die sich unmittelbar eine Erprobung auf stark steigender Hauptbahn, der im Zuge Stuttgart—München liegenden »Geislinger Steige«, mit 1:44,5 im Mittel, 1:43 maximal, anschloß. Soweit hatte es sich noch um eine Erprobung der T 20 unter den verschiedensten Verhältnissen gehandelt. Die Fahrten im Oktober 1923 auf den Strecken Honau—Lichtenstein 1:10 (100<sup>0</sup>/<sub>100</sub>, Profil Abb. 2, Taf. 7) und Klosterreichenbach—Freudenstadt 1:20 (50<sup>0</sup>/<sub>100</sub>, Profil Abb. 3, Taf. 7) dienten bereits ausdrücklich der systematischen Durchforschung des Grenzgebietes, und die Reichsbahndirektion Stuttgart hatte dankenswerter Weise einer vorübergehenden Zulassung der schweren T 20 Lokomotive trotz des leichten Oberbaues dieser Strecken die Zustimmung nicht versagt. In diese Fahrten wurde dann die neue, bestimmungsgemäß hier diensttuende E + 1 Z Zahnrad-Lokomotive einbezogen, während auf eine Untersuchung der alten, hier gleichfalls verwendeten Zahnrad-Lokomotiven verzichtet wurde, da diese als leichtere Naßdampf-Lokomotiven von vornherein für die Entscheidung der Grundfrage unter neuzeitlichen Gesichtspunkten nicht in Betracht kommen.

Die Versuche fanden sämtlich unter Benutzung der beiden Lokomotiv-Mefswagen des Eisenbahn-Zentralamts statt, und zwar bis Frühjahr 1923 mit dem Mefswagen 1, die späteren Fahrten mit dem Mefswagen 2. Die Zuglast wurde im allgemeinen durch Züge des Betriebs gegeben. Die Versuchszüge wurden in passende Lücken des Fahrplans eingefügt. War genügend Ladegut vorhanden, wie in einigen Fällen auf der Harzbahn, so war der Zug zu Tal ein solcher in entgegengesetzter Richtung, sonst wurde der Versuchszug unter Änderung seiner Last mehrere Male bergauf und -ab gefahren, und die nicht rein der Belastung dienenden, sondern mit aufgeliefertem Gut beladenen Wagen wurden schließliche gleichsam nach Art der Echternacher Springprozession in ihrer Marschrichtung endgültig abgeschoben. Auf der Steigung Honau—Lichtenstein

\*) Berichtigung: Im 1. Teil des Aufsatzes ist auf Seite angegeben. Es muß in der ersten Spalte oben sowie weiter unten

73, Heft 4, die Steigung der Halberstadt-Blankenburger Bahn irrig 60 v. T. statt 1:60 heißen.

dienten die Reserve-Personenwagen des Sommerverkehrs als Zuglast. Zur genügenden Auslastung wurde in mehreren Fällen auch ein Schlafwagen mitgenommen, der dann gleichzeitig nachts zur Beherbergung der Fahrteilnehmer diente.

Die Talfahrt diente stets der Erprobung der Gegendruckbremse der Lokomotive. Sie geschah meist so, daß wir den Zug voranlaufen, gleichsam zu Tal hängen ließen, und, solange es ging, ihn mit der Gegendruckbremse allein dahin beherrschten, daß er mit möglichst gleichbleibender Geschwindigkeit (20—25 km/St.) bergab fuhr. Für die nötige Sicherheit war selbstverständlich gesorgt, einmal durch Betriebsbereitschaft der Druckluftbremse, die übrigens bei den württembergischen Personenwagen jener Strecken auch die Bremszahnäder beherrschte, daneben und bei Zügen ohne durchgehende Bremse durch ausreichende, ortskundige und also geschulte Bremsermannschaft, die Weisung hatte, bei unzulässigem Anwachsen der Geschwindigkeit die Handbremsen anzuziehen. Bei der Talfahrt auf 1:10 mit schweren Zügen oder bei feuchtem Wetter war die Mitwirkung der üblichen Bremse trotz der Gegendruckbremse nicht zu entbehren. Der eigenartige Betrieb mit dem herabhängenden Zuge findet seine Erklärung in dem Umstand, daß die für den Zug noch verfügbare Wirkung der Gegendruckbremse mit dem Zugkraftmesser des Mefswagens festgestellt wurde, was eben nur bei Beanspruchung auf Zug möglich ist. Bei voranfahrender Lokomotive läuft der Zug auf; es würden dann Drücke, und zwar die Summe der Drücke in den beiden Pufferstangen, zu messen sein, was der Zugkraftmesser naturgemäß nicht leisten kann. Der Einbau eines Druckkraftmessers in den neueren Mefswagen ist vorgesehen.

Die insgesamt vorgenommenen Messungen umfaßten neben der Zugkraft am Zughaken der Lokomotive und der Zuggeschwindigkeit alle Werte, die auch sonst zur Beurteilung der Leistung und Wirtschaftlichkeit der Lokomotiven bestimmt werden. So wurde die Arbeit am Zughaken in mkg bei dem Mefswagen 1 durch ein die Zugkraft über dem Weg integrierendes Planimeter unmittelbar gemessen, bei dem noch nicht ganz fertigen Mefswagen 2 durch Planimetrieren des Zugkraftstreifens bestimmt. Da die Leistungszähler auf den Indikatoren erst in nächster Zeit angeliefert werden\*), so konnte die indizierte Leistung nur stichprobenweise durch Aufnahme von Indikatordiagrammen gemessen werden, die ja ohnehin zur Beurteilung der Güte der Steuerung und zum Erkennen der Kompressionsvorgänge bei der Bremsfahrt zu nehmen waren. Durch Vergleich von Indikatordiagrammen, aufgezeichnet in zweifelsfreiem Beharrungszustand, mit der Zugkraftmessung am Zughaken konnte nachträglich, wie unten ausgeführt, in einigen Fällen auch der Gesamtwirkungsgrad der Lokomotive bestimmt werden.

Die Messungen erstreckten sich weiter auf die Temperaturen des Heißdampfes im Sammelkasten und Schieberkasten, des Auspuffdampfes, des Speisewassers vor und hinter dem Vorwärmer, sowie die Temperaturen der Rauchgase vor der Rohrwand und unter dem Schornstein; ferner auf den Blasrohrüberdruck und den Unterdruck in der Rauchkammer, der Feuerbüchse und dem Aschkasten, sowie endlich auf die Bestimmung des Wasser- und Kohlenverbrauchs. Der erstere wurde sowohl durch Ablesung des Wasserstandes in den Behältern mit Mefslatte — naturgemäß immer auf wagrechten Gleisstücken der Bahnhöfe —, als auch durch eine in die Vorwärmer-Speiseleitung eingebaute

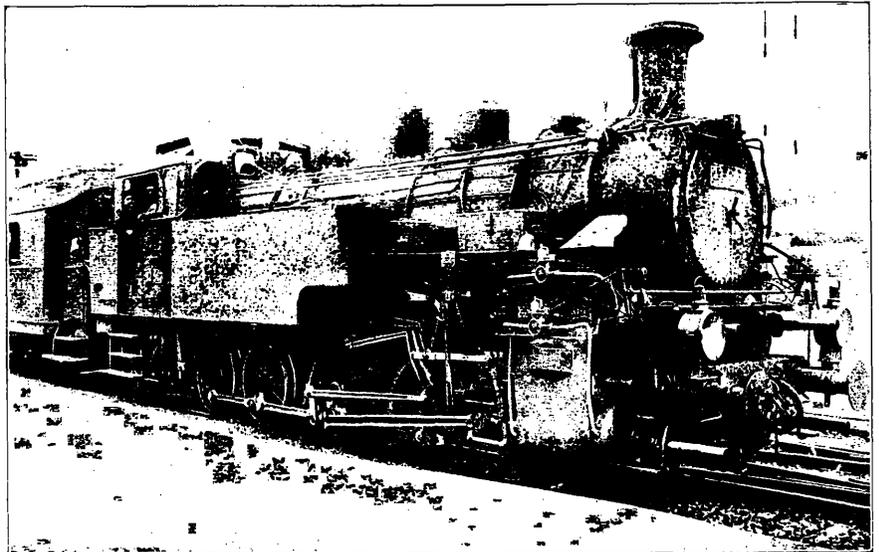
\*) Nur bei den Fahrten auf der Geislinger Steige wurden einige, von der Firma Maihak, Hamburg, zur Erprobung zur Verfügung gestellte Leistungsmesser verwendet.

Siemens-Wasseruhr gemessen. Die Bestimmung des Kohlenverbrauchs geschah durch Zumessung in Körben aus dem Kohlenbehälter zur Entnahmestelle des Heizers.

Alle Augenblickswerte wurden auf ein sowohl auf der Lokomotive wie im Mefswagen ertönendes elektrisches Hupensignal festgestellt, derart, daß jedesmal im Mefswagen eine Kontrollaufschreibung der abgelesenen Zugkraft und Geschwindigkeit erfolgte, die Indikatordiagramme sämtlicher Kolbenseiten mit vom Führerstand elektrisch gesteuerten Indikatoren aufgenommen und die Lage der Steuerung, sowie Kessel-, Schieberkasten- und bei den Verbundlokomotiven der Verbinderdruck, sowie Blasrohrdruck und Unterdruckwerte auf dem Führerstand vermerkt wurden. Die Temperaturen wurden mit elektrischen Fernthermometern im Mefswagen schnell hintereinander durch Niederdrücken der Tasten in entsprechender Reihenfolge festgestellt.

Die auf Grund aller dieser Ablesungen ausgearbeiteten Gesamtaufnahmen je einer Fahrtengruppe mit der 1E1 Reibungslokomotive (T 20) und der E + 1 Z-Zahnradlokomotive zeigen die Zusammenstellungen 1 und 2, wobei jede Einzelfahrt eine wagrechte Zeile bildet. Abb. 4 bis 6 auf Taf. 7 sowie Textabb. 1 stellen ferner die württembergische Zahnrad-Lokomotive und die Anbringung der Indikatoren an ihr dar. Zu allen Messungen ist zu bemerken, daß gewisse Fehler in Kauf genommen werden

Abb. 1. Württembergische Zahnradlokomotive E + 1 Z.



müssen. Der Zugkraftmesser — eine Wasserdruck-Mefsdose — läßt sich z. B. mit dem Fehler 0 immer nur auf eine gewisse Normalkraft mittels eines genaueren Zugkraftprüfers einregeln. In größerer Entfernung davon ist dann die Anzeige unter Umständen mit einem Fehler bis hinauf zu mehreren Prozenten behaftet. Da bei den allgemeinen Aufgaben des Mefswagens die Eichung nicht wohl auf die ausnahmsweise großen Zugkräfte des Steilrampenbetriebs erfolgen kann, so ist mit der Möglichkeit solcher Fehler zu rechnen. Auch die übrigen Apparate haben z. T. gewisse Fehlerquellen, wie man denn überhaupt an die Messungen in dem verhältnismäßig rauhen und mit großen Kräften umgehenden Eisenbahnbetrieb nicht den Maßstab des physikalischen oder chemischen Laboratoriums anlegen darf.

#### Reibungsverhältnisse.

Die wichtigsten Ergebnisse der Versuche sind naturgemäß die Werte für die Reibungsziffer. Es wurde schon oben von der schnellen Errechnungsmöglichkeit der reduzierten Reibungsziffer, die also die Schwerkraftkomponente zum Reibungsgewicht der Lokomotive in Beziehung setzt, gesprochen und auf den

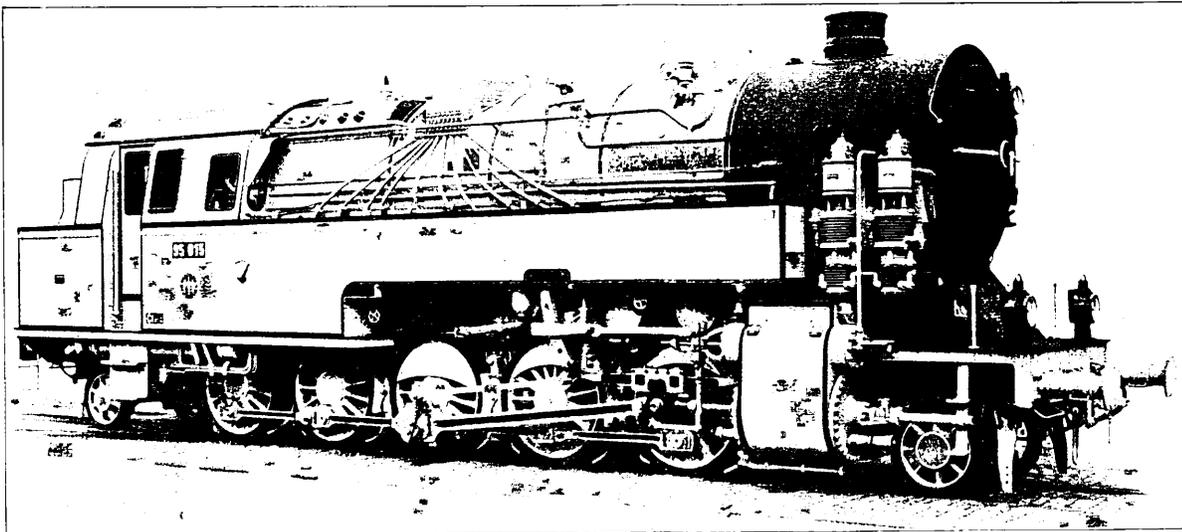
bei starken Steigungen ziemlich geringen Fehler, sowie seine Unabhängigkeit von dem z. B. mit der Sandung schwankenden Fahrzeugwiderstand und den zufälligen Krümmungsverhältnissen hingewiesen. Eine gewisse Unsicherheit wohnt bei der Dampflokomotive ohnehin der Ermittlung der Reibungsziffer inne, insofern für längere Fahrten mit dem durch Aufbrauchung der Vorräte abnehmenden Gesamt- und Reibungsgewicht nur ein Mittelwert für die Strecke angebar ist. Wählt man das Reibungsgewicht bei vollen Vorräten, so wird damit die Angabe der Reibungsziffer etwas zu klein; diese mögliche, gelegentliche Unterschätzung kann natürlich keinen Schaden anrichten und ist daher auch im folgenden in Kauf genommen, zumal sie eine kleine Abschwächung hinwiederum dadurch erfährt, daß mit Abnahme der Lokomotivvorräte auch das gesamte Zuggewicht kleiner wird. Übrigens sind in den Zusammenstellungen über den Reibungswerten für volles Reibungsgewicht noch diejenigen für die festgestellte Abnahme der Vorräte aufgenommen; die Abnahme ist halbiert, um zum Mittelwert zu gelangen. Der durch Vernachlässigung des Fahrzeug- und Krümmungswiderstandes begangene Fehler ist, wie gesagt, auf der häufigsten Steigung der bisherigen deutschen Zahnbahnen mit 60‰ mit 2,5 kg/t bei ungesandeten Schienen gegenüber den 60 kg/t Steigungswiderstand nur 4,2‰: auf 100‰ nur 2,5‰; bei gesandeten Schienen und gezogenem Zuge

zwar etwa 16, bzw. 10‰; doch würde im regelmäßigen Dienst geschoben werden, und der nachfolgende Zug wird infolge der Witterungseinflüsse, die ja gerade zu starkem Sanden zwingen, in der Regel den Sand nur noch in geringem Maße vorfinden.

In den folgenden Zusammenstellungen sind nun die wichtigsten Werte der erzielten Reibungsziffern angeführt. Zunächst enthält die Zusammenstellung 3 oben unter a) jeweils die beiden Fahrten mit den größten Zuglasten auf 1:10 und 1:20; beidemal unter günstigen Verhältnissen, nämlich ganz trockenen oder ganz reingewaschenen Schienen und ständig laufendem Sandstreuer. Das durch einige Übung sich herausbildende Gefühl, sich dicht vor dem Gleiten der Treibräder zu befinden, bot genügende Gewähr dafür, daß die Reibungsgrenze erreicht war.

Gegenüber der wirklichen Reibungsziffer sind diese reduzierten Werte, wie erwähnt, um den Betrag des Lauf- und Krümmungswiderstandes und andererseits die Wirkung der Abnahme der Vorräte zu klein. Doch handelt es sich nach den Versuchsaufnahmen hierbei um verhältnismäßig geringe Beträge (z. B. auf Honau—Lichtenstein Wasserverbrauch 2,57 t, Kohlenverbrauch 0,3 t gegen 125 t Lokomotiv- und 93 t Reibungsgewicht bei vollen Vorräten). Textabb. 2 stellt die T 20 Lokomotive dar.

Abb. 2. 1 E 1 Tenderlokomotive Gattung T 20.



1 E 1 Heißdampf-Tenderlokomotive-Gattung T 20.

Hauptabmessungen.

Zylinderdurchmesser	700	mm
Kolbenhub	660	»
Treibraddurchmesser	1400	»
Laufraddurchmesser	850	»
Fester Radstand	3300	»
Gesamtradstand	11900	»
Dampfdruck	14	at
Rostfläche	4,36	qm
Heizfläche der Feuerbüchse	17	qm
Anzahl der Heizrohre	218	
Durchmesser der Heizrohre	40/45	mm
Anzahl der Rauchrohre	34	
Durchmesser der Rauchrohre	126/133	mm
Heizfläche der Heiz- und Rauchrohre	183	qm
Kesselheizfläche	200	»
Durchmesser der Überhitzerrohre	30/38	mm
Überhitzerheizfläche	62,5	qm
Gesamtheizfläche	262,5	»

Wasserinhalt bei 150 mm Wasserstand über

Feuerbüchsenfläche	8,5	qm
Verdampfungsoberfläche	10	»
Leergewicht	103 450	kg
Reibungsgewicht	93 200	»
Dienstgewicht	125 800	»
Wasservorrat	12	ccm
Kohlenvorrat	4	t
Größte Geschwindigkeit	70	km/St.

Im Gegensatz dazu enthält die Zusammenstellung 3 unter b) Fahrten, bei denen die Schienenverhältnisse nicht so günstig waren und die Schleudergrenze in der Regel berührt, teilweise mit Sicherheit erreicht war, wie sich an einige Male einsetzendem Schleudern zeigte. Obwohl dauernd gesandet wurde, ließen sich nur die etwas kleineren Reibungsziffern erreichen; eine Erklärung wird man darin finden können, daß jener oben erwähnte seifige oder schleimige Überzug der Schienen den Sand nicht in vollem Maße zur Wirkung kommen läßt, etwa sehr kleine Sandkörnerchen in diesem Überzug versinken oder ohne Hinausragen ihrer scharfen Kanten hineingedrückt werden.

Namentlich auf Bahnübergängen bei regnerischem Wetter ist der Einfluß des durch Fuhrwerke und Fußgänger auf die Schienen getragenen zähen Schmutzes besonders fühlbar; hier tritt häufig Schleudern ein, das nur durch reichliche Sandung zu beseitigen ist oder durch rechtzeitige Anwendung vor der Überfahrt verhindert werden kann. Jedenfalls beweisen auch unsere neueren Erfahrungen die Richtigkeit der alten Beobachtungen über ungünstige Beeinflussung der Schienenreibung durch das Gebirgsklima, wenn man ihrer auch durch gute Sandstreuer in sehr hohem Maße Herr zu werden vermag.

Übrigens sind in der Zusammenstellung nur gelungene Fahrten aufgenommen worden, z. B. nicht eine Fahrt im März 1923, wo die T 20 vor Bast-Michaelstein mit einem 270 t-Zug in der gleichzeitig gekrümmten Strecke in einem Einschnitt bei Nebelreifen und etwas Reifbildung hängen blieb und der Zug nach vergeblichen Anfahrversuchen in zwei Teilen hinaufgezogen werden mußte. Hier war also die allerdings schon hohe, erforderliche reduzierte Reibungsziffer von 0,253 nicht mehr durchzuhalten, ebensowenig in einem Falle der tiefere Wert von 0,224 mit einem 290 t-Zug auf 1:20 im Schwarzwald, wo bei leichtem Regen, mehrfachen Übergängen und Krümmungen schließlic durch stetes Eintreten von Schleudern der Versuch des Wiederanfahrens ebenfalls erfolglos blieb und zum Hinaufschaffen des Zuges in zwei Teilen zwang. Die erfolgreiche Reibungsziffer von 0,244 bei der Harzfahrt mit dem «Mammut» wird der vorzüglichen, langen Übung des Lokomotiv-Personals dieser Bahn gutzuschreiben sein. Die Fahrt am 22. Oktober auf der Strecke Honau—Lichtenstein, absichtlich früh auf durch Frühnebel und Tau leicht befeuchteten Schienen unternommen und vorsichtigerweise mit nur 57 t ausgeführt, verlief derart glatt, daß die dabei festgestellte Reibungsziffer von 0,195 sicher überschreitbar war. Sieht man von dieser für den Ernstfall des Betriebes natürlich unwirtschaftlichen Fahrt (57 t Zuggewicht gegen 125 t der Lokomotive) ab, so lagen also bei ungünstigeren Reibungsverhältnissen bei Fahrten mit der T 20 die Höchstwerte der reduzierten Reibungsziffer bei 0,218—0,237.

Bei der Entscheidung über die Wahl der reduzierten Reibungsziffer für den wirklichen Betrieb wird man sich zweckmäßig wesentlich an die mehrjährigen Betriebserfahrungen der Harzbahn anschließen. Nach einer Ende Januar eingeholten Erkundigung bei dem Direktor dieser Bahn, Herrn Dr. Ing. Steinhoff, werden auf der Harzbahn dauernd Züge bis zu 180 t störungsfrei befördert, und zwar bezieht sich die Störungsfreiheit auch auf die strengen Wintermonate Dezember 1923 und Januar 1924, so daß hierin eine Sicherheit dafür liegt, daß die daraus zu ermittelnde Reibungsziffer auf jeden Fall mit dem Sandstreuer innegehalten werden kann. Da dieses Zuggewicht an jeder beliebigen Stelle und also bei schwankendem Kohlen- und Wasservorrat der Lokomotive befördert worden ist, so bezieht man zweckmäßig die Reibungsziffer wieder auf volles Reibungsgewicht der Lokomotive; man kann diese Ungenauigkeit, die im übrigen stets nach unten, also nach der sicheren Seite liegt, um so eher entschuldigen, als vielfach festgestellt worden ist, daß auch die Gewichtsangaben des Fahrberichts mit wirklichen Wägungen des Zuges nicht genau übereinstimmen. Zahlenmäßig ist die Sachlage nun so, daß der insgesamt 280 t schwere Zug auf 60‰ eine Schwerkraftkomponente von 16800 kg darstellt, die mit 80 t Reibungsgewicht bewältigt wird. Die reduzierte Reibungsziffer ergibt sich somit zu  $0,21 = \frac{1}{4,76}$ . Die Reibungsziffer von 0,21 wäre also dem Reibungsbetrieb auf Steilrampen bei Bemessung des größten Zuggewichts zugrunde zu legen. Für die T 20 ergibt sich damit ein Zug von  $\leq 200$  t auf 60‰.

Von Interesse darüber hinaus bliebe die Kenntnis der wirklichen Reibungsziffer in dem üblichen physikalischen Sinne. Um diese kennen zu lernen, muß von der reinen Schwerkraftkomponente noch der Zugwiderstand hinzugefügt werden, freilich im üblichen Sinne nur für den Wagenzug. Bei der Lokomotive darf außer dem vollen Widerstand der Laufachsen für die Treibachsen nur der Krümmungswiderstand und der Widerstand der rollenden Reibung in Ansatz gebracht werden, nicht etwa auch die Achslagerreibung. Denn der Kraftweg ist ja so, daß von der indizierten Zugkraft der Anteil zur Überwindung der Maschinenreibung im engeren Sinne und der Achslagerreibung gar nicht erst an die Berührungsstelle von Rad und Schiene gelangt, also gar nicht erst zur Reibung in Beziehung gesetzt zu werden braucht. Zu der Unsicherheit eines zutreffenden Ansatzes für die rollende Reibung der Lokomotivtreibachsen kommt nun noch die Tatsache, daß allem Anschein nach der Zugwiderstand auch ohne Krümmung bei Sandung weit über dem üblichen Wert von 2,5 kg/t in der Ebene liegt. Diese Tatsache erhellt außer aus einigen gelegentlichen Beobachtungen während der Fahrt, die sogleich mit dem Rechenschieber verfolgt wurden, noch aus einer durch Diagramme im Beharrungszustand festgelegten Stelle eines Zugkraftstreifens (Abb. 7, Taf. 7) der Harzbahn. Hier wurde nämlich eine Zugkraft von 16000 kg festgestellt und zwar als Mittelwert zwischen den größten Ausschlägen des Zugkraftmessers. Daß dieser arithmetische Mittelwert zugleich den Arbeitsmittelwert der effektiven Zugkraft in diesem Falle darstellt, geht aus dem in den Abb. 8 und 9, Taf. 7, dargestellten Tangentialdruckdiagramm der Lokomotive hervor, wie es an Hand der tatsächlichen Dampfdiagramme (Abb. 10 und 11, Taf. 7) aufgestellt ist. Auf den Kurbelkreis bezogen schwankt die Tangentialzugkraft zwischen 45 und 55 t, wäre also für den

Radumfang im Verhältnis  $\frac{660}{1400}$  zu reduzieren, also auf 21,2 und 26 t; wie die Abb. 9 leicht erkennen läßt, sind für 51,1 t Zugkraft am Kurbelkreis Überschuss- und Unterschussflächen offensichtlich fast genau gleich\*). Die Schwankung des Zugkraftmessers nach dem Zugkraftstreifen bewegt sich allerdings in viel weiteren Grenzen, so daß dadurch der Hinweis auf Resonanzschwingungen der Zughakenfeder des Meßwagens gegeben ist. Die Tatsache, daß bei 11 km/St. derartige Resonanzschwingungen auftreten, wird bestätigt durch kürzlich vorgenommene Versuchsfahrten mit einer kleinen Diesellokomotive, die ebenfalls bei fast genau 11 km Geschwindigkeit trotz ihrer geringen Zugkraft sehr merkbare Schwingungen des Zugkraftmessers hervorzurufen vermochte. Indes wird die Resonanz immer nur in Schwingungen um den gleichen Mittelwert bestehen, der ohnehin auch vorhanden wäre. Dazu kann noch angenommen werden, daß die Zugkraftschwankung am Zughaken der Lokomotive proportional der aus dem Tangentialdruckdiagramm hervorgegangenen Zugkraftschwankung sein wird. Als Mittelwert der Zugkraft am Zughaken wird man daher, wie oben angegeben, die Mitte zwischen den Größt- und kleinsten Ausschlägen wählen dürfen. Subtrahiert man von dem Wert von 16000 kg die Schwerkraftkomponente des Wagenzuges und dividiert den verbleibenden Rest von 2850 kg durch das Zuggewicht von 219 t, so ergibt sich ein Zugwiderstand von  $2850 : 219 = 13$  kg/t.

Nimmt man selbst an, daß sich der Zug mit einem nennenswerten Anteil noch in der voraufgegangenen Krümmung von 280 m Halbmesser befunden hat, die einen Krümmungswiderstand nach der Formel von Röckl von angenähert 3 kg/t bedingt, so bleiben gegenüber den üblichen 2,5 kg/t immer

\*) Der Mittelwert von 23,6 t zwischen den 21,2 und 26 t weicht von dem später angeführten Zugkraftwert von 24,4 t aus der mittleren Dampfspannung des Diagramms um 3,3% ab. Der Grund liegt in der Ungenauigkeit durch die Streifenzerlegung bei kleinem Maßstab.

noch 10 kg/t Widerstand übrig. Da indes die gesamten Diagramme immerhin erst mehrere Sekunden nach dem Geben des Signals vorliegen, so ist die Möglichkeit größer, daß der Zug die Kurve schon ganz oder mindestens zum größten Teile verlassen hatte, und der reine Laufwiderstand der Wagen würde dann noch größer sein und sich dem Werte von 13 kg/t nähern. Die auf der Strecke Honau—Lichtenstein gemachten Rechenschieberablesungen ergaben ähnlich hohe Werte (10 bis 11 kg/t) und konnten gleichfalls nur im Sinne vermehrten Streckenwiderstandes im engeren Sinne gedeutet werden, nachdem hier die Möglichkeit, daß das Bremszahnrad der Wagen eine Vermehrung des Widerstandes im Gefolge hätte, durch die Tatsache seiner Beweglichkeit von Hand als ausgeschlossen festgestellt wurde. Es scheint also in der Tat die im geschichtlichen Teil der Abhandlung erwähnte ältere Befürchtung, daß durch Sandung eine Vermehrung des Zugwiderstandes erfolge, zuzutreffen und das Mehr gegenüber dem üblichen Wert der glatten Schiene durch das weitere Zermahlen des Sandes durch die Wagenräder bedingt zu sein. Allerdings ist, wie oben erwähnt, der Anteil an der Zugkraft der Lokomotive verhältnismäßig unwesentlich. Macht man nunmehr von dieser Erkenntnis Gebrauch und schlägt zu der Zugkraft bei der Fahrt mit der höchst beobachteten Reibungsziffer noch einen Zugkraftanteil von 2500 kg hinzu, so kommt man auf eine Zugkraft von 27 500 kg am Radumfang und damit auf eine wahrscheinliche mittlere Reibungsziffer von  $27\,500 : 91\,000 = 0,302$ , wenn der zu 3 t gemessene Vorräteverbrauch kurz vor Erreichung des Brechpunktes auf alle sieben Achsen gleichmäßig verteilt wird.

Nimmt man nun weiter an, daß dieser Mittelwert dadurch erreicht ist, daß auch bei den Spitzenwerten der Zugkraft aus dem Tangentialdruckdiagramm ein Gleiten noch nicht stattgefunden hat, so würde man noch mit 1,1 unter Berücksichtigung des Umstandes zu multiplizieren haben, daß die Höchstzugkraft zur mittleren sich am Kurbelkreis wie 55 : 50 verhält. Eine absolute Gewissheit, daß noch keinerlei Gleiten bei dieser Fahrt stattgefunden hat, ist allerdings nicht vorhanden. Es ist möglich und könnte aus dem Gefühl geschlossen werden, daß ein leichtes Schleifen gelegentlich schon stattgefunden hat, daß also bei den Höchstwerten der Zugkraft die physikalische Reibungsziffer schon um ein Weniges überschritten wurde. Bei dem ungefähr sinuswellenförmigen Verlauf des Tangentialdruckdiagramms und seinem flachen Charakter an den Höchstwerten ist indes sicher anzunehmen, daß dieses gelegentliche Gleiten, wobei man ein leicht knurrendes, würgendes Geräusch zu hören vermeint, noch unerheblich gewesen sein muß. Jedenfalls aber würde der durch Multiplikation von 0,302 mit 1,1 ermittelte Wert des Höchstmaßes der erreichbaren Reibungsziffer darstellen, so daß ausgesprochen werden kann: Die Reibungsziffer von Radreifenstahl auf Schienenstahl unter Zwischenschaltung von Streusand beträgt 0,332, also fast genau  $\frac{1}{3}$ . Wiederholt man die gleiche Rechnung für die Verhältnisse des Dauerbetriebs, so begnügt man sich hier mit einer wirklichen physikalischen Reibungsziffer von 0,26\*).

Endlich könnte der Betrachtung noch die Beziehung der indizierten Zugkraft zum Reibungsgewicht zugrunde gelegt werden. Diese Ziffer ist übrigens wiederum wie die reduzierte Reibungsziffer ein fiktiver Wert, hat aber gegenüber dieser den Nachteil, daß sie in einfacher Weise nicht errechnet werden kann, sondern voraussetzt, daß man entweder das Diagramm, also die indizierte Leistung, kennt oder aber im

\*) Es handelt sich hier natürlich um die Reibungsziffer angetriebener Räder: es ist möglich, daß die Reibungsziffer einer beweglichen Stahlplatte, die über eine andere feste, mit Sand bestreute hinweggezogen wird, eine andere (und zwar vermutlich größere) ist.

Besitz zutreffender Werte für den Eigenwiderstand der Lokomotive ist. Die indizierte Reibungsziffer, wie sie vielleicht genannt werden könnte, ist angewandt worden, allerdings nicht ausschließlichs für Steilrampenbetrieb, von Strahl, der hiermit für die üblichen Streckenlokomotiven die Zylindergröße zum Reibungsgewicht abstimmt mit einer Größe von  $0,2 = 200 \text{ kg/t}$ , und neuerdings von Rintelen in der »Verkehrstechnischen Woche« 1924, Seite 21, wo er sie mit 0,225 in seine Rechnung speziell für Steilrampenbetrieb einführt.

Wir haben aus unseren Beobachtungsunterlagen den Eigenwiderstand der Lokomotive in folgender Weise zu ermitteln gesucht, wobei hervorgehoben werden muß, daß dies für Streckenversuche an sehr wenigen Stellen ohne Leistungszähler gelingt, weil die Gewissheit bestehen muß, daß der Beharrungszustand vorhanden ist, d. h. die Geschwindigkeitslinie völlig parallel der Nulllinie verlaufen muß. Eine solche Stelle vollkommen gleicher Geschwindigkeit mit zugehörigem Diagramm wurde auf der Harzbahn am 8. 3. 23 beobachtet; dabei wurde eine effektive Zugkraft von 16 000 kg festgestellt, während die indizierte Zugkraft aus dem Diagramm zu 24 400 kg ermittelt wurde. Damit verbleibt ein Lokomotivwiderstand von 8 400 kg, der um den Steigungswiderstand von 7 200 kg vermindert einen Laufwiderstand von 1 200 kg auf die Ebene bezogen darstellt. Dieser Widerstand ist mit 5% der indizierten Zugkraft auffallend gering; auf die Tonne Dienstgewicht umgerechnet ergibt sich rund 9,4 kg/t und auf das Reibungsgewicht nach Abzug des Laufachsenwiderstandes 12,35 kg/t.

Weiter wurde auf der Geislinger Steige eine Reihe von Fahrten mit Leistungszählern vorgenommen, so daß hier das Verhältnis  $Z_i : Z_e$  unmittelbar für die einzelnen Fahrten bekannt ist. Da dieses Verhältnis, wie leicht einzusehen ist, sich für den Beharrungszustand gegenüber der gesamten Fahrt deshalb nicht fühlbar ändern wird, weil auf der Steigung ähnlich große Zugkräfte anzuwenden sind, wie bei der Anfahrt auf dem ebenen Bahnhof, so daß also stets mit nahezu konstanter Füllung gefahren wurde, so kann man wiederum aus der Zugkraft am Zughaken mit dem Verhältnis  $= N_e : N_i$  sofort die indizierte Zugkraft erhalten. Zieht man von dieser jeweils den Steigungswiderstand der Lokomotive ab, so verbleibt deren Laufwiderstand, der auch bei den geringen Geschwindigkeiten auf der allerdings schwächer steigenden Geislinger Steige als nahezu frei vom Luftwiderstand angesehen werden kann. Auch hier ergeben sich prozentuale Werte auf  $Z_i$  bezogen von 4,53 bis 5,95. Nur in zwei Fällen wurden höhere Werte von 6,45 und 8,75 beobachtet, und die zugehörigen Werte für Dienst- und Reibungsgewicht in den vereinzelt Höchstfällen sind dann 10,9 bzw. 14,0 und 14,2 bzw. 18,5 kg t. Diese sehr niedrigen Werte rufen zuerst einen gewissen Zweifel hervor, aber dieser Zweifel wird mindestens abgeschwächt durch die Tatsache, daß der Zugkraftmesser bei großen Zugkräften, wie gelegentlich seiner Eichung festgestellt wurde, hinter dem Eichinstrument zurückbleibt. Da nun die effektive Zugkraft als Subtrahend erscheint, so würden sich sogar noch kleinere Lokomotivwiderstände ergeben, was allerdings schwerlich zutrifft. Eine nennenswerte Verminderung des Eigenwiderstandes der T 20 gegenüber dem »Elch«, bei dem mehr als 10% (von  $Z_i$ ) festgestellt wurden, erhellt indes auch aus dem Umstand, daß der Widerstand gleichzeitig die Beförderungsarbeit für 1 m darstellt, die T 20 aber mit ihren wesentlich größeren Rädern einen kleineren Zentriwinkel für 1 m Streckenlänge beschreibt.

Einen genauen Zahlenwert der »indizierten« Reibungsziffer gestattet der mehrfach gestreifte Versuch auf der Harzbahn anzugeben. Dort wurde für die indizierte Zugkraft den Diagrammen der Wert von 24 400 kg entnommen, so daß eine Reibungsziffer von  $\mu = 24\,400 : 93\,000 = 0,262 (= 1 : 3,81)$  auf volle Vorräte bezogen ausgenutzt wurde. Das Zuggewicht

von 219 t lag allerdings noch etwas über dem normalen Höchstgewicht für den Betrieb von 200 t, wofür dann  $\mu_{\text{ind}} = 0,245$  ( $= 1 : 4,07$ ) sich ergibt. Der Rinteln'sche Wert von 0,225 für  $\mu_{\text{ind}}$  ist also angemessen, ja sogar nach diesen neuen Ermittlungen vorsichtig gewählt.

Zusammenfassend ist nochmals zu sagen, daß bei allem wissenschaftlichen Interesse an der physikalischen und indizierten Reibungsziffer die reduzierte am schnellsten zu errechnen und zu handhaben ist und deshalb als Hauptergebnis ausgesprochen werden kann, daß für den Reibungsbetrieb auf Steilrampen für den normalen Betrieb mit einer reduzierten Reibungsziffer von 0,21 unter Voraussetzung guter Sandstreuung immer gerechnet werden kann, nachdem das zahlreiche Versuchsmaterial bewiesen hat, daß für günstige Witterungsverhältnisse die Reibung nennenswert höher liegt.

#### Die Gegendruckbremse.

Vor Erörterung der wirtschaftlichen Frage des Reibungsbetriebes verbleibt in rein betrieblicher Beziehung noch die Frage der Talfahrt mit der Gegendruckbremse zu erörtern. Bei dieser wirkt bekanntlich das Triebwerk der Maschine bei einer der Fahrtrichtung entgegengesetzten Lage der Steuerung bremsend auf jedes gekuppelte Rad, wobei durch Umlegen des in der Ausströmung befindlichen Umstellschiebers Frischluft durch eine besondere Öffnung angesaugt und im Zylinder verdichtet wird. Auch für die Gegendruckbremse spielt die Reibung der Treibräder auf den Schienen die ausschlaggebende Rolle, da die Drehbewegung der Maschine mit der Wirkungsweise als Kompressor hier nicht mehr kinematisch durch den Zahneingriff erzwungen wird, sondern, wie bereits oben bemerkt, auf genügende Reibung angewiesen ist. Ganz allgemein kann man hier sagen, daß der gleiche Zug mit Gegendruckbremswirkung mit gleicher Sicherheit zu Tal gefahren werden könnte, wenn der Gesamtwiderstand des Zuges, also Laufwiderstand plus der in Zugkraft umgerechneten Kompressorwirkung gleich der Schwerkraftkomponente ist. Schon hieraus erhellt, daß die negative Zugkraft der als Kompressor arbeitenden Lokomotivmaschine kleiner sein darf als die Zugkraft bei der Bergfahrt, weil der Zugwiderstand bei der Talfahrt bremsen hilft, während er auf der Bergfahrt überwunden werden muß. Nimmt man für ungesandete Schienen und mittlere Krümmungen zunächst einen Zugwiderstand von 5 kg/t an, so würde für ein Gefälle 60 ‰ das  $p_{\text{mi}}$  beim Kompressor im Verhältnis  $(60 - 5) : (60 + 5) = 0,846$  kleiner sein dürfen als bei der Bergfahrt. Nimmt man jedoch bei Sandung einen Widerstand von 10 kg/t an, so würde das Verhältnis sogar nur  $50 : 70 = 0,714$  sein. Nun wird allerdings die mittlere Spannung beim Kompressionsdiagramm in der Tat wesentlich kleiner als beim Dampfdiagramm und zwar aus dem Grunde, weil bei den großen Füllungen, um die es sich bei Steilstrecken stets handelt, die Vorausströmung bereits in einem Augenblicke beginnt, wo die Dampfspannung noch längst nicht auf den Blasrohrdruck gesunken ist, während die Kompressionslinie bei der Talfahrt ungefähr mit dem niedrigen Blasrohrdruck beginnt, nachdem vorher während des Saughubes sogar ein geringfügiger Unterdruck geherrscht hatte. Dieser Sachverhalt ist sogleich aus den Abb. 12 und 13, Taf. 7 (trotz der größeren Füllung des Kompressionsdiagramms) zu erkennen, und die Flächeneinbuse infolge dieses Umstandes wird auch dadurch nicht wieder wettgemacht, daß die Kompressions-Adiabate der Luft stärker steigt, als die Expansionslinie des Dampfes fällt.

Schon vor den Versuchsfahrten mit der T 20-Lokomotive waren sehr beachtliche Versuchsergebnisse mit der Gegendruckbremse einer T 16-Lokomotive, gewonnen worden. So wurden auf der Thüringer Zahnstrecke Stützerbach—Thomasmühle am 11. Januar 1923 vor einem 103 t schweren Zuge bei 48 ‰

mittlerer Füllung 6500 kg Zugkraft am Zughaken bei der Bergfahrt gemessen, während bei der Talfahrt vor dem gleichen Zuge 5600 kg Zugkraft bei 72 ‰ Steuerungslage abgebremst wurden. Die Schieberkastenspannung war dabei 10,9 at bei der Bergfahrt und 10,2 at bei der Talfahrt, die Geschwindigkeit der Talfahrt 20 km/St., ein Wert des wirklichen Betriebes. Das Verhältnis der beiden  $Z_0$  ist hier in der Tat fast gleich 55 : 65. Es ist jedoch dabei noch zu berücksichtigen, daß der Zug von 103 t gegenüber den 80 t Reibungsgewicht der T 16-Lokomotive eine annähernd gleiche Ausnutzung des Reibungsgewichts, wie wir sie bei den bisherigen Fahrten zu behandeln hatten, nicht darstellt, wie denn auch die T 16-Lokomotive auf der Harzbahn bis zu 140 t beförderte. Die Lokomotive war also bei der Bergfahrt hinsichtlich der Reibungszugkraft noch nicht völlig ausgenutzt, wohingegen man bei der Talfahrt angesichts der Steuerungslage von bereits 72 ‰ mit der Gegendruckbremse wesentlich mehr nicht wird herausholen können. Höhere Kompressions-Bremskräfte am Zughaken bei der Talfahrt ergaben sich nur bei Fahrten mit wesentlich höherer Geschwindigkeit, so auf Gräfenroda—Oberhof—Suhl im Januar 1923, wo bei 35 km/St. Fahrgeschwindigkeit, 72 ‰ Füllung, 9,3 at Schieberkastenspannung und 387 bzw. 370 ° C im Schieberkasten, rechts bzw. links, 7170 kg Zugkraft festgestellt wurden. Diese beiden Zahlen weisen gleichzeitig auf eine andere wichtige Begrenzung der Kompressionsbremswirkung hin, nämlich auf die hohen Kompressionstemperaturen. Diese kommen dadurch zustande, daß nicht der Dampf die höchste Temperatur des Diagramms bedingt und also beherrscht, sondern daß bei der Talfahrt die Kompressionstemperatur durch die steiler ansteigende Luftadiabate aufgezungen wird. Bei den Talfahrten vom Rennsteig herab mit der T 20 wurden sogar mehrfach Temperaturen über 400 ° erreicht, einmal unter Ausschmelzen der Stopfbüchse. Im Interesse der Lebensdauer der Stopfbüchsen wird man daher mit den Kompressionspannungen und also mit den Temperaturen nicht allzu hoch gehen dürfen, und selbst die hier erwähnten Temperaturen sind nur zu erhalten durch reichliche Einspritzung von heißem Kesselwasser, das sich, abgesehen von der Möglichkeit, durch den Kesseldruck größere Wassermengen zuzuführen, als besserer Wärmeaufnehmer erwies als kaltes Wasser. Der Grund für diese zunächst paradox anmutende Erscheinung ist darin zu suchen, daß Wasser an der Grenze der Verdampfung sofort bei hohem Wärmeverbrauch in Dampf umgesetzt wird, wobei es sich räumlich gut verteilt, während das kalte Wasser sich bei geringer Oberfläche zunächst sehr träge gegen Wärmeaufnahme verhält.

Bei neuen, noch sehr gut abdichtenden Kolben- und Schieberingen kann man an sich im Beharrungszustand etwa das gleiche Zuggewicht zu Tal bremsen, wie zu Berg schleppen. Kleinere Zuggewichte kann man auch noch etwas verzögern, jedoch nur dann mit der Gegendruckbremse allein zum Stillstand bringen, wenn sie wesentlich hinter dem gleichmäßig herabsenkenden Zug zurückbleiben. Daß man schwere Züge nicht zum Stillstand abbremsen kann, liegt darin begründet, daß der Kompressionsvorgang bei sehr geringer Geschwindigkeit von der Adiabaten stark zur Isotherme übergeht und die Dichtungsringe zu viel Luft durchlassen.

In der Regel kann man nach all dem Gesagten mit der Kompressionsbremse nicht ganz das gleiche Zuggewicht für die Talfahrt beherrschen, das man mit aktivem Dampfdiagramm zu Berg schleppt, aber man kann immerhin einen sehr großen Anteil der höchstzulässigen Schwerkraftkomponente im Durchschnittsbetriebe abbremsen und ganz wesentliche Ersparnisse an Bremsklötzen erzielen. Für den Betrieb selbst wäre zu sagen, daß man die Geschwindigkeit auf 1 : 16 und ähnlichen Gefällen nicht etwa über 24 km wachsen lassen darf, die man dann mühelos mit der Gegendruckbremse unter gleichzeitiger

mäßiger Inanspruchnahme der durchgehenden Bremse beherrschbar kann. Jedenfalls ist die (auch bisher auf Zahnradbahnen stets vorhandene) Gegendruckbremse ein unerlässliches Hilfsmittel für den sicheren Reibungsbetrieb auf Steilrampen.

#### Die Wirtschaftlichkeit des Reibungsbetriebes.

Bei der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit des Reibungsbetriebes auf Steilrampen tritt insbesondere die Frage des Dampf- und Kohlenverbrauchs hervor. Bei einer Reihe von Versuchen ist mit Rücksicht auf die stark schwankende Güte der Kohle und auf die Schwierigkeit, bei kurzen Fahrten den wirklichen, auf die eigentliche Fahrt entfallenden Kohlenverbrauch unter Berücksichtigung der in der Feuerbüchse bereits liegenden Kohlenschicht genau zu bestimmen, auf die Bestimmung des Kohlenverbrauchs ganz verzichtet worden. Bei gleich gutem Kesselwirkungsgrad ist der Dampfverbrauch mit dem Kohlenverbrauch proportional, und der Dampfverbrauch ist ohnehin aus dem Grunde der maßgebende Wert, weil er die Güte der Dampfwerkung in der Maschine zum Ausdruck bringt, die namentlich je nach der Füllung auch bei gleich gutem Kesselwirkungsgrad recht verschieden sein kann. Aus der Fülle der erhaltenen Dampfverbrauchszahlen, die stets für die PS<sub>e</sub>-St. am Zughaken der Lokomotive unmittelbar gemessen sind\*), interessieren nun vor allen Dingen einmal die Spitzenwerte für die Fahrten an der Leistungsgrenze der Lokomotive und zweitens diejenigen für Fahrten mit normaler Last.

Wir behandeln zunächst die Steigung 100 ‰, wo bereits ein Zug, der kaum das Lokomotivgewicht übertraf, einen so hohen Wert der Reibungsziffer in Anspruch nahm, daß er nur unter günstigsten Witterungsverhältnissen unter Zuhilfenahme des Sandstreuers gefahren werden konnte. Dieser 128,5 t schwere Zug erforderte bei der T 20 einen Dampfverbrauch von 26,2 kg PS<sub>e</sub>-St., während die württembergische Zahnradlokomotive vor einem 129 t schweren Zuge mit einem Dampfverbrauch von 20,8 kg auskam. Wenn auch diese Zahlenwerte wahrscheinlich mit kleinen Mefsfehlern behaftet sind, die in der nicht immer völlig genauen Anzeige der Meßinstrumente begründet sind, so ist die Überlegenheit der Zahnradlokomotive doch aus dieser Zahl ohne weiteres zu erkennen. Selbst bei Zügen von 142,6 und 170 t, welche die Reibungslokomotive nicht mehr zu befördern vermochte, überschritt der Dampfverbrauch der Zahnradlokomotive nicht den Wert von 23,5 kg, obgleich bei den erforderlichen hohen Zugkräften die Verbundwirkung nicht mehr in völliger Reinheit aufrecht erhalten werden konnte, sondern vermöge eines Hilfsventils etwas Frischdampf in den Verbinder eingeführt werden mußte. Mutet man der T 20 einen Zug von 96 t zu (wobei die reduzierte Reibungsziffer von 0,21 bereits überschritten ist), so steigt der Dampfverbrauch für die PS<sub>e</sub>-St. nach den beiden Versuchen mit dieser Zuglast auf 28 bzw. 29 kg (bei mehrmaligem Schleudern), um bei dem allerdings spielend bewältigten Zug von 57 t den Wert von 42,2 kg zu erreichen, während auch bei den kleinen Zuglasten von 56 und 77 t die Zahnradlokomotive mit Dampfverbrauchszahlen von 25 und 26,6 kg ebenfalls wirtschaftlicher als die T 20 bleibt. Aus all den gegebenen Zahlenwerten erhellt nun ohne weiteres, daß die Steigung 1:10 für den Reibungsbetrieb bereits zu steil ist, und es darf auch nicht vergessen werden, daß für die Talfahrten das Vorhandensein der Zahnstange und der in sie eingreifenden Bremszahnäder bei so starkem Gefälle eine wesentlich erhöhte Betriebssicherheit bedeutet. Die Steigung 1:10 liegt bereits jenseits eines wirtschaftlichen und unbedingt sicheren Reibungsbetriebes: die höchste erreichte Zuglast von 129 t bleibt eine glänzende Kunstfahrt, während die mit Sicherheit zu fahrenden leichten

Züge sehr unwirtschaftlich sind, wie schon aus dem Umstande hervorgeht, daß das Lokomotivgewicht hierbei das Zuggewicht bis um das Doppelte übertrifft.

Für die weitere Behandlung der wirtschaftlichen Frage der Reibungslokomotive gegen die moderne Zahnradlokomotive stehen nun in erster Linie die Fahrten auf der Steigung 1:20 im württembergischen Schwarzwald zur Verfügung; daneben diejenigen mit der T 28 auf 1:16 in Thüringen und auf der Strecke Boppard—Castellaun (1922). Während aber, um diese etwas älteren Versuche vorweg zu nehmen, die Verbrauchszahlen der schweren Reibungslokomotive T 20 im Mittel bei 20 kg/PS<sub>e</sub>-St. liegen, ergab sich auf den nur vergleichbaren Thüringer Zahnstrecken bei der T 28 bei 24 Einzelfahrten nur einmal dieser Wert (20,4 kg); sonst wurden 22 kg/PS<sub>e</sub>-St. stets, und öfters beträchtlich überschritten (bis zu 28 und 32 kg), dabei waren die Züge leichter und die Geschwindigkeit geringer; der schwerste bei schlechtem Wetter schon an der Leistungsgrenze der T 28 gefahrene Zug von 163 t war 37 t leichter, als der anstandslos von der T 20 beförderte von 200 t. Nur auf der langen gleichförmigen Steigung (6 km) der Bopparder Strecke wurden kleinere Verbrauchszahlen bis herab zu 17,0 und von höchstens 24,7 kg/PS<sub>e</sub>-St. erzielt; aber einmal liegt eine so lange gleichmäßige Fahrt mit der T 20 nicht vor, und sodann und vor allem waren die Züge mit 103 und 135 t ganz wesentlich leichter als die mit der schweren Reibungslokomotive beförderten, außerdem fuhren sie langsamer.

Das Lokomotiv-Versuchsamt Grunewald bezeichnete denn auch in seinem Bericht vom 20. April 1922 die einfache Reibungsmaschine, den »Elch«, als überlegen und die Beseitigung der Zahnstange auf 60 ‰ betrieblich und wirtschaftlich als gerechtfertigt. Die inzwischen geschaffene größere T 20 und die ihr, wenigstens hinsichtlich der Zuglasten (nicht der Geschwindigkeit und Streckenleistung) noch etwas überlegene, damals uns nicht näher bekannte württembergische Zahnradlokomotive lassen demnach die T 28 noch weiter hinter sich zurück, als der »Elch«.

Eine teilweise Erklärung muß darin gefunden werden, daß die württembergische Lokomotive nur ein von der Zahnradmaschine angetriebenes Zahnrad besitzt, und damit die Möglichkeit des Zwängens und eines vermehrten inneren Widerstandes der Lokomotive vermeidet. Ein weiterer Grund wird darin liegen, daß das Verhältnis der Kesselheizfläche zum Gesamtgewicht bei der württembergischen Lokomotive und ebenso bei der T 20 wesentlich größer als bei der T 28 ist, und daher die bei den ersten beiden Lokomotivgattungen aus 1 t Lokomotivgewicht herauszuholenden Zugkräfte bzw. Leistungen über denjenigen der T 28 liegen. Auf der Steigung 1:20, auf der die T 20 der gut ausgebildeten und wohlgelegenen Zahnradlokomotive in Wettbewerb gegenüber getreten ist, bewegen sich die Dampfverbrauchszahlen der beiden Lokomotiven auf sehr benachbarten Gebieten. Greift man in beiden Fällen den schwersten gefahrenen Zug von 366 t und 369,5 t bei der T 20 bzw. der Zahnradlokomotive heraus, so ist der Dampfverbrauch, bezogen auf die Leistung am Zughaken bei der T 20 15, bei der Zahnradlokomotive 15,5 kg, ist also in Anbetracht des Umstandes, daß die Apparate zum Teil mit kleinen Mefsfehlern behaftet sind, ungefähr gleich. Bei der Fahrt mit 366 t Zuggewicht handelt es sich übrigens wieder, wie gelegentlich der Erörterung der Reibungsziffern bemerkt wurde, um eine nur unter günstigsten Verhältnissen durchzuführende Fahrt. Das Zuggewicht, das bei Inanspruchnahme der betriebsmäßig stets erreichbaren Reibungsziffer von 0,21 befördert werden kann, ergibt sich zu 267 t, während die wirklich gefahrenen Züge 251 bzw. 280 t wogen, die mit Dampfverbrauchszahlen von 15,1 bzw. 15,4 kg befördert wurden. Die württembergische Zahnradlokomotive blieb bei Zügen von 240 und 300 t mit 13,7 bzw. 13,8 kg Dampf-

\*) Nur bei den Fahrten auf der Geislinger Steige wurden auch die durchschnittlichen PS<sub>i</sub> gemessen.

verbrauch sogar etwas darunter, so das von einer wirtschaftlichen Überlegenheit der T 20 in bezug auf den Dampfverbrauch keinesfalls gesprochen werden kann, selbst wenn man sich den Unterschied infolge der Meßfehler noch bis zu einem gewissen Grade verwischt denkt. Dennoch bleibt eine betriebliche Überlegenheit der T 20 bestehen, die auf der größeren Geschwindigkeit infolge der größeren verfügbaren Kesselleistung beruht, und daher eine größere Betriebsleistung der Strecke in tkm für die Stunde im Gefolge hat. Während nämlich die Zahnradlokomotive den Zug von 240 t mit 12,6 km/St. bergwärts fuhr, erreichte die T 20 mit dem etwas schwereren Zuge von 251 t 16,8 km/St. und beförderte den Zug von 290 t noch mit 14,9 km/St. bergwärts. Die Zahnradlokomotive fiel bei Zügen von 300 und 309 t bereits auf Geschwindigkeiten von 9,9 und 10,7 km/St. ab. Die schwersten, nur bei gutem Wetter zu befördernden Züge von 366 bzw. 369 t zeigten eine noch größere Überlegenheit der T 20, nämlich von 11,3 km/St. gegen 7 km/St. bei der Zahnradlokomotive.

Trägt man, um eine Kurve für die Abgränzung der Wirtschaftlichkeit des Zahnradbetriebes auf Steilrampen zu erhalten, in einem Koordinatensystem als Abszisse die Steigungen und als Ordinaten den Dampfverbrauch für ein in der Stunde geleistetes tkm ein, so bleibt die T 20 vorteilhafter als die Zahnradlokomotive bis etwa zu einem Steigungswert von über 80 ‰ (Abb. 14, Taf. 7). Hier beginnt also die Überlegenheit der Zahnradlokomotive unbedingt, auch hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit in bezug auf die Betriebsstoffe. Für den Dampfverbrauch allein würde die T 20-Kurve etwas nach oben verschoben werden müssen, d. h. für den Fall, das die Belastung der Strecke nicht erheblich oder die eigentliche Steilrampenstrecke nur kurz ist, da die Geschwindigkeit auf der Steilrampenstrecke dann von nicht so großem Werte ist, wie auf einer langen steilen Bahn. In jenem Fall würde die Überlegenheit der Reibungslokomotive schon bei etwas geringerer Steigung aufhören. Wir sahen ja, das die Dampfverbrauchs-

zahlen auf 1:20 bei den schwersten dort gefahrenen Zügen sich etwa die Wage hielten. Übrigens wird man den Schnittpunkt der beiden Kurven nicht als einen mathematisch streng festzulegenden Punkt betrachten dürfen; denn er ist gegeben durch zwei ganz bestimmte Lokomotivgattungen und könnte deshalb für andere Reibungs- und Zahnradlokomotiven wie die hier vorliegenden sich etwas verschieben. Eine nicht so vorzüglich durchgebildete Zahnradlokomotive würde vermutlich noch weiter hinter der T 20 zurückbleiben, während andererseits — vorausgesetzt, das sich die Kurvenbeweglichkeitsfrage gut lösen ließe — eine Reibungslokomotive z. B. mit 6 Kuppelachsen ohne Laufachsen, bei der sich also das Reibungsgewicht mit dem Gesamtgewicht deckt, vielleicht die T 20 etwas zu übertreffen vermöchte. Groß würde vermutlich der Unterschied indes nicht sein, denn man muß der Existenz der leichter belasteten Laufachsen doch zweierlei zugute halten, nämlich einmal die Bewahrung der führenden Kuppelachse vor allzu starkem Scharflaufen und andererseits die Unterbringungsmöglichkeit eines leistungsfähigeren Kessels, der ja doch gerade die höheren Geschwindigkeiten der Reibungslokomotive gegenüber der Zahnradlokomotive ermöglicht.

Diese kurze Überlegung führt also dahin, das dem Schnittpunkt zwar kein mathematischer Charakter zuzusprechen ist, seine Lage jedoch nicht nennenswert davon abweichen wird. Trägt man nun noch den Gedanken einer gewissen Vorsicht hinein, das je steiler die Strecke, desto erwünschter aus Sicherheitsgründen doch die zwangläufige Kinematik der Zahnstange für das Bremsen ist, so wird man das Überlegenheitsgebiet der Reibungslokomotive nach oben auf die Steigung von 70 ‰ abgrenzen. Ist die Betriebsmöglichkeit mit völliger Sicherheit gegeben, so entfaltet, wie ich einer Mitteilung des Herrn Direktor Steinhoff verdanke, die Zahnstange ihre unangenehmen Eigenschaften durch die Gefahr des Vereisens bei starkem Winter und erhöhter Unterhaltungskosten der Strecke, während dieser Mangel bei sehr steilen Bahnen doch

Zweck des Versuchs:  
Erprobung der T 20 Lok. 77001  
auf Steilstrecken.

Zusammenstellung 1  
der Versuchsfahrten und Beobachtungsergebnisse.

Verdampfungsheizfläche = 200 qm.  
Rostfläche = 4,36 „

Datum	Versuchszug		Entfernung km	Fahrzeit Min.	Mittl. Geschw. km/Std.	Mittlere Zugkraft kg	Mittlere Leistung PSe	Mittlere Füllung ‰	Mittlerer Dampf- überdruck			Mittlerer Unterdruck in mm			Mittlere Temperaturen in °C					Wasserverbrauch in kg			Rauchgas- Analyse ‰			Bemerkungen	
	Achsenzahl	Ges. Gew. t							Kessel at	Schieberkasten at	Blasrohr at	Rauchkammer mm	Feuerbuche mm	Aschkasten mm	Rauchkammer Mitte	hinten	Ueberhitzer kammer	Schieberkasten Speisewasser vorgewärmt	im ganzen	für 1 PSe u. Std.	für 1 qm Heizfl. u. Std.	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO			
																									292		292
Strecke Honau—Lichtenstein. Steigung 1:10.																											
22. X.	5	57	2,15	7 <sup>30</sup>	17,2	5230	161	65	12,7	11,4	0,46	150	81	48	268	287	299	292	85	1760	42,2	70,4	—	—	—	nafs	} Mehrmaliges Schleudern
19. X.	9	76	2,25	7	19,3	6800	486	60	14	13,1	0,38	123	61	35	308	336	338	341	97	1750	18	75	—	—	—	nafs	
19. X.	12	96	2,25	13	10,36	8800	339	70	13,9	12	0,23	63	31	19	267	303	312	308	95	2160	29,4	49,8	—	—	—	nafs	
22. X.	12	96	2,15	10 <sup>40</sup>	12	8250	369	65	13,8	12,9	0,32	108	62	32	275	317	317	310	91	1840	28	51,6	—	—	—	trocken	
17. X.	14	109	2	10 <sup>30</sup>	11,4	10190	432	65	14	13,2	0,30	93	46	29	234	327	322	318	92	1850	24,4	52,8	7,9	11,2	0,6	trocken	} Zweimal stecken geblieben
17. X.	15	116	2	13 <sup>30</sup>	8,9	11170	386	70	13,8	13	0,29	85	44	24	269	315	308	305	97	1970	23,7	43,7	7,9	11,2	0,6	trocken	
18. X.	15	116	2	11	10,9	11650	472	70	13,8	13,2	0,32	98	51	32	283	337	319	316	101	1800	21,6	49 <sup>1</sup>	8	11,8	—	trocken	
18. X.	17	128,5	2	16	7,5	13500	375	80	13,9	13,1	0,37	108	63	35	273	302	315	311	99	2570	26,2	48,2 <sup>2</sup>	—	—	—	trocken	
Strecke Friedrichsthal—Freudenstadt Stadtbhf. Steigung 1:20.																											
27. X.	26	251	4,07	14 <sup>25</sup>	16,8	11300	705	54	13,9	12,5	0,24	95	47	24	294	350	341	332	96	2560	15,1	53,3	—	—	—	teilweise feucht	} Zweimal stecken geblieben
26. X.	33	280	4,07	18	13,5	12800	640	60	14	12,5	0,33	116	62	24	291	337	333	325	99	2980	15,4	49,6	—	—	—	trocken	
26. X.	32	290	4,07	16 <sup>20</sup>	14,9	12900	713	67	13,8	10,9	0,29	102	54	24	298	346	342	336	92	2940	15,4	51	—	—	—	feucht	
27. X.	38	366	4,07	21 <sup>45</sup>	11,3	16400	679	73	13,9	12,5	0,28	99	52	23	300	351	344	337	96	3730	15	51,5	—	—	—	trocken feuchte Stellen	

Der Wasserverbrauch ist bei allen Fahrten mit dem Wassermesser ermittelt worden.

<sup>1</sup> Der Kohlenverbrauch betrug: im ganzen 250 kg, für 1 PSe und Stunde 2,89 kg, für 1 qm Rostfläche und Stunde 313 kg.

<sup>2</sup> „ „ „ „ „ 300 „ „ 1 „ „ „ „ 3,00 „ „ 1 „ „ „ „ 258 „

gegenüber der erhöhten Betriebssicherheit, ja Möglichkeit in den Hintergrund treten dürfte. Im übrigen würde diese Betrachtung nicht vollständig sein, wenn nicht noch betont würde, daß der hier behandelte Begriff der Wirtschaftlichkeit sich zunächst wesentlich nur auf den Verbrauch an Betriebsstoffen bezieht. Die Fortlassung der Zahnstange bedingt aber außerdem einen verminderten Zinsendienst, sowie eine Verminderung der Unterhaltungskosten, die zweifellos wesentlich größer sind als der Geldwert des etwas stärkeren Verschleisses der eigentlichen Fahrstangen durch das häufige Sanden. Die Harzbahn, die doch nun schon nahezu 4 Jahre im Reibungsbetrieb fährt, hat eine nennenswerte Abnutzung der Schienen durch die Sandung noch nicht festgestellt und ist also noch nicht gezwungen gewesen, die Fahrstangen irgendwie vorzeitig zu ersetzen. Dieser Umstand erhöht also noch die Überlegenheit des Reibungsbetriebes und vermöchte die Wirtschaftlichkeitsgrenze mit Bestimmtheit auf 80 % Steigung festzuhalten, wenn man nicht doch, wie oben erwähnt, aus Sicherheitsgründen die Steigung von 80 % lieber dem Zahnradbetrieb vorbehalten möchte. Diesem Standpunkt ist auch der Lokomotivausschuss

beigetreten und hat die obere Grenze des Reibungsbetriebes mit 70 % vorgeschlagen. Eine entsprechende Entscheidung für das Reichsbahngebiet dürfte zu erwarten sein.

**Gesamtwirkungsgrad und Dampfverbrauch.**

Das bisher entrollte Bild der Wirtschaftlichkeit wird insofern noch nicht als abschließend empfunden werden, als zwei Zahlenwerte noch nicht erörtert worden sind, nämlich einmal der Gesamtwirkungsgrad des Reibungsbetriebes, dargestellt durch die PS<sub>i</sub> am Zughaken zu den Gesamt-PS<sub>i</sub> der Lokomotive und weiterhin, eng damit zusammenhängend, der Dampfverbrauch der Lokomotive für die PS<sub>i</sub>-St. Diese beiden Wertgruppen sind daher noch kurz zu behandeln. Hinsichtlich des Gesamtwirkungsgrades der Zugförderung findet man noch gelegentlich auch in der guten Literatur Unterschätzungen des Verhältnisses PS<sub>i</sub>:PS<sub>z</sub>. So findet sich z. B. für einen Schnellzug aus 10 vierachsigen Wagen von allerdings wesentlich zu leicht angenommenem Gewicht in dem bekannten Band über Heißdampflokomotiven aus der »Eisenbahntechnik der Gegenwart« von Brückmann dieser Wirkungsgrad auf Seite 67

Zweck des Versuches:  
Erprobung der württembergischen  
Zahnradlokomotive 97502.

Zusammenstellung 2  
der Versuchsfahrten und Beobachtungsergebnisse.

Verdampfungsheizfläche = 117,1 qm  
Rostfläche = 2,5

Datum	Versuchszug		Entfernung km	Fahrzeit Min.	Mittl. Geschw. km/Std.	Mittlere Zugkraft kg	Mittlerer Dampfüberdruck			Mittlerer Unterdruck in mm Wassersäule			Mittlere Temperaturen in °C.					Wasservverbrauch in kg			Rauchgas- Analyse			Bemerkungen  Schienenu- oberfläche		
	Achsenzahl	Ges. Gew. t					Mittlere Leistung PSe	Mittlere Füllung %	Kessel at	Schieber- kasten*) at	Blasrohr at	Rauchkammer at	Feuerbuche at	Aschkasten at	Rauch- kammer Mitte	Rauch- kammer hinten	Überhitzerkammer at	Schieberkasten at	Verbinder at	im ganzen	für 1 PSe u. Std.	für 1 qm Heizfl. u. Std.	CO <sub>2</sub>		O <sub>2</sub>	CO
Strecke Honau—Lichtenstein. Steigung 1:10.																										
20. X.	6	57	2,15	8	16,1	4950	29,3	60	13,3	3,25	0,33	125	41	16	303	3,7	304	291	147	1025	23,4	65,7	10,4	7,8	2,2	—
20. X.	6	57	2,15	11 <sup>30</sup>	11,4	5030	207	50	13,1	3,3	0,16	48	20	7	279	301	298	282	147	1065	26,6	52,0	—	—	—	—
19. X.	9	76	2,18	12 <sup>45</sup>	10,25	6630	252	56	13,1	3,3	0,20	57	19	10	277	321	284	145	150	1344	25	34,1	—	—	—	—
22. X.	12	96	2,15	12	10,7	8700	346	65	13,0	3,2	0,26	96	35	18	290	317	307	298	147	1125	16,2	48	7,4	11,2	0,6	nafs
19. X.	15	116	2,25	17	7,94	9750	288	67	13,6	3,4	0,18	62	28	16	278	321	291	—	147	1765	21,6	53,1	—	—	—	—
22. X.	15	116	2,15	14 <sup>45</sup>	8,75	10150	328	68	13,4	3,1	0,20	60	24	10	289	327	316	312	148	1490	18,4	51,8	7,4	11,2	0,6	—
22. X.	17	129	2,15	15 <sup>45</sup>	8,2	11100	337	74	13,9	3,4	0,22	78	33	11	312	339	332	317	152	1845	20,8	60	—	—	—	—
19. X.	19	142,6	2,16	19	6,82	12600	319	73	14	4,0	0,21	63	24	9	289	325	296	197	151	2160	21,4	58,4	—	—	—	—
20. X.	19	142,6	2,15	18 <sup>20</sup>	7,1	12650	330	75	13,8	3,7	0,21	60	25	15	297	328	284	269	153	2350	23,5	65,8	10,4	7,8	2,2	—
20. X.	23	170	2,15	30	4,3	14650	222	76	14,1	5	0,20	61	21	4	293	328	333	317	162	2700	23,3	46,2	—	—	—	—
Strecke Friedrichsthal—Freudenstadt Stadtbahnhof. Steigung 1:20.																										
24. X.	15	132	4,01	13	18,8	5870	404	55	11,9	—	0,26	128	39	7	307	323	314	253	144	1800	20,3	71	8,6	10,4	2,6	nafs
25. X.	29	240	4,07	19 <sup>27</sup>	12,6	10760	500	60	13,2	3,3	0,21	86	28	7	322	345	336	311	148	2225	13,7	58,5	7	11,4	0,8	nafs
25. X.	35	300	4,07	24 <sup>45</sup>	9,9	13450	490	69	13,4	3,5	0,17	68	28	3	317	334	334	307	151	2800	13,8	58	7,8	8,6	2	trocken
26. X.	35	309	4,07	22 <sup>50</sup>	10,7	13550	536	70	13,5	3,3	0,18	77	21	3	334	359	341	320	154	2600	12,7	58,3	—	—	—	nafs
24. X.	37	333,5	4,07	25	9,75	14650	528	74	13,4	3,4	0,16	63	25	9	325	344	334	316	157	2770	12,55	56,7	—	—	—	—
25. X.	41	369,5	4,07	35	6,98	16720	415	76	13,6	4,2	0,22	72	31	2	338	339	349	327	161	3780	15,5	55,4	—	—	—	trocken

\*) Die kleinere Zahl bedeutet den Dampfdruck im Verbinder.

nur zu 0,5 angenommen (während er im Flachlande wesentlich höher, bei rund 0,7 bei ausgelasteten Lokomotiven liegt), und man wird deshalb versucht sein, den Gesamtwirkungsgrad des Steilrampenbetriebes noch als nennenswert unter 50 % liegend anzunehmen. Dafs ein solcher Pessimismus nicht zutrifft, beweisen die Überlegungen auf Grund der Zugwiderstände ebenso, wie noch schlagender die Messungsergebnisse bei den Versuchsfahrten. Am schnellsten wird der Wert naturgemäfs erhalten, wenn man vermöge der Anwendung von Leistungszählern direkt in der Lage ist, zu den  $PS_e$  am Zughaken gleich den Durchschnittswert der  $PS_s$  der Kessel- bzw. der Zylinderleistung verfügbar zu haben. Das war bei den Fahrten auf der Geislinger Strecke, allerdings keiner Zahnstrecke, der Fall. Hier wurden vor schweren Zügen bei voll ausgelasteter (bzw. bei einer in abgenutztem Zustand leicht überlasteten) T 20 mit einer Ausnahme von 77 % Werte gefunden, die nur wenig von 82 % abwichen. Selbstverständlich wird dieses  $\eta_{total}$  um so schlechter, einen je gröfseren Anteil am gesamten Zuggewicht die Loko-

motive hat. Aber auch hier wurde in einem Falle im sicher festgestellten Beharrungszustand mit der Zahnradlokomotive bei Freudenstadt ein Wert von 0,62 gefunden, der sich allerdings deshalb einen kleinen Abstrich gefallen lassen muß, weil der  $PS_i$ -Wert offenbar zu klein ist. Benutzt man ihn nämlich dazu, in der oben geschilderten Weise den Eigenwiderstand der Lokomotive zu ermitteln, so ergibt sich dieser nach Abzug der Schwerkraftkomponente sogar mit einem ganz geringen negativen Wert, so dafs entweder die  $PS_i$ -Leistung zu gering oder aber mindestens die Differenz ( $N_i - N_e$ ) zu klein und damit das  $\eta_{total}$  etwas zu grofs gemessen sind. Jener bei den Versuchen im Harz festgestellte Punkt des Beharrungszustandes ergab bei einem  $Z_e$ -Mittel von 16 000 kg eine dem Diagramm entnommene Zugkraft von 24 400 kg, also  $\eta = 0,655$ . Allerdings handelt es sich hier um Züge, die schwerer waren als die Dauerlast des Betriebes, und um auch für diese den totalen Wirkungsgrad der Hebung zu ermitteln, würde man auf den 200 t-Zug auf 60 % zurückzugreifen haben, den die

Zusammenstellung 3.  
»Reduzierte Reibungsziffern«.

Für T 20 und „Mammut“-Lokomotiven unter verschiedenen Belastungen.

Datum 1923	Strecke	Höchstlast ohne Lokomotive t	Zuglast mit Lokomotive t	Mittl. Geschw.	Schwerkraft- Komponente kg	Wert der reduzierten Reibungsziffer *)	Bemerkungen
a) Fahrten bei gutem Wetter oder vom Regen völlig reingewaschenen Schienen. T 20 Lok. alle Achsen gesandet.							
20. VI.	Stützerbach—Rennsteig 1:17	253	370	14,3	21 800	21800:93000 = 0,235 = $\frac{1}{4,26}$	
						21800:90000 = 0,242 = $\frac{1}{4,14}$	
18. X.	Honau—Lichtenstein 1:10	123,5	250	7,5	25 000	25000:91500 = 0,274 = $\frac{1}{3,65}$	Schienen trocken, trotz zweimaligen Stehenbleibens auf Überfahrt wieder in Gang gekommen.
						25000:93000 = 0,269 = $\frac{1}{3,72}$	
27. X.	Friedrichsthal—Freudenstadt 1:20	366	486	11,3	24 300	24300:93000 = 0,261 = $\frac{1}{3,83}$	Schienen nach Reinwaschen durch Regen trocken.
						24300:91000 = 0,267 = $\frac{1}{3,74}$	
b) Fahrten bei ungünstigem Wetter; z. T. an der Schleudergrenze.							
21. VI.	Stützerbach—Rennsteig 1:17	205	325	24	19 200	19200:93000 = 0,206 = $\frac{1}{4,84}$	
						19200:90000 = 0,218 = $\frac{1}{4,68}$	
21. VI.	Suhl—Suhler-Friedberg 1:15	205	327	—	21 800	21800:93000 = 0,235 = $\frac{1}{4,26}$	
						21800:92000 = 0,237 = $\frac{1}{4,22}$	
26. X.	Friedrichsthal—Freudenstadt 1:20	290	410	14,9	20 500	20500:93000 = 0,22 = $\frac{1}{4,53}$	
						20500:91500 = 0,224 = $\frac{1}{4,46}$	
9. III.	Blankenburg—Hüttenrode 1:16 $\frac{2}{3}$	223	325	19,8	19 500	19500:80000 = 0,244 = $\frac{1}{4,1}$	Lokomotive „Mammut“.
22. X.	Honau—Lichtenstein 1:10	57	179	17,2	17 900	17900:93000 = 0,1925 = $\frac{1}{5,19}$	Frühmorgens Schienen noch durch Frühnebel feucht. — Glatte Fahrt.
						17900:92000 = 0,195 = $\frac{1}{5,14}$	
19. X.	Honau—Lichtenstein 1:10	96	218	10,36	21 800	21800:93000 = 0,2345 = $\frac{1}{4,26}$	Grenze, mehrmaliges Schleudern.
						21800:92000 = 0,237 = $\frac{1}{4,22}$	
c) Normallast des regelmäßigen Betriebes.							
	Blankenburg—Hüttenrode 1:16 $\frac{2}{3}$	180	280	—	16 800	$\frac{16800}{80000} = 0,21 = \frac{1}{4,76}$ $\frac{16800}{79000} = 0,213 = \frac{1}{4,7}$	Lokomotive „Mammut“. Belastung ist auch heute noch im Betrieb die gleiche.

\*) Die unteren Zahlen geben die reduzierte Reibungsziffer unter Berücksichtigung der mittleren Abnahme der Vorräte an.

T 20 unter Ausnutzung der reduzierten Reibungsziffer von 0,21 mit Sicherheit zu Berg zu befördern vermag. Der Wirkungsgrad ist hierbei  $\eta_{\text{total}} = 0,61$ . Für den Wirkungsgrad auf der Steigung 1:10 ergibt sich, wenn man erwägt, daß je steiler die Bahn, desto ausschlaggebender die Schwerkraftkomponente ist — selbst gegenüber einem durch Sandung erhöhten Zugwiderstand —, bei dem 129 t-Zug nur ein Wirkungsgrad von knapp 50 %, und wenn man weiter beachtet, dass aus dem erörterten Grunde dieser Zug nicht mehr unter allen Umständen befördert werden kann, erzielt man Wirkungsgrade, die sehr nennenswert unter 0,5 bleiben und sich bei dem 57 t-Zuge sogar auf den Wert von 0,3 absenken würden.

Nachdem, wie oben dargelegt, das Höchstmaß der Steigung für den Reibungsbetrieb mit 70 ‰ wird angenommen werden müssen, ergibt sich unter Zugrundelegung der T 20 dabei ein Wirkungsgrad der Hebung von 0,56, und man wird deshalb die Bedingung wirtschaftlichen Betriebes auf Steilrampen auch so aussprechen können, daß die Auslastung der Lokomotive mindestens so weit getrieben sein muß, daß der Gesamtwirkungsgrad der Hebung sicher nicht unter 0,5 absinken darf. Leichtere Züge zu fahren, würde unwirtschaftlich sein. Man würde deshalb lieber bei schwachem Aufkommen von Beförderungsgütern diese auf wenige schwere Züge verteilen und diesen oder jenen Zug ausfallen lassen. Endlich würden diese Zahlen für den gesamten Wirkungsgrad ohne weiteres den Rückschluss vom effektiven Dampfverbrauch auf den indizierten Dampfverbrauch gestatten. Man braucht nämlich nur den Dampfverbrauch für die Leistung an Zughaken mit diesem Wirkungsgrad zu multiplizieren, um zu den indizierten Zahlen zu gelangen. Führt man dies durch, so vermindert sich der scheinbar bereits sehr hohe Verbrauch von 20 kg im Mittel für die Steigung von 60 ‰, wie er bei den zahlreichen Ergebnissen der Harzfahrten für die T 20 angenommen werden kann, auf etwa 12 kg/PS<sub>h</sub>-St., und dieser Wert wird wenigstens verhältnismäßig, in Anbetracht der hohen Füllungen von  $\varepsilon = 55 - 60 \%$ , noch als sehr annehmbar bezeichnet werden können, zumal er noch den Dampfverbrauch der Luftpumpe enthält, der bei dem häufigen Sanden und dem ungünstigen spezifischen Verbrauch der Volldruckwirkung immerhin schon fühlbar ist. Selbst der Wert auf der Steigung 1:10 mit voll ausgelegter Lokomotivsteuerung, d. h.  $\varepsilon = 80 \%$ , bleibt mit  $26 \times 0,5 = 13$  kg für eine nahezu mit Volldruck arbeitende Maschine vielleicht sogar überraschend günstig. Selbstverständlich würden kleinere Füllungen den Dampfverbrauch sehr herabzuziehen gestatten, aber bei Zwillingslokomotiven ist man

mit dem Zylinderdurchmesser von 700 mm, den sowohl die T 20 als auch die Lokomotiven der Mammutklasse aufweisen, sowohl an der Grenze des mit dem Fahrzeugprofil, wie auch mit den Flächendrücken der Treibzapfen zu Vereinbarenden angelangt, und es würde aus diesem Gesichtspunkte heraus erwägenswert erscheinen, Lokomotiven für Steilrampenbetrieb als Drillingslokomotiven zu bauen, um ein größeres Zylindervolumen unterbringen zu können.

#### Zusammenfassung.

Das Gesamtergebnis der Versuche mit Reibungsbetrieb auf Steilrampen, die sämtlich durch das in Grunewald beheimatete Lokomotiv-Versuchsamt ausgeführt wurden, wird man folgendermaßen zusammenfassen können: Die Zuglasten sind so zu bemessen, daß die reduzierte Reibungsziffer mit nicht mehr als 0,21, aber auch tunlichst nicht mit sehr viel weniger in Anspruch genommen wird. Diese Reibungsziffer ist mit einem guten, das gesamte Reibungsgewicht für Vor- und Rückwärtsfahrt sandenden Sandstreuer bei jedem Wetter erzielbar. Das Vorhandensein und die Pflege eines derartigen Sandstreuers bei schweren Reibungslokomotiven ist eine unerlässliche Voraussetzung der Wirtschaftlichkeit so gut wie der Betriebssicherheit. Die Wirtschaftlichkeit des Reibungsbetriebes im Gegensatz zum Zahnradbetrieb ist schon allein hinsichtlich der Betriebsstoffe, noch ohne Ansehung des herabgeminderten Kapitaldienstes, durch den Fortfall der Zahnstange bei einer Steigung 70 ‰ noch mit Sicherheit vorhanden. Sie kann unter Umständen noch etwas höher liegen. Hier wird man aber bei noch stärkeren Steigungen den Sicherheitscharakter der Zahnstange für die Talfahrten schon begrüßen. Die Reibungslokomotive für den Steilrampenbetrieb muß, um den Bremsklotzverschleiß möglichst niedrig zu halten, mit Gegendruckbremse versehen sein. Daneben ist selbstverständlich das Vorhandensein einer guten durchgehenden Bremse unbedingt erforderlich. Endlich würde man zweckmäßig die Lokomotive, wie es beim Zahnradbetrieb bisher auch der Fall war, stets am Talende des Zuges fahren; sie für die Bergfahrt also schiebend wirken lassen. Diesen Forderungen hat der Lokomotiv-Ausschuß zugestimmt und eine entsprechende Abänderung der Betriebsordnung, die bisher ohne besondere Bedingungen den Reibungsbetrieb bereits bei 40 ‰ abschloß, vorgeschlagen\*).

\*) Eine Ergänzung dieses Aufsatzes durch Ausführungen über die Bremsversuche auf den Steilrampen Rothenkirchen—Steinbach a. W. — Probstzella unter Zuhilfenahme der Lokomotiven ist uns vom Verfasser in Aussicht gestellt.

## Die getrennte Bedienung der Streckenblockfelder einer Fahrriichtung.

Von Oberbaurat Professor H. Möllering, Dresden.

Mit Abb. 1 bis 19 auf Tafel 8.

Wo die Streckenblockung mit Wechselstrom nach dem System Siemens und Halske in der vierfeldrigen Form eingeführt ist, wo also das Blockfeld (Belegfeld, Anfangfeld), von dem das eigene Signal festgelegt wird, mit dem Freigabefeld (Endfeld) zusammenarbeitet, das auf der nächsten Blockstelle angeordnet ist, kann man entweder die Anfang- und Endfelder einer Blockstelle durch Gemeinschaftstaste fest miteinander kuppeln, so daß beide Felder zusammen geblockt werden müssen oder die Anfang- und Endfelder einzeln, jedes für sich, bedienbar einrichten. Bei dieser Anordnung muß irgendwie dafür gesorgt werden, daß das Streckenfreigabefeld nur geblockt werden kann, wenn zuvor das Streckenbelegfeld geblockt worden ist. Die erste Anordnung setzt für die Betriebsführung voraus, daß für gewöhnlich die Blocksignale entblockt, die Blockstrecken also frei gemeldet sind. Diese Betriebsweise ist in Deutschland und Österreich gebräuchlich. Die zweite Anordnung gestattet die gleiche Betriebsweise oder auch die im Ausland vielfach

übliche, daß die Blocksignale für gewöhnlich unter Verschluss der vorliegenden Signalstelle gehalten werden. Die getrennte Bedienung der Anfang- und Endfelder findet man in Deutschland nur in Sachsen und außerhalb Deutschlands m. W. nur in Belgien. In Belgien müssen die Endfelder getrennt von den Anfangfeldern bedient werden, weil dort das rückliegende Signal für gewöhnlich verschlossen gehalten wird und erst unmittelbar vor dem nachfolgenden Zuge entblockt werden darf. In Sachsen liegt dagegen ein Zwang, die Blockfelder durch Einzeltasten getrennt zu bedienen, an sich nicht vor, da hier, wie auf allen anderen deutschen Bahnen, für gewöhnlich die Strecke gleich wieder freigegeben wird, sowie sie vom Zuge geräumt ist.

Die meist gebräuchliche Ausrüstung einer Blockstelle mit Gemeinschaftstaste zeigt Abb. 1 auf Taf. 8. Das Anfangfeld, das für gewöhnlich entblockt ist und weißes Blockfenster zeigt, ist mit einer spät auslösenden Tastensperre mit Signalverschluss, mit einem Verschlusswechsel und mit einer Hilfsklinke ohne

Rast ausgerüstet. Über dem daneben liegenden Endfelde, das Hilfsklinke ohne Rast hat und das für gewöhnlich geblockt ist und ebenfalls weißes Blockfenster zeigt, liegt eine elektrische Tastensperre.

Ist ein Zug aus einem Bahnhofs in einen Streckenabschnitt eingefahren, so wird das Endfeld der vorliegenden Blockstelle bei der Blockung des Signals hinter dem Zuge entblockt. (Die Blockfenster verwandeln sich von weiß in rot.) Ist der Zug an diesem Blockposten vorbeigefahren und hat er die elektrische Tastensperre über dem Endfelde durch Befahren des Schienenkontaktes ausgelöst, so kann nach Rückstellung des Signals das Anfangfeld mit dem zugehörigen Endfelde zugleich geblockt werden. Dabei wird auf der rückliegenden Signalstelle das Anfangfeld und auf der vorliegenden Signalstelle das Endfeld entblockt. Das Endfeld unserer Blockstelle ist dadurch wieder in den Ruhestand übergeführt. Das Anfangfeld wird in den Ruhezustand zurückgeführt, wenn der Zug den vorliegenden Streckenabschnitt verlassen hat und das Signal bei der nächsten Signalstelle geblockt wird.

Eine belgische Blockstelle zeigt Abb. 2 auf Taf. 8. Die Anfang- und Endfelder haben getrennte Tasten. Es sind in der Grundstellung die Anfangfelder geblockt, die Endfelder entblockt und die Blockfenster rot. Mit dem Anfangfelde ist eine früh auslösende mechanische Tastensperre mit Signalverschluss, eine Wiederholungssperre, ein Verschlusswechsel und eine Hilfsklinke ohne Rast verbunden. Das Endfeld ist mit einer Hilfsklinke ohne Rast und mit einer elektrischen Tastensperre ausgerüstet, hat aber keine unmittelbare Abhängigkeit von dem Anfangfelde. Das Endfeld hat aber eine verlängerte Druckstange, damit es nur in der Haltung des Signals geblockt werden kann. Da das Signal nur gezogen werden kann, wenn zuvor das Anfangfeld geblockt und wieder entblockt worden ist, so liegt in der verlängerten Druckstange unmittelbar die nötige Abhängigkeit des Endfeldes vom Anfangfelde.

Die Blockstellen in Sachsen sind nicht viel anders eingerichtet wie die auf den übrigen deutschen Bahnen. Die Einrichtung einer sächsischen Zwischenblockstelle ist in Abb. 3 auf Taf. 8 dargestellt. Es sind in der Grundstellung die Anfangfelder entblockt, die Endfelder geblockt und die Blockfenster weiß.

Das Anfangfeld ist mit einer spät auslösenden mechanischen Tastensperre mit Signalverschluss, mit einem Verschlusswechsel und mit einer Hilfsklinke ohne Rast ausgerüstet; über dem Endfelde, das eine Hilfsklinke ohne Rast hat, liegt eine elektrische Tastensperre und zwischen dem Anfangfelde und dem Endfelde befindet sich eine »Rücksperre«, die den Zweck hat, die Blockung des Endfeldes nur zu ermöglichen, wenn zuvor das Anfangfeld geblockt worden ist.

Die Rücksperre ist in der Abb. 3 durch das Zeichen  $\times$  zwischen den Feldern 1 und 2 bzw. 3 und 4 dargestellt. Das Kreuz zeigt an, daß das Feld 1 bzw. 4 abhängig ist.

Die Rücksperre ersetzt gewissermaßen die Gemeinschaftstaste; sie ist zwar mechanisch nicht so einfach wie diese, aber dafür überträgt sie auch nur beim Blocken des Anfangfeldes eine Wirkung auf das Endfeld, nicht aber beim Blocken des Endfeldes eine solche auf das Anfangfeld; darin ist sie der Gemeinschaftstaste unbedingt überlegen.

Die Rücksperre kann mechanisch oder elektrisch ausgebildet werden. Die mechanische ist nur verwendbar zwischen den Blockfeldern desselben Gehäuses, die Blockfelder brauchen aber nicht unmittelbar nebeneinander zu liegen. Die elektrische Rücksperre ist dagegen überall verwendbar. Da für ihre Auslösung der Induktorstrom beim Blocken des Anfangfeldes benutzt werden kann, oder, wo das nicht angängig ist, eine Batterie für sie überall vorhanden und ihr Stromverbrauch

sehr gering ist, stellt sie sich auch billig in der Herstellung und im Betrieb. Wo es angeht, wird die mechanische bevorzugt, denn diese ist billiger, einfacher und unbedingt störungsfrei. Bei den Zwischenblockstellen ist nur die mechanische Rücksperre in Gebrauch; bei den Blockstellen mit Abzweigung wird auch die elektrische benutzt und zwar in der Form der bekannten eingebauten oder aufgebauten elektrischen Tastensperre. Auch diese ist Störungen kaum ausgesetzt.

Die Bauart der mechanischen Rücksperre in den sächsischen Zwischenblockwerken ist aus der Abb. 4 zu erkennen. In Ruhestellung, die der Abbildung entspricht, also bei geblocktem Endfelde liegt die Sperrklinke a an der Knagge b, die an der Verschlussstange des Endfeldes befestigt ist; die untere Kerbe der Sperrklinke a hält die Schwinge d lose fest. Nach der Entblockung des Endfeldes wird durch eine Feder die Sperrklinke a unter die höher liegende Knagge b gedrückt und verhindert so die Blockung des Endfeldes. Bei der Blockung des Anfangfeldes wird durch eine an dessen Riegelstange sitzende Knagge c die Schwinge d umgestellt und durch diese die Sperrklinke a so weit beiseite geschoben, daß die Knagge b wieder freigegeben wird. Die Schwinge d wird in der umgelegten Lage durch die obere Kerbe der Sperrklinke a festgehalten. Bei der Blockung des Endfeldes wird die Schwinge d durch den Stift e wieder in die Ruhestellung gebracht, so daß die Sperrklinke a sich wieder, stützbereit, an die Knagge b legt.

Wenn aus irgend einem Grunde nur durch einfaches Drücken der Taste des Anfangfeldes die Rücksperre ausgelöst ist, bleibt eine vorzeitige Blockung des Endfeldes noch dadurch verhindert, daß der Stromweg für die Blockung des Endfeldes über einen oberen Druckstangenkontakt des Anfangfeldes geführt ist. Da das Anfangfeld mit Verschlusswechsel und mit Hilfsklinke ohne Rast versehen ist, wird beim einfachen Drücken der Taste des Anfangfeldes die Verbindung zwischen dem oberen Druckstangenkontakt und dem Stromschlußhebel aufgehoben. Es muß demnach das Anfangfeld auch regelrecht geblockt werden, seine Drucktaste also wieder in Hochstellung gelangt sein, bevor das Endfeld überhaupt geblockt werden kann. Die mechanische Rücksperre überträgt somit die Wirkung der Tastensperre und des Verschlusswechsels am Anfangfelde auf das Endfeld genau so gut wie eine Gemeinschaftstaste.

Das gleiche gilt von der elektrischen Rücksperre, die man so schaltet, daß sie nur anspricht, wenn alle Vorbedingungen für ihre Auslösung richtig erfüllt sind.

Als Nachteil wird den Einzeltasten gegenüber den Gemeinschaftstasten wohl vorgeworfen, daß die getrennte Bedienung der Felder umständlicher sei, dadurch die Entblockung der rückliegenden Stellen etwas verzögert, die Strecke also weniger leistungsfähig werde. Diese Vorwürfe sind jedoch nicht stichhaltig. Die größere Umständlichkeit ist vollständig belanglos, da selbst bei dichtem Betriebe der Wärter Zeit genug hat, alle Handlungen bis zu dem Zeitpunkte auszuführen, wo sie an sich zulässig sind. Eine Verzögerung in der Entblockung der rückliegenden Strecke ist durch die getrennte Tastenbedienung auch nicht bedingt: sie tritt jedenfalls in Sachsen nicht ein, denn hier kann und soll der Wärter, nachdem der Zug das Signal überfahren hat, dieses sofort zurücklegen und mit dem Anfangfelde blocken. Die rückliegende Strecke darf der Wärter nun aber erst entblocken, nachdem der Zug mit dem Schlusssignal eine gewisse Strecke (Räumungsstrecke) über das Signal hinaus gefahren ist. Bis zu dieser Zeit, wo also das Endfeld bedient werden darf, hat der Wärter alle vorhergehenden Handlungen längst ausführen können.

Die Zurücklegung des Signales gleich hinter dem Zuge ist bei der sächsischen Blockschaltung durch nichts behindert, insbesondere nicht dadurch, daß das Signal so lange stehen bleiben muß, bis der Zug durch Befahren des Schienenkontaktes die elektrische Tastensperre ausgelöst hat, denn der sächsische

Block hat noch die Eigentümlichkeit, daß der Stromkreis für die elektrische Tastensperre, der, wie auch sonst allgemein gebräuchlich, beim Ziehen des Signals geschlossen wird, nicht schon beim Zurückstellen des Signals, sondern erst beim Blocken des Endfeldes unterbrochen wird. Wie der Stromkreis der elektrischen Tastensperre durch das Signal eingeschaltet und bei den Zwischenblockstellen durch das Endfeld wieder ausgeschaltet wird, ist aus den Abb. 5 und 6 auf Taf. 8 zu erkennen.

Bei der Blockung des Endfeldes wird die an dessen Kontaktbrett unten angebrachte Kontaktschiene a durch die verlängerte Druckstange des Endfeldes nach unten gedrückt und dort durch eine Sperrklinke c, die über den Haken b greift, festgehalten, wie die Abb. 5 zeigt. Der Stromkreis der elektrischen Tastensperre ist dann unterbrochen. Die Sperrklinke c wird beim Ziehen des Signals für den nachfolgenden Zug durch eine von dem Signalhebel gesteuerte Schwinge d zur Seite gedrückt, wie dies Abb. 6 zeigt, so daß dann die durch die Sperrklinke gefangen gewesene Kontaktschiene a unter der Einwirkung einer Feder nach oben schnell und in der oberen Lage den Tastensperrenstromkreis wieder an die Batterie legt. Beim Zurücklegen des Signals geht die von dem Signalhebel gesteuerte Schwinge und damit auch die Sperrklinke für die Kontaktschiene aus der Lage der Abb. 6 in die Lage der Abb. 5 über, die Sperrklinke c jedoch nicht ganz, weil sie durch den Haken b der Kontaktschiene a abgestützt wird. Der Stromkreis bleibt also geschlossen, bis das Endfeld wieder geblockt wird.

Auch beim bayerischen Streckenblock findet man diese Eigentümlichkeit. Dort wird in gleicher Folge die Ein- und Ausschaltung des Stromkreises der elektrischen Tastensperre durch Kontakte an der mechanischen Tastensperre herbeigeführt.

Die sächsische und die bayerische Anordnung bieten den beachtlichen Vorteil, daß durch vorzeitiges Zurücklegen des Signals nach kurzen Zügen (z. B. einzeln fahrenden Lokomotiven) die Auslösung der elektrischen Tastensperre nicht behindert wird und Störungen an dieser dadurch nicht herbeigeführt werden können.

Die betrieblichen Vorteile, die die getrennte Bedienung der Anfang- und Endfelder zufolge des Ersatzes der Gemeinschaftstaste durch die Rücksperre mit sich bringt, sind jenen angeleglichen Nachteilen gegenüber jedenfalls sehr beträchtlich. Sie gipfeln darin, daß bei Einzeltastenbedienung Blockstörungen sich nicht so ausbreiten können, Blockschutzstrecken sich leichter und billiger einrichten lassen als bei Gemeinschaftstasten und die Schaltung einfacher und sicherer ist.

In betreff der Blockstörungen ist zunächst darauf hinzuweisen, daß bei getrennter Bedienung der Blockfelder der Blockstrom immer nur nach einer benachbarten Zugfolge geleitet wird, der Induktor also jeweils nur zwei Felder zu betätigen hat. Der Induktor kann aus diesem Grunde auch schwächer gehalten werden. (Bei Einzeltasten-Bedienung genügt ein sechs-lamelliger Blockinduktor, wogegen Blockstellen mit Kuppeltasten neunlamellige Induktoren brauchen.) Da bei getrennter Bedienung der Blockfelder der Widerstand des Stromweges nur halb so groß ist wie bei Verwendung einer Kuppeltaste, wo der Blockstrom von einer Zwischenstelle über vier Felder und zwei Streckenlängen geführt wird, so ist ein sichereres Arbeiten der Blockfelder gewährleistet. Die Zahl der Blockstörungen wird dadurch bei gleicher Güte der Anlage an sich vermindert.

Die Blockstörungen nehmen bei der Bedienung mit Einzeltasten zudem nicht die Ausdehnung an, wie bei Gemeinschaftstasten. Blockstörungen an den Endfeldern pflanzen sich bei Einzeltasten nur nach rückwärts, nicht aber nach vorwärts fort, da die Blockung der nebenliegenden Anfangfelder durch den jeweiligen Zustand der Endfelder gar nicht beeinflusst wird.

Versagt das Anfangfeld einer Blockstelle, so kann natürlich auch das nebenliegende Endfeld nicht bedient werden. Die Blockstörung läuft aus diesem Grunde wiederum dem Zuge

entgegen, mit dem Zuge läuft sie aber nur bis zur folgenden Blockstelle. Da hier das Anfangfeld nicht in die Störung einbezogen wird.

Bei Gemeinschaftstasten überträgt sich dagegen jede Störung eines Feldes auf die beteiligten drei anderen Felder und die Blockstörungen laufen dem Zuge entgegen und mit ihm weiter. Das wird natürlich um so unangenehmer empfunden, je dichter der Verkehr ist. Bei Gemeinschaftstasten hat man sich daher stellenweise auch schon dazu entschließen müssen, aufsergewöhnliche Einrichtungen zu treffen, um die Ausbreitung der Blockstörungen nach beiden Seiten zu verhindern. So hat man z. B. für Strecken mit gedrängter Zugfolge auf bestimmten Blockstellen, wo wie in Abb. 7 auf Taf. 8 für jede Richtung zwei Blocksignale aufgestellt sind, die aus Abb. 8 auf Taf. 8 ersichtliche Anordnung für jede Fahrriechung getroffen.

Für die Festlegung des Signals S ist das Blockfeld (Gleisbesetzfeld) Gs eingebaut, das für sich geblockt werden kann, mit dem Endfeld Es aber noch durch eine Kuppeltaste so verbunden ist, daß es mit diesem zugleich geblockt werden muß, wenn nach rückwärts die Strecke freigegeben werden soll.

Das Gleisbesetzfeld Gs steht elektrisch nicht in Verbindung mit einem in der Zugrichtung liegenden Endfelde, das anderenfalls mit dem Anfangfelde des Signals T gekuppelt würde. Das Anfangfeld des Signals T wird daher mit Einzeltaste bedient: es ist von dem Feld Gs aber mechanisch durch einen Blockschieber so abhängig, daß es nur geblockt werden kann, wenn das Gleisbesetzfeld Gs zuvor geblockt worden ist oder, im Störungsfalle, geblockt bleibt. Ist die rückwärtige Blockverbindung gestört, so kann das Gleisbesetzfeld Gs, wie schon gesagt, für sich geblockt werden und es muß geblockt werden, damit, zufolge der Schieberabhängigkeit, das Anfangfeld A<sub>T</sub> geblockt werden kann.

Wird das Gleisbesetzfeld Gs in der geblockten Lage gestört, so überträgt sich die Störung zwar nach rückwärts, weil dann das Endfeld Es nicht bedient werden kann, aber das Anfangfeld A<sub>T</sub> kann unbehindert weiter bedient werden. Solange also eine Rückblockung für das Signal T auf der Blockstelle eintritt, kann dieses Signal wieder gezogen und nach dem Zuge durch das Anfangfeld A<sub>T</sub> auch wieder geblockt werden. Eine Blockstörung im rückliegenden Streckenabschnitt oder an dem Gleisbesetzfeld läuft folglich nicht in der Zugrichtung über das Signal S hinaus, sondern endet an dieser Blockstelle.

Ein anderer Fall (vergl. »Stellwerk« 1919, S. 33) liegt bei der Berliner Stadtbahn, sowie den Berliner Ring- und Vorortbahnen vor. Um die Auswirkung von Blockstörungen der Streckenblockanlagen zu verringern, läßt man hier auf bestimmten Bahnhöfen und Haltepunkten mit einer Signalanordnung nach Abb. 9 auf Taf. 8 einen Eingriff in die Kuppelung der Anfang- und Endfelder zu, der aber nur durch den Aufsichtsbeamten vorgenommen werden kann, da nur dieser die nötigen Werkzeuge dafür besitzt. Für jedes Signal ist hier ein Anfang- und Endfeld eingebaut, beide wie üblich durch Gemeinschaftstaste gekuppelt. Versagt ein Anfangfeld in der geblockten Lage, wobei ja das Signal unbedienbar und der Stromkreis der elektrischen Tastensperre geöffnet bleibt, so kann der Aufsichtsbeamte mittels eines Schlüsselkontaktes die elektrische Tastensperre über dem Endfelde neben dem gestörten Anfangfelde auslösen, außerdem eine Hilfblocktaste an dem mit verlängerter Druckstange versehenen Endfelde befestigen und so dieses allein bedienbar machen. Der Wärter kann dann für jeden weiteren nachfolgenden Zug das Endfeld blocken, nachdem zuvor der Aufsichtsbeamte jedesmal die elektrische Tastensperre ausgelöst hat. Die Blockstörung läuft dann nur in der Zugrichtung weiter.

Um zu verhüten, daß sich beim Versagen eines Endfeldes die Blockstörung in der Zugrichtung bis zur Blockendstelle fortpflanzt, ist der Aufsichtsbeamte in der Lage, eine Hilfblock-

taste von gleicher Art, wie oben beim Endfelde angegeben, auf die Taste des nebenan liegenden Anfangfeldes zu setzen und den Wärter zu ermächtigen, das Anfangfeld während der Dauer der Störung mittels dieser Hilfbloktaste allein zu bedienen. Die Blocksicherung bleibt dann in der Zugrichtung unbeeinflusst: die Blockstörung pflanzt sich dann also nur entgegen der Zugrichtung bis zur Blockanfangsstelle fort. Der größeren Sicherheit halber haben hier die Endfelder noch verlängerte Druckstangen mit Signaleingriff, die Signale T und Q elektrische Flügelkuppelungen und Signalsperren mit Unterwegssperre erhalten.

Auf diese zusätzlichen Sicherungsmittel hat man in Sachsen verzichtet, weil man das Zutrauen hat, das auch ohne diese Hilfeinrichtungen, die ja nur sehr selten nutzbar sind, auszukommen ist. Damit soll natürlich nicht gesagt werden, das sie auch auf den Berliner Bahnen wohl entbehrt werden könnten. Zu erwähnen ist hierzu noch, das auch in Belgien elektrische Flügelkuppelungen bei den Blocksignalen nicht verwendet werden.

Ferner hat man vereinzelt auf Bahnhöfen, wo die Streckenblockung für das durchgehende Hauptgleis durchgeführt ist, bei Verwendung von Gemeinschaftstasten die Ausdehnung einer Blockstörung dadurch eingegrenzt, das man dort die Streckenblockung durch einen Zwischenblock bei einem Aufsichtbeamten unterbrochen hat. Abb. 10 zeigt für eine Fahrriktion eine solche Ausführung auf einem Bahnhöfe einer dicht belegten Strecke mit mehreren Blockstellen auf beiden Seiten. (Vergl. »Stellwerk« 1923, S. 39.) Die Signale R und T werden hier von einem Stellwerk c, die Signale Q und S von einem anderen Stellwerk b bedient. Für das Signal R und S werden die gewöhnlichen Blockfelder (Anfang- und Endfeld) eingebaut, die Signale R und S werden überdies aber noch unter Verschluss des Aufsichtbeamten gelegt.

Das Zustimmungsabgabefeld des Aufsichtbeamten für das Signal R wird mit einer elektrischen Tastensperre versehen, dessen Auslösung für gewöhnlich bei der Blockung des Signales Q, in Störungsfällen aber durch einen Schlüsselkontakt, der neben dem Zustimmungsabgabefeld angeordnet ist, herbeigeführt. Im Signalstellwerk b erhält das Anfangfeld für das Signal Q Signalsperre und Wiederholungssperre, spät auslösende mechanische Tastensperre, Verschlusswechsel und Hilfrklinke ohne Rast: das Signal Q elektrische Flügelkuppelung. Die Blockstelle einer regelrecht verlaufenden Fahrt sind in zeitlicher Folge von oben nach unten in Abb. 10 angegeben. Das jeweils bediente Feld ist mit Taste gezeichnet.

Geht eine Vorbloktung bei c von rechts nicht ein, so springen die gekuppelten Felder  $A_R$  und  $E_R$  aus. Das Signal R kann nach wie vor gezogen werden, wenn, wie vorher, der Aufsichtsbeamte sein Zustimmungsabgabefeld  $Z_a$  blokt und damit das Signal durch das Zustimmungsempfangfeld  $Z_r$  entblokt; bei der Bloktung des Zustimmungsempfangfeldes  $Z_r$  arbeitet das wie ein Signalverschlussfeld geschaltete  $A_r$ feld nicht mit, sondern nur das Zustimmungsabgabefeld  $Z_a$ .

Geht eine Rückbloktung bei b von links nicht ein, so hat der Aufsichtsbeamte vor jeder Fahrt die elektrische Tastensperre über dem Zustimmungsabgabefeld  $Z_a$ , die ja nun auf dem gewöhnlichen Wege nicht zur Auslösung gebracht werden kann, mit seinem Schlüssel auszulösen.

Bei allen diesen angeführten Aushilfanordnungen für Anlagen mit Kuppeltasten hat man besondere Zusatzeinrichtungen schaffen müssen, um hinsichtlich der Abminderung der Folgen von Blockstörungen im Grunde dasselbe zu erreichen, was man bei getrennter Bedienung der Blockfelder ohne weiteres in Sachsen durch die Rücksperrre bei allen Blockstellen erreicht hat.

Als weiterer Vorteil der Trennung der Bedienung der Anfang- und Endfelder war angegeben, das durch sie die Einrichtung von Blockschutzstellen begünstigt würde.

Der Umstand, das bei getrennter Bedienung das Signal für die vorliegende Strecke geblokt werden kann, ohne das gleichzeitig oder gleich darauf der rückliegenden Blockstelle das Signal freigegeben werden muß, gestattet dem Wärter, das rückliegende Signal beliebig lang geblokt zu halten, ohne die Bedienung seines Anfangfeldes und die der Blockfelder der folgenden Stelle zu verzögern. Das kann an jeder Blockstelle jederzeit ausgenutzt werden, wenn es aus irgend einem Grunde, z. B. wenn der Zug in der nächsten Blockstrecke kurz hinter der Blockstelle liegen bleibt, dem Wärter nicht statthaft erscheint, das rückliegende Signal zu entblokten. Der Wärter blokt dann nur das Anfangfeld, die Bloktung des Endfeldes unterläßt er aber, bis der Hinderungsgrund behoben ist.

Der Blockwärter kann sogar durch Dienstbefehl angewiesen oder durch Zusatzeinrichtungen von verhältnismäßig einfacher Art gezwungen werden, das Signal der rückliegenden Blockstelle für gewöhnlich geblokt zu halten und erst zu entblokten, wenn er einen Zug in die Blockstrecke einfahren lassen darf.

Ein Grund hierfür wird auf den Zwischenblockstellen allerdings kaum eintreten, wohl aber ist ein solcher u. U. vorhanden bei den Abschlussstellwerken und bei Blockstellen mit Abzweigung, wo eine Blockstrecke als Schutzstrecke dienen soll. Diese Fälle sind gar nicht so selten, besonders auf Strecken mit starkem Gefälle. Vor Bahnhöfen kann eine Blockschutzstrecke nützlich sein, wenn Ausfahrten das Einfahrgleis ohne Schutzweichen kreuzen und die Einfahrtsignale aus irgend welchen Gründen nicht genügend weit hinaus gerückt werden können. Bei Blockstellen mit Abzweigung ist die Gefahr einer Flankenfahrt meist noch größer, weil hier die Züge durchweg mit voller Geschwindigkeit fahren.

Grundsätzlich lassen sich beide Fälle gleichartig behandeln, weshalb hier die möglichen Einrichtungen nur für eine Blockstelle mit Abzweig besprochen werden sollen und zwar für eine Anlage nach Abb. 11, wobei die Strecke von x im Gefälle, etwa 1 : 100, liegen möge und die Blockstrecke B A als Schutzstrecke für die gefährdeten Fahrten von y nach z und von z nach y dienen soll.

Man hat hier bei Einzeltasten mehrere Möglichkeiten für die Ausschließung dieser Fahrten.

In betrieblicher Hinsicht muß man dabei unterscheiden, ob man den in die Schutzstrecke einmal zugelassenen Zug nun auch durchfahren lassen will, oder ob man unter Umständen dem aus der Stammstrecke x zugelassenen Zuge noch einen Zug aus der oder in die Zweigstrecke z vorausfahren lassen will, was dann aber nur geschehen darf, nachdem der Zug von x vor dem Signal Q zum Halten gekommen ist. Die letztgenannte Betriebsweise wird man ja möglichst zu vermeiden suchen, es können die örtlichen und betrieblichen Verhältnisse aber doch so eigenartig liegen, das sie nicht ausgeschlossen werden darf. In Sachsen ist diese Forderung jedenfalls für Strecken mit sehr dichter Zugfolge schon gestellt worden.

Ist die Zugfolge weniger dicht, so wird man ohne Zweifel vorziehen, die Anordnung so zu treffen, das ein in die Blockschutzstrecke zugelassener Zug diese auch verlassen haben muß, bevor eine der feindlichen Fahrten  $n_2$  oder p zugelassen werden kann. Das ist unschwer auf zwei Wegen zu erreichen, einmal dadurch, das man mit dem Endfelde Ex ein Hilffeld kuppelt und durch dessen geblokte Riegelstange die Fahrstrafenhebel  $n_2$  und p in der Grundstellung festlegt. In dieser Grundstellung bleiben sie, wenn das Signal T für einen Zug von x entblokt worden ist, so lange verschlossen, bis dieser bei A durchgefahren ist. Das Hilffeld wird so geschaltet, das es erst bei der Auflösung der Fahrstrafe Q wieder entblokt wird. Diese Einrichtung der Blockstelle an der Abzweigung ist in Abb. 12 in Verbindung mit einem sächsischen Blockplan dargestellt.

Hierzu ist zunächst erläuternd zu bemerken, daß die Sicherung der Fahrstraßen bei den sächsischen Blockstellen mit Abzweigung ähnlich durchgeführt ist wie bei den Bahnhofstellereien. In Sachsen hat man auch an den Abzweigstellen für jede Fahrrichtung ein Fahrstraßenfestlegefeld ( $n\frac{1}{2}$  und  $p/q$ ) und ein Signalfestlegefeld  $Sn\frac{1}{2}$  und  $Sp/q$ . Nach Einstellung der Fahrstraße wird der im Ruhezustand freibewegliche Fahrstraßenhebel in der umgelegten Lage durch Blockung des Fahrstraßenfestlegefeldes geblockt und dadurch das Signalfestlegefeld entblockt. Zwischen dem Signalfestlegefeld und dem Anfangsfelde ist eine mechanische Rücksperre eingebaut und über dem Signalfestlegefeld ist eine elektrische Tastensperre angeordnet, so daß nach einer Zufahrt die Fahrstraße nicht eher aufgelöst werden kann, bis nicht zuvor das Anfangfeld geblockt, die elektrische Tastensperre über dem Signalfelde ausgelöst und dieses auch geblockt worden ist. Durch Blockung des Signalfestlegefeldes wird dann das Fahrstraßenfestlegefeld entblockt, bei der Fahrt von  $x$  zugleich auch das Hilffeld. Das Endfeld ist durch eine Rücksperre ( $E_y$  durch eine mechanische,  $E_z$  und  $E_x$  durch je eine elektrische) von dem Signalfestlegefeld abhängig, so daß das Endfeld erst nach der Fahrstraßenauflösung geblockt werden kann. Elektrische Tastensperren über den Endfeldern sind, der übrigen Abhängigkeiten wegen, entbehrlich und daher auch nicht eingebaut. Die Anfangfelder, die Signalfestlegfelder und die Endfelder erhalten Hilfklinken ohne Rast, die Anfangfelder und die Signalfestlegfelder Verschlusswechsel und die Anfangfelder mechanische Tastensperren.

Die Reihenfolge der Blocktätigkeiten ist in der Abb. 12 an erster Stelle für eine Fahrt von  $z$ . an zweiter Stelle für eine Fahrt von  $x$  dargestellt. Die Tätigkeiten folgen sich in der Reihe der wagrechten Linien von oben nach unten. Das jeweils betätigte Feld ist mit Taste gezeichnet. Zu bemerken ist hier noch, daß das Hilffeld natürlich nicht bei der Auflösung der Fahrstraße für eine Fahrt von  $z$  entspricht. Wäre auch in der Richtung von  $z$  eine Blockschutzstrecke nötig, so wäre auch hier ein Hilffeld anzuordnen und mit dem Endfelde dieser Seite zu koppeln.

Die vorhin beschriebene Anordnung, die sich für Blockendstellen besonders gut eignet, kann man für Blockstellen mit Abzweigung noch dadurch vereinfachen, daß man das Hilffeld fortläßt. Das kann dann geschehen, wenn man die Blockung des Endfeldes abhängig macht von der Blockung der eingestellten Fahrstraße  $q$ . Man könnte zunächst versucht sein, durch das Blockfeld  $Ex$  in seiner geblockten Lage den eingestellten Fahrstraßenhebel  $q$  festzuhalten und die Schaltung so auszuführen, daß bei der Blockung des Endfeldes  $Ex$  der Streckenfreigabestrom über einen oberen Riegelstangenkontakt des Signalfeldes  $Sp/q$  geführt wird. Diese Anordnung ist aber nicht anwendbar. Der Ausschluss der feindlichen Fahrten durch eine Riegelstange am Endfelde kann nämlich, wenn eine Blockstörung am Endfelde eintritt, sehr schwere Betriebsstörungen verursachen. Ein Endfeld darf bekanntlich unter keinen Umständen von Hand entblockt werden. Ist es nun aber in geblocktem Zustande gestört, so bleiben die durch das Endfeld ausgeschlossenen feindlichen Fahrstraßen so lange uneinstellbar, bis die Störung behoben ist. Man muß daher grundsätzlich vermeiden, das Endfeld für die Fahrstraßenfestlegung zu benutzen. Eine Vereinfachung, also Fortlassung des Hilffeldes, ist aber noch auf einem anderen, rein elektrischen Wege möglich, nämlich dadurch, daß man bei der Blockung des Endfeldes den Streckenfreigabestrom außer über den oberen Riegelstangenkontakt des Signalfeldes  $Sp/q$  noch über einen Kontakt an der Fahrstraßenverschlussschiene  $q$  führt, der nur bei eingestelltem Fahrstraßenhebel  $q$  geschlossen ist.

Diese Anordnung, die in Abb. 13, Taf. 8, dargestellt ist, erfordert gegenüber einer gewöhnlichen Blockstelle mit Abzweigung nur

eine Änderung der Grundstellung des Endfeldes  $Ex$  und die aus der Abb. 14, Taf. 8, erkenntliche Ergänzung der Schaltung. Es kann dann der Wärter in  $A$  das Signal  $T$  bei der Blockstelle  $B$  erst freigeben, wenn er für die Fahrt von  $x$  nach  $y$  seine Fahrstraße  $q$  eingestellt und geblockt und damit sein Signalfestlegefeld entblockt hat. Das kann er sofort nach einer anderen Fahrt tun, selbst dann, wenn das Anfangfeld  $Ay$  von der vorliegenden Blockstelle noch nicht wieder freigegeben worden ist. Für die vorhergegangene Fahrt muß die Fahrstraße wieder aufgelöst sein, denn nach einem Zuge kann der Wärter  $A$ , der oben angegebenen Abhängigkeiten wegen, das Endfeld für einen folgenden Zug erst blocken, nachdem hinter diesem Zuge das Anfangfeld geblockt, die elektrische Tastensperre über dem Signalfelde durch den Zug ausgelöst, endlich das Signalfestlegefeld geblockt und damit das Fahrstraßenfestlegefeld entblockt worden ist. Die Bedienungsfolge der Blockfelder ist für eine Fahrt von  $z$  nach  $y$  und für eine Fahrt von  $x$  nach  $y$  in Abb. 13 angegeben.

Auch die andere Betriebsforderung, daß einem in die Blockschutzstrecke eingefahrenen Zuge u. U. ein Zug aus oder in die Zweigstrecke vorgelassen werden soll, nachdem der Zug in der Stammstrecke vor  $Q$  zum Halten gekommen ist, gestattet mehrere Ausführungen.

Die einfachste Lösung der Aufgabe wäre die, den Wärter der Blockstelle  $A$  zu beauftragen, das Endfeld für den Streckenabschnitt  $BA$  für gewöhnlich entblockt zu halten und es nur dann, wenn ein Zug von der Blockstelle  $B$  ohne Gefahr auf Signal  $T$  zugelassen werden darf, zu blocken; er soll das aber nur tun, wenn kein Zug von und nach der Nebenstrecke  $z$  erwartet wird.

Will man eine größere Sicherheit haben, so muß man auch hier die Blockeinrichtungen ergänzen. Die zusätzlichen Einrichtungen lassen sich aber auf die Blockendstelle bzw. Blockstelle mit Abzweigung beschränken. Abb. 15 zeigt eine solche ergänzte Einrichtung für eine sächsische Abzweigung. Es ist hier ein Hilffeld  $Hlf$  eingebaut, dessen Verschlussstange in der geblockten Lage die feindlichen Fahrstraßenhebel  $n_2/p$  in der Grundstellung verschließt. Hilffeld  $Hlf$  ist mit dem Endfelde  $Ex$  durch eine Kuppeltaste verbunden. Bei der Freigabe einer Fahrt in die Blockschutzstrecke wird das Hilffeld mit dem Endfelde zusammen geblockt. Das Endfeld wird nach Eintritt des Zuges in die Blockstrecke wie gewöhnlich entblockt und muß nun entblockt bleiben, bis die elektrische Rücksperre ausgelöst und das Hilffeld auch entblockt worden ist. Für die Entblockung des Hilffeldes ist ein weiteres Blockfeld  $Entr$  (Entriegelungsfeld) angeordnet, das bei der Blockung des Signalfestlegefeldes entblockt wird. Über dem Entriegelungsfelde  $Entr$  ist eine elektrische Tastensperre angeordnet, die mit einem Schienenkontakt verbunden ist, der in der Blockschutzstrecke kurz (etwa 150 m) vor dem Signal  $Q$  liegt. Das Entriegelungsfeld  $Entr$  kann dann erst geblockt und dadurch das Hilffeld entblockt werden, wenn der Zug bis an das Signal  $Q$  herangefahren ist. Die Freigabe der feindlichen Fahrstraßen ist dann unbedenklich, da der gestellte Zug nicht mehr gefährlich werden kann. In der Abb. 15 ist die zeitliche Folge der Blockspiele für die beiden Fahrrichtungen nach  $y$  angegeben.

Diese Anordnung ist in Sachsen auf Blockendstellen beschränkt worden, weil bei Blockstellen mit Abzweigung ein dringendes Bedürfnis dafür nicht vorgelegen hat. Sie wäre aber hier ohne weiteres möglich.

Die Einrichtung der Blockschutzstrecken wurde in Sachsen während des Krieges und darnach mit Eifer betrieben, als die Signalüberfahrungen sich besorgniserregend häuften. Die Änderung der bestehenden Einrichtungen bot in keinem Falle Schwierigkeiten. Der eine oder andere Weg liefs sich billig und leicht zur Ausführung bringen.

Bei dem System der Gemeinschaftstasten ist die Einführung von Blockschutzstrecken jedenfalls ungleich schwieriger, denn sie erfordert zusätzliche Einrichtungen nicht bloß auf der Blockstelle mit Abzweigung, sondern auch auf der Blockstelle vor der Schutzstrecke. Abb. 16, Taf. 8, zeigt die einfachste, dem Verfasser bekannte Ausführung bei Gemeinschaftstasten. Auf der Blockstelle B ist eine Rückgabesperre U und ein Zustimmungsabgabefeld  $n_2/p$  mit Festlegung des Signals T im geblockten Zustande, an der Blockstelle mit Abzweigung ein Zustimmungsempfangsfeld  $n_2/p$  mit Festlegung des Fahrstraßenhebels  $n_2/p$  in der Grundstellung eingebaut.

Zustimmungsabgabe- und Zustimmungsempfangsfeld sind durch eine besondere Leitung miteinander verbunden, wie dies die Abb. 17 auf Taf. 8 erkennen läßt.

In A kann das Signal  $N_2$  und das Signal P nur gezogen werden, wenn die Blockstelle B zugestimmt hat (vgl. Abb. 16) Feld  $n_2/p$  in B gibt diese Zustimmung nach A, die aber nur gegeben werden kann bei der Haltlage des Signals T, das durch das Blockfeld  $n_2/p$  in geblocktem Zustande verschlossen wird. Die Zustimmung kann auch nur gegeben werden, wenn das Anfangfeld Ay nach Zurückstellung des Signals T geblockt und wieder entblockt worden ist. Dieser Zwang wird durch die Rückgabesperre erreicht. Die Rückgabesperre ist ein Blockfeld eigener Art, das bei Stellung des Signalhebels in die Fahrlage selbsttätig, also ohne Strom, geblockt wird. Beim Ziehen des Signals wird die Blockstange des Rückgabesperrfeldes U von einer vom Signalhebel T gesteuerten Stange nach unten gezogen und das Feld (ohne Strom und auch ohne Ankerbewegung) dadurch geblockt, daß der Blockrechen von der Ankerhemmung losgelöst wird und frei herunterfällt. Die Riegelstange wird dabei natürlich in die Verschlusslage gebracht. Das so geblockte U-Feld wird nach Räumung der Strecke gleichzeitig mit dem Anfangfeld Ay entblockt, wenn in A das Endfeld Ex geblockt wird. Über einen oberen Riegelstangenkontakt des U-Feldes ist nun der Stromkreis des Zustimmungsfeldes  $n_2/p$  geführt, so daß dieses nur geblockt werden kann, wenn dieser Riegelstangenkontakt geschlossen ist. Die Blockspiele für eine Fahrt nach y sind an Hand der Abb. 16 leicht zu verfolgen.

Um vollständig zu sein, soll schliesslich noch darauf hingewiesen werden, daß die getrennte Bedienung der Endfelder auch zu einer sehr einfachen Sicherung von Anschlußweichen auf zweigleisigen Bahnen in dem Falle führt, wo das Anschlußgleis durch Übergabezüge bedient wird, die auf dem falschen Gleise hin- und auf dem richtigen Gleise zurückfahren. Abb. 18 stellt eine solche Anlage dar. Auch hier hat man gewissermaßen eine Blockschutzstrecke einzurichten. Das Endfeld der Bedienungsstation erhält dann Eingriff in einen Schlüsselschieber nach Abb. 19, der in seiner Ruhestellung den Schlüssel der Anschlußweiche festhält. In der

geblockten Lage des Endfeldes kann der Schieber nicht umgestellt werden. Nach der Einfahrt des letzten, einer Bedienungsfahrt vorausgegangenen Zuges von y darf das Endfeld auf der Bedienungsstation x zur Freigabe der Blockstrecke von y nicht geblockt werden. Das Endfeld wird vor der Bedienung des Anschlußgleises durch den Anschlußweichenschlüssel in der Freilage verschlossen, wenn der Schlüssel aus dem Schieberschloß für die Bedienung der Anschlußweiche abgezogen wird. So lange dieser Schlüssel unterwegs ist, bleibt die Blockstrecke von y gesperrt. Das Endfeld kann erst nach der Rückkehr des Bedienungszuges und nachdem der Anschlußweichenschlüssel wieder festgelegt ist, geblockt werden.

Schliesslich spricht noch zu Gunsten der getrennten Bedienung der Streckenblockfelder, daß bei ihnen durch die Schaltung gewisse Unregelmäßigkeiten, die bei Gemeinschaftstasten nur durch Hinzunahme besonderer Streckenleitungen verhindert werden können, ohne weiteres ausgeschlossen sind, und daß in den Fällen, wo die Erde für die Rückleitung der Blockströme wegen Fernhaltung oder Unschädlichmachung fremder Wechselstromzufüsse aufgegeben werden muß, also isolierte Rückleitungen zu verlegen sind, bei Einzeltasten nur 4 Streckenleitungen, 2 für jede Fahrriechung, bei Gemeinschaftstasten dagegen 6 Streckenleitungen, 3 für jede Fahrriechung, nötig sind.

Aus allem ersieht man, daß die Einführung der Rücksperrre als Ersatz für die Gemeinschaftstaste außerordentlich fruchtbringend war. Ihre Hauptvorteile liegen in der Abminderung der Folgen von Blockstörungen und in der Ausnutzbarkeit für Blockschutzstrecken.

Die Vorteile der Einzeltasten nach dem sächsischen System scheinen noch sehr wenig bekannt zu sein. Jedenfalls haben Schockmann, Scheibner und Cauer sie in ihren Büchern über die Eisenbahnsicherungsanlagen nicht erwähnt. Cauer macht in seinem Buche »Sicherungsanlagen im Eisenbahnbetriebe« auf Seite 213 sogar eine irreführende und unzutreffende Bemerkung über das sächsische Streckenblocksystem. Bei der Besprechung der Abhängigkeit zwischen Anfangfeld und Endfeld der Streckenblockung auf den sächsischen Staatsbahnen sagt er: »Das macht zwar die Bedienung umständlicher, schließt aber gewisse Blockstörungen ohne weiteres aus, zu deren Verhütung man auf den Preussisch-Hessischen Staatsbahnen die Anfangfelder von Zwischenblockstellen mit Verschlusswechsel und Hilfklinke ohne Rast ausrüstet.« Irreführend ist diese Bemerkung, weil die Umständlichkeit belanglos ist, und unzutreffend ist sie, weil, wie schon anfangs erwähnt wurde, auch in Sachsen die Anfangfelder mit Verschlusswechsel und Hilfklinke ohne Rast versehen sind, so daß Blockstörungen, die hierdurch auf den früher Preussisch-Hessischen Staatsbahnen verhütet werden, auch bei den sächsischen Bahnen nicht auftreten können.

### Zur Frage der durchgehenden Güterzugbremse.

Bei der durchgehenden Güterzugbremse spielt die Frage des Zusammenarbeitens der verschiedenen Systeme, der regulierbaren Kunze-Knorr-Bremse und der nicht stufenweise lösbaren Westinghouse-Bremse, eine nicht unwichtige Rolle. Von besonderer Bedeutung ist diese Frage für die Schweiz, wo sowohl Wagen aus Deutschland mit Kunze-Knorr-Bremse, wie aus Frankreich, das die Westinghouse-Bremse einführt, gemeinsam zu befördern sind. Die Schweizerische Bauzeitung veröffentlicht hierüber in Ergänzung eines vorausgegangenen Aufsatzes folgende Ausführungen:

Bei Fahrten in der Ebene kommt die Möglichkeit, die Bremsen stufenweise zu lösen, wenig in Betracht. Nur das Einfahren in Bahnhöfe, besonders in Kopfbahnhöfe, wird dadurch erleichtert, daß der Führer, wenn er zu stark gebremst

hatte, nicht die Bremse ganz auslösen und dann wieder von neuem anziehen muß, sondern die Bremskraft nur zu vermindern braucht. In der Ebene spielt es also eine geringe Rolle, in welchem Prozentsatz Wagen mit Kunze-Knorr-Bremse mit solchen mit Westinghouse-Güterzugbremse gemischt fahren.

Von wesentlich anderem Einfluß ist dagegen das Mischverhältnis im Gefälle. Bei den Fahrten über den Gotthard hat es sich ja schon gezeigt, daß einige in den Güterzug eingeschaltete Personenwagen die Manövriertfähigkeit des mit Kunze-Knorr-Bremse versehenen Güterzuges nicht zu sehr beeinträchtigen. Man konnte bei dieser verhältnismäßig geringen Achsenzahl mit Westinghouse-Bremsen den Vorteil der Kunze-Knorr-Bremse, d. h. deren Regulierfähigkeit,

noch vollständig ausnutzen. Wird dagegen in einen mit Kunze-Knorr-Bremse versehenen Güterzug eine wesentlich größere Anzahl von Westinghouse-Bremsen eingeschaltet, so kommt es natürlich auf den Grad des Gefälles an, bis zu welchem Prozentsatz das Einschalten von Westinghouse-Bremsen noch möglich ist, ohne das der Vorteil der Kunze-Knorr-Bremse aufgegeben wird. Ist auf einem starken Gefälle, wie dies z. B. am Gotthard vorhanden ist, der Prozentsatz der Westinghouse-Bremsen gross, dann tritt folgendes ein: Beim erstmaligen Anbremsen wirken alle Bremsen zusammen, sowohl die Kunze-Knorr-Bremsen als die Westinghouse-Bremsen. Hat der Führer zufällig gerade die richtige Bremswirkung getroffen, dann kann er unter Umständen eine ganze Weile mit so angezogenen Bremsen abwärts fahren. Hat er dagegen etwas zu scharf gebremst und will er infolge dessen teilweise lösen, so lösen die Westinghouse-Bremsen ganz aus und nur noch die Kunze-Knorr-Bremsen bleiben angezogen. Dabei wird natürlich die Bremskraft in höherem Masse verringert, als dies vom Führer beabsichtigt ist. Er muß also die Bremskraft wieder verstärken, wobei eventuell die Westinghouse-Bremsen wieder mitwirken, ohne daß ihr Hilfsbehälter aufgeladen ist. Meistens werden sie infolge dessen nicht mehr mitwirken, so daß dann bei der weitem Fahrt die Kunze-Knorr-Bremsen allein die Bremskraft

für den ganzen Zug abgeben müssen. Es kann nun leicht eintreten, daß diese Bremskraft nicht mehr ausreicht und der Führer gezwungen ist, eine Notbremsung zu machen, um den Zug ganz zum Stehen zu bringen, damit er ihn wieder neu aufladen kann. In solchem Fall wirken dann auch die Westinghouse-Bremsen wieder mit, da dann der Leitungsdruck in jedem Fall unter den Druck der Hilfsbehälter der Westinghouse-Bremsen vermindert wird. Natürlich kann man aber solches Fahren nicht mehr als vorteilhaft bezeichnen.

Es kommt also für die Schweiz darauf an, mit wievielen Wagen ohne Bremse oder nur mit der Westinghouse-Bremse sie in ihren Güterzügen zu rechnen haben wird. Wenn der Verkehr von Frankreich über die Schweiz nach Italien bedeutend ist, so wird sich die Schweiz unter Umständen damit helfen müssen, daß sie besondere Güterzüge aus französischen Wagen zusammenstellt und diese mit Handbremsen über die Alpen befördert. Ist die Zahl der zu berücksichtigenden französischen Wagen gering, so kann sie diese als Leitungswagen behandeln, indem sie die Westinghouse-Bremse abstellt. Auf jeden Fall wird sich die Schweiz selbst dazu entschließen müssen, eine regulierfähige Bremse an möglichst allen ihren Güterwagen einzurichten, um den Prozentsatz von Wagen mit regulierfähigen Bremsen möglichst hoch zu halten.

### Entwicklungsfragen der Deutschen Reichsbahn.

Der Herr Reichsverkehrsminister hat am 4. April in der Handelskammer in Berlin einen bedeutsamen Vortrag gehalten, in dem er all die verschiedenen Probleme, die die Reichsbahn beschäftigen — das Jahr 1924 wurde von ihm beim Jahreswechsel als ein Jahr ungelöster Probleme bezeichnet — in großen Umrissen erörterte. Nach den durch den allgemeinen Währungsverfall herbeigeführten chaotischen finanziellen Zuständen, in denen schliesslich der Betriebskoeffizient sich bis zur Höhe von 475 % hinaufschraubte, gelang es durch äußerste Sparsamkeit in den letzten Monaten Ausgaben und Einnahmen ins Gleichgewicht zu bringen, wie der Minister betonte, ohne Eingreifen eines vom Auslande aufgestellten Zensors. Der dadurch eingeleitete Gesundungsprozess hat erfreuliche weitere Fortschritte gemacht. Neben dem Personalabbau wurden durch die Gestaltung der Fahrpläne, Stilllegung von Bahnhöfen, Aufhebung von Blockstellen und Dienststellen, Einschränkungen in der Streckenbewachung, im Rangierdienst, Einsparungen erzielt. Nach einer Erörterung der Tarifgebarung im Personen- und Güterverkehr wandte sich der Vortragende der Frage der Organisation der Eisenbahn zu. Die D. R. B. ist ja seit kurzem zu einem selbständigen wirtschaftlichen Unternehmen umgestaltet worden. Die Neuorganisation bezeichnet der Minister in ihren Zielen als eine Zentralisation mit Dezentralisation, vergleichbar einem Unternehmen mit Zweigniederlassungen, wobei jedoch die Vorbilder der Privatwirtschaft nicht unbedingt in allem nachgeahmt werden können. Das Gebiet, auf dem die Dezentralisation vor allem wirksam werden muß, ist die Finanzgebarung, bei der durch eine von den Direktionen verlangte Abrechnung wirtschaftliches Handeln an Stelle rein verwaltungsmässiger Einstellung herbeigeführt werden soll. Selbstverständlich mußte der Minister am Schlusse seiner Ausführung auch auf die Reparationsfrage, die ja für die deutschen Eisenbahnen geradezu eine Schicksalsfrage ist, sowie auf die damit zusammenhängende Frage der Rhein- und Ruhrbahnen eingehen. Nur ein in voller Freiheit handelnder Leiter kann das Unternehmen diejenigen Wege führen, die es im Zustand der Gesundung erhalten, in dem es allein befähigt ist, zur Abtragung der dem deutschen Reich aufgebürdeten Lasten beizutragen. Nur ein auch dem eigenen Volke dienendes Unternehmen — und das ist die psychologische Seite des Problems — kann auf die Leistungsfreudigkeit des Gesamt-

personals rechnen, die zu der geforderten äußersten Kraftanspannung notwendig ist.

An technischen Einzelheiten verdient in diesem Blatte Erwähnung die Organisation der Wärmewirtschaft, die mit allen Mitteln auf eine zeitgemässe Höhe zu bringen ist. Die Ausnutzung der Kohle in der Lokomotive ist die allerungünstigste. Eine stationäre Dampfmaschine braucht weniger Kohle als die bewegliche Dampfmaschine, die Lokomotive, die ja Wind und Wetter und allen sonstigen Zufälligkeiten ausgesetzt ist, deren Verhalten auf die Ausnutzung der Kohle einwirken. Jedes Prozent Kohle, das durch Verbesserung unserer Wärmewirtschaft gespart wird, ist ein Gewinn für die nationale Wirtschaft, weil hier Kohle weniger unwirtschaftlich verbraucht wird. 95 Prozent sind früher durch den Schornstein hindurchgegangen. Diese Zahlen werden allmählich verbessert, vor allen Dingen auch durch Einstellung schwererer Lokomotiven, dann durch Herbeiziehung aller Hilfsmittel, die geeignet sind, die Wärmewirtschaft dauernd zu heben. Auf diesem Wege muß um so mehr weiter vorwärts geschritten werden, als die finanziellen Verhältnisse für die Elektrisierung der Eisenbahn ein schweres Hemmnis bilden werden. Die Deutsche Reichsbahn wird in den nächsten Jahren kaum in der Lage sein, die großen Summen aufzubringen, die für die planmäßige Fortführung der Elektrisierung, soweit sie noch nicht in Angriff genommen worden ist, erforderlich wären. Deshalb müssen andere Verkehrsmittel gesucht und gefördert werden, um Ersparnisse zu machen. Der nächste Schritt wird voraussichtlich der Übergang zur Diesel-Lokomotive sein, zur Öl-Lokomotive an Stelle der Kohlen-Lokomotive. Hier sind die Versuche im besten Gange und es ist anzunehmen, daß im Laufe des Jahres mit der Diesel-Lokomotive bereits die ersten Versuche gemacht werden können. Diese Versuche, die Wirtschaftlichkeit des Eisenbahnbetriebes zu erhöhen, die Technik heranzuholen, um Fortschritte in der Wirtschaft zu erzielen, stehen im engsten Zusammenhange mit der gesamten deutschen Wirtschaft. Es handelt sich nicht darum, daß die Eisenbahn für sich allein als Unternehmen zu betrachten wäre. Die Eisenbahn ist der unentbehrlichste Diener der gesamten deutschen Wirtschaft. Von diesem Standpunkt aus muß sie bewertet und behandelt werden. Jeder Erfolg, der in der Verbilligung unserer eigenen Tätigkeit erzielt wird, kommt direkt oder indirekt der deutschen Wirtschaft wieder zugute.

## Die „Puffing Billy“ vor dem Kurbelkasten.

Ein originelles Bild im Hofe des Neubaus des Deutschen Museums, das sich da am Anfangstag des Frühlings den staunenden Zuschauern bot: Vor den zur Bauarbeit aufgeschichteten Kieshaufen steht eine gar merkwürdige Maschine, eine kleine Lokomotive mit hohem Schornstein und seltsamem Antrieb, ratternd, prustend, Dampf ausströmend. Zwei Männer in Biedermeier-Tracht — langem Rock, bunter Weste und, was das seltsamste ist, hohem grauen Zylinderhut — machen sich an der Maschine zu schaffen: heizen, lassen den Dampf einströmen und setzen die Lokomotive auf einem kleinen Schienenwege in Bewegung.

Vor dem Ganzen steht ein Kurbelkasten, ein Mann, der dreht und einer, der Befehle erteilt: das prächtige Museumsstück, die „Puffing Billy“ vom Jahre 1813, die erstmals in einer englischen Kohlengrube den Pferdebetrieb erfolgreich ersetzte, wird gekurbelt. Nach mehr als hundert Jahren wird diese ehrwürdige alte Lokomotive wieder neu belebt.

Das Original der „Puffing Billy“ ist es zwar nicht, was wir hier vor uns haben; das steht im Kensington Museum in London. Aber es ist eine ganz naturgetreue Nachahmung, die 1906 in den Münchner Eisenbahnwerkstätten nach den Unterlagen des Kensington Museums genau ausgeführt wurde\*), und die Zuschauer können sich einen Vergleich machen, wie mühsam und schwerfällig sich dieser Ahne der heutigen Lokomotive fortbewegte und welchen gewaltigen

\*) Eine eingehende Beschreibung der Lokomotive findet sich im Organ, Jahrgang 1907, Seite 27.

Weg der menschliche Erfindergeist bis zum heutigen mit Windeseile dahinsausenden und eine vielfältige größere Bürde mit sich reisenden Schnellzuggetüms zurückzulegen hatte.

Der Kessel der Lokomotive ist mühselig aus 97 kleinen Blechstücken zusammengenietet. Ein Wunder fast, daß er dicht halten konnte! Zwei Dampfzylinder sind zu beiden Seiten des Kessels angeordnet. Die Übertragung der Kolbenbewegung erfolgt mittels Evansscher Halbbalanciers, einer Kurbelwelle und Zahnradgetriebe auf die beiden Radachsen. Der Auspuffdampf wird in den Schornstein geleitet, um dessen Zugwirkung zu erhöhen. Das Ding pufft und raucht demgemäß ganz gewaltig, der Grund, aus dem die Lokomotive unter der Bezeichnung „Puffing Billy“ volkstümlich wurde. Die Leistung der Maschine ist etwa 25 PS, die Zugkraft am Zughaken 675 kg, was gegenüber Kräften von 10—15000 kg bei Lokomotiven der Gegenwart recht beträchtlich erscheint; der Dampfdruck beträgt  $3\frac{1}{2}$  Atmosphären.

Die Lokomotivführer sind Werkmeister aus den Münchner Eisenbahnwerkstätten, die ihren freien Tag geopfert haben, um nach den Wünschen des Kinoregisseurs die Maschine zu bedienen.

In kurzer Zeit wird man also die Puffing Billy im Film sehen können und die Zuschauer können sich einen Vergleich machen, wie mühsam und schwerfällig sich dieser Ahne der heutigen Lokomotive fortbewegte und welchen gewaltigen Weg der menschliche Erfindergeist bis zum heutigen mit Windeseile dahinsausenden und eine vielfältige größere Bürde mit sich reisenden Schnellzuggetüm zurückzulegen hatte.

### Berichtigung.

Wie die Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft mitteilt, ist die Angabe in dem Aufsatz »Elektrische Zugförderung in Baden« in Heft 2, Seite 35, daß die Lokomotiven der Wiesetalbahn zum Teil von ihr gebaut seien, unrichtig. Nach den von uns gepflogenen Erhebungen ist die Angabe des Herrn Verfassers dahin richtig zu stellen, daß von den zur Zeit auf

der Wiesetalbahn verkehrenden Lokomotiven drei Lokomotiven, die aus dem R. B. D.-Bezirk Halle zugewiesen wurden, von der A.-E.-G. gebaut wurden, während eine weitere, ebenfalls aus dem Bezirk Halle, von Brown, Boveri u. Co. stammt. — Die ursprünglich für die Wiesetalbahn bestimmten Lokomotiven hingegen wurden von den S.-S.-W. geliefert. Die Schriftl.

## Persönliches.

### Präsident Wulff

der Reichsbahndirektion Berlin ist am 1. April d. J. infolge der Beamten-Abbauverordnung in den einstweiligen Ruhestand versetzt worden und somit von der Leitung der Eisenbahndirektion Berlin, die er seit August 1917 mustergültig verwaltet hat, zurückgetreten.

Im Jahre 1891 trat Wulff als Assessor bei der Eisenbahndirektion Köln ein und war alsdann bei verschiedenen Direktionen im Westen und Osten Deutschlands tätig. Während des Krieges war er zur Dienstleistung beim Chef des Feldeisenbahnwesens berufen. Er war Mitglied des Verwaltungsrates der belgischen Eisenbahnen und Abteilungschef bei der damaligen Militär-Generaldirektion in Brüssel. Nach dem Kriege war Wulff kurze Zeit bei der Generalbetriebsleitung Ost und beim Eisenbahn-Zentralamt in Berlin, bis er das Amt eines Präsidenten der Direktion Berlin übernahm. In der schwierigen Zeit der staatlichen Umwälzung, der nachfolgenden Zeit der wilden Streiks in allen Berliner Verkehrsbetrieben hat es Wulff durch seine ruhige und zielbewusste Führung verstanden, immer die Ordnung wiederherzustellen. Hier kamen seine hervorragenden persönlichen Eigenschaften besonders zur Geltung und seinem Wirken ist es zu danken, daß der Betrieb der Berliner Stadtbahn damals nicht lahmgelegt werden konnte. Trotz der Ungunst der Verhältnisse sind unter seiner Führung wichtige Verbesserungen und Neuerungen im Berliner Verkehrs- und Betriebsdienst geschaffen worden. Es sei auf den Neubau des Bahnhofs Friedrichstraße, auf den Umbau des Potsdamer Ringbahnhofs und die baulichen Verbesserungen der Bahnhöfe Stralau-Rummelsburg, Warschauer Straße, Papestraße, Jannowitzbrücke, Straußberg und Hoppegarten u. a. hingewiesen. Das Projekt des Baues

der südlichen Umgehungsbahn ist unter Wulffs Leitung besonders gefördert, die umfangreichen Vorarbeiten des neuen Verschiebebahnhofs in Schöneiche hat er abgeschlossen. Er hat stets darauf Bedacht genommen, dem in der Nachkriegszeit stark gestiegenen Personenverkehr im Berliner Bezirk eine glatte Abwicklung zu sichern. Demzufolge ist es auch ihm zu danken, daß die Elektrisierung der Vorortstrecke so gefördert wurde, daß demnächst auf der Strecke nach Bernau Probefahrten vorgenommen werden können. Dem Eisenbahnsiedlungswesen hat Wulff stets sein Wohlwollen entgegengebracht, wovon die Kolonien Elsthal und Seddin beredtes Zeugnis ablegen.

In Personal- und Arbeiterfragen, sowie in den Fragen der Personen- und Gütertarife hatte Präsident Wulff namentlich in der Inflationszeit besonders schwere Aufgaben zu erfüllen.

Als Vorsitzender der Ständigen Tarifkommission zeigte er seine glänzenden Fähigkeiten in der Leitung großer Versammlungen, eine Eigenschaft, die er besonders auch als Präsident des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen verwerten konnte. Dem Verein brachte er stets das regste Interesse entgegen. An den Sitzungen des Satzungsausschusses beteiligte er sich stets persönlich und nahm wiederholt Gelegenheit, sich über die Arbeiten der anderen ständigen Ausschüsse des Vereins, insbesondere des Technischen Ausschusses lobend auszusprechen. Viele Leser dieses Fachblattes werden die persönliche Liebenswürdigkeit, das ruhige und doch bestimmte Wesen des Präsidenten Wulff bei den Vereinsversammlungen kennen und schätzen gelernt haben, die er im Jahre 1921 in Berlin und 1923 in Dresden leitete. Im ganzen stand Präsident Wulff fast 7 Jahre dem Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen vor, und alle Mitglieder des Vereins werden es

mit Freuden und Genugtuung begrüßen, daß mit seinem Rücktritt von den Geschäften der Direktion Berlin nicht auch die Aufgabe der Tätigkeit für den Verein verbunden war, daß vielmehr der Reichsverkehrsminister damit einverstanden ist, daß Präsident Wulff bis auf weiteres die Geschäfte des Vereins, die bei ihm in so bewährten Händen liegen, noch weiterführt.

#### Geheimrat Prof. Dr. Lucas.

Mit dem 1. April d. Js. ist Geheimer Hofrat Prof. Dr. rer. techn. h. c. Lucas im 71. Lebensjahre in den Ruhestand getreten. Aus diesem Anlaß begab sich eine Abordnung von Freunden, Fachgenossen und Hörern zu ihm, um ihm ein Erinnerungsgeschenk zu überreichen und ihm die besten Wünsche für seinen Ruhestand auszusprechen.

Mit Lucas ist ein Mann aus dem Dienste geschieden, der die besten Überlieferungen des sächsischen Beamten, insbesondere des sächsischen Eisenbahners, in sich verkörperte. Nach seinem Hochschulstudium trat er zunächst in den Dienst der Leipzig—Dresdner Eisenbahn-Compagnie, so daß er geradezu ein lebendiges Stück sächsischer Eisenbahngeschichte aus ihrer glanzvollsten und erfolgreichsten Zeit darstellt. Vielseitig war sein Wirken als planender und ausführender Ingenieur. Insbesondere hat er im Dienst der Leipzig—Dresdner Eisenbahn-Compagnie die eingestürzte Elbbrücke bei Riesa in überraschend kurzer Zeit neu aufgebaut. Nach der Verstaatlichung der Privatbahnen setzte sich seine erspriessliche Tätigkeit bei der Staatseisenbahn fort. Seine wissenschaftliche Befähigung

und seine Tatkraft brachten ihn bald in eine leitende Stellung als Vorstand des Brückenbaubüros der Sächsischen Staatsbahnen. In dieser Eigenschaft hat er bei der damals lebhaften Neubaustätigkeit eine große Zahl von Brücken ins Leben gestellt. Im Jahre 1900 wurde er an die Technische Hochschule zu Dresden auf den Lehrstuhl für Eisenbahn-, Straßen-, Erd- und Tunnelbau berufen. Fast ein Vierteljahrhundert hat er dort eine segensvolle Tätigkeit entfaltet. Unermüdet und gewissenhaft in seiner Berufsausübung, war er ein warmherziger Freund der studierenden Jugend. Sein Rat und seine Fürsorge folgte vielen seiner Hörer noch in Beruf und Leben. Tausend Fäden spannten sich aus allen Teilen der Welt als Gedankenaustausch zwischen ihm und seinen ehemaligen Schülern. Daneben fand Lucas auch noch Zeit, eine umfangreiche Tätigkeit als Gutachter zu entfalten. Lange Jahre war er hochgeschätztes Mitglied der Technischen Kommission und des Technischen Oberprüfungsamtes, wobei ihm seine vielseitige Erfahrung zu statten kam. Das Vertrauen seiner engeren Fachgenossen, der Professoren der Technischen Hochschule, berief ihn auch einmal zum Rektor an weithin sichtbare Stelle. Als Bearbeiter zahlreicher Hand- und Lehrbücher hat Lucas eine rege wissenschaftliche Tätigkeit entwickelt. Überall, wo es galt, das Gold der Erfahrung in gesicherte wissenschaftliche Erkenntnis auszumünzen, war Lucas ein gesuchter Mitarbeiter. So ergibt sein Lebenslauf ein leuchtendes Bild der Treue zu sich, zu seinen Berufsgenossen und zu seiner Wissenschaft, das bei denen, die ihm näher traten, nicht verblasen wird.

Dr. Bl.

## Bericht über die Fortschritte des Eisenbahnwesens.

### Allgemeines.

#### Gründung eines Internationalen Eisenbahnverbandes.

Übereinkommen über die internationale Rechtsordnung der Eisenbahnen.

Gegen Ende des abgelaufenen Jahres wurde der „Internationale Eisenbahnverband“ (abgekürzt I. E. V.) gegründet. Er bezweckt, im internationalen Verkehr die Bedingungen für die Anlage und den Betrieb der Eisenbahnen zu verbessern und hat seinen Sitz in Paris.

Mitglieder des I. E. V. sind die meisten bedeutenden europäischen Bahnverwaltungen, darunter auch die Deutsche Reichsbahn, ferner noch eine Anzahl außereuropäischer Bahnverwaltungen.

Die Geschäfte des I. E. V. werden von dem „Geschäftsführenden Ausschuss“ mit dem Sitz in Paris geführt. Er besteht aus der mit dem Vorsitze betrauten und 13 weiteren Mitgliederverwaltungen; er vertritt nach den Bestimmungen der Satzungen den I. E. V. in allen Rechtshandlungen des bürgerlichen Lebens und vor Gericht. Er wird von der Hauptversammlung für einen Zeitraum von 10 Jahren bestimmt.

Dem Geschäftsführenden Ausschuss treten Ausschüsse für alle wichtigen Angelegenheiten zur Seite. Zur Zeit bestehen folgende:

1. ein Ausschuss für den Personenverkehr,
2. „ „ „ „ Güterverkehr,
3. „ „ „ die gegenseitigen Abrechnungen und die Währungen,
4. „ „ „ den Austausch und die gegenseitige Benutzung der Fahrzeuge,
5. „ „ „ technische Fragen.

Die Hauptversammlung bestimmt für einen Zeitraum von 5 Jahren eine Anzahl Länder, aus deren Verwaltungen die Ausschüsse für wichtige Angelegenheiten zu bilden sind; die Mitgliederverwaltungen jedes dieser Länder entsenden in den Ausschuss einen oder zwei Abgeordnete als Ausschussmitglieder. Die Ausschüsse erhalten die von ihnen zu bearbeitenden Angelegenheiten vom Geschäftsführenden Ausschuss zugeteilt und bereiten die Beschlüsse der Hauptversammlung vor.

Die Hauptversammlung tritt alle 5 Jahre zu einer ordentlichen Sitzung zusammen; außerordentliche Sitzungen können nach den Bestimmungen der Satzungen in bestimmten Fällen einberufen werden.

In der Hauptversammlung sind die Mitgliederverwaltungen je nach der Kilometerzahl der im Betrieb befindlichen Strecken mit verschiedener Stimmenzahl vertreten. Die Staffelung der Stimmenzahl ergibt z. B. für Verwaltungen bis zu 1000 km eine Stimme, für 1001—3000 km zwei Stimmen, für die Deutsche Reichsbahn mit 52378 km 13 Stimmen.

Die Abstimmungen der Hauptversammlung gelten nur in den in den Satzungen und Dienstvorschriften des I. E. V. einschränkend aufgeführten Fällen als Beschlüsse mit verbindlicher Kraft. Als wesentlich ist hierbei hervorzuheben, daß die beteiligten Verwaltungen die Genehmigung ihrer Aufsichtsbehörden oder der Regierungsbehörden ihres Landes sich vorbehalten müssen. Kann eine der beteiligten Verwaltungen einen Beschluss nicht beachten, so ist er auch für die übrigen nicht bindend. Die Beschlüsse müssen mit einer Mehrheit von mindestens  $\frac{4}{5}$  sämtlicher bei der Beratung tretender Stimmen gefasst werden und es darf später nicht von  $\frac{1}{10}$  sämtlicher, im I. E. V. tretender Stimmen dagegen Einspruch erhoben werden.

Die Satzungen enthalten noch verschiedene Bestimmungen veraltungstechnischer Art, über Austritt, Schiedsgericht usw., sowie eine besondere Geschäftsordnung für die Ausschüsse.

Ferner wurde am 9. Dezember 1923 in Genf ein Übereinkommen über die internationale Rechtsordnung der Eisenbahnen (abgekürzt J. R. E.) abgeschlossen. Deutschland war hierzu durch Artikel 379 des Vertrags von Versailles verpflichtet. Die J. R. E. enthält in technischer Beziehung in der Form der Empfehlung für den Abschluss von Sonderübereinkommen eine gedrängte Wiedergabe der bei den europäischen Eisenbahnen bereits durchgeführten Grundsätze über die Aushilfe mit leeren Wagen, über die Erleichterung des Wagenaustausches und die gegenseitige Wagenbenutzung, über die technische Einheit im Eisenbahnwesen, über Aushilfe mit Zuförderungsmaterial usw. Über die Benutzung und den Umlauf der Privatwagen sollen ebenfalls Sonderübereinkommen abgeschlossen werden. Wenn auch somit nennenswerte neue Bindungen der Deutschen Reichsbahn in dem Abkommen nicht enthalten sind, so kann immerhin die J. R. E. als erster Versuch einer Festlegung des internationalen Eisenbahnrechts eine gewisse Bedeutung erlangen.

Pfl.

## Bahn-Unterbau, Brücken und Tunnel; Oberbau.

### Über die Ursachen der vorzeitigen Zerstörung von Rippenschwellen.

(Stahl und Eisen 1924, Heft 7; von Dr. Ing. R. Kühnel und Dr. W. Marzahn.)

Einzelne eiserne Schwellen, besonders in der Form der Rippenschwellen, haben mitunter eine überraschend kurze Lebensdauer. Es zeigen sich starke Anrostungen und Rißbildungen namentlich unter der Schienenaufgabe. Vielfach sind die Schwellen an dieser Stelle gebrochen. Parallel zur Schwellenachse auf den der Fahrtrichtung zugewandten Schenkeln liegt meist ein Längsriß mit seitlich verlaufenden Querrissen. Ferner treten unabhängig von diesen Längsrissen strahlenförmig verlaufende Risse im Hakenloch auf. In einem Sonderfall sind die Schwellenenden durch herausfallende Kalisalze aus den Wagen der rangierenden Kalizüge fast völlig zerstört. Zur Aufklärung des vorzeitigen Verschleißes der Rippenschwellen wurden Untersuchungen in verschiedenen staatlichen und privaten Versuchsanstalten ausgeführt und zwar mit folgendem Ergebnis.

Die chemische Untersuchung der Schwellen wie des Rostes gab keinen Anhalt zur Aufklärung der starken Rosterscheinungen. Auch durch die Untersuchung der Luft und des Niederschlagwassers an Orten stärkster Rosterscheinungen konnten schädliche Mengen

schwefliger Säure nicht festgestellt werden. Ebenso liefs das Ergebnis der Prüfung der mechanischen Eigenschaften — Biegeprobe, Härte und Festigkeit — sowie die Gefügeprüfung keine besonderen Unterschiede zwischen gerosteten und nicht gerosteten Schwellen erkennen. Auch Betriebsversuche mit Schwellen, die bei verschiedenen Walztemperaturen ausgewalzt waren, ergaben keinen Anhalt für einen ungünstigen Einfluß der Stoffbeschaffenheit.

Die Hauptursache des Rostens bei Rippenschwellen ist auf ihre ungünstige Bauform zurückzuführen. Der schräge Schenkel hat einen verhältnismäßig schwachen Querschnitt, der durch die Rostbildung noch mehr verringert wird, bis an der Stelle der stärksten Biegebeanspruchung unter der Auflage der Schiene ein Riß auftritt, der sich in der Längsrichtung unter Bildung von seitlich einspringenden Querrissen bald weiter fortsetzt, bis die Schwelle völlig zerstört ist. Ein Versuch, die Schwellen durch einen Teerüberzug zu schützen, hatte keinen Erfolg. Durch den Teeranstrich wurde die Lebensdauer der Schwellen den nicht geteereten gegenüber nur um 1 Jahr verlängert. Die strahlenförmig vom Hakenloch ausgehenden Risse sind auf eine Verquetschung des Gefüges beim Lochen zurückzuführen, wobei sich mikroskopisch feine Risse bilden, die sich infolge der Betriebsbeanspruchung schnell erweitern. Marzahn.

## Bahnhöfe nebst Ausstattung, Lokomotivbehandlungsanlagen.

### Vorrichtung zum Entladen von Güterwagen.

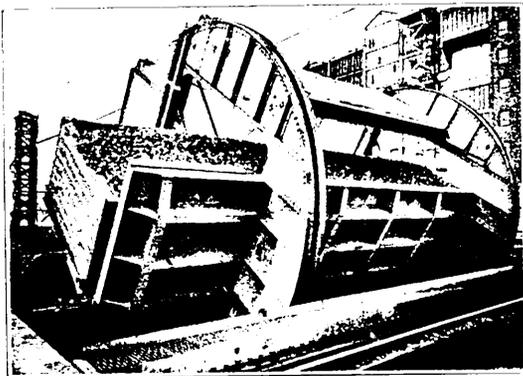
(Railway Age 1924, 1. Halbj. Nr. 8.)

Beim Kraftwerk St. Louis der United Electric Light and Power Company St. Louis wurde durch die Link-Belt Company, Chicago, eine Anlage zum Entleeren von Kohlenwagen eingerichtet, die nach den Angaben der Quelle auch für andere Güter zweckmäßig wäre und die sich schon bei der geringen Zahl von etwa 8 Wagen (von je 50 t) täglich als wirtschaftlich erweist, obwohl sie bei dieser geringen Inanspruchnahme täglich nur einige Minuten in Betrieb ist. Ein 50 t-Kohlenwagen wird in einer Minute zehn Sekunden entleert, wobei nur ein Mann zur Bedienung des Motors erforderlich ist.

Die Vorrichtung (Textabb. 1 und 2) besteht aus zwei getrennten Teilen, nämlich einerseits aus den zwei Rollringen von 7,315 m Durchmesser und andererseits aus der Bühne, die den Wagen aufnimmt. Diese Bühne stützt sich mit Hilfe von vier auf ihrer Unter-

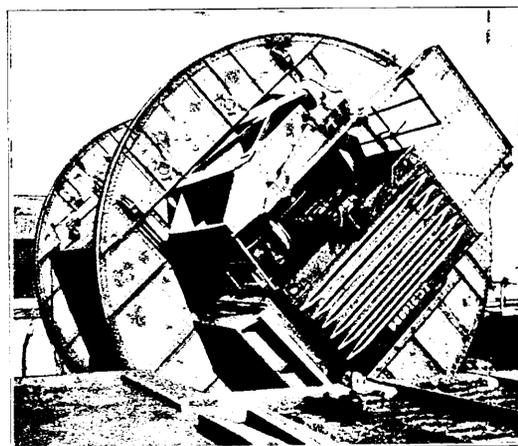
so lange stillsteht, bis die Seitenträger der Rollringe sich an die eine Längsseitenwand des Wagens angelegt haben. Von da an nimmt die Bühne samt Wagen an der Drehung der beiden Rollringe teil, bis das Ladegut über die eine Längswand des Wagens entleert ist. Bei der darauffolgenden Rückwärtsdrehung der Rollringe samt Bühne und Wagen gelangen kurz vor Abschluß der Drehung die beiden hakenförmigen Anschläge wieder in Eingriff mit den an den Fundamenten angebrachten Rollen, wodurch die Bühne wieder in ihrer Ausgangsstellung festgehalten wird, während die Rollringe im letzten Teil ihrer Bewegung sich wieder von der Seitenwand des Wagens soweit entfernen, daß genügend Spielraum zum Ausbringen des leeren Wagens und Einbringen eines anderen vorhanden ist.

Abb. 1. Entladen von Güterwagen: Beginn der Drehbewegung.



seite angebrachten keilförmigen Gufsstücken auf vier innerhalb der Rollringe befindliche Rollen auf. Infolge der Neigung der keilförmigen Auflager würde die Plattform mit dem Wagen unter Drehung der Rollen seitlich ausweichen, bis der Wagenkasten an dem als Träger ausgebildeten Seitenteil des Rollringes anliegt, wenn dies nicht im Ruhezustand durch zwei hakenförmige Gufsstücke verhindert würde, die an beiden Enden der Bühne angebracht sind und mit Rollen am Fundament in Eingriff stehen. Diese Anordnung hat zur Folge, daß bei beginnender Drehung der Rollringe zunächst eine kleine Seitenverschiebung der Rollringe eintritt, wobei die Bühne mit Wagen

Abb. 2. Entladen von Güterwagen: Ausschüttstellung.



Die Entladung des Wagens erfolgt auf diese Weise völlig selbsttätig, abgesehen vom Ein- und Ausschalten des Antriebmotors. Der Wagen legt sich selbsttätig an die Seitenträger der Rollringe an, wird selbsttätig am oberen Rande festgeklammert, entleert und wieder freigegeben, wobei alle Hilfsbewegungen nur von der Drehbewegung der Rollringe abhängig sind. Fehler in der Bedienung sind daher nicht möglich.

Besondere Sorgfalt wurde der Anordnung der Gegengewichte gewidmet, um möglichst geringen Kraftbedarf zu erreichen. Ein 35 PS-Motor hat sich als völlig ausreichend erwiesen. Pfl.

## Werkstätten, Stoffwesen.

### Die Wagenwerkstätte der Londoner Untergrundbahnen in Acton.

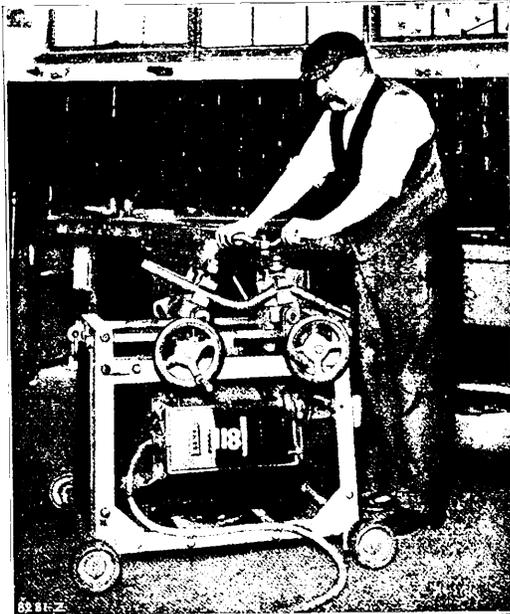
(Engineering 1924, 117. Band, Nr. 3033.)

Mit Abb. 15 und 16 auf Tafel 7.

Die neuen Werkstätten der Londoner Untergrundbahnen zu Acton sind für die größeren Ausbesserungen an den Fahrzeugen sämtlicher Londoner Untergrund- und Röhrenbahnen bestimmt, wenngleich sie gegenwärtig nur für einen Teil von ihnen arbeiten. Das Gelände umfaßt etwa 12 ha, wovon im Endzustand 4 ha überbaut sein werden. Man war bestrebt, in dieser Werkstätte die gleiche Arbeitseinteilung zur Anwendung zu bringen wie im benachbarten Omnibus-Werk in Chiswick Park, die auf einem planmäßigen Lauf der Fahrzeuge und Arbeitsstücke durch die Werkstätte beruht.

Die Wagenkasten werden mit zwei Laufkränen, deren Fahrbahnen quer zum Gleise liegen, über einer der beiden „Abbaugruben“ von den Drehgestellen abgehoben, sodann auf besonderen Fahrgeleisen über eine Schiebebühne zu einem der drei Ausbesserungsgleise (zwei für Triebwagen, eins für Anhängewagen) geschoben, auf dem sie dem Arbeitsfortschritt entsprechend vorwärts wandern; schließlich werden sie auf zwei „Zusammenbaugruben“ mit den inzwischen auf besonderen Ständen fertiggestellten Drehgestellen wieder vereinigt. Die Triebwagen sind durchschnittlich acht, die Anhängewagen fünf Tage in der Werkstätte; der wöchentliche Auslauf ist 20 Wagen. Den Grundriss der Halle zeigt Abb. 15 auf Taf. 7. Jeder der beiden 15 t-Kranen zum Heben der Wagen trägt an zwei losen Rollen einen Querbalken; die an dessen Enden hängenden langen Haken greifen unter die Langträger der Wagen, um die wegen der vorstehenden Bremshebel nicht verwendbaren Querträger

Abb. 1. Rohrbiegemaschine.



zu vermeiden. Die noch am Querbalken angebrachten kurzen Haken dienen für das Heben von Drehgestellen und sonstigen Lasten. Alle kleinen Teile werden auf Gestelle gelegt, welche von leicht lenkbaren Rollwagen mit elektrischem Speicherbetrieb aufgenommen und zu den Teilwerkstätten gebracht werden.

Auf jedem Ausbesserungsgleis haben sieben Wagen Platz. Die hier vorzunehmenden Arbeiten sind in vier Abschnitte eingeteilt: Bei Triebwagen wird im ersten die Hochspannungsprüfung der elektrischen Einrichtungen und der Ausbau der Anlasser und Luftverdichter vorgenommen; im zweiten werden die bei der Hochspannungsprüfung festgestellten Fehler behoben und die am Wagen bleibenden elektrischen Ausrüstungen instand gesetzt. Im dritten werden die ausgebauten Teile wieder angebracht, während im vierten der Wagen abgenommen und die Isolation geprüft wird. Die Arbeiten am Wagenkasten und an der übrigen Ausrüstung halten damit gleichen Schritt.

Die Drehgestellhalle enthält 35 Stände für die Rahmenarbeit und sechs für das Einbringen der Räder, Motoren usw. Die

wichtigsten Teilwerkstätten sind die Motorwerkstätte, die Ankerwerkstätte, die Abteilung für Luftverdichter und Bremsen. Die Räderwerkstätte bildet einen größeren, in sich abgeschlossenen Teil der Anlage.

Größere Guß- und Schmiedestücke werden in Acton nicht hergestellt, auch die leichteren Stücke werden zum großen Teil roh oder bearbeitet bezogen. Infolge der immer weiter fortschreitenden Normung nimmt die Zahl der vorrätig zu haltenden Ersatzteile mehr und mehr ab. Die Anordnung der Lagerräume ist aus dem Grundriss zu ersehen. Außer den geschlossenen Lagerräumen ist noch ein Lagerplatz im Freien vorhanden, der von einem Laufkran mit 3 t Tragfähigkeit bestrichen wird und zur Lagerung von schweren Teilen, Radreifen, Achsen und Radsätzen dient.

Unter den Einrichtungen der einzelnen Werkstätten sind eine Reihe bemerkenswerter Neuerungen. In der Drehgestellausbesserung werden elektrische Nietehitzer wegen ihrer steten Betriebsbereitschaft, einfachen Bedienungsweise und großen Wirtschaftlichkeit bei nur zeitweisem Nieten, sowie wegen des lästigen Rauches und Schmutzes der Nietfeuer verwendet. Von besonderem Interesse ist eine Rohrbiegemaschine mit elektrischer Anwärmer der Rohre (Textabb. 1). Die Einspannbacken sind in der Entfernung verstellbar und drehen sich um eine senkrechte und um eine wagrechte Achse, so daß die Maschine für die verschiedensten Biegungen verwendbar ist. Außerdem dient sie auch zum Aufweiten der Rohrenden; hierzu wird in das eine Backenpaar ein kegelförmiger Kupferbolzen gespannt und gegen das im andern Backenpaar festgehaltene Rohrende geprefst. Diese Vorrichtung hat sich sehr bewährt und vermeidet bei steter Betriebsbereitschaft die Zeitverluste beim Anwärmen im Feuer.

Abb. 2. Schmelzofen.



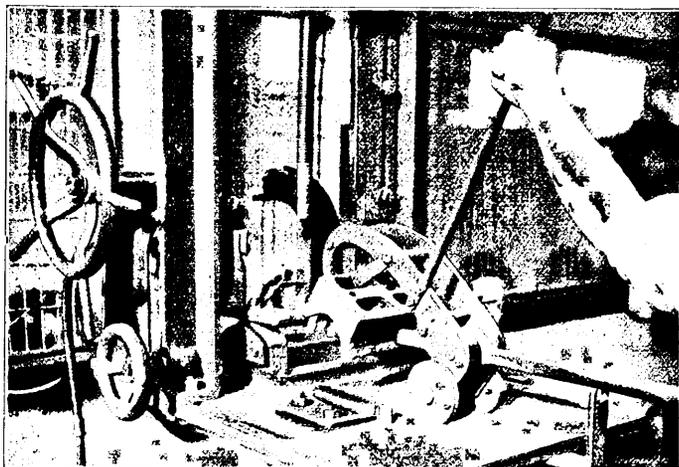
Die Anker der Motoren werden mit einem Drehkran von 3 t Tragfähigkeit aus den Gehäusen gehoben und kommen dann in einen geschlossenen Reinigungsbehälter. Die Welle wird dabei auf Lager gelegt, so daß der Anker in langsame Umdrehung gesetzt werden kann. Im Innern ist eine Reihe von Puffluftmündungen an beweglichen Armen zum Ausblasen der Wicklung angebracht; der Staub wird am Boden des Kastens abgesaugt und in einem Wasserfilter niedergeschlagen. Eine gleiche Vorrichtung ist für die Reinigung der Motorgehäuse in Aussicht genommen.

Beachtenswert sind auch die Einrichtungen für das Lagerausgießen; die Anlage stammt von der Monometer Manufacturing Company und besteht aus einem Ausschmelzofen, einem Metallschmelzofen mit selbsttätigem Temperaturregler und einer Prefschießvorrichtung. Ersterer nimmt 14 Lagerschalen auf, die auf einer endlosen Kette durch den Ofen wandern, wobei das ausgeschmolzene Metall in einer Mulde aufgefangen wird (Textabb. 2). Die aus dem Ausschmelzofen herauskommenden Schalen werden sofort zur Prefschießmaschine gebracht, mit der aus Textabb. 3 zu ersehenden Einspannvorrichtung in die Gießform geschoben und durch die senkrechte Schraubenspindel darauf festgespannt. Mit dem kleinen Handrad zur Linken wird das seitliche Abschlußstück angedrückt, das große Sternrad setzt den Stempel der Gießeinrichtung in

Tätigkeit, der das geschmolzene Metall aus dem Tiegel in die Form preßt. Die Temperatur des Tiegelinhalts wird durch die Regelung nach der Bauart „Monometer“ stets gleichmäßig auf 360° gehalten; es wird hierdurch die Überhitzung des Lagermetalls vermieden und eine Gasersparnis erreicht, während die Anwendung des Pressverfahrens einen dichteren Guß ergibt, wovon man sich eine längere Lebensdauer des Lagerausgusses verspricht. Der „Monometer“-Regler ist oberhalb des Ofens in die Gaszuleitung eingeschaltet und wirkt durch ein in den Ofen hineinragendes Dehnungsrohr mit Übersetzung auf ein Scheibenventil in der Gasleitung, das durch eine Mikrometerschraube auf eine bestimmte durchzulassende Gasmenge eingestellt werden kann.

Zum Schlusse ist die Räderwerkstätte ausführlich beschrieben. Die zwei Wagenratsdrehbänke, deren Leistung allerdings nicht angeführt ist, werden von je einem 50 PS-Motor angetrieben. Zum Ein- und Ausheben der Radreifen an den Wagrechtbohrwerken sind kleine, mit Preßluft betriebene Drehkräne angeordnet, je einer für zwei Maschinen. Die Bohrwerke sind so ausgebildet, daß keine Maschinenteile, wie Quer- und Stahlhalterschlitzen dem Einbringen der Reifen von oben im Wege sind. Zum Anwärmen der Radreifen dienen zwei, ursprünglich tragbare elektrische Erhitzer der Oerlikon-Bauart, die durch Ummauerung zum Zwecke der Erhaltung der erzeugten Hitze ortsfest gemacht wurden. Sie bestehen aus Transformatoren mit zwei senkrechten Schenkeln, von denen der eine die Primärwicklung trägt; über den zweiten wird der Reifen gelegt, wozu das obere Joch des Transformators abgeschraubt, ausgeschwenkt und dann zum Zwecke guten Kraftlinienschlusses mit Schrauben und Handkurbeln wieder fest auf die Schenkel gepreßt

Abb. 3. Preßgießmaschine.



werden kann. Die Reifen werden bei einer Transformatorleistung von 60 KVA in 17 bis 18 Minuten auf 200° angewärmt. Bttgr.

#### Neue Werkstätte für Mallet-Lokomotiven bei der Western-Maryland-Eisenbahn.

Railway Age 1923. 1. Halbj. Nr. 29 vom 23. Juni Seite 1511.  
(Mit Abb. 17 auf Tafel 7.)

Die Western Maryland-Eisenbahn hat kürzlich in Port Covington bei Baltimore eine neue Werkstätte errichtet, die hauptsächlich zur

Ausbesserung von schweren Mallet-Lokomotiven bestimmt ist. Diese Bahn besitzt gegenwärtig 25 Lokomotiven des Bauart 1 D + D1 mit einer Zugkraft von etwa 45000 kg (Verbundwirkung) bis 55000 kg (einfache Dampfdehnung). Jede Lokomotive wird in der Regel einmal im Jahre der Werkstätte zugeführt, sodaß zwei Ausbesserungsgleise nahezu ausreichend gewesen wären; es sind jedoch drei Gleise vorgesehen.

Die neue Werkstätte schließt sich an die bereits vorhandenen Maschinenhausanlagen der Bahn in Port Covington an; sie wird von der gleichen Drehscheibe bedient. Das Gebäude bedeckt eine Grundfläche von 30,5 × 91,5 m und bildet eine große 13,7 m hohe Halle. Ein seitlicher Anbau auf etwa  $\frac{3}{4}$  der Länge enthält verschiedene Nebenräume. Die Seitenwände bestehen fast ganz aus Eisen und Glas auf einem Sockel aus Beton. Das Gerippe der Seitenwände wird aus eisernen Säulen von 13,7 m Höhe in Abständen von 6,10 m gebildet. Diese Säulen tragen das Dachgerüst von 30,5 m Spannweite und die Fahrschienen für einen Laufkran von 15 t Tragfähigkeit, der die ganze Länge des Gebäudes bestreichen kann. Das Gebäude ist mit Bohlen abgedeckt, die mit geteilter Dachpappe und Kies belegt sind.

Durch die weitgehende Verwendung von Glas, das nur an wenigen Stellen in den Stirn- und Seitenwänden durch Wellblech ersetzt ist, ist eine gute Tagesbeleuchtung gesichert. Für ausreichende künstliche Beleuchtung teils durch hochkerzige Deckenlampen mit Blenden, teils durch gewöhnliche Glühlampen ist gesorgt.

Die drei Ausbesserungsgleise mit Arbeitsgruben erstrecken sich nur etwa bis in die Mitte der Halle. Sie sind durch drei Quergräben unter sich verbunden, die zur Aufnahme von Achswinden von 30 t Tragkraft für Preßluftbetrieb dienen. Die Arbeitsgruben sind mit Anschlüssen für Wasser, Preßluft, Gas und elektrischen Strom ausgerüstet. Gas dient zum Erwärmen der Niete. Die Arbeitsgruben sind in Eisenbeton ausgeführt. Der Fußboden in diesem Teile der Halle besteht aus 20 cm starkem Beton.

Der Raum bei den Werkzeugmaschinen ist mit 10 cm starken Eichenholzdiele belegt. Der gegenwärtige Stand an Arbeitsmaschinen ist aus der Grundrißskizze Abb. 17, Taf. 7 ersichtlich: Weiterhin werden noch eingebaut eine Schraubenschneidmaschine, eine Nutstosmaschine, eine Hobelmaschine, eine Schleifmaschine, eine Bohrmaschine, ein Hammer.

Die Maschinen sind so angeordnet, daß rückläufige Bewegungen der Arbeitsstücke möglichst vermieden werden. Alle Maschinen haben elektrischen Einzelantrieb. Es wird Wechselstrom von 25 Perioden mit 13500 V bezogen und auf 500 V niedergespannt. Ein Teil des Stromes wird durch einen rotierenden Umformer in Gleichstrom von 220 V verwandelt der zum Betrieb bestimmter Werkzeugmaschinen dient.

Auf dem Eichenbohlenbelag und auf dem Betonfußboden sind mit Farbe Lauf- oder Fahrwege bezeichnet, die zum Befahren mit einem elektrisch betriebenen Transportkarren, der mit einem Auslegerkran von 1350 kg Tragfähigkeit ausgerüstet ist, dienen. Der Fahrweg ist außerhalb der Halle bis zu einem wohlausgerüsteten Vorratslager von 11 × 30,5 m Fläche weitergeführt.

Die Heizung der Halle ist nach dem Dampf-Luftsystem eingerichtet. Vier Dampfheizöfen dienen zur Erwärmung der Luft, die durch Ventilatoren zwischen Heizschlangen hindurch vom oberen Ausblasrohr quer durch den Werkstättenraum geblasen wird. Pfl.

## Lokomotiven und Wagen.

### Diesel-elektrische Triebwagen Bauart Polar-Deva in Schweden.

Aus den Ergebnissen einer Studienreise des Betriebschefs der französischen Süd-Westbahnen, Herrn Jourdin, geht hervor, daß bei den schwedischen Eisenbahnen in ziemlich erheblichem Umfange und mit gutem Erfolge Diesel-elektrische Triebwagen Bauart Polar-Deva in Verwendung stehen. In der Übersichtskarte, Abb. 1, sind die schwedischen Bahnen, die mit solchen Triebwagen bedient werden, durch starke Linien gekennzeichnet.

Die Motoren werden in der Motorbau-Werkstätte „Diesel-Polar“ der Aktiebolaget Atlas Diesel in Stockholm gebaut. Die elektrische Ausrüstung liefern die Werkstätten der Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget in Västerås.

Die Zusammensetzung der Züge ist auf den verschiedenen Bahnen je nach der Art des Verkehrs verschieden. Auf der Strecke Krylbo—Bollnäs war zur Zeit der Studienreise ein Triebwagen Polar-Deva mit 250 PS in Verwendung. Der Triebwagen mit 48,2 t Leergewicht beförderte drei Anhängewagen von zusammen 51,4 t. Das gesamte Zuggewicht, das leer 99,6 t betrug, erhöhte sich im beladenen Zustande auf 119 t. Die Studienkommission hebt den kräftigen Bau des Triebwagens und die außerordentlich einfache Bedienung hervor. Einige Sekunden nach Ingangsetzung des Motors und während der ganzen Dauer der Fahrt zeigte das Wattmeter eine, der geforderten Leistung entsprechende, gleichmäßige Belastung an, insbesondere beim Befahren von Steigungen. Ferner ergab die Vorrichtung zum

Abb. 1. Übersichtskarte der schwedischen Eisenbahnen.

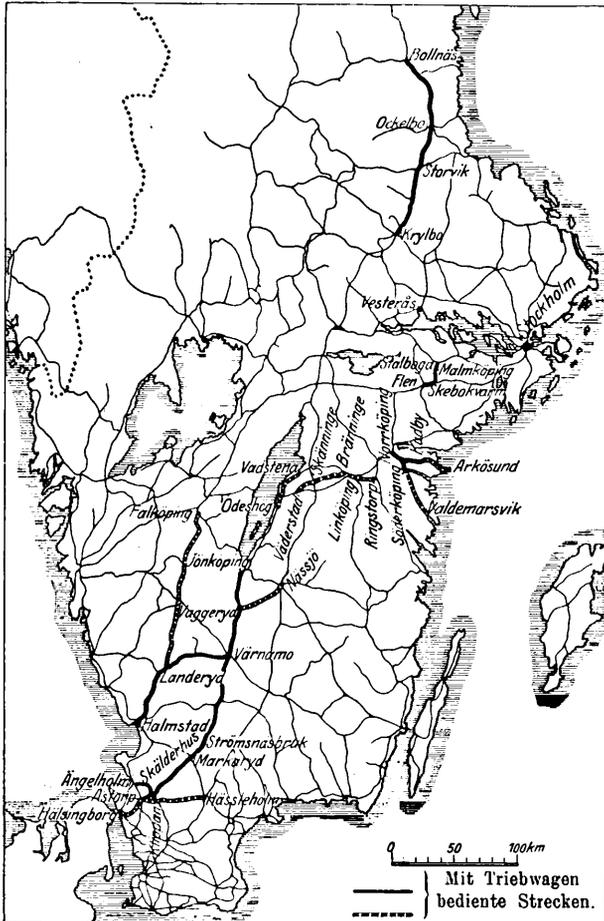


Abb. 2. 75 PS-Triebwagen Bauart Polar-Deva.

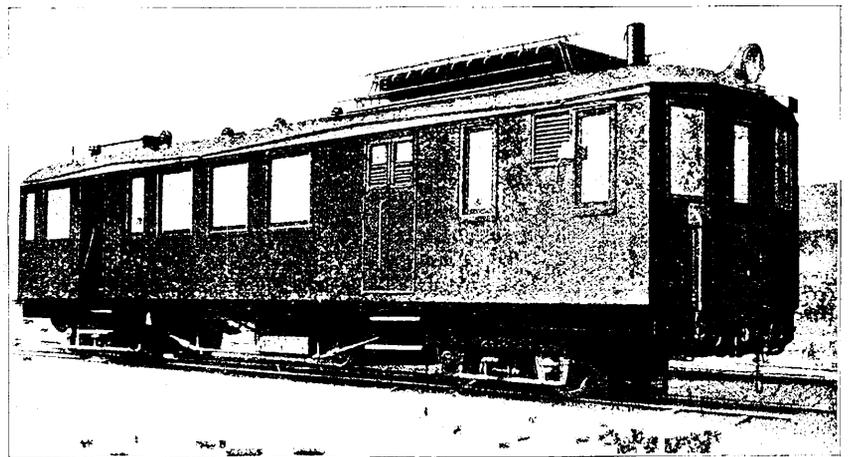
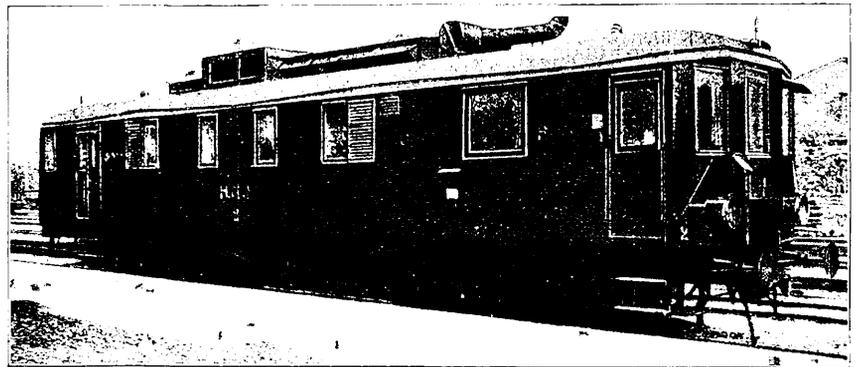


Abb. 3. 160 PS-Triebwagen Bauart Polar-Deva.



Messen der Zeitdauer des Motorlaufes, daß während der Fahrtdauer von 3 Std. 6 Min. der Motor nur 2 Std. 25 Min. gearbeitet hatte. Der Zug hatte also im Gefälle 41 Min. ohne Brennstoffverbrauch zurückgelegt.

Der Brennstoffverbrauch konnte an einem Schauglase mit Teilung beobachtet werden.

Es betrug	der Brennstoffverbrauch		
	insgesamt	für 1 Zugkm	für 1 tkm
bei der Hinfahrt Krylbo— Bollnäs (156,5 km) . .	117 l = 99,45 kg	0,635 kg	0,0053 kg
bei der Rückfahrt Bollnäs— Krylbo (156,5 km) . .	127 l = 107,95 „	0,690 „	0,0058 „

Der Mehrverbrauch auf der Rückfahrt wird auf Kürzung der Fahrzeiten zur Beseitigung einer durch Zugkreuzung verursachten Verspätung zurückgeführt.

Dieser Triebwagen stand seit drei Monaten im Dienst, bei einer täglichen Leistung von 352 km und einer Leistung von etwa 50 000 km seit Indienststellung.

Auf anderen Strecken sind Diesel-elektrische Triebwagen mit 75 PS und solche mit 120 und 160 PS-Motoren in Verwendung. Der 75 PS-Triebwagen auf der Strecke Mellersta-Södermanland (23,4 km) ist in Textabb. 2 dargestellt.

Er steht seit 1913 im Dienst. Die Raumeinteilung zeigt je ein Führerabteil an jedem Ende, einen Maschinenraum, einen Fahrgastraum mit 14 Plätzen zweiter Klasse, einen Fahrgastraum mit 29 Plätzen dritter Klasse, ein Postabteil und ein Gepäckabteil. Sein Dienstgewicht ist 29,3 t einschliesslich Brennstoffvorrat und Kühlwasser. Von 1913 bis 1922 hat der Wagen 404 375 km zurückgelegt. Die mittlere Geschwindigkeit ist 38 km/Std., das durchschnittliche Zuggewicht 35 t, im Höchstfall 55 t, der Brennstoffverbrauch auf 1 Zugkm im Durchschnitt 0,369 kg. Seit Indienststellung wurde der Wagen einer fünfmaligen Untersuchung unterzogen. Der Zeitaufwand für Untersuchungen und Ausbesserungen wird mit 30 Tagen im Jahr

angenommen. Zum Nachweis über den günstigen Einfluß des Triebwagendienstes auf dieser Strecke im Vergleich zum früheren Dampfbetrieb (1912) wird nachstehende Übersicht aufgeführt:

In schwedischen Kronen	Dampf-betrieb	Betrieb mit Diesel-elektrischen Triebwagen								
		1912	1913	1914	1915	1916	1917	1918	1919	1920
		Kr	Kr	Kr	Kr	Kr	Kr	Kr	Kr	Kr
Einnahme für 1 km Bahnstrecke pro Tag . . . . .	10,31	10,02	12,00	15,19	17,36	22,90	38,62	38,25	45,31	
Einnahmen auf 1 Zugkm . . . . .	1,87	1,58	1,51	1,75	1,92	3,27	7,22	5,74	4,85	
Ausgaben auf 1 Zugkm . . . . .	1,56	1,33	1,22	1,24	1,59	2,40	4,60	3,72	2,83	
Verhältnis Ausgaben auf 1 Zugkm	83 %	84 %	81 %	71 %	83 %	73 %	64 %	65 %	58 %	
Einnahmen auf 1 Zugkm										

Auf der Strecke Halmstad—Nassjö sind aufser einem 75 PS-Triebwagen noch zwei Triebwagen nach Textabbildung 3 mit 160 PS-Motoren bei einem Dienstgewicht von 37,5 t in Verwendung.

Die von der Studienkommission besuchten sieben Bahnlinien umfassen ein Netz von 913 km Länge, das mit sechs Triebwagen von 75 PS (darunter zwei für Schmalspur 0,891 m), drei Triebwagen von 120 PS, drei Wagen von 160 PS und zwei Wagen von 250 PS bedient wird. Der Brennstoffverbrauch der 120 PS-Wagen wird mit 0,45 bis 0,50 kg, jener der 160 PS-Wagen mit 0,608 kg für ein Zugkilometer angegeben.

Der Bericht der Kommission führt noch weitere Einzelheiten über die einzelnen bereisten Strecken an und kommt zu dem Ergebnis, daß der in Schweden verwendete Diesel-elektrische Triebwagen sich insbesondere zur Verwendung auf Strecken mit schwachem und mittlerem Verkehr vorzüglich eignet, zu Störungen keinen Anlaß gibt und durch Belebung des Verkehrs bei Ermäßigung der Betriebskosten wirtschaftliche Vorteile im Vergleich mit Dampfbetrieb bietet. Pfl.

## V e r s c h i e d e n e s .

### Welt-Kraft-Konferenz.

Die „Erste Welt-Kraft-Konferenz“ findet von Montag, 30. Juni, bis Sonnabend, 12. Juli 1924, in London-Wembley im Rahmen der British Empire Exhibition statt.

Der Konferenzgedanke entstand aus dem Zusammenwirken mehrerer führenden Körperschaften Englands, unter denen besonders die British Electrical and Allied Manufacturers Association zu erwähnen ist. Das Programm der Welt-Kraft-Konferenz gruppiert alle Kraftzeugungsfragen um die Kernfrage der Elektrizitätserzeugung; es gliedert sich in fünf große Gruppen:

I. Kraftquellen. II. Kraftzeugung. III. Kraftübertragung und -verteilung. IV. Kraftverwendung. V. Allgemeines.

Diese großen Gruppen sind wiederum wie folgt unterteilt:

I. Kraftquellen. A) Übersicht über die Kraftquellen in den einzelnen Ländern.

II. Kraftzeugung. B) Wasserkraft. C) Brennstoffe und Brennstoffaufbereitung (Destillation der Kohle bei hoher und niedriger Temperatur — Kohlenstaub — Ölschiefer — Ölraffination — Braunkohle — Torf — sonstige Feuerungstoffe). D) Dampfkraftzeugung: 1. Dampferzeugung; 2. Dampfverwendung. E) Verbrennungskraftmaschinen. F) Kraft aus anderen Kraftquellen (Wind, Sonne, Gezeiten u. a.)

III. Kraftübertragung und -verteilung. G) 1. Wechselstrom-Übertragung und Verteilung (Wechselstrom-Generatoren, Motoren, Transformatoren und Schalteinrichtungen); Großkraftwerke, Fernleitungen; Leitungsnetze; Normung der Spannungen und der Frequenzen; unterirdische Hochspannungskabel; Unterseekabel für Kraftübertragung. 2. Erzeugung, Fernleitung und Verteilung hochgespannten Gleichstroms. 3. Niederspannungsverteilung und -speicherung. 4. Kraftgasfernleitung. 5. Mechanische Kraftübertragung.

IV. Kraftverwendung. H) Industrie, Haushalt und Landwirtschaft, I) Elektrochemie und Elektrometallurgie, K) Verkehrswesen, L) Lichterzeugung.

V. Allgemeines. Dieser Abschnitt umfaßt solche Gebiete, die für die Konferenz von besonderem Interesse sind, jedoch nicht unter die vorgenannten Sondergruppen fallen. M) Fragen wirtschaftlicher, finanzieller und rechtlicher Natur mit Bezug auf Kraftwerke. N) Allgemeines (Forschungswesen — Nationale und Internationale Normung — Erziehung des Handwerks, des Ingenieurs und des Kaufmanns — Arbeitshygiene und Psychologie — Pressewesen — Nationale Sonderheiten — Internationale Zusammenarbeit). Schließlich ist zu erwähnen eine im Programm vorgesehene Erörterung über die Bildung einer ständigen Organisation für die in die Konferenz einbezogenen Gebiete.

Zu den Unterabschnitten A bis N werden von jeder an der Konferenz teilnehmenden Nation aus den für sie bemerkenswertesten Gebieten Berichte geliefert, die in Englisch oder Französisch, den beiden offiziellen Verhandlungssprachen, vorgelegt werden müssen. Während der Konferenz werden diese Berichte vorgetragen und diskutiert; für die Diskussion im Anschluß an die Vorträge sind auch andere Sprachen zugelassen und Dolmetscher bereit.

Es liegt bisher schon eine hohe Zahl von Beiträgen aus den verschiedensten Ländern vor; besonders stark ist England mit seinen Kolonien vertreten und auch die Vereinigten Staaten von Nordamerika erscheinen mit besonders zahlreichen Beiträgen. Jedes beteiligte Land hat einen Nationalen Ausschuss für die Vorbereitungen zur Konferenz gebildet.

Deutschland ist ebenfalls in aller Form zur Teilnahme an diesem Internationalen Kongress eingeladen worden. Es fällt der Technik damit die Aufgabe zu, die abgerissenen Fäden erstmals in solchem Umfang wieder zu knüpfen. Da es sich um eine technisch-wissenschaftliche Frage handelt, hat die Reichsregierung deren weitere Behandlung dem Deutschen Verband technisch-wissenschaftlicher Vereine übertragen, dessen Vorsitzender zugleich zum Vorsitzenden des Deutschen Nationalen Komitees gewählt wurde. Trotz der sehr knappen verfügbaren Zeit (der Sondertermin für Deutschland ist am 1. April bereits abgelaufen) ist doch eine der deutschen Technik würdige Vertretung sichergestellt.

Die gesamten der Konferenz eingereichten Beiträge werden, von der Konferenzleitung voraussichtlich ergänzt durch das Ergebnis

der Aussprache, Ende des Jahres in mehreren Sammelbänden in englischer bzw. französischer Sprache (je nachdem sie eingereicht sind) herausgegeben und im Buchhandel zum Preise von etwa 150 M. erhältlich sein.

### Eisenbahntechnische Tagung in Berlin vom 22. bis 27. September 1924.

Der Verein Deutscher Ingenieure hat in enger Verbindung mit der Deutschen Reichsbahn eine eisenbahntechnische Tagung in Berlin für die Zeit vom 22. bis 27. September 1924 anberaumt, die der wissenschaftlichen Erörterung und der Darstellung der wichtigsten Probleme des neuzeitlichen Eisenbahnwesens, seines neuesten Standes und seiner Weiterentwicklung unter besonderer Hervorhebung der Wirtschaftlichkeit dienen soll.

Die Fragen des Großgüterverkehrs und ihre Einwirkungen auf die verschiedenen Gebiete des Eisenbahnwesens, des Lokomotiv- und Wagenbaues, der Nutzbarmachung der Elektrizität usw. werden einer eingehenden Erörterung unterzogen. Ferner wird die wirtschaftliche Herstellung und Instandhaltung der Eisenbahn-Fahrzeuge behandelt werden. Besondere Berücksichtigung wird der Vorschubdienst und das Signalwesen finden.

Mit der Tagung sind Vorträge namhafter Fachmänner des In- und Auslandes, Versuchsfahrten, Filmvorführungen, Besichtigungen, sowie zwei Ausstellungen verbunden. Die Vorträge bezwecken die Darlegung des in die Zukunft weisenden Entwicklungsganges, wobei alles bereits Vorhandene und geschichtlich Gewordene als bekannt vorauszusetzen ist.

Im Ausstellungspark in Seddin (an der Strecke Berlin—Belzig) wird eine Vorführung von Beispielen neuester Bauausführungen stattfinden, insbesondere von Lokomotiven (Diesel-, Turbo-Lokomotiven, Lokomotiven mit Dampfkondensation) und Wagen aller Art (Großgüterwagen, Schnellentlader, Triebwagen und Personenzüge neuester Bauart, Sonderwagen für den inneren Dienst der Reichsbahn, wie Gießereiversuchs-, Unterrichts-, Lokomotivfahrs-, Bremsversuchs- und Tunneluntersuchungswagen), die an einzelnen Tagen im Betrieb vorgeführt werden. Ebenso werden dort sonstige Gegenstände größeren Umfanges, die dem Eisenbahnwesen dienen, zur Ausstellung gelangen.

Getrennt davon wird eine Ausstellung erstklassiger Entwürfe und Modelle im Lichthof der Technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg stattfinden, die geeignet sind, eine beachtliche Steigerung der Wirtschaftlichkeit auf den verschiedenen Gebieten des Eisenbahnwesens herbeizuführen, auch wenn sie noch nicht zur Ausführung gelangen können. Der Besuch des Berliner Verkehrs- und Baumuseums bietet eine Fülle bemerkenswerten Materials aus der Entwicklungsgeschichte des deutschen Eisenbahnwesens bis zur Neuzeit und wird den Teilnehmern der Tagung warm empfohlen.

Ein besonderer Tag ist vorgesehen für die Besichtigung von Berliner Firmen, deren Erzeugnisse für das Eisenbahnwesen vornehmlich in Betracht kommen. Im Anschluß an die Tagung finden des weiteren Besichtigungen von Anlagen und Werken im Reiche statt.

Während der Tagungen wird Gelegenheit geboten, im Anschluß an den Besuch der Modellausstellung neue Filme aus dem Eisenbahnwesen, sowie Industriefilme kennen zu lernen.

### Zugzusammenstoß bei Bellinzona.

Am Mittwoch, den 23. April d. J., morgens 2<sup>30</sup> Uhr, ereignete sich in der Station Bellinzona der Schweizerischen Bundesbahnen bei der Einfahrtweiche von Norden her (km. 149<sup>3</sup>) in den Rangierbahnhof San Paolo (1,6 km nördlich der Stationsmitte Bellinzona) ein Zusammenstoß zweier Schnellzüge, dem ungefähr 15 Menschenleben zum Opfer fielen. Die unmittelbare Ursache des Unglücks war das Überfahren eines geschlossenen Einfahrtsignales durch den von Norden kommenden Zug Nr. 70, der dann durch die für einen von ihm überholten Güterzug auf Ablenkung gestellte Weiche nach dem Rangierbahnhof abgelenkt wurde. Dabei stieß er auf der schienengleichen Kreuzung mit dem feindlichen Hauptgleise mit dem von Süden (mit etwa einstündiger Verspätung) im gleichen Augenblick dort eintreffenden Schnellzug Nr. 51b zusammen; durch den Gasbrand eines Personenzugens wurden die Folgen der Kollision noch verschlimmert. — Die Ursache dieses größten Unfalls, der die S. B. B. seit ihrem Bestehen betroffen hat, liegt in einer unglücklichen Verkettung einer Mehrzahl von Einzelumständen, bei denen erschwerend in Betracht fällt, daß infolge Umbau des Bahnhofes Bellinzona die zwangsläufige Abhängigkeit der nördlichen Ein- und Ausfahrtsignale von der Einfahrtweiche in den Rangierbahnhof fehlte.