

Schädlichkeit der Rangierstöße beim Stoßverfahren *).

Von Reichsbahnoberrat Dr. Ing. Gottschalk, Berlin.

(Hierzu Tafel 27 und 28.)

Jeder Betriebsfachmann hat eine mehr oder weniger scharf umrissene Vorstellung von der „Schädlichkeit der Rangierstöße“. Seine Erfahrungen, die er sich jeden Tag durch die Beobachtung des Betriebs bestätigen lassen kann, bilden die Grundlage seines Wissens um diese Dinge. Dennoch wird er gern von dem Ergebnis wissenschaftlicher Meßversuche Kenntnis nehmen, um seine Erfahrungen an Hand zahlenmäßiger Darstellungen zu überprüfen.

I. Zweck der Versuche.

Der Zweck der Versuche ist folgender:

1. Die praktischen Erfahrungen sind durch einwandfreie Meßversuche zu ergänzen.
2. Sie sollen — entsprechende Ergebnisse vorausgesetzt — die Grundlage für weitere betriebliche Anordnungen bilden.
3. Die zahlenmäßigen Ergebnisse sollen einen Vergleich gestatten über die Beanspruchung der Wagen durch die einzelnen Rangierhandlungen:
 - a) Anfahren,
 - b) Anhalten,
 - c) Auflauf auf stehende Wagen,
 - d) Hemmschubbremung,
 - e) Bremsung durch Gleisbremsen.

Die Größenordnung der Beanspruchung durch die einzelnen Rangierhandlungen zu kennen, ist praktisch von großer Bedeutung, damit nur das bekämpft wird, was wirklich schädlich ist, und das am meisten bekämpft wird, was am schädlichsten ist.

II. Schwierigkeiten des Beurteilungsmaßstabes.

Man unterscheidet:

1. Versuche ohne zahlenmäßige Bestimmung dynamischer Größen (qualitative Messungen).
2. Versuche mit zahlenmäßiger Ermittlung dynamischer Größen (quantitative Messungen).

Messungen, wie sie früher die Reichsbahndirektion Regensburg und neuerdings die Reichsbahndirektion Essen durchgeführt haben, gehören zur ersten Gruppe. Ebenso gehören dorthin die Messungen, die im laufenden Betriebe mit den Stoßmessern von Peiseler angestellt werden.

Sie gestatten zwar ein allgemeines Urteil über die Stoßbeanspruchungen — namentlich dann, wenn sie auf irgendwelche Vorgänge, z. B. auf Auflaufgeschwindigkeit geeicht sind — aber sie lassen keine einwandfreie Auswertung für die zahlenmäßige Feststellung einer dynamischen Größe zu. Sie geben weder die vernichtete Energie (in tm) noch die Stoßkraft (in t) noch die Verzögerung (in m/sec²) an.

Wir haben dagegen bei der Durchführung der uns übertragenen Aufgabe quantitative Messungen durchgeführt, weil wir die Ermittlung der zahlenmäßigen Größe der Verzögerung oder Beschleunigung des Vergleichs wegen — nicht nur der jetzigen, sondern auch aller sonstigen ähnlichen Versuche — für notwendig hielten. Die Verzögerung oder Beschleunigung ist die grundlegende dynamische Größe, aus der

man — wenn notwendig — die Stoßkraft (Kraft = Masse \times Beschleunigung) und die vernichtete Energie (Arbeit = Kraft \times Weg) berechnen kann.

Wir haben aber grundsätzlich die Auswertung nicht über die Ermittlung der Verzögerung oder Beschleunigung hinaus fortgesetzt, weil sie zu den beabsichtigten Vergleichen vollständig ausreichend sind.

Eine kleine Randbemerkung ist noch notwendig, damit die ermittelten absoluten Zahlen — aus dem Zusammenhang gerissen und einzeln verwertet — kein Unheil anrichten. Wer wissenschaftlich arbeitet, lernt bald, sich zu bescheiden. Was man ermittelt, ist immer nur ein Bruchteil der Wahrheit. In Wirklichkeit liegen die Dinge viel verwickelter; denn „die Untersuchung von Schwingungen und Stößen auf Menschen und Ladegut ist noch nicht so weit durchgebildet, daß man zweifelsfrei sagen könnte, welche dynamische Größe von ausschlaggebender Bedeutung ist“.

Es kann ein Mensch unter Umständen ganz erhebliche Beschleunigungen vertragen, ohne daß ein Gefühl des Stoßes und ein Gefühl der Unannehmlichkeit entsteht — wenn nur die Beschleunigung stetig wächst und die Lage des Menschen es gestattet, sich der Beschleunigung entgegenzustemmen.

Der plötzliche Wechsel der Beschleunigung übt also einen großen Einfluß aus. Damit kommt man zu dem Begriff „der Beschleunigung der Beschleunigung“ oder — wie man sie auch nennt — des „Ruckes“ (in einigen Veröffentlichungen auch „Annehmlichkeitsfaktor“ genannt).

Aber auch die absolute Höhe dieses „Ruckes“ ist — mathematisch gesehen — nicht ausschlaggebend; vielmehr ist auch hier wieder sein Wechsel von Bedeutung; damit kommt man zu einer weiteren „Abgeleiteten“ usw., ein Ende ist nicht abzusehen.

Die genauen Untersuchungen über den „Ruck“ und seine Abgeleiteten werden aber voraussichtlich keinen allzu großen technischen Wert erhalten, weil die Auswertungen immer schwieriger werden und die Ungenauigkeiten das zulässige Maß bald übersteigen.

Für unsere Zwecke genügt vollauf die Feststellung der größten auftretenden Verzögerung (Beschleunigung). Man muß sich bei ihrer Verwertung nur stets bewußt bleiben, daß man neben ihrer absoluten Höhe auch ihren Verlauf und ihre Dauer berücksichtigen muß.

III. Wahl des Meßapparates.

Die beste und sicherste Art des Messens wäre es, wenn man eine Vorrichtung verwenden würde, die die Beschleunigungen und Verzögerungen unmittelbar aufzeichnet.

Es kommen im wesentlichen in Frage: Pendelapparate, Piezoquarzbeschleunigungsmesser und Maximalbeschleunigungsmesser.

a) Pendelapparate.

Pendelapparate sind allgemein für Beschleunigungsmesser wenig geeignet, weil sie sich auf eine Verschiebung einer Masse aufbauen. Das gibt leicht Schwingungen, die sich überlagern, ferner Resonanzerscheinungen infolge Eigenschwingung des Massenpendels. Außerdem gibt es Verzerrungen der

*) Nach einem Vortrag auf der Betriebsleiterbesprechung in Schwerin, Mai 1934.

Schwingungsauslässe infolge der „lebendigen Kraft“, die jeweils in den schwingenden Pendeln wirksam ist. Man muß also stark dämpfen und die Schwingungsdauer gegeneinander abstimmen. Das ist aber außerordentlich schwierig und umständlich.

b) Piezoquarzbeschleunigungsmesser.

Dieser Messer gestattet Messungen ohne Verschiebung einer Masse. Die Messungen beruhen unmittelbar auf Druck. Die Beschleunigungen werden mit Hilfe des Piezoeffektes oder durch druckveränderliche Widerstände in elektrische Schwankungen umgewandelt und über eine Verstärkereinrichtung optisch registriert (Oszillograph). Solche Apparate sind sehr teuer und für unsere Zwecke zu empfindlich.

c) Maximalbeschleunigungsmesser.

Er enthält eine Masse, die durch eine Feder mit einer bestimmten Vorspannung angepreßt ist. Wenn die Erschütterung nun diese Spannung überschreitet, so klappt die Masse ab, um dann sofort wieder angepreßt zu werden. Das Abklappen wird

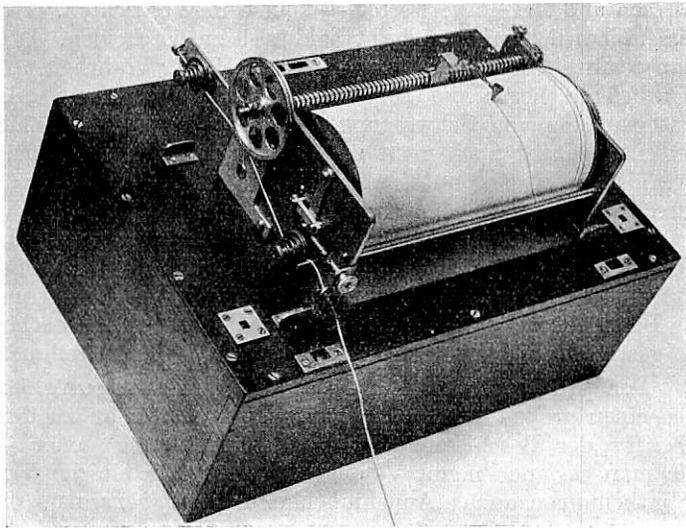


Abb. 1. Zeitwegeschreiber.

auf ein Zählwerk übertragen, das die Stöße — bis zu 70 in der Sekunde — zusammenzählt. Jeder Erschütterungsmesser ist also auf einen festen Bereich eingestellt. Will man quantitative Messungen ausführen, so muß man eine größere Zahl solcher Geräte benutzen, die auf verschiedene Bereiche geeicht sind.

Da unsere Messungen einen sehr großen Meßbereich umfassen, so hätte man eine sehr große Zahl solcher Geräte beschaffen müssen.

Außerdem haben diese Messer den Nachteil, daß man aus den Zählergebnissen keine Beschleunigungskurve entwickeln kann.

d) Der Zeitwegeschreiber (Textabb. 1 bis 3).

Zu den vorliegenden Messungen haben wir einen Zeitwegeschreiber verwendet, der in einfachster Weise eine Zeitwegelinie aufzeichnet. Er wird neben dem Fahrgleis aufgebaut.

Eine Walze, auf der ein weißes Diagrammblatt gespannt wird, dreht sich mit einer Geschwindigkeit von 10 cm/sec. Die Abmessungen der Walze sind so gewählt, daß eine Umdrehung in genau 3 Sek. vollendet ist.

Der Weg, den ein Fahrzeug zurücklegt, wird durch einen gespannten Faden, der am Achshalter angebracht ist, über ein „Transportrad“ und eine „Gewindewelle“ auf eine Schreibvorrichtung übertragen. Er wird damit parallel zur Walzachse auf das Diagrammblatt gezeichnet. Die Übersetzung ist so gewählt, daß einem Schreibweg von 10 cm ein Weg

des Fadens von 2,5 m oder — je nach Einstellung — 5,00 m, 7,50 m und 15 m entspricht.

Da die Walze 20 cm lang ist, so kann — je nach Wahl — ein Weg aufgezeichnet werden von 5,00 m, 10,00 m, 15,00 m und 30,00 m.

Das Endergebnis der Aufzeichnung ist eine Zeitwegelinie.

Diesen Messungen macht man in der Literatur häufig den Vorwurf, daß sie zu ungenau seien, weil die Beschleunigungen verhältnismäßig rasch ihre Größe ändern.

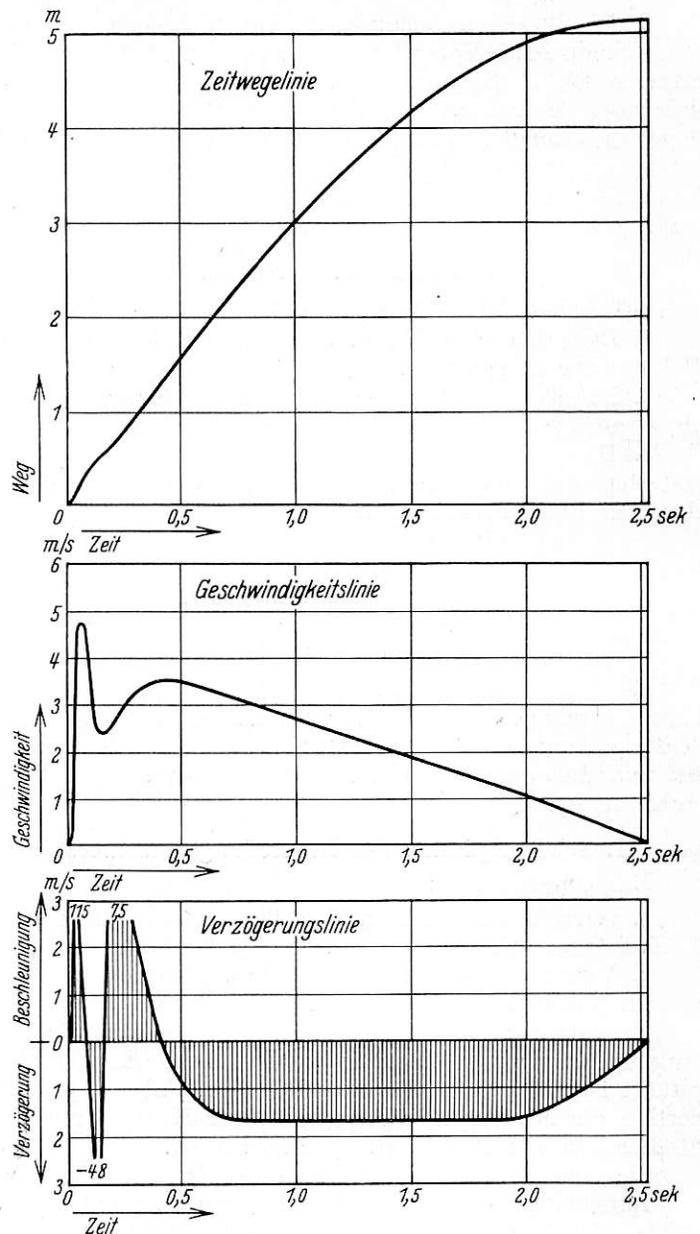


Abb. 2. Feststellung der Verzögerungslinie.

Demgegenüber haben wir versucht, durch Wahl eines geeigneten Übersetzungsverhältnisses eine möglichst große Genauigkeit zu erzielen. Kontrollrechnungen haben ergeben, daß unsere Rechnungen auch eine brauchbare Genauigkeit aufweisen.

Aus der „Zeitwegelinie“ wird durch das Tangentenverfahren die „Zeitgeschwindigkeitslinie“ und aus dieser die „Zeitbeschleunigungslinie“ ermittelt.

Nimmt man für gewisse Zeitabschnitte gleichbleibende Beschleunigung an, so vereinfacht sich die Auswertung.

Wenn wir den gesamten Verlauf einer Bremsung auswerten wollen, so zerlegen wir die Zeit in einzelne Zeit-

abschnitte (in der Regel 0,1 Sek. = 1 cm). Wir bestimmen nunmehr punktweise die Geschwindigkeit.

Dann machen wir die Annahme, daß die Beschleunigung von Geschwindigkeitspunkt zu Geschwindigkeitspunkt konstant ist und errechnen die Beschleunigung:

$$b_m = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Diese wird auch wieder punktweise aufgetragen; die Endpunkte werden durch einen stetigen Linienzug verbunden. Die Genauigkeit ist im großen und ganzen ausreichend.

Interessiert uns aber nur die Beschleunigung, die für eine ganz kurze Zeit auftritt, wie sie z. B. beim Anfahren (erster Ruck) und beim Auflaufen auf einen anderen Wagen vor- kommt, so machen wir zunächst für diese kurze Zeit die Annahme, daß die Beschleunigung konstant ist. Die Zeitwegelinie macht einen mehr oder weniger durch eine kleine Krümmung verbundenen Knick. Wir nehmen also an, daß diese kleine Krümmung, die nicht weiter auswertbar ist, eine Parabel darstellt.

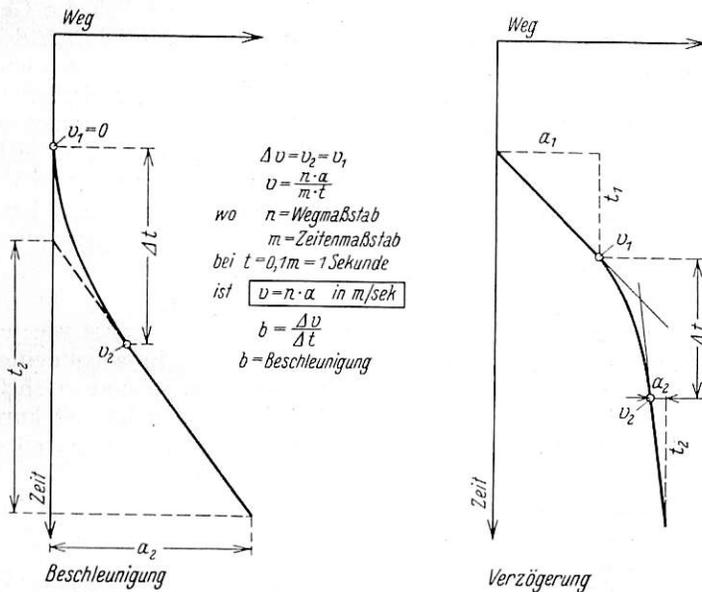


Abb. 3. Feststellung der Höchstbeschleunigung der Höchstverzögerung durch die Zeitwegelinie.

Nun errechnen wir die Beschleunigung aus den Formeln.

$$b = \frac{\Delta v}{\Delta t} \text{ oder } b = \frac{v^2}{2s}$$

Bei dem großen Maßstab, den wir anwenden, ergibt die erste Formel in der Regel einen brauchbaren Wert. Die Werte für v sind durch die Tangente sicher ablesbar, ebenso die für t infolge des großen Zeitmaßstabes (10 cm = 1 Sek.).

Die zweite Formel kann zur Kontrolle benutzt werden, ferner in den Fällen, wo der Beginn des Weges infolge eines flachen, schleifenden Schnittes nicht sicher ermittelt werden kann.

e) Das Kugelmeßgerät (Textabb. 4 und 5).

Um festzustellen, welche Wagen innerhalb einer Rangierabteilung die stärksten Erschütterungen erleiden, haben wir Kugelmeßgeräte der Wagenversuchsabteilung Grunewald verwendet. Jeder Kugelkasten hat zwei Reihen von je zehn Kugeln, die in Fächern sitzen. Die erste Kugel jeder Fahr- richtung ruht auf fast waagrechttem Boden; jede weitere Kugel hat eine stetig stärker geneigte Unterfläche. Bei der zehnten Kugel beträgt der Winkel $\sim 40^\circ$.

Tritt eine Erschütterung ein, so fliegen mehr oder weniger Kugeln — je nach der Größe des Stoßes — aus ihren Fächern heraus. Die Zahl der herausgeflogenen Kugeln ist also ein Maß für die Größe des Stoßes.

Wir haben demnach einen Maximalbeschleunigungsmesser in einfachster Form vor uns. Man kann auch die Erschütterung in Beschleunigung umrechnen. Wir haben nämlich für den Beharrungszustand folgende Beziehung:

$$b = g \cdot \text{tg } \alpha$$

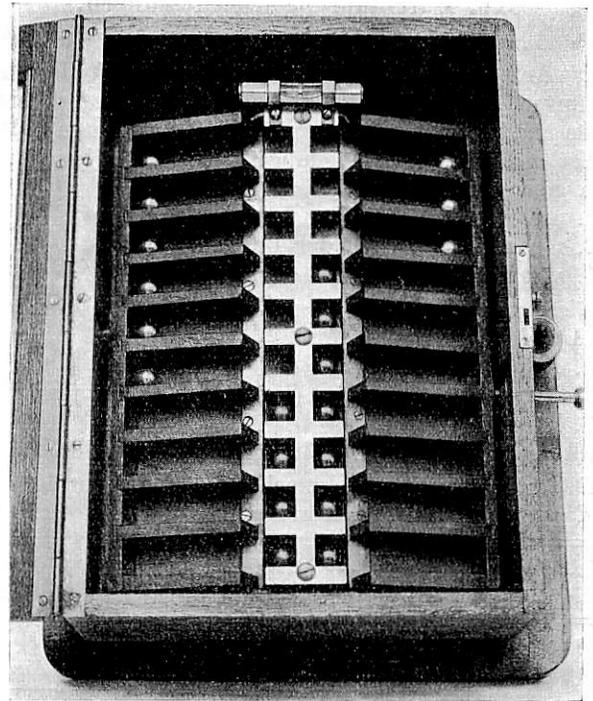
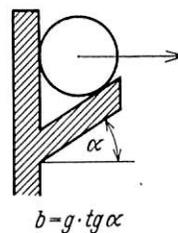


Abb. 4. Kugelmeßgerät.

Wir haben jedoch von einer solchen Auswertung abgesehen, weil man die Beschleunigung nur stufenweise feststellen kann und auch das Beharrungsvermögen der Kugeln



Meßstelle	Neigungswinkel	Beschleunigung Verzögerung	
		von m/s^2	bis m/s^2
1. Kugel	$1^\circ 20'$	0,23	0,52
2. "	$3^\circ -$	0,52	0,74
3. "	$4^\circ 20'$	0,74	1,00
4. "	$5^\circ 50'$	1,00	1,44
5. "	$8^\circ 20'$	1,44	1,96
6. "	$11^\circ 20'$	1,96	2,93
7. "	$16^\circ 40'$	2,93	3,90
8. "	$21^\circ 40'$	3,90	5,80
9. "	$31^\circ -$	5,80	7,85
10. "	$38^\circ 40'$	7,85	mehr als 7,85

Abb. 5. Messung der Beschleunigung oder Verzögerung durch Kugelmeßgeräte.

bei den kurzen Zeiteilen, die eine solche Höchstbeschleunigung dauert, eine gewisse Rolle spielt. Wir haben daher auch fast durchweg mit dem Zeitwegeschreiber höhere Werte erhalten, als uns die Kugelgeräte liefern würden. Ferner muß berücksichtigt werden, daß der Meßbereich nur bis zur zehnten

Kugel, also etwa 8 m/sec² reicht, also für unsere Zwecke, namentlich für Auflaufversuche, zu gering ist.

Aber für die Feststellung, welcher Wagen innerhalb einer Rangierabteilung am stärksten beansprucht wird, haben sie uns gute Dienste geleistet.

IV. Durchführung der Messungen.

A. Anfahrversuche.

Die Anfahrversuche wurden durchgeführt mit vier Rangierabteilungen von 16, 30, 60 und 100 Achsen. Sie bestanden — um den ungünstigsten Fall zu nehmen — aus leeren G-Wagen.

Mit diesen Rangierabteilungen wurden je drei Versuchsreihen gemessen, und zwar:

1. scharfes Anziehen der Lokomotive,
2. normales Anziehen der Lokomotive,
3. vorsichtiges Anfahren der Lokomotive.

Diese vier mal drei Versuche wurden nun durchgeführt für folgende Kupplungsarten:

1. Kupplung kurz,
2. Kupplung gemischt (jede zweite Kupplung lang),
3. Kupplung lang,

so daß im ganzen 12 · 3 = 36 Versuche erforderlich waren.

Da außerdem jeder Versuch wiederholt wurde, so baut sich das Ergebnis auf 72 Versuchen auf.

	Nr.	Kupplung lang	Nr.	Kupplung gemischt	Nr.	Kupplung kurz
16 Achsen	1	starkes Anziehen	4	starkes Anziehen	7	starkes Anziehen
	2	normales Anziehen	5	normales Anziehen	8	normales Anziehen
	3	vorsichtiges Anziehen	6	vorsichtiges Anziehen	9	vorsichtiges Anziehen

Ebenso: 30 Achsen Nr. 10 bis 18
 60 Achsen Nr. 19 bis 27
 100 Achsen Nr. 28 bis 36.

Gemessen wurde die Anfahrbeschleunigung (kurz Anfahr-ruck genannt) des letzten Wagens mit dem Zeitwegeschreiber.

Die Ergebnisse sind bildlich aufgetragen worden. Als Ordinaten sind stets die Beschleunigungen in m/sec² verzeichnet. Als Abszisse sind einmal die Achsstärke der Rangierabteilung, sodann die Kupplungsart und schließlich die Art des Anfahrens der Lokomotive aufgetragen.

Auf diese Weise haben wir die verschiedenen Einflüsse einzeln herausgeschält und in ihrer Größenordnung erfaßt.

Ergebnis hinsichtlich der Achsstärke der Rangierabteilung (Abb. 1, Taf. 27).

Die Beschleunigung des letzten Wagens (Anfahr-ruck) wächst mit der Achsstärke; und zwar anfangs stärker, später (von 60 Achsen an) nur noch geringfügig steigend, zuletzt gehen die Kurven fast in die Horizontale über.

Im Durchschnitt ergibt sich folgendes Steigungsverhältnis:
 16 30 60 100 Achsen
 45 66 89 100 Anfahr-ruck
 also bei 100 Achsen etwa das Doppelte wie bei 16 Achsen.

Ergebnis hinsichtlich der Kupplungsart (Abb. 3, Taf. 27).

Die Art der Kupplung hat einen sehr großen Einfluß auf die Höhe der Beschleunigung. Mit dem Langmachen der Kupplungen steigt der Anfahr-ruck.

Im großen Durchschnitt ergibt sich folgendes Bild:

kurz gemischt lange Kupplung
 10,5 52 100 Anfahr-ruck

Wir haben also bei einer Rangierabteilung, deren Kupp-lungen sämtlich lang gemacht sind, einen zehnfach höheren Anfahr-ruck als bei derselben Rangierabteilung mit kurzen Kupplungen. Der Anfahr-ruck steigt fast gradlinig mit der Zahl der langgemachten Kupplungen.

Ergebnis hinsichtlich der Art des Anfahrens der Lokomotiven (Abb. 2, Taf. 27).

Auch die Art, wie die Lokomotive anzieht (vorsichtig, normal, stark), hat einen ausschlaggebenden Einfluß auf die Höhe der Beschleunigung. Die Versuche — nach dieser Rich-tung ausgewertet — ergeben folgenden Durchschnitt:

vorsichtiges normales starkes Anziehen
 8 17 100 Anfahrbeschleunigung

Das „normale“ Anziehen ist von der Auffassung des Loko-motivführers abhängig.

Man erkennt an diesen Zahlen, wie stark das Anziehen gesteigert werden kann und wie sich das auf den letzten Wagen auswirkt.

Die Versuche sind zum Schluß noch hinsichtlich der Ge-schwindigkeit kurz nach dem Anfahren und hinsichtlich der Zeitdauer für die Höchstbeschleunigung ausgewertet worden. Man erkennt aus den Darstellungen, daß die Geschwindigkeit ausschlaggebend von der Art des Anziehens der Lokomotive und von der Kupplungsart beeinflußt wird und daß es sich bei dem Anfahr-ruck um Zeitteilchen handelt, deren Dauer im umgekehrten Verhältnis zu der Größe des Anfahr-ruckes stehen. Die Gesetzmäßigkeit, die die Kurven zeigen, beweisen auch die Genauigkeit der Auswertung.

Zusammenfassend kann gesagt werden:

Die Art, wie die Lokomotive anfährt, und die Art wie gekuppelt ist, sind ausschlaggebend dafür, welche Beschleunigung (Anfahr-ruck) der letzte Wagen einer Rangierabteilung erfährt.

Es ist daher richtig, vorzuschreiben, daß möglichst kurz gekuppelt wird und die Langkupplung auf die Trennstellen beschränkt bleibt.

Darüber hinaus ist es notwendig, vorzuschreiben, daß die Lokomotive stets vorsichtig anzieht. Das kostet an Zeitauf-wand nur wenige Sekunden.

Demgegenüber ist die Forderung, daß nur in kurzen Ab-teilungen rangiert wird, zwar im Grundsatz richtig, aber nicht von so großer praktischer Bedeutung. Diese Forderung sollte daher nicht überspannt werden, da sie unter Umständen Zeit und Geld kosten kann. Wenn kurz gekuppelt wird und die Lokomotive vorsichtig anzieht, ist bereits doppelte Sicherheit dafür vorhanden, daß kein schädlicher Rangierstoß auftritt.

B. Bremsversuche.

Beim Abstoß eines Wagens oder einer Wagen-gruppe muß die Rangierabteilung, nachdem sie die beabsichtigte Stoß-geschwindigkeit erreicht hat, bremsen. Welche Stöße ent-stehen hierbei? Die Vorversuche wurden mit einer 16 Achsen starken Rangierabteilung mit verschiedenen Kupplungsarten und Bremsarten durchgeführt.

	Nr.	Kupplung lang	Nr.	Kupplung gemischt	Nr.	Kupplung kurz
16 Achsen 1 Lok	1	vorschrifts-mäßige Bremsung	4	vorschrifts-mäßige Bremsung	7	vorschrifts-mäßige Bremsung
	2	Luftdruck-bremse	5	Luftdruck-bremse	8	Luftdruck-bremse
	3	Schnell-bremung	6	Schnell-bremung	9	Schnell-bremung

Abb. 4, Taf. 27 zeigt das Ergebnis für den letzten (also von der Lokomotive am weitesten entfernten) Wagen.

Aufgetragen sind:

1. die Höchstverzögerung b_{max} ,
2. die mittlere Verzögerung b_m ,
3. die Geschwindigkeit kurz vor dem Bremsen v_1 ,
4. die Geschwindigkeit nach dem ersten Bremsdruck v_2 ,
5. die Zeitdauer für die Höchstverzögerung t ,
6. der Bremsweg.

Man erkennt den großen Einfluß der Kupplungsart auf b_{max} , der sich auch in dem Geschwindigkeitsunterschied ebenso ausdrückt.

Die drei Bremsarten:

1. Bremsen mit Tenderbremse und später vorsichtiges Einsetzen der Luftdruckbremse (kurz „vorschriftsmäßige Bremsung“ genannt),

2. Bremsen mit Luftdruckbremse,

3. Schnellbremsung,

hatten keinen wesentlichen Unterschied — ja nicht einmal einen gleichgerichteten Linienzug — ergeben. Der Vergleich der Bremswege und der der mittleren Verzögerungen bestätigen diese Feststellung.

Es war daher zunächst eine offene Frage, ob die Unterschiede in der Tat so gering sind, daß sie mit unserem Meßgerät nicht meßbar sind oder ob der Lokomotivführer keine wesentlichen Unterschiede bei seinen Bremsungen gemacht hat.

Die großen Versuchsreihen, die im März 1934 mit Rangierabteilungen von 16, 30 und 60 Achsen durchgeführt wurden, haben nun volle Klarheit gebracht.

Kupplung lang		Kupplung gemischt		Kupplung kurz	
Nr.	Bremsart	Nr.	Bremsart	Nr.	Bremsart
1	Handbremse T ₁₂	5	Handbremse T ₁₂	9	Handbremse T ₁₂
2	Handbremse G 8/G 10	6	Handbremse G 8/G 10	10	Handbremse G 8/G 10
3	Zusatzbremse	7	Zusatzbremse	11	Zusatzbremse
4	Schnellbremse	8	Schnellbremse	12	Schnellbremse

16 Achsen Nr. 1 bis 12

30 Achsen Nr. 13 bis 24

60 Achsen Nr. 25 bis 36.

Die Versuche wurden nunmehr mit folgenden Bremsarten durchgeführt:

1. Handbremse T 12 Lokomotive,
2. Handbremse G 8/G 10 Lokomotive,
3. Zusatzbremse,
4. Schnellbremse.

Eine gemeinsame Bedienung von Hand- und Luftdruckbremse wurde also — um ihre Einflüsse klar herauszuschälen — nicht mehr vorgenommen.

Sämtliche Versuchsreihen wurden mit langer, gemischter und kurzer Kupplung durchgeführt.

Ergebnis hinsichtlich der Kupplungsart
(Abb. 5, Taf. 27).

Der Bremsdruck wird ausschlaggebend von der Kupplungsart beeinflusst; bei kurzen Kupplungen bleibt die Höchstverzögerung stets unter 5 m/sec^2 ; bei gemischten Kupplungen kann der Bremsruck bis auf 15 m/sec^2 und bei langen Kupplungen bis auf 25 m/sec^2 hinaufgehen.

Ergebnis hinsichtlich der Bremsart (Abb. 5, Taf. 27).

Bei kurzen Kupplungen ist die Bremsart fast gleichgültig; das Verzögerungsband (die Gesamtheit der Meßpunkte) verläuft fast waagrecht.

Aber bei gemischter Kupplung und noch mehr bei langer Kupplung steigt das Verzögerungsband aufwärts. Die Schnellbremse ergibt besonders hohe Werte; die Zusatzbremse gibt höhere Werte als die Handbremse. Wichtig ist, daß die Handbremse bei gemischter und langer Kupplung höhere Bremsrucke ergibt als Zusatzbremse und sogar Schnellbremse bei kurzer Kupplung. Daher ist die Forderung, kurz zu kuppeln, wichtiger, als die Vorschrift, die Handbremse zu verwenden.

Ergebnis hinsichtlich der Achsstärke (Abb. 6, Taf. 27).

Verstärken wir die Rangierabteilung von 16 auf 30 Achsen, so wächst auch der Bremsruck. Machen wir die Rangierabteilung noch stärker, so sind die Verzögerungslinien nicht eindeutig auswertbar. Bei langen Kupplungen haben wir in der Regel noch eine Steigerung der Höchstverzögerung erhalten, aber bei gemischten und kurzen Kupplungen gehen die Linien z. T. waagrecht, z. T. sogar abwärts. Von Bedeutung ist, daß die 30 Achsen starke Rangierabteilung bei Schnellbremse und Zusatzbremse höhere Werte ergibt als die 60 Achsen starke Abteilung bei Handbremse. Die Vorschrift, die Handbremse zu bedienen, ist daher wichtiger, als die Anordnung, nur in kurzen Abteilungen zu rangieren.

Ergebnisse der Messungen mit den Kugelmeßgeräten.

Die bisher genannten Ergebnisse beruhen sämtlich auf Messungen der Geschwindigkeit des letzten (also des von der Lokomotive am weitesten entfernten) Wagens. Es ist daher die Frage berechtigt: Ist denn dieser Wagen von allen in der Rangierabteilung befindlichen Wagen wirklich bei den Bremsungen am stärksten den Erschütterungen ausgesetzt? Wie verteilen sich überhaupt die Erschütterungen auf den Wagenzug?

Zur Beantwortung dieser wichtigen Frage haben wir fünf Kugelmeßgeräte der Bremsversuchsabteilung Grunewald verwendet.

Um die Zufälligkeiten eines Einzelfalles zu tilgen, sind die Messungen bestimmter Art zusammengefaßt und Mittelwerte gebildet worden.

Abb. 7, Taf. 27 zeigt die Auswertung nach der Kupplungsart. Die aufgetragenen Werte sind also Mittelwerte aus allen Messungen mit Schnell-, Zusatz- und Handbremse. Auf der waagerechten Achse sind die Rangierabteilungen mit ihren einzelnen Wagen eingetragen. Die Kugelmeßgeräte waren in den schwarz gekennzeichneten Wagen untergebracht. Als Ordinaten sind über diesen „schwarzen“ Wagen die Zahl der herausgefallenen Kugeln eingezeichnet, die in ihrer Gesamtheit ein unmittelbares Maß für die Größe der Erschütterung darstellen.

Man erkennt, daß die Erschütterungen von der Lokomotive aus nach hinten anwachsen, daß also der letzte Wagen in der Regel der stärksten Stoßbeanspruchung ausgesetzt ist. Bei langen und gemischten Kupplungen ist diese Erscheinung scharf ausgeprägt. Bei kurzen Kupplungen tritt diese Tatsache nicht ganz so deutlich auf.

Damit ist bewiesen, daß wir mit unseren Hauptmessungen die richtige Meßstelle gewählt hatten.

Die bildlichen Darstellungen lassen aber noch mehr erkennen:

Der Vorteil einer Kurzkupplung ist ganz auffallend. Der Höchstwert, der erreicht wird, beträgt nur drei Kugeln.

Die Ergebnisse für Gemischt- und Langkupplung liegen verhältnismäßig dicht zusammen. Man kann daraus schließen, daß jede Langkupplung in einem sonst kurz gekuppelten Zuge ungünstig wirkt.

Abb. 1, Taf. 28 zeigt die Auswertung nach der Bremsart. Die aufgetragenen Werte sind demnach Mittelwerte aus allen Messungen mit den verschiedenen Kupplungsarten.

Die Steigerung der Erschütterung bei den verschiedenen Bremsarten kommt klar zum Ausdruck. Aber die Kurven liegen doch verhältnismäßig dicht zusammen. Die Handbremskurven (Abb. 1, Taf. 28) liegen dabei erheblich höher als die Kurzkupplungskurven (Abb. 7, Taf. 27).

Ferner ist bemerkenswert, daß die Unterschiede in der Höhe der Erschütterungen bei den einzelnen Versuchszügen gering sind.

Demnach bilden diese Auswertungen eine wichtige Bestätigung unserer früheren Feststellungen, die dadurch eine starke Beweiskraft erhalten.

Ordnen wir die betrieblichen Vorschriften ihrer Wertigkeit für ein möglichst erschütterungsfreies Bremsen, so müssen wir die Forderung nach Kurzkupplung an erster Stelle setzen, sodann folgt die Bestimmung einer möglichst vorsichtigen, langsam einsetzenden Bremsart und zum Schluß kommt — aber keineswegs mehr ausschlaggebend — die Forderung nach möglichst kurzen Rangierabteilungen.

C. Auflaufversuche.

1. Auflauf eines schweren Wagens auf einen nicht gebremsten, leichten Wagen.

Ein schwerer Wagen, und zwar ein mit geschichteten Briketts beladener O-Wagen im Gesamtgewicht von rund 30 t, läuft auf einen stehenden, nicht gebremsten, leichten Wagen, einen leeren G-Wagen mit einem Gewicht von rund 11 t auf. Die Auflaufgeschwindigkeiten wurden langsam gesteigert von 0,3 m/sec bis über 3,0 m/sec.

Außer der Aufnahme der Zeitwegelinie wurde die Auflaufgeschwindigkeit mit einem besonderen Geschwindigkeitsmesser (Präzisionsstoppuhr mit $\frac{1}{100}$ Sek. Ablesung) gemessen. Abb. 2, Taf. 28 zeigt die Auswertung.

Aufgetragen wurden:

1. die Auflaufgeschwindigkeit des 30 t-Wagens in m/sec.
2. die Geschwindigkeit des 11 t-Wagens kurz nach dem Aufprall in m/sec,
3. die Beschleunigungszeit in Sekunden,
4. die Beschleunigung (Aufprallstoß) in m/sec^2 ,
5. die Puffereinschübe beider Wagen in mm.

Die Geschwindigkeiten des Prellbockwagens kurz nach dem Aufprall liegen von $v_1 = 0,6$ m/sec ab über den Auflaufgeschwindigkeiten (wahrscheinlich hat sich die durch die Puffereinschübe aufgespeicherte Energie ausgewirkt).

Die Beschleunigungszeit steigt bis $v_1 = 1$ m/sec auf etwa 0,3 sec und fällt dann mit steigender Auflaufgeschwindigkeit.

Die Beschleunigung (Anfahrdruck) steigt erst allmählich, fast gradlinig, dann — mit steigenden Auflaufgeschwindigkeiten — immer steiler in die Höhe — zuletzt von $v_1 = 2$ m/sec ab, fast senkrecht.

Diese Linie zeigt mit eindringlicher Klarheit die gewaltige Schädlichkeit der größeren Auflaufgeschwindigkeiten.

Haben wir bei $v_1 = 1$ m/sec $b = 5$ m/sec^2 , so ergeben sich bei $v_1 = 1,5$ m/sec schon $b = 10$ m/sec^2 und bei $v_1 = 2$ m/sec ist die Beschleunigung schon auf $b = 30$ m/sec^2 gestiegen. Einer Steigerung der Auflaufgeschwindigkeit um das Doppelte von 1 m/sec auf 2 m/sec steht eine Steigerung der Beschleunigung um das Sechsfache gegenüber!!

Interessant ist die Beobachtung des Pufferspiels: bis zu den hohen Auflaufgeschwindigkeiten haben die Puffer in steigendem Maße gearbeitet. Erst bei $v_1 = 3$ m/sec sind beide Puffer vollständig eingeschoben. Der auflaufende Wagen zeigt einen größeren Einschub als der Prellbockwagen.

2. Auflauf desselben schweren Wagens auf den leichten Wagen, dieser aber festgebremst (Abb. 3, Taf. 28).

Die Auftragung der Meßwerte zeigt fast das gleiche Bild wie die erste Auflaufreihe. Die Beschleunigungswerte liegen fast auf der gleichen Kurve (Abb. 3, Taf. 28).

Es ist hiernach für die Größe des Anfahrdrucks ziemlich gleichgültig, ob der Wagen gebremst oder ungebremst ist.

3. Auflauf des leichten Wagens ($G = 11$ t) auf den stehenden schweren Wagen ($G = 30$ t) (Abb. 4, Taf. 28).

Die Verzögerungslinie für den auflaufenden Wagen steigt noch steiler aufwärts als die Beschleunigungslinien der vorgenannten Auflaufreihen.

Wie eine lebendige Drohung streckt sich die Linie aufwärts und zeigt deutlich die Grenze an, wo die Verzögerungen sich unserer Beherrschung entziehen und ins Unmeßbare gehen.

Auch hier ist beachtenswert, daß die Puffer wieder in steigendem Maße bis zur größten durchgeführten Auflaufgeschwindigkeit gearbeitet haben.

D. Sonstige Versuche.

1. Hemmschuhbremsung.

Wir haben drei Bremsungen mit dem Zeitwegeschreiber aufgenommen. Ein G-Wagen (Gewicht = 11,18 t) läuft mit Geschwindigkeiten von 1 m/sec, 1,6 und 2,3 m/sec auf (Abb. 5, Taf. 28).

Wie die Verzögerungskurven zeigen, sind die Verzögerungen, die ein Wagen durch die Hemmschuhbremsung erfährt, gering: im Mittel 1,0 m/sec^2 ; am Anfang und am Ende etwas höher, etwa um 2,0 m/sec^2 . Was bekannt war, wird hiermit bestätigt: die Hemmschuhbremsung kann einer Ladung — und sei sie noch so empfindlich — niemals Schaden bringen.

2. Bremsung in der Jordanbremse.

Ein sehr leichter Wagen ($G = 5,52$ t) läuft vom Ablaufberg mit $v = 6,50$ m/sec in die neue Jordanbremse ein und wird dort mit dem größten Druck, den die Gleisbremse hergibt, auf Halt gebremst (Abb. 6, Taf. 28).

Infolge des gewichtsautomatischen Prinzips kann der Bremsdruck jedoch nicht so stark gesteigert werden, daß eine Entgleisungsgefahr eintritt. Die Verzögerung ist im Anfang, wo nur die eine einseitige Bremse wirkt, $b = 1$ m/sec^2 ; in der zweiten Hälfte, wo beide Bremsen wirken, $b = 3$ m/sec^2 . Erst zum Schluß steigt die Verzögerung infolge Erhöhung der Reibungszahl auf etwa 4,5 m/sec^2 , um im letzten Augenblick noch den Wert von 6 m/sec^2 zu erreichen.

Solche verhältnismäßig hohen Werte können nur bei leichten Wagen und Haltbremsung erreicht werden.

Die Regel ist aber Laufbremsung, die Verzögerungen bleiben dann stets unter 4 m/sec^2 .

3. Bremsung in der Wirbelstrombremse (Abb. 7, Taf. 28).

Ein ähnliches Bild zeigt die Aufnahme der Bremsung eines 10 t-Wagens in der Magdeburger Wirbelstrombremse. Die Haltbremsungen sind dreimal hintereinander in gleicher Weise durchgeführt worden, um die Genauigkeit der Auswertung zu überprüfen. Das Ergebnis ist sehr befriedigend. Die Verzögerungslinien decken sich so genau, wie man es sich nur wünschen kann.

V. Zusammenfassung.

Das zusammenfassende Bild in Abb. 8, Taf. 28, das alle Versuchsergebnisse auf einen Maßstab bringt, zeigt, daß die Stöße, die von einer gewissen Geschwindigkeit an durch das Auflaufen zweier Wagen hervorgerufen werden, die schäd-

lichsten, die stärksten Rucke sind, die beim Rangieren überhaupt auftreten können. Sie sind deshalb besonders gefährlich, weil jede Geschwindigkeitszunahme eine Steigerung hervorruft, die das Mehrfache dessen beträgt, das der Geschwindigkeitszunahme entsprechen würde, und weil das Rangierpersonal für die geringen Unterschiede in den Geschwindigkeiten, die den Übergang von unschädlich zu schädlich bilden, kein sicheres Gefühl hat. Es muß daher, sollen schädliche Stöße sicher vermieden werden, mit einem angemessenen Sicherheitsspielraum gearbeitet werden.

Beim Anfahren und Bremsen von Rangierabteilungen können auch schädliche Stöße auftreten, die aber in ihrer Wucht, in ihrem Ausmaß erheblich hinter denen zurückbleiben, die durch unvorsichtiges Auffahren selbst bei verhältnismäßig

geringen Geschwindigkeiten (z. B. 2 m/sec) hervorgerufen werden. Außerdem lassen sich diese Stöße durch Kurzkupplung oder durch „vorsichtiges Anfahren“ oder „vorsichtiges Einsetzen der Bremsen“ bestimmt vermeiden.

Beim Bremsen mit Hemmschuhen oder Gleisbremsen treten keine schädlichen Rangierstöße auf.

Ordnen wir die betrieblichen Anordnungen ihrer Wichtigkeit nach, so müssen sie folgendermaßen lauten:

1. Das Auflaufen von Wagen ist nur bis zu Geschwindigkeiten von 1 m/sec (3,6 km/Std.) gestattet.
2. Die Wagen sind möglichst kurz zu kuppeln. Lange Kupplungen sind nur an Trennstellen zulässig.
3. Die Rangierlokomotive muß stets vorsichtig anfahren.
4. Die Rangierlokomotive muß stets vorsichtig bremsen.

Beitrag zur Gleisbogengestaltung für hohe Fahrgeschwindigkeiten.

Von Reichsbahnrat Dr. Ing. Gerhard Schramm, Berlin.

1. Übersicht.

Über die zweckmäßige Gestaltung der Überhöhungsrampen und Übergangsbogen sind in den letzten Jahren mehrere Veröffentlichungen erschienen¹⁾. Versuche auf diesem Gebiet fehlen aber bisher immer noch, und manche Veröffentlichungen lassen erkennen, daß über diese Frage noch verschiedentlich Unklarheiten bestehen. Es sollen daher im folgenden die beiden hauptsächlich in Frage kommenden Rampen- und Übergangsbogengestaltungen auf ihre Eigenschaften hin kritisch untersucht werden.

Unter Nr. 2 werden zunächst die verschiedenen Rampen- und Übergangsbogenformen kurz besprochen.

Unter Nr. 3 werden die Größen untersucht, die für den ruhigen Lauf der Fahrzeuge durch die Übergangsbogen maßgebend sind, soweit er von der Gleisbogengestaltung abhängt.

Unter Nr. 4 werden an einem Zahlenbeispiel diese Größen für verschiedene Bogengestaltungen verglichen und einander bildlich gegenübergestellt.

Unter Nr. 5 werden die im Hinblick auf ruhigen Lauf der Fahrzeuge erforderlichen Übergangsbogenlängen und Seitenverschiebungen der Bogen für die verschiedenen Gestaltungen abgeleitet und für die einzelnen Bogenhalbmesser zusammengestellt.

Unter Nr. 6 wird die praktische Ausführung der Übergangsbogen und Rampen behandelt.

Unter Nr. 7 werden die Ergebnisse zusammengestellt, und es wird ein Vorschlag gemacht für Versuche, durch deren Ausführung diese wichtige Sache über den Zustand theoretischer Erörterungen hinausgeschoben werden könnte.

2. Die verschiedenen Möglichkeiten der Rampen- und Krümmungsgestaltung.

In der Geraden hat das Gleis die Überhöhung null, in dem Kreisbogen die konstante Überhöhung h . Der Übergang von der Überhöhung null auf die Überhöhung h geschieht durch eine Überhöhungsrampe. Sie kann im wesentlichen auf dreierlei Art ausgeführt werden, nämlich nach Abb. 1 bis 3. Abb. 1 zeigt die gerade Rampe, Abb. 2 die S-förmig geschwungene Rampe, die sich aus zwei quadratischen Parabeln zusammensetzt, und Abb. 3 die einfach parabolische Rampe. Die letztere kommt nur für die Gestaltung von Gegenbogen in Frage; sie bietet bei einfachen Bogen keine Vorteile. Wir werden daher die folgenden Untersuchungen auf die gerade und die geschwungene Rampe beschränken.

Jedem Rampenbild entspricht eine bestimmte Grundrißgestaltung des Übergangsbogens, denn die Krümmungs-

linie ($k = \frac{1}{r}$) muß die gleiche Form haben wie das Rampenbild, weil die Krümmung der Überhöhung verhältnismäßig auszuführen ist, wie dies in der Gleichung für die Überhöhung

$$h = \frac{0,008 \cdot V^2}{R}$$

zum Ausdruck kommt. Zur geraden Rampe nach Abb. 1 gehört daher ein Übergangsbogen mit gerader Krümmungslinie, und zur S-förmig geschwungenen Rampe gehört eine ebensolche geschwungene Krümmungslinie.

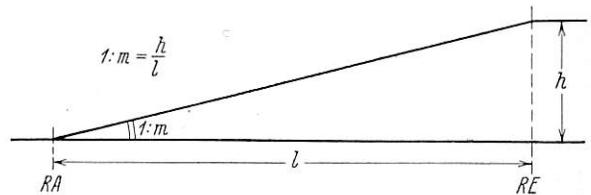


Abb. 1. Gerade Überhöhungsrampe.

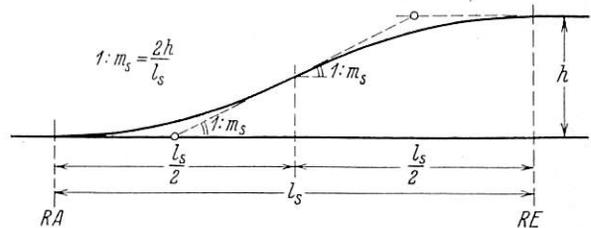


Abb. 2. S-förmig geschwungene Überhöhungsrampe.

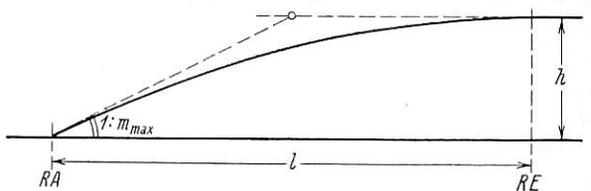


Abb. 3. Einfach parabolische Überhöhungsrampe.

Es werden die folgenden Bezeichnungen angewendet:

- R = Kreisbogenhalbmesser,
 - l = Länge eines Übergangsbogens mit gerader Krümmungslinie = Länge der geraden Rampe,
 - l_s = Länge eines Übergangsbogens mit geschwungener Krümmungslinie = Länge der geschwungenen Rampe.
- Alles in m gemessen.

Der Übergangsbogen mit gerader Krümmungslinie hat die Eigenschaft, daß er am Ende (ÜE) von dem gedachten Kreisbogen, der die Bogenendtangente berührt, den Abstand hat:

$$f = \frac{l^2}{24 \cdot R} \dots \dots \dots 1)$$

¹⁾ Z. B. Verkehrstechn. Woche 1931, Heft 31; Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1932, Heft 22 und 1933, Heft 18; Verkehrstechn. 1933, Heft 15/16; Reichsbahn 1934, Heft 29.

Bei dem Übergangsbogen mit geschwungener Krümmungslinie ist dagegen dieser Abstand ²⁾:

$$f_s = \frac{l_s^2}{48 \cdot R} \dots \dots \dots 2)$$

Bei gleicher Übergangsbogenlänge $l_s = l$ ist also die notwendige Einwärtsverschiebung des Kreisbogens beim Übergangsbogen mit geschwungenem Krümmungsverlauf nur halb so groß wie beim Übergangsbogen mit geradem Krümmungsverlauf. Oder bei gleichem Verschiebungsmaß $f_s = f$ hat, wie sich aus Gl. 1) und 2) ergibt, der Übergangsbogen mit geschwungenem Krümmungsverlauf die Länge

$$l_s = \sqrt{2} \cdot l = 1,414 \cdot l \dots \dots \dots 3)$$

(vergl. Abb. 5a und 6a).

3. Die Bedingungen des ruhigen Laufs der Fahrzeuge durch die Übergangsbogen.

Soweit es sich um die Gleisbogengestaltung handelt, sind es zwei Größen, von denen der ruhige Lauf eines Fahrzeugs durch einen Übergangsbogen (Überhöhungsrampe) abhängt:

a) die Hubbeschleunigung am Anfang und Ende der Überhöhungsrampe,

$$h'' = \frac{d^2 h}{dt^2} \quad (\text{m/sec}^2),$$

b) die Änderung des Überschusses an Fliehbeschleunigung in der Zeiteinheit,

$$\Psi \quad (\text{m/sec}^3).$$

a) Die Hubbeschleunigung h'' .

Es werden die folgenden Bezeichnungen verwendet:

V = Höchstgeschwindigkeit des Fahrzeugs in km/h = größte zulässige Geschwindigkeit der schnell-fahrenden Züge;

h = Überhöhung des Kreisbogens in m;

$1:m = \frac{h}{l}$ = Neigung der geraden Rampe. Sie bleibt vom Rampenanfang (RA) bis zum Rampenende (RE) gleich (Abb. 1);

$1:m_s = \frac{2h}{l_s}$ = größte Neigung der geschwungenen Rampe.

Sie tritt in Rampenmitte auf (Abb. 2);

a = geführte Länge des Fahrzeugs in m.

Wir betrachten zunächst die gerade Rampe. Bewegt sich das Fahrzeug in ihr mit der Geschwindigkeit V , so werden die äußeren Räder, die auf dem überhöhten Strang laufen, mit der Hubgeschwindigkeit (m/sec):

$$h' = \frac{V}{3,6 \cdot m} \dots \dots \dots 4)$$

gleichmäßig gehoben. Diese Hubgeschwindigkeit wird am Rampenanfang hervorgerufen durch eine Hubbeschleunigung (m/sec²):

$$h'' = \frac{h \cdot V^2}{12,96 \cdot a \cdot l} = \frac{V^2}{12,96 \cdot a \cdot m} \dots \dots \dots 5)$$

Am Ende der Rampe wird die Hubgeschwindigkeit durch die gleiche Hubbeschleunigung mit umgekehrtem Vorzeichen wieder auf $h' = 0$ gebracht. Die Hubbeschleunigung h'' ist wirksam auf die geführte Länge a des Fahrzeugs. Die Gl. 5) gilt für den Fahrzeugschwerpunkt. Die Beschleunigung der ungefederten Fahrzeugteile läßt sich ohne weiteres nicht angeben. Auf jeden Fall ist sie aber größer als die des Fahrzeugschwerpunktes. Zu Vergleichszwecken genügt es, die letztere zu betrachten.

²⁾ Vergl. Petersen: „Der Übergangsbogen im Eisenbahngleis“, Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1932, Heft 22.

Wenn die Hubbeschleunigung so groß ist, daß sie den Reibungswiderstand der Tragfedern des Fahrzeugs überwindet, so bewirkt sie bei der Einfahrt in die Rampe aus der Geraden ein Zusammendrücken der Federn und bei der Ausfahrt aus der Rampe eine entsprechende Entlastung der Federn. Infolgedessen hinkt der abgefederte Wagenkasten gegenüber der Bewegung der ungefederten Fahrzeugachsen etwas nach. Wenn h'' sehr groß ist, so kann es dabei zu Schwingungen des Wagenkastens auf seinen Tragfedern kommen.

Ist dagegen h'' so klein, daß der innere Reibungswiderstand der Tragfedern nicht überwunden wird, so kann es zu dem Nachhinken nicht kommen, und der Lauf des Fahrzeugs wird, soweit es sich um die Drehung um die Längsachse handelt, einwandfrei sein. Diese Vorgänge beim Durchfahren von Rampen sind durch zahlreiche Versuche bestätigt worden. Besser als viele Worte zeigt ein Blick auf die Abb. 4a/b diesen Einfluß der Hubbeschleunigung. Sie stellen Aufnahmen des Oberbaumeßwagens dar und sind der „Reichsbahn“ 1934, Heft 29 entnommen.

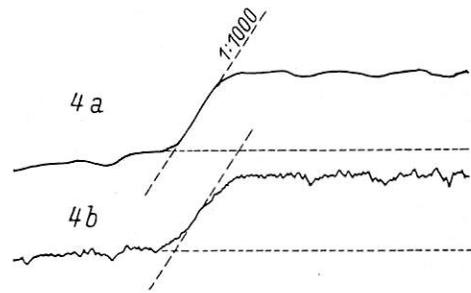


Abb. 4a und 4b.

Abb. 4a. Bewegung des Wagenkastens bei der Fahrt durch eine Überhöhungsrampe.

Abb. 4b. Verlauf der Überhöhung.

Welches ist nun ungefähr der Grenzwert, bei dessen Überschreitung die Hubbeschleunigung den ruhigen Lauf des Fahrzeugs beeinträchtigt? Die Erfahrung hat gelehrt, daß z. B. bei $V = 100$ km/h, $1:m = 1:1000$ und $a = 15$ m ihr Einfluß zu verschwinden beginnt. Damit ergibt sich nach Gl. 5) für den Grenzwert der Hubbeschleunigung:

$$h'' \approx 0,05 \text{ m/sec}^2 \dots \dots \dots 6)$$

Bei der geschwungenen Rampe ist die Hubbeschleunigung:

$$h'' = \frac{h \cdot V^2}{3,24 \cdot l_s^2} = \frac{V^2}{6,48 \cdot l_s \cdot m_s} \dots \dots \dots 7)$$

[a tritt nicht mehr auf; denn die geführte Länge des Fahrzeugs hat bei der geschwungenen Rampe auf h'' keinen Einfluß (vergl. Anm. 6)]. h'' ist stets viel kleiner als bei der geraden Rampe; denn sie ist hier nicht nur auf das kurze Stück a wirksam, sondern sie verteilt sich auf die Länge der Ausrundung, also je auf die halbe Rampenlänge (vergl. Abb. 5c mit 6c). Bisher hat man h'' dadurch genügend klein gehalten, daß man zu immer flacheren geraden Rampen übergegangen ist, z. B. $1:m = 1:10 V$ oder $1:12 V$. Dies ist aber nur ein mittelbarer und in manchen Fällen ein ziemlich kostspieliger Weg. Man kann statt dessen auch den unmittelbaren Weg einschlagen, indem man zu der geschwungenen Rampe übergeht. Dadurch wird bei gegebener Rampenlänge die Hubbeschleunigung h'' zu einem Minimum gemacht. Das Übel wird damit an der Wurzel beseitigt. Der Grenzwert $h'' = 0,05$ [Gl. 6] wird bei der geschwungenen Rampe nie erreicht. Der Lauf der Fahrzeuge wird infolgedessen ruhig sein und der Oberbau wird weitgehend geschont.

Die Rampenneigung wird bei geschwungener Rampe nach oben hin nur noch begrenzt durch die geometrischen und

statischen Verhältnisse, d. h. durch die Stellung der Fahrzeugräder in der windschiefen Ebene und die damit verbundene ungleiche Belastung der Federn, also durch die Bauart der Fahrzeuge³⁾. Die Bau- und Betriebsordnung sieht $1:m \leq 1:300$ als ausreichend an. Die Oberbauvorschriften verlangen darüber hinausgehend

$$1:m \leq 1:400,$$

wohl mit Rücksicht darauf, daß die ausgeführten Rampen infolge unvermeidlicher Ungenauigkeiten beim Verlegen und der Einwirkung des Betriebs Stellen aufweisen, deren Neigung erheblich größer ist als die planmäßig zugrunde gelegte. Wählt man die geschwungene Rampe, so braucht man aber auch an diese Grenze nicht heranzugehen. Es wird sich empfehlen, für die Rampenneigung $1:m_s$ in Rampenmitte (Abb. 2) etwa zu verlangen:

$$1:m_s \leq 1:500 \dots \dots \dots 8)$$

Damit hat man dann reichliche Sicherheit. Die endgültige Entscheidung darüber, bis zu welcher Höchstneigung $1:m_s$ man bei geschwungenen Rampen gehen kann, werden allerdings erst diesbezügliche Versuche bringen.

Die Tatsache, daß in Gl. 5) die Hubbeschleunigung h'' in Abhängigkeit von der Rampenneigung $1:m$ erscheint, hat zu der gelegentlich laut gewordenen Meinung geführt, daß die Rampenneigung, d. h. die Hubgeschwindigkeit als solche für die Ruhe des Fahrzeuglaufs durch die Rampe maßgebend sei. Diese Ansicht beruht auf einer Verkennung physikalischer Tatsachen. Eine gleichbleibende Geschwindigkeit (z. B. die Hubgeschwindigkeit in einer geraden Rampe) ist dem Ruhezustande physikalisch gleichwertig (Relativitätsprinzip von Galilei und Newton). Den ruhigen Lauf eines Fahrzeuges beeinträchtigen und zu Schwingungen Anlaß geben können nur Änderungen von Bewegungszuständen oder Änderungen angreifender Kräfte, d. h. Beschleunigungen. Hängt man z. B. eine Federwaage in einen Aufzug, der sich mit gleichbleibender Geschwindigkeit und stoßfrei bewegt, so arbeitet sie genau so wie auf dem festen Boden, ohne irgendeine zusätzliche Beanspruchung. Nur durch die Hubbeschleunigungen beim Anfahren und Bremsen des Aufzugs wird die Feder zusätzlich beansprucht und kann in Schwingungen geraten, wenn die Beschleunigungen ein gewisses Maß überschreiten. Sind sie aber so klein, daß sie nicht ausreichen, den Reibungswiderstand der Feder zu überwinden, so wird sich auch das Anfahren und Bremsen des Aufzugs an ihr nicht bemerkbar machen. Gerade so liegen die Verhältnisse hinsichtlich der Hubgeschwindigkeit beim Durchfahren einer Rampe.

Dies haben besonders auch die zahlreichen Versuche mit Gegenbogen bestätigt: Die Gegenbogen mit stetiger Rampe (ohne Zwischengerade) befahren sich deswegen so viel besser, weil am Wendepunkt keine Hubbeschleunigung auftritt im Gegensatz zu der Gegenbogengestaltung mit unstetigen Rampen [mit einer Zwischengeraden⁴⁾]. Die Rampenneigung (Hubgeschwindigkeit) als solche ist dabei in gewissen Grenzen gleichgültig.

Zwischen der Rampenneigung (Hubgeschwindigkeit) als solcher und dem ruhigen Lauf des Fahrzeuges läßt sich dynamisch keine unmittelbare Beziehung ableiten; denn gleichförmige Bewegung ist dem Ruhezustande gleichwertig. Nur insofern besteht zwischen beiden eine Beziehung, als die Rampenneigung gewisse Hubbeschleunigungen am Anfang und Ende der Rampe bedingt. Diese Beziehung ist aber bei der

³⁾ Übelacker: Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1926, Heft 24 und 1928, Heft 20; Baumann und Jaehn: Beziehungen zwischen Fahrzeug und Gleis zur Wahrung der Sicherheit bei hohen Fahrgeschwindigkeiten, Monatsschrift der Internationalen Eisenbahnkongressvereinigung 1932, Heft 11.

⁴⁾ Siehe „Die Gestaltung von Gegenbogen“, Verkehrstechn. Woche 1934, Heft 29.

geschwungenen Rampe ganz anders als bei der geraden Rampe, wie ein Vergleich von Gl. 5) mit Gl. 7) lehrt. Die Rampenneigungen $1:m$ bei gerader Rampe und $1:m_s$ bei geschwungener Rampe haben daher eine verschiedene Bedeutung im Hinblick auf den ruhigen Lauf des Fahrzeuges.

b) Die Änderung des Überschusses an Fliehbeschleunigung.

Wenn die Überhöhung an jeder Stelle eines Bogens immer gerade so groß wäre, daß durch sie die Fliehbeschleunigung aufgehoben würde, so käme die Fliehkraft dem Reisenden überhaupt nicht zum Bewußtsein und für die Gestaltung der Übergangsbogen wäre allein die Hubbeschleunigung maßgebend. Die theoretisch richtige Überhöhung wäre

$$h = \frac{0,0418 \cdot V^2}{R}.$$

Statt ihrer wird mit Rücksicht auf die langsam fahrenden Züge die kleinere Überhöhung

$$h = \frac{0,008 \cdot V^2}{R}$$

angewendet. Bei den schnellfahrenden Zügen ergibt sich daher ein Überschuß an Fliehbeschleunigung. Seine Größe ist bei der Bemessung der zulässigen Fahrgeschwindigkeit mit Rücksicht auf die größte zulässige Überhöhung ausschlaggebend. Hinsichtlich des Laufs der Fahrzeuge durch die Übergangsbogen, also in dynamischer Beziehung, kommt es dagegen nur auf die Änderung dieses Fliehkraftüberschusses in der Zeiteinheit an. Man bezeichnet sie mit Ψ (m/sec^3). Es handelt sich bei Ψ um die Wirkung, die man im gewöhnlichen Sprachgebrauch als „Ruck“ bezeichnet. Besondere Versuche⁵⁾ sowie die Erfahrung im Eisenbahnwesen haben gelehrt, daß die Empfindungsschwelle für Ψ etwa bei $\Psi = 0,3 m/sec^3$ liegt. Im Eisenbahnwesen fordert man gewöhnlich:

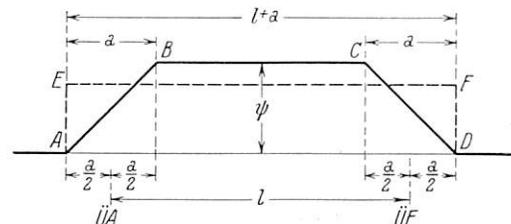
$$\Psi \leq 0,4 m/sec^3 \dots \dots \dots 9)$$

Diese Bedingung ist noch reichlich streng.

Bei gerader Rampe ist Ψ auf die Länge des Übergangsbogens konstant (Abb. 5d)⁶⁾:

$$\Psi = \frac{V^3}{46,66 \cdot l \cdot R} - 1,817 \cdot \frac{h \cdot V}{l} \dots \dots \dots 10)$$

⁵⁾ Vergl. P. Melchior: „Der Ruck“, Z. VDI 1928, Heft 50.
⁶⁾ In den Veröffentlichungen über diesen Gegenstand findet sich in Gl. 10) meist statt l der Wert $l+a$. Dies ist nicht richtig. Die geführte Länge des Fahrzeuges hat auf die Größe Ψ innerhalb des Übergangsbogens keinen Einfluß. Sie bewirkt nur, daß Ψ bei $\ddot{U}A$ auf die Länge a allmählich anwächst und bei $\ddot{U}E$ ebenso abnimmt. Der Verlauf von Ψ ist also bei gerader Rampe genau genommen dieser:



Vereinfacht kann man ihn allenfalls nach Abb. 5d darstellen. Mit $l+a$ dagegen erhält man statt des richtigen Verlaufs $A-B-C-D$ den Verlauf nach der gestrichelten Linie $A-E-F-D$, und Ψ ergibt sich dabei etwas kleiner, als es in Wirklichkeit ist. Der Unterschied ist im allgemeinen nur unbedeutend, da a gegen l meist ziemlich klein ist. Der Verfasser glaubt aber auf diesen Fehler, der sich einzubürgern droht, hinweisen zu sollen, weil die theoretisch richtige Gleichung [Gl. 10)] in diesem Falle zugleich die einfachere ist (l statt $l+a$).

Ferner sei noch auf einen anderen Fehler, der sich zuweilen findet, aufmerksam gemacht: Bei nicht überhöhten Bogen ohne Übergangsbogen ist

$$\Psi = \frac{V^3}{46,66 \cdot a \cdot R} \quad (\text{Fortsetzung S. 430.})$$

Bei geschwungener Rampe ist Ψ am Anfang und Ende des Übergangsbogens null und erreicht in Übergangsbogenmitte das Maximum (Abb. 6d):

$$\Psi_{\max} = \frac{V^3}{23,33 \cdot l_s \cdot R} - 3,634 \cdot \frac{h \cdot V}{l_s} \dots 11)$$

Außerdem tritt bei der Fahrt durch einen Übergangsbogen noch eine Drehbeschleunigung um die senkrechte Fahrachse auf:

$$\varphi'' = \frac{d^2 \varphi}{dt^2}$$

Über sie ist folgendes zu sagen:

φ'' ist dem Wert Ψ verhältnisgleich. Bei gleicher Übergangsbogenlänge $l_s = l$ ist daher φ''_{\max} in Übergangsbogenmitte doppelt so groß wie bei gerader Rampe. Der Drehbeschleunigung φ'' entspricht ein gewisser waagerechter Druck des führenden Rades auf die Bogenaußenschiene. Der gesamte Spurkranzdruck setzt sich zusammen:

1. aus der „Richtkraft“, die in den Bogen durch die gleitende Reibung bedingt ist,

2. aus dem Seitendruck, der dadurch entsteht, daß die Fliehkraft nicht ganz durch die Überhöhung ausgeglichen ist,

3. aus der Kraft, die nötig ist, um im Bereich des Übergangsbogens dem Fahrzeug die Drehgeschwindigkeit $\varphi' = \frac{V}{3,6 \cdot R}$

zu erteilen, die es um seine senkrechte Achse im Kreisbogen ausführt. Diese Kraft ist abhängig von der Drehbeschleunigung φ'' .

Rechnung und Erfahrung lehren nun, daß von diesen drei Einflüssen die beiden ersten bei weitem überwiegen. Der Einfluß von φ'' auf den Spurkranzdruck spielt nur dann eine Rolle, wenn kein Übergangsbogen vorhanden ist, also vor allem bei der Ein- und Ausfahrt in Weichen. Bei den hier in Frage kommenden Übergangsbogenlängen dagegen ist er sehr gering und daher bedeutungslos⁷⁾. Bei den Versuchen, die mit Gegenbogen vorgenommen wurden und sich über mehrere Jahre erstreckten⁴⁾, zeigte sich, daß die gegenseitige Höhenlage der Rampenschienen in ein bis zwei Jahren unter der Einwirkung des Betriebs sich merklich verschlechterte, und zwar bestand die Verschlechterung regelmäßig darin, daß die anfangs bereits vorhandenen kleinen Unregelmäßigkeiten in der Höhenlage sich nach und nach verstärkten. Solche „Löcher“ und „Knicke“ im Aufriß der Rampen bedingen nämlich Hubbeschleunigungen h'' , die eine beträchtliche Steigerung der Raddrücke zur Folge haben können. Ganz anders lagen dagegen die Verhältnisse hinsichtlich der Gleisrichtung. In mehreren Fällen war nach zwei Jahren auch bei schwachem Oberbau kaum eine merkliche Verschlechterung des Krümmungsverlaufs eingetreten. Kleine Unregelmäßigkeiten im Krümmungsverlauf verstärkten sich unter der Einwirkung des Betriebs weitaus nicht in dem Maße wie die senkrechten Lagefehler. Die Krümmungsfehler verursachen wohl Drehbeschleunigungen φ'' ; diese wiederum haben zusätzliche Spurenkranzdrücke zur Folge. Die Erfahrung lehrt aber eben,

Fortsetzung von S. 429.

Setzt man hierin $a = 1$, so ergibt sich das Ψ für die Fahrt durch einen Übergangsbogen ohne Überhöhung. Diese Gleichung findet man nun zuweilen auch für die Beurteilung überhöhter Bogen verwendet. Das ist nicht richtig. Denn bei überhöhten Bogen ist nicht die Änderung der Fliehbeschleunigung selbst maßgebend, sondern nur die Änderung des Überschusses an Fliehbeschleunigung [Gl. 10)]. Denn nur der Überschuss an Fliehbeschleunigung ist wirksam und seine Änderung kann sich als Ruck bemerkbar machen (vergl. Jaehn, Anm. 3).

⁷⁾ Vergl. Uebelacker: „Über die Massenwirkungen bei plötzlichen Richtungsänderungen im Lauf von Eisenbahnfahrzeugen“, Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1930, S. 271; Jaehn: „Der Lauf von Eisenbahnfahrzeugen durch Gleiskrümmungen“, Berlin 1927; Baumann: Mschr. int. Eisenbahn-Kongr.-Verein. 1932, H. 11, S. 2493.

daß diese zusätzlichen Kräfte im allgemeinen nur klein sind im Vergleich zu dem Spurkranzdruck, wie ihn das führende Rad ohnedies auf die äußere Schiene ausübt.

4. Zahlenbeispiel.

Es sei gegeben $V = 80$ km/h und $R = 350$ m. Ungünstige örtliche Verhältnisse gestatten die Anwendung eines Übergangsbogens mit gerader Krümmungslinie von nur $l = 90$ m. Es soll die Überhöhung $h = 0,130$ m angewendet werden. Die Rampenneigung wird damit:

$$1 : m = \frac{0,130}{90} = 1 : 692,$$

das ist $1 : m = 1 : 8,65 \cdot V$. Diese Rampenneigung gilt zwar nicht mehr als gut, aber noch als zulässig; denn im Notfall darf man bis auf $1 : m = 1 : 8 \cdot V$ heraufgehen. Abb. 5a zeigt den Übergangsbogen im Grundriß, Abb. 5b stellt das Rampenbild dar.

Der Verlauf der Hubbeschleunigung h'' ist in Abb. 5c dargestellt. Sie tritt bei RA und RE auf. Für ein Fahrzeug mit der geführten Länge $a = 8,50$ m ergibt sich nach Gl. 5):

$$h'' = \frac{0,13 \cdot 80^2}{12,96 \cdot 8,5 \cdot 90} = 0,084 \text{ m/sec}^2.$$

Sie überschreitet das wünschenswerte Maß $h'' \leq 0,05$ [Gl. 6)] bereits beträchtlich.

Abb. 5d zeigt die Änderung der Fliehbeschleunigung Ψ . Sie ist auf die Übergangsbogenlänge konstant. Nach Gl. 10) ist:

$$\Psi = \frac{80^3}{46,66 \cdot 90 \cdot 350} - 1,817 \cdot \frac{0,13 \cdot 80}{90} = 0,138 \text{ m/sec}^3.$$

Dieser Wert liegt unter dem zulässigen Betrag 0,4 nach Gl. 9).

Die erforderliche Seitenverschiebung ist in diesem Falle nach Gl. 4):

$$f = \frac{90^2}{24 \cdot 350} = 0,96 \text{ m.}$$

Der Übergangsbogen mit geschwungener Krümmungslinie und der gleichen Seitenverschiebung $f_s = f$ hat die Länge [Gl. 3)]:

$$l_s = \sqrt{2} \cdot l = \sqrt{2} \cdot 90 = 127 \text{ m.}$$

Sein Grundriß ist in Abb. 6a dargestellt. Abb. 6b zeigt das zugehörige Rampenbild und Abb. 6c den Verlauf der Hubbeschleunigung h'' . Sie verteilt sich über die ganze Übergangsbogenlänge und hat nach Gl. 7) den Wert:

$$h'' = \frac{0,13 \cdot 80^2}{3,24 \cdot 127^2} = 0,016 \text{ m/sec}^2.$$

Dieser Wert ist nur ein Drittel von 0,05 [Gl. 6)].

Abb. 6d zeigt den Verlauf von Ψ . Bei ÜA und ÜE ist $\Psi = 0$ und in Übergangsbogenmitte erreicht es den Höchstwert [Gl. 11)]:

$$\Psi_{\max} = \frac{80^3}{23,33 \cdot 127 \cdot 350} - 3,634 \cdot \frac{0,13 \cdot 80}{127} = 0,196 \text{ m/sec}^3.$$

Dieser Wert ist etwas größer als bei der geraden Rampe, er liegt aber immer noch weit unter dem zulässigen Maß 0,4 [Gl. 9)].

Der Vergleich dieser beiden Gestaltungen Abb. 5a bis d und Abb. 6a bis d lehrt folgendes: Bei gleichen Verschiebungen des Kreisbogens hat sich in diesem Falle mit der geraden Rampe eine zwar noch zulässige, aber schon etwas mangelhafte Lösung ergeben, mit der geschwungenen Rampe dagegen eine sehr gute Lösung, die einen einwandfreien Lauf der Fahrzeuge gewährleistet.

Man wende nicht ein, daß der Unterschied der beiden Lösungen unerheblich sei, weil in der praktischen Ausführung die Krümmungs- und die Überhöhungslinie von der planmäßigen abweichen! Denn diese Abweichungen sind sowohl

bei der geraden wie bei der geschwungenen Rampe vorhanden. Wenn grobe Fehler bei der Herstellung ausgeschlossen bleiben, so werden nach den Gesetzen der Wahrscheinlichkeitsrechnung in beiden Fällen die Abweichungen ebensoviel nach der einen wie nach der anderen Seite ausschlagen, so daß im großen Durchschnitt tatsächlich in dem einen Falle die gerade und in dem anderen die geschwungene Rampe vorhanden ist. Der Unterschied zwischen beiden läßt sich durchaus nicht hinwegleugnen. Keinesfalls ist es aber zulässig, zunächst willkürliche Abweichungen nach der einen oder anderen Seite hin anzunehmen und dann die auf diese Weise veränderten Krümmungs- und Überhöhungslinien miteinander zu vergleichen. Ein solches Verfahren ist nirgends gestattet. Ob es sich in der Statik um Belastungsannahmen oder Systemausmaße handelt oder im Wasserbau um Wassermengen und Kanalquerschnitte usf., immer wird bei Vergleichen mit den einmal zugrunde gelegten planmäßigen Werten gerechnet. Ginge man anders vor, so hingen alle vergleichenden Untersuchungen in der Luft, weil man dann immer leicht das beweisen könnte, was man sich vorher vornimmt. Handelt es sich also in unserem Falle um den Vergleich der geraden mit der geschwungenen Rampe, so darf man nur die theoretischen planmäßigen Krümmungs- und Rampenbilder (Abb. 1 und 2) zugrunde legen, nicht aber Formen, die diesen gegenüber willkürlich irgendwie verändert sind. Die sich aus der Untersuchung ergebenden Vergleichswerte entsprechen im großen Durchschnitt der Wirklichkeit.

5. Die erforderlichen Übergangsbogenlängen und Seitenverschiebungen bei geschwungener und gerader Rampe.

Wenn man die geschwungene Rampe ausführt und nach Gl. 8) fordert:

$$1 : m_s \leq 1 : 500,$$

so bleibt bei allen vorkommenden Fahrgeschwindigkeiten die Hubbeschleunigung h'' [Gl. 7)] unter der angegebenen Grenze von $0,05 \text{ m/sec}^2$ [Gl. 6)]. Desgleichen bleibt auch ψ [Gl. 9)] stets kleiner als $0,4$ [Gl. 9)]. Es genügt daher im Hinblick auf h'' und ψ bei geschwungener Rampe und Krümmungslinie für die Übergangsbogenlänge die Bedingung:

$$l_s \geq 1000 \cdot h.$$

Damit sich aber bei kleinen Fahrgeschwindigkeiten und Über-

höhungen nicht allzu kurze Übergangsbogen ergeben, empfiehlt sich weiterhin die Bedingung einzuhalten, daß die Übergangsbogenlänge in m mindestens so groß sein soll wie die Fahrgeschwindigkeit in km/h; d. h. zum Durchfahren des Übergangsbogens soll mindestens die Zeit von 3,6 Sek. zur Verfügung stehen. Die Zweckmäßigkeit dieser Forderung ist

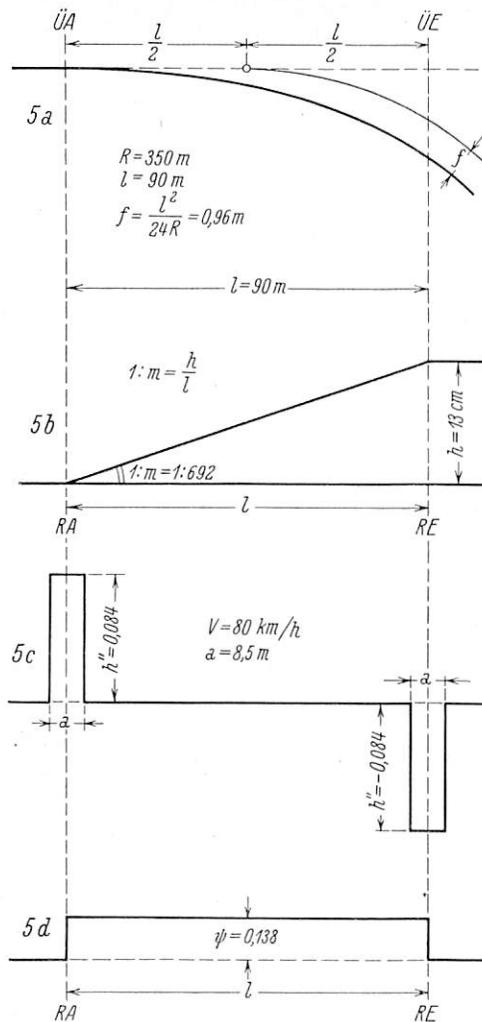


Abb. 5a bis d.

Gerade Überhöhungsrampe.

- a) Grundriß (verzerrt),
- b) Rampenbild (Krümmungslinie),
- c) Hubbeschleunigung h'' (m/sec²),
- d) Änderung der Fließbeschleunigung ψ (m/sec³).

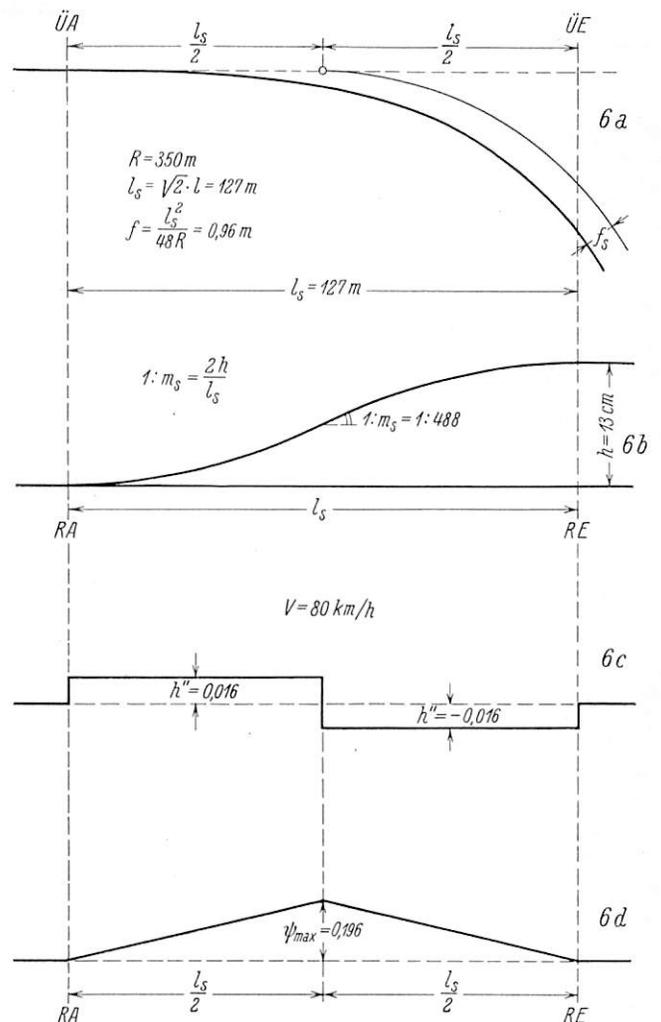


Abb. 6a bis d.

S-förmig geschwungene Überhöhungsrampe.

- a) Grundriß (verzerrt),
- b) Rampenbild (Krümmungslinie),
- c) Hubbeschleunigung h'' (m/sec²),
- d) Änderung der Fließbeschleunigung ψ (m/sec³).

allein anerkannt⁸⁾. Damit erhält man für die erforderliche Übergangsbogenlänge die Bedingungen:

$$\left. \begin{aligned} l_s &\geq 1000 \cdot h \\ l_s &\geq V \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 12)$$

Bei den geraden Rampen gilt mit Rücksicht auf die Hubbeschleunigung als Bedingung für ruhige Fahrt $1 : m \geq 1 : 10$. V. Dementsprechend wird die erforderliche Übergangsbogenlänge:

$$\left. \begin{aligned} l &\geq 10 \cdot V \cdot h \\ l &\geq V \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 13)$$

Eine Übersicht gibt die folgende Zusammenstellung. In Spalte 1 sind verschiedene Halbmesser von $R = 180 \text{ m}$ bis 1300 m angegeben, in Spalte 2 und 3 die zugehörigen Höchstgeschwindigkeiten und Überhöhungen, wie sie für den Triebwagenverkehr vorgesehen sind. Spalte 4 gibt die erforderlichen Übergangsbogenlängen, die bei geschwungener Rampe

⁸⁾ Vergl. Petersen (Anm. 2) und Jaehn (Anm. 3).

Zusammenstellung der erforderlichen Übergangsbogenlängen und Seitenverschiebungen.

			Geschwungene Rampe		Gerade Rampe	
1	2	3	4	5	6	7
R	V	h	l _s	f _s	l	f
m	km/h	mm	m	m	m	m
180	50	110	88	0,90	55	0,70
200	55	120	96	0,96	66	0,88
225	60	125	100	0,93	75	1,05
250	65	130	104	0,90	84	1,18
275	70	135	122	1,13	95	1,37
300	75	140	126	1,10	105	1,52
350	80	145	145	1,25	116	1,60
400	90	150	150	1,17	135	1,88
450	95	150	150	1,04	143	1,88
500	100	150	150	0,94	150	1,87
550	105	150	150	0,85	158	1,88
600	110	150	150	0,78	165	1,88
700	120	150	150	0,67	180	1,93
800	130	150	150	0,59	195	1,98
900	135	150	150	0,52	205	1,94
1000	145	150	150	0,47	220	2,01
1100	150	150	150	0,43	225	1,93
1200	155	150	155	0,42	235	1,93
1300	160	150	160	0,41	240	1,85

einen ruhigen Lauf der Fahrzeuge gewährleisten. Bei V = 50 bis 65 km/h ist m_s = 400 zugrunde gelegt, bei V = 70 bis 75 km/h m_s = 450 und bei V ≥ 80 km/h m_s = 500 [Gl. 8]. Spalte 5 enthält die zugehörigen Einwärtsverschiebungen der Kreisbogen [Gl. 2].

Die Spalten 6 und 7 geben die erforderlichen Übergangsbogenlängen und Seitenverschiebungen bei gerader Rampe.

Vergleicht man die Seitenverschiebungen in Spalte 5 mit denen in Spalte 7, so erkennt man, daß bei den kleineren Halbmessern und Fahrgeschwindigkeiten der Unterschied nur gering ist; bei den großen Halbmessern und Fahrgeschwindigkeiten dagegen werden die erforderlichen Seitenverschiebungen bei der geschwungenen Rampe bedeutend kleiner. Bei den Fahrgeschwindigkeiten über 120 km/h betragen die Unterschiede 1,50 bis 1,60 m. Es ist bekannt, daß bei den Linienverbesserungen die seitlichen Gleisverschiebungen, die durch die langen Übergangsbogen bedingt werden, zuweilen große Schwierigkeiten und Kosten verursachen. Ein Unterschied in der Seitenverschiebung von 1,60 m kann für die Ausführbarkeit einer Linienverbesserung manchmal von ausschlaggebender Bedeutung sein. Die Überlegenheit der geschwungenen Rampe in solchen Fällen liegt daher auf der Hand.

6. Die Ausführung.

Gegen die geschwungene Rampe ist gelegentlich eingewendet worden, sie sei viel schwieriger herzustellen als die gerade Rampe. Dieser Einwand verdient eine besondere Betrachtung.

Wenn man die geschwungene Rampe mit der geraden hinsichtlich der praktischen Ausführung vergleichen will, so muß man sich zunächst vor Augen halten, wie die gerade Rampe ausgerichtet wird. Die langen geraden Rampen, die nach den bestehenden Vorschriften bis zu 240 m lang werden (vergl. Zusammenstellung, Spalte 6), lassen sich nicht in der Weise ausrichten, daß man nur am Anfang und Ende der Rampen die Überhöhung mit der Wasserwaage herstellt und dann von RA bis RE durchfluchtet. Sie müssen vielmehr auf die

folgende Art ausgeführt werden: An einer größeren Anzahl von Zwischenpunkten, im allgemeinen an jedem Festpunkt, wird die Überhöhung genau mit der Wasserwaage hergestellt, und zwischen den Festpunkten werden dann die Rampenschienen mittels Visierkreuzen geradlinig zusammengezogen. Nur so entsteht bei größerer Länge eine einwandfreie gerade Rampe. Die Bahnunterhaltungsbeamten erhalten zu diesem Zweck eine Absteckübersicht, in der unter anderem die Überhöhungen an jedem Festpunkt der Rampen angegeben sind.

Wenn man nun genau das gleiche Verfahren bei der geschwungenen Rampe anwendet, d. h. zwischen den einzelnen Festpunkten der Rampe geradlinig zusammenzieht, so ergibt sich eine hervorragende Annäherung an die theoretische geschwungene Rampe nach Abb. 2. Eine einfache Untersuchung beweist dies:

Wenn nämlich die geschwungene Rampe durch die Festpunkte in n gleiche Teile geteilt ist und die Überhöhung von Festpunkt zu Festpunkt geradlinig verläuft, so weicht diese theoretisch gebrochene Rampe (Abb. 7) von der genauen, geschwungenen Rampe (Abb. 2) im Höchstfalle ab um den Wert:

$$F_h = \frac{h}{2 \cdot n^2} \dots \dots \dots 14)$$

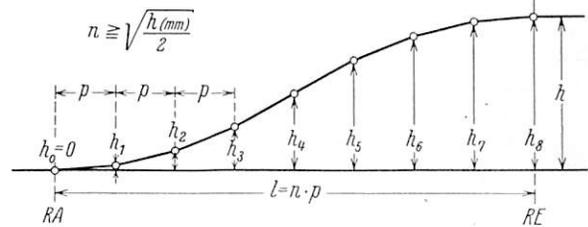


Abb. 7.

Ausführung der S-förmig geschwungenen Überhöhungsrampe.

Wenn man nun die Forderung stellt, daß dieser theoretische Fehler in der Überhöhung höchstens F_h ≤ 1 mm werden dürfe, so folgt aus dieser Gleichung für n die Bedingung:

$$n \geq \sqrt{\frac{h}{2}} \dots \dots \dots 15)$$

Hierin ist h in mm einzusetzen. Für die größte Überhöhung h = 150 mm muß demnach der Übergangsbogen durch die Festpunkte in mindestens

$$n = \sqrt{\frac{150}{2}} \approx 9$$

Teile geteilt werden. Bei der Übergangsbogenlänge von 160 m (vergl. Zusammenstellung, Spalte 4) ergibt dies einen Mindestfestpunktabstand von $\frac{160}{9} = 17,8$ m. Nun setzt man aber in

den Übergangsbogen die Festpunkte ohnedies allgemein in Abständen von nur 10 bis 15 m, damit der Übergangsbogen im Grundriß ohne weitere Hilfsmittel genügend genau nach dem Auge ausgerichtet werden kann. Die geschwungene Rampe erfordert daher keine engere Festpunktteilung als die gerade Rampe. Da das Arbeitsverfahren zum Herstellen der geschwungenen Rampe aber genau das gleiche ist wie bei der geraden Rampe, so kann von einer Mehrarbeit bei der geschwungenen Rampe überhaupt keine Rede sein. Um alle Irrtümer auszuschließen, kann man die einzelnen Überhöhungsmaße (selbstverständlich auf ganze mm abgerundet!) an die Festpunkte anmalen. Oder man kann sowohl die Höhe des niederen wie des hohen Schienenstranges festlegen. Dies geschieht durch waagerechte Kerben in den Schienenpfosten der Gleisfestpunkte. Wenn bei der einzigen im Schrifttum erwähnten Ausführung einer geschwungenen Rampe⁹⁾ angeblich

⁹⁾ Reichsbahn 1934, Heft 29.

eine große Mehrarbeit festgestellt worden sein soll, so kann das nur daran liegen, daß keine geeignete Arbeitsweise angewendet wurde. Vermutlich hat man versucht, einzelne Millimeter oder gar Bruchteile von Millimetern herauszuholen; dies ist aber beim Oberbau weder notwendig noch möglich. Es kommt hier eben sehr darauf an, daß die Sache wirklich praktisch angefaßt wird.

Ebensowenig wie die Herstellung verursacht die Absteckung irgendwelche Mehrarbeit, denn mittels des Winkelbildverfahrens kann man Bogen mit jedem beliebigen Krümmungsverlauf mit dem gleichen Arbeitsaufwand abstecken¹⁰⁾.

Es ist einmal behauptet worden, die geschwungene Rampe sei deshalb schwer herzustellen, weil sie eine „Raumkurve“ sei. Dabei ist übersehen, daß jede Rampe — ja, schon jeder gewöhnliche Kreisbogen, der in einer Streckenneigung liegt — eine Raumkurve ist, nämlich eine Schraubenlinie von mehr oder weniger entwickelter mathematischer Funktion, ohne daß deswegen irgendeine Schwierigkeit besteht. Den Begriff der Raumkurve in diesem Zusammenhang zu bringen ist daher abwegig. Ebensowenig hat es hinsichtlich der praktischen Ausführung Sinn von einer größeren „Empfindlichkeit“ der geschwungenen Rampe zu sprechen; denn wenn das Gleis durch Festpunkte ausreichend vermarktet ist, so ist es für die Herstellung und Unterhaltung ganz gleichgültig, welche mathematische Funktion zugrunde liegt. Mit Schlagworten kommt man in dieser Sache nicht weiter.

7. Zusammenfassung der Ergebnisse und Vorschlag.

Die folgenden Punkte aus der vorstehenden Untersuchung seien als wesentlich hervorgehoben:

a) Die Hubbeschleunigung wird bei gleicher Übergangsbogenlänge bei der geschwungenen Rampe wesentlich kleiner als bei der geraden Rampe.

b) Die erforderlichen Seitenverschiebungen des Kreisbogens werden bei gleicher Übergangsbogenlänge bei der geschwungenen Rampe nur halb so groß wie bei der geraden Rampe.

c) Besonders bei großen Fahrgeschwindigkeiten erlaubt die Gestaltung mit geschwungener Rampe die Anwendung kleinerer Übergangsbogenlängen als die Gestaltung mit gerader Rampe (vergl. die Zusammenstellung in Nr. 5).

d) Bei großen Fahrgeschwindigkeiten werden bei der geschwungenen Rampe und Krümmungslinie die erforderlichen Seitenverschiebungen bis zu 1,60 m kleiner als bei der geraden Rampe. Dadurch können die Kosten für eine Linienverbesserung zuweilen erheblich verringert werden.

e) Das Abstecken von Übergangsbogen mit geschwungener Krümmungslinie (Abb. 2) und die Herstellung und Unterhaltung der geschwungenen Rampen verursacht keine Mehrarbeit gegenüber den geraden Rampen.

f) Bei der Ausführung mit geschwungenen Rampen und Krümmungslinien ist keine engere Festpunktteilung erforderlich als die bei geraden Rampen übliche.

g) Die Gestaltung der Übergangsbogen mit geschwungenen Krümmungslinien und geschwungenen Rampen ist in sehr vielen Fällen die beste Lösung und der geraden Krümmungslinie und Rampe vorzuziehen.

Diese Ergebnisse können nicht überraschen; denn durch die Gestaltung mit geschwungener Rampe wird dem Fahrzeug eine Bewegung erteilt, die einem natürlichen Schwingungs-

vorgang ziemlich genau entspricht¹¹⁾. Daß aber eine solche Bewegung für die Fahrzeuge und das Gleis am günstigsten ist, hätte eines Beweises kaum bedurft. Die Frage der Rampengestaltung dürfte demnach theoretisch genügend geklärt sein.

Es kommt in der Technik häufig vor, daß die Anforderungen an irgendeine Konstruktion wachsen, sei es bei Brücken durch größere Verkehrslasten, bei Verschiebebahnhöfen durch größere betriebliche Belastung usw. Es entsteht in solchen Fällen immer die Frage, wie man sich den steigenden Ansprüchen mit dem geringsten Kostenaufwand anpassen kann. Gewöhnlich gibt es dabei zwei Möglichkeiten: Entweder man behält das bisherige System grundsätzlich bei und vergrößert irgendwie seine Ausmaße; oder aber man gibt das bisherige System auf und geht zu einer neuen Bauform über, die der größeren Belastung besser entspricht. Gerade so liegt die Sache bei der jetzigen fortgesetzten Erhöhung der Fahrgeschwindigkeiten der Züge. Die Untersuchung lehrt, daß in diesem Falle der geringste Aufwand sich nicht dadurch erzielen läßt, daß man die Übergangsbogen immer länger und länger macht, sondern dadurch, daß man zu einer zweckmäßigeren Bogen- und Rampenform übergeht und dadurch den erhöhten Anforderungen Rechnung trägt.

Einwandfreie Versuche fehlen jedoch bis jetzt. Die Sache liegt ähnlich, wie es mit der Frage der Zwischengeraden vor einiger Zeit war: In theoretischer Hinsicht bestand genügend Klarheit, aber die Bedenken schwanden erst, als einwandfreie praktische Versuchsausführungen vorlagen.

Aus dem einzigen Versuch mit geschwungener Rampe, der im Schrifttum erwähnt ist⁹⁾, kann man überhaupt keinen Schluß ziehen, denn er wurde so ausgeführt, daß er über das, worum es sich hier handelt, keine Auskunft geben kann. Es wurde nämlich eine geschwungene Rampe hergestellt mit $1:m_s = 1:1200$ und $l_s = 270$ m bei $R = 1500$ m. Mit den gleichen Seitenverschiebungen hätte man statt dessen auch einen Übergangsbogen mit gerader Rampe und Krümmungs-

linie herstellen können mit $l = \frac{270}{\sqrt{2}} = 191$ m Länge und

$1:m = 1:1700$. Diese Gestaltung wäre selbstverständlich praktisch ebensogut wie $1:m_s = 1:1200$. Der Vergleich zwischen $m_s = 1200$ und $m = 1700$ steht ja gar nicht zur Erörterung. Die Behauptung geht vielmehr dahin, daß in diesem Falle eine geschwungene Rampe von der Länge etwa $l_s = 160$ m ebensogut wäre wie eine gerade Rampe von der Länge $l = 191$ m. Dabei erfordert $l_s = 160$ m eine um 0,65 m geringere Seitenverschiebung als $l = 191$ m. Dies kann für die Kosten einer Linienverbesserung von ausschlaggebender Bedeutung sein.

Sachgemäß angestellte Versuche würden diese Verhältnisse sofort bestätigen. Es sei daher der folgende Vorschlag gemacht: Auf einer längeren Strecke, die für hohe Fahrgeschwindigkeiten neu abgesteckt und hergerichtet werden muß, werden entweder alle Bogen oder die Hälfte der Bogen mit geschwungenen Rampen ausgeführt, wobei für die Übergangsbogenlängen die Zusammenstellung in Nr. 5 (Spalte 4) zugrunde gelegt wird. Auf dieser Strecke könnte dann diese Gestaltung hinsichtlich ihrer Bewährung durch Nachmessungen, Versuchsfahrten usw. genügend erforscht werden. Dieser Versuch hätte den seltenen Vorzug, überhaupt nichts zu kosten und dazu sehr aufschlußreich zu sein. Je nach seinem Ergebnis wird man entweder die allgemeine Einführung der geschwungenen Rampe erwägen, oder man wird ihre Anwendung auf besondere Fälle beschränken, d. h. auf ungünstige örtliche Verhältnisse und hohe Fahrgeschwindigkeiten. Das zweite

¹¹⁾ Diese Zusammenhänge sind besonders deutlich aufgezeigt worden von Petersen („Die Gestaltung der Bogen im Eisenbahngleis“, Berlin 1920; s. ferner Anm. 2) und Watorek (Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1907, S. 186).

¹⁰⁾ Siehe „Das Winkelbildverfahren zum Abstecken von Bogen“, Z. Vermess. Wes. 1934, Heft 3 und 5; „Das Winkelbildverfahren, seine Anwendung auf das Neuabstecken vorhandener Gleisbogen und auf das Abstecken neuer Bahnlinien mit langen Übergangsbogen“, Mschr. int. Eisenbahn-Kongr.-Vereinigung. 1934, Heft 9.

scheint das Wahrscheinlichere zu sein. Die Möglichkeit dieser Gestaltung sollte jedenfalls, solange einwandfreie Versuche nicht vorliegen, durch zu enge Fassung künftiger Vorschriften nicht verhindert werden.

Der Versuch müßte allerdings hinsichtlich der Absteckung, der Ausführung und der Auswertung sachgemäß angestellt werden, nämlich so, daß er wirklich über das Auskunft gibt, was es zu zeigen gilt. Nur durch praktische Erfahrung, nicht durch theoretische Erörterungen auf dem Papier, wird man künftig in dieser Sache weiter kommen und zu einer endgültigen Klärung dieser wichtigen Frage gelangen, genau so, wie es bei den Gegenbogen der Fall war. Einstweilen ist die Frage als unerledigt anzusehen.

Gar keine Versuche sind jedoch immer noch besser als unzulänglich angestellte oder unrichtig ausgewertete Versuche. Solche können leicht falschen Ansichten den Schein des Rechtes verleihen und der richtigen Erkenntnis den Weg versperren.

Nachtrag.

Nachdem die vorstehende Arbeit sich bereits im Druck befand, hat der Verfasser von einer Versuchsausführung auf der Strecke Berlin—Hamburg erfahren, die die vorstehenden Untersuchungen vollauf bestätigt.

Es handelt sich um einen Bogen mit dem Halbmesser $R = 1450$ m, dessen Überhöhung im April 1934 auf 160 mm vergrößert wurde. Es wurden geschwungene Krümmungslinien und geschwungene Rampen angewendet von der Länge $l_s = 270$ m. Das ergibt eine Rampenneigung in Übergangsbogenmitte:

$$1 : m_s = \frac{2 \cdot 0,160}{270} = 1 : 845.$$

Dieser Bogen wird seit seiner Herstellung täglich im regelmäßigen Betriebe mit Fahrgeschwindigkeiten bis zu 160 km/h befahren. Bei geraden Rampen gilt $1 : m = 1 : 8 V$ als Grenzwert für die zulässige Rampenneigung. Bei dieser geschwungenen Rampe dagegen ist $1 : m_s = 1 : 5,3 V$. Dabei ist der Lauf der Fahrzeuge durch diese Rampen auch bei den höchsten Fahrgeschwindigkeiten (160 km/h) völlig einwand-

frei. Man erkennt daraus, daß die Abhängigkeit der Rampenneigung von der Fahrgeschwindigkeit (z. B. $1 : m \leq 1 : 8 V$) bei der geschwungenen Rampe ihren Sinn verliert, und daß man — wie nicht anders zu erwarten — bei der geschwungenen Rampe viel größere Rampenneigungen $1 : m_s$ zulassen kann als bei der geraden Rampe. Die erforderlichen Seitenverschiebungen werden dabei (vergl. die Zusammenstellung) wesentlich kleiner. Wollte man z. B. im vorliegenden Fall die gerade Rampe $1 : 10 V = 1 : 1600$ herstellen, so müßte der ganze Bogen gegenüber seiner jetzigen Lage um rund 1 m nach innen verschoben werden.

Weder die Absteckung noch die Herstellung des Bogens hat besondere Schwierigkeiten bereitet. Es ist somit, wenigstens an einem Beispiel, bereits praktisch erwiesen, daß die geschwungene Rampe bei hohen Fahrgeschwindigkeiten der geraden Rampe technisch und wirtschaftlich überlegen ist.

Man kann leicht abschätzen, welche Einsparungen sich jetzt durch die geschwungene Rampe erzielen ließen, wo man die Strecken für hohe Fahrgeschwindigkeiten herrichtet. Es dürfte sich jährlich um Beträge handeln, die viele Zehntausende von Mark ausmachen. Oder man könnte mit dem gleichen Kostenaufwand eine weit größere Streckenlänge für hohe Fahrgeschwindigkeiten herrichten als bisher, wenn man zur geschwungenen Rampe überginge. Denn bei dieser ist das Herstellen ausreichend langer Übergangsbogen meist mit sehr geringen Seitenverschiebungen möglich.

In früheren Jahren sind große Mittel aufgewendet worden für das Einlegen von langen Zwischengeraden, bis sich herausstellte, daß es ohne Zwischengerade besser und billiger geht. Jetzt besteht eine ähnliche Gefahr in erhöhtem Maße: Beim Herrichten der Strecken für hohe Fahrgeschwindigkeiten werden womöglich hohe Summen ausgegeben werden für große Bogenverschiebungen, wo viel bessere und billigere Lösungen mit der geschwungenen Rampe möglich sind.

Es handelt sich bei der Frage der Übergangsbogen-gestaltung eben durchaus nicht nur um wissenschaftlich interessante theoretische Untersuchungen, sondern um eine Sache von großer praktischer Bedeutung.

Kraftfahrtechnische Tagung der Automobil- und Flugtechnischen Gesellschaft im Verein Deutscher Ingenieure in Berlin am 29. und 30. Oktober 1934.

Der Vorsitzende der Automobil- und Flugtechnischen Gesellschaft, Graf von Soden, Friedrichshafen, gab zur Eröffnung der Haupttagung am 29. Oktober bekannt, daß sich die Automobil- und Flugtechnische Gesellschaft, deren Zweck die „Förderung des deutschen Kraftverkehrs im allgemeinen und insbesondere in technisch-wissenschaftlicher Beziehung“ sei, unter Wahrung ihrer Eigenschaft als selbständiger Verein mit dem VDI zusammengeschlossen habe, wodurch der VDI in seinem Verbandsverbande eine dauernde Einrichtung geschaffen habe, die sich noch mehr als bisher mit der Kraftfahrtechnik und dem Kraftverkehr befassen könne. Die Kraftfahrtechnische Tagung sollte vor allem der Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Technik dienen, um zu klaren Zielen für die Weiterentwicklung des Kraftwagenbaues zu gelangen. Die Zusammenarbeit ist besonders in der jetzigen Zeit einer stürmischen Weiterentwicklung des Kraftwagens und des Kraftwagen-Straßenbaues und bei der erforderlichen Umstellung auf heimische Bau- und Treibstoffe dringend nötig.

In der Begrüßungsansprache betonte der Herr Reichsverkehrsminister Freiherr v. Eltz-Rübenach als der Minister, dem in erster Linie die Aufgabe der Motorisierung des Verkehrs zufalle, die hervorragende Bedeutung, die gerade in der Jetztzeit der Mitarbeit des Ingenieurs bei den wirtschaftspolitischen Aufgaben zum Wohl von Reich und Volk zukomme.

Er ging dann weiter ein auf die Bemühungen des Reichswirtschaftsministers, um die Treibstoffversorgung auf eine inländische Rohstoffgrundlage zu stellen. Wo die Möglichkeit bestände, wie bei allen festliegenden Kraftfahrlinien, flüssige Treibstoffe durch feste oder gasförmige zu ersetzen, müsse dies geschehen. Als Beispiel erwähnte der Reichsverkehrsminister die Absichten der BVG in Berlin, gasförmige Brennstoffe im Omnibusbetrieb einzuführen, ferner die Erfahrungen im Kraftwagenbetrieb mit hochwertigen Gasen im Ruhrgebiet, nach denen auch die Verwendung von Leuchtgas, besonders für kommunale Fahrzeuge sich ermöglichen ließe. Sache des Ingenieurs sei es, auch die Verwendung von festen Brennstoffen in Fahrzeug-Gaserzeugern durchzusetzen. Schließlich begrüßte der Reichsverkehrsminister noch den vom VDI geplanten Wettbewerb für Kraftwagen mit festen und gasförmigen Treibstoffen im Frühjahr 1935.

Ministerialdirektor Brandenburg sprach sodann über Gesetzgebung und Verwaltung im Dienste des Kraftfahrwesens. Er hob vor allem die Tat des Führers hervor zur Beseitigung der Hemmungen gegen eine neuzeitliche Kraftfahr-gesetzgebung. Einheitlich für das Reich sind durch die neue Reichs-Straßenverkehrsordnung die Bestimmungen festgelegt für die Zulassung der Verkehrsteilnehmer zum Verkehr und ihr Verhalten im Verkehr. Durch die neue einheitliche

Verkehrsordnung sind mehrere tausend Polizeiverordnungen der Länder und Gemeinden endlich verschwunden. Die Reichs-Straßenverkehrsordnung selbst gibt nur noch die Ziele an, während die Ausführungsanweisung die mit der Entwicklung veränderlichen Mittel zur Erreichung der Ziele angibt. Durch Fortfall einengender Einzelbestimmungen hat der Konstrukteur größere Freiheit erhalten. Mit Rücksicht auf den schwächsten Punkt der Straßen, die Brücke, ist eine einfache Beziehung zwischen Achsdruck und Achsabstand geschaffen worden, als Grundlage für den Bau von Kraftwagen zusammen mit einer Längenbegrenzung der Fahrzeuge. Die dadurch mögliche Erhöhung des Gesamtgewichts ohne Erhöhung der Achsdrücke, erhöht ebenso wie die jetzt zulässige größere Breite die Wirtschaftlichkeit der Kraftfahrzeuge. Für die Bereifung sind unter gewissen Einschränkungen auch Vollgummireifen wieder zugelassen worden. Durch die Vorschrift einer meßtechnisch nachprüfaren Verteilung der Beleuchtungsstärke bei abgeblendeten Scheinwerfern ist die Blendefahrer beseitigt worden, ohne die Entwicklung der Beleuchtung zu hemmen. Für die Bremsen sind Verzögerungswerte festgesetzt worden, die sich mit jetzt brauchbaren Meßgeräten nachprüfen lassen. Der Lärmbekämpfung dient die Festsetzung höchster nachmeßbarer Geräuschstärken.

Die Bestimmungen der Reichs-Straßenverkehrsordnung sollen zugleich die Grundlage für eine vernünftige Rechtsprechung über den Kraftwagenverkehr abgeben, als deren Folge wieder eine Senkung der Haftpflichtversicherungsprämien erwartet wird. Schließlich hat die neue Verkehrsordnung noch materielle Erleichterungen für den Kraftwagenverkehr durch Senkung aller Gebühren, und psychologische Erleichterungen bei dem Erwerb des Führerscheins, durch Fortfall des Ausbildungszwangs und, bis auf Zweifelsfälle, der ärztlichen Untersuchung, vereinfachte Prüfung und sofortige Aushändigung des Führerscheins gebracht. Leider läßt die verkehrswirtschaftliche Gesetzgebung, die für die Reichsbahn besonders im Güterverkehr wichtig ist, zur Beseitigung des Kampfes zwischen Schienen- und Straßenverkehr, noch immer auf sich warten. Auf diesem Gebiet wird es wohl nicht ohne Machtspruch abgehen. Im Personenverkehr wird ein kommendes Gesetz den öffentlichen Verkehr, unter klarer Verteilung der Aufgaben, allgemein unter die Führung des Reiches bringen. Erlaß und Durchführung der Verkehrsgesetze und Verordnungen liegen zum Vorteil des Ganzen jetzt zusammen in der Hand des Reichsverkehrsministers. Weitere Aufgaben hat das Reichsverkehrsministerium, mit seiner besonderen Abteilung für die Kraftverkehrsangelegenheiten, in der Organisation des Forschungswesens und in dem Zusammenschluß der Großverbraucher zu einer Arbeitsgemeinschaft, von dem aus als Machtfaktor die Entwicklung der Technik richtunggebend zu beeinflussen ist und der durch die Macht des Käufers auch eine Vereinheitlichung der Fahrzeuge herbeiführen wird.

Die noch fehlende Einheitlichkeit im Versicherungswesen, besonders auch auf dem Tarifgebiet, würde die Motorisierung stark fördern können. Der neu eingeführte Kraftfahrzeugbrief dient neben der Eigentumssicherung der Statistik und der konjunkturellen Marktforschung.

In seinem Vortrag über Heimische Treibstoffe ging Professor Drawe, Berlin, davon aus, daß im Deutschen Reich 1933 von dem Gesamtverbrauch an flüssigen Treibstoffen in Höhe von etwa 1,9 Millionen Tonnen nur etwa $\frac{1}{3}$ im Inland erzeugt wurden. Eine Inlandserzeugung an flüssigen Treibstoffen bis zu 1,4 Millionen Tonnen und mehr wird sich durch Erhöhung der Erzeugung aller vorhandenen Anlagen und durch die geplanten neuen Gewinnungsanlagen erreichen lassen. (Druckhydrierungsanlagen, auch verbunden mit Braunkohlenschwelanlagen, Benzinsynthese nach Fischer, erhöhte Benzolgewinnung und Erdölförderung.) Wichtig ist dabei

die Verwertung der anfallenden Nebenstoffe, wie Schwelkoks, der möglichst stückig anfallen müßte, und Treibgase verschiedener Art.

Feste und gasförmige Treibstoffe stehen als Ersatz für flüssige Treibstoffe in mehr als ausreichendem Maße zur Verfügung. Als fester Brennstoff kommt an erster Stelle Brennholz in Betracht. Bei richtiger Bemessung der Holzgaserezeuger und der Verdichtung der Vergasermotoren ergeben sich schon jetzt bei den ersten Lastkraftwagen und Omnibussen, die mit Holzgas fahren, bei durchaus sicherem Betrieb, Treibstoffkosten, die niedriger sind als bei einem Betrieb mit Dieselmotoren. Mit Holzkohle, Torfkoks und Schwelkoks, als teerfreie feste Brennstoffe sind auch schon Kraftwagen durchaus befriedigend gefahren worden. Ausgezeichnete Treibstoffe, die in Druckflaschen auf den Fahrzeugen mitgeführt werden, sind ferner Treibgase, wie Stadtgas, Koksofengas (Ferngas), Ruhrgasol, Propan, Butan u. a. m. Namentlich die drei letzten Gasarten, die bei geringem Druck als Flüssiggas leichte Druckflaschen gestatten, lassen sich bei großem Fahrbereich der Fahrzeuge mit einer Füllung der Flaschen, in sehr reinlichem Betriebe gut verwenden und sind auch bereits an mehreren Stellen im praktischen Betriebe mit vollem Erfolg verwendet worden. Die Tankstellenfrage ist für feste und flüssige Brennstoffe bei Kraftfahrzeugen bisher am leichtesten für Brennholz zu lösen gewesen.

Der Kohlenstaubmotor macht jetzt auch Fortschritte. Dampfkraftwagen, wie die Henschelschen Doble-Kraftwagen, geben bei der bisherigen Verfeuerung von Braunkohlenteerheizölen, die sich in normalen Fahrzeug-Verbrennungsmotoren noch nicht verwenden lassen, schon einen billigeren Betrieb als Kraftwagen für flüssige Leichttreibstoffe, bei später möglicher Verwendung von Steinkohlenteeröl würden sie auch den Dieselmotoren in den Treibstoffkosten überholen. Für einen Nahverkehr im Stadtbereich sind Elektrofahrzeuge vorzuziehen, die nach den Erfahrungen der Reichspost billig in der Unterhaltung und bei Verwendung von Nachtstrom auch billig in den Energiekosten sind.

Kraftwagen und Straße in ihrer Wechselwirkung behandelte der Vortrag von Prof. Kamm, Stuttgart. Das Kräftepiel zwischen Rad und Boden, der Antrieb, die Massenwirkungen des Fahrzeugs und die einwirkenden Luftkräfte sind bestimmend dafür, daß sich das Kraftfahrzeug auf der Fahrbahn hält. Für die Fahrannehmlichkeit und auch für die Fahrsicherheit sind die Federung, die Radführung und Rad-aufhängung und die Reifen besonders wichtig. Die verschiedenen Einflüsse werden durch Untersuchungen an den Fahrzeugen selbst und an Modellen sowie durch theoretische Betrachtungen geklärt werden können. Für sichere Fahrt bei hohen Geschwindigkeiten auf Kraftfahrbahnen bleibt die Reifenfrage besonders noch zu klären.

Die Anforderungen an Schmieröle besprach Dr. Ing. von Philippovich, Berlin, in einem Vortrag über Motor und Schmierung. Zu prüfen sind bei den Schmierölen Stockpunkt, Höhe und Kurve der Zähflüssigkeit, Rückstandbildung, Oxydation und Korrosion. Ein brauchbares Maß für die Prüfung der Schmierfähigkeit von Ölen gibt es noch nicht. Die Prüfung der Öle im Motor ist immer noch die einzig zuverlässige. Dabei sind aber für einwandfreie Versuchsergebnisse die Versuchsbedingungen genau einzuhalten. Die einwandfreie Prüfung der Öle ist eine Vorbedingung für eine Verbesserung der Öle. Die laboratoriumsmäßige Prüfung der einzelnen Werte der Öle kann erst wertvoller werden, nachdem die Prüfung im Motor (auch Prüfmotor) bei zahlenmäßig erfaßbaren Bedingungen sichere Werte ergeben hat.

Die Beziehungen zwischen Luftwiderstand und Form des Kraftfahrzeugs besprach Prof. Betz, Göttingen, in einem Vortrag über den Luftwiderstand der Kraftfahrzeuge.

Mit wachsender Geschwindigkeit wird die stromlinienförmige Gestalt der Kraftfahrzeuge immer wichtiger für die nötige Begrenzung der erforderlichen Antriebsleistung. Bei Verkehrsfahrzeugen führen die Anforderungen an Raum für die Fahrgäste zu einer mittleren Lösung durch richtige Annäherung an eine Stromlinienform. Bei hoher Geschwindigkeit ist auch der Einfluß des Luftwiderstands auf die Lenkung des Wagens zu beachten, besonders bei plötzlichem Seitenwind. Die Stauberzeugung ist unabhängig vom Luftwiderstand. Der Staub wird nur durch die Luftwirbel weiter ausgebreitet. Die Frage der Luftbremsen wurde im Vortrag auch noch gestreift. In der Erörterung über den Vortrag wurde die Frage der Erhöhung des Rollwiderstandes bei höheren Geschwindigkeiten aufgeworfen.

Motor und Brennstoff behandelte Dr. Ing. Schmidt, Breslau. In die Verbrennungsvorgänge im Zylinderraum haben erst neuste verfeinerte Meßeinrichtungen einen Einblick gegeben. Die Treibstoff-Luftgemischbildung ist bei Vergasermotor mit Fremdzündung und beim Dieselmotor mit Eigenzündung ganz verschieden. Für Vergaser-Treibstoffe ist die Klopfestigkeit ausschlaggebend, für Bewertung der Dieseltreibstoffe die Zündverzögerung. Die motorische Prüfung der Treibstoffe ist unbedingt nötig, da die reine chemische Bewertung noch zu unsicher ist. Das Motorschmieröl wird im Betrieb durch die Verdünnung durch den Treibstoff verändert, am günstigsten liegt der Fall noch beim Dieselöl, bei dem wieder die Rußflockenbildung am größten ist. Für die Beurteilung der Treibstoffe kommen handelstechnische, betriebstechnische und motortechnische Werte in Betracht.

Über Normung und Fertigung von Kraftwagen in ihrer Wechselwirkung sprach Prof. Heidebroek, Dresden. Die Voraussetzung für den Bau großer Reihen und die Verbilligung von Kraftfahrzeugen ist die Vereinheitlichung der Einzelteile. Die Ersatzteillager für die verschiedensten einmal gebauten Fahrzeuge mit ihren großen schlecht ausgenutzten Geldwerten sind das Gegenstück zur dauernden Weiterentwicklung der Kraftfahrzeuge ohne hinreichend vereinheitlichte Einzelteile. Die Arbeiten des Fachnormenausschusses der Kraftfahrindustrie (Fakra), die zur Aufstellung zahlreicher Normenblätter führten, wie sie in dem Bande „Normen für den Kraftfahrbau“ vom Jahre 1931 und 1933 vorliegen, können erst dadurch sich voll auswirken, daß die Normblätter für verbindlich erklärt werden. Zu diesem Zweck mußten sie neuerdings nochmals durchgeprüft werden. Die Kraftfahrzeugnormung kann gefördert werden durch die Eigennormung größerer Fahrzeughersteller, die Normungsforderungen der großen Abnehmergruppen (Reichsbahn, Reichspost, Reichswehr und Kraftverkehrsgesellschaften) und nötigenfalls durch eine übergeordnete Stelle, die die Normen für verbindlich

erklärt. Tatsächlich ist die Normung erst richtig durchgedrungen bei wenigen Teilen, wie besonders Kolbenringen, Rädern, Reifen, ebenso bei Passungen und Gewinden. Bei der Fertigung der Kraftwagen entfällt etwa die Hälfte des Herstellerpreises auf Kosten für Werkstoffe und die fertig oder halbfertig bezogenen Teile. Die zugelieferten Teile würden sich bei nicht ständigem Wechsel in den Anforderungen und bei hinreichender Stückzahl am leichtesten normen lassen. Dasselbe ist der Fall und besonders wichtig für die Werkstoffe. Durch die Normung würde sich der hohe Anteil der Werkstoffkosten und der bezogenen Teile am Herstellerpreis senken lassen. Das ist auch eine Bedingung für eine einheitliche Massenerzeugung und eine dauernde, auch im Export, lebenskräftige Kraftfahrzeugindustrie. Normung und Vereinheitlichung brauchen keineswegs den technischen Fortschritt zu behindern. Zum Teil können die technischen Probleme auch nur in freiwilliger Gemeinschaftsarbeit gelöst werden. Ein Vorschlag geht dahin, die Regelfertigung stärker zu trennen von der Entwicklungstechnik.

Prof. Spannhake, Karlsruhe, behandelte in seinem Vortrag die Hydraulischen Getriebe, die neuerdings immer mehr verlangt werden, da sie einen geräuschlosen Gang, eine nachgiebige Übertragung und Übersetzungen in stufenlosem Übergang ergeben und vor allem die Schaltarbeit fortfallen lassen. Hydraulische Getriebe nach dem Verdrängungs- und Strömungsprinzip führte der Vortragende in ihrer grundsätzlichen Ausführung in Lichtbildern vor. Die großen konstruktiven und fabrikatorischen Schwierigkeiten bei Verdrängungsgetrieben, durch die auch deren Leistungen beschränkt werden, haben dazu geführt, daß neuerdings Strömungsgetriebe, die vor mehr als 25 Jahren schon von Föttinger erfunden waren, bevorzugt werden. Diese Getriebe ergeben bei gleicher Motordrehzahl und -Leistung mit sinkender Ausgangsdrehzahl steigende Ausgangsdrehmomente. Mit Rücksicht auf den Wirkungsgrad richtet man die Getriebe für zwei oder mehrere feste Betriebspunkte ein. Als Kupplung ergibt ein Strömungsgetriebe Wirkungsgrade bis 98% und als Wandler bis 90%. Die Anzugsmomente betragen das drei- bis vierfache des normalen Ausgangsdrehmoments.

Schließlich sprach noch Dipl.-Ing. von Thüngen, Friedrichshafen, über mechanische Getriebe (Zahnrad-, Reibrad- und Schaltwerksgetriebe) und besonders über die Wege, die eingeschlagen worden sind, um möglichst die neuzeitlichen Forderungen hinsichtlich Wirkungsgrad, Laufruhe, Stufenlosigkeit und Schalterleichterung zu erfüllen. Dem Endziel der mehr oder minder selbsttätigen Schaltung läßt sich bei mechanischen Getrieben nur durch umständliche Antriebe näher kommen. In Lichtbildern führte der Vortragende eine sehr große Anzahl von Getriebebauarten vor. Küsel.

Rundschau.

Bahnunterbau, Brücken und Tunnel; Bahnoberbau.

Über die Einwirkung des Frostes auf die Strecke.

Über die Einwirkung des Frostes auf die Strecke ist auf Grund der Erfahrungen vieler Länder aus den kalten Wintern 1928 und 1929 in der Zeitschrift des Internationalen Eisenbahnverbandes, 1933, berichtet.

Die Kälte wirkt auf das Planum bei schlecht ausgeführter Arbeit oder bei schlechtem Material ein in der Form von Auftreibungen, den sogenannten Frostbeulen. Diese Verformungen der Strecke treten zumeist bei schlechter Entwässerung und hier besonders bei lehmig-kreidigem, feinkörnigem Material auf. Dann schwellen die Dämme auf; in den Einschnitten quillt das Lehmmaterial beim Auftauen zwischen Bettung und Schwellen hoch; die Gleise sinken ein; die Böschungen rutschen ab oder stürzen bei schlechtem Felsgefüge zusammen. Das Planum soll daher möglichst

nur aus wasserdurchlässigem Material hergestellt werden. Gutwirkende, ausreichende Entwässerungen müssen eingebaut werden. Bei lehmigem Material werden 50 bis 60 cm Kohlschlacke aufgebracht; darunter wird eine 4 bis 6 cm dicke Bitumendecke als Dichtungsschicht gelegt. Felsböschungen werden vor Frost- und Tauwetter von abgewettertem Gestein freigemacht. Dauerschutz kann durch Bepflanzung, Futter- und Stützmauern, Vergießen der Fugen mit Zementmörtel und Schutzgalerien erreicht werden. In England werden entlang solcher Felsböschungen Warnungsdradleitungen gezogen, bei deren Zerstörung ein Warnungssignal ausgelöst wird.

Wie beim Planum entstehen auch bei nicht reiner Bettung Frostbeulen. Dabei sind nicht die starken und kurzen, sondern die schwächeren, aber lange Zeit anhaltenden Fröste mit $\bar{z} - 6^{\circ}\text{C}$

die gefährlichsten. Die Auftreibungen und Gleisbewegungen führen häufig zu Schienenbrüchen, außerdem verursachen sie starke Schwankungen der Fahrzeuge und können Entgleisungen hervorrufen. Hartsteinschlagbettung aus Basalt, Porphyr oder Granit ist gegen Frost fast unempfindlich. Kalkstein, Sandstein, Schlacken und Bettung aus Sand mit Schotter saugen Wasser, ballen beim Gefrieren zusammen und quellen in der Oberflächenschicht. Italien schreibt daher Prüfung des wassergetränkten Bettungsmaterials bei -15°C bis zu $+35^{\circ}\text{C}$ vor.

Holzschwellen werden durch Frost zumeist nur dann zum Bersten gebracht, wenn schon starke Risse und Sprünge vorher vorhanden waren. Buchenschwellen sind dabei weniger widerstandsfähig als Tannenschwellen. Auf Eisenschwellen übt Frost keinen merklichen Einfluß aus.

Die größere Zahl der Schienenbrüche im Winter verrät von selbst die größere Schadeinwirkung des Frostes auf die Schienen gegenüber der Wärme. Verschiedene Ursachen wirken zusammen. Die größere Sprödigkeit des Metalls bei Frost führt sehr leicht zu Brüchen und zwar meist an den Stellen von Fehlern der Metallstruktur und von nichtmetallischen Einschlüssen (Seigerungen, Randblasen und Einschlüsse). Durch den Frost tritt außerdem eine Elastizitätsminderung der Bettung und des Planums ein; die Beanspruchung der Schienen durch die Radstöße wird damit größer. Ferner wird die Höhe der Auflagerungen der einzelnen Schiene durch Frostaftreibungen ungleich; die Schiene wird dann ein kontinuierlicher Träger auf fast starren Stützen von ungleicher Höhe. Die Beanspruchung der Schiene wächst damit auf das Dreifache des Normalfalles. Die Zusammenziehung des Metalls bei Kälte wird erst bei Temperaturen $> -8^{\circ}\text{C}$ fühlbar, während Temperaturen zwischen $+9^{\circ}\text{C}$ und -8°C so geringe Zusammenziehungen hervorrufen, daß bei geeigneten Landes- und Jahrestemperaturen das Schweißen der Schienen für ungefährlich gehalten wird. Zu den größeren Beanspruchungen der Schiene bei Kälte tritt häufig noch die geringere Bahnunterhaltung und Überwachung im Winter.

Die Einwirkungen des Frostes auf die Stellwerkanlagen sind sehr zahlreich. Erwähnt seien der größere Gestänge- und Seilzug, das Zusammenfrieren der verschiedenen Zugseile, das Einfrieren der Rollen, schlechter Gang der Weichenzungen infolge Änderung der Weichenlage durch Frostbeulen und besonders die Ansammlung von Schnee in den Weichenzungen. Abhilfe bringt die gute Wartung der gesamten Anlagen, Schmieren mit Fetten, die erst bei niedrigen Temperaturen erstarren und Auftauen mit Lötampen oder mit petroleumgetränktem Werg. Für eine gute Weichenlage ist grundsätzlich notwendig, daß als Bettung bester Hartsteinschotter eingebaut wird.

Weitere Ausführungen beziehen sich auf die Wirkung der Schneelagen auf den Zuglauf und auf die Beseitigung durch Schneeräumer und Schneepflüge.

Neuerdings werden besonders in Italien auf feuchtluftreichen Strecken Erfahrungen gesammelt über die Einwirkung des Frostes auf die elektrische Zugförderung. Es bilden sich um die elektrischen Drahtleitungen dicke Eismäntel. Durch Erwärmen der Leitungen mit großen Strommengen wird diese Eismantelbildung sehr gehemmt. Außerdem brechen besonders geformte Stromabnehmer auf Sonderwagen die Eisgürtel ab. Auf Strecken mit Stromschienen entfernen Metallbürsten den Schnee.

Für genauere Ausführungen wird auf den Bericht selbst verwiesen.

Meid.

Unkrautvertilgung auf Sowjetbahnen.

(Vergl. Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1928, S. 77 und 159.)

Die Sowjetbahnen sind durch die kahlen Salzböden im Südosten der Union, in Ostsibirien und Mittelasiens, also durch natürliche Erfahrungen, dahin geführt worden, daß sie dem bei uns eingebürgerten Natriumchlorat zwei ihnen von der Natur gebotene Salze, Chlornatrium (NaCl) und Soda (Na_2CO_3), vorziehen. Abgesehen davon, daß Rußland selbst kein Natriumchlorat hat und der Fremdbezug teuer wäre, spricht man ihm auch die Dauerwirkung ab.

Das Natriumchlorat bringt ebenso, wie die oft empfohlenen Arsenikverbindungen, in den Zellen, die ja einen hohen Sauerstoffgehalt haben, Oxydationsvorgänge hervor. Die Oxydationswirkung in den Zellen führt zur Vernichtung der Teile über der Erde,

auf die das Salz unmittelbar fällt. Einjähriges Unkraut kann auf diese Weise vertilgt werden, aber zwei- und besonders mehrjähriges Unkraut, das sich doch in der erdrückenden Überzahl befindet, wächst bald von neuem nach, da sich das Unkraut außer durch Samen hauptsächlich durch Wurzelschößlinge fortpflanzt.

Der Kampf mit dem Unkraut muß sich also darauf richten, dem Boden überhaupt das Vermögen zu entziehen, Samen, die immer in großer Menge vom Wind herbeigetragen werden, aufkeimen und sich weiter entwickeln zu lassen. Die Bettung muß für Unkraut überhaupt unempfindlich gemacht werden. Die Bodenkunde kennt solche Böden; es sind die in Rußland nicht seltenen Salzböden. Ihre Unfruchtbarkeit beruht auf ihrem hohen Gehalt an Chlornatrium und Kohlensäurem Natrium (Soda).

Diese Salze rufen infolge hohen osmotischen Druckes eine physiologische Trockenheit des Bodens hervor. Die Pflanzen verdursten selbst in feuchtem Boden. Amerikanische Forscher haben festgestellt, daß diese abgestorbenen Wurzelzellen immer starke Plasmolyse (Schrumpfung der Zelle infolge Wasserentziehung, Abhebung des Zellkörpers von der Zellwand) aufweisen, wobei sie auch die Fähigkeit eingebüßt haben, von neuem Wasser aufzunehmen. Soda wirkt noch verderblicher als Chlornatrium, denn bei ihm wirkt die Zerstörung unmittelbar auf die Gewebe, besonders auf die Enden der Wurzelhärchen. Die Wirkung der Salze macht sich auch auf die Entwicklung der Samen geltend. Ihr Aufquellen und Keimen wird um so mehr aufgehalten, je stärker die Sättigung der Bodenlösung ist; bei starker Sättigung kommt es überhaupt nicht zustande.

Versuche mit Chlornatrium und Soda wurden schon 1927 an der Moskau-Kasan-, Rjasan-Ural- und namentlich auf der Omsker-Bahn angestellt. Die Omsker-Bahn besitzt an ihrem Kulundinsker Zweig natürliche Salzseen. So enthält der Burlinsker See in seiner Sole bis zu 22% Kochsalz. Vorläufige Versuche im August 1928, wobei am Burlinsker See einfach 5 l Seewasser auf den m^2 Fahrbahn (Sandbettung) gegossen wurden, ergaben die völlige Vernichtung des Pflanzenwuchses. In lehmiger Bettung war die Wirkung bedeutend schwächer. Im Jahre 1929 wurden die Versuche mit Salzsole aus dem Burlinsker See fortgesetzt, aber auch neue mit Kochsalzlösung und Soda in größerem Maße angestellt. Man bediente sich dabei zweier besonders hergerichteter Tender an Stellen, die mit Quecke, Landriedgras und anderem Unkraut stark bewachsen waren. Es waren 27 Versuchsstrecken von etwa 10 km Gesamtlänge, 16 davon mit Sole aus dem Burlinsker See, vier mit Sodalösung, vier mit Kochsalzlösung und drei mit verdünnter Sole. Bei allen Versuchen trat völlige Vernichtung ein, drei Jahre lang zeigte sich kein Unkraut mehr.

Nur auf den Bermen begann dann das Unkraut wieder zu wachsen, allerdings auch die Fahrbahn zu erklimmen. Entweder hatte man also den Bermen zu wenig Aufmerksamkeit zugewendet oder die Salze waren hier weggewaschen worden.

Der anfängliche Salzanflug an den Eisenteilen verschwand unter dem Einfluß der Winde und der Erschütterungen durch die Züge schnell. Dann aber wurde auf die ganze Versuchszeit eine schädliche Einwirkung auf die Eisenteile nicht beobachtet. Die Wirkung auf die Bettung könnte nur bei lehmiger Bettung, namentlich durch Förderung der Frostbeulen, bedenklich sein. Aber schließlich ist nicht überall wie bei den Sowjetbahnen in solichem Umfang mit verschmutzter Bettung zu rechnen.

Dr. Saller.

Anmerkung der Schriftleitung: Der Forderung, Bettung und Untergrund für Unkraut taub und unempfindlich zu machen, trägt auch die viel geübte Einschaltung einer Zwischenschicht von Schwefelkies-Abbrand beim Neu- oder Umbau von Gleisen Rechnung.

Eisenbetonbogen mit Zugband als Eisenbahnbrücke*).

Beim Bau der Soganti-Su-Brücke in Anatolien hat eine interessante Neuerung Anwendung gefunden. Der technisch wichtigste Teil dieser 120 m langen Eisenbahnüberführung ist die Überbrückung der Hauptöffnung, die als Bogen mit aufgehängter Fahrbahn ausgebildet ist. Es ist ein äußerlich statisch bestimmter

*) Beton und Eisen. Schweiz. Bauztg.

Zweigelenkbogen mit Zugband. Die theoretische Spannweite von 51 m verhält sich zum Bogenstich wie 5:1. Bei dieser Konstruktion war die Ausschaltung der Zusatzkräfte und Formänderungen aus Schwinden und Bogenverkürzung infolge Eigengewicht besonders wichtig. Es wurden zunächst die beiden, als Rippenquerschnitt ausgebildeten und mit provisorischen Scheitelgelenken versehenen Bögen betoniert, wobei man die Stichhöhe 10 cm unter dem endgültigen Maß hielt. Alsdann wurde die Fahrbahn auf eine Rüstung und Schalung erstellt, die durch Eisenstangen ($3\frac{1}{4}$ " an den Bogen hing. Dabei bestand das Zugband aus nackten Eisenstangen ($4 \text{ } \varnothing 140 \text{ mm}$ je Bogen) die in Röhren durch die Fahrbahnquerträger gleiten konnten; ein Streifen der Fahrbahnplatte war in der Brückenmitte offen gelassen. Auf die Fahrbahn wurde dann eine gleichmäßig verteilte Last vom halben Betrag der endgültigen Nutzlast aufgebracht. Die unter Vorspannung sich befindenden Eisenstangen, sowie die provisorischen Scheitelgelenke wurden schließlich einbetoniert und die künstliche Belastung entfernt. Somit entstanden in den Zuggliedern entlastende Kräfte, die sich sehr günstig auswirkten; die Verkürzung der Bogenaxe, die Verlängerung des Zugbandes, wie das Schwinden des Betons, die im einfach statisch bestimmten System Zusatzkräfte hervorrufen, sind durch diesen Bauvorgang auf ein Minimum reduziert. Nur noch ein Drittel des Schwindens und die halbe Nutzlast, sowie die Temperaturänderungen erzeugen im endgültigen Zustand Zusatzspannungen, die vernachlässigt werden können. Die Bogen wurden, entsprechend ihrem Herstellungsvorgang, zunächst als Dreigelenkbogen und, nach Entfernung der künstlichen Nutzlast, als Zweigelenkbogen berechnet. Der Horizontalschub aus dem Eigengewicht erreicht 358 t. Die Gesamtbetonmasse des Aufbaues beträgt 398 m^3 , mit 323 kg Eisen je m^3 Beton. Der Entwurf entstand unter Leitung unseres Landsmannes Oberingenieur H. Nater im Brückenbureau der schwedisch-dänischen Eisenbahnbaugesellschaft in Konstantinopel.

Verwendung von Aluminium bei einem Brückenbau.

Die im Jahre 1882 erbaute Smithfield-Straßenbrücke in Pittsburgh, Pa. USA, ist erneuert worden, indem man ihre alte, aus Eisen und Holz bestehende Fahrbahn durch eine neue aus Aluminiumlegierung von hoher Festigkeit ersetzte. An Stelle der einzelnen Teile der Eisenkonstruktion traten gleiche Teile aus Aluminiumlegierung. Die Herstellung und Arbeitsausführung waren fast die gleichen wie bei den betreffenden Eisenteilen. Der starke Holzboden wurde gegen einen Panzerdeckboden ausgetauscht, der ganz aus Aluminiumlegierung hergestellt und mit einer Asphaltoberfläche versehen ist. Die Tragdecke wiegt einschließlich der Asphaltdecke nur $2,1 \text{ kg/cm}^2$. Durch den Umbau konnten nicht nur das Eigengewicht der Brücke stark vermindert, sondern auch eine bessere Fahrbahn geschaffen, die Unterhaltungskosten verringert und die ständige Feuergefahr beseitigt werden.

Die Querträger, unter der Straßenbahn 99 cm, unter der Fahrwegbahn 107 cm hoch, sind unmittelbar neben dem mittleren Hauptträger genau wie die alten Eisenträger gestoßen. Auf der Straßenbahnseite sind vier Längsträger und zwei seitliche Träger, letztere als Windgurte, sämtlich 91 cm hoch, angeordnet. Die Wegefahrbahn besteht aus einer 11 cm starken Plattenabdeckung (Bodenrippentafeln), die durch 18 cm hohe U-Querträger in 20 cm Abstand unterstützt sind. Die Stützweite der Querträger beträgt 2,8 m. Die Tragoberfläche des Fahrwegs wird aus einer 3,8 cm starken Kaltasphaltdecke gebildet. Wie der Fahrweg ist auch das Trägerwerk der auskragenden Fußwege aus Aluminiumlegierung hergestellt. Die Aluminiumplatte ist 6 mm stark, die Kaltasphaltdecke 12 mm. Das Fußweggeländer besteht aus Aluminiumlegierung mit sehr hoher Korrosionsbeständigkeit. Ein Anstrich der Geländer wurde nicht für erforderlich gehalten, wohl aber der Trägerkonstruktion. An dem Bauwerk sind durchwegs 16 bis 22 mm starke, warm eingezogene Stahlnieten verwendet. Die sämtlichen Fahrbahnteile außer dem Geländer bestehen aus der Legierung 27 ST der Aluminium Co. of America mit folgenden Eigenschaften:

Zugfestigkeit	4220 kg/cm ²
Elastizitätsgrenze	3510 "
Dehnung auf 5,1 cm	12%
Brinellhärte	118.

Die aus Aluminiumlegierung bestehende Fahrbahnkonstruktion und die Rippentafeln mit der Asphaltdecke vermindern das Eigengewicht der Brücke um mehr als 1 t auf je 1 Fuß (30,48 cm) Länge. Der Umbau kostete 276,4 Tausend Pfund Sterling, wovon 192 Tausend Pfund auf die Aluminiumlegierung entfallen und dürfte den Neubau einer Brücke auf 25 Jahre hinausschieben, da infolge der Verringerung des Eigengewichts bedeutend höhere Verkehrsgewichte zugelassen werden können. Eine vollständig neue Brücke hätte unter den heutigen Verhältnissen den $4\frac{1}{2}$ -fachen Betrag erfordert. Schn.

Engng. News Rec.

Versuchsstrecke für geschweißte 30-m-Schienen.

Die Deutsche Reichsbahn hat zwischen Stendal und Salzwedel eine Versuchsstrecke mit geschweißten 30-m-Schienen geschaffen, auf der im Hinblick auf die höheren Geschwindigkeiten die Wirkung zwischen Oberbau und Fahrzeug festgestellt werden soll. Die 30-m-Schienen sind fast lückenlos zusammengefügt, so daß sich bei den hohen Geschwindigkeiten die Schienenstöße kaum bemerkbar machen. Der Probezug wird während dreier Monate täglich zehnmal zwischen Stendal und Salzwedel mit einer Geschwindigkeit von 120 bis 150 km/Std. pendeln, bis er etwa 100 000 km zurückgelegt hat. Wenn sich der neue Oberbau bewährt, soll er auf allen FD-Zugstrecken im ganzen Reich Verwendung finden.

Bücherschau.

Kommentar zur Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung vom 17. Juli 1928 mit vollständigem Text, Anlagen und Nachträgen sowie Bauordnung für Bahnanlagen und Fahrzeuge der Schmalspurbahnen des allgemeinen Verkehrs vom 24. Februar 1934 und Bestimmungen über die Befähigung der Eisenbahn-Betriebs- und Polizeibeamten vom 30. Oktober 1930 von Geh. Baurat F. Besser, Ministerialrat im Reichsverkehrsministerium. 4. erweiterte Auflage, Berlin 1934, 319 Seiten, Ganzleinen gebunden 7,15 RM (Reichsbahnangehörige erhalten Vorzugspreis!). Verlag der Verkehrswissenschaftlichen Lehrmittelgesellschaft m. b. H. bei der Deutschen Reichsbahn. Berlin W 9, Potsdamer Platz 1.

Eines der durch seine ausgezeichnete Bearbeitung bekanntesten Bücher des Eisenbahnwesens: Besser, Kommentar zur Eisenbahn-Bau- und -Betriebsordnung ist in 4. Auflage erschienen, die durch wichtige Veränderungen und Ergänzungen des Gesetzes eine wesentliche Erweiterung gefunden hat. Die vollständige Umarbeitung der Fahrdienstvorschriften im Jahre 1933 ist nicht ohne Rückwirkung auf den Wortlaut der BO geblieben. Aber auch aus anderen Gründen hat letztere mancherlei Änderungen

erfahren. Außerdem sind als Ergänzungen im Jahre 1933 die „Bestimmungen über die Befähigung der Eisenbahn-Betriebs- und Polizeibeamten“ sowie im Jahre 1934 die „Bauordnung für Bahnanlagen und Fahrzeuge der Schmalspurbahnen des allgemeinen Verkehrs“ erschienen. Der Herr Reichsverkehrsminister hat ferner zu den Vorschriften über die Umgrenzung des lichten Raumes und die Begrenzung der Fahrzeuge eingehende Ausführungsbestimmungen erlassen. Die vorliegende Neuausgabe des Kommentars berücksichtigt alle diese Änderungen und enthält auch den Wortlaut der neuen Verordnungen.

Die bewährte Einteilung des Buches ist beibehalten. Auch in der Neuauflage sind die Abweichungen von dem Wortlaut der BO nach der Verfügung vom 17. Juli 1928 durch Fettdruck gekennzeichnet.

Geheimrat Besser ist einer der Hauptbearbeiter des Gesetzes. Seine Hinweise über die Entstehung der Vorschriften und über den Willen des Gesetzgebers sind so wertvoll, daß es sich für jeden Benutzer der BO empfiehlt, mit dieser den schwierigen Stoff klar und gründlich behandelnden kommentierten Ausgabe zu arbeiten.