

Technische Fragen bei der Einführung von Behältern *).

Von Reichsbahnrat Ebert, Aschaffenburg.

Die Bedeutung des Behälterverkehrs als Mittel zur Verbesserung der Güterbeförderung und zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der Eisenbahn gegenüber dem Kraftwagen ist heute nicht mehr umstritten. Um so mehr gehen aber die Meinungen auseinander über die zweckmäßige Gestaltung, den Verwendungsbereich und die verkehrstechnische Behandlung der Behälter. Die verkehrstechnischen Fragen werden sich mit zunehmender Einbürgerung des Behälters auf Grund der Erfahrungen bald lösen lassen. Schwierig bleiben aber die rein technischen Fragen der Gestaltung und der Verwendung, also der Form, des Baustoffes, der Größe, der Tragfähigkeit, der Verschließbarkeit, der Beweglichkeit usw. zu lösen. Von ihrer befriedigenden Lösung hängt es in hohem Maße ab, ob der Behälterverkehr von Anfang an einen kräftigen Aufschwung zu nehmen vermag.

Der Begriff des Behälters ist noch nicht einheitlich und eindeutig festgelegt. Während man, besonders in Deutschland, zu den Behältern auch alle Formen von festen, irgendwie besonders ausgestalteten Verschlägen aus Holz oder Formeisen, die gebündelmäßig ein bestimmtes Gut zu befördern gestatten, rechnet, versteht man anderen Orts unter Behälter nur großräumige Frachtkästen, die verschließbar oder offen, aus Holz oder Stahl hergestellt sein können. Der Sprachgebrauch scheint sich dahin zu entwickeln, daß unter Behälter (Container) ein großräumiger, über den Fassungsraum sonstiger Verpackungsmittel wie Kisten, Körbe, Säcke, Ballots, Kartons und Lattenverschläge hinausreichender, stoßfester, tragfähiger und frei ortsbeweglicher, nach Umständen verschließbarer und wettersicherer Kasten zu verstehen ist. Diesen Behältern werden Kleinbehälter gegenüberstehen, die als einfache Verschläge dem allgemeinen Stückgutverkehr oder in besonders ausgestalteter Form dem Versand bestimmter Güter dienen. Der Größe nach wird es also Großbehälter und Kleinbehälter, der Verwendbarkeit nach allgemein verwendbare Behälter und Sonderbehälter geben. Der Behälter soll dem Versand von Stapel- oder Schüttgütern dienen, die auf Wunsch ohne Unterwegsbehandlung vom Hause des Versenders zum Hause des Empfängers gebracht werden. Er soll den Mangel der Gebundenheit der Eisenbahnfahrzeuge an die Schiene ausgleichen und zum Verbindungsglied zwischen Eisenbahn und Kraftwagen oder Schiff werden. Der Behälter stellt gewissermaßen den auf den Kraftwagen oder das Schiff übergelassenen Wagenkasten des Eisenbahnfahrzeuges dar.

Aus Begriffs- und Zweckbestimmung ergeben sich zwangsläufig die Anforderungen, die an den Behälter gestellt werden müssen.

Die Behältergestaltung.

Die günstigste Behältergröße ist jene, die in ihrer Einzahl oder Vielzahl die Ladefläche, den Laderaum und die Tragfähigkeit der Fahrzeuge (Eisenbahn, Kraftwagen, Schiff) für möglichst viele Güter am besten ausnützt. Dabei ist erwünscht, die Abmessungen als Normzahlen (Din) zu erhalten. Einfache Überschlagrechnungen zeigen von vornherein, daß es nur mit sehr leichten Gütern möglich sein wird, die Ladefläche, den Laderaum und die Tragfähigkeit eines Fahrzeuges gleichzeitig voll auszunützen.

So beträgt z. B. der Laderaum der kurzen O-Wagen von 15 t Tragfähigkeit etwa 32 cbm. Die Tragfähigkeit und

der Laderaum ließe sich also nur von einem Gut mit dem geringen spezifischen Gewicht von $\frac{15}{32} = 0,46$ ausnützen. Der Laderaum eines G-Wagens von 15 t Tragfähigkeit beträgt etwa 50 cbm. Die Tragfähigkeit und der Laderaum ließen sich also nur von einem Gut mit dem spezifischen Gewicht $\frac{15}{50} = 0,3$ gleichzeitig voll ausnützen. Güter von solch niedrigem spezifischem Gewicht kommen nicht häufig vor.

Die Untersuchung zur Bestimmung der Behältergröße schlägt folgenden Weg ein:

Die Ladeflächen der für die Behälterbeförderung hauptsächlich in Frage kommenden Eisenbahnfahrzeuge, das sind O-, R-, SS-, G-, Pw- und Pwg-Wagen, und der wichtigsten Lastwagentypen werden zusammengestellt, um jene günstigste Bodenfläche des Behälters zu finden, die die vorkommenden Ladeflächen mit Berücksichtigung eines Ladespiels am besten ausnützt. Ein Ladespiel für jeden Behälter ist erforderlich wegen des unbehinderten Ein- und Aushebens der Behälter, wegen der unebenen Boden- und Seitenflächen der Fahrzeuge und wegen der durch Stöße usw. zu erwartenden leichten Ausbeulungen der Behälterwände. Als angemessene Ladespiele können Werte von 50–100 mm betrachtet werden.

In der Abb. 1, Darstellung 1 sind die Zahlenwerte für Länge und Breite der Ladeflächen dargestellt.

Während die Breitenmaße der verschiedenen Fahrzeugtypen nur in den engen Grenzen von etwa 2550–2850 mm schwanken, weisen die Längenmaße erhebliche Unterschiede auf. Die Behälterbodenfläche soll in der geraden Vielzahl die Ladefläche voll bedecken. Für die Behälterbreite kommt nur die halbe oder die ganze Breite der Ladefläche des Wagens, also ein Wert von etwa 1250 mm oder 2400 mm in Betracht. Das Ladespiel in der Breitenrichtung schwankt dann von 50–450 mm. Für die Wahl der Behälterlänge ist zu beachten, dass sie in der geraden Vielzahl möglichst jede der Längen der vorkommenden Ladeflächen ausnützt und mit der bereits gewählten Breite und einer noch zu wählenden Höhe einen günstigen Behälterraum ergibt. Die Frage nach dem günstigsten Behälterraum ist schwierig zu entscheiden. Da anzustreben ist, mit möglichst wenig Behältertypen auszukommen, muß der Behälterraum für verschiedene spezifische Gewichte, also mit verschiedenem Raumbedarf, verwendbar sein. Die im Behälter zu befördernden Güter können Stapelgüter oder Schüttgüter sein, d. h. sie können in den Behälter gestapelt oder geschüttet werden. Das spezifische Gewicht von Stapelgütern in der Verpackungseinheit wie z. B. Schuhwaren, Flaschen, Rauchwaren, Lebensmittel, Margarine, Butter, Käse, Konserven, Teigwaren, Spielwaren, Textilien, Tonwaren, Zementsäcke usw. kann als in den Grenzen von 0,3 bis 2,5, das spezifische Gewicht von Schüttgütern wie z. B. Futtermittel, Düngemittel, Basaltsplitt, Kohlen, Brikette, Sand, Schwefelkies, Kalk usw. als in den Grenzen von 0,9 bis 2,7 schwankend angenommen werden. Geht man davon

*) Die Unterlagen für diesen Aufsatz sind einer Arbeit entnommen, die zu dem von der Deutschen Reichsbahngesellschaft ausgeschriebenen Behälterwettbewerb eingereicht und vom Preisgericht in der Bewertung mit in die vorderste Reihe gestellt worden war.

aus, daß mit Rücksicht auf das Auf-, Ab- und Umladen der Behälter, der Tragfähigkeit von Lastwagen, Elektrokarren und Handkarren und aus später noch erörterten Gründen das Ladegewicht eines normalen Behälters 3 t nicht überschreiten sollte, so kommt man auf Behälterräume von $\frac{3,0}{0,3} = 10,0$ cbm

bis $\frac{3,0}{2,7} = 1,1$ cbm. Die Schwankung von 10,0 cbm bis 1,1 cbm ist so groß, daß mit einer Behältergröße allein nicht auszukommen ist. Verlockend erscheint die Wahl von drei Behältergrößen zu etwa 1 cbm, 2 cbm und 4 cbm, sämtliche mit gleicher Bodenfläche, so daß sich also drei verschiedene hohe Behälter ergeben würden. Jeder der Behälter hätte eine

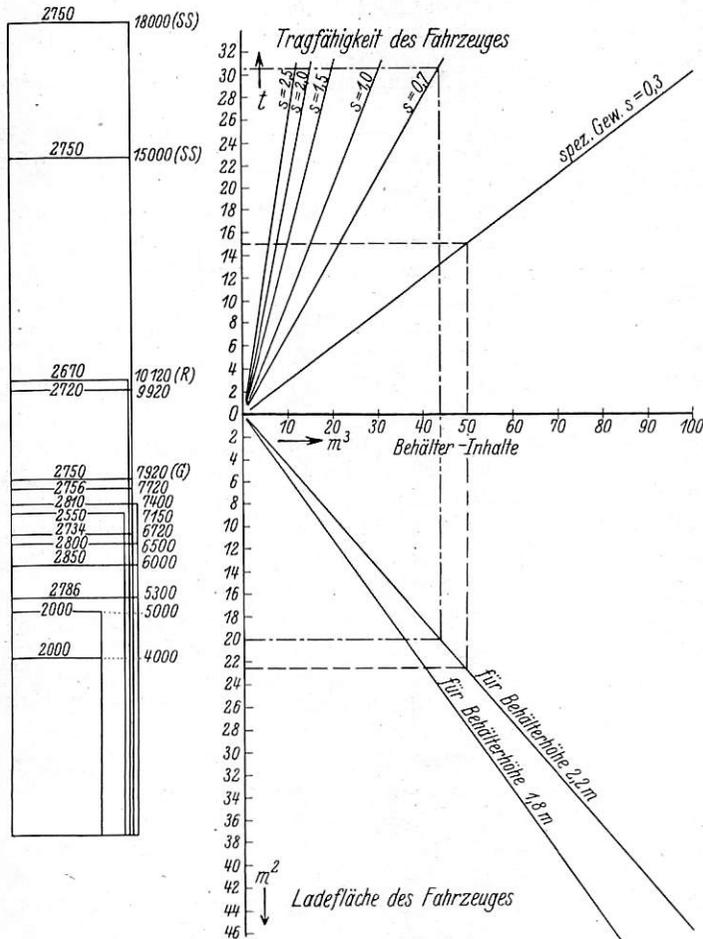


Abb. 1a. Ladeflächen von O, R, G, SS-Wagen und Lastwagen.

Abb. 1b. Anwendung der Diagramme.
 1. Gesucht: Ausnutzung der Tragfähigkeit bei gegebener Ladefläche und geg. spez. Gew. des Gutes.
 Linie - - - - -
 2. Gesucht: Ausnutzung der Ladefläche bei geg. Tragfähigkeit und geg. spez. Gew. des Gutes.
 Linie - - - - -

Tragkraft von 3 t. Die Behältergröße wäre nach dem Gewicht des zu versendenden Gutes auszuwählen. Da die Bodenflächen gleich sind, können die kleineren Behälter aufeinandergestellt werden und damit die Höhe des großen Behälters erreichen, z. B. vier Behälter von je 1 cbm, oder zwei Behälter von je 2 cbm, oder zwei Behälter von je 2 cbm und ein Behälter von 2 cbm. Es wäre also eine weitgehende Ausnutzung der Ladefläche und des Laderaumes möglich. Die weitere Überlegung hinsichtlich der Tragfähigkeit des Fahrzeuges zeigt jedoch, daß diese Möglichkeit des Zusammen-

ladens verschiedener Behältergrößen mit den vorhandenen Fahrzeugen nicht ausgenutzt werden kann. Wenn nämlich die Behälter für das zu versendende Gut richtig gewählt werden und demnach jeder von ihnen mit 3 t ausgelastet ist, so lassen sich im Laderaum eines Fahrzeuges so viele Behälter stapeln, daß die Tragfähigkeit des Fahrzeuges bei weitem nicht ausreicht. Tatsächlich läßt sich z. B. ein O-Wagen von 15 t Ladegewicht und 36 cbm Laderaum nur mit fünf Behältern, die mit 3 t geladen sind, besetzen, während nach dem Plan mit drei Behältergrößen sich bis zu 24 Behälter unterbringen ließen. Da die Deckel der Behälter wegen des Regenablaufes gewölbt werden müssen und da es erwünscht ist, irgend einen der Behälter an jeder Station unbehindert ausladen zu können, muß ebenfalls davon abgesehen werden die Behälter im Eisenbahnfahrzeug aufeinander zu stellen.

Zur weiteren Klärung der Frage der Behälterabmessungen ist der Zusammenhang zwischen Tragfähigkeit, Ladefläche und Laderaum des Eisenbahnwagens einerseits und der Zahl der darauf unterzubringenden Behälter andererseits in Abb. 1b dargestellt. Für verschiedene spezifische Gewichte des Ladegutes kann daraus für eine Behälterhöhe von 1,8 und 2,2 m der Zusammenhang abgelesen werden. Nimmt man nun weiter hinzu, daß die Behälter durch Magazins- und Schuppentüren üblicher Abmessungen hindurchrollen, auf dem Ladepodium Platz finden und nach dem Aufladen auf Lastwagen oder Eisenbahnwagen die Lademaße nicht überschreiten sollen und nimmt man z. B. als besonderen Anhalt, daß auf dem für den Behältertransport besonders gut geeigneten R-Wagen sechs oder zwölf Behälter unterzubringen sind, so ergeben sich als Größtabmessungen für einen Behälter etwa die Maße 1250 x 1700 x 2400 mm oder 2400 x 1700 x 2400 mm. Nach Abzug des Raumes für die konstruktive Durchbildung ergibt sich für diese Abmessungen ein Nutzraum von etwa 4,5 cbm oder 9 cbm.

Da der Behälter aber auch für den Versand in gedeckten Wagen z. B. für Expresgut im Packwagen oder als Beiladung in G-Wagen verwendbar sein muß, müssen mit Rücksicht auf die Abmessungen der Wagentüren für diesen Fall die Größtabmessungen auf 1250 x 1700 x 1900 mm festgelegt werden. Der Nutzraum ergibt sich hierfür zu etwa 3,6 cbm.

Es erscheint also zweckmäßig, zwei oder drei Behältergrößen zu wählen, etwa mit folgenden Abmessungen:

Maße	nur für offene Wagen		für gedeckte Wagen
	Größe I	Größe II	Größe III
Länge	2400 mm	1200 mm	1200 mm
Breite	1700 „	1700 „	1700 „
Höhe	2200 „	2200 „	1800 „
Bodenfläche . . .	4,08 m ²	2,04 m ²	2,04 m ²
Nutzinhalt rund .	9 m ³	4,5 m ³	3,6 m ³

Die Größen I und II sind wegen ihrer Höhe und Breite nur für den Versand auf ungedeckten Wagen, die Größe III auch für den Versand in gedeckten Wagen verwendbar. Die Größen I, II und III können ohne Verschlechterung der Ladeflächenausnutzung auch gemischt auf offenen Wagen versandt werden.

Nach dieser Bestimmung der Behältergrößen auf Grund von Überlegungen über Ladefläche, Laderaum und Tragfähigkeit der Fahrzeuge und der Überprüfung der Maße hinsichtlich der Wagen- und Gebäudetüren, der leichten Beförderbarkeit auf Rampen, Podien, der Verwendung von Elektrokarren, Handkarren und Hebezeugen, bleibt noch festzustellen, wie die Leergewichte der Behälter im Verhältnis zur Nutzlast stehen, um auch dieses Verhältnis günstig zu gestalten. Vor der Errechnung des Behälterleergewichtes ist Entscheidung

zu treffen über Behältertragfähigkeit und Behälterbaustoff.

Als Baustoffe kommen in Betracht: Holz, Stahl (gewöhnliches Blech), Sonderstahl (witterungsbeständiges Blech von hohem Rostwiderstandsvermögen) und Aluminium (Duralumin).

Die Anforderungen an den Behälter und damit sinngemäß an seinen Baustoff lauten: niedriges Eigengewicht, hohe Festigkeit, Witterungsbeständigkeit und Wetterdichtheit, hohe Lebensdauer, niedrige Herstellungskosten, geringe Unterhaltungskosten.

In der nachfolgenden Zahlentafel 1 sind für Behälter von 1 t, 2 t und 3 t Tragfähigkeit der Größe II und Größe III die Gewichte und Preise zusammengestellt, und zwar für Stahl, Sonderstahl, Holz und Aluminium als Baustoffe. Die Blechstärken sind nach den Regeln der Festigkeitslehre errechnet.

ihr kann entnommen werden, was für und gegen die einzelnen Baustoffe spricht.

Unsere Wahl fällt auf den Sonderstahl (rostbeständiger Stahl) mit folgender Begründung:

Für die Wirtschaftlichkeit des Behälterverkehrs sind die Abschreibungskosten und Instandhaltungskosten der Behälter ausschlaggebend. Da einerseits damit gerechnet werden muß, daß die Behälter beim Auf-, Ab-, Umladen und auf der Fahrt häufig Beschädigungen des Farbanstriches erleiden werden, andererseits die Behälter den Einwirkungen von Regen, feuchter Luft, Rauch und säurehaltigen Laderückständen am Boden der Fahrzeuge ausgesetzt sind, wird die Frage des Rostwiderstandes des Behälterbaustoffes entscheidend für die Lebensdauer und die Instandhaltungskosten der Behälter. Behälter aus gewöhnlichen Blechen (z. B. St. 00,21, St. 37,21, St. 42,21) werden sehr rasch an Einzelstellen durchrosten, so

Zahlentafel 1.

Behälterart	Blechstärke Boden/Wand mm	Behältergewicht						Gewinn an nutz- barem Gewicht		Gesamtpreis geschätzt		
		Stahl kg	Alu kg	Holz kg	in % der Tragkraft			Stahl Alu kg	Stahl Holz kg	Stahl RM	Alu RM	Holz RM
					Stahl %	Alu %	Holz %					
a) 1 t Tragfähigkeit												
Größe II . . .	5/3	510	300	400	51	30	40	210	110	340	580	260
Größe III . . .	5/2	355	215	320	35,5	21,5	32	140	35	260	410	220
b) 2 t Tragfähigkeit												
Größe II . . .	7,5/3	550	315	400	27,5	16	20	235	150	360	620	260
Größe III . . .	7,5/2	370	230	320	18,5	11,5	16	170	50	270	440	220
c) 3 t Tragfähigkeit												
Größe II . . .	8,75/3	570	320	400	19	10,6	13,3	250	170	370	640	260
Größe III . . .	8,75/2	400	235	320	13,3	7,31	10,6	165	80	290	470	220

Die Zusammenstellung lehrt, daß die Behältergewichte weitaus nicht in gleichem Maße wie die Tragfähigkeiten steigen. Das Gewicht des Behälters für 2 t oder 3 t Tragfähigkeit ist nicht erheblich größer als das des Behälters für 1 t Tragfähigkeit. Der Grund liegt darin, daß die Blechstärken nur langsam mit steigender Belastung wachsen. Wegen der mit der Erhöhung der Tragfähigkeit nur langsam steigenden Baustoffgewichte steigen auch die Preise nur langsam. Andererseits bessert sich mit Erhöhung der Tragfähigkeit das Verhältnis von Nutzgewicht zu Eigengewicht sehr stark. Während z. B. für den Stahlbehälter der Größe II bei 1 t Tragfähigkeit dieses Verhältnis 51 v. H. beträgt, fällt es für den gleichen Behälter bei 2 t Tragfähigkeit auf 27,5 v. H., bei 3 t Tragfähigkeit auf 19 v. H. Darnach wäre es also am besten, einen Behälter von 3 t Tragfähigkeit zu wählen. Dagegen spricht, wie schon früher erwähnt, die Unmöglichkeit, die Lade- fläche der derzeit vorhandenen Fahrzeuge voll auszunützen, die Schwierigkeiten bei der Verwendung von Elektrokarren, deren Tragfähigkeit heute auf 2—3 t begrenzt ist, die schwer ausfallenden Hebezeuge und Lademittel und der Umstand, daß nur mit wenig Gütern der Behälter tatsächlich mit 3 t geladen werden kann. Vorteilhaft erscheint eine Tragkraft von 2 bis höchstens 3 t für den Behälter zu wählen. Für die Wahl des Baustoffes genügen die Angaben in der Tabelle 1 über Gewichte und Preise nicht. Hier müssen noch andere Gesichtspunkte berücksichtigt werden, nämlich die Jahresaufwendungen für den Behälter (Verzinsung, Tilgung und Unterhaltung), die Witterungsbeständigkeit und die Wetterdichtheit. In Zahlentafel 2 sind für einen Behälter von 2 t Tragfähigkeit die Angaben hierfür zusammengestellt. Aus

daß Flicker aufgesetzt, oder eingeschweißt, oder ganze Teile erneuert werden müßten. Die Lebensdauer solcher Behälter kann auf etwa 6 Jahre geschätzt werden. Demgegenüber weist

Zahlentafel 2.

Baustoff	Preis	Lebensdauer Jahre	Jährliche Aufwendungen				Witterungs- beständig	Wetterdicht
			Ver- zin- sung %	Til- gung %	In- stand- haltung %	Zu- sam- men RM		
Holz in Eisenrahmen								
Größe II . .	260,—	3	9	30,5	4	113,—	nein	nein
Größe III .	220,—	3	9	30,5	4	95,5	nein	nein
Stahl								
Größe II . .	360,—	6	9	13,3	4	93,5	nein	ja
Größe III .	270,—	6	9	13,3	4	71,3	nein	ja
Sonderstahl								
Größe II . .	380,—	10	9	6,58	4	74,5	ja	ja
Größe III .	290,—	10	9	6,58	4	56,8	ja	ja
Duralumin								
Größe II . .	620,—	12	9	4,97	4	111,—	ja	ja
Größe III .	440,—	12	9	4,97	4	79,8	ja	ja

der witterungsbeständige Sonderstahl z. B. gekupferter Stahl bei fast gleichen physikalischen und mechanischen Eigenschaften und technisch reines Eisen bei etwas geminderten mechanischen Eigenschaften den Vorteil auf, daß sie mit oder ohne Schutzanstrich den Einflüssen der Feuchtigkeit,

des Regens, Wiedertrocknens, der in Industriegegenden und im Lokomotivrauch vorhandenen schwachen Säuren (Kohlensäure, schweflige Säure) besonders gut widerstehen. Auch haften Anstriche und Überzüge aller Art, z. B. Verzinkung, auf witterungsbeständigem Stahl erheblich besser als auf gewöhnlichen Blechen. Nach dem Werkstoffhandbuch Stahl und Eisen des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute ist auf Grund eingehender Versuche nachgewiesen, daß die Haltbarkeit gekupfelter Stähle ohne Anstrich mindestens 50 v. H. höher ist als die gewöhnlicher Stähle. Die Lebensdauer der Behälter aus Sonderstahl kann auf etwa 10 Jahre angenommen werden. Rostfreie Stähle, d. s. Chromstähle, die von der Atmosphäre, vom Wasser und den meisten Säuren nicht merkbar angegriffen werden, kommen ihres Preises wegen als Behälterbaustoff nicht in Frage.

Holz vermag als Behälterbaustoff keine Vorteile aufzuweisen. Wegen der verlangten Tragfähigkeit werden die Holzabmessungen und im Verein mit dem erforderlichen Eisenrahmen das Eigengewicht der Behälter groß, die Wetterdichtheit ist wegen des Quellens und Schwindens der Bretter nur schwer zu erhalten, die Stoßfestigkeit ist geringer, die Lebensdauer niedriger als bei Metallbehältern. Die Jahreskosten fallen hoch aus.

Eine probeweise Verwendung von Behältern aus Duralumin würde sich empfehlen, weil dieser Baustoff sehr geringes Eigengewicht der Behälter ergibt und große Witterungsbeständigkeit zeigt. Die Lebensdauer eines solchen Behälters kann auf 12 Jahre geschätzt werden. Die Behälter sind besonders auf dem Leerweg leicht und ohne besondere Vorrichtungen auf-, um- und abzuladen.

Eine versuchsweise Verwendung von Behältern aus gewöhnlichem Blech wird zweckmäßig sein, weil es immerhin möglich ist, daß dieser billigere Baustoff sich im Betriebe günstiger verhält, als jetzt angenommen werden kann.

Die Behälter sollten einen doppelten Farbanstrich auf einem Grundanstrich erhalten zum Schutze des Baustoffes, zum gefälligen Aussehen und zu Werbezwecken. Die Behälter werden wegen ihrer Größe, ihres Auftretens in vielzahligen Einheiten, ihres Versandes in offenen Wagen und ihres Erscheinens auf Bahnsteigen vom Publikum als Neuerung beachtet werden. Diese Beachtung kann zu Werbezwecken durch einen geeigneten Farbton des Anstriches noch gesteigert werden. Der Farbton soll sinnfällig, aber nicht unangenehm grell und der Verschmutzung durch Rauch, Ruß, Staub, schmutzige Hände, nicht zu sehr ausgesetzt sein.

Die Ortsbeweglichkeit des Behälters wird erreicht durch die Ausbildung als Roll-, Hub- oder Fahrbehälter. Der Fahrbehälter oder Kraftkarren, d. i. der Behälter, der mit eigener motorischer Kraft ausgestattet ist, muß nach dem heutigen Stand des Verkehrswesens aus der Betrachtung ausscheiden. Bei zweifellos bestehenden Vorteilen sind die Haupteinwände gegen den Fahrbehälter: sein hohes Eigengewicht, das nach den Erfahrungen beim Lastkraftwagenbau zu 90–100% der Tragfähigkeit anzunehmen ist, die damit verbundene schlechte Ausnützung des Eisenbahnfahrzeuges, dessen Eigengewicht ebenfalls schon hoch ist, die Frage der Freizügigkeit und der Bedienung, der hohe Anschaffungspreis und die teure Instandhaltung, die auf ganz regelmäßige Verkehrsbeziehungen beschränkte Verwendbarkeit, das Erfordernis von Rampen und die Schwierigkeiten für die Abfertigung von Stückguteinzelsendungen. Es widerspricht dem Gefühl, auf den mit eigener Zugkraft ausgestatteten Eisenbahnzug ein ebenfalls mit eigener motorischer Kraft versehenes Fahrzeug im Dauerbetrieb zu setzen. Die Verschwendung an motorischen Einrichtungen ist offensichtlich. Mehr Erfolg verspricht das von den Schienen auf die Straße übergehende Fahrzeug, wie es neuerdings in England für den Personenverkehr gebaut wurde.

Für einen im größeren Umfang ohne Schwierigkeiten verwendbaren Behälter kommt nur der Roll- und Hubkasten in Betracht. Der Behälter braucht nicht für längere Wege und größere Geschwindigkeiten straubtütchtig zu sein, sondern es genügt, wenn er mit mäßiger Schnelligkeit auf fester Fahrbahn fortbewegt werden kann. Daneben muß er abhebbar sein, also Aufhängevorrichtungen besitzen, an denen er von einem Hebezeug erfaßt werden kann.

Rollbehälter sind Hubbehälter mit Fahrgestell. Die Frage, ob Roll- oder Hubbehälter, gehört zu den am meisten umstrittenen. Die Entwicklung geht anscheinend dahin, daß die Großbehälter nur als Hubbehälter, und daß die Kleinbehälter, zu denen auch die meisten Sonderbehälter gerechnet werden müssen, als Hub- oder Rollbehälter ausgebildet werden. Die Rollbehälter sind ohne Zweifel freier ortsbeweglich, als die Hubbehälter, die für das Umsetzen eines Kranes oder einer Gleitvorrichtung bedürfen. Andererseits bringt aber die Anordnung eines Fahrgestelles beträchtliche konstruktive Schwierigkeiten mit sich, erhöht das Eigengewicht und die Gesamtabmessungen des Behälters. Hält man die Fahrbarkeit des Behälters für erforderlich, so sind an sie die Forderungen zu stellen: Wendigkeit in kleinen Kurvenradien, Wechsel der Fahrtrichtung aus dem Stand um jeden Winkel, um den Behälter in Ecken drücken zu können, abhängbare Deichseln, Feststellbarkeit der Räder, Abfederung der verhältnismäßig hohen Last, Einfachheit der Konstruktion, Standfestigkeit in jeder Stellung. Ohne die Würdigung aller Möglichkeiten der Ausbildung des Fahrgestelles nach diesen Gesichtspunkten hier wiederzugeben, wird die Wahl von vier freien Lenkrollen vorgeschlagen mit der Begründung, daß vier freibewegliche Lenkrollen bei bester Standfestigkeit und einfacher Konstruktion die größte Wendigkeit ergeben und jeden Wechsel der Fahrtrichtung aus dem Stand erlauben. Der Nachteil eines etwaigen Schwänzels des Behälters bei der Fahrt in der Geraden kann durch kurze Kupplung mit dem Schleppfahrzeug verringert oder durch Feststellung der jeweils hinteren Rollen mittels Klinken ganz aufgehoben werden. Über die Notwendigkeit von Bremsen kann man geteilter Meinung sein. Hält man sie für nötig, so ist ohne Schwierigkeit ihre Ausbildung als Vierradbremse wie bei Kraftwagen und Elektrokarren möglich. Auf jeden Fall aber muß der Behälter feststellbar sein, damit er auf dem Eisenbahnwagen, Lastwagen oder schiefen Boden nicht ins Rollen kommt. Es ist vorzusehen, daß jede Rolle ihre Keile für beide Rollenseiten mit sich führt, da bei losen Keilen immer die Gefahr besteht, daß sie verloren gehen. Die Keile werden am besten fest mit der Rollengabel verbunden in dem Sinne, daß sie bei Bedarf ausgeklinkt und um ein Gelenk unter die Rolle geschwungen werden können. Um auch bei unebenem Boden die Keile fest unter die Rolle drücken zu können, sind sie im unteren Gelenk mit Langloch zu versehen.

Die Federn müßten als Blattfedern ausgebildet werden, um mittels Federhänger den Kasten zu tragen. Damit die Federn nur in senkrechter Richtung, also nur als Tragorgane, nicht als Zugorgane, beansprucht werden, wäre der Rollentragsbalken vom Kasten aus in Gleitführungen zu führen. Die Rollen sollten außerdem aufgepreßte Vollgummireifen tragen, so daß also die Last doppelt abgedeutert und der Lauf des Behälters geräuscharm wird.

Für das Einhängen der Deichsel sind an den beiden Schmalseiten des Behälters Ösen für die Deichsel vorzusehen. Wird die Deichsel nicht ausgehängt, so kann sie hochgeklappt werden. Um den Behälter auch aus Ecken heraus oder in Ecken hinein drücken zu können, sind am Behälter lange Handgriffe anzubringen.

Für Verschleißbarkeit ist bei jenen Behältern zu sorgen, die nicht schon ihrer Konstruktion nach offen, d. h.

ohne Deckel ausgebildet sind. Die offenen Behälter, deren Beschaffungspreis wesentlich niedriger ist als der für geschlossene Behälter, dienen dem Versand geringwertiger,

Seitenwänden haben, um das Ein- und Ausladen des Gutes zu erleichtern. Der geschlossene Behälter besitzt zweckmäßigerweise eine zweiflügelige Tür, Klappen in den Seitenwänden und einen aufklappbaren Deckel, besonders um Güter maschinell ein stapeln oder auch einrutschen lassen zu können. Für den Verschluß der Tür bedarf es keiner Sonderkonstruktion, da für Türverschlüsse zahlreiche bewährte Ausführungen vorhanden sind. Einfach gestaltet sich z. B. ein Verschluß mittels Riegel, dessen Betätigungsgriff fingerförmig in eine Öse greift, in der er mit Plombe und Vorhängeschloß festgelegt wird. Sämtliche Fugen müssen mit Verdeckleisten abgeschlossen und der Deckel muß gewölbt sein um das Regenwasser abzuführen.

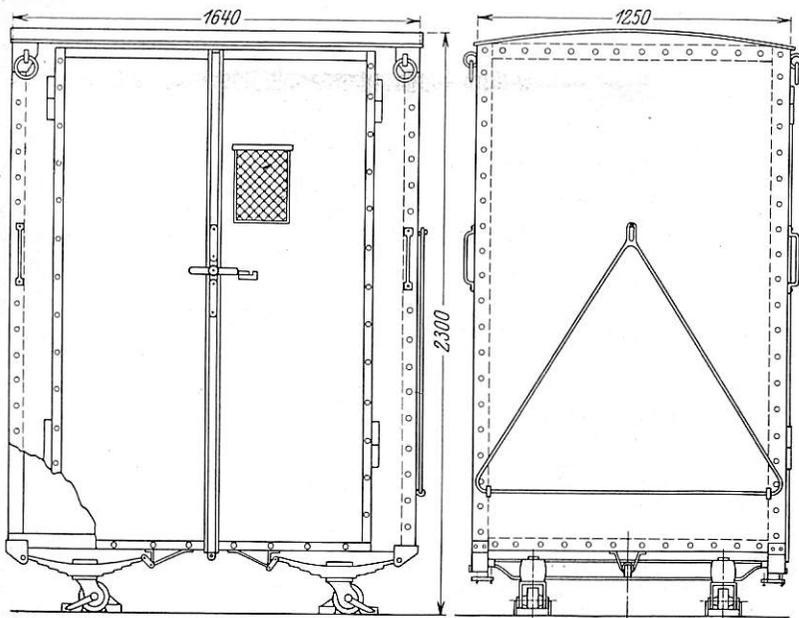


Abb. 2. Beispielskizze für einen geschlossenen Behälter.

Im Hinblick auf die unvermeidbaren Leerläufe von Behältern erscheint es verlockend, zusammenlegbare Behälter zu bauen, um Wagen für die Beförderung von Leerbehältern zu sparen. Der Vorteil der Wagensparnis ist aber ohne Zweifel kleiner als die Nachteile, die in dem höheren Beschaffungspreis, der Beschädigungsfahrer, der teuren Instandhaltung, und der umständlichen Aufbau- und Zusammenlegarbeit bestehen. Beispielskizzen für einen offenen und einen zusammenlegbaren Rollbehälter zeigen die Abb. 2 und 3.

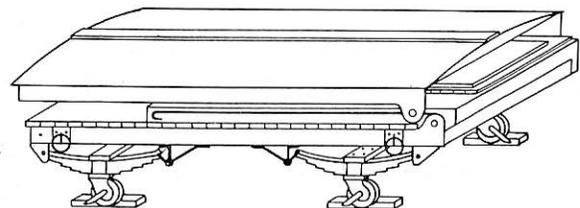
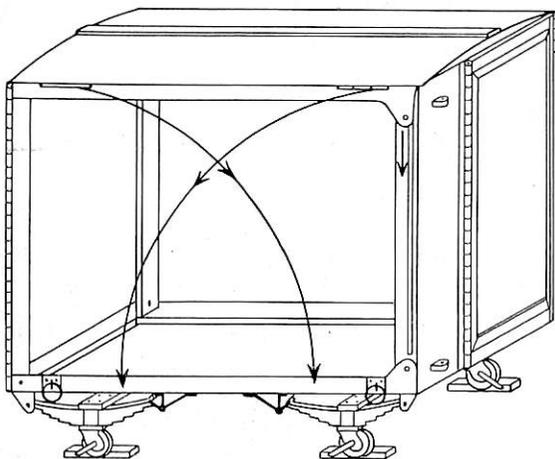
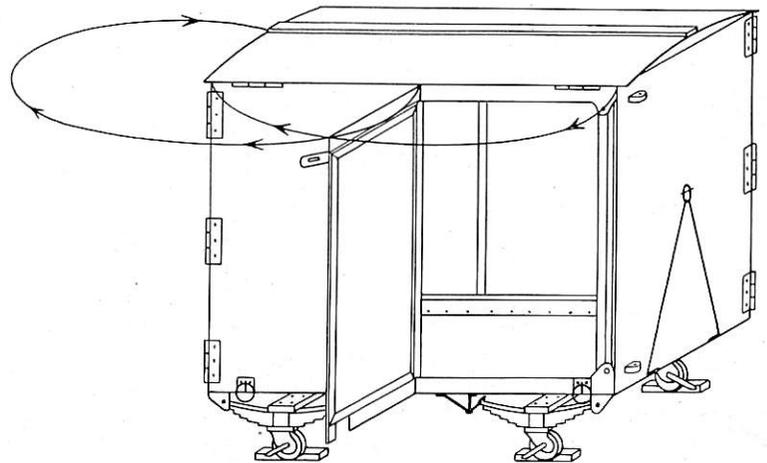
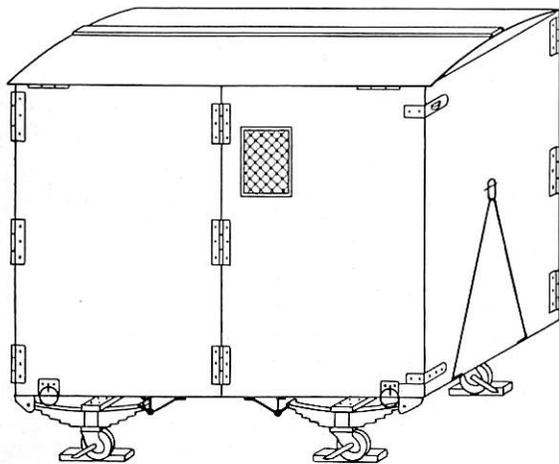


Abb. 3. Beispielskizze für einen offenen Wagen.

wetterunempfindlicher Güter, z. B. von Baustoffen oder großräumigen, schweren Gütern, z. B. von Badewannen, bei denen die Diebstahlsgefahr gering ist. Der offene Behälter sollte aber zwei herabklappbare Wände oder große Klappen in den

Bei den konstruktiven Einzelheiten ist zu denken an einen Zettelkasten auf der Türseite, ähnlich dem Zettelkasten an Eisenbahnwagen, zur Aufnahme der Bezeichnung, Bezeichnung und Nummer, Eigentümer, Tragfähigkeit und

Eigengewicht werden am besten auf den beiden Schmalseiten angeschrieben. Als Huborgan erhalten die Behälter vier Ösen, an denen die Bindeseile oder Bindeketten des Hebezeuges befestigt werden können. Die zusammenlegbaren Behälter erhalten auch am Bodenrahmen vier Ösen, damit sie im zusammengelegten Zustand ebenfalls vom Hebezeug gefaßt werden können. Für luftig zu versendende Güter müssen vergitterte Luftspalten im oberen Teil der Behälterwände vorgesehen werden. Für grobes Schütt- und Stapelgut (z. B. Ziegelsteine) sind Behälter mit Seiten- und Bodenklappen, für feines Schüttgut (z. B. Sand, Düngemittel) Behälter ohne Seitenklappen, aber mit Bodenklappen, für kühl zu versendende Güter (z. B. Fleisch) sind Behälter mit isolierten Wänden zweckmäßig. Durch solche konstruktive Einzelheiten werden aber die Regelbehälter bereits zu Sonderbehältern. Die Sonderbehälter sind also zu unterscheiden in solche, die gleiche Abmessungen erhalten wie die Regelbehälter und daher ohne Umstände gemischt mit diesen Behältern verladen werden können und solche, die wegen ihres Sonderzweckes (z. B. für Milchbeförderung) auch in der Form abweichend von den Regelbehältern gebaut werden müssen.

Es ist klar, daß, wenn der Behälter einem ungehinderten Übergang der Güter vom Hause des Versenders zu dem des Empfängers über die Verkehrsmittel der Eisenbahn, des Schiffes und des Kraftwagens dienen soll, weitgehende Vereinheitlichung der Form und der Abmessungen nach internationaler Vereinbarung nötig ist. Der erste Schritt auf diesem Wege ist bereits durch das Ausschreiben eines internationalen Wettbewerbes für Behälterbauformen geschehen, der von der internationalen Handelskammer, vom Völkerbund, vom zwischenstaatlichen Eisenbahnverband und anderen zuständigen Fachverbänden durchgeführt werden wird. Für den Wettbewerb kommen offene und geschlossene Behälter in Betracht. Für beide Arten sollen drei Größen geschaffen werden, wobei für die kleinste Gattung die Maße vorgeschrieben sind, nämlich 3,95 m lang, 2,15 m breit und 2,20 m hoch bei geschlossener Art, 1,00 m hoch bei der offenen Art. Die Tragfähigkeit ist auf 5 t festgesetzt. Aus diesen Vorschriften geht hervor, daß hier an ausgesprochene Großbehälter gedacht ist. Für die internationale Güterbeförderung und für bestimmte Verkehrsbeziehungen werden diese großen Behälter hinreichende Ausnutzung finden. Es kann aber keinem Zweifel unterliegen, daß, besonders für den inländischen Güterversand, kleinere Behälter notwendig werden. Das Studium der inländischen Verkehrsbeziehungen ergibt, daß der Einsatz von sehr großen Behältern nur in verhältnismäßig geringem Umfange möglich sein wird, daß dagegen für kleinere Behälter und insbesondere für Sonderbehälter ausgedehnte Verwendungsmöglichkeiten bestehen.

Der Einsatz von Behältern in größerem Umfange erfordert auch die Regelung der Frage der Unterhaltung. Bei der einfachen Bauweise und der keine Gefahren in sich bergenden Handhabung der Behälter erscheint eine regelmäßige Untersuchung der Behälter in Werkstätten nicht erforderlich. Es ist aber zweckmäßig, wenn Unterhaltungsbezirke gebildet werden, innerhalb deren alle anfallenden Schadbehälter einer bestimmten, im Bezirk liegenden Werkstätte zur Ausbesserung zugeführt werden. An größeren Ausbesserungsarbeiten können anfallen: Erneuerung des Anstriches, Ausbesserung schadhafter Wände durch Aufsetzen, Einsetzen oder Einschweißen von Flecken, Ausbesserung am Fahrgestell, Erneuerung des Gummibelages der Rollen, Gangbarmachen der Türen, Klappen und Verschlüsse. Die mit der Instandsetzung der Behälter beauftragten Reichsbahn-Ausbesserungswerke müßten sich eine besondere Behälterwerkstatt für rascheste und billigste Ausbesserung einrichten.

Die Behälterverwendung.

Bringt schon die Gestaltung der Behälter eine Fülle technischer Fragen mit sich, so treten weitere technische Fragen in der Behälterverwendung auf.

Eisenbahnwagen besonderer Bauart sind dann nicht erforderlich, wenn die Abmessungen und die Tragfähigkeit der Behälter so gewählt werden, daß die vorhandenen Fahrzeuge nach Ladefläche, Laderaum und Tragfähigkeit möglichst günstig ausgenutzt werden. Die Darstellung des Zusammenhanges zwischen Behälterraum, Tragfähigkeit und Ladefläche des Fahrzeuges in Abb. 1 läßt aber deutlich erkennen, daß der Transport insbesondere der großen Behälter mit großem Rauminhalt die offenen Fahrzeuge der üblichen Tragfähigkeit nur in engen Grenzen ausnützen kann. Es ist deutlich erkenntlich, daß Fahrzeuge höherer Tragfähigkeit, mindestens von 30 t, erforderlich werden. Es kann z. B. ein R-Wagen von 22,02 m² Ladefläche und 15 t Ladegewicht von Behältern mit einer Höhe von 2,2 m zu 100% seiner Ladefläche ausgenutzt werden bei einem nur selten vorkommenden Behältergut mit dem spezifischen Gewicht von 0,3 und nur zu etwa 23% bei einem Behältergut mit dem spezifischen Gewicht von 1,5. Ein Wagen von nur 20 m² Ladefläche müßte bereits eine Tragfähigkeit von rund 30 t besitzen, um Behältergut mit dem spezifischen Gewicht 0,7 in Behältern von 2,2 m Höhe unter voller Ausnutzung der Ladefläche befördern zu können. Diese Behälterwagen höherer Tragfähigkeit wären voraussichtlich nur in bestimmten Verkehrsbeziehungen einzusetzen, eben in jenen, die Großbehälter verwenden. Ein Beispiel des Einsatzes von Fahrzeugen besonderer Bauart für den Großbehältertransport findet sich im Expresgutverkehr Basel bis London. Auf einem vierachsigen Plattformwagen von 16,7 m Länge und 27 t Eigengewicht mit einer auf der Mitte des Wagens stehenden Begleiterkabine werden täglich vier Behälter mit dem Schnellzug Basel—Dünkirchen und weiter nach London St. Pancras befördert.

Eine andere Sonderbauart von Wagen empfiehlt es sich für Strecken zu beschaffen, bei denen nach Art des „Leig“-verkehrs eine rasche Unterwegsein- und Ausladung von Behältern vorkommt. Die Besonderheit müßte darin bestehen, daß der Wagen mit einer Kranvorrichtung ausgestattet wird, ähnlich der der Schienenladewagen oder der Gerätewagen in Hilfszügen. Der Vorteil würde darin bestehen, daß die Behälterwagen nicht unter ein ortsfestes Hebezeug gebracht werden müßten und daß auch an Stationen, die keine besonderen Einrichtungen wie z. B. Ladezungen besitzen, die Behälter rasch aufgenommen und abgesetzt werden können.

Diese beiden Sonderbauarten sind als Eigentumswagen der Eisenbahnverwaltung gedacht. Eine dritte besondere Bauart, nämlich Sonderwagen für Sonderbehälter z. B. für Milchtransporte, Ziegelsteine, wäre als Privatwagen zu beschaffen, da ihr Einsatz nur auf ganz bestimmte Verkehrsbeziehungen beschränkt ist.

Eine weitere Frage in der Behälterverwendung geht dahin, ob besondere Einrichtungen auf Bahngelände nötig sind.

Auf Bahngelände kommen für die Behälterbewegung außer der Fahrt im Zuge folgende Fälle in Betracht:

- a) Umsetzen des Behälters vom Lastwagen in den offenen oder gedeckten Eisenbahnwagen und umgekehrt.
- b) Ein- und Ausladen des Behälters über Rampe (Kopf- oder Längsrampe) oder Ladebühne.
- c) Ein- und Ausladen des Behälters vom und auf dem Bahnsteig in und aus Eisenbahnwagen (z. B. Bahnsteig, Packwagen oder Kurswagen).

Das Umsetzen des Rollbehälters vom Lastwagen in den Eisenbahnwagen kann durch Rollen des Behälters über ein

Überlegblech geschehen. Für das Umsetzen der Hubbehälter vom Lastwagen in den Eisenbahnwagen und umgekehrt eignen sich die auf jedem Bahnhof von einiger Verkehrsbedeutung bereits vorhandenen Bockkrane von meist 15000 kg Tragkraft. Es empfiehlt sich aber zur Beschleunigung der Ladearbeit diese meist handbedienten Krane mit Elektrozug von 3—5 t Tragkraft auszurüsten, wie es an einigen Orten bereits geschehen ist. Dieser Einbau von Elektrozügen hat den Vorteil, daß für schwere Lasten das vorhandene Hub- und Fahrwerk geringer Hub- und Fahrgeschwindigkeiten weiter verwendet werden kann, während für die leichteren Lasten, eben für die Behälter, der wesentlich rascher arbeitende Elektrozug benützt wird.

Auch die vielfach vorhandenen Drehkrane können für das Umsetzen der Behälter gebraucht werden. Wo es sich um das Laden und Entladen mehrerer hintereinander stehender Wagen oder in einer größeren Wagengruppe zerstreut stehender Wagen handelt, leistet ein auf der Ladestraße fahrender gleisloser Kran (Karrenkran, Autokran, Elektrokarrenkran) gute Dienste, weil keine Verschiebewegungen und damit Unterbrechungen des Ladegeschäftes anfallen und weil der Kran wegen seiner freien Beweglichkeit den übrigen Betrieb auf der Ladestraße nicht stört oder selbst von diesem Betrieb gehindert wird. Ist dieser Kran mit kipparer Säule ausgeführt, so bietet er auch ein Hilfsmittel, um die zusammengelegten Behälter in gedeckte Wagen hinein zu bringen oder aus ihnen heraus zu holen.

Das Ein- und Ausladen der Behälter über Rampen und Ladebühnen geschieht in einfacher Weise durch Rollen des Behälters über Überlegbleche, wenn der Wagen unmittelbar an der Rampe oder Bühne steht. Aus betrieblichen Gründen ist es aber auch erwünscht, über ein oder sogar zwei Gleise hinüber zu laden. Die sonst für diesen Zweck verwendeten einfachen Holzbrücken genügen für den schweren Behälter nicht mehr. Es sind bewegliche Ladezungen erforderlich, die rasch zum Wagen gelegt werden. Ausführungsbeispiele solcher beweglicher Ladezungen finden sich bereits im Direktionsbezirk Köln und Direktionsbezirk Halle (elektrisch angetriebene Hubbrücke). Auch sind je nach den örtlichen Verhältnissen fahrbare Überladebrücken (z. B. aus alten Wagengestellen) gut verwendbar.

Als bewegliche Ladezungen kommen außer der Hubbrücke die Rollbrücke und die Drehbrücke in Betracht. Die Rollbrücke wird von Hand oder elektrisch unter der Bühne herausgerollt und mittels auf Höhe einstellbarer Pendelstütze am freien Ende unterstützt. Um beim Anfahren des Behälters ein Zurückrollen der Brücke zu vermeiden, ist sie am Wagen oder an der Rampe festzuklinken. Um besondere Überlegbleche zu sparen, ist sie mit der Rampe und der Halle bodengleich zu machen. Beim Herausrollen zieht die Brücke eine Abdeckplatte hinter sich her, die die entstehende Bodenöffnung abdeckt. Wird darauf verzichtet, die Brücke bodengleich zu machen, so besteht auch die Möglichkeit, die Brücke auf ein Längsgleis zu setzen und sie seitlich verschiebbar zu machen mit dem Vorteil, daß mehrere nebeneinander stehende Wagen oder ein nicht genau vor der Brücke zum Halten gekommener Wagen ohne Verschiebewegung geladen werden kann.

Die Drehzunge ist nach Art eines Drehkranes ausgebildet. Sie kann von Hand ein- und ausgeschwungen werden, mit der Rampe bodengleich gemacht oder hart unter die Rampe gelegt, ortsfest oder längs der Rampe verschiebbar gemacht werden. Auch die Drehbrücke muß nach dem Ausschwingen festgestellt werden. Für Roll- und Drehbrücke muß dafür gesorgt sein, daß sie im Ruhestand festgehalten sind, damit sie nicht durch Erschütterungen unbemerkt in das freizuhaltende Profil geraten. Ebenso ist, etwa durch mechanische Verbindung

mit einem Gleissperrsignal, dafür zu sorgen, daß das überbrückte Gleis als gesperrt gekennzeichnet wird.

Ein einfaches Mittel für das Überladen der Behälter insbesondere von Lastwagen in den Eisenbahnwagen und umgekehrt ist auch eine fahrbare Ladebühne. Diese kann längs der Ladestraße von Hand oder elektrisch an jede gewünschte Stelle gefahren werden. Der Lastwagen setzt an sie an und die Behälter können in einfachster Weise übergerollt werden.

Für das Aus- und Einladen der Behälter am Bahnsteig erscheinen folgende Möglichkeiten günstig: ein Elektrokarren trägt ein abnehmbares Gestell (Ladegestell), dessen Tragfläche für die Aufnahme des Behälters ausreicht, oder ein Hubkarren erhält eine ausreichend große Hubfläche und wird als Anhänger vom Elektrokarren befördert.

Für beide Fälle muß die Hubhöhe groß genug sein, um die verschiedenen Höhen des Wagenbodens über Bahnsteigoberkante auszugleichen.

Wenn der Behälter auf den Boden gestellt oder vom Boden aufgenommen werden soll, ist der Hochhubwagen gut verwendbar. Die Ladefläche kann sehr tief gesenkt und bis zur Höhe des Wagenbodens gehoben werden. Auch die Schrottleiter mit Windwerk bietet zum Herablassen und Aufsetzen des Behälters ein brauchbares Hilfsmittel. Hochhubwagen und Schrottleiter selbst sind als Anhänger vom Elektrokarren zu schleppen.

Besondere Gleisanlagen erscheinen für den Behälterverkehr keinesfalls erforderlich, da eines der genannten Lademittel immer anwendbar sein wird. Ein billiges Mittel für die Behälterumsetzung wird in vielen Fällen eine einfache Holz- oder Eisenbetonbühne von etwa 2,5 m Breite und etwa 10 m Länge sein, deren eine Seite dem Ladegleis und deren andere Seite der Ladestraße zugekehrt ist. Die Behälter können dann in einfachster Weise vom Lastwagen in den Eisenbahnwagen übergerollt werden und umgekehrt.

Aus den Ausführungen über die Hebezeuge und Lademittel auf Bahngelände ergibt sich, daß sich fast immer ein Mittel findet, den Behälter aus und in den Eisenbahnwagen zu laden, ohne daß der Wagen zu einer Rampe oder zum Schuppen verbracht wird. Die schon beschriebenen Roll- oder Drehbrücken bieten ein Mittel, die Behälter quer über ein bis zwei Gleise zu schaffen. Hubkarren, Hochhubkarren, Schrottleitern gestatten, den Behälter an jeder Stelle aus oder in den Wagen zu verbringen. Auf dem Elektrokarren oder im Anhang eines Elektrokarrens können die Behälter jedes Gleis auf einem Gleisübergang überqueren, der eben sonst für den Karrenverkehr dient. Wo es sich um Massenladungen von Behältern handelt, werden die Wagen zweckmäßigerweise stets unter den Kran, an die Rampe oder an die Ladestraße mit dem Karrenkran verbracht. Der Transport quer über die Gleise kommt nur für einzelne Behälter in Betracht.

Besondere Einrichtungen in den Betrieben der Versender und Empfänger dürfen nicht gefordert werden, wenn der Behälterverkehr über die Verwendung in Einzelbetrieben, deren Güterversand und Empfang für den Behälter ganz besonders geeignet ist, hinaus verbreitet werden soll. Vielmehr muß der Behälter sich möglichst zwanglos in die bestehenden Versand- und Empfangseinrichtungen der Betriebe einfügen und wenigstens so lange mit den vorhandenen Einrichtungen bedienbar sein, bis die Versender seine Vorteile erkannt haben und geneigt sind Sondereinrichtungen zu beschaffen. Hier erweisen sich zunächst die Rollbehälter als in jedem Betrieb ohne irgendwelche besonderen Einrichtungen verwendbar, sie sind ortsbeweglich ohne Kran, können von den Fahrzeugen auf Rampen oder Schuppen-Ladebühnen mit Hilfe von Überlegblechen, auf dem ebenen Boden mit Hilfe von Ladebäumen oder mechanischen Schrottleitern geladen

werden usw. Besitzt der Betrieb des Versenders oder Empfängers bereits eine Laderampe (am Industriegleis oder an der Lastwageneinfahrt) so bedarf es bei geringer Zahl von Behälterverladungen keiner besonderen Einrichtungen. Besitzt der Betrieb keine Ladebühne oder handelt es sich um eine größere Zahl öfter zu verladender Behälter, so lohnt sich die Errichtung eines Hebezeuges mit Elektrozug. Auch die Beschaffung eines Autokranes, Karrenkranes oder Elektrokranes kann in Frage kommen, wenn diese teuren Krane ausgenutzt sind. Besitzt der Betrieb bereits handbediente Hebezeuge, so empfiehlt sich bei größerem Behälterverkehr unbedingt der Einbau von Elektrozügen. Für die Flurbeförderung der Behälter bedarf es bei kurzen Wegen keiner besonderen Einrichtung, für längere Wege und für größere Behältermengen empfiehlt sich die Verwendung eines Elektrokranes als Zugmittel.

Wo es sich darum handelt, daß der Behälter zum Be- oder Entladen eine bestimmte Höhenlage hat, z. B. bei mechanischem Laden mittels Rutschen, Rollenbahnen, Schrägförderer usw., kann es sich empfehlen, die Behälter auf besondere Ladegestelle zu setzen und sie mittels Hubkarren zu verfahren. Wo es sich um das Ein- und Ausladen einer größeren Behälterzahl aus Gruppen von Eisenbahnwagen handelt, ist der auf einem Elektrokran aufgebaute Kran (der Autokran) mit Vorteil einzusetzen. Dieser Kran fährt die Ladestraße entlang, hebt die Behälter ein und aus und fördert sie am Lasthaken oder im Anhang von und zur Packstelle.

Der dritte Fall kann sein, daß weder Rampe noch Hebezeug vorhanden ist und daß wegen der geringen Zahl von Behälterverladungen sich auch deren Anlage nicht lohnt. Hier stehen zum Auf- und Abladen Hubkarren, Elektrohubkarren mit Gestell, Hochhubwagen und mechanische Schrotleitern zur Verfügung, wie sie heute bereits von Spezialfirmen geliefert werden. Es bereitet auch keine Schwierigkeiten, den Lastwagen mit von Hand oder vom Motor aus anzutreibender

Winde zum Hochziehen der Behälter auf einer Schrägbahn auszustatten.

Die Anlage weiterer Gleise neben bereits bestehenden Industriegleisen nur wegen des Behälterverkehrs kommt wohl nirgends in Frage, da ja ein Hauptvorteil des Behälters darin besteht, daß für sein Auf- und Abladen nur kurze Zeit beansprucht und damit der Umschlag auf dem Gleis vergrößert wird.

Bei der Erörterung der technischen Fragen der Behältergestaltung und der Behälterverwendung kann die Frage der Wirtschaftlichkeit des Behältereinsatzes nicht außer acht gelassen werden, denn die technisch beste Lösung muß auch jene sein, die die Wirtschaftlichkeit am günstigsten beeinflusst. Der Behältereinsatz soll dem Versender, dem Empfänger und der Eisenbahn Vorteile bringen. Zum Behältereinsatz werden Versender und Empfänger sich dann entschließen, wenn die Versandkosten für ein bestimmtes Gut sich mit Behälter niedriger stellen als ohne Behälter und die Eisenbahn wird die Einführung von Behältern dann betreiben, wenn die Spanne zwischen Beförderungseinnahmen und Beförderungsselbstkosten größer wird. Die Versandkosten für Versender und Empfänger und die Beförderungseinnahmen und Selbstkosten der Eisenbahn stellen je die Summe einer Reihe von Teilkosten dar, von denen wiederum eine Anzahl in ihrer Höhe von der gewählten Lösung der technischen Fragen abhängig ist. Außerdem stehen sie noch in gegenseitiger Wechselwirkung. Bei diesen verwickelten Zusammenhängen muß hier von ihrer Erörterung abgesehen werden. Rechnet man mehrere Beispiele durch, so ergibt sich einwandfrei die Tatsache, daß der Behältereinsatz für Eisenbahn, Versender und Empfänger wirtschaftliche Vorteile, bei besonders für den Behälterverkehr geeigneten Gütern sogar sehr beträchtlicher Größe, bringt. Wenn auch die gegenwärtige Wirtschaftslage dem Behältereinsatz größeren Umfangs nicht günstig ist, so wird sich doch auch bei uns diese Neuerung in der Güterbeförderung ohne Zweifel immer mehr Bahn brechen.

Wahrscheinlichkeitsrechnung im Ablaufbetrieb.

Von Alfred Bloch, München.

Die nachstehenden Ausführungen*) stellen eine Fortsetzung eines unlängst in der Zeitung des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen, Heft 30, 1930 (und Heft 32, Druckfehlerberichtigung) erschienenen Aufsatzes über Anwendungen der Wahrscheinlichkeitsrechnung auf Fragen des Ablaufbetriebs dar. Ihr Ziel ist ebenfalls, Erkenntnisse, die rein gefühlsmäßig dem Praktiker bekannt sind, in eine klare und womöglich zahlenmäßige Form zu bringen und zwar wird im Abschnitt I die Gruppenbildung näher betrachtet, während sich Abschnitt II mit der Zahl der Fehlläufer beschäftigt.

Mit Rücksicht auf die hier zu machenden Anwendungen sollen an dieser Stelle nochmals kurz die Hauptergebnisse des genannten Aufsatzes mit kurzer Andeutung ihrer Beweise gebracht werden. (Das angeführte Beispiel ist neu zugefügt.)

Es werden hiernach für jede Weiche der Ablaufanlage zwei charakteristische Größen eingeführt:

Umstellkoeffizient α : Er gibt, multipliziert mit der Zahl der die Weiche durchlaufenden Wagen, die Zahl der notwendigen Umstellungen.

Trennkoeffizient β : Er gibt, multipliziert mit der Zahl der über den Ablaufberg rollenden Wagen, die Zahl der an der betreffenden Weiche erfolgenden Trennungen (Trennung = Weichenumstellung zwischen zwei unmittelbar aufeinanderfolgenden Wagen).

Zur Berechnung von α : Gibt g_1 den Bruchteil der die

*) Der Aufsatz wurde zu Beginn d. Js. eingereicht, konnte aber wegen vordringlicheren Stoffes bisher nicht gebracht werden.
Schriftleitung.

Weiche durchlaufenden Wagen, der auf den einen Gleisstrang, g_2 den Bruchteil der Wagen, der auf den anderen Gleisstrang geleitet werden soll (also $g_1 + g_2 = 1$), so ist

$$1) \dots \dots \dots \alpha = 2 g_1 g_2.$$

Die Entscheidung, ob die Weiche umgestellt werden soll oder nicht, ergibt sich nämlich dadurch, daß man den ins Auge gefaßten ablaufenden Wagen mit seinem Vorgänger vergleicht. Nun ist die Wahrscheinlichkeit, daß dieser nach Strang 1 bestimmt war, gleich g_1 , die Wahrscheinlichkeit, daß der soeben ablaufende Wagen nach Gleis 2 bestimmt ist, gleich g_2 , also die Wahrscheinlichkeit für das Eintreffen dieser Kombination nach dem bekannten Satz von der zusammengesetzten Wahrscheinlichkeit gleich $g_1 g_2$. Mit der gleichen Wahrscheinlichkeit $g_2 g_1$ ist aber auch das Eintreffen der anderen noch möglichen ungünstigen Kombination zu erwarten, so daß sich als Gesamtwahrscheinlichkeit die Summe der beiden, also $2 g_1 g_2$ ergibt.

Zur Berechnung von β : Bekommen die einzelnen Richtungsgleise von der ablaufenden Wagenzahl jeweils den Bruchteil (Belastung) $g_1, g_2 \dots g_n$ (also $g_1 + g_2 + \dots g_n = 1$), so ist die Wahrscheinlichkeit, daß eine bestimmte Weiche von einem ablaufenden Wagen benutzt wird, gleich $\sum g$, wo die Summierung der g über die an die betreffende Weiche angeschlossenen Richtungsgleise zu erstrecken ist. $(\sum g)^2$ stellt also die Wahrscheinlichkeit dar, daß die Weiche zweimal hintereinander benutzt wird und

$$2) \dots \dots \dots \beta = \alpha (\sum g)^2$$

gibt also die Wahrscheinlichkeit, daß außer der zweimaligen Benützung auch noch die Umstellung notwendig wird.

Beispiel:

Ist an der ersten Weiche der letzten Reihe mit den beiden Strängen 1 und 2 die Belastung g_1 bzw. g_2

$$(g_1 + g_2 + g_3 + \dots = 1)$$

so ist der Umstellkoeffizient nach Formel 1)

$$= 2 \frac{g_1}{g_1 + g_2} \cdot \frac{g_2}{g_1 + g_2} = 2 \frac{g_1 g_2}{(g_1 + g_2)^2}$$

Nach Formel 2) wird dann der Trennkoeffizient

$$= \frac{2 g_1 g_2}{(g_1 + g_2)^2} \cdot (g_1 + g_2)^2 = 2 g_1 g_2$$

ein Resultat, das unmittelbar einleuchtend ist, da ja $g_1 \cdot g_2$ die Wahrscheinlichkeit bedeutet, daß ein Wagen in Gleis 1 läuft und daß ihm ein Wagen im Gleis 2 folgt.

Von den übrigen, in dem eingangs genannten Aufsatz abgeleiteten Sätzen wird hier nur noch der von der Gesamtzahl der Trennungen, die in einer gegebenen Gleisanlage stattfinden, benötigt. Man kann diese Zahl selbstverständlich durch Summierung der an jeder einzelnen Weiche stattfindenden Trennvorgänge finden. Eine etwas tiefere Einsicht bekommt man jedoch durch folgende Überlegung, die zugleich zeigt, daß diese Zahl nur abhängig ist von der Zahl der im Bahnhof vorhandenen Richtungsgleise, dagegen nicht von der speziellen Gleisentwicklung. Ein ablaufender Wagen verlässt entweder an irgend einer Stelle die Bahn seines Vorgängers oder er läuft in dasselbe Gleis wie dieser. Im ersten Fall ist also mit dem Ablauf ein Trennvorgang verbunden, im zweiten Fall dagegen nicht. Die Wahrscheinlichkeit des einen oder anderen Falles ist aber offenbar nur abhängig von der Art der vorzunehmenden Sortierung und von der Reihenfolge der Wagen im Zug, dagegen nicht von der besonderen Art der Gleisentwicklung. Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten des zweiten Falles ist bei n Richtungsgleisen und gleicher Belastung dieser Gleise $\frac{1}{n}$, nämlich gleich der Wahrscheinlichkeit, daß ein solcher

ablaufender Wagen in ein ganz bestimmtes (eben das von seinem Vorläufer „ausgewürfelte“) Gleis einläuft; bei verschiedener Belastung der Gleise (g_1, g_2, \dots, g_n) ist die Wahrscheinlichkeit, daß das erste Gleis vom Vorläufer ausgewürfelt wird, gleich g_1 , die Wahrscheinlichkeit, daß der ablaufende Wagen nach Gleis 1 läuft, ebenfalls gleich g_1 , die Wahrscheinlichkeit daß beides zugleich eintritt, also gleich g_1^2 , ebenso für die übrigen Gleise, so daß also statt $\frac{1}{n}$ der allgemeine Ausdruck

$\Sigma (g^2)$ folgt. Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten des oben zuerst genannten Falles ist also dann einfach gleich

$$3) \dots \dots 1 - \frac{1}{n} \text{ bzw. } 1 - \Sigma (g^2).$$

Treten z. B. aber bei N_w ablaufende Wagen $N_w \left(1 - \frac{1}{n}\right)$ bzw. $N_w (1 - \Sigma g^2)$ Trennungen auf, so erkennt man nun sofort, daß die Zahl der ablaufenden Wagengruppen übereinstimmt mit der Zahl dieser Trennungen; wenn keine Trennung stattfindet, dann läuft eben der nachfolgende Wagen mit seinem Vorläufer zusammen in eine Gruppe ab.

I.

Bevor wir jedoch nun näher auf die Fragen der Gruppenbildung eingehen, soll an den bisherigen Definitionen und Sätzen eine kleine, aber wesentliche Korrektur vorgenommen werden.

Bisher waren als kleinste Einheit des Ablaufvorgangs die einzelnen Wagen betrachtet worden. Von diesen einzelnen Wagen war vorausgesetzt, daß sie in vollkommen regelloser Weise angeliefert werden. Eine Gruppenbildung ist also unter diesen Voraussetzungen nur möglich, weil ganz zufällig zwei oder drei oder noch mehr Wagen sich im Zug zusammengefunden

haben, die in dasselbe Richtungsgleis laufen. Nun ist aber klar, daß die tatsächlich am Ablaufberg beobachtete Gruppenbildung noch eine zweite Ursache hat. Bereits beim Beginn des Wagenlaufs, beim Absender, werden unter Umständen mehrere Wagen zu einer Einheit (zu einer „Sendung“) zusammengestellt, die dann geschlossen zu ihrem Empfänger rollen. Gewiß ist eine derartige Verkopplung von Wagen auch „zufällig“. Man sieht aber sofort, daß das ein Zufall ganz anderer Gesetzmäßigkeit ist, als der Zufall, der bestimmt, daß zwei Wagen unmittelbar hintereinander in dasselbe Gleis rollen. Die Gesetzmäßigkeit dieses neuen Zufalls liegt ganz außerhalb des eigentlichen Eisenbahnbetriebs; sie ist wirtschaftsgeographisch bedingt. Im Gebiet der Schwerindustrie, der Massengüter, wird eine solche Verkopplung öfter auftreten und weit mehr Wagen umfassen, als in einem Gebiet, in dem die Veredlungsindustrie vorherrscht.

Diese Überlegung zeigt uns also, daß wegen der inneren Verkopplung die Regellosigkeit in der Anlieferung der einzelnen Wagen unter Umständen stark fraglich ist. Viel besser wird diese Voraussetzung zutreffen bei der Anlieferung der einzelnen „Sendungen“. Unter Sendung wollen wir dabei also immer die Gesamtheit der Wagen verstehen, die von einem Absender an einen und denselben Empfänger laufen*). Während wir also früher (siehe den zitierten Aufsatz) als Gedankenmodell für den Ablauf der Wahrscheinlichkeitsgesetze eine Urne verwendeten, die mit einer entsprechenden Anzahl gekennzeichnete einzelner Kugeln gefüllt war, von denen der Reihe nach jedesmal eine gezogen wurde, führen wir jetzt als Gedankenmodell

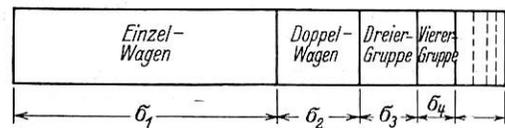


Abb. 1.

eine solche Urne ein, die lauter kleine Säckchen enthält (von entsprechender Anzahl und Bezeichnung). Jedes der Säckchen stellt eine „Sendung“ vor und enthält 1, 2, 3, 4... Kugeln (Wagen).

Die Berücksichtigung der neuen Voraussetzung erfordert also lediglich in allen obigen Definitionen und Sätzen an Stelle des Wortes „Wagen“ das Wort „Sendung“.

Eine „Sendung“ besteht (in abgekürzter Sprechweise) aus Einzelwagen, Doppelwagen, Dreier-Wagen usw. in bunter Reihenfolge. Den verhältnismäßigen Anteil, der auf jede dieser Gruppen entfällt und der durch die verkehrsgeographische Lage des Bahnhofs bestimmt ist, wollen wir mit den Buchstaben $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n$ bezeichnen, wobei also $\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 + \dots = 1$. Für einen vorgegebenen Bahnhof sei diese Verteilung durch das Schaubild Abb. 1 dargestellt.

Die einzelnen Wagen sind hiernach schon zu gewissen Gruppen zusammengefaßt, bevor sie überhaupt mit anderen Wagen im Zug zusammentreffen. Die dadurch festgelegte Gruppenbildung wollen wir als äußere Gruppenbildung bezeichnen, im Gegensatz zu der oben bereits kurz angedeuteten Gruppenbildung im Bahnhof (innere Gruppenbildung). Durch diese innere Gruppenbildung werden also die Sendungen dann in Gruppen von zwei, drei usw. Sendungen zusammengefaßt. Die tatsächlich am Ablaufberg zu beobachtende Gruppenbildung ergibt sich dann aus dem Zusammenwirken von innerer und äußerer Gruppenbildung.

*) Man beachte, daß bei dieser Definition wegen der vorausgesetzten Regellosigkeit eine Vorsortierung irgendwelcher Art als ausgeschlossen gelten muß. Wird trotzdem vorsortiert (z. B. auf Zechenbahnhöfen), so hat sinngemäß nun als Absender der vorsortierende Bahnhof zu gelten, als Empfänger die einzelnen Bahnhöfe, nach denen sortiert wird.

Wir wollen zunächst die äußere Gruppenbildung noch etwas betrachten. Aus der in Abb. 1 gegebenen Darstellung liest man sofort, daß eine Sendung durchschnittlich 4) . . . $G_a = \sigma_1 \cdot 1 + \sigma_2 \cdot 2 + \sigma_3 \cdot 3 + \sigma_4 \cdot 4 + \dots$ Wagen enthält. G_a stellt also die „äußere“ Gruppenziffer des Bahnhofs dar, wenn wir unter Gruppenziffer im folgenden immer den durchschnittlichen Inhalt einer Einheit verstehen wollen.

Nun zur inneren Gruppenbildung. Ist N_S die Zahl der ablaufenden Sendungen, so beträgt die Zahl der Gruppen, wie oben abgeleitet,

5) . . . $N_G = N_S \left(1 - \frac{1}{n}\right)$ bzw. $N_G = N_S (1 - \sum g^2)$.

Eine einzelne Gruppe enthält daher durchschnittlich

5a) $\frac{N_S}{N_G} = G_i = \frac{1}{1 - \frac{1}{n}} = \frac{n}{n-1}$

bzw. 5b) $G_i = \frac{1}{1 - \sum g^2}$

einzelne Sendungen. G_i stellt die innere Gruppenziffer des Bahnhofs dar. Für einen normalen Bahnhof von rund 30 Gleisen ist sie nach Gleichung 5a) gleich $\frac{30}{29}$, also ≈ 1 .

Es soll nun aber noch genauer betrachtet werden, wieviel Gruppen aus 1, 2, 3 oder mehr Sendungen ablaufen. Wir wollen die verhältnismäßige Anzahl entsprechend dem vorigen mit $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ bezeichnen.

Zuerst soll wieder der Fall betrachtet werden, daß die Belastung aller Gleise untereinander gleich ist.

Daß eine Einzelsendung abläuft, erfordert, daß der ablaufenden Sendung eine solche folgt, die für eines der $n - 1$ übrigen Gleise bestimmt ist, so daß

6) $\mu_1 = 1 \cdot \frac{n-1}{n}$.

Etwas ausführlicher lautet die Überlegung wie folgt: Man betrachtet die an den einzelnen Richtungsgleisen auftretenden Einzelsendungen. Am ersten Richtungsgleis ist eine Sendung zu erwarten mit der Wahrscheinlichkeit $\frac{1}{n}$. Daß es gerade eine Einzelsendung ist, erfordert, daß die nächste Sendung in eines der $n - 1$ anderen Gleise läuft, also: Multiplikation mit $\frac{n-1}{n}$. Wenn man schließlich die Summe aller auch an den übrigen Gleisen auftretenden Einzelsendungen haben will, muß einfach noch mit n multipliziert werden.

$\frac{1}{n} \cdot \frac{n-1}{n} \cdot n$ ist aber eben gleich $\frac{n-1}{n}$.

Analog lautet die Ableitung für μ_2 (Wahrscheinlichkeit für das Ablauen einer Gruppe aus zwei Sendungen):

Es muß auf die gerade ablaufende Sendung eine zweite in das gleiche Gleis folgen (Wahrscheinlichkeit $= \frac{1}{n}$) und hierauf eine solche in eines der $n - 1$ übrigen Gleise (Wahrscheinlichkeit $= \frac{n-1}{n}$) also

7) $\mu_2 = 1 \cdot \frac{1}{n} \cdot \frac{n-1}{n} = \frac{n-1}{n^2}$.

Ausführlicher $\frac{1}{n} \cdot \frac{1}{n} \cdot \frac{n-1}{n} \cdot n = \frac{n-1}{n^2}$.

8) Analog $\mu_3 = \frac{n-1}{n^3}$ usw.

Selbstverständlich muß $\mu_1 + \mu_2 + \dots + \mu_n$, wie oben $\sigma_1 + \sigma_2 + \dots + \sigma_n$, gleich 1 sein.

$$\frac{n-1}{n} + \frac{n-1}{n^2} + \frac{n-1}{n^3} + \dots + \frac{n-1}{n^n} = \frac{n-1}{n} \left(1 + \frac{1}{n} + \frac{1}{n^2} + \dots\right) = 1,$$

wenn wir die in der Klammer stehende geometrische Reihe mit dem Anfangsglied 1 und dem Quotienten $1/n$ auswerten.

Die durchschnittliche Zahl von Sendungen in einer Gruppe ist selbstverständlich gleich

$$G_i = \mu_1 \cdot 1 + \mu_2 \cdot 2 + \mu_3 \cdot 3 + \dots = \frac{n-1}{n} \cdot 1 + \frac{n-1}{n^2} \cdot 2 + \frac{n-1}{n^3} \cdot 3 + \dots = (n-1) \left(\frac{1}{n} + \frac{2}{n^2} + \frac{3}{n^3} + \frac{4}{n^4} + \dots\right) = 1 + \frac{2}{n} + \frac{3}{n^2} + \frac{4}{n^3} + \dots = \frac{1}{1 - \frac{1}{n}} = \frac{n}{n-1}.$$

Ein Ergebnis, das wir oben in etwas kürzerer Weise abgeleitet hatten.

Dieselben Rechnungen sollen nun wiederholt werden für den Fall ungleicher Belastungen der Richtungsgleise:

Daß das erste Gleis eine Einzelsendung erhält, hat als Wahrscheinlichkeit $g_1 (g_2 + g_3 + g_4 + \dots + g_n) = g_1 (1 - g_1)$. Durch Summierung über alle n Gleise erhalten wir also

9) $\mu_1 = \sum_{i=1}^n g_i (1 - g_i) = 1 - \sum g_i^2$.

Daß das erste Gleis eine Doppelsendung erhält, hat die Wahrscheinlichkeit $g_1 g_1 (g_2 + g_3 + g_4 + \dots + g_n) = g_1^2 (1 - g_1)$, also

10) $\mu_2 = \sum_{i=1}^n g_i^2 (1 - g_i) = \sum g_i^2 - \sum g_i^3$.

Daß das erste Gleis eine Dreiergruppensendung erhält, hat die Wahrscheinlichkeit $g_1^3 (1 - g_1)$, also

11) $\mu_3 = \sum g_i^3 (1 - g_i) = \sum g_i^3 - \sum g_i^4$.

Es erscheint zweckmäßig, an dieser Stelle kurz auf die Möglichkeit einer Verwechslung und eines daraus folgenden Fehlschlusses hinzuweisen. Es sei beispielsweise 5 1 2 1 3 5 4 1 1 2 4 5 1 5 1 1 1 1 4 2 3 usw. ein Ausschnitt aus der Reihenfolge der Sendungen, die zum Ablauen bereitstehen. Die Ziffern geben die Nummer der Richtungsgleise an, in die die Sendungen einlaufen sollen. Dann ist die Wahrscheinlichkeit, in dieser Reihe z. B. eine Doppelfolge von 1 zu treffen, nicht gleich der Wahrscheinlichkeit des Ablaufs einer Gruppe aus zwei Sendungen. Die erstgenannte Wahrscheinlichkeit

beträgt einfach $\frac{1}{n} \cdot \frac{1}{n}$ bzw. $g_1 \cdot g_1$. Die Doppelfolge von 1 wird

aber auch verwirklicht durch eine Reihe, in der sich drei-, viermal oder noch öfter eine Eins wiederholt. Dreimal eine Eins hintereinander sind in diesem Zusammenhang als ein zweimaliges Eintreten der Doppelfolge zu zählen; viermal eine Eins als dreimaliges, usw. Für die Wahrscheinlichkeit des Ablaufs einer Gruppe aus zwei Sendungen scheiden dagegen alle diese Fälle aus, da sie eben als Gruppe von 3, 4 usw. Sendungen zum Ablauf kommen. Der Zusammenhang der beiden Wahrscheinlichkeitswerte ist leicht zu erkennen. Alle diejenigen Doppelfolgen von 1 scheiden für die Gruppe aus zwei Sendungen aus, die auch die Bedingung der dreifachen Folge erfüllen. Dieser

Bruchteil ist eben gleich $\frac{1}{n}$ bzw. g_1 . Zieht man ihn ab, so erhält man die „reinen“ Doppelfolgen, die als Gruppen aus zwei Sendungen zum Ablauf kommen. Ebenso ist zu verfahren bei der Ermittlung der „reinen“ Dreierfolgen. Man erhält dann die obigen Formeln 6–11.

Aus innerer und äußerer Gruppenbildung zusammen ergibt sich dann die tatsächlich am Ablaufberg beobachtete Gruppenbildung.

Es interessiert zunächst, in welchem Betrage Einzelwagen, Doppelwagen usw. zu erwarten sind. Die verhältnismäßigen Anteile sollen analog wie oben mit $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n$ bezeichnet werden. Man erkennt sofort, daß die Wahrscheinlichkeit einen Einzelwagen anzutreffen, gleich ist dem Produkt der Wahrscheinlichkeiten für das Auftreten einer Einzelsendung und für das Auftreten von „Sendung aus einem Wagen“.

12) $\dots \dots \dots \rho_1 = \mu_1 \cdot \sigma_1.$

Die Wahrscheinlichkeit, eine Gruppe aus zwei Wagen anzutreffen, setzt sich additiv zusammen aus der Wahrscheinlichkeit des Ablaufs einer Gruppe aus zwei Sendungen, die jedoch beide aus Einzelwagen bestehen müssen ($W. = \mu_2 \sigma_1^2$) und der Wahrscheinlichkeit, daß eine einzelne Sendung abläuft, die jedoch zufällig aus zwei Wagen besteht ($W. = \mu_1 \sigma_2$) also

13) $\dots \dots \dots \rho_2 = \mu_1 \sigma_2 + \mu_2 \sigma_1^2.$

Die Wahrscheinlichkeit, eine Gruppe aus drei Wagen anzutreffen, ist ebenfalls additiv aufgebaut aus den verschiedenen Möglichkeiten, die für die Bildung der Summe 3 zur Verfügung stehen.

Entweder: Einzelsendung aus drei Wagen ($W. = \mu_1 \sigma_3$), oder Gruppe aus zwei Sendungen: erste Sendung ein Wagen und zweite Sendung zwei Wagen ($W. = \mu_2 \sigma_1 \sigma_2$) oder Gruppe aus zwei Sendungen: erste Sendung zwei Wagen, zweite Sendung ein Wagen ($W. = \mu_2 \sigma_2 \sigma_1$) oder Gruppe aus drei Sendungen, jede aus einem einzelnen Wagen ($W. = \mu_3 \sigma_1^3$), also

14) $\dots \dots \dots \rho_3 = \mu_1 \sigma_3 + 2 \mu_2 \sigma_1 \sigma_2 + \mu_3 \sigma_1^3.$

Analog bei vier Wagen: Einzelsendung aus vier Wagen $W. = \mu_1 \sigma_4$; Gruppe aus zwei Sendungen (1,3 oder 3,1 oder 2,2 Wagen) $W. = \mu_2 (2 \sigma_1 \sigma_3 + \sigma_2^2)$; Gruppe aus drei Sendungen (1 1 2, 1 2 1, 2 1 1 Wagen) $W. = \mu_3 \cdot 3 \sigma_1^2 \sigma_2$ oder Gruppe aus vier Sendungen, jede aus einem einzelnen Wagen: $W. = \mu_4 \cdot \sigma_1^4$, also

15) $\dots \rho_4 = \mu_1 \sigma_4 + \mu_2 (2 \sigma_1 \sigma_3 + \sigma_2^2) + \mu_3 \cdot 3 \sigma_1^2 \sigma_2 + \mu_4 \sigma_1^4.$

Einfacher als die Berechnung der ρ gestaltet sich die Berechnung der resultierenden Gruppenziffer G_r (durchschnittliche Zahl von Wagen bei einer Ablaufhandlung). Analog wie oben wäre

16) $\dots \dots \dots G_r = \rho_1 \cdot 1 + \rho_2 \cdot 2 + \rho_3 \cdot 3 + \dots \dots \dots$

An Stelle der mühevollen Summierung tritt jedoch besser folgende Überlegung: N_G soll die Zahl der ablaufenden Sendungsgruppen bezeichnen; dann ist die Zahl der ablaufenden Einzelsendungen gleich $N_S = N_G \cdot G_1$. Jede der Sendungen enthält im Durchschnitt G_a Wagen, also ist die Gesamtzahl der Wagen $N_w = N_S \cdot G_a = N_G \cdot G_1 \cdot G_a$, so daß einfach

17) $\dots \dots \dots G_r = G_1 \cdot G_a.$

In Worten: Die resultierende Gruppenziffer ist das Produkt aus äußerer und innerer Gruppenziffer.

Da letztere sehr wenig von 1 verschieden ist, kann man meist die resultierende Gruppenziffer gleich der äußeren Gruppenziffer setzen, so daß also G_r praktisch von der Gestaltung des Bahnhofs unabhängig ist. Ebenso erkennt man, daß praktisch die Koeffizienten ρ mit den Koeffizienten σ gleichgesetzt werden können, da $\mu_1 \approx 1$ und $\mu_2, \mu_3 \dots$ sehr klein werden.

II.

Die zweite Aufgabe, die in diesem Aufsatz behandelt werden soll, ist die Frage nach der Zahl der zu erwartenden Fehlläufer. Die im ersten Aufsatz angegebenen Trennkoeffizienten machen ja nur eine Aussage über die Zahl der an der Weiche durchzuführenden Trennungen. Verzichtet man auf jede Beeinflussung der ablaufenden Wagen, so wird nur ein gewisser Bruchteil dieser Trennungen tatsächlich durchgeführt werden können. Ein anderer Teil wird „schiefgehen“ und der be-

treffende Wagenablauf wird infolgedessen Ursache eines Fehllaufes werden. Der eine oder andere Fall wird eintreten, je nachdem ob die eben ablaufende Sendung bei ihrer Ankunft an der betreffenden Weiche diese bereits im umgestellten und freien Zustand vorfindet oder nicht.

Diese Verhältnisse sollen zunächst allgemein betrachtet werden. Die anschließende einfache Behandlung eines Sonderfalles, die (s. den an Gleichung 23 anknüpfenden Text) zunächst auch für die praktischen Bedürfnisse genügen wird, ist auch unabhängig hiervon verständlich.

Ausgangspunkt der allgemeinen Betrachtung bildet die bildliche Darstellung 2a:

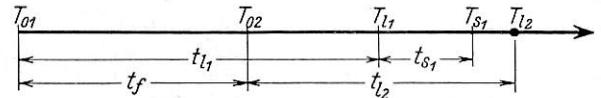


Abb. 2a.

Wir markieren auf der von links nach rechts verlaufenden Zeitlinie den Zeitpunkt des Ablaufbeginns T_{01} und tragen rechts die Laufzeit t_{11} des Wagens bis zu der betrachteten Weiche an (Endpunkt T_{11}). Auf diesem Zeitabschnitt folgt die Zeit t_s (Weichensperrzeit, Endpunkt T_{1s}).

Nach einer von der Abdrückgeschwindigkeit abhängigen Zeit t_f (Wagenfolgezeit) beginnt die neue Sendung ihren Lauf. Wir markieren ihren Ablaufbeginn T_{02} und daran anschließend als Ende der Laufzeit t_{12} den Punkt T_{12} . Dabei wollen wir t_f in allen Fällen gleich $\frac{\text{Wagenlänge}}{\text{Abdrückgeschwindigkeit}}$ setzen. Die neue Laufzeit t_{12} zählt von dem so definierten T_{02} an.

Je nachdem dieser Punkt T_{12} rechts oder links von T_{1s} liegt, ist die Trennung durchführbar oder nicht. Die Trennung ist also nicht durchführbar, wenn

18) $\dots \dots \dots t_f + t_{12} < t_{11} + t_s.$

Diese graphische Darstellung soll nun zu Abb. 2b umgeformt werden, indem wir T_{02} nach links schieben, bis es mit

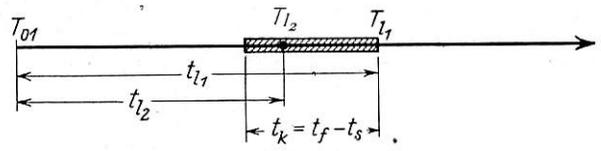


Abb. 2b.

T_{01} zusammenfällt. Man erkennt, daß die Trennung jetzt immer dann unmöglich wird, wenn der Endpunkt T_{12} weiter nach links von T_{11} entfernt liegt als die kritische Zeit t_k ausmacht. Der zweite Wagen darf eben eine höchstens um den kritischen Betrag t_k kürzere Laufzeit haben als der erste. Den Wert t_k erhalten wir, indem wir von der angeschriebenen Ungleichung 18) beiderseits t_f abziehen. Dann lautet die Bedingung für die Unmöglichkeit der Trennung

19) $\dots \dots \dots t_{12} < t_{11} + t_s - t_f$
 $t_{12} < t_{11} - (t_f - t_s)$
 $t_{12} < t_{11} - t_k, \text{ wo}$

20) $\dots \dots \dots t_k = t_f - t_s.$

Wenn wir nun für eine große Zahl von Sendungen die Laufzeiten t_1 vom selben Punkt T_0 aus antragen, werden die Endpunkte T_1 ein bestimmtes Stück der Zeitachse mehr oder weniger dicht überdecken. Wir teilen nun die überdeckte Strecke in eine Anzahl kleine Intervalle ein und tragen in einer neuen Abb. 3 senkrecht zur Zeitachse in der Mitte eines jeden Intervalls eine Strecke ab, die uns die verhältnismäßige

Dichtigkeit p darstellen soll, mit der dieses Intervall von Punkten T_1 besetzt ist. Wenn wir durch die Endpunkte dieser Strecken eine Kurve legen, erhalten wir also eine Art Streukurve für die Laufzeiten der einzelnen Sendungen. Der Verlauf dieser Kurve hängt natürlich stark von den angelieferten Wagen ab. Für einen bestimmten Bahnhof oder für Züge aus bestimmten Richtungen und für eine bestimmte Weiche dieses Bahnhofs muß sie einmal ermittelt werden, darf aber dann wohl als gleichbleibend betrachtet werden. Für die folgenden Betrachtungen soll diese Streukurve immer als gegeben angenommen werden. Außerdem soll vorausgesetzt werden, daß die Kurven für die Sendungen des rechten wie des linken Stranges der betreffenden Weiche übereinstimmen.

Aus dieser Kurve können wir nun gemäß ihrer Entstehungsweise sofort entnehmen, wie groß die Wahrscheinlichkeit ist, daß uns ein Wagen begegnet, dessen Laufzeit größer ist als t_1 , jedoch kleiner als t_2 . Wir suchen zu diesem Zweck das von den Endpunkten T_1 und T_2 eingeschlossene Intervall. Das Verhältnis des darüber aufgebauten Flächenstücks (schraffiert in Abb. 3) zur Gesamtfläche der Streukurve stellt dann die gesuchte Wahrscheinlichkeit dar. Dabei ist es offenbar gleich-

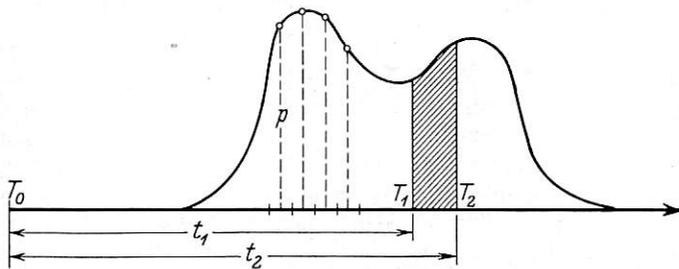


Abb. 3.

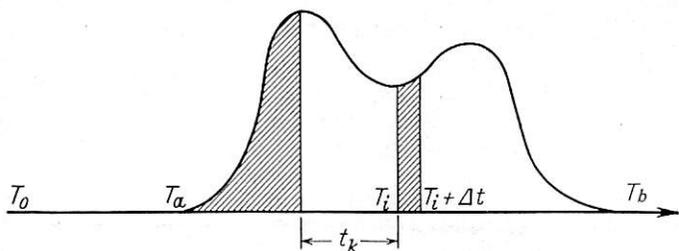


Abb. 4.

gültig, in welchem Maßstab die Streukurve aufgetragen wurde. Wir können daher immer annehmen, daß die Gesamtfläche den Betrag „Eins“ hat, so daß das schraffierte Flächenstück über dem Intervall $T_1 - T_2$ direkt den Betrag der gesuchten Wahrscheinlichkeit gibt.

Aus diesen Kurven können wir nun sofort die Wahrscheinlichkeit berechnen, daß eine Trennung nicht durchgeführt werden kann, also ein Fehllauf entsteht. Dabei soll zunächst der Einfachheit halber die Belastung der beiden an die betrachtete Weiche angeschlossenen Gleise als gleich vorausgesetzt werden. Allgemein haben wir dazu folgendermaßen zu verfahren: Wir betrachten (Abb. 4) das kleine schraffierte Intervall von T_1 bis $T_1 + \Delta t$. Sein Flächeninhalt gibt die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Sendungen mit Laufzeiten, die innerhalb dieses Intervalls liegen. Das größere links befindliche, ebenfalls schraffierte Flächenstück, das sich von T_a bis $T_1 - t_k$ erstreckt, gibt die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Sendungen, die alle als Nachfolger dieser erstgenannten Sendungen zu einem Fehllauf Veranlassung geben. Das Produkt der beiden Flächen stellt also die Wahrscheinlichkeit dar für das Auftreten solcher Fehlläufe, bei denen der Vorläufer eine in das Intervall T_1 bis $T_1 + \Delta t$ fallende Laufzeit hatte. Nun gibt es aber selbstverständlich auch Vorläufer mit anderen Laufzeiten. Zur Er-

rechnung der gesamten Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines Fehllaufs müssen wir also alle möglichen derartigen Produkte bilden und diese dann zusammenzählen. Formelmäßig angeschrieben lautet diese Anweisung also, wenn wir die gesamte Wahrscheinlichkeit mit dem Buchstaben γ bezeichnen:

$$21) \dots \gamma = \int_{T_a}^{T_b} p(t) \cdot \left[\int_{T_a}^{t-t_k} p(t) dt \right] dt.$$

Wenn wir uns in unsere Streukurve die Integralkurve

$$F(t) = \int_{T_a}^t p(t) dt$$

einzeichnen, wie das in Abb. 5 geschehen ist, so sieht man, daß man die Formel für γ auch so schreiben kann

$$22) \dots \gamma = \int_{T_a}^{T_b} F(t - t_k) \cdot p(t) dt.$$

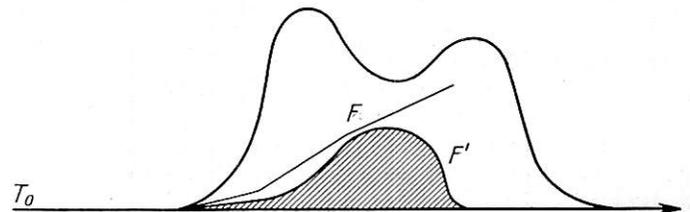


Abb. 5.

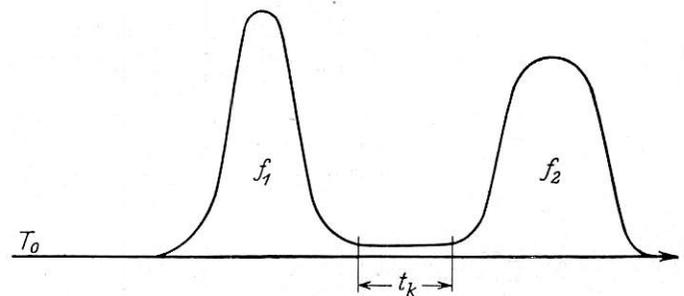


Abb. 6.

Aus dieser Formel erkennt man, daß man für die Ermittlung von γ in einfacher Weise graphisch so vorgehen kann, daß man die Kurve F zunächst in eine Kurve F' umformt, indem man ihre einzelnen Ordinaten F (an den Stellen $t - t_k$) so verzerrt, wie der zweite Faktor p (genommen an der Stelle t) angibt und diese dann integriert. Das Integral über diese neue Kurve F' gibt dann das gesuchte γ . Man erkennt, daß dieser Wert um so größer wird, je kleiner t_k ausfällt, also je größer t_s und je kleiner t_f , und außerdem, je breiter die ganze Streukurve sich ausdehnt.

In der Mehrzahl der Fälle wird man wohl diesen etwas umständlichen allgemeinen Weg zur Ermittlung von γ umgehen können. Weil es zwischen Gut- und Schlechläufer doch verhältnismäßig wenig Übergangszustände gibt, wird in größerer Entfernung vom Ablaufpunkt die Streukurve etwa so aussehen, wie es Abb. 6 zeigt. Ein erster Gipfel vom Flächeninhalt f_1 für die Gutläufer und ein zweiter Gipfel vom Flächeninhalt f_2 für die Schlechläufer (es sei zunächst angenommen, daß die Wagen beim Ablauf nicht durch eine Bremse beeinflusst werden).

Wenn wir dann die Strecke t_k an einer passenden Stelle in dem Zwischenraum zwischen den beiden Gipfeln abtragen, so erkennt man, daß alle Wagen aus f_2 , die als Nachläufer Wagen

aus f_1 haben, einen Fehllauf verursachen. Zu diesen käme nun noch der Anteil hinzu, der vom mittleren eingeschnürten Teil der Streukurve herrührt. Man erkennt, daß man den eben wegen der verhältnismäßigen Seltenheit der Übergangsformen vernachlässigen kann. Erst wenn wir beim Abtragen der Strecke t_k in einen der beiden Gipfel wesentlich hineinschneiden müssen, ist es notwendig, auf die allgemeine Methode zurückzugreifen. Bei schmalen Gipfeln wird aber γ dann sehr schnell so klein, daß seiner genauen Ermittlung keine praktische Bedeutung mehr zukommt. Für Weichen, die in größerer Entfernung vom Ablaufpunkt liegen, wird also der „Störkoeffizient“ genügend genau gegeben durch

$$23) \dots \dots \dots \gamma = f_1 f_2,$$

wo f_1 der verhältnismäßige Anteil der Gutläufer und f_2 der verhältnismäßige Anteil der Schlechtläufer sein soll.

Ist N_s die Zahl der ablaufenden Sendungen, so ist demnach die Zahl der entstehenden Fehlläufer, falls der Trennkoeffizient der Weiche den Wert β hat, an eben dieser Weiche

$$24) \dots \dots \dots N_f = N_s \cdot \beta \cdot \gamma = N_s \cdot \varepsilon.$$

$$25) \dots \dots \dots \text{wo } \varepsilon = \beta \cdot \gamma.$$

Für ε führt man zweckmäßig in Analogie zu früheren die Bezeichnung „Falschaufkoeffizient“ ein, weil offensichtlich das Produkt aus ε und der Zahl der ablaufenden Sendungen die Zahl der an der betreffenden Weiche zu erwartenden Fehlläufer gibt.

Der Ausdruck 23 zur Berechnung von γ ist bis auf den fehlenden Faktor 2 genau so aufgebaut, wie der Ausdruck zur Berechnung des Umstellkoeffizienten α . Es ist daher vielleicht zweckmäßig, zu zeigen, daß unter den Voraussetzungen, unter denen er gilt, sich die Ableitung für ihn analog zu der Ableitung für α gestalten läßt. Für die Entscheidung, ob Fehlläufer oder nicht, ist auch hier einfach jede Sendung mit der vorhergehenden zu vergleichen. Unter den dabei möglichen Kombinationen gg, gs, sg, ss (g = Gutläufer, s = Schlechtläufer) führt nur die dritte Kombination — sg — zu einem Fehllauf. Die Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens ist aber eben gleich $f_1 \cdot f_2$.

Es erscheint angebracht, an Hand eines Beispiels die letzten Formeln nochmals zu betrachten. Ist an einer Weiche der letzten Reihe (s. d. Beispiel in der Einleitung) der Trennkoeffizient $\beta = 2 g_1 g_2$, so wird $N_f = N_s \cdot 2 g_1 g_2 f_1 f_2$, also $\varepsilon = 2 g_1 g_2 f_1 f_2$. Man kann dies auch so schreiben

$$26) \dots \dots \dots \varepsilon = g_1 f_2 \cdot g_2 f_1 + g_2 f_2 \cdot g_1 f_1.$$

Auch diese Form ist unmittelbar einleuchtend, da $g_1 f_2$ die Wahrscheinlichkeit darstellt, daß in das erste Gleis ein Schlechtläufer und $g_2 f_1$ die Wahrscheinlichkeit, daß in das Nachbargleis ein Gutläufer kommt; analog gestaltet sich die Deutung des 2. Summanden.

Diese zweite Art der Betrachtung zeigt auch in leicht zu verallgemeinernder Weise, daß die weiter oben bei der Ableitung von γ zunächst gemachte Einschränkung der gleichen Belastung der angeschlossenen Gleisstränge eigentlich wegfallen kann. (Hierauf wird zum Schlusse des Aufsatzes nochmals eingegangen werden.)

Von der einfachen Formel 23) können nun verschiedene Anwendungen gemacht werden.

Zunächst einiges über den Wert von γ selbst. Man erkennt sofort, daß der Höchstwert, den γ erreicht, gleich 0,25 ist. Er wird erreicht, wenn $f_1 = 0,5$ und $f_2 = 0,5$. Je gleichartiger die anfallenden Sendungen in bezug auf ihre Laufeigenschaften sind, desto kleiner wird selbstverständlich γ . Beträgt z. B. die Zahl der Schlechtläufer 90% der anfallenden Menge, also $f_2 = 0,9$, $f_1 = 0,1$, so geht γ auf 0,09 zurück.

An Hand eines Beispiels soll weiter errechnet werden, wieviel Fehlläufer bei einem Ablaufbetrieb entstehen werden,

der vollkommen darauf verzichtet, die Laufzeiten durch Bremsen zu regeln. Dabei sei ein bestimmter Fall ins Auge gefaßt, etwa ein Bahnhof mit $n = 32$ Richtungsgleisen in streng büschelförmiger Anordnung. Die Gleisentwicklung habe normale Länge, so daß nur in der letzten Weichenreihe sich die Laufzeitunterschiede bemerkbar machen, also γ nur dort einen von Null verschiedenen Wert annimmt. Weiter sei angenommen, daß Gutläufer und Schlechtläufer in gleicher Anzahl vorhanden sein sollen, also $\gamma = 1/4$. Unter diesen Umständen errechnet sich die Zahl der Fehlläufer wie folgt:

Die Zahl der in der letzten Weichenstaffel gelegenen Weichen beträgt $\frac{n}{2}$, jede hat bei gleicher Gleisbelastung einen

Trennkoeffizienten gleich $\frac{2}{n^2}$. Alle diese Weichen haben dem-

nach zusammen einen Gesamttrennkoeffizienten $\frac{n}{2} \cdot \frac{2}{n^2} = \frac{1}{n}$.

Also macht der n -Teil, hier der 32. Teil aller ablaufenden Sendungen, einen Trennvorgang in dieser „gefährdeten“ Zone notwendig und der vierte Teil davon, also der 128. Teil aller Wagen, läuft infolgedessen falsch*).

Nicht unwichtig ist auch eine Abschätzung der Fehlläufer bei „streng“ (also ohne Berücksichtigung etwaiger Fehlläufer) durchgeführter Zielbremsung. Es ist klar, daß man durch eine sinngemäß durchgeführte Bremsung in der Lage ist, γ auch in der letzten Weichenreihe zu Null zu machen und so sämtliche Fehlläufer überhaupt auszuschalten. Bei Bremsung des Wagens auf Laufziel muß jedoch gerade entgegengesetzt verfahren werden. Die Streukurve, die bei unbeeinflusstem Ablauf aus den beiden noch verhältnismäßig dicht beisammenliegenden Gut- und Schlechtläufergipfeln bestand (der Abstand war ja nur so groß, daß nur in der letzten Weichenreihe γ von Null verschieden wurde), wird durch die Bremsung in kennzeichnender Weise verändert. Da die Schlechtläufer praktisch fast nicht gebremst werden dürfen, wird der Schlechtläufergipfel an der Stelle liegen bleiben, die er auch bei unbeeinflusstem Ablauf inne hatte. Die Gutläufer hingegen müssen stark heruntergebremst werden, um so mehr, je stärker das Bestimmungsgleis besetzt ist. Der Gutläufergipfel rückt also dabei nach rechts über den Schlechtläufergipfel hinaus und entfernt sich dabei vom Schlechtläufergipfel jetzt um ein Mehrfaches des Abstandes den er bei unbeeinflusster Bremsung hatte. Das hat zur Folge, daß jetzt auch die Trennungen in der vorletzten und vielleicht in weiteren, noch näher am Ablaufpunkt liegenden Weichenstaffeln zu Fehlläufen Veranlassung geben können. Zu dem vorhin errechneten 128. Teil aller Abläufe kommt jetzt von der vorletzten Weichenstaffel (8 Weichen) der 64. Teil hinzu, von der nächsten der 32. Teil. Die Zahl der Fehlläufer würde also auf ein Mehrfaches der bei unbeeinflusstem Ablauf auftretenden anwachsen.

Im Betrieb hilft man sich dadurch, daß man die Laufzielbremsung nicht streng durchführt, sondern jeweils Rücksicht auf den nachfolgenden Wagen nimmt. Die Zahl dieser „Kompromißfälle“, die kennen zu lernen sicher auch nicht ohne Bedeutung ist, stimmt aber offensichtlich überein mit der eben errechneten Zahl von Fehlläufen bei „dogmatischer“ Zielbremsung. Wenn von verschiedenen Ablaufanlagen berichtet wird, daß diese Zahl sehr klein sei, so daß sie sich betrieblich nicht störend bemerkbar mache, so rührt das nur daher, daß infolge der weitgehenden Gleichartigkeit der anfallenden Wagen der Wert von γ sehr klein wird.

Bei der eben durchgeführten Abschätzung der Fehlläuferzahl bei Laufzielbremsung hatten wir vorausgesetzt, daß der

*) Hieraus geht hervor, daß die unlängst (Heft 22 d. Organs Jahrg. 1930) von Prof. Dr.-Ing. Ammann (bei 28 Gleisen) ermittelten Werte für das Auftreten solcher Fälle (1: 120 000!) einer Berichtigung bedürfen.

Füllungszustand der einzelnen Richtungsgleise in dem betrachteten Augenblick untereinander gleich ist. Trifft diese Voraussetzung nicht zu, so müssen einige Ergänzungen eingeführt werden, die kurz angedeutet seien. Bisher war vorausgesetzt, daß die Laufzeitenkurve übereinstimmen soll für die beiden an diese Weiche angeschlossenen Gleise. Diese Voraussetzung wird bei Laufzielbremsung und verschiedenem Füllungszustand der Gleise aber nicht mehr erfüllt sein, da ja die ursprüngliche und wahrscheinlich übereinstimmende Kurve des unbeeinflussten Ablaufs wegen der verschieden starken Bremsung ganz verschieden verzerrt worden ist. Man erkennt jedoch sofort, daß eine derartige Verschiedenheit der beiden Streukurven sich rechnerisch leicht berücksichtigen läßt. Es ist nur notwendig, die Überlegung, die zur Formel 21 geführt hat, jetzt nacheinander anzuwenden, einmal auf den Fall, daß der eine Wagen im Gleis 1, sein Nachfolger in Gleis 2 läuft und dann auf den umgekehrten Fall. Man knüpft hier zweckmäßig an das in der Einleitung betrachtete Beispiel der 1. Weiche der letzten Reihe an.

Bezeichnet man Werte, die der ersten Streukurve angehören mit dem Index 1, Werte der zweiten Streukurve mit dem

Index 2, so wird offenbar für das Auftreten des eben zuerst genannten Falls die Wahrscheinlichkeit gleich $g_1 g_2$ und die Wahrscheinlichkeit, daß hieraus ein Fehllauf entsteht, gleich $g_1 g_2 \int F_2(t - t_k) \cdot p_1(t) dt$. Für den an zweiter Stelle genannten Fall wird die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines Fehllaufs: $g_1 g_2 \int F_1(t - t_k) \cdot p_2(t) dt$.

Die Integrale unterscheiden sich von den früher angegebenen nur dadurch, daß jetzt gewissermaßen die Produkte aus F und p übers Kreuz zu nehmen sind.

Die Gesamtwahrscheinlichkeit für den Fehllauf wird also

$$27) \dots \dots \dots \epsilon = g_1 g_2 [\int F_2 p_1 + \int F_1 p_2].$$

Wenn wir dies wieder wie oben in der Form schreiben wollen $\epsilon = \beta \cdot \gamma$, so ist, wegen $\beta = 2 g_1 g_2$,

$$28) \dots \dots \dots \gamma = \frac{\int F_2 p_1 + \int F_1 p_2}{2}.$$

Aus dieser letzten Ableitung geht insbesondere auch hervor, daß γ auch im allgemeinsten Fall eine vom Belastungsverhältnis $g_1 : g_2$ der angeschlossenen Gleisstränge unabhängige Größe ist.

Geometrische Eigenschaften der Bogenweichen.

Von Reichsbahnrat Dr. Ing. Bäsel, München.

Unter vorstehender Überschrift veröffentlicht Oberlandmesser Höfer in Altona in Heft 20 (1930) dieser Zeitschrift ein Verfahren, wie man beim Verbiegen von Bogenweichen, die innerhalb eines gewissen Spielraums jedem gerade vorhandenen Halbmesser im Hauptgleis genügen müssen, den sich einstellenden Halbmesser des Zweiggleises berechnen kann.

Ist \mathfrak{R} der Halbmesser des Zweiggleises der geraden, unverbogenen Weiche und biegt man die Weiche nach innen, so daß der gerade Strang einen Halbmesser R erhält, so verringert sich auch der Halbmesser des Zweiggleises; wir nennen seinen Wert r . Dann erhält Höfer für r den Ausdruck:

$$r = \frac{R \cdot \mathfrak{R} - t^2}{R + \mathfrak{R}}.$$

Ebenso beim Biegen nach außen:

$$r = \frac{R \cdot \mathfrak{R} + t^2}{R - \mathfrak{R}}.$$

Die Werte t^2 sind immer klein und können vernachlässigt werden, es bleibt also

$$r = \frac{R \mathfrak{R}}{R + \mathfrak{R}} \text{ und}$$

$$r = \frac{R \mathfrak{R}}{R - \mathfrak{R}}.$$

Diese Formeln können unmittelbar abgelesen werden, wenn man statt des Halbmessers mit der Krümmung rechnet. Der Verfasser hat dies Verfahren seinerzeit bei Aufsuchen der Grundlagen für das neue Reichsbahnweichensystem, in das auch biegsame Bogenweichen eingehen mußten, erläutert*). Das Rechnen mit der Krümmung ist wenig gebräuchlich, ergibt aber für flache Bögen, insbesondere die meisten Bögen der Hauptbahnen, eine viel unmittelbare Anschauung, als die Betrachtung des Halbmessers. Ist \mathfrak{R} der Halbmesser einer

Kurve, so ist ihre Krümmung $\frac{1}{\mathfrak{R}}$. Dieses Maß gibt an, um wieviel sich die Richtung beim Voranschreiten auf der Kurve ändert. Das heißt beispielsweise: Ist $\mathfrak{R} = 600$ m, so ist die Krümmung $\frac{1}{600} \text{ m}^{-1}$ oder auch $\frac{1}{600}$ auf den Meter. Mit

*) Bogenweichen mit veränderlicher Krümmung. Z. d. V. D. E. V. 1917, Nr. 93.

anderen Worten: Wenn ich auf der Kurve um einen Meter voranschreite, hat sich ihre Richtung um $\frac{1}{600}$ (im Bogenmaß) gleich etwa $0,1^0$ (im Gradmaß) gedreht. In Amerika ist das die gewöhnliche Ausdrucksweise bei Bahnkurven.

Sind nun, wie bei einer Bogenweiche, zwei biegsame flache Kurven so miteinander verbunden, daß ihr gegenseitiger Abstand sich nicht ändern kann, so leuchtet ein, daß ein Mehr an Krümmung, das der einen zugefügt wird, sich in gleicher Größe auf die andere überträgt. Man denke sich etwa vor der Biegung eine Reihe Querschnitte (Schwellen) durch beide gelegt; wenn diese nach der Biegung stärkere Winkel miteinander bilden, so trifft das die eine Kurve so gut wie die andere. Das heißt, wenn wir die obigen Bezeichnungen verwenden:

Krümmung

gerade unverbogene Weiche: im Stammgleis $\frac{1}{\infty}$; im Zweiggleis: $\frac{1}{\mathfrak{R}}$

nach innen verbogene Weiche: im Stammgleis $\frac{1}{R}$; im Zweiggleis: $\frac{1}{\mathfrak{R}} + \frac{1}{R}$.

Das heißt also:

Die resultierende Krümmung im Zweiggleis ist

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{\mathfrak{R}} + \frac{1}{R} \text{ oder, wie oben,}$$

$$r = \frac{R \mathfrak{R}}{R + \mathfrak{R}}.$$

Wird die Weiche nach außen gebogen, so ergibt sich ebenso

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{\mathfrak{R}} - \frac{1}{R} \text{ oder, wie oben,}$$

$$r = \frac{R \mathfrak{R}}{R - \mathfrak{R}}.$$

Wie man sieht, ergeben sich, wenn man mit der Krümmung rechnet, einfache Additionen und Subtraktionen, während Produkte auftreten, wenn man mit dem Halbmesser rechnet. Das zeigt schon, daß der Sinn des ganzen Zusammenhangs in jener einfachen Formel liegt.

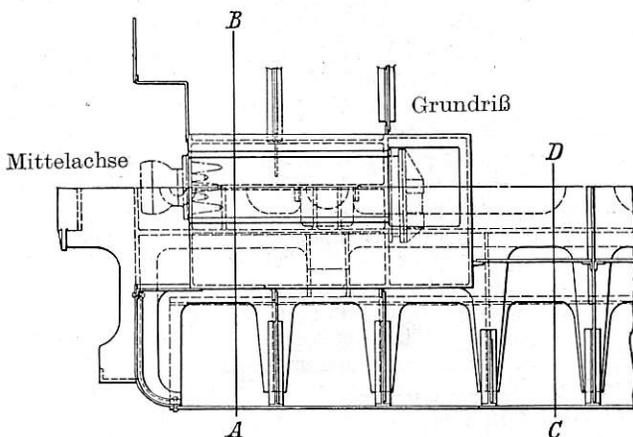
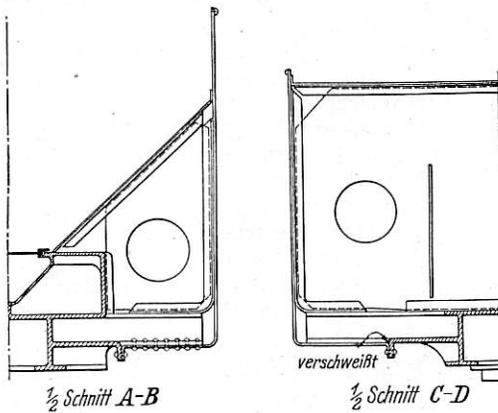
Vor dem Aufschiessen wird die Lagerstelle mit Feile und Drahtbürste sorgfältig gereinigt. Um die zu behandelnde Stelle wird in einem Korb mehrere Stunden vor dem eigentlichen Schweißen ein Holzkohlenfeuer entzündet, das nicht nur zum Anwärmen der Achse, sondern auch zum Ausglühen der geschweißten Stellen dient. Das Material wird in mehreren Reihen sektorförmig aufgebracht. Die ganze Arbeit wird von nur einem Manne ausgeführt, der aber, da sie nicht unterbrochen werden darf, abgelöst werden muß. Wie bei allen schwierigen Schweißarbeiten hängt von der Geschicklichkeit und Gewissenhaftigkeit des Arbeiters viel ab; ferner sind von Einfluß auf das gute Gelingen die Reinheit des Sauerstoffes und des Azetylens bei autogener Schweißung und die Beschaffenheit des Schweißmaterials. Ist alles in Ordnung, so lassen sich Auflagen von gesundem, zusammenhängendem Gefüge herstellen, die sich weder abschälen noch abbrechen. Die gedrehte Oberfläche muß ohne Poren, Risse oder Flecken sein. Als aufzuschweißendes Material eignet sich am besten homogener halbharter Stahl von niederem Schmelzpunkt. Die Schweißstelle muss nach vollzogener Arbeit ausgeglüht werden. Das italienische Versuchsam hat aufgeschweißte Achsen auf Festigkeit und Gefügebau untersucht und empfiehlt in erster Linie das elektrische Schweißverfahren. Werkstätten, die noch nicht darauf eingerichtet sind, schweißen, ebenfalls zufriedenstellend, autogen.

(Notiziario tecn.)

Schn.

Lokomotivtender Bauart Hickens.

Beim üblichen Lokomotivtender ruht der Vorratsbehälter auf einem besonderen Untergestell, das aus Formeisen zusammengebaut, in Amerika neuerdings auch oft aus Stahl gegossen ist.



linke Tenderseite, vorderes Stück.
Lokomotivtender Bauart Hickens.

Vorratsbehälter und Untergestell bilden dabei zwei besondere Teile, die, wenn dies nötig ist, leicht auseinander genommen werden können.

Die Bauart Hickens der Baldwin Werke verwendet dagegen ein vereinfachtes Untergestell, das aus einem mittleren, kastenförmigen Stahlguß-Längsträger besteht, an den nach beiden Seiten hinausragend eine Anzahl Querrippen angegossen sind. Die Seitenwände des Vorratsbehälters sind bis zur Unterkante dieser Rippen hinabgeführt und dort nach innen abgelenkt und

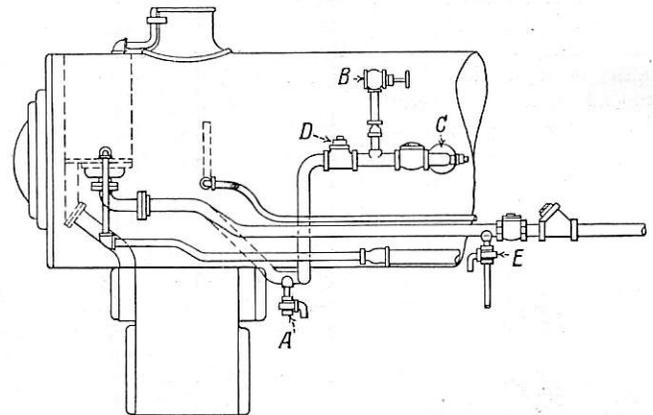
mit den unteren Flanschen der Rippen vernietet. In der Längsrichtung schließen sie an zwei durchgehende Längsrippen an, die an den Kastenträger beiderseits unten angegossen und mit ihnen vernietet und verschweißt sind. Auf diese Weise wird ein großer Teil des Raumes, den sonst das Untergestell einnimmt, als Vorratsbehälter für das Wasser verwertet. Die Querrippen liegen innerhalb des Wasserraums; ihr oberer Flansch ist zur Versteifung des Wasserkastens durch Formeisen mit dessen Seitenwänden verbunden. Der Vorratsbehälter bildet bei dieser Ausführung mit dem Untergestell ein untrennbares Ganzes.

Der Vorteil der neuen Bauart besteht neben dem Umstand, daß eine Anzahl der sonst erforderlichen Nietverbindungen mit den sich daraus ergebenden Undichtheiten wegfällt, vor allem in dem Gewinn an Raum für den Wasservorrat. Bei den in Amerika üblichen Tenderabmessungen beträgt dieser Gewinn etwas über 2 m³. Außerdem werden dort auch die für die selbsttätigen Rostbeschicker erforderlichen Räume gleich an den Längsträger mit angegossen, wodurch der Aufbau der Tender noch mehr vereinfacht wird. Die Textabbildung zeigt den Querschnitt eines solchen Tenders, aus dem die Bauart ersichtlich ist. R. D. (Railw. Age.)

Abschlammeinrichtung für Vorwärmer.

Eine einfache Einrichtung zum Entfernen des Schlammes und Kesselsteins aus dem Speisewasservorwärmer verwendet die amerikanische Coffin-Gesellschaft.

Der Vorwärmer wird zunächst durch das in der Textabbildung sichtbare Ventil A entleert, das am tiefsten Punkt der vom Vorwärmer zum Kesselspeiseventil C führenden Rohrleitung



Abschlammeinrichtung für Vorwärmer.

sitzt. Darauf werden die Ventile C und B geschlossen und durch eine sonst mittels des Bolzens D verschlossene Öffnung der Sack, den das Kesselspeiserohr bildet, mit einer Reinigungsflüssigkeit gefüllt. Die Ventile C und B werden hierauf wieder geöffnet, ebenso das Abschlammentil E. Die in dem Sack des Kesselspeiserohrs befindliche Reinigungsflüssigkeit wird dann samt dem Kesselstein und Schlamm unter dem Kesselüberdruck durch den Vorwärmer getrieben und durch das Ventil E abgelassen. Nach dem Schließen der Ventile E und B ist die Lokomotive wieder betriebsfähig.

Die Einrichtung soll sich in verschiedenen Gebieten mit schlechten Speisewasserverhältnissen gut bewährt haben. R. D. (Railw. Age.)

Lokomotiv-Ventilsteuerung der London and North-Eastern Railway.

2C1-h4Schnellzuglokomotive der Indischen Staatsbahnen mit Caprotti-Lentzsteuerung.

In unseren Berichten mit obiger Überschrift in Heft 5, Seite 143 bis 145, sind die darin beschriebenen Ventilsteuerungen mit rotierender Steuerwelle im Text wie in den Abbildungen als „Lentz-Steuerung“ bezeichnet. Wir werden darauf aufmerksam gemacht, daß diese Angabe nicht zutrifft. Die Steuerung ist vielmehr gemeinsam von der Londoner Firma „Associated Locomotive Equipment Ltd.“ (ehemalige Lentz Patents Ltd) und der Dabeg-Gesellschaft, Wien, nach eigenen Patenten entwickelt und eingeführt worden. Wir bitten unsere Leser, die Angabe in den beiden Berichten hiernach richtig zu stellen.

Schriftleitung.

Betrieb in technischer Beziehung; Signalwesen.

Selbsttätige Schranken bei amerikanischen Bahnen.

An den 5707 Wegübergängen mit handbedienten Schranken an den Strecken der großen Eisenbahnverwaltungen der Vereinigten Staaten ereigneten sich im Jahre 1928 bei geschlossenen Schranken 51 Unfälle mit zehn Toten und 54 Verletzten. An den 8004 Wegübergängen mit allen Arten selbsttätiger Warnsignale waren hingegen 1014 Unfälle mit 542 Todesfällen und 1120 Verletzten zu verzeichnen. Dazu kommen 573 Unfälle an Wegübergängen mit Postenbewachung mit 174 Todesfällen und 725 Verletzten.

Die folgende Tabelle ist dem Unfallbericht der Interstate Commerce Commission entnommen:

Zusammenstöße zwischen Zügen und Straßenfahrzeugen an Wegübergängen mit und ohne Straßenkreuzungssignale (Zug- und Betriebsunfälle).

Bauart des Signals	Zahl der					
	Unfälle		Getöteten		Verletzten	
	1927	1928	1927	1928	1927	1928
Vollselbsttätige Warnsignale	849	1014	400	542	1001	1120
Posten	536	573	249	174	760	725
Ungeschützt.	3623	3617	1489	1539	4548	4558
Geschlossene Schranken	62	51	28	10	71	54
Insgesamt	5070	5255	2166	2265	6380	6457

Diese außerordentlich hohe Unfallzahl bei lediglich durch Warnsignale bezeichneten Wegübergängen, läßt es als notwendig erscheinen, Wegübergänge durch Schranken zu schützen, wenn Unterführungen der hohen Anlagekosten wegen nicht gerechtfertigt sind. Schranken sind ein unmittelbar sichtbares Signal, andere Signalformen nicht. Schranken wirken auf den Verstand des Fahrzeuglenkers als Hindernis, so daß er lieber hält, als in sie hineinfährt, daraus erklärt sich, die durch die Statistik bewiesene Wirkung. An Warnsignalen oder Bewachungsposten fahren viele Kraftfahrzeugführer mit Vorbedacht vorüber. Bisher wurde von der Einrichtung von Schranken hauptsächlich wegen der Bedienungskosten Abstand genommen. An einer Straßenkreuzung in Burbank, Kalifornien wurde deshalb eine selbsttätige Schranke probeweise ausgeführt. Sie ist seit Januar 1929 mit gutem Erfolg in Betrieb. Vor Einrichtung der Schranken hatte die Überfahrt einen Winker und war der Schauplatz zahlreicher verhängnisvoller Unfälle. Seit Einrichtung der Schranken gab es an dieser Überfahrt keinerlei Unfälle mehr.

Die Schranken schließen sich selbsttätig quer zur Straße bei Annäherung von Zügen. Die Steuerung ist ähnlich der von Winksignalen und anderen selbsttätigen Warnvorrichtungen. Die Schranken schließen sich in einer horizontalen Ebene vom Gleis weg und dem Fahrzeugverkehr entgegen; durch schwarz-weißen Anstrich in 23 cm breiten Streifen fallen sie kräftig auf. Bei Nacht sind nicht nur die schwarz-weißen Streifen im Bereich der Fahrzeugscheinwerfer sichtbar, sondern es sind auch Ankündigungssignale in Gestalt der normalisierten roten Blinklichter vorhanden.

Die Überfahrt hat Läutesignale, Blink- und Reflexlichter. Wenn ein Zug an einem bestimmten Punkt vor der Überfahrt ankommt, treten die Läutesignale und Blinklichter für 10 Sek. in Tätigkeit, dann schwingen die Schrankenflügel quer zur Straße, was 5 oder 6 Sek. erfordert. Die Anordnung ist so getroffen, daß sowohl schnelle wie auch langsame Züge etwa 20 Sek. nach Schrankenschluß über die Überfahrt rollen.

Für den Fall, daß zwei Züge sich zu gleicher Zeit der Überfahrt nähern, bleiben die Schranken geschlossen bis beide Züge vorbeigefahren sind und schalten so die Unfallmöglichkeit aus.

Kommt der Fall vor, daß ein Fahrzeug die Schranke in geschlossener Stellung anfährt, so gibt der Schrankenflügel dem Drucke des fahrenden Wagens nach, während bei den alten, handbedienten Schranken der Schrankenbaum abbricht. Sollte das Straßenfahrzeug vollständig durchfahren, so kehrt die Schranke in ihre ursprüngliche geschlossene Stellung zurück. Dies wird

dadurch erreicht, daß die Schließbewegung durch das Gewicht des Schrankenbaumes herbeigeführt wird, indem das Auflager am Drehpunkt durch einen Schraubengang gebildet ist, auf dem die Schranke beim Schließen herabgleitet. Die Bewegung des Öffnens erfolgt auf elektro-pneumatischem Wege, doch kann sie auch rein elektrisch eingerichtet werden. Die Schranken sind 4,80 m lang und aus drei Streben aus einzölligem Eisenrohr mit je 50 cm Abstand zusammengesetzt. M-f.

Behälterverkehr auf Eisenbahnen.

Der Behälterverkehr in Zusammenarbeit von Kraftwagen und Eisenbahn hat sich bisher besonders in Nordamerika, England, Ungarn und Frankreich eingebürgert. Bewährte Abmessungen von Behältern sind:

Bahn	London, Midland & Scottish	Pennsylvania	Französische Nordbahn		
			2,36	2,96	2,32
Länge des Behälters m	4,19	2,74	2,36	2,96	2,32
Breite „ „ m	1,97	2,13	1,97	2,05	2,05
Höhe „ „ m	2,06	2,44	2,16	2,16	2,16
Fassungsraum . . m ³	17	12,4	7,5	10	8,5
Leergewicht . . . t	1,12	1,36	1	1,2	0,7—1
Maximale Nutzlast t	4	4,5	3	3	3

(Riv. tecn. ferr. it. Januar 1930.)

Schn.

Preis Ausschreiben für den Behälterverkehr.

Die Jury des von der Internationalen Handelskammer (Sitz Paris, Cours Albert I) veranstalteten Preis Ausschreibens für die Ausfindigmachung des besten Behälters ist kürzlich in Paris zusammengetreten. Sie hat acht Entwürfe von sechs Konstrukteuren gewählt, die vor dem 15. Juli 1931 endgültige Modelle vorlegen müssen. Mit diesen Modellen sollen praktische Versuche auf Lastkraftwagen, Waggons und Schiffen in London oder Berlin vor Ende Juli unternommen werden. Danach wird die Jury von neuem zusammentreten, um zu entscheiden, welchem Modell der Vorzug gegeben werden soll, d. h. sie wird einen Behälter wählen, dessen einheitliche Annahme den Überland-, Eisenbahn- und Seetransportgesellschaften empfohlen werden wird.

Im Anschluß hieran gibt die Internationale Handelskammer die Veröffentlichung einer wichtigen statistischen Zusammenstellung bekannt: „Die Überlandtransporte der Welt“. Diese Veröffentlichung bringt Zahlen über den Kraftwagenverkehr in jedem Land, die Länge der Straßen, die Kraftwagensteuern und -abgaben, sowie die Ausgaben für Straßenbau und Erhaltung.

Beförderung von 14000 t-Zügen.

Ungewöhnlich schwere Züge werden von den Mesabi Erzgruben in Minnesota nach dem Erzhafen Allouez in Wisconsin befördert. Das Durchschnittsgewicht eines Zuges betrug in der Verladungszeit des Jahres 1929 13353 t. Dabei ist für die etwa 162 km lange Strecke die Reisezeit für den in der Westrichtung leerfahrenden Zug von 8 Std. 42 Min. im Jahre 1920 auf 5 Std. 27 Min. im Jahre 1929 und für den in der Ostrichtung beladen fahrenden Zug von 8 Std. 4 Min. auf 6 Std. 37 Min. herabgesetzt worden, obwohl im Jahre 1920 nur Züge von 7195 t gefahren wurden. Die Zahl der Wagen je Zug hat sich von 110 im Jahre 1920 auf 169 im Jahre 1929 gehoben, während das Durchschnittsladegewicht eines Wagens von 48 t im Jahre 1920 auf 60,8 t im Jahre 1929 gesteigert wurde. Der schwerste Zug lief 1929 mit 176 Wagen und einem Gewicht von 16724 t. Die größte Tagesleistung betrug 179194 t. Die durchschnittliche Tagesleistung betrug 100000 t. Zur Durchführung dieser riesigen Beförderungsleistungen waren außer der Errichtung verschiedener Betriebsanlagen wie z. B. von Verschiebebahnhöfen, Lade- und Entladeeinrichtungen, besondere Zugbeförderungsmaßnahmen nötig. Die Lokomotivmannschaft besteigt in Allouez, wo die leeren Züge abfahren, die Lokomotive, bringt den Zug nach Kelly Lake, dem Minenbahnhof, gibt dort die Lokomotive ab und besteigt sofort

die Lokomotive des für die Abfahrt bereits fertig vorbereiteten Zuges mit den beladenen Wagen. Die angebrachte Lokomotive wird von anderen Mannschaften für den nächsten abgehenden Zug wieder vorbereitet. Es fährt z. B. eine Mannschaft mit ihrem Zug um 9⁰⁴ in Allouez ab, kommt um 14¹³ in Kelly Lake an, fährt bereits um 14²⁶ mit dem Lastzuge wieder ab und erreicht Allouez um 19⁰⁰. Unterwegs gibt es auf der Hin- und Rückfahrt nur einen Aufenthalt von 19 Min. in Brookston zum Ergänzen der Kohlen- und Wasservorräte und zur Zugnachschaue. Ein Hauptfordernis für die reibungslose Zugbeförderung ist das Vermeiden von außerplanmäßigen Halten. Außer den Zeit- und Geldverlusten für das Anhalten und Ingangbringen so schwerer Züge besteht stets die Gefahr von Zuggtrennungen und sonstigen Beschädigungen. Ein sorgfältig ausgebildetes Zugüberwachungssystem sichert den Erzzügen den Vorrang vor allen anderen Frachtzügen. Überholungen durch Personenzüge sind bereits in der Fahrplangestaltung vermieden. Früher brauchten

diese schweren Züge vier bis fünf Aufenthalte zum Wasserfassen. Seit einigen Jahren jedoch wird ein besonders großer Tender für rund 100 m³ mitgeführt, so daß nur noch ein Aufenthalt notwendig ist. Besonderes Augenmerk wird auch darauf gerichtet, heiße Lager zu vermeiden.

Als Lokomotiven werden von Verbund- auf Einfachdehnung umgebaute Mallet-Lokomotiven 1 D + D verwendet. Sie arbeiten mit einem Dampfdruck von 15 at, haben ein Gewicht von etwa 200 t und ein Gesamtdienstgewicht einschließlich Tender von etwa 366 t, fassen 24 t Kohlen und 100 m³ Wasser. Die Rostfläche beträgt 7,2 m², die Heizfläche 542 m², die Überhitzerfläche 174 m². Die Lokomotiven laufen in der Verladezeit, das sind etwa 8 bis 9 Monate jährlich, durchschnittlich etwa 43 000 km.

Der Wagenpark besteht aus 75 t- und 50 t-Wagen. Die sämtlichen Wagen werden jährlich einmal gründlich untersucht und ausgebessert.

(Railway Age, 27. Sept. 1930.)

Eb.

Buchbesprechungen.

Der vollkommene Gleisbogen. Seine Gestaltung als Kurve mit stetigem Krümmungsverlauf. Von Dr.-Ing. Gerhard Schramm, Regierungsbaumeister. Berlin: Julius Springer 1931.

Anfangs gab es bei der Eisenbahn gerade Strecken und Kreisbögen. Dann kam die Überhöhung dazu. Diese brachte den allmählichen Übergang, die windschiefe „Überhöhungsrampe“, zunächst noch halb in der Geraden, halb im Kreisbogen gelegen. Besser der dann folgende Übergangsbogen, dessen Krümmung, der Überhöhungsrampe entsprechend, allmählich zunimmt, und zwar linear.

So stehen wir heute. Die Übergangsbögen sind immer länger geworden, namentlich noch in jüngster Zeit. Es fehlt nicht an Bestrebungen, weiter darüber hinaus zu gehen und den ganzen Bogen noch stetiger zu machen, zu einer Kurve, deren Krümmung ständig zunimmt und nach Erreichen des Maximums ebenso wieder abnimmt. Wenigstens, wenn der Zentriwinkel nicht zu groß ist. In diesem Falle geht es meist nicht ohne ein längeres Kreisstück. Man denkt auch an Stetigkeiten höherer Art, mit Geltung über den ganzen Linienzug einer Eisenbahn, und Kurven aus der höheren Mathematik, wie die Sinuslinie. Beiträge lieferten in letzter Zeit namentlich Bloss und Hanker. Solche Betrachtungen sind durchaus zeitgemäß. Warum muß der Eisenbahnbogen gerade ein Kreisbogen sein?

In die Reihe dieser Bestrebungen gehört auch die eingangs genannte Abhandlung, und zwar faßt der Verfasser einen besonderen Fall ins Auge, zu dem ihn Untersuchungen von Petersen angeregt haben. Bei unseren jetzigen Übergangsbögen, bei denen die

Krümmung, die in der Geraden $\frac{1}{\infty}$ ist, linear auf $\frac{1}{R}$ wächst, sind — mit geringen Fehlern, die Bloss*) anschaulich herausgestellt hat — Ordinate, erster Differentialquotient und zweiter Differentialquotient stetig. Hingegen ist der dritte zweimal unstetig. Denn am Anfang und Ende des Übergangsbogens setzt die Zunahme der Krümmung plötzlich ein und hört plötzlich auf.

Schramm setzt sich zum Ziel, auch diesen „Knick“ des zweiten Differentialquotienten auszugleichen, also den dritten stetig zu machen.

Die Gründe für dies grundsätzlich sehr berechtigte Vorgehen sind leider in dem Buch nur sehr kurz gestreift. Schramm sagt darüber: „Der Hauptgrund für den unruhigen Lauf der Fahrzeuge durch die Gleisbogen besteht, abgesehen von der im Vergleich zur Fahrgeschwindigkeit meist zu kurzen Übergangsbogenlänge vor allem in der plötzlich konstant ansteigenden bzw. fallenden Überhöhungsrampe mit nur ganz unbedeutenden Abrundungen an den Enden. Insbesondere das Einfahren in eine fallende Rampe mit starker Neigung kann bei großer Geschwindigkeit ein Aufsteigen der Spurkränze und damit Entgleisungen zur Folge haben. Durch die Ausbildung der Überhöhung und der Krümmung nach Abb. 3 wäre dieser Übelstand zu vermeiden. Ja, die maximale Neigung der Überhöhungsrampe, die bei dieser Bogengestaltung nur an einer Stelle, nämlich in Übergangsbogenmitte, auftritt, könnte dabei wohl

unbedenklich etwas größer gewählt werden als nach den zur Zeit maßgebenden Vorschriften (1:1000); denn das Ausschlaggebende für den ruhigen Lauf der Fahrzeuge durch die Kurven ist weniger die absolute Neigung der Rampe, als vielmehr ihre Länge und die Übergänge in bzw. aus der Rampe in die Waagerechte. Diese geschehen aber bei der Gestaltung nach Abb. 3 ganz allmählich“.

Hier hätte man mehr gewünscht. Wenn ein Fahrzeug plötzlich in eine Rampe übergeht, gibt es Schwingungen, bis sich die Federn auf die neue, schiefe Gleichgewichtslage eingespield haben. An diese Vorgänge denkt der Verfasser des Buches offenbar. Ein schnell gemachter Überschlag lehrt, daß bei Lokomotiven mit mehreren Achsen die vorübergehende Entlastung des führenden Rades bei schnellem Überfahren des Knickes ungefähr das Doppelte der statischen ist, die sich im darauffolgenden Dauerzustand einstellt. Das wäre also mehr als Grund genug, der Forderung Schramms nach weiterer Ausgleichung der Übergänge zuzustimmen.

Wenn wir also die Prämisse des Buches für wahrscheinlich richtig, aber nicht genügend begründet halten, so muß anerkannt werden, daß, sie einmal vorausgesetzt, die weitere Behandlung der Aufgabe sehr geschickt ist. Der großen Schwierigkeit, solche nicht ganz einfachen Kurven zu behandeln, die sich wegen ihrer Erstreckung über einen großen Winkel auch nicht von einer Tangente aus abstecken lassen, begegnet der Verfasser, indem er die neue Kurve auf die vorhandene alte, oder, bei Neuabsteckung, auf einen Kreis als Hilfskurve bezieht. Es handelt sich gewissermaßen um Messungen von einer gekrümmten Abscissenachse aus.

Der Grundansatz liegt darin, daß man, von zwei zugeordneten bekannten Punkten der beiden Kurven ausgehend, den Abstand zweier späteren Punkte angeben kann, wenn man für die dazwischenliegenden Bogenelemente jeweils ihre Winkel zueinander oder unmittelbar das Integral dieser Winkel angeben kann. Man darf wohl sagen, daß sich nach dieser Methode die praktische Behandlung der vorgeschlagenen Kurven und auch aller anderen Ersatzkurven, an die man denken könnte, sehr einfach gestaltet. In diesem Sinne ist das Buch ein erfreulicher Fortschritt. Wir dürfen den Wunsch anfügen, daß sich bald jemand findet, der die genannten so wichtigen Schwingungen erforscht. Bäseler.

Kirchhoff, Die Statik der Bauwerke, Band II der zweiten neubearbeiteten und erweiterten Auflage (Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin 1930), 368 Seiten mit 261 Abbildungen, geh. 25,— *R.M.*, geb. 27.— *R.M.*

Bei der zweiten Auflage des bereits gut eingeführten Werkes ist infolge der Erweiterung des Umfanges eine Teilung in drei Bände notwendig geworden, deren vorliegender zweiter Band die Formänderungen statisch bestimmter ebener Fachwerk- und Vollwandträger und die allgemeine Theorie der statisch unbestimmten Fachwerk- und Vollwandträger umfaßt. Gegenüber der ersten Auflage ist die eingehendere Behandlung verschiedener Abschnitte und die Aufnahme einer größeren Zahl wichtiger, gut gewählter Beispiele hervorzuheben, durch die die notwendige Übersicht und Übung in der Anwendung der entwickelten Formeln erleichtert wird.

Karig.

*) Organ 1931, Nr. 3.