

ENTLADEWAGEN.

VON

M. KOSCH,

INGENIEUR IN HALENSEE BEI BERLIN.

*Mit Zeichnungen Abb. 1 bis 56 auf den Tafeln LXXXIII und LXXXIV und Abb. 1 bis 15 auf den
Tafeln LXXXV bis LXXXVII.*

ERGÄNZUNG SHEFT ZUM ORGAN FÜR DIE FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS, JAHRGANG 1904.

WIESBADEN.

C. W. KREIDEL's VERLAG.

1904.

Entladewagen.

Von M. Kosch, Ingenieur in Halensee bei Berlin.

Hierzu Zeichnungen Abb. 1 bis 56 auf den Tafeln LXXXIII und LXXXIV und Abb. 1 bis 15 auf den Tafeln LXXXV bis LXXXVII.

Von den verschiedensten Seiten werden neuerdings Vorschläge zur Abänderung des Beförderungsverfahrens für Massengüter gemacht unter Hinweis darauf, daß das seit Jahrzehnten bis auf den heutigen Tag angewendete Verfahren veraltet, zeitraubend und kostspielig sei.

In der Tat hat sich in der Beförderung der Massengüter bis heute auf dem europäischen Festlande wenig geändert. Nicht nur die Kastenwagen sind dieselben geblieben, auch die Entladung und Beladung hat hinsichtlich ihrer Schnelligkeit im allgemeinen keine Fortschritte gemacht. Abgesehen von einzelnen großen Häfen und Privatunternehmungen, bei welchen sich oft hervorragend gute Vorrichtungen und Einrichtungen zum Entladen von Eisenbahnwagen finden, haben sich weder die Eisenbahnverwaltungen, noch die Unternehmer bisher wesentliche Mühe gegeben, die unwirtschaftliche Beförderungsart der Massengüter zu verbessern. Heute noch spielt die Schaufel die Hauptrolle bei der Be- und Entladung, sodaß ein solcher Wagen in 24 Stunden 3 bis 4 Stunden läuft, in der übrigen Zeit be- und entladen wird. Die vorhandenen Wagen werden also sehr ungünstig ausgenutzt und reichen bei starkem Güterverkehre nicht aus. Durch die Bauart der Güterwagen kann nur die Entladung verbessert werden, während die Beladung unabhängig davon ist. Wird daher nur die erstere vervollkommnet, so ist zwar schon viel gewonnen, das Ziel aber erst halb erreicht. Völlige Abhilfe kann nur durch Anlage von besonderen Ladegleisen erzielt werden, welche tiefer oder höher liegen als der das Ladegut zuführende oder aufnehmende Behälter. Sollen Kohlen befördert werden, so sind sie auf der Grube in große Behälter aufzunehmen, aus welchen sie nach Bedarf in die tiefer stehenden Wagen gefüllt werden. Langt der gefüllte Wagen am Bestimmungsorte an, so wird das Ladegut des Wagens wieder in große, tiefer liegende Behälter gestürzt. In welcher Weise diese feststehenden Anlagen ausgeführt werden, wird in jedem Falle von den besonderen örtlichen und wirtschaftlichen Verhältnissen abhängen. Diese Anlagen werden in technischer Hinsicht nach ihren Grundzügen wenig von einander abweichen.

Anders steht es mit den Beförderungsmitteln. In Amerika und England sind Wagen mit selbsttätiger Entladung schon in Gebrauch; welche Bauart jedoch als die beste und billigste anzusehen ist, steht noch nicht fest, daher ist noch keine Form allgemein eingeführt. Ein einigermaßen sicheres Urteil kann daher nur durch eine vergleichende Abwägung der Vor- und Nachteile der verschiedenen Arten der Entladung und der sich hieraus ergebenden Bauarten gefällt werden. Deshalb soll im folgenden versucht werden, eine vergleichende Zusammen-

stellung der teils ausgeführten, teils als Entwürfe vorhandenen Bauarten zu geben, an Hand welcher die zu treffende Wahl wesentlich erleichtert werden dürfte.

Die zur Beförderung von Schüttgut dienenden Wagen lassen sich zunächst in zwei große Gruppen einordnen. Sie besitzen nämlich:

- I. einen festen Wagenkasten,
- II. einen beweglichen Wagenkasten.

Für diese lassen sich folgende Unterabteilungen bilden:

I. Wagen mit festem Wagenkasten.

- a) Kastenboden wagerecht;
- b) „ geneigt, Trichterwagen;
- c) „ in wagerechter oder schräger Lage einstellbar.

II. Wagen mit beweglichem Wagenkasten.

- a) Kasten wagerecht verschiebbar;
- b) Kastenwände anhebbar und Boden einseitig anhebbar;
- c) Kasten kippbar:
 - 1. der Kasten wird um eine oder zwei Achsen gekippt;
 - 2. der Kasten wird gehoben und gekippt;
 - 3. der Kasten wird wagerecht verschoben und gekippt.
- d) Kasten um seine Längsachse drehbar.

III. Nebeneinrichtungen.

IV. Allgemeine Anordnung.

V. Schlußwort.

I. Wagen mit festem Wagenkasten.

I. a) Wagen mit wagerechtem Kastenboden.

Die Wagen mit festem, wagerechten Boden und rechteckigen Seiten- und Stirnwänden stellen die bei uns bis jetzt allgemein verwendete Bauart dar. Die Entladung erfolgt auch bei Schüttgut durch Türen a (Abb. 1, Taf. LXXXIII) in den Seiten- oder Stirnwänden und muß mit der Schaufel oder mit der Hand vorgenommen werden. Zum selbsttätigen Abstürzen wird nur die geringe Menge gebracht, die, vor den Türen liegend, beim Öffnen herabrutscht. Durch Freilegen von Öffnungen in den Wänden kann daher für selbsttätige Entladung wenig erreicht werden, und es bleibt nichts anderes übrig, als Teile des Bodens oder den ganzen Boden als Klappe auszuführen. Bei dem Wagen nach Abb. 2, Tafel LXXXIII ist der ganze Boden a um eine seiner seitlichen Längs-

kanten drehbar, welche, wenn der Wagen beladen ist, mit dem Kasten durch auslösbare Riegel, Daumen oder dergl. verbunden sind. Soll der Wagen nach einer Seite des Gleises entladen werden, so werden die Verschlüsse an dieser Seite gelöst, und der Boden dreht sich um die Achse an der anderen Längskante nach unten, eine schräge Abrutschfläche bildend. Es kann vorteilhaft sein, den Boden in mehrere für sich bewegbare Teile zu zerlegen (Abb. 3, Taf. LXXXIII). Der Boden wird beispielsweise in der Querrichtung mit zwei Klappen versehen. Diese haben dann entweder eine gemeinschaftliche Drehachse in der Mitte wie die Klappen a, oder besondere Drehachsen wie die Klappen b. Auf dem zwischen diesen Achsen liegenden Bodenteil g würde die Ladung liegen bleiben und mit der Schaufel entfernt werden müssen. Das kann durch den Einbau von schrägen, dachförmigen Abrutschflächen umgangen werden. Reichen ferner die Klappen nicht bis an die Seitenwände heran, so wird auch noch die Anbringung der Schrägflächen f erforderlich. Die Drehachsen der Klappen b und c können auch nach den Seitenwänden zu liegen, in welchem Falle die Ladung in den Raum zwischen den Schienen entladen wird. In der Längsrichtung des Wagens können die Klappen in ihrer ganzen Länge durchgeführt werden oder geteilt sein. Bleiben in letzterem Falle zwischen den einzelnen Klappen Teile des festen Bodens stehen, so sind diese wieder mit Abrutschflächen (Abb. 3, Taf. LXXXIII) zu versehen. Die Abb. 4 Taf. LXXXIII stellt einen Wagen dar, bei welchem die Klappen a und b um gemeinsame Querachsen c unabhängig von einander nach unten beweglich sind. Die Entladung erfolgt dann an drei Stellen, außerhalb und zwischen den Achsen. Soll nur in den Raum zwischen den Achsen entladen werden, so wird der aus den Klappen a und b bestehende Bodenteil aus einem Stücke hergestellt. Die Achse c wird dann so gelegt, daß der Teil b mehr Last trägt, als der Teil a, sodaß die beiden Bodenhälften nach dem Auslösen selbsttätig einen Entladetrichter bilden. Damit die Ladung nicht zwischen Stirnwand und der Kante der Klappe a hindurchfällt, wird mit der Klappe a eine besondere Wand d verbunden, welche sich in der Ruhelage der Klappen gegen die Stirnwand des Wagenkastens legt. Diese Wand d ist dann entweder fest mit der Klappe a verbunden (Abb. 4, Taf. LXXXIII links) oder sie ist an die Klappe mit dem unteren Ende angelenkt (Abb. 4, Taf. LXXXIII, rechts), so daß sie beim Entladen mit dem Boden einen stumpfen Winkel bildet. Bei der Bauart nach Abb. 5, Tafel LXXXIII, ist der Boden über den Achsen mit dachförmigen Hauben versehen. Die zwischen und seitlich von den Achsen liegenden Klappen sind um in der Längsrichtung des Wagens liegende Achsen drehbar. Bei Verwendung von Drehgestellen fallen die Klappen c fort. In den Stirnwänden sind dann Klappen vorhanden, wenn die Anordnung der Rutschflächen a die der Abb. 5, Taf. LXXXIII ist. Diese Wagenform nähert sich schon sehr dem Trichterwagen, denn dieser Wagen ist nur für bestimmte Arten von Stückgut, wie Fässer, verwendbar.

I. b) Wagen mit geneigtem Boden, Trichterwagen.

Bei den Trichterwagen werden die Rutschflächen nicht erst durch die Klappen beim Entladen gebildet, sondern der

Wagenkasten besteht aus einem oder mehreren an einander gesetzten Trichtern, deren schräge Flächen fest sind. Die Trichter haben gewöhnlich zwei gleichgerichtete und zwei gegen einander geneigte Flächen; zuweilen liegen jedoch auch alle Flächen schräg. Haben die die Seitenwände des Kastens bildenden Trichterwandungen gleiche Richtung, so liegen die Stirnwände geneigt (Abb. 6, Taf. LXXXIII). Die untere Öffnung des Trichters liegt dann zwischen den Achsen oder den Drehgestellen und kann so tief gelegt werden, wie es die Öffnung der Verschlussklappen gestattet. Bei dieser Bauart fällt die Neigung der schrägen Rutschflächen leicht gering aus, wenn der Wagen große Ladefähigkeit erhalten soll und die untere Öffnung des Trichters klein gehalten wird, um zu großen Druck auf die Klappen zu vermeiden. Bei zu geringer Neigung der Rutschflächen bildet sich in der Ladung über der Öffnung leicht ein Stützbogen, so daß nur der in Abb. 6, Taf. LXXXIII gestrichelt angedeutete Teil herausfällt. Möglichst steile Trichterwandungen erleichtern daher das Entladen. Bei der Ausführung nach Abb. 7, Taf. LXXXIII sind zwei Trichter aneinander gelegt, um Rutschbahnen mit großer Neigung zu erhalten. Die Trichter sind unten nicht abgeschnitten, sondern laufen spitz zu, und die unteren Teile der gegen einander gekehrten Schrägflächen sind als Klappen ausgebildet. Soll auch der Raum des Wagenkastens vor und über den Achsen noch mehr ausgenutzt werden, so wird der Kasten nach Abb. 8, Taf. LXXXIII ausgeführt. Dann findet eine Entladung zwischen und vor den Wagenachsen statt, und die vor den letzteren liegenden Klappen sind entweder am Boden des Trichters oder in der Seitenwand des Trichters, der Stirnwand des Wagens, angeordnet. Der Wagenkasten besteht demnach in diesem Falle aus drei an einander gesetzten Trichtern.

Bei den eben besprochenen Wagen lagen die Seitenwände senkrecht, und die Stirnwände waren geneigt. Ebenso häufig kommt jedoch die umgekehrte Bauart vor, bei welcher die Stirnwände senkrecht und die Seitenwände schräg liegen. In den Abb. 9 bis 13, Taf. LXXXIII sind derartige Wagen mit einfachem Trichter dargestellt. Der Trichter läuft nach unten spitz zu, und die Seitenwände sind zu Klappen a oder b ausgebildet, welche um eine obere oder untere Achse (Abb. 9 und 10, Taf. LXXXIII) drehbar sind. Im erstern Falle fällt die Ladung senkrecht nach unten, im zweiten wird gewöhnlich die Klappe im offenen Zustande als Rutschfläche benutzt, so daß die Entladung seitlich erfolgt. Die Klappen müßten jedoch hierfür sehr breit gehalten und dann verhältnismäßig schwer gebaut werden, weil sie großen Druck des Ladegutes auszuhalten haben. Deshalb werden noch besondere Schrägflächen fest eingebaut, welche meistens dachförmig angeordnet sind. Bei dem Wagen nach Abb. 10, Taf. LXXXIII brauchen diese Flächen dann nur soweit ausgeführt zu werden, wie sie als Verlängerungen der Klappen b in ihrer Offenstellung in Betracht kommen. Während der Wagen nach Abb. 9, Taf. LXXXIII nur nach der Seite entladen kann, oder nur nach unten, wenn die Schrägflächen c fehlen, so sind mit dem Wagen nach Abb. 10, Taf. LXXXIII beide Arten der Entladung möglich, wenn die Klappen b sich bis in ihre senkrechte Stellung nach unten drehen können. Werden dann noch die Schrägflächen c um ihre

Unterkante drehbar angeordnet, so verhindern sie in hochgeklappter Stellung, daß die Ladung nach der Seite des Wagens abstürzt. Da bei dieser Anordnung die Klappen b in ihrer senkrechten Stellung die Entladeöffnung beengen, so ist es vorteilhafter, die Klappen b um ihre Ober- und Unterkante drehbar zu machen (Abb. 11, Taf. LXXXIII). Die Schrägflächen c sind dann entweder fest, oder um ihre Unterkante drehbar. Abb. 13, Taf. LXXXIII stellt einen Entladewagen mit einfachem Trichter dar, bei welchem die unter dem Trichter des Wagens angeordneten beiden Schrägflächen aus je zwei Teilen d und f bestehen. Der Teil d ist um eine ungefähr in seiner Mitte liegende wagerechte Achse drehbar, und der Teil f ist an der Oberkante des Teiles d senkrecht drehbar befestigt. Die Klappe a ist um ihre obere Längskante drehbar. Die Teile d und f können nun entweder so eingestellt werden, daß sie in einer Ebene liegen und die Fortsetzung der unter dem Trichter k angebrachten Schrägflächen b bilden, oder die Platten d werden senkrecht gestellt und die Bleche f schräg, sodaß sie ungefähr gleiche Richtung mit den schrägen Wandungen des Trichters k haben. In letzterm Falle stürzt die Ladung nach unten, im erstern nach der Seite.

Um die Entladeöffnung groß zu machen und doch eine einzige große Klappe in der Trichterwandung zu vermeiden, werden ferner zwei Klappen a und b angewendet (Abb. 12, Taf. LXXXIII). Soll eine Entladung in den Raum zwischen den Schienen erfolgen, so müßten die Schrägflächen c oder Teile von ihnen nach oben drehbar sein, damit sie die nach unten fallende Ladung nicht nach der Seite ablenken. In jedem Falle ist es erforderlich, unter dem Trichter des Wagens noch einen umgekehrt liegenden Trichter anzuordnen, wenn die Entladung nach der Seite des Wagens erfolgen soll und die Seitenklappen nicht selbst als Abweisbahnen benutzt werden. Die Wagen erhalten daher größere Höhe, als die nur zwischen die Schienen entladenden (Abb. 13 und 8, Taf. LXXXIII). Wegen der größeren Höhe liegt dann auch der Schwerpunkt des beladenen Wagens besonders gegenüber den Wagen mit wagerechtem Boden höher. Man ist daher bestrebt, die Trichter möglichst weit in das Untergestell eintreten zu lassen und legt die Längsträger zu diesem Zwecke zwischen die Räder und die Querträger möglichst tief (Abb. 41 und 42, Tafel LXXXIV).

Um den Wagenkasten nicht zu hoch machen zu müssen, sucht man sich wieder dem gewöhnlichen Kastenwagen zu nähern und legt zwei Trichter an einander (Abb. 14 bis 16, Taf. LXXXIII). Die Entladung erfolgt durch in den äußeren Wandungen der Trichter angebrachte Klappen a, welche entweder senkrecht oder schräg liegen und um ihre obere oder untere Längskante drehbar sind. Erhalten beide schrägen Wandungen der Trichter Klappen (Abb. 17, Taf. LXXXIII), so kann die Entladung des Wagens in den Raum zwischen den Schienen oder nach der Seite erfolgen. Die Anordnung von zwei Trichtern mit in der Querebene des Wagens beweglichen Klappen hat jedoch gegenüber der Bauart mit nur einem Trichter den Nachteil, daß die Entladung nach zwei Seiten erfolgt, was wohl seltener verlangt wird, weil die Gleise dabei mitten über den Behältern liegen müssen, oder, wenn sie an deren Rande

liegen, unterhalb des Gleises von der andern Seite nach dem Behälter Rutschflächen angelegt werden müssen.

Dieser Nachteil wird vermieden, wenn zwischen dem w-förmigen Doppeltrichter in der Mitte noch eine dachförmige Rutschfläche d vorgesehen ist (Abb. 18, Taf. LXXXIII). Die schrägen Wandungen der Trichter tragen äußere Klappen a und innere b. Um die obere Schnittkante der Flächen d ist ferner ein Blech c drehbar, welches so umgelegt werden kann, daß es mit einer der Klappen b und einer Platte d eine zusammenhängende Rutschfläche bildet. Wird also die Klappe a des einen und b des andern Trichters geöffnet, und liegt letztere auf dem Bleche c auf, so gleitet die Ladung beider Trichter nach einer Seite des Wagens. Werden die Flächen d um ihre Schnittkante drehbar gemacht, so könnten die Klappen a fortfallen, indem die Bleche d als äußere Verschlussklappen benutzt werden (— . . . — Abb. 18, Taf. LXXXIII). Wird ferner die dachförmige Fläche d d weiter nach oben verlegt, so könnte auch das drehbare Blech c fortfallen.

In den Abb. 19 bis 21, Taf. LXXXIII ist noch ein Entladewagen veranschaulicht, bei welchem in das untere Ende eines Trichters nach Abb. 6, Taf. LXXXIII ein Doppeltrichter eingebaut ist, dessen Schrägflächen das Ladegut von der Mitte des Wagens nach den Seiten führen. Die Trichter b und c durchdringen sich also, und die im ersten Trichter b abwärts gleitende Ladung teilt sich an der Schnittkante d der beiden Trichter c und stürzt nach Öffnen der Klappen a nach den Seiten des Wagens.

Um den Nachteil der hohen Lage des Wagenkastens zu umgehen, werden an den Kastenwagen (Abb. 22, Taf. LXXXIII) niedrige Entladetrichter a angebracht. Die neben den beiden Enden des Trichters liegenden ebenen Bodenteile b sind dann um eine am obern Rande des Trichters a liegende wagerechte Achse d drehbar, sodaß sie zwecks Abstürzens des Ladegutes in eine schräge Stellung gedreht werden können, was jedoch erst nach dem Öffnen der Klappen c erfolgen kann. Wagen dieser Art stellen daher eigentlich eine Vereinigung von Trichterwagen mit den später zu besprechenden Kippwagen dar. Überhaupt gehen die Entladewagen hinsichtlich ihrer Wirkungsweise vielfach in einander über, da beispielsweise der Wagen nach Abb. 4, Taf. LXXXIII auch als Kippwagen angesehen werden kann, wenn die Klappen a und b aus einem Stücke bestehen.

I. c) Wagen mit in wagerechter oder schräger Lage einstellbarem Boden.

Während sich die gewöhnlichen Kastenwagen (Abb. 1, Taf. LXXXIII) nur zur Beförderung von Stückgut eignen und bei Verwendung von Massengütern mit der Schaufel entladen werden müssen, die Trichterwagen jedoch nur für Massengüter benutzt werden können, ist es besonders für Bahnen mit geringerem und wechselndem Güterverkehre wünschenswert, die vorhandenen Wagen in möglichst verschiedener Weise ausnützen zu können. Hierfür eignen sich Wagen, deren Kastenboden aus der wagerechten in eine geneigte Lage übergeführt werden kann. Eine Ausführungsform eines solchen Wagens stellen beispielsweise die Abb. 23 und 24, Taf. LXXXIII dar. Der Boden des Wagenkastens ist in der Längsmittle des Wagens geteilt, sodaß zwei

Hälften d d entstehen, welche mit der einen Längsseite an einander liegen und sich mit der andern in Winkel g am Untergestell einlegen. In der Längsmittle des Kastens ist ferner an Zapfen b ein Träger a aufgehängt, welcher von einer Stirnwand zur andern reicht. Gegen das freie Ende dieses Trägers legen sich unter einem spitzen Winkel Träger c; die Verbindung beider erfolgt durch Winkel n und o. An die Bodenplatten d sind auf der Unterseite Eisen f angelenkt, welche sich auf Träger des Untergestelles stützen, wenn die Platten d in schräge Lage gebracht werden, wobei sie sich mit ihren äußern Längskanten in den Winkeleisen g drehen. In angehobenem Zustande der Platte d entsteht zwischen ihnen ein Spalt, welcher durch die Träger ausgefüllt wird. Hängt also der Träger a nach unten, so liegen die in ihrer Schräglage befindlichen Platten d mit den Trägern c in einer Ebene, wodurch eine dachförmige, zusammenhängende Rutschfläche gebildet wird. Der Laderaum kann auch durch Zwischenwände k geteilt werden. Soll der Wagen einen wagerechten Boden erhalten, so werden zunächst die Bodenplatten d nach Abheben der Stützen f von den Trägern gesenkt, dann wird der Träger a um 180° nach oben gedreht und durch einen Bolzen m festgestellt. Der Träger a kann dann mit den Platten c zur Unterstützung einer den Wagenkasten abdeckenden Schutzdecke benutzt werden. Die Zwischenwände k können ebenfalls um 90° gegen die Türen i gedreht werden. Der Fassungsraum des Wagens wird bei dieser Ausführung verkleinert, wenn der Wagen in einem Selbstentlader verwandelt wird. Vermeidung der Verkleinerung des Laderaumes kann bei der Bauart nach Abb. 25 bis 27, Taf. LXXXIII dadurch erreicht werden, daß an den Kastenboden zwei mit Entladeklappen versehene trichterförmige Räume angebaut sind. Diese werden oben durch den nach oben aufklappbar angeordneten Boden des Kastens abgedeckt. Die Teile a dieses Bodens sind um am obern Rande der Trichter in der Querrichtung des Wagens liegende Achsen drehbar, sodaß sie in aufgeklappter Stellung eine Fortsetzung der schrägen Wandungen g des Trichters bilden. Die in der Mitte des Wagens neben einander liegenden vier Klappen b werden jedoch um in der Längsrichtung des Wagens liegende Achsen gedreht und legen sich gegen die Seitenwände des Wagenkastens. Die Entladung der Trichter erfolgt durch die um Achsen f drehbaren Klappen c. Werden die Bodenteile b nach unten drehbar gemacht, so können die Klappen c fortfallen. Die Klappen b werden dann in der wagerechten oder schrägen Lage durch Riegel festgestellt. Der Wagen kann somit auch bei wagerecht liegenden Klappen zur Beförderung von Massengut verwendet werden und hat den anderen Bauarten gegenüber den Vorteil, daß die Art der Entladung in das Belieben des Empfängers gestellt ist. Ob hierfür nach allgemeiner Einführung von einer schnellen Entladung ermöglichenden Entladestätten ein Bedürfnis vorliegt, erscheint zweifelhaft, da dann der durch den Selbstentlader gewonnene Vorteil der Zeitersparnis wieder verloren geht.

II. Wagen mit beweglichem Wagenkasten.

Bei den Entladewagen mit beweglichem Kasten wird der letztere rechteckig und mit wagerechtem Boden ausgeführt.

Damit die Entladung vorgenommen werden kann, werden Rutschflächen dadurch hergestellt, daß der Kasten aus seiner Mittellage herausbewegt wird, und zwar kann dies mit dem ganzen Wagenkasten oder nur mit dem Boden vorgenommen werden. Der Boden und der übrige Teil des Kastens können dabei auch verschiedene Bewegungen ausführen.

II. a) Kasten wagerecht verschiebbar.

Wird der Boden des Wagenkastens mit den Wänden nicht fest verbunden, sondern sind letztere auf dem Boden verschiebbar, so wird der Inhalt bei Verschiebung des aus den vier Wänden bestehenden Kastenteiles mitgenommen und über die freigelegte Bodenkante hinweg zum Absturze gebracht. So ist der in Abb. 28 und 29, Taf. LXXXIII dargestellte Wagen gebaut. Die Stirn- und Seitenwände a und b sind auf den Boden des Kastens lose aufgesetzt und entsprechend geführt, je nachdem sie längs oder quer verschoben werden sollen. Die Bewegung erfolgt durch mit den Wänden verbundene Zahnstangen c, welche zwischen im Boden f verlegten z-Trägern ihre Führung erhalten und von Stirnrädern d angetrieben werden, die ihre Drehung von einer Welle h aus unter Vermittelung einer Schneckenradübersetzung und der Welle g erhalten. Statt aller senkrechten Wände kann auch nur eine oder zwei gegenüberliegende verschoben werden, oder es werden eine oder zwei besondere verschiebbare Wände im Kasten angebracht, welche die Ladung nach der einen oder andern Seite über die Bodenkante abschieben. Bei Verwendung dieser besonderen verschiebbaren Wände wird jedoch einerseits die Abdichtung zwischen der beweglichen und feststehenden Wand erschwert, anderseits werden die Fugen zwischen beiden durch hineinfallendes Ladegut leicht verstopft. Das Verschieben der beweglichen Wände dürfte dann Schwierigkeiten machen und zu Brüchen der Zahnräder führen.

Abb. 30, Taf. LXXXIII stellt einen auf demselben Gedanken beruhenden Entladewagen dar, bei welchem der Boden mit verschoben wird. Diese Bauart beseitigt einen Nachteil des vorher besprochenen, bei der wegen der großen Reibung zwischen Ladung und Wagenboden eine große Kraft zum Fortschieben nötig war, selbst wenn der Boden mit Eisenblech beschlagen ist. Damit aber überhaupt eine Entladung stattfinden kann, muß der Boden aus mehreren Teilen gebildet werden und besteht deshalb aus unter einander durch Gelenke b verbundenen Bohlen, die je nach der Entladeart in der Längs- oder Querrichtung des Wagens liegen. Um die Bewegung zu erleichtern, können die Gelenke mit kleinen Rollen versehen werden, welche auf am Untergestelle vorgesehenen Führungen laufen. Die an den Entladeseiten liegenden beweglichen Seitenwände greifen mit Zapfen c in die äußeren Bohlen d in der Weise ein, daß der Boden bei Verschiebung der beweglichen senkrechten Wände h mitgenommen wird. Hierbei bleibt nur der Eingriff der sich auf dem Untergestelle von der einen nach der andern Seite verschiebenden Bohle d mit der Wand h erhalten, während sich die andere Bohle d nach unten senkt, wenn das erste der Gelenke b die Kante des Untergestelles überschritten hat. Auf diese Weise verliert ein Bodenteil nach dem andern bei der Verschiebung seine Unterstützung und da,

Ladegut fällt nach unten. An den äußeren Bohlen sind Ösen f drehbar befestigt, welche in Haken g am Untergestelle eingreifen. Die Bohlen d werden daher bei Verschiebung des Bodens von den Haken g gehalten, und der Boden bildet in ausgeschobenem Zustande eine Rutschfläche für das Ladegut, welche das letztere nicht zu nahe an das Gleis herankommen läßt; die Bewegung des Bodens und der Seitenteile kann ähnlich wie bei dem vorher besprochenen Wagen erfolgen. Die Entladung wird immerhin gegenüber den anderen Verfahren auch in diesem Falle verhältnismäßig langsam gehen, da für die an der Handkurbel wirkende Kraft große Übersetzung erforderlich ist.

II. b) Wagen mit anhebbaarem Kasten.

Bei den Wagen dieser Art wird der Kasten in senkrechter Ebene so gehoben, daß der Boden aus der wagerechten in schräge Lage kommt (Abb. 31 und 32, Taf. LXXXIII). Der Boden wird dann einseitig vom Kasten mit angehoben und besteht nach Abb. 31, Taf. LXXXIII aus einem Stücke, oder ist nach Abb. 32, Taf. LXXXIII in der Mitte geteilt. Im ersten Falle kann der Inhalt nach der einen oder andern Seite entladen werden, je nachdem die eine oder die andere Längskante des Bodens mit den senkrechten Wänden verbunden wird, im letztern kann die Entladung nur nach beiden Seiten zugleich oder in einem zwischen den Schienen befindlichen Raum erfolgen, je nachdem die Bodenteile a um die inneren oder äußeren Längskanten drehbar sind. Eine Änderung der Entladeart könnte dann nur durch besondere, unter dem Wagenkasten angeordnete Rutschflächen erzielt werden, wie sie beispielsweise bei der Ausführung nach Abb. 18, Taf. LXXXIII zur Anwendung kamen.

II. c) Wagen mit kippbarem Wagenkasten.

Bei den Kippwagen wird der Kasten gewöhnlich als Ganzes bewegt, in wenigen Fällen bleiben jedoch auch die Seitenwände fest und nur der Boden ist in eine schräge Lage einstellbar. Da der Boden dieser Wagen eben ist, nicht schräg, wie bei den Trichterwagen, so liegt der Kasten tiefer als bei jenen. Wegen des ebenen Kastenbodens können die Kippwagen auch zur Beförderung von Stückgütern verwendet werden.

c) 1. Wagen mit fester Kippachse.

Die Wagen mit fester Kippachse haben entweder nur eine oder zwei Drehachsen. Im erstern Falle liegt diese in der Mittelebene des Wagenkastens, im zweiten liegen die Zapfen rechts und links von der Mittelebene, wie Abb. 33 und 34, Taf. LXXXIII zeigen. Die mittlere Drehachse a ermöglicht Kippen des Kastens nach beiden Seiten. Sie kann unterhalb oder oberhalb oder im Schwerpunkte des beladenen Wagens liegen. Die Kraft zum Kippen ist am kleinsten, wenn der Zapfen a (Abb. 33, Taf. LXXXIII) unterhalb des Schwerpunktes liegt, in welchem Falle man ihn unter dem Boden des Wagens anordnen wird, was in baulicher Hinsicht am bequemsten ist, da der Zapfen so wie so in bestimmter Höhe angeordnet werden muß, damit der Boden des Kastens beim Kippen die erforderliche Neigung erhält. Auch die Unterstützung des Kastens an mehreren Stellen ist dann auf einfachere Weise erreichbar, als

wenn die Drehzapfen nur an den Stirnwänden liegen. In der Ruhelage muß der Kasten bei allen Lagen der Drehachse zum Schwerpunkte festgestellt werden, um Pendeln während der Fahrt zu verhüten. Bei der Bauart nach Abb. 34, Taf. LXXXIII kann der Kasten um die eine oder andere der beiden unteren Längskanten gekippt werden. Am Kasten sind an beiden Seiten Lager a angebracht, welche um wagerechte Zapfen drehbare Muttern b aufnehmen. In letztere greifen am Untergestelle auf wagerechten Zapfen drehbar befestigte Schraubenspindeln c ein, welche von einer Welle durch Handhebel d mittels eines Schneckenantriebes in Umdrehung versetzt werden können. In der Ruhelage des Wagenkastens liegen die Muttern b am untern Ende der Spindeln c und letztere liegen senkrecht neben den Seitenwänden des Kastens. Bei Drehung der Handkurbeln d auf einer Seite des Wagens steigen die Muttern b auf den Spindeln c einer Seite nach oben und heben den Wagenkasten einseitig an: die Stangen c drehen sich hierbei in senkrechter Ebene. Der Antrieb der Spindeln c erfolgt durch geeignete Zwischenglieder gemeinschaftlich von der den Handhebel d tragenden Welle aus. Da die Spindeln c die Hälfte von Eigengewicht und Nutzlast zu tragen haben, so müssen sie kräftig ausgeführt werden schon wegen ihrer Beanspruchung auf Knicken. Immerhin beanspruchen die Kippwagen mit zwei Drehzapfen erheblich größere Kraft zum Kippen, als mit nur einem. Zum Bewegen des Kastens werden die verschiedensten Maschinenteile benutzt: Schraubenspindel mit Mutter, Zahnstange mit Trieb, einfache Hebel, Kniehebel, Seile oder Ketten, die sich auf drehbare Wellen aufwickeln. Besonders auf amerikanischen Bahnen finden sich vielfach Wagen, deren Kasten unter Verwendung von Preßluft gekippt werden. Da die amerikanischen Güterwagen mit durchgehender Bremse versehen sind, so wird die zum Kippen erforderliche Luft dem Bremsbehälter entnommen. Der Lokomotivführer ist auf diese Weise imstande, den ganzen Zug vom Führerstande aus zu entladen, was besonders bei Dammschüttungen schnelle Arbeit ermöglicht. Der Kasten eines solchen Wagens (Abb. 35 bis 40, Taf. LXXXIII), der mit um obere Zapfen drehbaren Seitentüren z versehen ist, dreht sich um zwei Zapfen a, die auf Längsträgern b des Untergestelles gelagert sind und in derselben Mittelachse liegen. An dem Untergestelle sind ferner Federn k angeordnet, auf welchen der gekippte Kasten weich aufsitzt. Am Untergestelle ist auf Querträgern der Druckzylinder c mit Taucherkolben gelagert, die Kolbenstange ist oben mit dem Wagenkasten seitlich vom Drehzapfen a (Abb. 35, Taf. LXXXIII) drehbar verbunden. Der Wagen führt zwei Druckleitungen h und f für den Druckzylinder, welche (Abb. 39 und 40, Taf. LXXXIII) durch Rohre i und g an das untere und obere Ende des Zylinders c angeschlossen sind. Die Preßluft wird vom Lokomotivführer durch einen Steuerschieber in die Leitungen h oder f geleitet. Um den Kasten in seiner Mittellage festzustellen, sind zwei Bügel l angebracht, welche an der in der mittlern Längsebene des Wagens liegenden Stelle mit Ausbuchtungen m (Abb. 35, Taf. LXXXIII) versehen sind. In letztere legen sich senkrecht drehbare, am Untergestelle befestigte Winkelhebel n ein, die unter einander durch ein Gestänge (Abb. 38, Taf. LXXXIII) q, r, s, t, u so verbunden sind, daß sie gleichartige Bewegungen ausführen. Eine am festen

Drehpunkte des Hebels *t* und an einem Arme des Hebels *r* angreifende Feder *v* hält die Winkelhebel *n* in Eingriff mit den Ausbuchtungen *m* der Bügel *l*. Das Gestänge ist mit dem Kolben eines kleinen Druckzylinders *o* verbunden (Abb. 37 und 38, Taf. LXXXIII), dessen vorderer Raum mit einer Leitung *x* (Abb. 36, Taf. LXXXIII) für Preßluft in Verbindung steht. Feder *v* und Kolben *p* haben entgegengesetzte Wirkung. Wird also Druckluft in den Zylinder geleitet, so verschiebt sich der Kolben nach hinten und hebt die Winkelhebel *n* aus den Ausbuchtungen *m* der Bügel *l* aus. Erhält darauf der Zylinder *c* Preßluft, so kippt der Wagen. Kehrt der Wagen wieder in seine Mittelstellung zurück, so ist der kleine Zylinder *o* schon wieder entleert, die auf den Bügeln *l* unter der Wirkung der Feder *v* schleifenden Winkelhebel *n* fallen also selbsttätig in die Rasten *m* ein, wenn der Kasten seine Mittelstellung erreicht hat.

c) 2. Der Wagen wird gehoben und gekippt.

Der Drehpunkt für die Kasten der Kippwagen muß ziemlich hoch liegen, wenn er in der mittlern Längsebene des Wagens angeordnet ist, damit der Boden genügende Neigung erhält, ohne daß Teile des Untergestelles im Wege sind. Damit der Wagenkasten dann nicht zu hoch zu liegen kommt, muß das Untergestell so gebaut werden, daß die Längsträger möglichst nach der Mitte zusammengelegt werden und die Querträger unter den Längsträgern angeordnet werden. Dies ist nicht so nötig, wenn der Drehzapfen des Kastens beim Kippen angehoben wird; der Kasten kann dann so tief liegen, wie bei den alten Kastenwagen, nur die Längsträger wird man innerhalb der Räder anordnen. Bei dem Wagen nach Abb. 41 und 42, Taf. LXXXIV ist eine Vorrichtung benutzt, durch welche der Kasten gleichzeitig gehoben und gekippt wird. Der Wagenkasten legt sich in der Ruhelage mit seinen Querträgern auf Längsträger des Untergestelles. In der Mitte der Querträger und an den äußern Längsträgern des Kastens sind in zwei oder mehr Querebenen des Wagens Lager *a* und *d* für wagerecht liegende Drehzapfen angebracht, um welche sich Stangen *b* und *c* drehen können, von welchen je zwei an ihren anderen Enden gemeinschaftlich an je eine Mutter *h* angelenkt sind. Die Muttern *h* sind auf einer Schraubenspindel *g* mit Rechts- und Linksgewinde verschiebbar, die auf einem Querträger *m* gelagert ist. Gleitbahnen *k* am Querträger verhindern die Muttern an der Drehung und nehmen zugleich das Gewicht des gehobenen Kastens auf. Stehen die Muttern an den Enden der Welle *g*, so ruht der Kasten auf dem Untergestelle. Die Stangen *a* und *b* bilden dann die Form eines *w*. Soll der Kasten gekippt werden, so wird die Welle *g* auf irgend eine Weise gedreht, nachdem vorher die der Kippseite entgegengesetzt liegende Stange *c* von dem Zapfenlager *d* getrennt ist. Die beiden Stangen *b* nähern sich einander bei Bewegung der Muttern *h* nach innen, wodurch der Kasten gehoben wird. Durch Mitnahme der Stange *c* bei Verschiebung der Mutter *h* wird der Kasten außerdem noch einseitig gesenkt. Die Querwellen *h* erhalten gemeinschaftlichen Antrieb von einer Handwelle aus.

c) 3. Der Wagenkasten wird verschoben und gekippt.

Das Anheben des schweren Kastens kann umgangen werden, indem er nach der Kippseite verschoben wird (Abb. 43 und 44, Taf. LXXXIV). Der Wagen ist als einseitiger Kippwagen ausgeführt, kann aber auch als Doppelkipper gebaut werden. Der Kasten trägt an den Stirnseiten je eine Laufschiene *a*, welche auf am Untergestelle angeordneten Rollen *b* ruht. Die Laufschiene tragen einen nach dem Halbmesser der Rollen gekrümmten Fortsatz *c* auf ihrer Unterseite, der in der Ruhestellung des Kastens von einem Sperrhebel *d* festgehalten wird. Nach dem Auslösen dieser Sperrvorrichtung kann der Wagenkasten auf den Rollen verschoben werden, bis der Fortsatz *c* eine Rolle *b* umfaßt, worauf sich der Kasten um diese Rolle entweder selbsttätig oder unter Zuhilfenahme besonderer Mittel in die Kippstellung bewegt. Das Verschieben des Wagenkastens erfolgt durch Kettenzüge, Zahnstangentriebe und ähnliche Vorrichtungen. Im vorliegenden Falle rollt jedoch der Wagenkasten selbsttätig dadurch aus seiner Mittelstellung heraus, daß die nach der Kippseite zu liegenden Rollen *b* gesenkt, die anderen gehoben werden. Der die Lager der Rollen tragende Querbalken *g* ist mit dem Tragbalken *e* durch einen wagerecht liegenden Zapfen *f* verbunden, und der Balken *h* ist auf seiner Oberfläche nach beiden Seiten von der Mitte aus abgeschrägt, sodaß der Balken *g* um den Zapfen *f* wippen kann. Wird also der Balken *g* auf einer Seite gesenkt, so erhält die durch die Rollenzapfen gehende Ebene eine schräge Lage und der Kasten rollt aus der Mittelstellung heraus. Die Laufschiene sind in solcher Höhe am Kasten angeordnet, daß der entleerte Kasten sich selbsttätig zurückdreht, bis die Schiene *a* wieder auf beiden Rollen aufliegt. Wird jetzt der Balken *g* nach der entgegengesetzten Seite geneigt, so rollt der Kasten in seine Mittelstellung zurück und wird durch den Hebel *d* selbsttätig festgestellt.

II. d) Der Wagenkasten ist um die Längsachse drehbar.

Für Entladevorrichtungen, bei welchen der ganze Wagen erfaßt und von den Fahrschienen zwecks Entleerung entfernt wird, ist es bekannt, den ganzen Wagen um eine Längsachse zu drehen, sodaß die Einfüllöffnung auch als Ausschüttöffnung dient. Für den Wagenkasten allein findet sich diese Art der Entladung selten; Abb. 45, Taf. LXXXIV stellt eine Ausführung dar, bei welcher die Stirnseiten des Kastens mit Ringen *b* versehen sind, die auf Rollen *c* am Untergestelle liegen. Durch einen am Ringe *b* befestigten Zahnkranz, der von einem Triebe bewegt wird, kann dann der Kasten um seine Längsachse gedreht werden. Diese Anordnung ist für die kleinen Muldenkipper der Feldbahnen allgemein gebräuchlich.

III. Nebeneinrichtungen.

Die für die Entladung in den Wagenkasten angebrachten Öffnungen sind gewöhnlich durch drehbare Klappen geschlossen, deren freie Kante durch eine Verriegelung festgestellt werden kann. Die Drehklappe ist für Entladewagen am meisten in Anwendung, da sie sich am leichtesten öffnen läßt; denn nach

dem Lösen der Verriegelung öffnet das Ladegut die Klappe selbst, vorausgesetzt, daß diese unter Druck steht. Die Abb. 46 bis 49, Taf. LXXXIV zeigen verschiedene Anordnungen von Drehklappen, welche wagerecht, schräg oder senkrecht angeordnet sein können. Bei der Bauart der Wagen nach Abb. 11, Taf. LXXXIII müssen die Klappen um zwei Achsen gedreht werden können, von denen je nach der Art der Entladung eine beim Öffnen der Klappe festgestellt ist. Weniger häufig findet sich die schwingende Klappe nach Abb. 50, Taf. LXXXIV. Die Klappe a ist mit Laschen b an Drehzapfen c aufgehängt. Beim Öffnen gibt die Klappe die Öffnung frei, wobei sie sich etwas senkt. Dies erschwert die Bewegung der Klappe, da die auf ihr liegende Ladung von der Trichterwandung bei der Bewegung der Klappe abgeschoben werden muß. Dieser Nachteil tritt noch mehr hervor, wenn der Verschluss der Öffnung durch einen Schieber gebildet wird (Abb. 51 und 52, Taf. LXXXIV). Dann ist eine bedeutende Reibung zwischen Ladegut und Schieber zu überwinden, auch wenn die Schieber durch Rollen b geführt werden. Auch Bänder werden zum Entleeren von Trichterwagen verwendet (Abb. 53 und 54, Taf. LXXXIII). Das Band liegt unterhalb der Trichteröffnung und legt sich um drehbare Walzen b. Nach dem Öffnen der Türen c wird die auf dem Bande ruhende, und von oben nachfallende Ladung nach der Seite bewegt. Diese Wagen haben Ähnlichkeit mit den oben beschriebenen Kastenwagen, bei denen der Boden wagerecht verschiebbar ist (Abb. 30, Taf. LXXXIII).

Die Verschlüsse der Türen können in der verschiedensten Weise ausgeführt werden und kommen hier weniger in Betracht. Erwähnt sei nur der Daumenverschluss, welcher besonders für Klappen mit zwei Drehachsen viel benutzt wird. Die Daumen a (Abb. 55, Taf. LXXXIV) untergreifen die Klappe, geben sie jedoch nach Drehung der Daumenwelle frei. Zum Bewegen der Klappen dienen Hebel in den verschiedensten Anordnungen. In Abb. 48, Taf. LXXXIV erfolgt die Bewegung von zwei Klappen gemeinschaftlich von einer Welle a aus. Auf dieser sitzt ein Hebel b, welcher eine Stange c trägt, die an Stangen d angelenkt ist, welche an den Klappen i angreifen. Der gemeinschaftliche Zapfen g der drei Stangen d, d und c bewegt sich in einer Schlitzführung h. Wird der Hebel b aus seiner untern Stellung um 180° nach oben gedreht, so werden die Klappen i geschlossen. Die gebogene Stange hat dann eine solche Lage zu Welle a, daß Zapfen f rechts von der Welle liegt; die auf die Klappen drückende Ladung hält daher den Verschluss in der Sperrstellung. Der Verschluss nach Abb. 49, Taf. LXXXIV ist ähnlich gebaut, wird jedoch noch durch einen Drehriegel a in der Sperrstellung gesichert. Ein beliebter Verschluss ist der mittels Kniehebel (Abb. 47 u. 50, Taf. LXXXIV). Der Kniehebel a, b bewegt beide Klappen zugleich. Der Drehzapfen im Knie ist in Gleitbahnen c verschiebbar von einer Welle d aus mittels eines Gestänges. Diese Anordnung ist für zwei gegenüberliegende Klappen sehr gebräuchlich, was auch von der in Abb. 50, Taf. LXXXIV dargestellten Bauart gilt, welche mit dem Kniehebel viel Ähnlichkeit hat. Zum Bewegen von Schiebern sind ferner gebräuchlich endlose Ketten und Zahnstange mit Trieb, Schraubenspindel mit Mutter oder Hebelanordnungen. Allgemein in Verwendung sind auch Wellen, auf welche sich

Ketten aufwickeln (Abb. 26, Taf. LXXXIII). Diese Wellen müssen mit einer Sperrvorrichtung versehen sein. Um aber diese und die Kette nicht dauernd zu belasten, sind gewöhnlich noch Riegelverschlüsse nach Abb. 27, Taf. LXXXIII vorhanden. An den zwischen den Trichtern liegenden Bügeln b sind unten Drehriegel a befestigt, welche unter die Türen c geschoben werden können. Die Bewegung aller Riegel erfolgt gemeinschaftlich durch eine Stange c, die an einem Handhebel angelenkt ist.

Kippwagen mit mittlern Drehzapfen müssen in ihrer Ruhelage festgestellt werden, wofür meist Ketten (Abb. 33, Taf. LXXXIII) oder Hebel verwendet werden. Abb. 33, Taf. LXXXIII stellt eine häufig bei Kippwagen in verschiedener Ausführung vorkommende Einrichtung dar. Die Türen sind durch die Stangen a und b um einen Zapfen c drehbar. Eine Stange d steht ferner einerseits mit der Stange a, anderseits mit einem am Untergestelle gelagerten Hebel e in Verbindung. Wird der Wagenkasten gekippt, so legt sich das bewegliche Ende der Stange e gegen das Untergestell und verhindert die Tür an der Abwärtsbewegung, sodaß die Öffnung in der Seite des Kastens für das Entladen freigegeben wird. Die Hebel y in Abb. 35, Taf. LXXXIII wirken in derselben Weise auf Öffnen der Türen.

IV. Allgemeine Anordnung.

Die Wagenkasten sucht man für Trichterwagen möglichst tief zu legen, sodaß sie in das Untergestell eingreifen. Am besten ist dies bei Verwendung von Drehgestellen zu erreichen. Bei Kippwagen kann jedoch nicht unter eine bestimmte Höhenlage heruntergegangen werden, damit der Boden des Wagenkastens hinreichende Neigung für das Kippen erhält.

Für den Kasten wird besonders für Trichterwagen Eisen verwendet (Abb. 56, Taf. LXXXIV). Die Kastenwandungen werden aus Stahlblech hergestellt, die Stützen aus Formeisen. Für die neueren Wagen wird ferner für tragende Teile gepreßtes Stahlblech verwendet (Abb. 46 und 47, Taf. LXXXIV). Auch die Verschlussklappen für die Trichter werden aus gepreßtem Bleche hergestellt und erhalten die Form von Buckelplatten. Auf diese Weise sucht man das Eigengewicht des Kastens möglichst gering zu machen. Die Kasten von Kippwagen werden dagegen besonders in Amerika noch vielfach aus Holz gemacht.

V. Schlusswort.

Die vorstehende Besprechung der Entladewagen zeigt, daß eine beträchtliche Auswahl vorliegt. Bei der Beurteilung wird nicht allein die Schnelligkeit maßgebend sein, mit welcher der Wagen entladen werden kann, sondern vor allem wird darauf gesehen werden müssen, daß der Wagen leicht, billig und widerstandsfähig ist, nicht viel Ausbesserung erfordert und leicht zu bedienen ist. In dieser Hinsicht erfüllen wahrscheinlich die Trichterwagen am ehesten alle Bedingungen. Vor allen Dingen sollten an Entladewagen empfindliche und teure Teile, wie Zahnstangen und Zahnräder, vermieden werden.

die Zahl der beweglichen Teile sollte klein sein. Außerdem sollte vermieden werden, die Bewegung schwerer Massen von der Aufwendung einer großen Kraft abhängig zu machen, wie es beispielsweise beim Kippwagen nach Abb. 34, Taf. LXXXIII der Fall ist. Denn für die Bewegung der Last sind dann große Übersetzungen nötig, die viel Kraft verbrauchen und nur langsame Anheben ermöglichen. Deswegen ist es auch nicht vorteilhaft, das Freilegen der Öffnungen zum Entladen durch Schieber zu bewerkstelligen, da die zwischen Schieber und Ladegut auftretende Reibung die Aufwendung großer Kraft erfordert. Ein Hauptaugenmerk wird man der Ausbildung der Entladewagen zuwenden müssen, welche aus einem Kastenwagen leicht und schnell in einen Trichterwagen umgewandelt werden können. Hier dürfte vor allem die Frage zu entscheiden

sein, ob es für Bahnen mit schwachem und stark wechselndem Verkehre nicht vorteilhafter ist, statt der verwandelbaren Wagen Kippwagen zu verwenden, da deren Kasten ohne weiteres zur Beförderung von Stückgut dienen kann. Wahrscheinlich wird sich bei der Prüfung der verschiedenen Bauarten herausstellen, daß sich für bestimmte Zwecke und Gewerbebezirke eine bestimmte Bauart am besten eignet. Die geeignete Auswahl und die tunlichste Beschränkung der Zahl der Bauarten erfordert Überlegung.

Wie aber schon in der Einleitung ausgeführt wurde, löst der Schnellentlader nur zur Hälfte die vorliegende Aufgabe. Zur richtigen Geltung kann er erst dann gelangen, wenn vor allem die Beladung des Wagens in zweckentsprechender Weise durchgebildet ist.

Im Anschlusse an die vorstehenden Erörterungen fügen wir nun die Darstellung einiger von dem Werke A. Koppel*) ausgeführter Selbstentlader an, um zugleich zu zeigen, welche Bedeutung das Vorgeführte für den Betrieb hat.

I. Seitenentleerer.

Hierzu Abbildungen 1 bis 6 auf Taf. LXXXV und 7 bis 10 auf Taf. LXXXVI.

Die Seitenentleerer eignen sich besonders für Erdarbeiten, Überladung von Schmalspur auf Vollspur, Stapelung von Kohle, Steinschlag, Kies und rolligen Stoffen neben dem Gleise. Wie Abb. 1, Tafel LXXXV zeigt, besteht der Boden aus einer oder mehreren eisernen Klappen, die an den festen Kastenwänden in gelenkartig ausgebildeten Daumenverschlüssen hängen. Eine weitere Unterstützung ist in der Mittellinie der Klappen durch um eine durchgehende Welle *e* drehbare Stützhebelpaare vorgesehen. Auf der Welle *e* sitzt ein Schneckenrad *s*, welches durch die mittels Handrad *h* betätigte Schnecke getrieben wird.

Soll der Wagen nach links entladen werden (Abb. 2, Taf. LXXXV), so wird nach Entriegelung der Daumenwelle *d'* mittels einiger Umdrehungen des Handrades *h'* das Stützhebelpaar *l'* und *l''* soweit eingeknickt, daß sich die Bodenklappe um die Daumenwelle *d''* als Gelenk in Richtung der schrägen Seitenwand und des Schüttbleches einstellt. Die Entladung kann also ohne weiteres nach links erfolgen. In ähnlicher Weise wird Entladung nach rechts ermöglicht (Abb. 3, Taf. LXXXV).

Soll der Wagen geschlossen werden, so wird das Handrad *h* in entgegengesetzter Richtung soweit gedreht, bis die Stützhebel in die gestreckte Lage zurückkehren, worauf der Boden mittels der entriegelten Daumenwellen wieder verriegelt wird. Die Niederlegung des Bodens in die Schräglage zwecks Entladung kann nach Belieben allmählich erfolgen, sodaß eine Beschädigung des Ladegutes durch plötzliches Entstehen der größten Entladeöffnung ausgeschlossen ist. Die aus Schnecken-

trieb und Stützhebelpaar bestehende Bewegungsvorrichtung ist staubdicht eingekapselt und durch die Daumenwellenverschlüsse vollkommen entlastet. Der Schneckenrieb sperrt selbst und schließt bei zufälliger Entriegelung einer Daumenwelle eine unbeabsichtigte Entladung aus. Gleichzeitige Entladung des ganzen Zuges von einer Stelle aus ist dadurch ermöglicht, daß die durchgehenden Wellen zwischen den Wagen mittels biegsamer Wellen verbunden werden können. Die wagerechte Lage des Bodens gestattet, den Wagen, wenn nötig unter Einlegung eines Zwischenbodens, auch zur Beförderung von Stückgut zu benutzen.

Die Abb. 4 und 5, Taf. LXXXV stellen einen Wagen für schmalspurige Werkbahnen dar, wie er für Spurweiten von 600 bis 900 mm mit 2,5 bis 5 t Tragfähigkeit, 1,5 bis 3 cbm Rauminhalt und 1500 bis 2500 kg Gewicht gebaut wird. Um Ausbesserungen leicht vornehmen zu können, besteht das Untergerüst aus Holz, ist aber zur Erzielung größerer Steifigkeit mit dem ebenfalls aus Holz bestehenden Wagenkasten durch starke, gegenseitig ausgesteifte eiserne Rungen verbunden. Die hölzernen Wände des Kastens sind mit Blech beschlagen, die bewegliche Bodenklappe besteht ganz aus Eisen.

Die Bewegungsvorrichtung zeigt eine Ausführungsform in Gestalt von entlasteten Scherenhebeln, die sich durch Spindeltrieb zum Zwecke der Entladung niederlegen, sich bei entgegengesetztem Andrehen der Spindel aufrichten und somit die Bodenklappe wieder in die Verschlusslage bringen. Die Verriegelung erfolgt mittels Daumenwellen.

Bei dem in Abb. 6, Taf. LXXXV dargestellten Wagen wurde angestrebt, möglichst große Tragfähigkeit bei geringem Eigengewichte zu erreichen; das günstigste Verhältnis wurde mit einem dreiachsigen Wagen von Regelspur und 30 t Tragfähigkeit erzielt. Da in diesen Wagen Kohle und Sand zum Sandversatze auf einem lothringischen Hüttenwerke befördert werden sollte, so mußte für die leichtere Kohle ein Inhalt von 37,5 cbm vorgesehen werden.

Das Eigengewicht des Wagens beträgt bei der erwähnten Tragfähigkeit nur 12 770 kg, dabei entspricht der Wagen in allen Beziehungen den Regeln der Reichseisenbahnen. Von der Anordnung einer durchgehenden Zugstange wurde zur Erleichterung abgesehen.

*) Nach dem „Spezial-Katalog“ über Selbstentlader von Arthur Koppel, Berlin und Bochum.

Der Wagen ist als Seitenentleerer gebaut und enthält zwei bewegliche Böden, die sich von der der Entladeseite entgegengesetzten Seite gleichzeitig öffnen und schließen lassen.

Die Verriegelungs-Vorrichtung des geschlossenen Wagens ist von der Bewegungs-Vorrichtung zwangsläufig abhängig, so daß der Boden nur geöffnet werden kann, nachdem die Entriegelung auf der entgegengesetzten Seite erfolgt ist. Ebenso kann die Verriegelung nur vorgenommen werden, wenn der Boden vollständig geschlossen ist. Das verhältnismäßig geringe Eigengewicht wurde erzielt durch Heranziehung der Seitenbleche des Kastens zum Tragen. Die Seitenwände bilden Blechträger und sind gegeneinander durch obere Spriegel und durch eine über der Mittelachse befindliche Aufsattelung abgesteift. Die Aufsattelung über der Mittelachse trägt dazu bei, die ganze Lademasse aus dem Kasten in die Bodenöffnungen zu leiten.

Die Entladezeit des Wagens beträgt etwas über eine Minute. Die Neigung der Rutschfläche ist mit 38° ausgeführt und gewährleistet völlige Entladung, auch bei Koks oder feuchtem Sande.

Der in Abb. 7, Tafel LXXXVI dargestellte Seitenentleerer ist unter ähnlichen Gesichtspunkten wie der vorbeschriebene Wagen für eine möglichst große Tragfähigkeit als zweiachsiger Seitenentleerer gebaut. Auch er entspricht den Regeln der preussischen Staatsbahnen. Der Wagen besitzt einen Inhalt von 19 cbm bei 15 t Tragfähigkeit und 10500 kg Eigengewicht mit Bremse.

Diese Bauart ist hier zuerst verwendet worden. An dem Eigengewichte von 10500 kg ließe sich bei Neuanfertigung trotz Einhaltung aller sonstigen Bedingungen noch erheblich sparen, denn man hat darauf verzichtet, die Seitenwände als Träger zu benutzen. Versuche mit neueren Wagen anderer Art haben jedoch gezeigt, daß das ohne Weiteres zulässig und für die Leichtigkeit der Bauart von großem Vorteile ist. Der Wagen entladet seitlich durch die Öffnung des einen beweglichen Bodens.

Der in Abb. 8, Taf. LXXXVI dargestellte Seitenentleerer ist für eine überseeische Erzmine gebaut worden. Der Wagen ist bei 1 m Spur für Kleinbahn-Verhältnisse entworfen, jedoch so kräftig gehalten, daß er nicht nur den Einsturz des Erzes aus beträchtlicher Höhe, sondern auch eine Betriebsgeschwindigkeit von 40 km/St. aushalten kann. Das Eigengewicht beträgt 4000 kg. Die Tragfähigkeit ist bei 2,5 cbm Inhalt 10 t. Der hölzerne Kasten ist zum Schutze gegen das aufschlagende Erz innen mit Blech beschlagen.

Verriegelungs- und Bewegungs-Vorrichtung der einen Bodenklappe ist wie bei Abb. 6, Taf. LXXXV zwangsläufig so angeordnet, daß eine Bewegung nur nach Entriegelung und eine Verriegelung nur nach Verschluss der Bodenklappe möglich ist.

Der Seitenentleerer, Abb. 9 und 10, Taf. LXXXVI, kann für Spurweiten von 1 m bis Regelspur und darüber gebaut werden. Bei einem Rauminhalte von 10 bis 60 cbm ist die Tragfähigkeit 20 bis 50 t Kohle oder Erz. Derartig große Wagen eignen sich zur Bewältigung ausgedehnter Erdarbeiten, auch kommen sie für Eisenbahn-Erhaltungszwecke in Frage, insbesondere bei Erneuerung der Bettung. Das Gewicht schwankt zwischen 8000 und 16000 kg.

Der Wagen ist ganz aus Stahl gebaut, das Untergestell einschliesslich der Drehgestelle vollständig den Vorschriften der großen Eisenbahn-Verwaltungen, insbesondere denen der preussischen Staatsbahnen angepaßt. Die Kastenwände dienen zugleich als Blechträger, gegen Verschiebestöße sind die in sich steifen Kasten vor Kopf durch starke Stehblechstreben geschützt.

Die Entleerung des Wagens erfolgt durch vier Bodenklappen, von denen je zwei benachbarte durch einen gemeinsamen Schneckentrieb und Stützhebelpaare betätigt werden. Auf diese Weise ist es möglich, den Wagen teils nach der einen, teils nach der andern Seite zu entleeren.

II. Bodenentleerer.

Hierzu Abbildungen 11 und 12 auf Taf. LXXXVI und 13 bis 15 auf Taf. LXXXVII.

Die Bodenentleerer eignen sich besonders für vorhandene Stützgerüste, für das Überladen von Bahnwagen in Schiffe und für die Entladung von Erzen in Behälter.

Wie Abb. 11, Taf. LXXXVI zeigt, ist auch bei diesen Wagen lediglich der Boden beweglich, und zwar in zwei Hälften, die sich bei Vorhandensein nur eines Trichters seitlich quer und bei mehreren Trichtern in wechselnder Bewegungsrichtung längs verschieben.

Die Abb. 11 und 12, Taf. LXXXVI zeigen den Querschnitt eines Wagens mit einem Trichter. Die Bodenklappen I' und I'' laufen auf nahezu reibungslos gelagerten Rollen r' und r'', und diese auf den wagerechten Schenkeln der Winkelschienen w' und w''. Die endlose Gall'sche Kette k wird mittels Lagerverbindungsböcken der Rollen r' und r'' von der einen Schiebeplatte oben und von der andern unten gefaßt. Bewegt sich die Kette um die Kettenräder v' und v'' nach links herum, so werden die Schiebeplatten auseinandergeschoben, so daß die Entladung erfolgt; bei entgegengesetzter Drehung der Kette erfolgt der Verschluss. Das Kettenrad v'' sitzt auf einer Welle mit einem Schneckenrade, auf welches die durch das Spill p gedrehte Schnecke s wirkt.

Je nach Belieben des Arbeiters erfolgt die Öffnung des Bodenverschlusses schnell oder langsam, so daß auch bei dieser Bauart Schonung des Ladegutes gewährleistet ist. In jedem Augenblicke kann die Entladung verlangsamt oder ganz unterbrochen werden. Die Bewegungsvorrichtung ist völlig entlastet, so daß Klemmen unter Einwirkung der Last ausgeschlossen ist.

Unbeabsichtigte Entladung des Wagens wird durch die selbstsperrende Schnecke unter allen Umständen verhindert. Gleichzeitige Entladung ist ebenso, wie gleichzeitiges Verschießen der Bodenklappen von einer Stelle aus für den ganzen Zug ohne weiteres möglich.

Auch dieser Wagen läßt sich durch Verwendung eines Zwischenbodens als Stückgutwagen benutzen.

Abb. 13, Taf. LXXXVII stellt einen Wagen für schmalspurige Werkbahnen dar. Er wird für Spurweiten von 750 mm bis Regelspur gebaut, hat eine Tragfähigkeit von 1250 bis 2500 kg und einen Rauminhalt von 1,5 bis 3 cbm. Das Gewicht schwankt zwischen 1000 und 2000 kg.

Der Wagen dient in erster Linie zur Beförderung von Kohlen, dann aber auch von Kies, Steinschlag und ähnlichen Körpern.

Der in Abb. 14, Taf. LXXXVII dargestellte Wagen ist zwecks Entladung zwischen den Schienen von Sturzgerüsten als Bodenentleerer gebaut. Der Wagen hat bei einem Inhalte von 25 cbm 20 t Tragfähigkeit für Kohlen bei einem Eigengewichte von 8500 kg mit Bremse. Der zulässige Achsdruck wird deshalb bei einem voll beladenen Wagen nur ganz unwesentlich überschritten und bei bremslosen Wagen in demselben Maße unterschritten.

Der Wagen entspricht in allen Teilen dem preussischen Güterwagen. Auch durchgehende Zugstange ist vorgesehen, sie wird im Innern des Kastens gegen das Ladegut durch einen übergebauten hinreichend versteiften Blechsattel geschützt.

Der Wagen entladet als Trichterwagen durch eine Bodenöffnung von 1 qm Fläche. Der bewegliche Boden besteht aus zwei Hälften, die sich als wagerechte Schiebetore seitlich gleichzeitig und zwangsläufig auseinander- oder zusammenschieben.

Die Betätigung erfolgt nach der zum Patente angemeldeten entlastenden Bauart. Auch bei diesen Wagen ist das geringe Eigengewicht durch Heranziehung der blechträgerartigen Seitenwände zum Tragen erzielt worden. Der Wagen ist besonders geeignet zur Beförderung von Kohle von der Zeche zum Hafen. Die Entladung würde dann entgegen der bisher üblichen kost-

spieligen und zeitraubenden Art mittels Wipper in einer Minute von einem festen Sturzgerüste aus erfolgen.

Abb. 15, Taf. LXXXVII stellt einen Wagen zur Beförderung von Kohlen dar. Er wird für Spurweiten von 1 m bis Regelspur und darüber gebaut, hat 30 bis 50 t Tragfähigkeit, 35 bis 60 cbm Rauminhalt und wiegt als Bremswagen 12 bis 16 t.

Der Wagen ist besonders geeignet für Massenförderung von Kohlen von den Zechen nach den Häfen, wo die Verladung in die Schiffe von Sturzgerüsten aus mittels Trichter erfolgt. Die Kohle gleitet an den schrägen Trichterwänden des Wagens und der Schütttrichter fortlaufend herunter, sodaß sie geschont wird.

Der ganze Wagen besteht aus Stahl, die Kastenwände sind als Hauptträger ausgebildet und in sich gegen die Kopfstücke gründlich versteift. Der Wagenkasten ist mit den Drehgestellen derart verbunden, daß beim leeren Wagen andere Federn als beim beladenen in Wirksamkeit treten. Der Wagenkasten besteht aus zwei in der Mitte durch einen Eselsrücken verbundenen Trichtern mit zwei Entladeöffnungen, deren jede durch zwei wagerechte Schiebetore verschlossen ist. Die Schiebetore werden je nach Belieben gleichzeitig, oder nur für eine Öffnung in der Längsrichtung des Wagens so verschoben, daß die beiden mittleren Tore sich einander nähern, während die beiden äußeren sich von einander entfernen.

—k.

BEITRAG
ZUR
BERECHNUNG VON WEICHEN
IN
GLEISBOGEN.

VON

L. BÜCKLE,
TECHNISCHEM EISENBAHN-SEKRETÄR ZU HALL IN WÜRTTEMBERG.

Mit 29 Textabbildungen.

ERGÄNZUNGSHEFT ZUM ORGAN FÜR DIE FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS, JAHRGANG 1904.

WIESBADEN.
C. W. KREIDEL's VERLAG.
1904.

Beitrag zur Berechnung von Weichen in Gleisbogen.

Von L. Bückle, technischem Eisenbahn-Sekretär zu Hall in Württemberg.

I. Berechnung der Ausweichungen.

Die Benennungen der Ausweichung und ihrer Teile sind bei den verschiedenen Verwaltungen verschieden, deshalb sollen

zunächst die hier angewendeten Ausdrücke und die Buchstabenbezeichnungen der einzelnen Teile erklärt werden*).

»Herzstück« wird ziemlich allgemein derjenige Teil der

Ausweichung genannt, welcher an der Überschneidungstelle der Schienenstränge entsteht. Unter »Weiche« soll die eigentliche Ablenkungsvorrichtung mit den beweglichen Zungen verstanden werden, vom Beginne der Stockschiene, dem »Weichenstosse«, bis zum Drehpunkte der Weichenzungen, der »Weichenwurzel«. Die vom Weichenstosse bis zum Herzstückende reichende »Ausweichung« besteht somit aus drei Teilen: der Weiche, dem Herzstücke und dem zwischen beiden liegenden mittlern Teile. Sie enthält zwei Gleise, das »Stammgleis« mit dem geraden Teile der Weiche, dessen Achse »Weichengerade« heisst, und das vom Stammgleise abgelenkte »Zweiggleis«. Die geraden Stücke in der Länge des Herzstückes in beiden Gleisen nennen wir die »Herzstückgeraden«.

Lediglich nach der Krümmung im mittlern Teile der Ausweichung unterscheiden wir:

1. Die gerade Ausweichung: Stammgleis gerade, Zweiggleis im Sinne der Weichenablenkung gekrümmt. (Textabb. 2.)
2. Die gekrümmten Ausweichungen, und zwar:
 - a) Die gleichgekrümmte Ausweichung: Stammgleis und Zweiggleis im Sinne der Weichenablenkung gekrümmt. (Textabb. 3.)
 - b) Die entgegengesetzt gekrümmte Ausweichung: Stammgleis nach der entgegengesetzten Seite der Weichen-

*) In Textabb. 1 sind die Schienenstränge, in Textabb. 2 bis 6 die Gleisachsen gezeichnet.

Abb. 1.

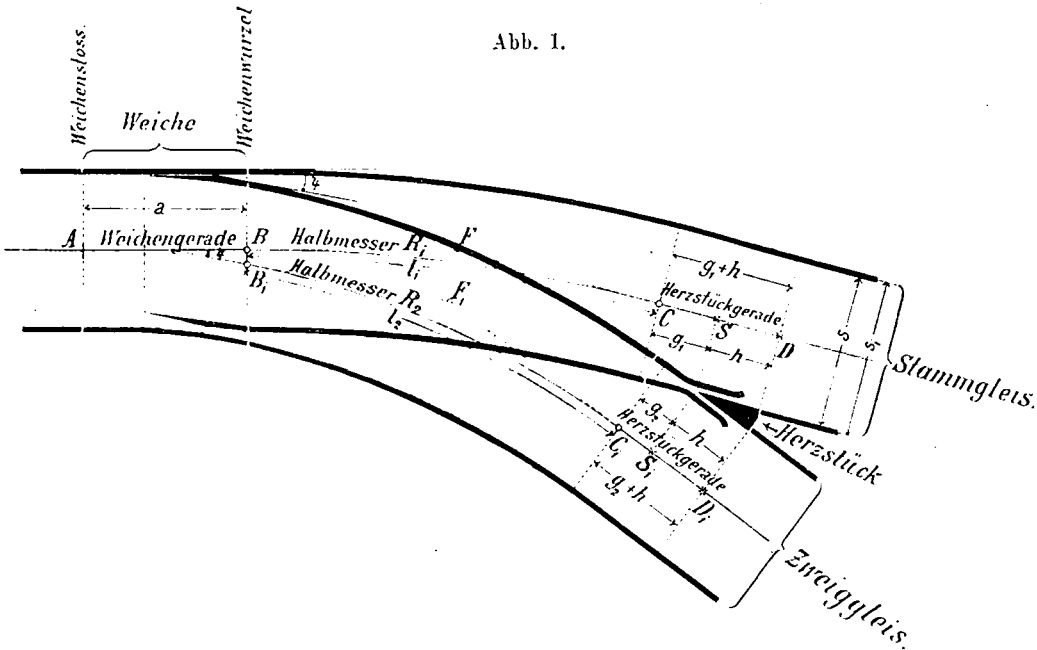


Abb. 2.

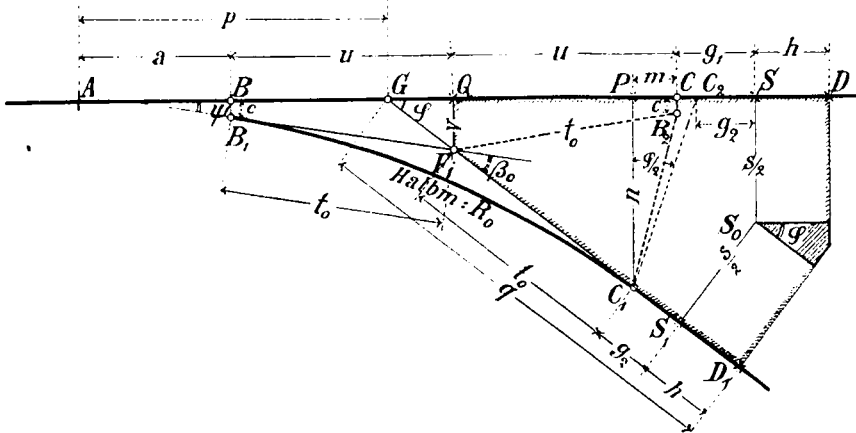
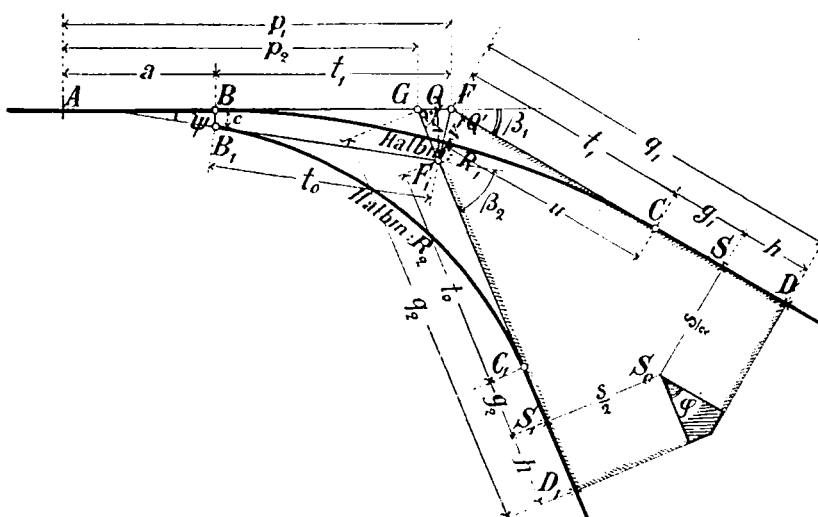
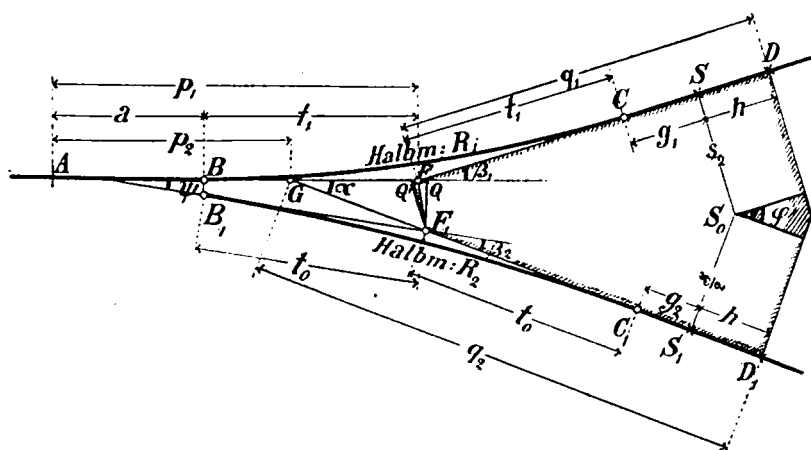


Abb. 3.



ablenkung gekrümmt. Das Zweiggleis ist hier in der Regel im Sinne der Weichenablenkung gekrümmt; kann aber auch gerade sein, Grenzfall. (Textabb. 4.)

Abb. 4.



Gemeinsame Bestandteile der angeführten Ausweichungsgattungen sind also nach Textabb. 2 bis 4:

- a) Die Weiche mit der Weichengeraden $AB = a$, dem rechtwinkelig zu AB gemessenen Abstände $BB_1 = c$ zwischen Stamm- und Zweiggleis an der Weichenwurzel, Spurrinnenweite + Schienenkopfbreite, und dem Wurzelwinkel φ , dem Winkel, um welchen die Zunge an der Weichenwurzel gegen die gerade Stockschiene geneigt ist.
- β) Das Herzstück mit den Herzstückgeraden $CD = g_1 + h$ im Stammgleise und $C_1D_1 = g_2 + h$ im Zweiggleise. CD und C_1D_1 schließen den der Herzstückneigung entsprechenden Winkel φ ein. h ist die Länge von der mathematischen Herzstückspitze S_0 bis zum Herzstückende, während g_1 und g_2 innerhalb der gebräuchlichen Grenzen von etwa 0,6 bis 1,5 m beliebig zu wählen sind. Im mittlern Teile der geraden Ausweichung ist R_0 der Halbmesser, t_0 die Länge der Berührenden, β_0 der Mittelpunktswinkel des Zweiggleisbogens B_1C_1 . Die entsprechenden Abmessungen des Stammgleisbogens BC und des Zweiggleisbogens B_1C_1 der gekrümmten Ausweichungen sind R_1 , t_1 und β_1 , R_2 , t_2 und β_2 .

1. Die gerade Ausweichung (Textabb. 2).

Zieht man $F_1Q \perp AD$, so läßt sich das Trapez F_1QBB_1 durch Umklappen um F_1Q in die Lage F_1QCB_2 bringen, so daß $BQ = QC = u$, $CB_2 = BB_1 = c$ und $F_1B_2 = F_1B_1 = t_0$ wird. Macht man noch $SC_2 = S_1C_1 = g_2$ und zieht C_1C_2 und C_1B_2 , ferner $C_1P = n$ rechtwinkelig zu AD im Abstände m von C , so ist:

$$\sphericalangle B_2F_1C_1 = \varphi + \psi, \quad \sphericalangle PC_1B_2 = \frac{\varphi - \psi}{2}, \quad \sphericalangle PC_1C_2 = \frac{\varphi}{2}.$$

Bezeichnet ferner s die Spurweite, so läßt sich unmittelbar ablesen:

$$\text{Gl. 1)} \quad \dots \quad n = \frac{s}{2} + \frac{s}{2} \cos \varphi - g_2 \sin \varphi.$$

$$\text{Gl. 2)} \quad \dots \quad m = (n - c) \operatorname{tg} \frac{\varphi - \psi}{2}.$$

$$\text{Gl. 3)} \quad \dots \quad g_1 = g_2 + n \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} - m.$$

$$\text{Gl. 4)} \quad \dots \quad t_0 = \frac{n - c}{2 \cos \frac{\varphi - \psi}{2} \sin \frac{\varphi + \psi}{2}}.$$

$$\text{Gl. 5)} \quad \dots \quad u = t_0 \cos \psi.$$

$$\text{Gl. 6)} \quad \dots \quad v = c + t_2 \sin \psi.$$

$$\text{Gl. 7)} \quad \dots \quad \beta_0 = \varphi - \psi.$$

$$\text{Gl. 8)} \quad R_0 = \frac{t_0}{\operatorname{tg} \frac{\varphi - \psi}{2}} = \frac{n - c}{2 \sin \frac{\varphi - \psi}{2} \sin \frac{\varphi + \psi}{2}}.$$

$$\text{Gl. 9)} \quad \left\{ \begin{array}{l} AG = p = a + u - \frac{v}{\operatorname{tg} \varphi}, \\ GD = q = \frac{s}{2} \cotg \frac{\varphi}{2} + h = t_0 + g_2 + h \\ \quad + \frac{v}{\sin \varphi}. \end{array} \right.$$

Die ganze Länge AD der Ausweichung ist:

$$\text{Gl. 10)} \quad \dots \quad L = p + q = a + 2u + g_1 + h.$$

2. Die gekrümmten Ausweichungen.

Eine gekrümmte Ausweichung kann durch »Umbiegen« einer geraden Ausweichung gebildet werden. Die Biegung wird am zweckmäßigsten in der Weise ausgeführt, daß man das Herzstück bei festliegender Weiche, oder die Weiche bei festliegendem Herzstücke, um einen zwischen Weiche und Herzstück liegenden Punkt dreht, von dessen Wahl die Einfachheit und Zweckmäßigkeit der Lösung abhängt.

Ekama*) schlägt den Tangentenschnitt des äußern Schienenstranges vom Zweiggleisbogen B_1C_1 als Drehpunkt vor, ohne jedoch weiter darauf einzugehen, während nach dem früher**) hier beschriebenen Verfahren das Herzstück um die Mitte Q der Stammgleisachse BC gedreht wird. Die meisten Vorteile bietet, wie weiter unten besonders nachgewiesen werden soll, die Benutzung des Schnittes F_1 der Berührenden des Bogens B_1C_1 als Drehpunkt, ein 1890 von der württembergischen Eisenbahnverwaltung eingeführtes Verfahren, welches in der amtlichen Schrift: »Grundsätze für die Verwendung und Berechnung der D-Profil-Ausweichungen« beschrieben ist.

Dreht man den das Herzstück enthaltenden Teil F_1QDD_1 der geraden Ausweichung (Textabb. 2) um den Punkt F_1 um einen Winkel β_1 , so erhält man je nach der Drehrichtung eine »gleich gekrümmte« (Textabb. 3) oder eine »entgegengesetzt gekrümmte« (Textabb. 4) Ausweichung. Im folgenden bezieht sich das obere Vorzeichen auf die erstere, das untere auf die letztere Ausweichungsart.

$$\sphericalangle QF_1F \text{ ist } = FF_1Q' = \frac{\beta_1}{2}, \text{ also}$$

$$\text{Gl. 11)} \quad \dots \quad t_1 = u \pm v \operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2} = R_1 \operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2}, \text{ woraus folgt:}$$

$$\text{Gl. 12)} \quad \dots \quad \operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2} = \frac{u}{R_1 \mp v}.$$

*) P. E. Ekama, die mathematische Berechnung und geometrische Konstruktion von Weichen und Kreuzungen in gekrümmten Hauptgleisen. Wien und Haag, 1887. Organ 1888, S. 83.

**) Organ 1900, S. 8. Nach einer Anmerkung seit 1888 bei den badischen Staatseisenbahnen angewendet.

Ferner ist:

$$\text{Gl. 13)} \dots \beta_2 = (\varphi - \psi) \pm \beta_1.$$

$$\text{Gl. 14)} \dots \alpha = \varphi + \beta_2 = \varphi \pm \beta_1.$$

$$\text{Gl. 15)} \dots R_2 = \frac{t_0}{\operatorname{tg} \frac{\beta_2}{2}}.$$

Sind p_1 und p_2 die Abstände der Schnittpunkte F und G der Weichengeraden mit den beiden Herzstückgeraden, q_1 und q_2 die Entfernungen dieser Punkte vom Herzstückende, so ist noch

$$\text{Gl. 16)} \dots p_1 = a + t_1; q_1 = t_1 + g_1 + h.$$

$$\text{Gl. 17)} p_2 = a + u - \frac{v}{\operatorname{tg} \alpha}; q_2 = t_0 + g_2 + h + \frac{v}{\sin \alpha}.$$

Die Gleichungen 11) bis 17) gelten auch für die gerade Ausweichung, welche als besonderer Fall mit $R_1 = \infty$ und $\beta_1 = 0$ angesehen werden kann. Für die letzteren Werte gehen die Gleichungen 13), 15) und 17) in 7), 8) und 9) über.

Sind nun Weiche und Herzstück, also a , ψ , φ und h gegeben, und nimmt man für c_2 ein bestimmtes Maß, etwa 1 m an, so sind die Abmessungen n , m , t_0 , u , v durch die Gleichungen 1) bis 6) bestimmt. Ist außerdem eines der Maße R_1 , R_2 , β_1 , β_2 und a gegeben, so lassen sich die übrigen, sowie p_1 , q_1 , p_2 , q_2 mittels der Gleichungen 11) bis 17) für jede Ausweichung berechnen.

Sollen, wie üblich, die Maße einiger gerader Ausweichungen zusammengestellt werden, wobei zweckmäßig auch n , u , v , $\log u$, $\log v$, g_1 aufgenommen werden, so kann das aus Gleichung 8) hervorgehende Maß von R_0 auf ein Vielfaches von 5 oder 10 m auf- oder abgerundet werden. t_0 , n und g_2 sind dann neu zu berechnen nach:

$$\text{Gl. 18)} \dots t_0 = R_0 \operatorname{tg} \frac{\varphi - \psi}{2}.$$

$$\text{Gl. 19)} n = c + 2 R_0 \sin \frac{\varphi - \psi}{2} \sin \frac{\varphi + \psi}{2} = c + 2 t_0 \cos \frac{\varphi - \psi}{2} \sin \frac{\varphi + \psi}{2}.$$

$$\text{Gl. 20)} g_2 = \frac{\frac{s}{2} + \frac{s}{2} \cos \varphi - n}{\sin \varphi} = \frac{s}{2} \cotg \frac{\varphi}{2} - \frac{n}{\sin \varphi}.$$

In den oben genannten »Grundsätzen« sind einfache Näherungsgleichungen zwischen R_0 , R_1 und R_2 angegeben, die sich folgendermaßen ableiten lassen:

Aus Gl. 8), 11) und 15) folgt:

$$\frac{1}{R_0} = \frac{\operatorname{tg} \frac{\varphi - \psi}{2}}{t_0}, \quad \frac{1}{R_1} = \frac{\operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2}}{t_1}, \quad \frac{1}{R_2} = \frac{\operatorname{tg} \left(\frac{\varphi - \psi}{2} \pm \frac{\beta_1}{2} \right)}{t_0}.$$

Näherungsweise kann aber

$$t_1 = t_0 \text{ und } \operatorname{tg} \left(\frac{\varphi - \psi}{2} \pm \frac{\beta_1}{2} \right) = \operatorname{tg} \frac{\varphi - \psi}{2} \pm \operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2}$$

gesetzt werden.

$$\text{Damit wird } \frac{1}{R_2} = \frac{1}{R_0} \pm \frac{1}{R_1}, \text{ oder}$$

$$\text{Gl. 21)} \dots R_0 = \frac{R_1 R_2}{R_1 \mp R_2}.$$

$$\text{Gl. 22)} \dots R_1 = \frac{R_2 R_0}{\mp R_2 \pm R_0}.$$

$$\text{Gl. 23)} \dots R_2 = \frac{R_1 R_0}{R_1 \pm R_0}.$$

Um eine zweckmäßige Schieneneinteilung vornehmen zu können, sind noch die Längen der Schienenstränge von der Weichenwurzel bis zum Herzstückende zu ermitteln. Diese folgen nach Textabb. 1 im Hauptgleise zu

$$l_1 \pm \frac{s_1}{2} \operatorname{arc} \beta_1 + g_1 + h,$$

im Zweiggleise zu

$$l_2 \pm \frac{s_1}{2} \operatorname{arc} \beta_2 \pm \frac{s_1}{2} \operatorname{tg} \psi + g_2 + h.$$

Hierin sind l_1 und l_2 die Längen der Bogen BC und B₁C₁, s_1 der Abstand der Schienenstränge von Mitte zu Mitte, Spurweite + Schienenkopfbreite.

Die Bogenlängen l_1 und l_2 werden am raschesten aus $2t_1$ und $2t_0$ ermittelt mit Hilfe der Zusammenstellung I, indem man das Produkt aus der einfachen Länge der Berührenden und dem dem Mittelpunktswinkel entsprechenden Werte der Zusammenstellung I mit dem Rechenschieber ermittelt und von der doppelten Länge der Berührenden abzieht.

$\frac{s_1}{2} \operatorname{arc} \beta_1$ und $\frac{s_1}{2} \operatorname{arc} \beta_2$ sind für $s_1 = 1,50$ m aus Zusammenstellung II zu entnehmen. $\frac{s_1}{2} \operatorname{tg} \psi$ ist für jede Weiche unveränderlich. Für die württembergischen Weichen ergeben sich die Werte:

36,8 mm	für die 100 m-Weiche, Querschnitt L ($\psi = 2^\circ 48' 30''$)
30,0	» » » 150 » » » C ($\psi = 2^\circ 17' 30''$)
29,1	» » » 180 » » » D ($\psi = 2^\circ 13' 30''$)
24,8	» » » 250 » » » D ($\psi = 1^\circ 53' 35''$)

Zusammenstellung I.

Unterschiede zwischen der doppelten Länge der Berührenden und der Bogenlänge für 1 m Länge der Berührenden und für die Mittelpunktswinkel 0° bis 12° , ausgedrückt in mm.

	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	
0'	0,00	0,05	0,20	0,46	0,81	1,27	1,83	2,49	3,25	4,11	5,08	6,15	0'
10'	0,00	0,07	0,24	0,51	0,88	1,36	1,93	2,61	3,39	4,27	5,25	6,33	10'
20'	0,01	0,09	0,28	0,56	0,95	1,44	2,04	2,73	3,53	4,42	5,42	6,53	20'
30'	0,01	0,11	0,32	0,62	1,03	1,54	2,15	2,86	3,67	4,58	5,60	6,72	30'
40'	0,02	0,14	0,36	0,68	1,11	1,63	2,26	2,99	3,81	4,75	5,78	6,92	40'
50'	0,04	0,17	0,41	0,75	1,19	1,73	2,37	3,12	3,96	4,91	5,96	7,11	50'
60'	0,05	0,20	0,46	0,81	1,27	1,83	2,49	3,25	4,11	5,08	6,15	7,32	60'

Zusammenstellung II.

Längenunterschiede zweier gleichmittiger Bogen im Abstände $\frac{s_1}{2} = 0,75$ m für die Mittelpunktswinkel 0° bis 12° , ausgedrückt in mm.

Minuten	mm	Grad	mm	Grad	mm
10	2,2	1	13,1	7	91,6
20	4,4	2	26,2	8	104,7
30	6,5	3	39,3	9	117,8
40	8,7	4	52,4	10	130,9
50	10,9	5	65,5	11	144,0
60	13,1	6	78,6	12	157,1

Eine auch sonst übliche Übersichts-Darstellung der Ausweichungen, von welcher in der Folge mehrfach Gebrauch gemacht werden soll, ist in Textabb. 2a bis 4a gezeichnet und

Abb. 2a.

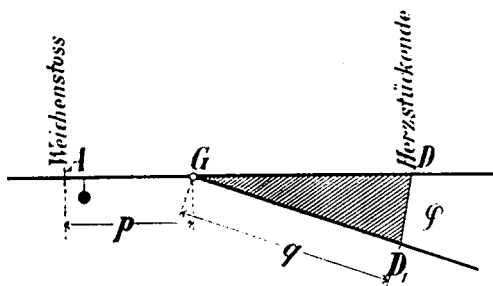


Abb. 3a.

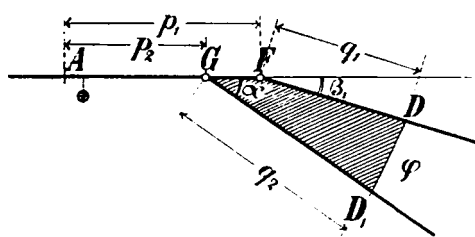
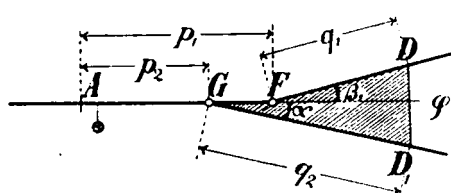


Abb. 4a.



durch Übereinstimmung der Bezeichnungen mit denen der Textabb. 2 bis 4 genügend erklärt.

Beispiel. Aus einer württembergischen 250^m-Weiche, Zunge nach 250^m Halbmesser gekrümmt, $a = 6,5$ m, $\psi = 1^\circ 53' 35''$ und einem Herzstücke $1:8\frac{1}{4}$, $\varphi = 6^\circ 54' 40''$, $h = 1,360$ m, soll eine Ausweichung zusammengestellt werden, deren Zweiggelbisen einen Halbmesser $R_2 = 250$ m erhält.

Nimmt man $g_2 = 1$ m an, so wird nach Gl. 1) bis 6)

$$u = 1,30946, m = 0,052, g_1 = 1,024, t_0 = 7,7297,$$

$$u = 7,7255, v = 0,25534.$$

$$\text{Aus } \tan \frac{\beta_2}{2} = \frac{t_0}{R_2} \text{ folgt } \beta_2 = 3^\circ 32' 31''.$$

Sodann ist $\beta_1 = \pm \beta_2 \mp (\varphi - \psi) = \mp 1^\circ 28' 34''$. Da β_1 positiv sein muß, ergibt sich eine entgegengesetzt gekrümmte Ausweichung. Aus 12) folgt dann

$$R_1 = \frac{u}{\tan \frac{\beta_1}{2}} - v = 599,44, \text{ und endlich aus 11), 14), 16), 17):}$$

$$t_1 = 7,722, \alpha = 5^\circ 26' 06'' \begin{cases} p_1 = 14,222 \\ q_1 = 10,109 \end{cases} \begin{cases} p_2 = 11,542 \\ q_2 = 12,786 \end{cases}$$

Die Längen der Schienenstränge von der Weichenwurzel bis zum Herzstückende sind

im Stammgleise:

$$15444 - 7,72 \times 0,11 \pm 19 \pm 2384 = \begin{cases} 17846 \text{ mm} \\ 17808 \text{ mm} \end{cases}$$

im Zweiggelbise:

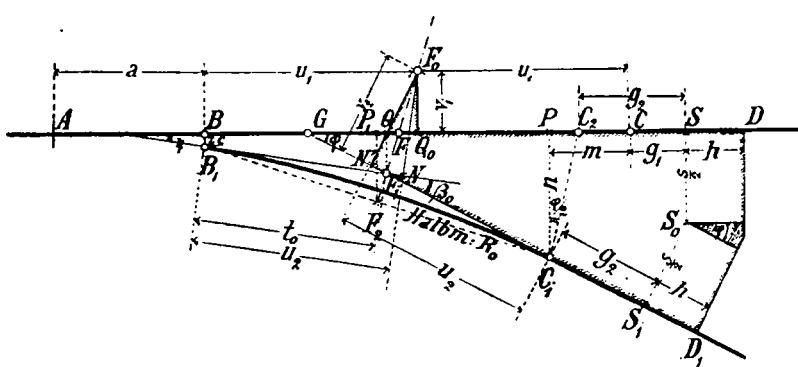
$$15460 - 7,73 \times 0,63 \pm 46 \pm 25 \pm 2360 = \begin{cases} 17886 \text{ mm} \\ 17744 \text{ mm} \end{cases}$$

Allgemeinere Betrachtung der Ausweichungen.

Um zu zeigen, daß bei der oben angegebenen Bildung der gekrümmten Ausweichung aus der geraden der Schnitt F_1 der Berührenden des Zweiggelbisen in der Tat unter allen Punkten der günstigste Drehpunkt für das Herzstück ist, sollen noch kurz die Hauptformeln einer allgemeineren Lösung abgeleitet werden, welche die vorstehende als besonderen Fall enthält.

Während g_1 in Textabb. 3 und 4 von g_2 , c , φ und ψ abhängt, stellt Textabb. 6 eine gleichgekrümmte Ausweichung nach rechts*) dar, in welcher auch g_1 unabhängig von anderen Größen gewählt ist, und deren Achsen von der Weichenwurzel ab nach den Bogen BC und B_1C_1 mit den Abmessungen R_1 , t_1 , β_1 und R_2 , t_2 , β_2 gekrümmt sind.

Abb. 5.



Zieht man vom Punkte F_0 , in welchem sich die Mittellinien der Winkel BFC und $B_1F_1C_1$ schneiden, nach den vier Berührenden die Rechtwinkligen $F_0Q_0 = F_0Q'_0 = v_1$ und $F_0N = F_0N' = v_2$ und dreht $F_0N'D_1DQ'_0F_0$, in der Zeichnung durch Überstreichen hervorgehoben, um F_0 um den Winkel β_1 nach links, so fällt $F_0Q'_0$ mit F_0Q und Q'_0D mit der verlängerten Weichengeraden zusammen, während B_1N und C_1N' einen neuen, von B_1 und C_1 gleich weit abstehenden Schnittpunkt F_1 bilden. Man erhält damit eine gerade Ausweichung (Textabb. 5), deren Abmessungen t_0 , u und v nach den

*) Die Textabb. 1 bis 6 stellen „rechte“ Ausweichungen dar. Der Text gilt auch für „linke“ Ausweichungen.

$$\text{Gl. 35)} \dots u_1 = t_1 = \frac{m}{2} + \frac{n-c}{2} \cotg \frac{\varphi}{2} \psi.$$

Aus 29) wird

$$\text{Gl. 36)} \dots \begin{cases} v_2 = t_1 \sin \psi + c \cos \psi \\ u_2 = t_1 \cos \psi - c \sin \psi \end{cases} \text{ unveränderlich.}$$

Für jede Ausweichung besonders zu berechnen ist:

$$\text{Gl. 37)} \dots v = t_2 \sin \psi + c; u = t_2 \cos \psi.$$

Endlich wird aus 32) und 33)

$$\text{Gl. 38)} \dots \tg \frac{\beta_1}{2} = \frac{t_1}{R_1}.$$

$$\text{Gl. 39)} \dots \tg \frac{\beta_2}{2} = \frac{u_2}{R_2 + v_2}.$$

Die Bestimmung von α , p_1 , q_1 , p_2 , q_2 geschieht wie oben.

Eine Vergleichung der beiden Lösungen zeigt, daß die Unveränderlichen v und u im ersten Falle nach Gl. 5) und 6), im zweiten Falle aber v_2 und u_2 nach Gl. 36) und außerdem für jede einzelne Ausweichung v und u nach Gl. 37) zu berechnen sind, während im übrigen die Rechnungsarbeit in beiden Fällen ziemlich dieselbe sein dürfte. Punkt F_1 kann somit als günstigster Drehpunkt betrachtet werden.

Es sei noch bemerkt, daß die erste Lösung $g_1 > g_2$, die zweite $g_1 < g_2$ ergibt. Sollte $g_1 = g_2$ werden, so müßte F_0 zwischen F und F_1 liegen.

II. Einschaltung einer gekrümmten Ausweichung in ein gekrümmtes Gleis.

A) Die ursprüngliche Gleisachse ist ein Kreisbogen des Halbmessers R_u um den Mittelpunkt M .

Folgende Lösungen können in Betracht kommen.

1. Zur Gewinnung möglichst großer Halbmesser innerhalb der abzuändernden Gleisstrecke im Verhältnisse zur Länge der letzteren ist die in Textabb. 7 gezeichnete Anordnung die günstigste.

Vor der Weichengeraden und hinter der Herzstückgeraden werden Bogen HA und DJ des Halbmessers $r < R_u$ mit den Mittelpunkten M_1 und M_2 und den Mittelpunktswinkeln δ und ε eingelegt, welche die ursprüngliche Gleisachse in H und J berühren. Die Bezeichnungen für die Ausweichung sind dieselben wie früher.

Es ist:

$$\text{Gl. 40)} f = a + (g_1 + h) \cos \beta_1 + (R_1 - r) \sin \beta_1; c = (R_1 - r) + (g_1 + h) \sin \beta_1 - (R_1 - r) \cos \beta_1.$$

$$\text{Gl. 41)} \dots \tg \lambda = \frac{c}{f}; b = \frac{c}{\sin \lambda} = \frac{f}{\cos \lambda}.$$

$$\text{Gl. 42)} \dots \sin \frac{\gamma}{2} = \frac{b}{2(R_u - r)}.$$

$$\text{Gl. 43)} \dots \delta = \frac{\gamma}{2} - \lambda; \varepsilon = \frac{\gamma}{2} + \lambda - \beta_1.$$

Wird $r = R_1$, also $R_1 - r = 0$ gemacht, so ist

$$\text{Gl. 40a)} f = a + (g_1 + h) \cos \beta_1; c = (g_1 + h) \sin \beta_1.$$

Die größte Abweichung der neuen Achse $HABCDJ$ von dem ursprünglichen Kreisbogen findet innerhalb der Weichengeraden statt. Sie ist

$$\text{Gl. 44)} d_1 = (R_u - r) \sin \delta \tg \frac{\delta}{2} = 2(R_u - r) \sin^2 \frac{\delta}{2}.$$

Der größte Abstand der Herzstückgeraden vom Bogen HJ ist

$$\text{Gl. 45)} \dots d_2 = 2(R_u - r) \sin^2 \frac{\varepsilon}{2}.$$

Liegt auf der hohlen Seite des Kreises HJ ein zweites Gleis, so kann der Fall eintreten, daß der um d_1 oder d_2 verminderte Abstand beider Gleise nicht mehr groß genug ist. Ist eine Verminderung von R_1 und r nicht angängig, so muß entweder auch das zweite Gleis entsprechend geändert oder die Ausweichung auf andere Art eingeschaltet werden. Für letzteres können folgende Fälle in Betracht kommen:

2. Aufser den Abmessungen der Ausweichung sind R_u , r und $d_1 = d_2$ gegeben (Textabb. 8).

Wie in 1 (Textabb. 7) schliessen sich vor und hinter der Ausweichung die Bogen HA und DJ des Halbmessers r an, welche aber in H und J Kreise der Halbmesser $(R_u + d_3)$ und $(R_u + d_4)$ berühren, sodaß zur Verbindung von H und J mit der ursprünglichen Achse noch die Korbboegen HH_1H_2 und JJ_1J_2 nötig sind. Führt man die Bogen HH_1 und JJ_1 ebenfalls mit dem Halbmesser r , die Bogen H_1H_2 und J_1J_2 mit den Halbmessern r_1 und r_2 aus, so hat man statt der einfachen Bogen AH und DJ die zweifachen Korbboegen AH_1H_2 und DJ_1J_2 .

Nun ist:

$$\text{Gl. 46)} \dots BV = CW = (R_u - R_1 - d_1) \tg \frac{\beta_1}{2}.$$

$$\text{Gl. 47)} \tg \delta = \frac{a - BV}{R_u - r - d_1}; MM_1 = b_1 = \frac{a - BV}{\sin \delta} = \frac{R_u - r - d_1}{\cos \delta}.$$

$$\text{Gl. 48)} \tg \varepsilon = \frac{g_1 + h - CW}{R_u - r - d_1}; MM_2 = b_2 = \frac{g_1 + h - CW}{\sin \varepsilon} = \frac{R_u - r - d_1}{\cos \varepsilon}.$$

$$\text{Gl. 49)} \dots d_3 = r + b_1 - R_u; d_4 = r + b_2 - R_u.$$

Ferner ist, wenn für η ein bestimmter Wert angenommen wird:*)

$$R_u + \frac{d_3}{2} - r = \frac{d_3}{2} \cotg \frac{\eta}{2} \cotg \frac{\xi}{2}$$

$$\text{und} \quad r_1 - R_u - \frac{d_3}{2} = \frac{d_3}{2} \cotg \frac{\eta}{2} \cotg \frac{\eta - \xi}{2},$$

also

$$\text{Gl. 50)} \dots \left\{ \begin{aligned} \cotg \frac{\xi}{2} &= \frac{R_u + \frac{d_3}{2} - r}{\frac{d_3}{2} \cotg \frac{\eta}{2}}, \\ r_1 &= R_u + \frac{d_3}{2} + \frac{d_3}{2} \cotg \frac{\eta}{2} \cotg \frac{\eta - \xi}{2}. \end{aligned} \right.$$

Ebenso ist:

$$\text{Gl. 51)} \dots \left\{ \begin{aligned} \cotg \frac{\vartheta}{2} &= \frac{R_u + \frac{d_4}{2} - r}{\frac{d_4}{2} \cotg \frac{\varepsilon}{2}}, \\ r_2 &= R_u + \frac{d_4}{2} + \frac{d_4}{2} \cotg \frac{\varepsilon}{2} \cotg \frac{\varepsilon - \vartheta}{2}. \end{aligned} \right.$$

*) Zeitschrift für Vermessungswesen 1902.

Abb. 7.

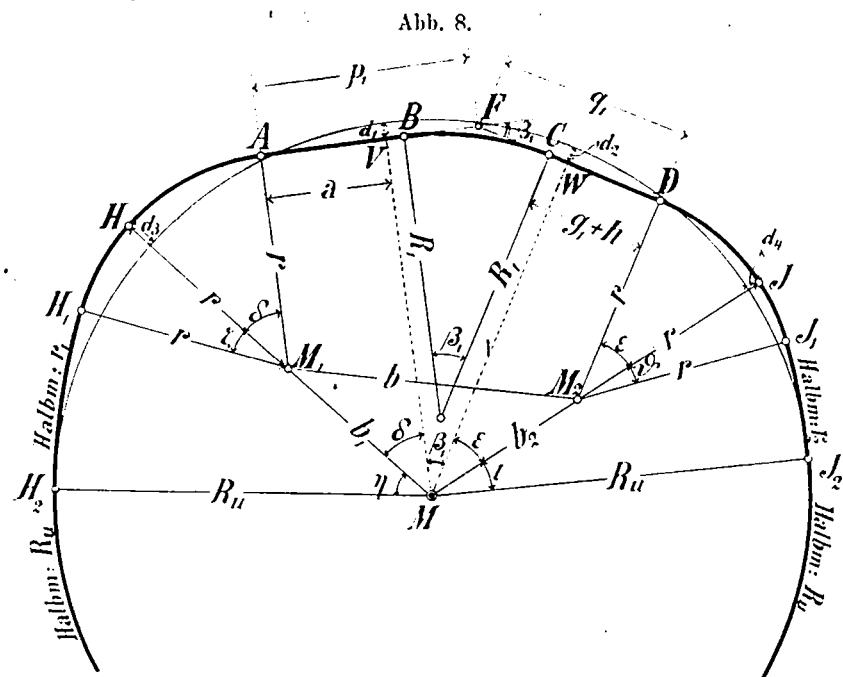
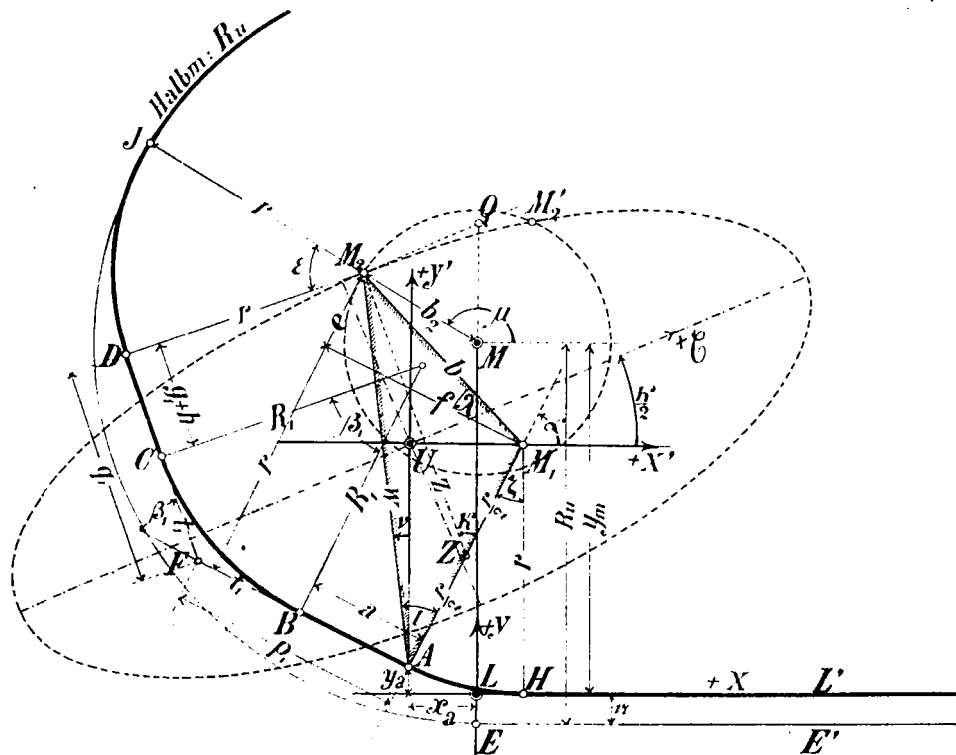
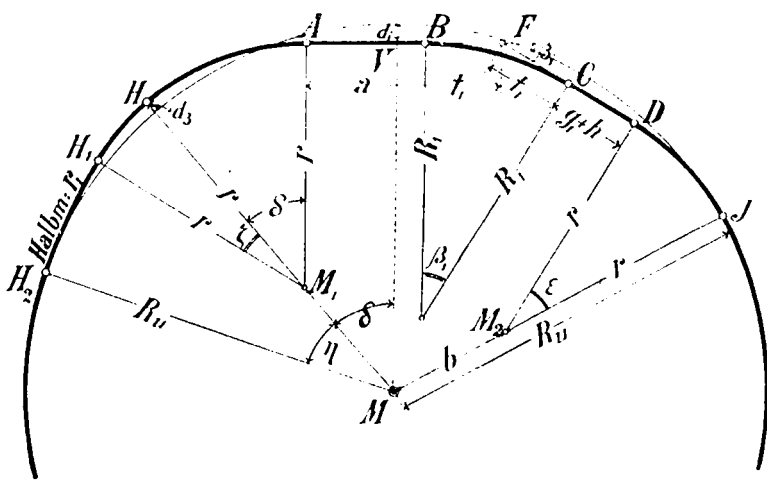


Abb. 8.

Abb. 10.

Abb. 9.



3. Gegeben sind: die Ausweichungsmasse, sowie R_u , r und d_1 (Textabb. 9).

Da die Herzstückgerade $g_1 + h$ jedenfalls kleiner ist als die Weichengerade a , oder als $a + 6^m$ bei entgegengesetzt gekrümmten Ausweichungen, so kann bei der Einrechnung nach Gl. 1) d_2 innerhalb des gestatteten Höchstmaßes sein, während d_1 dieses überschreitet. In diesem Falle genügt hinter dem Herzstücke ein [einfacher Bogen, sodass die Anordnung der Textabb. 9 entsteht. Aus

$$\begin{aligned} R_u - R_1 - d_1 + (R_1 - r) \cos \beta_1 - (g_1 + h) \sin \beta_1 \\ - (R_u - r) \cos (\beta_1 + \varepsilon) = 0 \end{aligned} \quad \text{folgt:}$$

$$\text{Gl. 52) } \cos(\beta_1 + \varepsilon) = \frac{R_u - R_1 - d_1 + (R_1 - r) \cos \beta_1 - (g_1 + h) \sin \beta_1}{R_u - r}.$$

$$\text{Gl. 53) } AV = a + (R_1 - r) \sin \beta_1 + (g_1 + h) \cos \beta_1 - (R_u - r) \sin (\beta_1 + \varepsilon).$$

$$\text{Gl. 54) } \begin{aligned} \text{tg } \delta &= \frac{AV}{R_u - d_1 - r}; \quad MM_1 = b_1 = \frac{AV}{\sin \delta} \\ &= \frac{R_u - r - d_1}{\cos \delta}. \end{aligned}$$

$$\text{Gl. 55) } \dots \dots \dots d_3 = r + b_1 - R_u.$$

Berechnung des Korbbogens: wie unter 2).

B. Die ursprüngliche Gleisachse besteht aus einem Kreisbogen und einer Geraden.

Eine mit ihrer Stammgleisachse ABCD in einen Kreisbogen um M nach Textabb. 7 bis 9 eingeschaltete Ausweichung kann mit den beiden Anschlussbogen um M gedreht werden, wobei sich die Punkte II und J oder H_2 und J_2 auf dem Bogen bewegen. Die Entfernungen der Punkte A und D von den nächsten Enden dieses Bogens müssen jedoch mindestens den Sehnenlängen der zugehörigen Anschlussbogen gleich sein. Soll einer dieser Punkte, etwa A in Textabb. 7, näher an das Bogenende E zu liegen kommen, so muß Bogen AH nicht mehr den Kreisbogen, sondern die Berührende EE' berühren. Jede Längsverschiebung der Ausweichung erfordert dann eine neue Berechnung. Allgemeiner lautet die zu lösende Aufgabe mit Bezug auf Textabb. 10 folgendermaßen:

4. Gegeben eine Gerade LL', sowie ein Kreis durch dessen Halbmesser R_u und den rechtwinkligen Abstand $ML = y_m$ seines Mittelpunkts M von LL'. Die Stammgleis-Achse ABCD einer gekrümmten Ausweichung soll mittels der Anschlussbogen AH und DJ so eingerechnet werden, daß DJ den Kreisbogen in J und AH die Gerade in H berührt, und daß der Punkt A einen gegebenen Abstand x_a von ML erhält (Textabb. 10).

Wählt man LL' als $+x =$ Achse, so daß Bogen JE auf der Seite der $-x =$ Achse liegt, und LM als $+y =$ Achse, so ist damit zugleich der positive Drehungssinn der Neigungswinkel bestimmt, welcher je nach der Lage von M linksläufig (Textabb. 10) oder rechtsläufig ist.

Die Punkte M_1 und M_2 , auf deren Lagebestimmung es ankommt, bilden mit dem Punkte A das durch Überstreichen hervorgehobene Dreieck AM_1M_2 , dessen Abmessungen sich be-

rechnen lassen. Hat man e , f , λ und b nach den Gleichungen 40) und 41) bestimmt, so findet man

$$\text{Gl. 56) } \text{tg } \iota = \frac{f}{e + r}; \quad AM_2 = w = \frac{f}{\sin \iota} = \frac{e + r}{\cos \iota}.$$

Die von M_2 nach der Mitte Z von AM_1 gezogene Linie z und deren Neigungswinkel κ gegen AM_1 werden zu späterer Benutzung bestimmt aus:

$$\text{Gl. 57) } \dots \text{tg } \kappa = \frac{f}{e + \frac{r}{2}}; \quad z = \frac{f}{\sin \kappa} = \frac{e + \frac{r}{2}}{\cos \kappa}.$$

M_2 liegt auf einem Kreise des Halbmessers $b_2 = R_u - r$ um M, sowie auf einer noch näher zu bestimmenden krummen Linie, welche von der Ecke M_2 des Dreieckes AM_1M_2 beschrieben wird, wenn letzteres in beliebiger Richtung um 360° so gedreht wird, daß sich A und M_1 auf Geraden gleichen Abstandes von der x und y-Achse der Abstände x_a und r bewegt. Diese Linie ist eine Ellipse mit den Halbachsen $z + \frac{r}{2}$ und $z - \frac{r}{2}$, deren Mittelpunkt U die Achsabstände x_a und r hat und deren große und kleine Achse um den Winkel $+\frac{\kappa}{2}$ gegen $+x$ und $+y$ geneigt ist.

Wird nämlich AM_1 als positive Abscissenachse mit A als Ursprung und Drehungssinn wie im Hauptkreuze angenommen, sodafs f und $r + e$ M_2 in diesem Kreuze festlegen, so ist $f = z \sin \kappa$, $r + e = \frac{r}{2} + z \cos \kappa$.

Ferner sei U der Ursprung zweier weiterer Achsenkreuze, erstens x', y' , dessen Achsen mit $+x$ und $+y$ gleichgerichtet sind, zweitens ξ, η , dessen Achsen um $+\frac{\kappa}{2}$ gegen x' und y' gedreht sind. Die Umformung der Masse von M_2 auf ersteres Kreuz ergibt, wenn AM_1 um $< \alpha$ gegen $+x'$ geneigt ist:

$$x'_{m2} = \frac{r}{2} \cos \alpha + z \cos (\alpha + \kappa), \quad y'_{m2} = -\frac{r}{2} \sin \alpha + z \sin (\alpha + \kappa).$$

Die weitere Umformung auf das Kreuz ξ, η ergibt:

$$\xi_{m2} = \left(z + \frac{r}{2}\right) \cos \left(\alpha + \frac{\kappa}{2}\right), \quad \eta_{m2} = \left(z - \frac{r}{2}\right) \sin \left(\alpha + \frac{\kappa}{2}\right).$$

Teilt man die erste Gleichung durch $z + \frac{r}{2}$, die zweite durch $z - \frac{r}{2}$, quadriert und addiert beide, so folgt:

$$\frac{\xi_{m2}^2}{\left(z + \frac{r}{2}\right)^2} + \frac{\eta_{m2}^2}{\left(z - \frac{r}{2}\right)^2} = 1,$$

womit die obige Behauptung bewiesen ist.

Man hätte nun die Aufgabe, die Schnittpunkte des Kreises und der Ellipse aus deren Gleichungen zu bestimmen. Die reellen Wurzeln der hieraus abgeleiteten Gleichung vierten Grades entsprächen dann je einem Schnittpunkte.

Die streng richtige Bestimmung der Schnittpunkte, durch deren Umständlichkeit die Vorteile der unmittelbaren Lösung verloren ginge, läßt sich in der vorliegenden Aufgabe umgehen, da die kleine Ellipsenachse im Verhältnisse zur großen

aufserordentlich klein*) wird und der Punkt M_2 so nahe an erstere fällt, daß der in Betracht kommende Teil der Ellipse durch eine**) im Abstände $z - \frac{r}{2}$ zur großen Ellipsenachse Gleichlaufende ersetzt werden kann. Der Schnittpunkt Q dieser Gleichlaufenden (Berührenden) mit der Achse LM hat die Höhe

$$r + \frac{z - \frac{r}{2}}{\cos \frac{\kappa}{2}} + x_a \operatorname{tg} \frac{\kappa}{2}, \text{ oder wegen der Kleinheit von } z - \frac{r}{2}$$

$$\text{und } \frac{\kappa}{2}$$

$$\text{Gl. 58) } \dots y_q = z + \frac{r}{2} + x_a \operatorname{tg} \frac{\kappa}{2}.$$

Ist μ der Neigungswinkel von MM_2 gegen die $+x$ -Achse, so folgt aus den beiden Gleichungen:

$$y_m - y_q + b_2 \sin \mu \pm QM_2 \sin \frac{\kappa}{2} = 0$$

$$\text{und } b_2 \cos \mu \pm QM_2 \cos \frac{\kappa}{2} = 0.$$

Die allgemein gültige Beziehung:

$$\text{Gl. 59) } \dots \sin \left(\frac{\kappa}{2} - \mu \right) = \frac{y_m - y_q}{b_2} \cos \frac{\kappa}{2}$$

Hieraus folgen zwei Werte von μ , von welchen hier nur derjenige in Betracht kommt, welcher die kleinere Ordinate gibt.

Sodann ist

$$\text{Gl. 60) } \dots x_{m2} = b_2 \cos \mu; y_{m2} = b_2 \sin \mu + y_m.$$

Bezeichnet ν den Neigungswinkel von AM_2 gegen $+y$, so ist

$$\text{Gl. 61) } \dots \sin \nu = \frac{x_a - x_{m2}}{w}$$

$$\text{Gl. 62) } \dots \zeta = \iota - \nu.$$

$$\text{Gl. 63) } \dots \varepsilon = 270^\circ - (\mu + \beta_1 + \zeta).$$

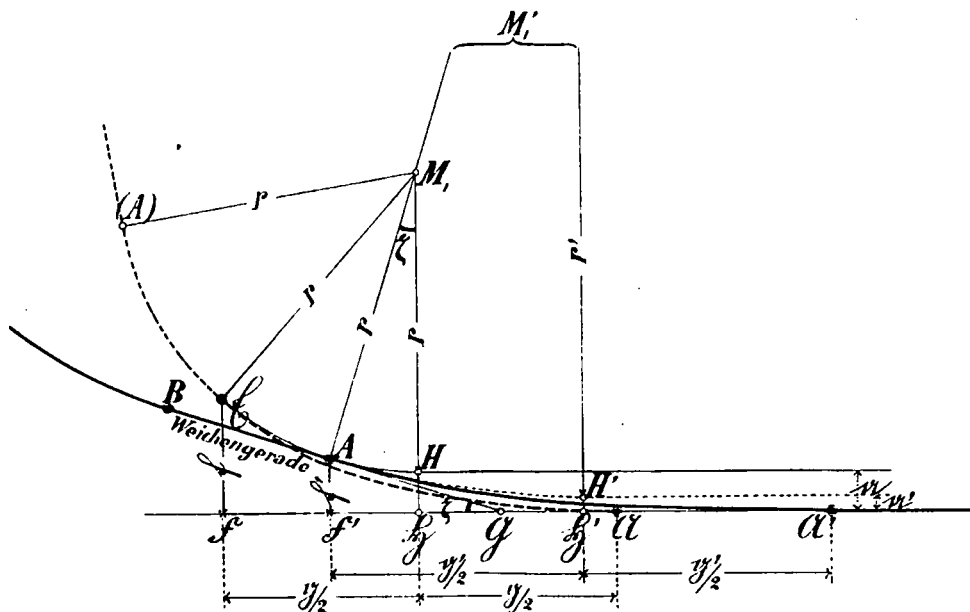
Endlich erhält man zur Probe je doppelt

$$\text{Gl. 64) } \begin{cases} x_{m1} = x_{m2} + b \cos (\zeta + \lambda) = x_a + r \sin \zeta, \\ y_{m1} = y_{m2} - b \sin (\zeta + \lambda) = r. \end{cases}$$

Fällt LL' mit der Berührenden EE' zusammen, wird also der Abstand $a = R_a - y_m$ beider = 0, so ist y_m in Gleichung 59) und 60) durch R_a zu ersetzen.

Will man den Bogen AH mit der Berührenden EE' durch den Übergangsbogen $\mathcal{A}\mathcal{E}$ (Textabb. 10a) verbinden, so hat man,

Abb. 10a.



wenn g die Länge, $\bar{f}$ die End-Ordinate und C die gebräuchliche unveränderliche Wertziffer ist:

$$\text{Gl. 65) } \dots g = \frac{C}{r}.$$

$$\text{Gl. 66) } \dots \bar{f} = \frac{g^2}{6r}.$$

$$\text{Gl. 67) } \dots a = \frac{\bar{f}}{4}.$$

*) Dies wäre nicht der Fall, wenn die Bogen AH und DJ ungleiche Halbmesser hätten.

**) Die andere Gleichlaufende (Berührende) kommt hier nicht in Betracht.

Dabei ist vorausgesetzt, daß $\mathcal{E}$ zwischen A und H fällt, was meist nicht zutreffen wird. Statt nun in diesem Falle die ganze Einrechnung mit kleinerem a zu wiederholen, wird man zweckmäßiger den flachern Übergangsbogen $\mathcal{A}'A$ einlegen. Ist g' dessen Länge, $\bar{f}'$ dessen End-Ordinate, so hat man

$$\text{Gl. 68) } \dots \bar{f}' = y_a + a.$$

$$\text{Gl. 69) } \dots g' = 3 \bar{f}' \cotg \zeta.$$

Der Krümmungshalbmesser bei A wird

$$\text{Gl. 70) } \dots r' = \frac{g'^2}{6 \bar{f}'}.$$

Die Größe $C' = r' g'$ wird nun größer ausfallen als C , was nicht schadet.

Beispiel. Ausweichung 1 in Gleis I, Textabb. 10b.

Gegeben: Die Ausweichungsmasse*) $R_1 = 400$, $a = 12,50$
 = Weichengerade + 6, $g_1 + h = 2,752$, $\beta_1 = 2^\circ 19' 55''$; ferner
 $R_u = 458,27$, $y_m = 457,85$, $x_a = -4,14$.

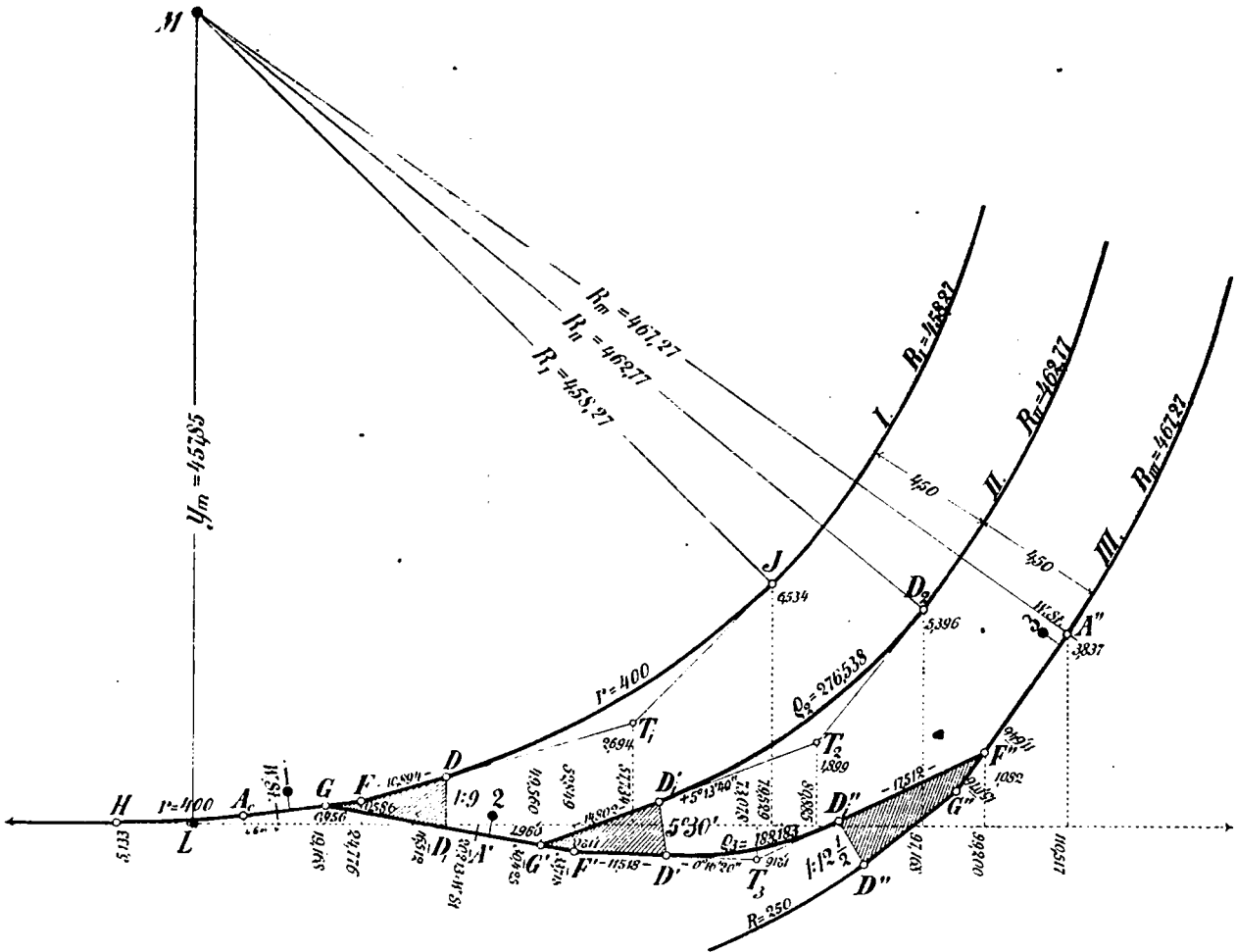
Nach 40a) wird $f = 15,250$, $c = 0,112$,

< 41) < $\lambda = 0^\circ 25' 15''$, $b = 15,250$,

< 56) < $\iota = 2^\circ 10' 58''$, $w = 400,402$,

< 57) < $\kappa = 4^\circ 21' 28''$, $z = 200,693$.

Abb. 10b.



Die Halbachsen der Ellipse sind also 400,693 und 0,693.

Aus 59) findet man für $\frac{\kappa}{2} - \mu$ die Werte $77^\circ 49' 02''$ und $102^\circ 10' 58''$, also für μ $284^\circ 21' 42''$ und $259^\circ 59' 46''$. Letzterer Wert gibt die kleinere Ordinate, weil er näher an 270° liegt.

Nach 60) wird $x_{m2} = -10,122$, $y_{m2} = +400,466$.

Nach 61) bis 63) erhält man $\nu = 0^\circ 51' 22''$, $\zeta = 1^\circ 19' 36''$, $\varepsilon = 6^\circ 20' 43''$. Endlich wird nach 64)

$$x_{m1} = -10,122 + 15,243 = -4,140 + 9,261 = 5,121,$$

$$y_{m1} = 400,466 - 0,465 = 400,001 \text{ (soll } 400,000 \text{)}.$$

Die in Textabb. 10b eingeschriebenen Maße sind nach dem nachstehend beschriebenen zweiten Verfahren, das heißt durch Versuche ermittelt.

Bemerkung zu 4. Der Abstand x_a wird gewöhnlich erst aus der Entfernung LA zu bestimmen sein, was mittels eines Näherungswertes von y_a mit genügender Genauigkeit geschehen kann. Letzterer läßt sich aus dem Plane im Maßstabe 1:250 ermitteln, indem man den Linienzug ABCD nebst Anschlußbogen auf Pauspapier zeichnet und so auf dem

Plane verschiebt, daß A die vorgeschriebene Entfernung von E behält und die Anschlußbogen die ursprüngliche Gleisachse, Kreis und Gerade, berühren. Auf die Benutzung dieses Wertes von y_a läßt sich eine andere Näherungslösung gründen.

Berechnet man AM und $\angle AML$ aus Koordinaten, $\angle MAM_2$ aus den drei Seiten des Dreiecks AMM_2 , so können die Richtungswinkel, Neigungswinkel gegen die + x-Achse, von AM_1 und AM_2 , also auch $\angle \zeta$ und die Koordinaten von M_1 und M_2 , und hieraus $\angle \mu$ und ε bestimmt werden. Er gibt sich nun die Ordinate y_{m1} von $M_1 \geq r$, so muß die Rechnung wiederholt werden, nachdem y_a um $(y_{m1} - r) \frac{JA}{JH}$ verbessert ist, wozu JA und JH aus dem Plane zu entnehmen sind.

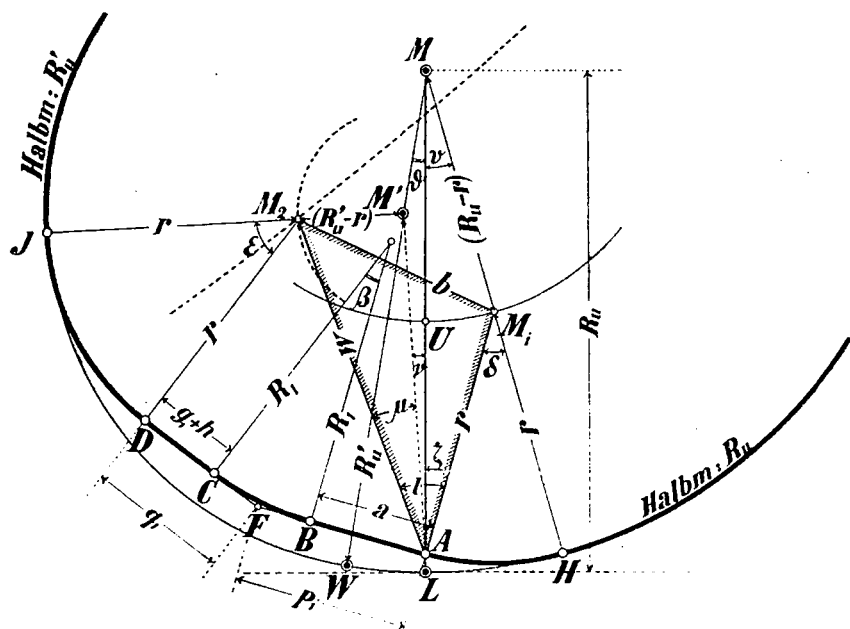
C. Die ursprüngliche Gleisachse besteht aus zwei sich berührenden Kreisbogen verschiedener Halbmesser.

5. Gegeben zwei Kreisbogen der Halbmesser R_u und $R_u' < R_u$, welche sich in W berühren. Die Stammgleisachse ABCD einer gekrümmten

*) Die Maße sind in m angegeben, wo nichts anderes bemerkt ist.

Ausweichung soll mittels der Anschlußbogen AH und DJ des Halbmessers r so eingerechnet werden, daß AH den Kreis um M in H und DJ den Kreis um M' in J berührt, wenn gleichzeitig der Abstand des Punktes A von W, gemessen durch den Bogen WL des Kreises um M gegeben ist. (Textabb. 11.)

Abb. 11.



Der Winkel $WML = \vartheta$ ist, in Sekunden ausgedrückt:

$$\vartheta = \frac{WL}{R_u} 206264,8.$$

Die Maße des Dreiecks AM_1M_2 werden nach Gl. 40), 41) und 56) berechnet.

Der Punkt M_2 liegt auf einem Kreise des Halbmessers $(R_u - r)$ um M' und auf der Linie, welche M_2 beschreibt, wenn das Dreieck AM_1M_2 so gedreht wird, daß sich A auf LM und M_1 auf einem Kreise des Halbmessers $R_u - r$ um M bewegt. Da diese Linie nicht auf genügende Länge als Gerade anzusehen ist, so ist hier ein anderes, der zweiten Lösung zu 4 ähnliches Näherungsverfahren angezeigt.

Ist AL näherungsweise aus dem Plane wie unter 4 bekannt, so ist $AM = R_u - AL$. Werden die Winkel $M'AM$, M_2AM' , MAM_1 und AMM_1 der Reihe nach durch die Buchstaben ν , μ , ζ und v bezeichnet, so ist:

$$\sin \nu = \frac{(R_u - R_u') \sin \vartheta}{AM - (R_u - R_u') \cos \vartheta}; \quad AM' = \frac{AM - (R_u - R_u') \cos \vartheta}{\cos \nu}.$$

Setzt man $AM' + AM_2 + M'M_2 = 2\sigma$, so ist

$$\operatorname{tg} \frac{\mu}{2} = \sqrt{\frac{(\sigma - AM')(\sigma - AM_2)}{\sigma(\sigma - M'M_2)}},$$

$$\zeta = \iota - (\mu \mp \nu), \text{ worin}$$

das obere oder untere Zeichen gilt, je nach der Lage von W gegen L.

$$\sin v = \frac{r \sin \zeta}{AM - r \cos \zeta}.$$

Zur Probe muß nun

$$MM_1 = \frac{AM - r \cos \zeta}{\cos v} = R_u - r$$

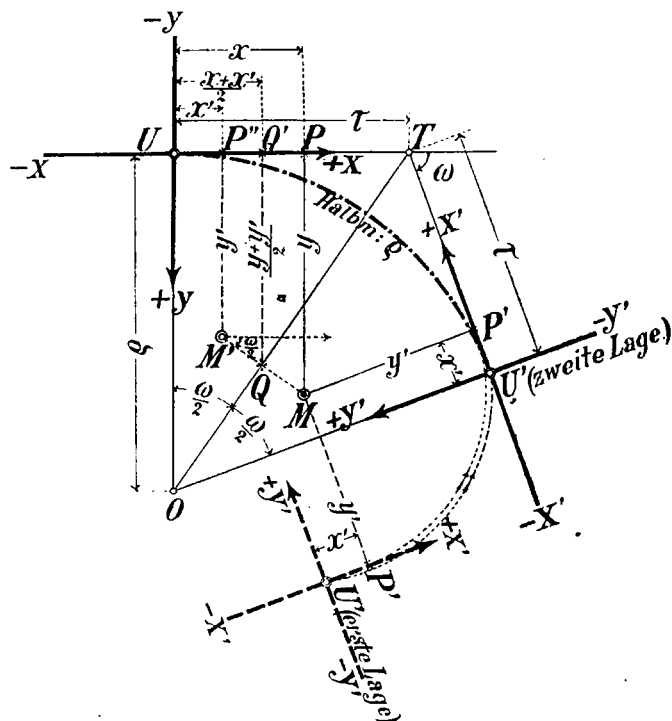
sein. Zeigt sich ein Unterschied d, so ist die Rechnung zu

wiederholen, nachdem AM verbessert ist um $d \frac{JA}{JH}$, wozu JA und JH dem Plane entnommen werden können.

III. Verbindung zweier Gleise mit einander, von welchen eines oder beide nach einem Kreisbogen gekrümmt ist bzw. sind.

Hilfsaufgabe. In Textabb. 12 seien x und y die Abstände eines Punktes M von den Achsen eines rechtwinkligen

Abb. 12.



Kreuzes mit dem Ursprunge U. Die Abstände desselben Punktes in Bezug auf ein zweites Achsenkreuz mit dem Ursprunge U' seien x' und y' .

In den beiden Kreuzen, welche kurz Kreuz U und Kreuz U' heißen sollen, seien die positiven Richtungen der Ordinatenachsen so gewählt, daß y und y' positiv werden, die +y- und +y'-Achse also dem Punkte M zugewendet sind. Ferner sei bestimmt, daß in einem der beiden Kreuze die im Sinne der Uhrzeigerbewegung, im anderen die im umgekehrten Sinne gemessenen Neigungswinkel irgend einer Strecke gegen die positiven Abscissenachsen, die Richtungswinkel, als positiv gelten sollen. Erscheint also, wie in Textabb. 12, +y gegen +x um 90° nach rechts gedreht, so muß +y' gegen +x' um 90° nach links gedreht sein, oder umgekehrt. Betrachtet man eines der beiden Kreuze, etwa U, als fest, so kann das andere durch Drehung um M, also durch Drehung des Dreiecks $MP'U'$ um M, in eine solche Lage gebracht werden, daß seine +x'-Achse die +x-Achse des festliegenden Kreuzes in einem Punkte T schneidet, welcher von U und U' gleiche Abstände, $TU = TU' = \tau$, hat. Dadurch werden auch die Abstände OU und OU' des Schnittpunktes O der +y und +y'-Achse einander gleich wegen der Kongruenz der Dreiecke OUT und OU'T. Beschreibt man jetzt um O mit dem Halbmesser $OU = OU' = \rho$ einen Kreis, so wird der auf der Seite der +x- und +x'-Achse fallende Teil UUU' τ zur Berührenden haben. Der Mittelpunktswinkel dieses Bogens ist

gleich dem Winkel ω , um welchen die $+y'$ -Achse gegen die $+y$ -Achse, also die $-x'$ -Achse gegen die $+x$ -Achse geneigt ist.

Wir stellen uns nun die Aufgabe, unter den vorstehenden Bedingungen ρ , τ und ω als abhängig von den Koordinaten x , y , x' , y' des Punktes M zu bestimmen.

Werden die beiden Dreiecke OUT und $OU'T$ dadurch zur Deckung gebracht, daß man das letztere mit der Ordinate MP' um OT auf OUT umklappt, so fällt U' mit U , die $+x'$ -Achse mit der $+x$ -Achse und die $+y'$ -Achse mit der $+y$ -Achse zusammen. MP' kommt in die Lage $M'P''$ rechtwinkelig zu UT . x' und y' sind somit die Koordinaten des Punktes M' in Bezug auf das Kreuz U . Die Strecke $M'M$, welche von OT in Q gehälfet wird, ist rechtwinkelig zu dieser Linie, also je nach dem Vorzeichen der Koordinaten-Unterschiede $x-x'$ und $y-y'$ um $\frac{\omega}{2}$, $180^\circ - \frac{\omega}{2}$, $180^\circ + \frac{\omega}{2}$

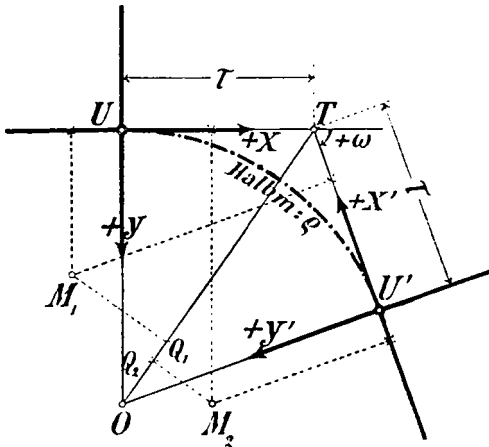
oder $360^\circ - \frac{\omega}{2}$ gegen die $+x$ -Achse geneigt. Unter allen Umständen ist somit

$$\text{Gl. 71)} \dots \dots \dots \operatorname{tg} \frac{\omega}{2} = \frac{y-y'}{x-x'}.$$

Da hier nur der Schnitt der positiven Abscissenachsen in Betracht kommt, so ist Winkel ω in jedem Falle eindeutig bestimmt. Es sind zwei Fälle möglich:

- a) $(y-y')$ und $(x-x')$ haben gleiche Vorzeichen, $\operatorname{tg} \frac{\omega}{2}$ wird positiv. $\frac{\omega}{2}$ liegt zwischen 0 und $+90^\circ$. Der Kreisbogen UU' fällt auf die Seite der $+y$ und der $+y'$, M und O liegen auf einer Seite des Bogens UU' (Textabb. 12a).

Abb. 12a.



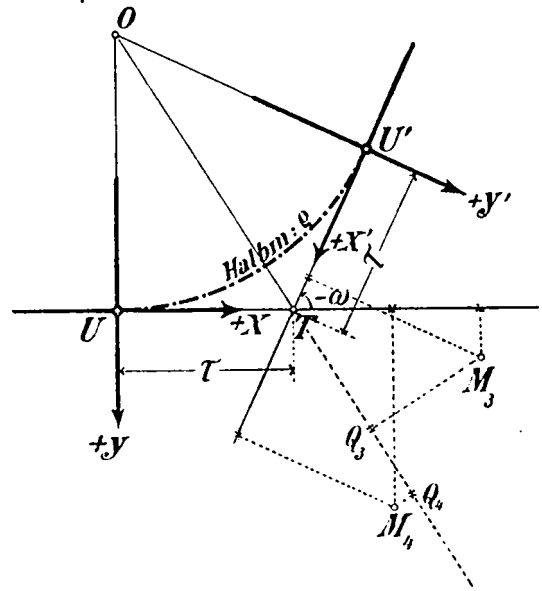
- b) $(y-y')$ und $(x-x')$ haben verschiedene Vorzeichen, $\operatorname{tg} \frac{\omega}{2}$ wird negativ. $\frac{\omega}{2}$ liegt zwischen 0 und -90° . Der Kreisbogen UU' fällt auf die Seite der $-y$ und der $-y'$, M und O liegen auf verschiedenen Seiten des Bogens UU' (Textabb. 12b).

Die Abstände des Punktes Q in Bezug auf das Kreuz U sind $UQ' = \frac{x+x'}{2}$ und $Q'Q = \frac{y+y'}{2}$. Man kann nun unmittelbar aus Textabb. 12 ablesen:

$$\text{Gl. 72)} \rho = \frac{y+y'}{2} + \frac{x+x'}{2} \cotg \frac{\omega}{2} = \frac{y+y'}{2} + \frac{(x+x')(x-x')}{2(y-y')}.$$

$$\text{Gl. 73)} \tau = \frac{x+x'}{2} + \frac{y+y'}{2} \operatorname{tg} \frac{\omega}{2} = \frac{x+x'}{2} + \frac{(y+y')(y-y')}{2(x-x')} = \rho \operatorname{tg} \frac{\omega}{2}.$$

Abb. 12b.



Die Gleichungen 72) und 73) gelten unter den vorausgesetzten Bedingungen ebenfalls allgemein, was durch verschiedene Annahme von M in Textabb. 12a und 12b und Zeichnen des zugehörigen Punktes Q auf OT oder deren Verlängerung nachzuweisen ist.

Anwendung vorstehender Aufgabe auf die Berechnung von Gleisverbindungen.

1. Zwei in gleichmittige Kreise eingeschaltete gekrümmte Ausweichungen sollen durch einen Bogen mit möglichst großem Halbmesser verbunden werden (Textabb. 13).

Die gleichgekrümmte Ausweichung $AFDD_1G$ sei auf irgend eine Art, etwa nach II, 1, in den Kreisbogen des Halbmessers R_u um M eingeschaltet, so daß sie mit den einfachen oder zusammengesetzten Anschlußbogen beliebig um M gedreht werden kann, ohne daß die Berührungspunkte H und J den genannten Kreisbogen verlassen. In gleicher Weise sei die entgegengesetzt gekrümmte Ausweichung $A'F'D'D'_1G'$, vor welcher die Gerade $A'A_0 = 6^m$ liegt, in den Kreisbogen des Halbmessers $R_u' = R_u - c$ um denselben Punkt M eingeschaltet. Zur Verbindung der Zweiggleisachsen beider Ausweichungen soll nun der Bogen D_1K eingelegt werden, welcher sich bei D_1 unmittelbar an die Herzstückgerade anschließt, während die Herzstückgerade im Zweiggleise der entgegengesetzt gekrümmten Ausweichung zunächst durch Verlängerung um das gerade Stück $D'_1K = k$ auf die zwischen Gegenkrümmungen vorgeschriebene Länge von 6^m gebracht werden muß.

Der Schnittpunkt T der verlängerten Herzstückgeraden muß von D_1 und K gleiche Abstände haben, was durch Drehung einer der beiden Ausweichungen um M erreicht

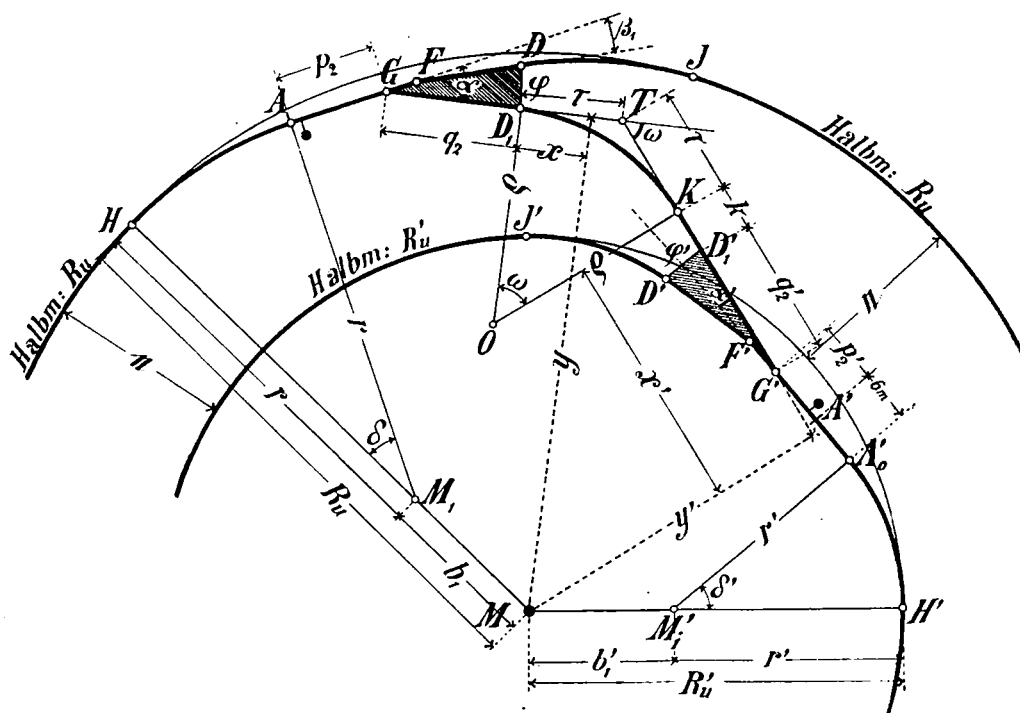
werden kann. Werden die Verlängerungen D_1T und KT der Herzstückgeraden als $+x$ - und als $+x'$ -Achsen, die hierzu in D_1 und K nach der Seite des Punktes M gezogenen Rechtwinkligen als $+y$ - und $+y'$ -Achsen zweier Kreuze betrachtet, so können der Mittelpunktswinkel ω , der Halbmesser $D_1O = KO = \varrho$ und die Längen $D_1T = KT = \tau$ der Berührenden nach den Gl. 71) bis 73) berechnet werden, sobald die Abstände x, y, x' und y' des Punktes M in Bezug auf die beiden Kreuze bekannt sind. Die Berechnung dieser Abstände im einzelnen Falle hat aber keine Schwierigkeit, denn wie auch die beiden Ausweichungen in die Kreise um M eingerechnet sein mögen, stets werden zwischen M und den beiden Ausweichungen oder den künftigen Berührenden D_1T und KT gerade oder gebrochene Verbindungslinien bekannt sein, durch deren Beziehung auf die beiden Kreuze x, x', y, y' bestimmt werden können.

Sind etwa die Ausweichungen (Textabb. 13) nach II, 1 eingeschaltet, so bestimmt man x und y durch Beziehung des Linienzuges D_1GAM_1M auf die Achsen des Kreuzes D_1 , x' und y' durch Beziehung von $KG'A'_0M'_1M$ auf die Achsen des Kreuzes K . Wird $M_1M = b_1$ und $M'_1M = b'_1$ gesetzt, so ist:

$$\text{Gl. 74) } \begin{cases} y = p_2 \sin \alpha + r \cos \alpha + b_1 \cos (\alpha + \delta), \\ x = -p_2 \cos \alpha + r \sin \alpha + b_1 \sin (\alpha + \delta) - q_2. \end{cases}$$

$$\text{Gl. 75) } \begin{cases} y' = -(p'_2 + 6^m) \sin \alpha + r \cos \alpha + b'_1 \cos (\alpha + \delta'), \\ x' = -(p'_2 + 6^m) \cos \alpha - r \sin \alpha - b'_1 \sin (\alpha - \delta') - (q'_2 + k). \end{cases}$$

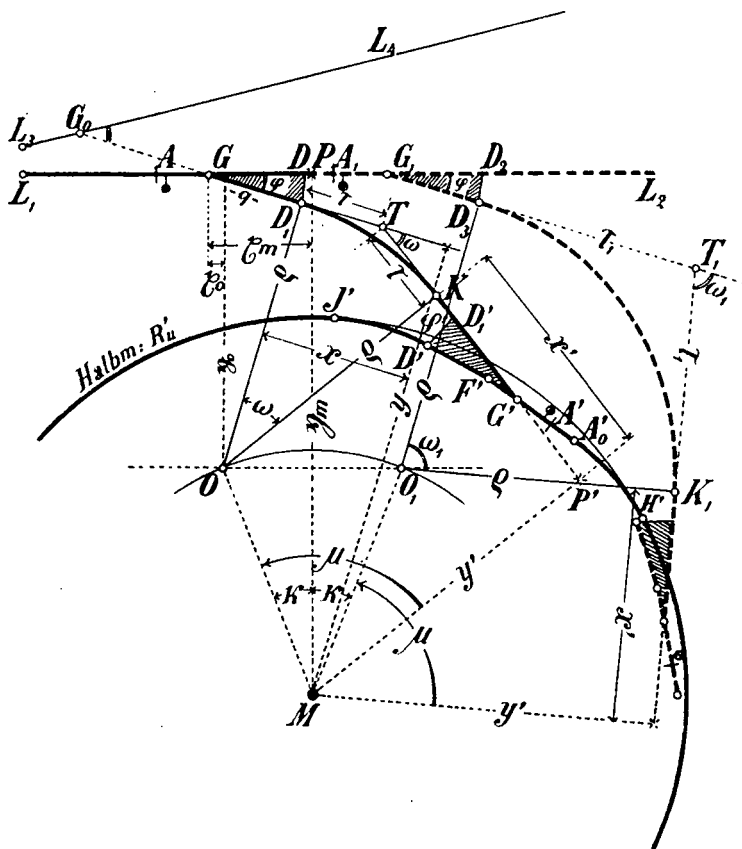
Abb. 13.



Hierin ist $b_1 = R_u - r$, $b'_1 = R_u - e - r'$.

Der in Textabb. 7 bis 9 gewählten Bezeichnung entsprechend gelten diese Gleichungen auch dann, wenn die Ausweichungen nach II, 2 oder 3 eingeschaltet sind. Eine davon kann auch nach II, 4 eingeschaltet sein, also festliegen. Für b_1 und b'_1 sind dann die dort jeweils angegebenen Werte zu nehmen.

Abb. 14.



2. Verbindung zweier Ausweichungen, von welchen nur eine in einen Kreisbogen eingeschaltet ist, während die andere unveränderliche Lage hat.

Der Gang der Lösung ist ganz derselbe wie unter 1, da die Lage des Punktes M gegen letztere Ausweichung ebenfalls bekannt sein muß, wenn eine Lösung der Aufgabe überhaupt möglich sein soll.

Besondere Fälle:

a) Verbindung der unverschiebbar in der Geraden L_1L_2 liegenden geraden Ausweichung ADD_1G mit der in einen Kreisbogen um M eingeschalteten, entgegengesetzt

gekrümmten Ausweichung $A'F'D'D'_1G'$ (Textabb. 14).

Die Berechnung von x' und y' richtet sich nach der Einschaltungsart der Ausweichung; der Zeichnung entsprechen die Gl. 74) und 75). Sind ferner bekannt die Abstände x_m und y_m des Punktes M in Bezug auf ein Kreuz mit GL_2 als positive Abscissenachse und G als Ursprung, so ist

$$\text{Gl. 76)} \dots \begin{cases} x = \xi_m \cos \varphi + \eta_m \sin \varphi - q, \\ y = -\xi_m \sin \varphi + \eta_m \cos \varphi \end{cases}$$

Die Gl. 71) bis 73) geben dann die Abmessungen des Kreisbogens D_1K mit dem größtmöglichen Halbmesser ϱ .

b) In Textabb. 14 kann die gerade Ausweichung mit ihrer Stammgleisachse AD auf der Geraden L_1L_2 verschoben werden.

In diesem Falle läßt sich ϱ auf ein gewünschtes Maß bringen. Da η_m bei dieser Verschiebung unveränderlich bleibt, so könnte ξ_m dadurch bestimmt werden, daß man in Gl. 72) für x und y deren Werte aus 76) einsetzt und die quadratische Gleichung nach ξ_m auflöst, wodurch man zwei Lösungen erhielte.

Einfacher ist folgende Lösung nach Textabb. 14.

Den Winkel μ , um welchen MO gegen MP' geneigt ist, erhält man mit Rücksicht auf die Vorzeichen von x' und y' aus

$$\text{Gl. 77)} \dots \dots \dots \operatorname{tg} \mu = \frac{-x'}{y' - \varrho}, \text{ dann ist}$$

$$\text{Gl. 78)} \dots \dots \dots MO = \frac{-x'}{\sin \mu} = \frac{y' - \varrho}{\cos \mu}.$$

Der Mittelpunkt O ergibt sich nun als Schnittpunkt eines Kreisbogens des Halbmessers MO um M mit einer Gleichlaufenden zu L_1L_2 im Abstände

$$\text{Gl. 79)} \dots \dots \dots \eta_0 = q \sin \varphi + \varrho \cos \varphi.$$

Der zweite Schnittpunkt O_1 entspricht einer zweiten Lösung mit dem Bogen D_3K_1 .

Ist κ der Neigungswinkel der Geraden MO gegen MP , so ist:

$$\text{Gl. 80)} \dots \dots \cos \kappa = \frac{OM}{\eta_m - \eta_0} \text{ oder } \operatorname{tg} \frac{\kappa}{2} = \frac{\sqrt{\eta_m - \eta_0 - OM}}{\eta_m - \eta_0 + OM}.$$

$$\text{Gl. 81)} \dots \dots \dots \omega = \mu - \varphi \mp \kappa.$$

$$\text{Gl. 82)} \dots \dots \dots \tau = \varrho \operatorname{tg} \frac{\omega}{2}.$$

Die Lage der geraden Ausweichung ist bestimmt durch

$$\text{Gl. 83)} \dots \xi_m = q \cos \varphi - \varrho \sin \varphi \pm MO \sin \kappa.$$

Das obere Vorzeichen entspricht der ersten Lösung mit dem Bogen D_1K um O , das untere der zweiten Lösung mit dem Bogen D_3K_1 um O_1 .

Soll die Ausweichung gleichgerichtet mit einer Geraden L_3L_4 verschoben werden, und beziehen sich die Abstände ξ_m und η_m auf diese Gerade als Abscissenachse mit G_0 , dem Schnittpunkte von L_3L_4 und GD_1 , als Ursprung, so ist in den obigen Gleichungen nur φ durch Winkel $L_4G_0D_1$ und q durch G_0D_1 zu ersetzen.

Die auf L_1L_2 verschiebbare Ausweichung kann auch eine gekrümmte sein. Statt q und φ sind dann q_2 und α zu setzen.

An dieser Stelle werden zweckmäßig zwei weitere Aufgaben behandelt, welche eigentlich unter II gehören.

c) Eine gleich oder entgegengesetzt gekrümmte Ausweichung soll mit ihrer Stammgleisachse so in eine aus der Geraden L_1L_2 und dem Kreisbogen des Halbmessers R_u um M bestehende Gleisachse eingerechnet werden, daß die Weichengerade mit L_1L_2 zusammenfällt, während sich die Herzstückgerade mittels des Bogens DJ an den Kreisbogen um M anschließt (Textabb. 14a und 14b).

Hat der Weichenstofs A auf L_1L_2 unverrückbare Lage, so berechnet man zunächst

$$\text{Gl. 76a)} x = \xi_m \cos \beta_1 + \eta_m \sin \beta_1 - q_1, y = -\xi_m \sin \beta_1 + \eta_m \cos \beta_1.$$

Da ferner $x' = 0$ und $y' = R_u$ ist, so können ε , r und t berechnet werden nach den Gl. 71) bis 73). Es ist

$$\operatorname{tg} \frac{\varepsilon}{2} = \frac{y - R_u}{x}, r = \frac{y + R_u}{2} + \frac{x}{2} \cotg \frac{\varepsilon}{2}, t = r \operatorname{tg} \frac{\varepsilon}{2}.$$

Darf die Ausweichung auf L_1L_2 verschoben werden, und ist das Maß des Halbmessers r gegeben, so rechnet man

Abb. 14a.

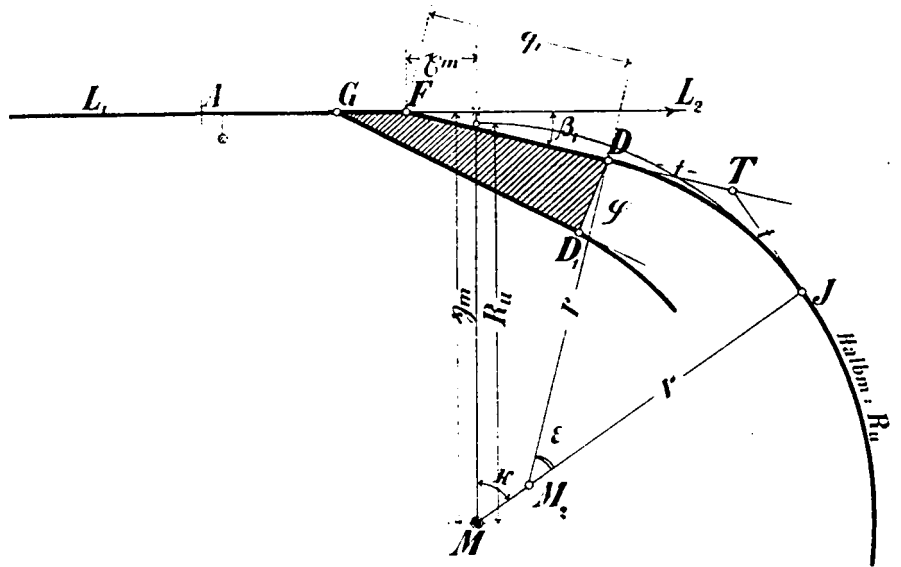


Abb. 14b.

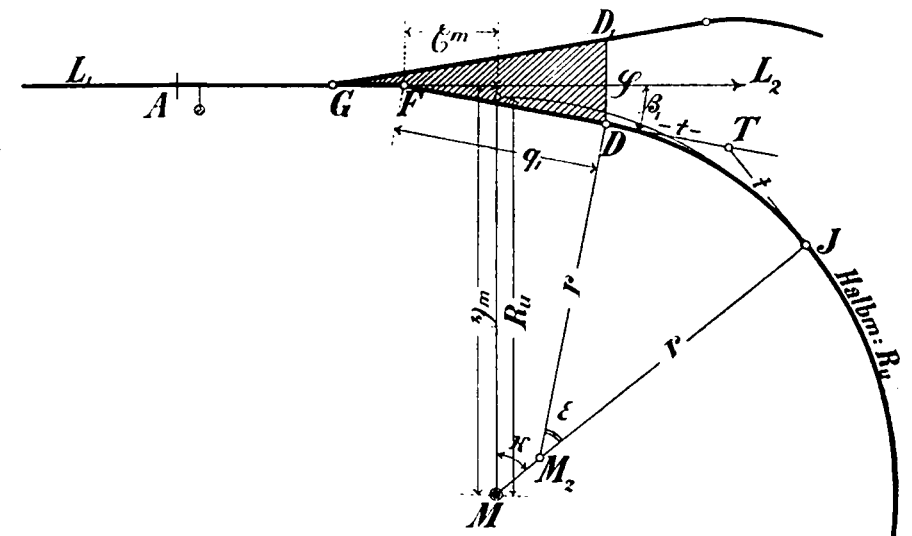


Abb. 14c.

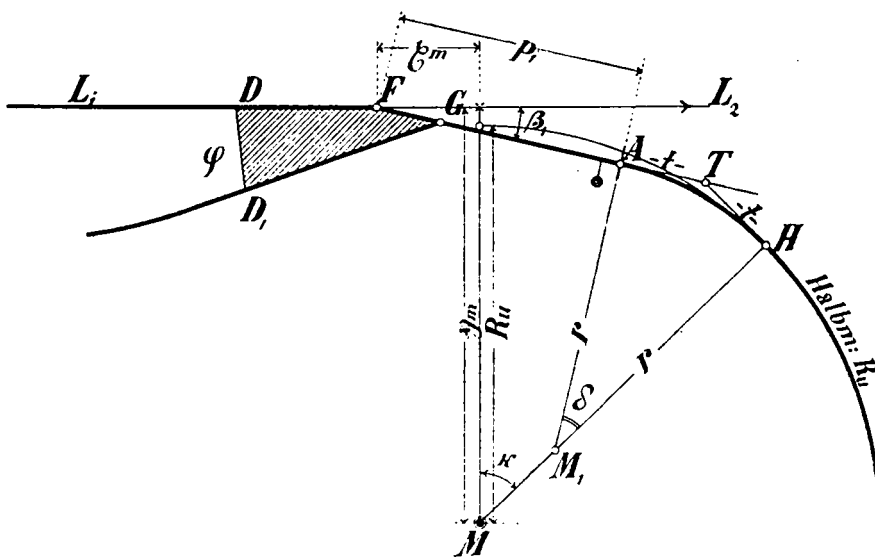


Abb. 14d.

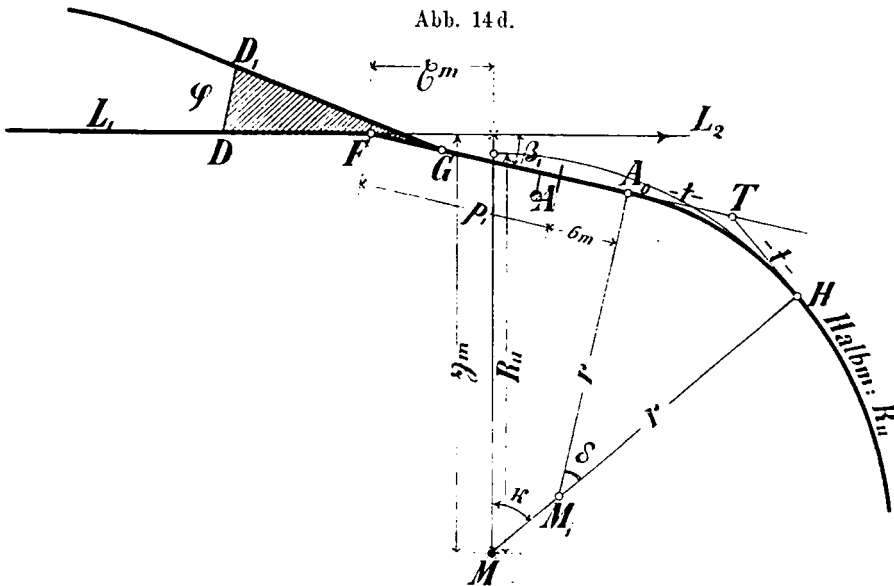
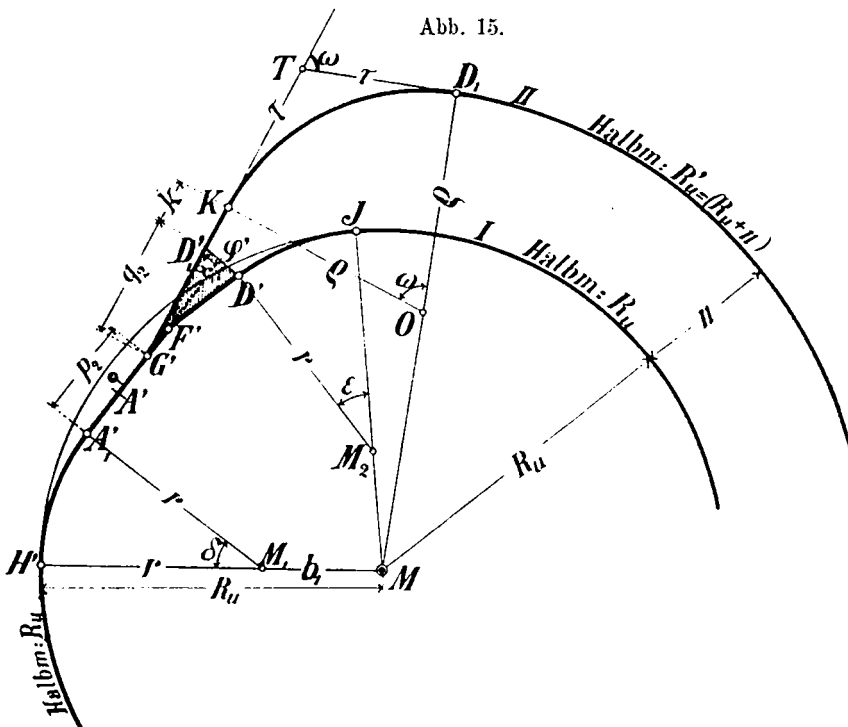


Abb. 15.



$$y_{m2} = q_1 \sin \beta_1 + r \cos \beta_1,$$

$$\cos \kappa = \frac{R_u - r}{y_m - y_{m2}} \quad \text{oder} \quad \tan \frac{\kappa}{2} = \frac{\sqrt{y_m - y_{m2} - (R_u - r)}}{y_m - y_{m2} + (R_u - r)}.$$

$$\varepsilon = \kappa - \beta_1, \quad t = \varrho \tan \frac{\varepsilon}{2}, \quad x_m = q_1 \cos \beta_1 - r \sin \beta_1 - (R_u - r) \sin \kappa.$$

d) Dieselbe Aufgabe ist mit der Bedingung zu behandeln, dass die Herzstückgerade mit $L_1 L_2$ zusammenfällt und die Weichengerade mittels der Bogen AH und $A_0 H$ mit dem Bogen um M verbunden wird. (Textabb. 14c und 14d).

Die Lösung ist die frühere. Man braucht nur in den unter c) abgeleiteten Gleichungen ε durch δ , y_{m2} durch y_{m1} , x_{m2} durch x_{m1} und q_1 durch p_1 , in entgegengesetzt gekrümmten Ausweichungen durch $p_1 + 6^m$ zu ersetzen.

3. Die nach gleichmittigen Kreisbogen der Halbmesser R_u und $R'_u = R_u + e$ gekrümmten Gleise I und II sollen miteinander durch den Bogen KD_1 verbunden werden, welcher sich an das Zweiggleis der in Gleis I eingeschalteten, entgegengesetzt gekrümmten End-Ausweichung anschließt (Textabb. 15).

Sind KT und KO die positiven Achsen im Kreuze x', y' , so sind $D_1 T$ und $D_1 O$ diejenigen des Kreuzes x, y . In den zur Bestimmung von ω , ϱ und τ dienenden Gl. 71) bis 73) ist daher

$$x = 0 \quad \text{und} \quad y = R'_u = R_u + e.$$

x' und y' können nach den Gl. 75) berechnet werden, wenn die Ausweichung nach II, 1 bis 3 eingeschaltet ist.

Bemerkung: Die Ausweichung muß nicht um M drehbar sein, wie auch die Achse von Gleis I nicht notwendig ein Kreisbogen um M sein muß. Die Lage von M gegen die Zweiggleisachse der Ausweichung muß bekannt sein, um x' und y' auf irgend eine Art bestimmen zu können.

4. Die Achsen der Gleise I und II sind gleichmittige Kreise der Halbmesser R_u und $R'_u = R_u - e$. Das Zweiggleis der in Gleis I eingerechneten, gleichgekrümmten Ausweichung soll mit Gleis II verbunden werden.

Drei Fälle sind zu unterscheiden:

- a) Die verlängerte GD_1 schneidet die Achse von Gleis II (Textabb. 16).

Der Bogen KD_2 , dessen Abmessungen nach Gl. 71) bis 73) zu berechnen sind, ist im umgekehrten Sinne gekrümmt, wie die übrigen Bogen, so daß sich beiderseits gerade Strecken von mindestens 6 m Länge anschließen müssen. $D_1K = k$ muß die Herzstückgerade zu 6 m Länge ergänzen, $D_2D_3 = i$ muß mindestens 6 m lang, besser aber länger angenommen werden. Dann ist

$$x' = -i \text{ und } y' = R'_u = R_u - e.$$

Die Bestimmung von x und y erfolgt nach Gl. 74), ω wird negativ.

- b) Die verlängerte GD_1 berührt die Achse von Gleis II.

Dieser wohl selten vorkommende Fall ist mit der Berechnung von x und y erledigt, da $y = R'_u$ sein muß, während x der Abstand D_1D_2 zwischen dem Herzstückende und dem Berührungspunkte ist.

- c) Die verlängerte GD_1 liegt außerhalb des Kreises vom Halbmesser R'_u um M . (Textabb. 17.)

- a) Verbindung durch einen einzigen Bogen $D_1D'_1$.

Die Abmessungen dieses Bogens, welcher den größtmöglichen Halbmesser ϱ erhält, lassen sich ebenfalls nach den Gl. 71) bis 73) berechnen, in welchen $x' = 0$ und $y' = R'_u = R_u - e$ zu nehmen ist. x und y können nach Gl. 74) berechnet werden.

- β) Verbindung durch einen Bogen und eine Gerade.

An die Herzstückgerade schließt sich der Bogen D_1D_2 an, welcher durch die Berührende D_2D_3 mit dem Bogen des Halbmessers $R'_u = R_u - e$ verbunden wird.

Zunächst sind jedenfalls x und y nach Gl. 74) zu bestimmen. Nimmt man nun für die Berührende $D_2D_3 = i$ ein bestimmtes Maß an, so ist

$$x' = -i \text{ und } y' = R'_u = R_u - e.$$

Die Abmessungen ω' , τ' und ϱ' , der Mittelpunktswinkel, die Berührende und der Halbmesser des Bogens D_1D_2 ergeben sich dann aus Gl. 71) bis 73).

Wird für ϱ' ein bestimmtes Maß angenommen, so erhält man durch Auflösen der Gl. 72) nach x'

$$i = -x' = -\sqrt{x'^2 + (y - y')(y + y' - 2\varrho')}, \text{ hierin ist } y' = R'_u.$$

Der positive Wert von x' ist hier ohne Bedeutung. ω' und τ' ergeben sich dann aus Gl. 71) und 73).

Eine andere Lösung für diesen Fall erhält man nach Textabb. 17.

Ist die Verbindungslinie $O'M$ der beiden Mittelpunkte O' und M gegen D_2D_3 um den Winkel v , gegen D_1T um μ geneigt, so ist

Abb. 16.

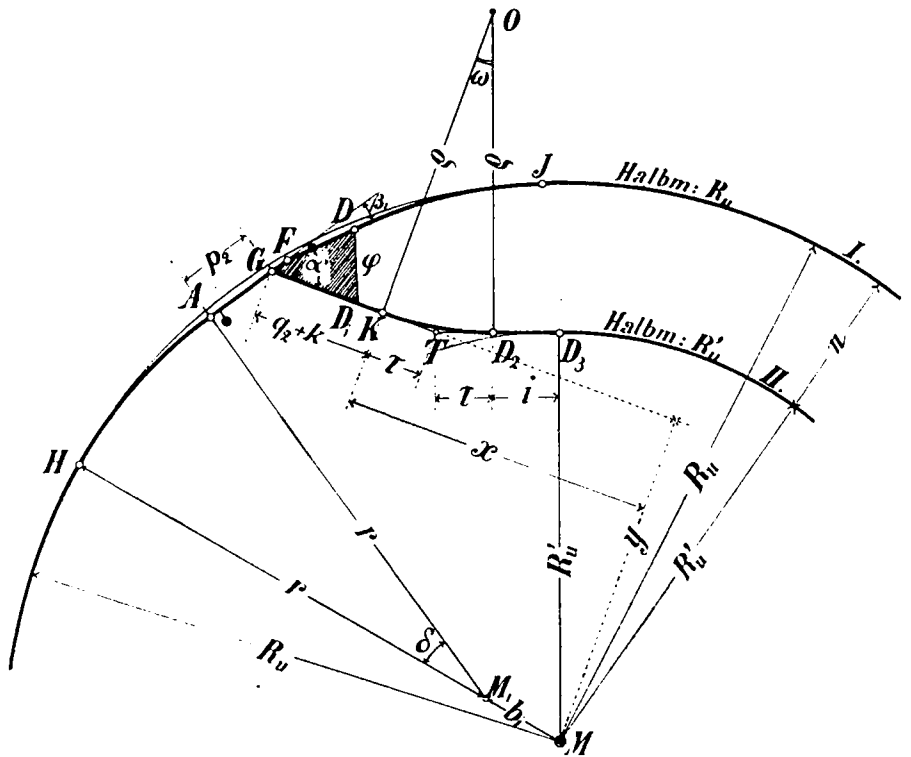
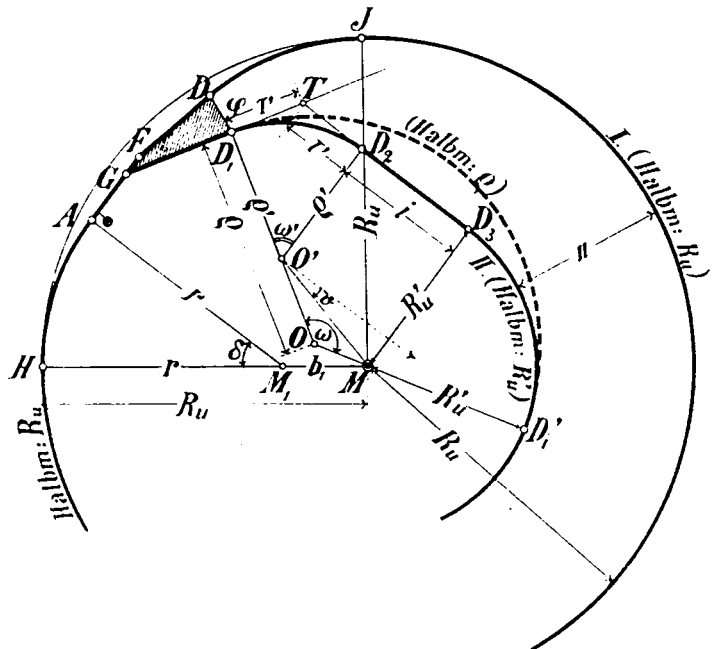


Abb. 17.



$$\operatorname{tg} \mu = \frac{y - \varrho'}{x}; \quad O'M = \frac{y - \varrho'}{\sin \mu} = \frac{x}{\cos \mu}; \quad \sin v = \frac{R'_u - \varrho'}{O'M};$$

$$i = O'M \cos v; \quad \omega' = \mu - v; \quad \tau = \varrho \operatorname{tg} \frac{\omega}{2}.$$

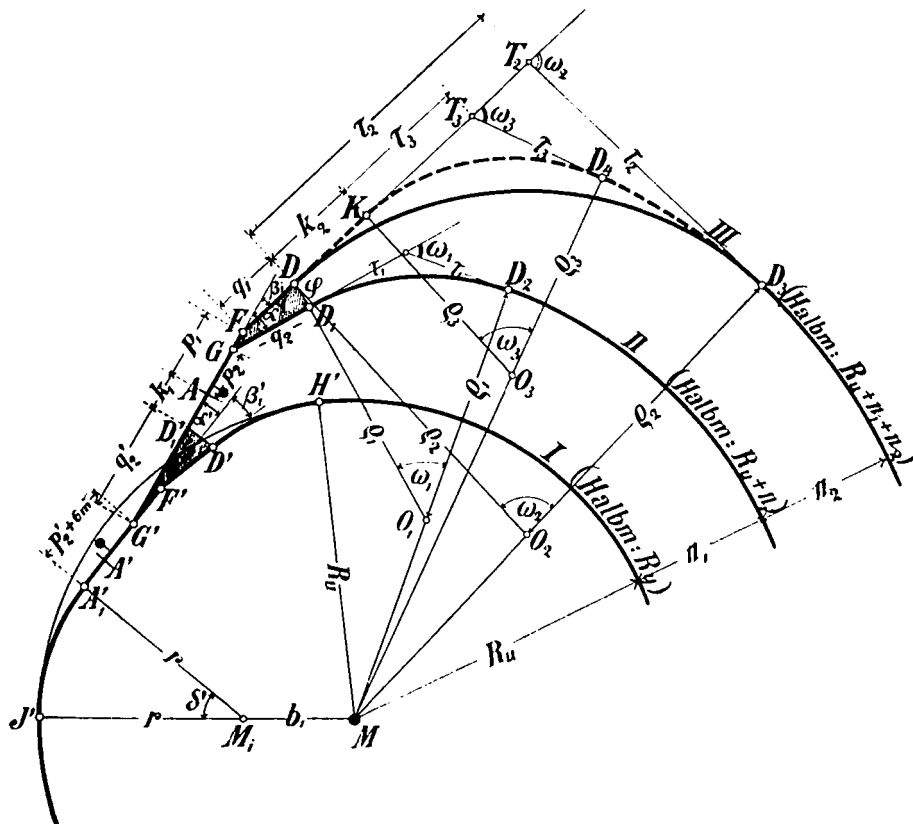
5. Anwendung der »Hilfsaufgabe« S. 305 auf mehr als zwei Gleise.

Die Gl. 71) bis 73) lassen sich mit demselben Vorteile auch auf weniger einfache Aufgaben mit mehr als zwei Gleisen anwenden, da es stets nur darauf ankommt, die Abstände des Kreismittelpunktes M in Bezug auf zwei Achsenkreuze zu bestimmen, in welchen je eine Berührende des gesuchten Kreis-

bogens als positive Abscissenachse und der ihr angehörende Berührungspunkt als Ursprung dient, mit der weitem Bedingung, daß M auf der Seite der $+y$ liegen muß. Voraussetzung ist, daß eine der beiden Berührenden gedreht werden kann, während die andere festliegt.

Eine Verbindung von drei Gleisen I, II und III zeigt Textabb. 18. Die Achsen dieser Gleise sind gleichmittige

Abb. 18.



Kreisbogen der Halbmesser R_u , $R'_u = R_u + e_1$ und $R''_u = R_u + e_1 + e_2$ um M.

In Gleis I liegt die entgegengesetzt gekrümmte Ausweichung $A'F'D'D_1G'$, an welche sich die gleichgekrümmte Ausweichung $AFDD_1G$ so anschließt, daß zwischen dem Herzstückende D'_1 der erstern und dem Weichenstolse A der letztern ein gerades Stück $D'_1A = k_1$ liegt. Die Abmessungen ϱ_1 , τ_1 , ω_1 des Bogens D_1D_2 und ϱ_2 , τ_2 , ω_2 des Bogens DD_3 , welche Bogen beide unmittelbar am Herzstückende beginnen, sollen mittels der Gl. 71) bis 73) berechnet werden.

Sieht man D_1T_1 und D_1O_1 als die positiven Achsen des Kreuzes xy an, so erhält man x und y durch Beziehung der gebrochenen Linie $D_1GG'A_1M_1M$ auf beide Achsen. Es ist also:

$$\begin{aligned} x &= -q_2 - (p_2 + k_1 + q'_2) \cos \alpha - (p'_2 + 6^m) \cos (\alpha - \alpha') \\ &\quad + r \sin (\alpha - \alpha') + b_1 \sin (\alpha - \alpha' + \delta'), \\ y &= + (p_2 + k_1 + q'_2) \sin \alpha + (p'_2 + 6^m) \sin (\alpha - \alpha') \\ &\quad + r \cos (\alpha - \alpha') + b_1 \cos (\alpha - \alpha' + \delta'). \end{aligned}$$

In Bezug auf D_2T_1 und D_2O_1 als positive Achsen des Kreuzes x' , y' ist

$$x' = 0 \text{ und } y' = R_u + e_1.$$

Zur Berechnung der Abmessungen des Bogens DD_3 sind DT_2 und DO_2 , sowie D_3T_2 und D_3O_2 die Achsen der beiden Kreuze. Es ist also

$$\begin{aligned} x &= -q_1 - (p_1 + k_1 + q'_2) \cos \beta_1 - (p'_2 + 6^m) \cos (\beta_1 - \alpha') \\ &\quad + r \sin (\beta_1 - \alpha') + b_1 \sin (\beta_1 - \alpha' + \delta'), \\ y &= (p_1 + k_1 + q'_2) \sin \beta_1 + (p'_2 + 6^m) \sin (\beta_1 - \alpha') \\ &\quad + r \cos (\beta_1 - \alpha') + b_1 \cos (\beta_1 - \alpha' + \delta'). \end{aligned}$$

$$x' = 0; y' = R_u + e_1 + e_2.$$

ϱ_2 ist der größte Halbmesser, welcher für den Bogen zur Verbindung von Gleis II und III erreichbar ist. Einen kleinern Halbmesser und damit größere Nutzlänge von Gleis III erhält man, wenn man zwischen das Herzstückende D und den Bogenfang K eine gerade Gleisstrecke $DK = k_2$ einlegt. Zur Berechnung von ϱ_3 , τ_3 und ω_3 ist dann nur der oben gefundene, sich auf den Ursprung D beziehende Wert von x um k_2 zu vermindern.

Soll für ϱ_3 ein bestimmter, runder Wert eingeführt werden, so berechnet man k_2 aus

$$\begin{aligned} k_2 &= x + q_1 + (p_1 + k_1 + q'_2) \cos \beta_1 \\ &\quad + (p'_2 + 6^m) \cos (\beta_1 - \alpha') - r \sin (\beta_1 - \alpha') - b_1 \sin (\beta_1 - \alpha' + \delta'), \end{aligned}$$

worin nach Gl. 72)

$$x = -\sqrt{2\varrho_3(y - y') - \frac{y + y'}{2}} \text{ ist.}$$

Beispiel. Als Beispiel zu II, B, 4 wurde die Ausweichung Nr. 1, Textabb. 10 b in Gleis I eingerechnet. Nun soll diese Ausweichung auf die in Textabb. 12 ange-

gebene Art mit Gleis II und III verbunden werden.

Um für die Neigungswinkel nur positive oder negative spitze Winkel zu bekommen, nehmen wir für die folgende Berechnung die seitherige $-x$ -Achse positiv, so daß im vorliegenden Beispiele die linksläufig gemessenen Neigungswinkel positiv erscheinen.

Da $GD_1A'F'$ gerade ist, so können die Koordinaten von G' , $+49,560$, $-0,967$ und F' , $+52,849$, $-1,120$, sowie die Neigungswinkel*) $+5^\circ 13' 40''$ und $-0^\circ 16' 20''$ der Strecken $G'D'_1 = 14,802$ und $F'D' = 11,518$ unmittelbar berechnet werden. Von Ausweichung 3 in Gleis III sind $p_2 = 11,646$, $q_2 = 17,512$ und $\alpha = 8^\circ 39' 09''$ gegeben. Die Mäße der Bogen D'_1D_2 und $D'D'_1$ sind noch zu bestimmen.

Für den Bogen D'_1D_2 hat man

$$\begin{aligned} x' &= -49,560 \cos 5^\circ 13' 40'' + (457,850 + 0,967) \\ &\quad \sin 5^\circ 13' 40'' = -22,350, \\ y' &= 49,560 \sin 5^\circ 13' 40'' + (457,850 + 0,967) \\ &\quad \cos 5^\circ 13' 40'' = +461,424. \end{aligned}$$

$$x = 0, y = R_{II} = +462,77.$$

*) In der Abbildung zur Berechnung werden die Richtungswinkel am einfachsten mit ihrem Vorzeichen an die betreffenden Strecken angeschrieben.

Nach Gl. 71) bis 73) wird dann

$$\omega_2 = 6^\circ 53' 34''; \varrho_2 = 276,538; \tau_2 = 16,654.$$

Für den Bogen $D'D''_1$ ist

$$\begin{cases} x' = -52,849 \cos 0^\circ 16' 20'' - (457,850 + 1,120) \\ \quad \sin 0^\circ 16' 20'' = -66,548, \\ y' = -52,849 \sin 0^\circ 16' 20'' + (457,850 + 1,120) \\ \quad \cos 0^\circ 16' 20'' = +458,713. \\ \begin{cases} x = -17,512 - 11,646 \cos 8^\circ 39' 09'' + 467,27 \\ \quad \sin 8^\circ 39' 09'' = +41,271, \\ y = 11,646 \sin 8^\circ 39' 09'' + 467,27 \sin 8^\circ 39' 09'' \\ \quad = +463,704. \end{cases} \end{cases}$$

Damit wird nach Gl. 71) bis 73)

$$\omega_3 = 5^\circ 18' 03'', \varrho_3 = 188,183, \tau_3 = 8,711.$$

Nun können die Neigungswinkel von $T_2 D_2$, $T_3 F''$ und $F'' A''$, sowie die Koordinaten der Punkte T_2 , D_2 , T_3 , F'' , A'' berechnet werden.

Die Koordinaten von J , D_2 und A'' berechnet man zur Probe auch noch von M aus. Sind μ_1 , μ_2 , μ_3 die Neigungswinkel von $T_1 J$, $T_2 D_2$, $F'' A''$, ferner (x_1, y_1) , (x_2, y_2) , (x_3, y_3) die Koordinaten von J , D_2 , A'' , so ist:

$$\begin{aligned} x_1 &= R_I \sin \mu_1; y_1 = y_m - R_I \cos \mu_1, \\ x_2 &= R_{II} \sin \mu_2; y_2 = y_m - R_{II} \cos \mu_2, \\ x_3 &= R_{III} \sin \mu_3; y_3 = y_m - R_{III} \cos \mu_3. \end{aligned}$$