

Kurven-Absteckung unter Benutzung einer neuen Tabelle [Fortsetzung]

Autor(en): **Zwicky, C.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Zeitschrift für Vermessungswesen und Kulturtechnik = Revue technique suisse des mensurations et améliorations foncières**

Band (Jahr): **19 (1921)**

Heft 1

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-186786>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

SCHWEIZERISCHE
Zeitschrift für Vermessungswesen und Kulturtechnik

ORGAN DES SCHWEIZ. GEOMETERVEREINS

REVUE TECHNIQUE SUISSE DES MENSURATIONS ET AMÉLIORATIONS FONCIÈRES

ORGANE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES GÉOMÈTRES

Redaktion: F. BAESCHLIN, Professor, Zollikon (Zürich)

Ständiger Mitarbeiter für Kulturtechnik: Prof. C. ZWICKY, Zürich, Bergstr. 131

Collaborateur attiré pour la partie en langue française: CH. ROESGEN, ingénieur-géomètre,
Genève, 11, rue de l'Hôtel-de-Ville — Redaktionsschluß: Am 1. jeden Monats

□ Expedition, Inseraten- und Abonnements-Annahme: □
BUCHDRUCKEREI WINTERTHUR VORM. G. BINKERT, WINTERTHUR

Jährlich 12 Nummern
(erscheinend am zweiten Dienstag
jeden Monats)
und 12 Inseraten-Bulletins
(erscheinend am vierten Dienstag
jeden Monats)

No. 1
des **XIX. Jahrganges** der
„Schweiz. Geometerzeitung“.
11. Januar 1921

Jahresabonnement Fr. 12.—
(unentgeltlich für Mitglieder)

Inserate:
50 Cts. per 1spaltige Nonp.-Zeile

Kurven-Absteckung unter Benutzung einer neuen Tabelle.

Von *C. Zwicky*, Professor an der Eidg. Technischen Hochschule Zürich.

(Fortsetzung.)

Diesen, die Baukosten sehr ungünstig beeinflussenden Faktoren muss nun schon bei der Festlegung der Strassenachse in weitestgehendem Masse Rechnung getragen werden, wobei vor allem folgende Grundsätze wegleitend sein sollen:

1. Beschränkung der Zahl der Wendeplatten auf das unumgänglich Notwendige, durch möglichst weitgehende Ausnutzung der ganzen Breite des Abhanges für die Entwicklung der Strasse;
2. Eingehende Rekognoszierung des Geländes behufs Auffinden derjenigen Stellen, die sich für die Placierung der Wendeplatten gut eignen: nicht felsiger, aber doch fester und trockener Boden, relativ geringe Neigung der Bodenoberfläche (Plateau);
3. Beschränkung des Radius für die Kurven in den Kehren auf den Minimalradius, dessen Betrag nach dem Verkehrszweck der Strasse zu bemessen ist.

Bei Kurven mit kleinem Radius kann die Zugkraft der Pferde — insbesondere diejenige der Vorspannpferde — nicht vollständig zur Geltung gelangen. In den Kehrkurven mit dem Minimalradius muss daher der hier in vermindertem Masse

zur Verfügung stehenden Zugkraft durch eine erhebliche Herabminderung des Gefälles der Strasse Rechnung getragen werden.

3. Vorgehen bei der Linienführung.

Bei dem für die Strassenentwicklung in Betracht kommenden Abhang wird in der Regel von dessen seitlichen Begrenzungen die eine für die Erstellung von Wendeplatten erheblich grössere Schwierigkeiten bieten als die andere Seite. Die dort für Wendeplatten in Betracht fallenden Stellen sollen mit W_1 W_3 $W_5 \dots$, die auf der weniger Schwierigkeiten bietenden Seite mit W_2 $W_4 \dots$ bezeichnet werden. Steigt nun die Strasse in der Richtung von W_1 über W_2 nach $W_3 \dots$, so bestimme man von W_1 aufwärts gegen W_2 und dann von W_3 abwärts gegen W_2 mit dem Gefällmesser, unter Zugrundelegung eines Gefälles, das das zulässige Maximalgefälle nicht vollständig erreicht, eine Null-Linie ab; diese beiden Linien W_1-W_2 und W_3-W_2 werden sich dann in dem Punkte W_2 schneiden. Dabei ist also vorausgesetzt, dass die in dem schwierigeren Gelände gelegenen Punkte W_1 und W_3 zum voraus auf Grund einer Rekognoszierung gegeben seien, während der Punkt W_2 dann durch Absteckungen aus den erstern zu bestimmen ist. Fällt dabei die Strecke $W_1 W_2$ allzu kurz aus, so wird man entweder das Gefälle etwas ändern, oder aber von W_1 und W_3 den einen Punkt entsprechend ändern.

4. Kurvenabsteckung.

Es bezeichne in Figur 4 T' den dem Eckpunkt W zu einer Wendeplatte vorhergehenden Eckpunkt des Tangenten-Polygons, und T'' den auf W folgenden Eckpunkt. Würde man nun den Winkel $T' W T''$ in Analogie zum Bisherigen abrunden mittelst eines Kreisbogens $A'E''$, der die Geraden $W T'$ und $W T''$ berührt, so würde der Weg von A' über W nach E'' , längs welchem gemäss der Bestimmung des Linienzuges $.. T' W T'' ..$ die Strasse ungefähr die maximale Steigung annähme, ersetzt durch den wesentlich kürzeren Weg längs der Kurve $A'E''$. Damit würde hier die Strasse ein viel grösseres Gefälle erhalten, im Gegensatz zu der weiter oben gestellten Forderung einer erheblichen Gefällsverminderung in den Kehren. Dieser Bogen $A'E''$ erweist sich somit im vorliegenden Falle als durchaus unbrauchbar.

Für die Erzielung der nötigen Gefällsverminderung muss der Bogen $\widehat{A'E''}$ durch einen andern \widehat{AE} ersetzt werden, mit welchem die Strassenachse um das für jene Verminderung erforderliche Mass verlängert wird, und zwar in der Weise, dass im Bereiche dieser ganzen Kurve das relative Gefälle der Strassenoberfläche ungefähr auf die Hälfte des Maximalgefälles reduziert wird und ausserdem im Anschluss an die Kurve ein allmählicher Uebergang in das normale Gefälle der Strasse stattfindet.

Bei einem derart reduzierten Gefälle kann die Kurve talwärts befahren werden, ohne dass es nötig wird, den Radschuh wegzunehmen; dies wäre dagegen weniger der Fall, wenn das Gefälle bis auf Null heruntersetzt würde, wie es vielfach vorgeschlagen wird.

Der Verlauf der Strassenachse bei einer Wendeplatte wird nun zweckmässig nach folgendem Verfahren bestimmt (vergleiche Fig. 4):

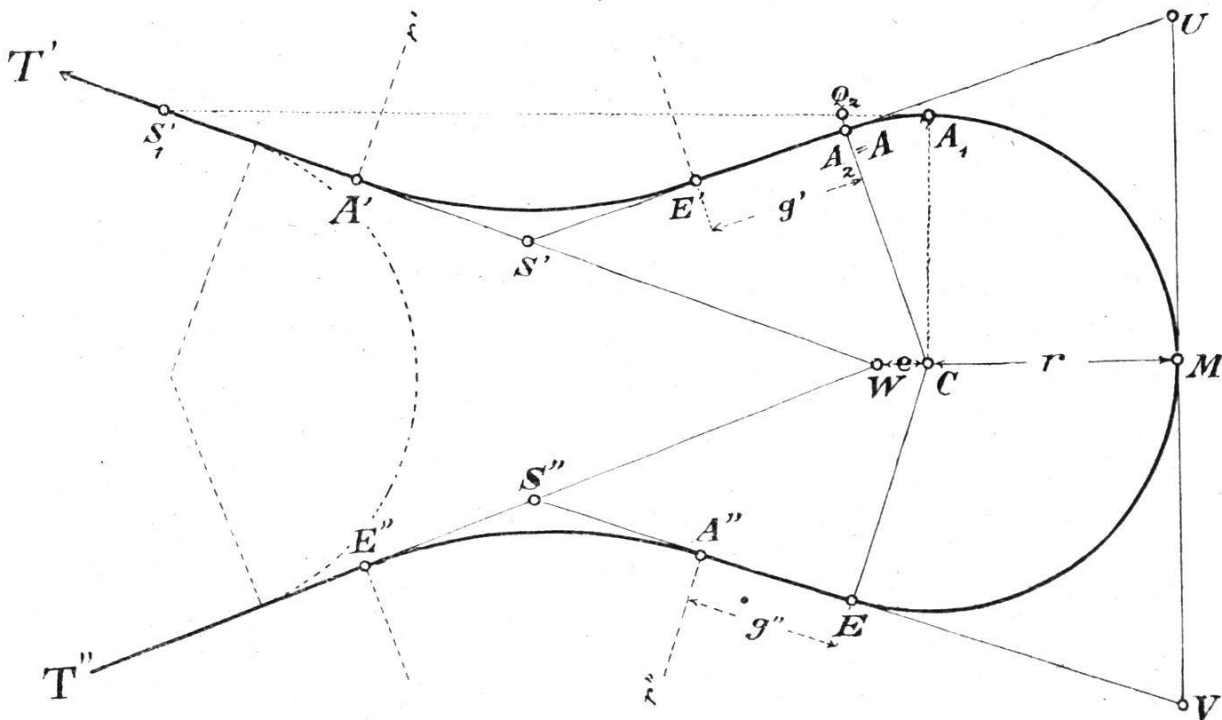


Fig. 4.

1. In der Halbierungslinie des Winkels $T'WT''$ wird ein Punkt C als Mittelpunkt eines Kreisbogens \widehat{AE} mit dem Minimalradius $r = 20 \text{ m} - e$ so gewählt, dass C um die Strecke $WC = e$ ausserhalb jenes Winkels liegt; kommt ein Verkehr

von Langholzfuhrwerken in Betracht, so wird $r = 20$ m, so dass dann C mit W zusammenfällt.

2. An diesen Kreisbogen schliessen sich bei A und bei E zwei gerade Strecken g' und g'' von mindestens je 10 m Länge an; diesen letztern folgen dann zwei Gegenkurven $E'A'$ und $E''A''$ mit einem Radius $R \geq 2 \cdot r$, durch welche die Strassenachse in die Geraden WT' und WT'' übergeleitet wird. Die Minimalwerte für g' , g'' und R gelangen zweckmässig nur bei sehr steilem Gelände zur Anwendung.

3. Nun wird für die Hauptkurve \widehat{AE} eine Richtung CA_1 als Näherungsrichtung für den Radius im Kurvenanfang A angenommen, $CA_1 = r$ gemessen und $A_1S'_1 \perp A_1C$ bestimmt, wobei S'_1 den Schnittpunkt mit WT' bezeichnet. Ergibt dann die Messung von $A_1S'_1$ eine Länge, welche für das gerade Stück g' und für die Tangente $t' = S'_1E'$ gerade ausreicht, so kann A_1 direkt als Bogenanfang A gewählt werden. Trifft dies nicht zu, so probiert man es mit einer andern Richtung CA_2 , welche $A_1S'_1$ in Q_2 schneiden möge; es gilt dann hinreichend genau

$$Q_2A_2 = \frac{\overline{A_1Q_2}^2}{2r}$$

Der Punkt A_2 kann somit, anstatt durch Messung der Strecke $CA_2 = r$ mittelst der Messlatten, einfacher mit dem Doppelmeter aus den beiden kurzen Strecken A_1Q_2 und Q_2A_2 bestimmt werden. Diese letztere Absteckung wird sich namentlich dann vorteilhaft geltend machen, wenn man erst nach mehreren Annahmen $A_1, A_2, A_3 \dots$ zu einer befriedigenden Lage für A gelangt ist.

In gleicher Weise wird hierauf der Endpunkt E bestimmt, wobei es indessen gar nicht nötig ist, dass das gerade Stück $EA'' = g''$ genau die gleiche Länge erhält, wie g' ; bei wesentlich anders liegenden Verhältnissen der Neigung der Bodenoberfläche wird im Gegenteil eine abweichende Disposition angezeigt sein.

Mit den beiden Endpunkten A und E erhält man nun weiter die Bogenmitte M und die Mitteltangente UV aus:

$$CM \perp AE, \quad CM = r \quad \text{und} \quad UV \perp MC,$$

worauf die nötigen weitem Zwischenpunkte durch ihre Koor-

dinaten in Bezug auf die Tangenten in A, M und E abgesteckt werden können.

4. Die beiden zu den Schnittpunkten S' und S'' gehörenden Gegenkurven $E'A'$ und $E''A''$ werden am zweckmässigsten nach dem unter A. für die Kanalkurve angegebenen Verfahren abgesteckt, indem sich bei ihrer stets unbedeutenden Länge die Verwendung des Theodolits kaum lohnt. Auch bei der Hauptkurve ist dieser nach obigem nicht notwendig. Eine enge Anschmiegung der Kurven an die vorliegenden Neigungsverhältnisse ist hier überhaupt viel wichtiger als eine peinliche Genauigkeit bei der Ausführung der Messungen.

Will man aber partout auch hier die Absteckung mit Hilfe des Theodolits vornehmen, so bestimme man zunächst nach dem obigen Verfahren die Punkte U und V, wobei dann deren Verbindungslinie UV nur noch die Bedeutung einer Zwischentangente, deren Berührungspunkt P allerdings nahe bei M liegt, zukommt.

Die Messung des Winkels $\varphi = S'UV$ liefert mit

$$UA = UP = r \cdot \operatorname{tang} \frac{\varphi - 200^0}{2}$$

den Bogenanfang A und den Berührungspunkt P. Hierauf gibt

$$VE = VP = (UV - UP) = r \cdot \operatorname{tang} \frac{\psi - 200^0}{2}$$

den Winkel $\psi = UVS''$, womit der Endpunkt E, sowie der Schnittpunkt S'' auf WT'' bestimmt sind. Der letztere Punkt wird dann allerdings von seiner mit der Kreuzscheibe bestimmten Näherungslage etwas differieren, was aber bei der ziemlich freien Wahl der Länge g'' durchaus keinen Nachteil hat.

Anmerkung. Die obigen Ausführungen geben Veranlassung, nochmals auf die Aufgabe unter D, 2 zurückzukommen. Die daselbst angegebene Lösung wird nämlich bei ihrer praktischen Anwendung sehr oft auf grössere Schwierigkeiten stossen und zwar aus folgenden Gründen:

Die Messung der im Verhältnis zu dem kleinen Radius $r = 20$ m sehr langen Strecken t und a ist in dem steilen Gelände etwas umständlich, und diejenige des Winkels bei T wird

in vielen Fällen wegen der sehr tiefen Lage dieses Punktes kaum möglich sein; vor allem ergibt sich aber der grosse Nachteil, dass mit dem gegebenen Radius r die Bogenmitte M voraussichtlich eine solche Lage erhält, welche den vorliegenden Höhenverhältnissen sehr wenig entspricht.

Unter diesen Umständen wird dann auch hier viel zweckmässiger das für die Wendepplatten empfohlene Absteckungsverfahren in Anwendung gebracht.

Dabei wird es aber häufig angezeigt sein, die Schnittpunkte S' und S'' direkt mit T' und T'' zusammenfallen zu lassen, womit dann die Gegenkurven in Wegfall kommen. Hieraus ergibt sich, dass es sich empfiehlt, die Kurven bei T' und bei T'' erst nach derjenigen bei T abzustecken, damit nachträgliche Aenderungen bei den erstern vermieden werden. Die gleiche Reihenfolge in der Kurvenabsteckung wird aus diesen Gründen auch bei der Strasse mit Wendepplatten zu befolgen sein.

F. Kreisbogen mit Uebergangskurven.

Bei der Achse einer normalspurigen Eisenbahn sei der Winkel $T_1 T T_2$ durch einen Kreisbogen mit dem Radius

$$r < 1000 \text{ m}$$

abzurunden. Es darf dann diese Abrundung nicht mehr in der bisher besprochenen Weise durch einen Kreisbogen \widehat{AE} erfolgen, welcher die Geraden TT_1 und TT_2 berührt; derselbe muss vielmehr ersetzt werden durch einen etwas kürzeren Bogen $B_1 B_2$, von welchem aus der Uebergang in jene Geraden mittelst zweier Kurven $B_1 A_1$ und $B_2 E_2$, von anderer Form herzustellen ist. Diese beiden Anschlusskurven werden als «Uebergangskurven» bezeichnet. (Vergl. Fig. 6.)

1. Die Schienenerhöhung.

a) Es bezeichne in Fig. 5 a der Punkt P ein Profil in der geraden Strecke $T_1 A_1$, in welchem sich momentan eine Achse eines Wagens befindet. Bei gleichmässiger Verteilung der Belastung des letztern liegt dann der Schwerpunkt S des auf jene Achse entfallenden Gewichtsteiles

$$G = m \cdot g$$

in einer gewissen Höhe H über der Mitte M der horizontalen Achse mit der Länge w . Es verteilt sich daher das Gewicht G

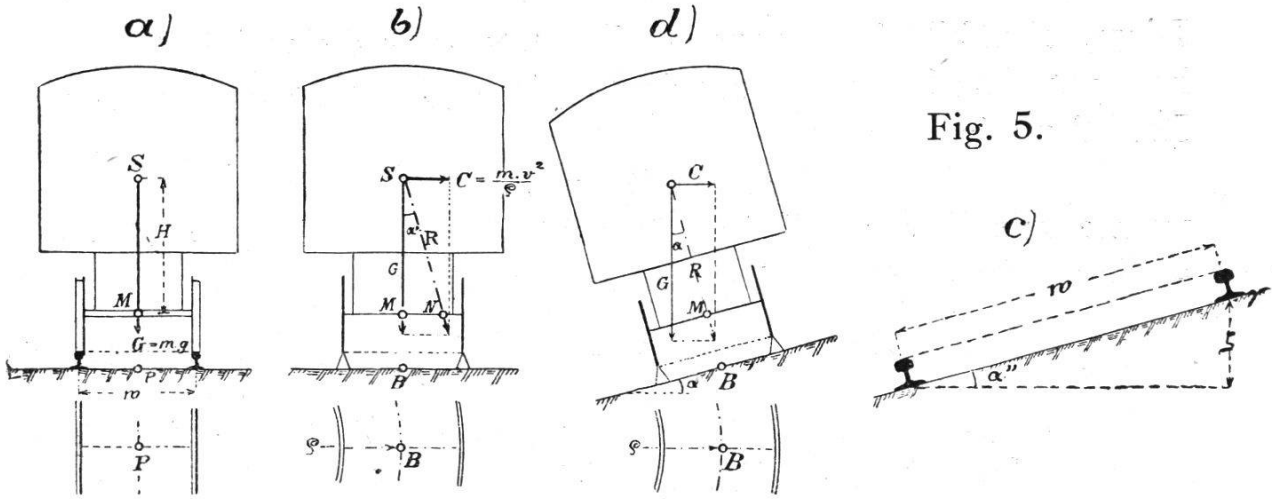


Fig. 5.

gleichmässig auf die beiden Räder und die beiden Schienen erfahren durch diese einen gleich grossen Druck, der in der vertikalen Symmetrieachse der Schienen wirkt, sofern man deren kleinen Anzug ausser Betracht lässt.

b) Im weitem bezeichne B ein Profil in der Uebergangskurve $A_1 B_1$, in welchem diese den Krümmungsradius ρ besitzen möge. Befindet sich nun auch in diesem Profil eine Wagenachse eines Zuges, der die Kurve mit der Geschwindigkeit v m/sec durchfährt, dann macht sich bei dieser Achse ausser dem Gewicht G auch noch die Zentrifugalkraft geltend, welche beträgt (vergl. Fig. 5 b):

$$C = \frac{m \cdot v^2}{\rho}$$

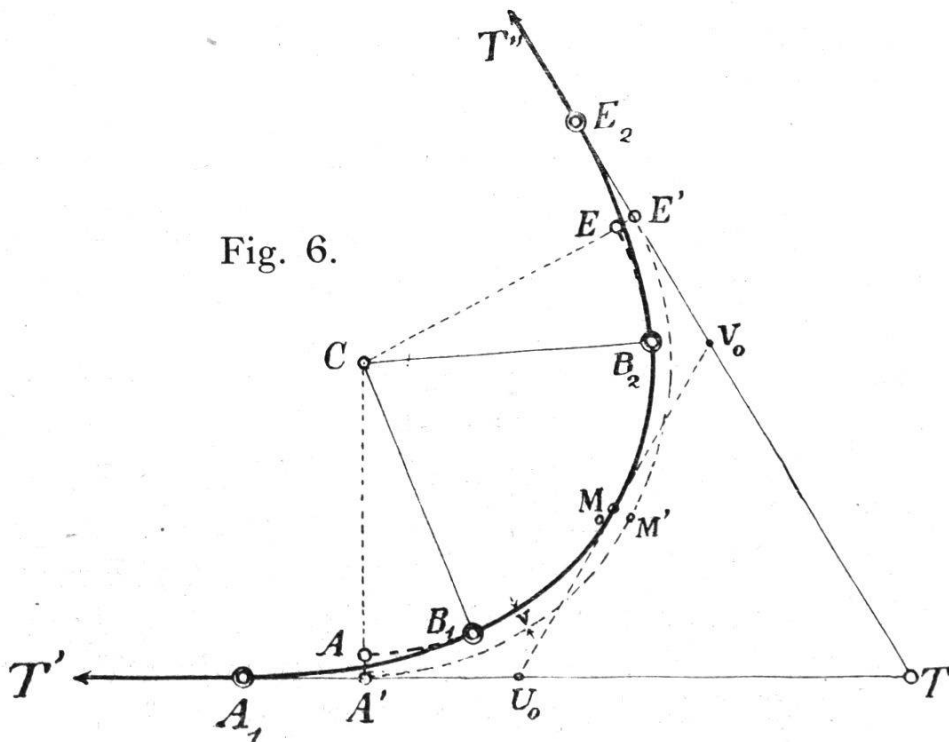


Fig. 6.

Diese, ebenfalls in S angreifende, stets in radialer Richtung horizontal nach aussen gerichtete Kraft C ergibt mit G die Resultierende

$$R = \sqrt{G^2 + C^2},$$

welche mit dem vertikalen Gewicht G einen Winkel α' einschliesst, der bestimmt ist durch die Gleichung

$$\text{tang } \alpha' = \frac{C}{G} = \frac{v^2}{g \cdot \rho}.$$

Falls nun auch bei B die beiden Schienen in gleicher Höhe liegen, trifft die Resultierende R die Radachse in einem Punkte N, der um den Betrag

$$MN = e = H \cdot \text{tang } \alpha'$$

von M gegen die äussere Schiene verschoben ist. Wird in N die Kraft R in die Komponenten G und C zerlegt, so erzeugt G bei der äussern Schiene einen grössern Druck als bei der innern Schiene, und zudem erfährt die erstere — vermittelt des Spurkranzes des äussern Rades — noch eine Beanspruchung durch die horizontale Kraft C. Der betreffende Wagen würde dann sogar umkippen, falls bei ihren Achsen die Punkte N, zufolge besonders grosser Werte von H und von v, nicht mehr innerhalb der Strecke w zu liegen kommen würden.

c) Diesen beiden Uebelständen kann nun in einfachster Weise dadurch begegnet werden, dass die äussere Schiene gegenüber der innern um einen gewissen Betrag ζ höher gelegt wird. Damit erhält die Radachse einen Neigungswinkel α'' , der sich ergibt aus (vergl. Fig. 5c)

$$\sin \alpha'' = \frac{\zeta}{w}.$$

Da nun die beiden Winkel α' und α'' der Natur der Sache nach stets sehr kleine Winkel sein werden, so kann man setzen:

$$\text{tang } \alpha' = \alpha' \quad \text{und} \quad \sin \alpha'' = \alpha''.$$

Wird dann die Ueberhöhung ζ speziell so gross gewählt, dass

$$\alpha'' = \alpha' = \alpha$$

wird, so trifft im Profil von B die Resultierende R die Radachse wieder in ihrer Mitte M. Damit werden dann aber auch hier die beiden Schienen gleich stark belastet, und zwar wieder in der Richtung ihrer, nun etwas schief gerichteten, Symmetrieachse. Es ergeben sich somit die gleich günstigen Verhältnisse wie beim Profil P in der geraden Strecke.

d) Um die soeben geschilderten günstigsten Verhältnisse zu erzielen, legen wir zur Bestimmung der Schienenüberhöhung ζ im Kurvenprofil P die obige Bedingung zu grunde (vergl. Fig. 5d):

$$\alpha'' = \alpha' = \alpha.$$

Mit dieser Bedingung erhält man dann:

$$\alpha = \text{tang } \alpha' = \frac{v^2}{g \cdot \rho} \quad \text{und} \quad \alpha = \sin \alpha'' = \frac{\zeta}{w},$$

woraus sich für ζ ergibt:
$$\zeta = \frac{w \cdot v^2}{g \cdot \rho}.$$

2. Die Form der Uebergangskurve.

a) Die im Punkte B erforderliche Schienenerhöhung ζ wird nun dadurch hergestellt, dass man vom Kurvenanfang A_1 aus den äussern Schienenstrang mit einer gewissen konstanten Neigung $1 : n$ gegenüber derjenigen des innern Schienenstranges ansteigen lässt. Bezeichnet dann s die Bogenlänge für das Stück $\widehat{A_1 B}$ der Uebergangskurve $\widehat{A_1 B_1}$, so ergibt sich damit für ζ die weitere Bedingung (vergl. Fig. 7)

$$\zeta = \frac{s}{n},$$

woraus dann umgekehrt für die Krümmung $\frac{1}{\rho}$ der Kurve im Punkte B folgt:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{g}{w \cdot v^2} \cdot \zeta \quad \text{oder} \quad \frac{1}{\rho} = \frac{g}{n \cdot w \cdot v^2} \cdot s.$$

b) Für diese Krümmung gilt anderseits in Bezug auf ein beliebiges rechtwinkliges Koordinatensystem

$$\frac{1}{\rho} = \frac{d^2 y}{d x^2} : \left\{ 1 + \left(\frac{d y}{d x} \right)^2 \right\}^{3/2}$$

Wählt man nun speziell die Gerade $T_1 A_1$ als x-Achse und den Kurvenanfang A_1 als Koordinatenursprung, dann kann man setzen — da die Kurve $\widehat{A_1 B_1}$ immer eine sehr flache Kurve sein wird —:

$$\widehat{A_1 B} = s = x = A_1 B' \quad \text{und} \quad 1 + \left(\frac{d y}{d x} \right)^2 = 1 + 0 = 1.$$

Und schliesslich erhält man für die Länge s des Bogens $\widehat{A_1 B}$:

$$p = \frac{x^2}{2c}, \quad \sqrt{1+p^2} = 1 + \frac{x^4}{8c^2}, \quad \text{also } s = \int_0^x \sqrt{1+p^2} \cdot dx = x + \frac{x^5}{40 \cdot c^2}.$$

c) Speziell für den Endpunkt B_1 der Uebergangskurve soll dessen Krümmungsradius $\rho = \rho_1$ mit dem Radius r des daselbst sich anschliessenden Kreisbogens übereinstimmen. Alsdann wird mit der Abkürzung

$$\begin{aligned} \frac{1}{\rho_1} &= \frac{1}{r} = \frac{l}{c}, & c &= l \cdot r, & l &= \frac{c}{r}, \\ \text{und } \zeta_1 &= z = \frac{w \cdot v^2}{g \cdot r}. \end{aligned}$$

Da die Abszisse l von B hinreichend genau übereinstimmt mit der totalen Bogenlänge $\widehat{A B_1} = s_1 = l + \frac{l^4}{40 \cdot c^2} \cdot l$, so nennen wir l kurzweg die *Länge* der Uebergangskurve. Mit der letztern ergibt sich dann noch für die Endordinate und für die Endneigung der Uebergangskurve:

$$B_1 B'_1 = y_1 = h = \frac{l^3}{6c} = \frac{l^2}{6r} \quad \text{und} \quad \text{tang } \tau_1 = p_1 = \frac{l^2}{2c} = \frac{l}{2r}.$$

Denkt man sich nun weiter den Kreisbogen $B_1 B_2$ über dessen Anfang B_1 hinaus verlängert bis zu demjenigen Punkte A , dessen Tangente zur Abszissenachse $T_1 A_1$ parallel ist, dann ergibt sich mit

$$\sphericalangle B_1 C A = \gamma_1 = B_1 D'_1 B'_1 = \tau_1 = p_1 = \frac{l}{2r}$$

für die Projektionslängen zum Bogenstück $\widehat{B_1 A}$:

$$B_1 B''_1 = \xi_1 = r \cdot \sin \gamma_1 = r \cdot \gamma_1 = \frac{l}{2}, \quad \text{so dass } l = 2\xi_1 \text{ wird,}$$

$$B''_1 A = \eta_1 = r - r \cdot \cos \gamma_1 = r \cdot \frac{\gamma_1^2}{2} = \frac{1}{2} \cdot \xi_1 \cdot p_1 = \frac{l^2}{8r}.$$

Indem wir nun noch die Abkürzung einführen

$$\frac{h}{4} = v = \frac{l^2}{24 \cdot r}$$

erhalten wir bezüglich der wichtigsten Abstände von der x -Achse

$$B_1 B'_1 = h = 4 \cdot v, \quad B''_1 A = \eta_1 = 3 \cdot v, \quad \text{somit } A A' = h - \eta_1 = v.$$

Hieraus folgt: Der mit dem abzusteckenden Kreisbogen $B_1 B_2$ konzentrische Kreisbogen vom Radius (vergl. Fig. 6)

$$r' = r + v$$

berührt die Geraden TT_1 und TT_2 in den Mitten A' und E' der Längen $l = A_1 B'_1$ und $l = E_2 B'_2$ derbei den Uebergangskurven. Diese Eigenschaft wird mit Vorteil für die Absteckung des Kreisbogens $B_1 B_2$ verwertet.

d) Als Hauptergebnisse der obigen Betrachtungen hat man nun die folgenden Beziehungen:

1. Bezüglich der ganzen Uebergangskurve:

$$\text{Kurvenkoeffizient: } c = \frac{n \cdot w \cdot v^2}{g} = l \cdot r,$$

$$\text{Kurvenlänge: } l = \frac{c}{r},$$

$$\text{Hülfsgrösse: } v = \frac{l^2}{24 \cdot r},$$

$$\text{Endordinate: } h = 4 \cdot v,$$

$$\text{Radius des Hilfskreises: } r' = r + v.$$

2. Hinsichtlich der Zwischenpunkte:

$$\text{Ordinate: } BB' = y = \frac{x^3}{6 \cdot c} = \left(\frac{x}{l}\right)^3 \cdot h,$$

$$\text{Neigung der Tangente: } \text{tang } \tau = p = \frac{x^2}{2c} = \left(\frac{x}{l}\right)^2 \cdot p_1,$$

$$\text{Abschnitt auf der y-Achse: } A_1 D = d = 2y,$$

$$\text{Bogenlänge: } A_1 \widehat{B} = s = x + \frac{1}{10} \cdot \left(\frac{x^2}{2c}\right) \cdot x,$$

$$\text{Schienenerhöhung: } \zeta = \frac{w \cdot v^2}{g \cdot \rho} = \frac{x}{n},$$

$$\text{Krümmungsradius: } \rho = \frac{c}{x} = \frac{l}{x} \cdot r,$$

Für den Punkt A wird mit $x = 0$: $\rho_0 = \infty$
 und » » » B_1 » » $x_1 = l$: $\rho_1 = r$; d. h.
 in den Endpunkten der Uebergangskurve findet eine Berührung zweiter Ordnung statt.

(Schluss folgt.)