



## Beitrag zur Absteckung der Bahnachse beim Baue zweiter Geleise mittelst Koordinaten von der Altlage aus nebst einem Spiegelinstrument zum Fällen radialer Visuren

Ernst Neumann <sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Schwarzenau*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen 4 (19–20, 21–22), S. 300–312,  
333–352

1906

Bib<sub>T</sub>E<sub>X</sub>:

```
@ARTICLE{Neumann_VGI_190628,  
Title = {Beitrag zur Absteckung der Bahnachse beim Baue zweiter Geleise  
mittelst Koordinaten von der Altlage aus nebst einem Spiegelinstrument zum  
F{\a}llen radialer Visuren},  
Author = {Neumann, Ernst},  
Journal = {{\O}sterreichische Zeitschrift f{\u}r Vermessungswesen},  
Pages = {300--312, 333--352},  
Number = {19--20, 21--22},  
Year = {1906},  
Volume = {4}  
}
```



$$A_1 = \cos \frac{\alpha + \xi}{2} \quad A_2 = \cos \frac{\alpha - \xi}{2} \dots \dots \dots 7)$$

Wenn wir diese Cosinus entwickeln, dann nimmt die quadrierte Gleichung 6) die überraschend einfache Form an:

$$n_1 \cos \xi + n_2 = \sqrt{n_3 + n_4 \sin \xi + n_5 \cos \xi + n_6 \cos^2 \xi} \dots \dots \dots 8)$$

wo  $n_1 \dots n_6$  gewisse Funktionen der gegebenen Größen  $a, b, c, \alpha, \beta, \gamma$  sind. Die zweite Quadrierung gibt einen Ausdruck von der Form:

$$\cos^2 \xi + m_1 \sin \xi + m_2 \cos \xi + m_3 = 0 \dots \dots \dots 9)$$

den wir durch Zusammenziehen der Mittelglieder leicht auf die Form bringen:

$$\cos z \xi + n \cos (\xi + \nu) + m = 0 \dots \dots \dots 10)$$

wo  $n, m, \nu$  bekannte Konstanten sind. Wenn wir  $\xi$  als Variable ansehen, ist 10) eine leicht konstruierbare Sinuskurve, die die Abszissenachse im allgemeinen in vier Punkten schneidet; es ist also eine versteckte Gleichung vierten Grades, wie auch Wellisch bemerkt. Sobald wir den Wert von  $\xi$ , also auch die Werte von  $A_1$  und  $A_2$  kennen, können wir auf Grund unserer ersten Bemerkungen auch die Kanten  $x, y, z$  berechnen.

Das Problem hat sogar acht Auflösungen. Die drei Strahlen  $x, y, z$  können nämlich auch nach rückwärts, in negativer Richtung verlängert werden, und der Punkt A kann auf dem  $x$ -Strahl sowohl auf den positiven, als auch auf den negativen Ast zu liegen kommen. Da das Analoge für B und C gilt, gibt es  $2 \cdot 2 \cdot 2 =$  acht Lagen, in denen das Dreieck ABC in die Strahlen  $x, y, z$  eingepaßt werden kann.

## Beitrag

### zur Absteckung der Bahnachse beim Baue zweiter Geleise mittelst Koordinaten von der Altlage aus nebst einem Spiegelinstrument zum Fällen radialer Visuren.

Von Ingenieur Ernst Neumann.

#### I. Einleitung.

Bei dem jetzt aktuellen Interesse an dem Baue zweiter Geleise halte ich es für zweckmäßig, meine geodätischen Erfahrungen, die ich in meiner Eisenbahnpaxis gesammelt habe, kurz faßlich den Praktikern zur rascheren Erledigung ihrer Absteckungsarbeiten zur Verfügung zu stellen.

Im allgemeinen sind die Gesichtspunkte, von denen aus ein zweites Geleise trassiert wird, sehr begrenzt. Der Trasseur eines solchen wird es sich selbstverständlich zum Grundsatz machen, das neue Geleis innerhalb zweier aufeinanderfolgenden Stationen, womöglich auf derselben Seite und in gleicher Entfernung vom Betriebsgeleise zu führen; doch ist er durch im Lichtraumprofile der Parallel-lage liegende, schwer zu beseitigende Objekte, oder um einen besseren Massenausgleich zu erzielen, oft gezwungen, von diesem Prinzip abzuweichen. Dies hat Verlegungen des neuen Geleises von der einen Seite der Altlage auf die andere zur Folge.

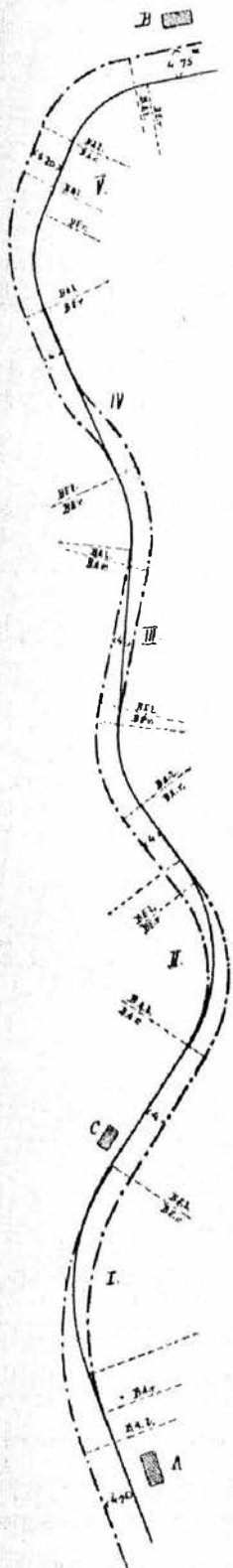


Fig. 1.

Es sei in Fig. 1 die voll gezogene Linie die Achse einer die Stationen A und B verbindenden Altlage. Verfolgt man an der Hand der Skizze die strichpunktiert eingezeichnete Achse des neuen Geleises, so bemerkt man von Station A ausgehend, daß das im Stationsbereiche mit  $4.75\text{ m}$  Achsenabstand gelegte durchlaufende Geleise in die für die freie Strecke normierte Geleisenfernung von  $4.00\text{ m}$  wird überführt werden müssen. Das außerhalb der Station liegende Objekt C, dessen Einlösung oder Umlegung bedeutende Mehrauslagen verursacht hätte, hat eine Verlegung der Neulage auf die rechte Seite zur Folge, so daß bei I eine Schwenkung der Geleise mit gleichzeitigem Übergang der Geleisenfernungen von  $4.75\text{ m}$  auf  $4.00\text{ m}$  angeordnet wurde. Im weiteren Verlaufe der Strecke ergeben sich noch mehrere durch Massenverteilung oder andere Beweggründe motivierte Verschwenkungen, deren Natur, dem Beispiel von A nach B entnommen, nachstehende sein kann. Bei II ist eine Verschwenkung im Bogen von  $4.00\text{ m}$  auf dieselbe Achsenentfernung durchzuführen; bei III ist eine solche in der Zwischengeraden angeordnet worden, indem die Verschiebung so vorgenommen wird, daß das alte rechte Geleis mit dem neuen rechten tangentiell und analog die linken Stränge verbunden werden. Bei IV tritt ein Sprung des Geleises in der Geraden ein, welcher durch Einschalten einer S-Kurve gelöst wird. Schließlich wäre noch der Stationsanschluß in B (V) als besonderer Fall näher zu betrachten, der zwar keine Verschwenkung, aber doch eine Abweichung von der Altlage zeigt, indem vorallererst die vor der Station sich befindliche Konstruktion einen Übergang auf einen größeren Geleisabstand — hier mit  $5.20\text{ m}$  angenommen — vorschreibt, welcher dann im folgenden Bogen auf  $4.75\text{ m}$  reduziert werden muß. Solche Abweichungen von der Parallellage der Geleise können wohl noch anderer Art sein, die ihrer Bedeutung nach speziell im weiteren Verlaufe behandelt werden sollen.

Dieses sind in großen Zügen, abgesehen von größeren Trassenverlegungen, jene allgemein möglichen Fälle, in welchen beim Baue zweiter Geleise Achsenabsteckungen an den bauausführenden Ingenieur herantreten. Bisher wurden solche nach den üblichen Methoden mit Hilfe des Instrumentes ausgeführt. Doch stoßen sie durch die künstliche Konfiguration des Terrains an einer Bahnlinie auf bedeutende Nachteile und ist man bei in Verlustgeraten eines oder mehrerer

Achsenpunkte wieder auf das Instrument angewiesen. Der Verfasser war daher bestrebt, die für ein zweites Geleise erforderlichen Festsetzungen, analog der in 4'00 m gelegten Parallellage, auch diese auf die Altlage ohne Hilfe eines Universalinstrumentes zu beziehen. Die neue Methode ist, da ihre Genauigkeit, wie später in der Fehlerbehandlung gezeigt wird, jener der Instrumentalmethoden nur unbedeutend nachsteht, für den Praktiker insoferne von großem Vorteile, als die vorzunehmenden Messungen mit ganz primitiven Hilfsmitteln vorgenommen werden können und sie daher dem bauausführenden Ingenieur ein sehr bequemes Mittel bietet, die auf die neue Achse bezogenen Bauwerke jederzeit auf ihre Richtigkeit zu prüfen, beziehungsweise die neue Bahnachse immer wieder abzustecken, ohne besondere Vorbereitungen hiezu treffen zu müssen.

Der leitende Gedanke der neuen Absteckungsmethode ist die neue Achse auf die alte als X-Achse eines Koordinatensystemes zu beziehen, dessen Ursprung der die Verschwenkung begrenzende gegebene Punkt der Altlage ist und dessen Ordinaten Normale des alten Geleises sind. Es werden daher für jeden Punkt ähnlich der Koordinatenaufnahme zwei Längenmessungen und das Geben einer normal zur Altlage gerichteten Visur nötig sein.

## II. Hilfsmittel zum Fällen normaler Visuren.

Ist die Verschwenkung in der Geraden gelegen, so kann das Errichten der für die Ordinaten erforderlichen Visur mit jedem Instrumente zum Abstecken rechter Winkel vorgenommen werden, was aber nicht mehr zutrifft, wenn die Verschwenkung im Bogen durchzuführen ist. Die zum Betriebsgeleise errichtete Normale ist dann eine Radiale des Bogens und könnte allenfalls mit Rücksicht darauf, daß die Radienrichtung jede zu ihr normale Sehne halbiert, auch durch das Aufsuchen des Halbierungspunktes einer solchen Sehne gefunden werden. Dies ist jedoch zu umständlich und bedient man sich lieber Hilfsmittel, welche die Radiale des Geleises unmittelbar vom Bogenpunkte ausstecken lassen.

Ein solches beim Bahnbaue allgemein übliches Werkzeug ist der Holzwinkel. Obwohl die mit ihm erzielte Genauigkeit, insbesondere für die kurzen Entfernungen, mit denen wir es im Folgenden zu tun haben werden, hinreicht, so hat er den großen Nachteil des Unhandlichen und Voluminösen. Der Verfasser hat deshalb ein Spiegelinstrument analog dem kompendiösen Winkelspiegel zum Abstecken radialer Visuren unmittelbar vom Bogenpunkte aus konstruiert, der im folgenden als «Radialspiegel» bezeichnet werden soll.

### Radialspiegel.

Denken wir uns über A (Fig. 2) zwei sich kreuzende Spiegel, deren Ebenen vertikal gedacht sind, mit den spiegelnden Flächen nach außen gekehrt, so wird der von B auf den Spiegel 1, 1 fallende Strahl in der Richtung des Halbmessers R reflektiert, wenn die Winkelhalbierende von B A U gleichzeitig das Einfallslot des einfallenden Strahles B A ist. Die Spiegelebene 1, 1 wird dann den supplementären Winkel B A O halbieren, und ist daher der Winkel, den «1, 1» mit dem Halbmesser einschließt,  $45 - \frac{\beta}{4}$ . Analog muß auch, unter der Voraussetzung,

daß B, und B' gleich weit von A abstehen, der Spiegel  $\times 2, 2 \times$  mit dem Radius den Winkel  $45 - \frac{\beta}{4}$  einschließen, wenn B, ebenfalls in der Richtung A U reflektiert werden soll. Ein in U gedachtes Auge wird dann die Bilder in der Richtung des Mittelpunktes zusammenfallend finden und eine mit diesen Bildern zur Deckung gebrachte Senkrechte wird die Radiale in A fixieren.

Die beiden Spiegel sind also gegeneinander unter dem Winkel

$$2 \times (45 - \frac{\beta}{4}) = 90^\circ - \frac{\beta}{2}$$

geneigt. Es ist gleich klar, daß bei einer konstanten Stellung der Spiegel für verschiedene Bögen erst die dem Winkel  $\beta$  entsprechende Bogenlänge gerechnet werden müßte; um dem vorzubeugen, ist das Instrument so ausgeführt, daß für eine konstante Bogenlänge die Spiegel dem jeweiligen Halbmesser entsprechend eingestellt werden können.

Zwei Dosen, deren Seitenwände durch vertikale Metallwände gebildet werden, sind derart übereinander angeordnet, daß ihre konisch ineinander greifenden Ringe eine gegenseitige Verdrehung gestatten. An den vertikalen Wänden sind mittelst Schraubchen s, von denen je zwei diagonal gegenüberliegende auf Zug, die beiden anderen auf Druck wirken, die Spiegel so angebracht, daß ihre spiegelnden Flächen genau durch die vertikale Achse der Dose gehen.

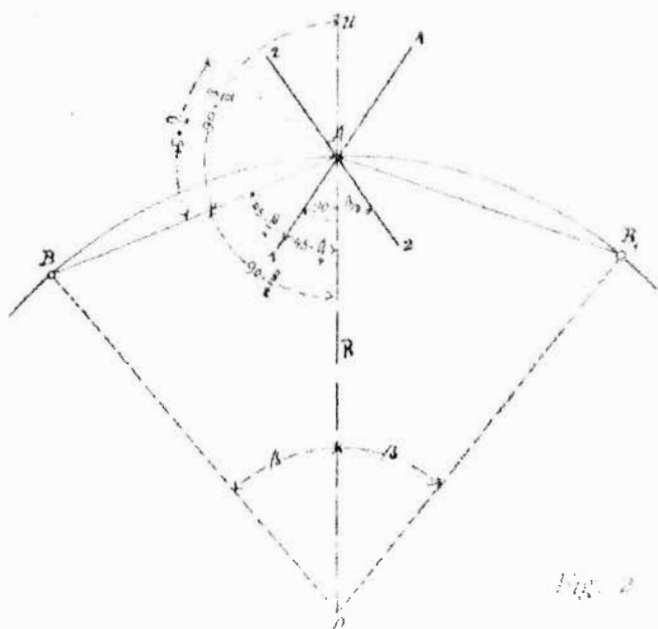


Fig. 2

in natürlicher Größe

vergrößert

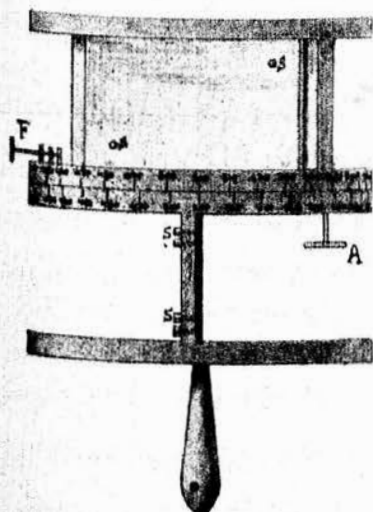
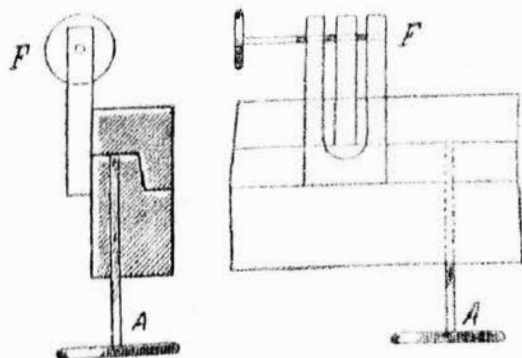


Fig. 3.



An den sich berührenden Ringen ist die Teilung einer bestimmten Bogenlänge\*) entsprechend für eine Anzahl von Radien\*\*) angeordnet. Da aber die Winkel für die gebräuchlichen Radien von einander nur sehr wenig differieren, wäre eine gewöhnlich gradierte Teilung bei dem geringen Durchmesser des Instrumentes nicht möglich anzubringen und ist daher für jeden Radius am unteren Ringe eine andere Nullmarke, die der Deutlichkeit wegen mit dem ihr entsprechenden Teilungsstrich des oberen Ringes die gleiche Radienbezeichnung trägt. Die Klemmschraube A fixiert nach handlicher grober Einstellung die beiden Teile gegeneinander, und kann man mit Hilfe der Feinbewegung F, die so ausgeführt ist, daß ein Zapfen des oberen Teilungsringes in einer Gabel des unteren mit Hilfe einer Mikrometerschraube bewegt werden kann, genau einstellen. An der untersten Scheibe ist eine Handhabe angebracht, die zwecks Anhängen eines Senkels durchlocht ist.

Verwendet wird das Instrument, indem man die Spiegel für den betreffenden Bogen einstellt, mit Hilfe des Senkels möglichst genau über den Bogenpunkt bringt, indem die Radiale abzusetzen ist, und nun den Radialspiegel um seine vertikale Achse so lange dreht, bis die Bilder der in den gleich weit entfernten Bogenpunkten aufgestellten Fluchtstäbe in einer Verlängerung liegen. Eine mit ihnen zur Deckung gebrachte Senkrechte gibt die Radiale. Die spiegelnden Flächen sind stets nach der entgegengesetzten Seite zu halten, nach welcher die Radiale gegeben werden soll.

### Prüfung und Berichtigung des Instrumentes.

Die Richtigkeit der radialen Visur ist abhängig: von der Einstellung der Spiegel, der vertikalen Lage derselben, der Zentrierung des Instrumentes, von der vertikalen Lage der Fluchtstäbe und schließlich von der Lage des Bogens.

1. Über die Einstellung des Winkels  $90 - \frac{\beta}{2}$ . Vorausgesetzt, daß wir in der Einstellung der Spiegel einen Fehler begangen hätten und der von ihnen eingeschlossene Winkel, z. B.  $90 - \frac{\beta}{2} - \delta$  betrage, so werden, wie aus der Konstruktion in Fig. 4 zu ersehen ist, die Bilder  $\mathfrak{B}$  und  $\mathfrak{B}_1$  nicht zur Deckung gelangen. Halten wir nun das Instrument so, daß die Radiale den Spiegelwinkel halbiert, so sind — die Bilder in gleichen Abständen von A markiert — sie auch gleich weit von der Radialen entfernt, und ihre Richtungen schließen mit letzterer den  $\mathfrak{X} \delta$  ein. Dies kann allerdings vom Standpunkte A aus nicht beob-

\*) Als zweckmäßig kann empfohlen werden, die Bogenlänge gleich der gebräuchlichen Schienenlänge zu wählen, da in diesem Falle beim Gebrauch des Instrumentes das Messen der Bogenlänge entfällt und man bloß die Fluchtstäbe, welche gleich weit entfernte Bogenpunkte markieren sollen, über den Schienenstößen aufzustellen braucht.

\*\*) Es genügt die Teilung in Intervallen von 10 m für Radien von 250 m bis 500 m vorzunehmen, da für dazwischenliegende Radien, ohne an Genauigkeit einzubüßen, der in der Teilung nächstliegende Radius gewählt werden kann. Auch ist das Instrument für Radien unter 250 m und über 500 m zu verwenden, da einem Vielfachen des Halbmessers dasselbe Vielfache der Bogenlänge bei demselben Zentriwinkel entspricht. Um den Spiegel auch zum Abstecken von Rechten verwenden zu können, wäre eine entsprechende Marke für die Stellung von  $45^\circ$  der Spiegel anzubringen.

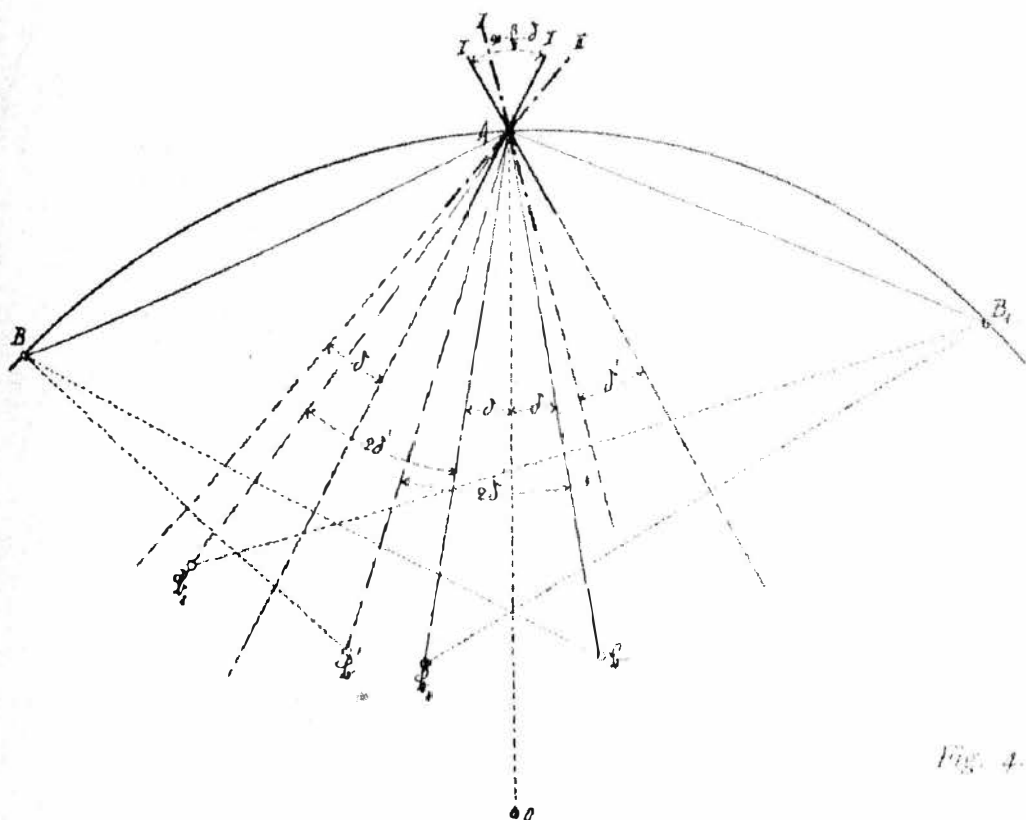


Fig. 4.

achtet werden. Drehen wir aber den Spiegel noch um den Winkel  $\delta'$ , so werden die Bilder um den doppelten Winkel  $2\delta'$  nach derselben Seite verschoben. Wird nun  $\delta'$  genügend groß gewählt, so werden beide Bilder auf derselben Seite des Beobachters erscheinen. Letzteres kann aber der Beobachter wenigstens so weit vermeiden, daß das eine der Bilder nicht über die Radiale hinausfällt.

Angenommen, wir würden bei der Einstellung des Winkels  $90 - \frac{\beta}{2}$  einen Fehler von  $3'$  begehen, so ist, den Grenzfall betrachtet, daß das eine der Bilder in die Richtung der Radialen fiel und wir in der Richtung des anderen Bildes einen Punkt im Abstände von  $500\text{ cm}$  markieren würden, der Betrag, um den dieser von der radialen Richtung abweicht,  $500\text{ cm} \cdot \sin 3' = 0.43\text{ cm}$ ; ein sehr minimaler Wert, der gegen die Dicke der Trassierstangen gar nicht in Betracht kommt, man also trotz der nicht genauen Einstellung die Bilder zur Deckung bringen kann.

2. Die vertikale Lage der Spiegel kann geprüft werden, indem zwei lotrechte Linien, z. B. Hauskanten mit dem Instrument betrachtet werden. Eine Neigung der Spiegel im Sinne der spiegelhaken Flächen ist von keinem Einflusse und wäre die Verdrehung der Spiegel welche auch immer, so ist stets nur die Neigung gegen die vertikal durch die Kreuzungslinie gedachte Ebene maßgebend. Eine eventuelle Berichtigung kann mit den Schraubchen  $s$  (Fig. 3) vorgenommen werden.

In Fig. 4 wurde vorausgesetzt, daß  $A \parallel B \parallel B_1$  seien; betrachten wir nun den Fall, daß zwar die Spiegel in relativer Lage richtig justiert wären, da-

gegen die Kreuzungslinie A geneigt, so werden die Bilder, da der eine Spiegel von seinem Gegenstande und der andere von den ihm entsprechenden um verschiedene Winkel gedreht erscheinen, sich kreuzen. Man muß daher trachten, A möglichst vertikal zu halten.

3. Die die Punkte B und B<sub>1</sub> markierenden Stäbe müssen möglichst lotrecht gehalten werden, da ein Schiefstehen im Spiegel im entgegengesetzten Sinne wiedergegeben wird, so daß man ebenfalls sich kreuzende Bilder erhält, die nicht zur Deckung gebracht werden können.

4. Das Instrument soll möglichst genau zentriert werden, d. h. es soll die Kreuzungslinie der Spiegel über den Bogenpunkt in der Natur gebracht werden.

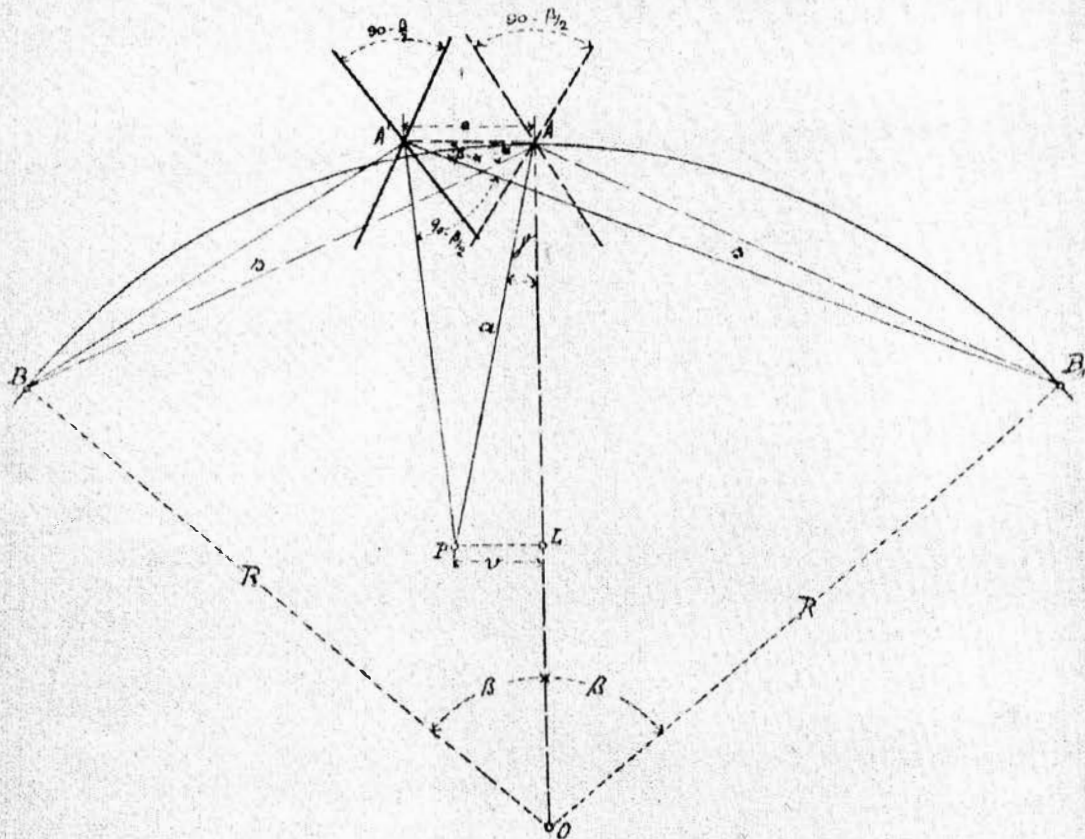


Fig. 5.

Hätten wir im Punkte A des Bogens KK (Fig. 5) eine Radiale zu geben, und würden wir das Instrument statt über A über A' bringen, so daß  $\Lambda\Lambda' = e$  und  $\sphericalangle A'AB = \alpha$  ist, so werden wir allerdings theoretisch die Bilder von B und B<sub>1</sub> nicht zur Deckung bringen können, da die Spiegel auf  $90 - \frac{\beta}{2}$  und nicht, wie es der Figur nach sein müßte, auf den halben Winkel der Strahlen BA' und B<sub>1</sub>A' eingestellt sind. Da aber die Exzentrizität e im Vergleiche zur gewählten Sehnenlänge s im allgemeinen eine verschwindend kleine Größe sein wird, können wir die von den Punkten B und B<sub>1</sub> auf die Spiegelstellungen in A und A' einfallenden Strahlen als parallel und somit den Winkel derselben in A' gleich dem in A annehmen, also

$$\sphericalangle BA'B_1 = \sphericalangle BAB_1 = 180 - \beta$$



so daß trotz der exzentrischen Aufstellung die Bilder von B und B<sub>1</sub> sich decken werden. Messen wir nun von A auf dieser in A' erhaltenen Visur in der Entfernung a einen Punkt P ein, so ist dieser aus seiner richtigen Lage verschoben um

$$v = a \cdot \sin \gamma \quad \dots \dots \dots (1)$$

Im Dreiecke AA'P ist

$$\sphericalangle AA'P = 90 + \frac{\beta}{2} - \alpha \text{ und daher } \sin A'PA = \frac{e}{a} \cos \left( \alpha - \frac{\beta}{2} \right)$$

Der Winkel  $\gamma$  läßt sich aus den Winkeln um A bestimmen und ist

$$\gamma = 90 - \frac{\beta}{2} + \alpha - 90 + A'PA + \frac{\beta}{2} - \alpha$$

oder

$$\gamma = A'PA \text{ und } \sin \gamma = \frac{e}{a} \cos \left( \alpha - \frac{\beta}{2} \right)$$

daher

$$v = e \cdot \cos \left( \alpha - \frac{\beta}{2} \right) \quad \dots \dots \dots (2)$$

d. h. der Zentrierungsfehler nimmt mit der Exzentrizität zu, wird jedoch mit größerem  $\alpha$  kleiner. In steileren Bögen ist der Fehler merkbarer.

Z. B. Wir würden bei einem 500 Bogen für eine Bogenlänge von 10 m ( $\beta = 0^\circ 34' 23''$ ) einen Fehler von  $e = 2 \text{ cm}$  und  $\alpha = 30''$  begehen, so ist

$$v = 2 \text{ cm} \cdot \cos 29^\circ 25' 37'' = 2 \cdot 0.871 = 1.742 \text{ cm}$$

Der Maximalwert ist e für  $\sphericalangle \alpha = \sphericalangle \frac{\beta}{2}$ .

5. Bei unseren bisherigen Betrachtungen über die Verwendung des Radialspiegels setzten wir stets eine theoretisch richtige Lage des Bogens voraus. Nun findet man dies in Wirklichkeit nicht, sondern wird sich der Altbestand bei näherer Untersuchung im allgemeinen als Korbbogen von unzähligen Radien ergeben. Welchen Einfluß nimmt nun die nicht theoretisch richtige Lage des Bogens auf den Gebrauch des Spiegels?

Sei für einen Radius R die Spiegelstellung  $90 - \frac{\beta}{2}$  fixiert und hätte der von A nach rechts verlaufende Bogen (Fig. 6) nicht mehr den Radius R sondern R<sub>1</sub> (mit dem zugehörigen Zentriwinkel  $\beta_1$ ), so ändert sich

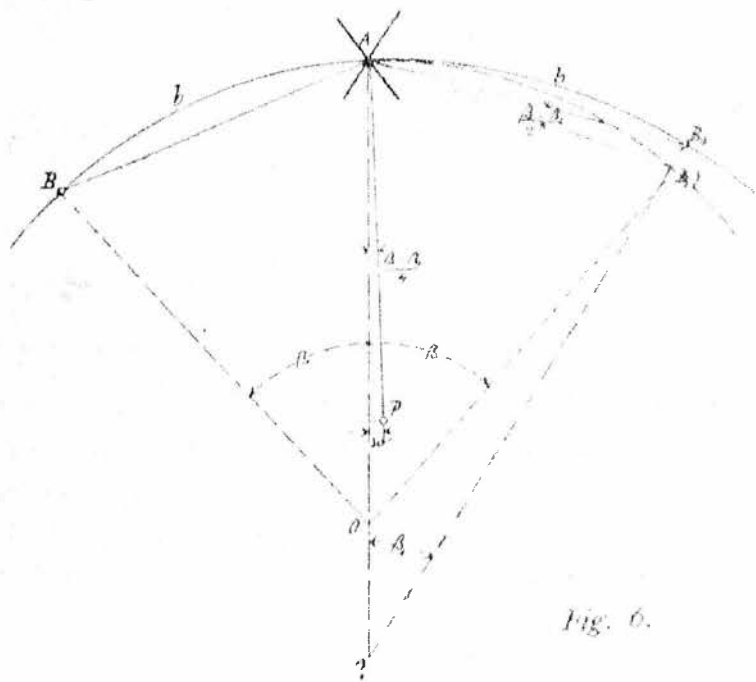


Fig. 6.

der von den Punkten B und B<sub>1</sub> auf die Spiegel einfallenden Strahlen eingeschlossene Winkel um  $\frac{\beta - \beta_1}{2}$ . Theoretisch wird man also die Bilder wieder nicht zur Deckung bringen können, doch wird diese geringe Änderung des Winkels nur eine geringfügige Verschiebung in der Verlängerung der Bilder zur Folge haben. Die so erhaltene Visur ist aber nicht die verlangte Radiale, sondern die Halbierende des Winkels BAB<sub>1</sub>, und weicht diese von der Radialrichtung um  $\frac{\beta - \beta_1}{4}$  ab. Die Verschiebung eines in der Entfernung a abgesetzten Punktes beträgt daher

$$w = a \cdot \sin \frac{\beta - \beta_1}{4} \dots \dots \dots 3)$$

Nehmen wir z. B. an, die Spiegel wären für einen Radius R = 400 m und eine Bogenlänge von 20 m eingestellt und der in A anschließende Bogen hätte den Radius 420 m, so ist für a = 5.00 m

$$w = 500 \text{ cm} \times \sin \frac{1^\circ 25' 57'' - 1^\circ 21' 51''}{4} = 500 \times 0.000296 = 0.15 \text{ cm}$$

d. h. die schon bedeutend angenommene Änderung des Radius hat fast keinen Einfluß auf den Gebrauch des Radialspiegels.

### III. Absteckung der Verschwenkungen.

Auf Grund des in der Einleitung angeführten Beispiels sollen nun folgende Achsenabsteckungen zweiter Geleise näher untersucht werden:

1. Absteckung einer Verschwenkung in der Geraden: a) bei gleichbleibender Geleisentfernung, b) bei Änderung der Geleisentfernungen.
2. Absteckung einer Verschwenkung im Bogen: a) bei gleichbleibender Geleisentfernung, b) bei Änderung derselben.
3. Absteckung einer Verschwenkung in der Zwischengeraden als «Tangenschwenkung» bezeichnet.
4. Absteckungen der neuen Achse infolge Änderung des Geleisabstandes. a) Die Änderung erfolge in der Geraden; b) sie erfolge im Bogen.

#### 1. Absteckung einer Verschwenkung in der Geraden.

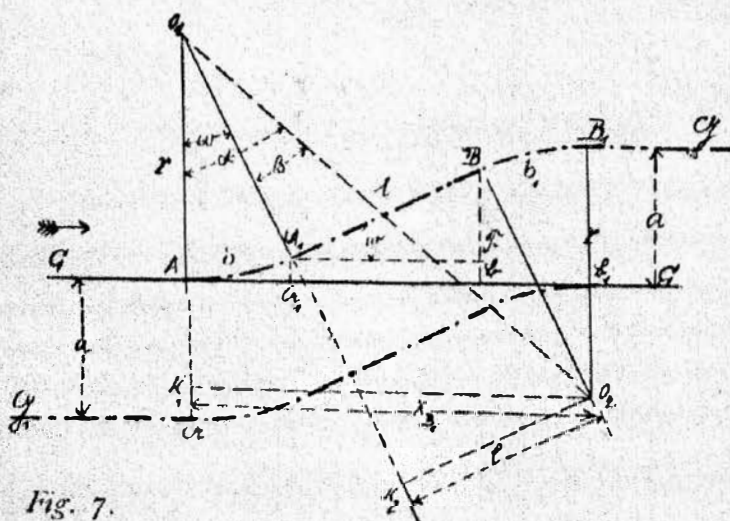


Fig. 7.

a) Bei gleichbleibender Geleisentfernung. Es sei in Fig. 7 das voll durchgezogene Geleise GG mit der strichpunktiert eingezeichneten Neulage GG' zu verbinden. Dieses Einbinden erfolgt durch Einlegen einer S-Kurve. Letztere setzt sich aus zwei gleich langen Bögen mit möglichst großem

Halbmesser und einer den verwendeten Radien angepaßten Zwischengeraden zusammen.

Entsprechend dem auf Seite 302 ausgesprochenen Grundsatz wollen wir diese S-Kurve mit Hilfe von Koordinaten vom Betriebsgeleise abstecken. In dem Falle, wo der Altbestand geradlinig ist, werden wir mit rechtwinkligen Koordinaten zu tun haben.

Die Projektion der Länge der ganzen Verschiebung  $AB_1$  läßt sich aus den Dreiecken  $O_1 O_2 K_1$  und  $O_1 O_2 K_2$  einfach rechnen, indem bei einer angenommenen Geleisentfernung  $a$ , einem gewählten Radius  $r$  und einer Länge  $l$  der Zwischengeraden der S-Kurve, sich ergibt:

$$O_1 O_2^2 = O_1 K_1^2 + K_1 O_2^2 = O_1 K_2^2 + O_2 K_2^2$$

oder

$$(2r - a)^2 + x_{B_1}^2 = 4r^2 + l^2$$

und hieraus

$$AB_1 = x_{B_1} = \sqrt{l^2 + 4ra - a^2} \dots \dots \dots 4)$$

Zur Erlangung von Zwischenpunkten beziehen wir den Bogen  $b$  auf das durchlaufende Geleis als Abszissenachse und  $A$  als Ursprung und ist

$$x^2 + y^2 - 2ry = 0 \dots \dots \dots 5)$$

woraus für ein gewähltes  $x$  das zugehörige  $y$  gerechnet werden kann.

Da der Bogen  $b_1$  mit dem Bogen  $b$  kongruent ist, braucht man die Koordinaten vom Ersteren nicht erst besonders zu rechnen, da für Abszissen  $x_1 = x_{B_1} - x$  des Bogens  $b_1$  die Relation der Ordinaten besteht:

$$y_1 = a - y \dots \dots \dots 6)$$

Von besonderer Wichtigkeit sind noch die Begrenzungspunkte der Zwischengeraden oder das Bogenende  $A_1$  des Bogens  $b$  bzw. der Bogenanfang  $B$  des zweiten Bogens. Nach der Definition der S-Kurve als aus gleich langen Bögen zusammengesetzt, müssen wohl auch ihre Projektionen gleich lang sein, und es ist:

$$AA_1 = BB_1 = \frac{AB_1 - A_1B}{2} \dots \dots \dots 7)$$

$A_1B$  die Projektion der Zwischengeraden ergibt sich aus dem Dreiecke  $A_1BF$

$$A_1B = A_1F = l \cdot \cos w \dots \dots \dots 8)$$

und Winkel  $w$  wird erhalten als Differenz der Winkel  $\alpha$  und  $\beta_1$  und ist

$$w = \arctg \frac{x_{B_1}}{2r - a} - \arctg \frac{l}{2r} \dots \dots \dots 9)$$

Es sind dann die Abszissen der Punkte  $A_1$  und  $B$

$$x_{A_1} = \frac{x_{B_1} - l \cdot \cos w}{2} \dots \dots \dots 10)$$

und

$$x_B = \frac{x_{B_1} + l \cdot \cos w}{2} \dots \dots \dots 11)$$

die Ordinaten werden nach den zugehörigen Gleichungen 5) und 6) gerechnet. Wie aus Fig. 7 ersehen werden kann, kommen für Zwischenpunkte des ersten Bogens nur Abszissen von 0 bis  $x_{A_1}$  und für solche des zweiten bloß Abszissen von  $x_B$  bis  $x_{B_1}$  in Betracht.

Hat man nun eine solche Verschwenkung abzustecken, so rechnet man nach Berücksichtigung der Gleichungen 4—11 die Länge  $x_1$  der ganzen Verschwenkung sowie die Koordinaten der Punkte  $A_1$  und B und steckt diese nach der gewöhnlichen Koordinatenmethode ab. Bezüglich der Zwischenpunkte ist es vollkommen hinreichend, bei den kurzen Bögen einer S-Kurve nur noch die Bogenmitten festzusetzen. Es ist die Abszisse der Mitte des Bogens b

$$x_b = \frac{x_{A_1}}{2} = \frac{x_{B_1} - 1 \cdot \cos w}{4} \dots \dots \dots 12)$$

und jene der zweiten Bogenmitte

$$x_{b_1} = \frac{x_B + x_{B_1}}{2} = \frac{3x_{B_1} + 1 \cdot \cos w}{4} \dots \dots \dots 13)$$

Die Ordinaten ergeben sich wieder aus den Gleichungen 5) und 6).

Der rechte\*) Teil der Verschwenkung kann nun mit denselben Werten nur von  $B_1$  gegen A bestimmt werden. Es ist aber durchaus nicht nötig, in diesem Falle auch den rechten Teil abzustecken, da die Geleise auch innerhalb der Verschwenkung parallel bleiben und die Ausarbeitung des Unterbaues sowie die Vorlegung des Oberbaues auf eine der abgesteckten Achsen bezogen werden kann.

b) Änderung der Geleisentfernung. Sind zu beiden Seiten der Altlage verschiedene Achsenabstände, so geschieht die Absteckung der Verschwenkung nach denselben Formeln wie bei Aufgabe 1 a); doch werden hier beide Seiten besonders behandelt werden müssen, da infolge der verschiedenen Geleisabstände die im Bereiche der Verschwenkung liegenden Teile der Geleise nicht parallel sein werden.

## 2. Absteckung einer Verschwenkung im Bogen.

a) Bei gleichen Achsenabständen. Es sei in Fig. 8 eine solche Verschwenkung durchzuführen, indem das rechte neue Geleise mit dem alten so zu verbinden ist, daß das Bogenende BE des alten Bogens festgehalten wird. Der Zentriwinkel  $\alpha$ , der aus dem Längenprofil zu entnehmenden Bogenelementen gerechnet werden kann\*\*), ist infolge der parallel einlaufenden Tangenten beiden Bögen eigen. Es läßt sich somit für die Geleisentfernung a die Verschiebung x des  $B_1 A_1$  gegen BA und der Radius  $R_1$  des neuen Bogens rechnen. Es ist

$$R - a = R_1 + x \cot \alpha$$

und aus Dreieck  $OO_1 K$

$$R - R_1 = \frac{x}{\sin \alpha}$$

Aus diesen beiden Gleichungen

$$x = \frac{a \sin \alpha}{1 - \cos \alpha} \dots \dots \dots 14)$$

$$R_1 = R - \frac{a}{1 - \cos \alpha} \dots \dots \dots 15)$$

\*) Es sei hier darauf aufmerksam gemacht, daß in sämtlichen Figuren die angegebene Pfeilrichtung maßgebend für die Bezeichnung des linken bzw. rechten Geleises ist.

\*\*) Unter der Voraussetzung, daß der Radialspiegel eine Gradteilung tragen kann mit hinreichender Genauigkeit der Zentriwinkel auch mit ihm auf sehr einfache Weise gemessen werden.

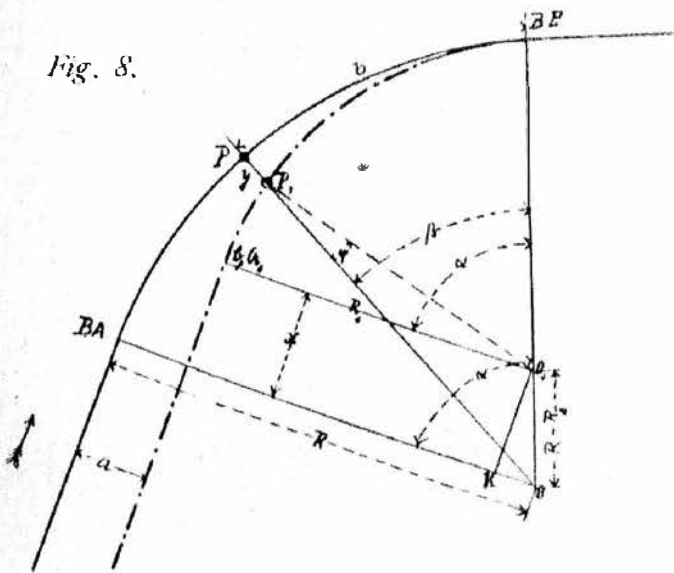
Die Absteckung der Bogenkleinpunkte soll nun durch sogenannte Kreiskoordinaten erläutert werden, indem für eine beliebig gewählte Bogenlänge  $b$  des alten Bogens das in der Radialrichtung desselben Bogens aufzutragende  $y$  gerechnet wird. Aus dem Dreiecke  $OO_1P_1$  ist

$$\left. \begin{aligned} \sin \varphi &= \frac{R - R_1}{R_1} \cdot \sin \beta \\ y &= R - R_1 \cdot \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\sin \beta} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 16)$$

Man rechnet nach diesen Gleichungen für eine gewisse Anzahl beliebig gewählter Bogenpunkte die zugehörigen Ordinaten, welche man gemeinschaftlich mit der Verschiebung  $x$  und dem Radius  $R_1$  in einem Protokolle zusammengefaßt und vermag so durch die beiden Koordinaten  $b$  und  $y$  den Bogen jederzeit festzulegen bzw. zu kontrollieren.

In Fig. 8 wurde die Verschiebung im ganzen Bogen durchgeführt. Es kann diese aber auch nur in einem Teile vorgeschrieben werden. Dann ist das festgehaltene  $BE$  der Korbbogenpunkt des anschließenden Bogens mit dem Halbmesser  $R$ . An der Lösung der Aufgabe ändert sich nichts, da die Korbogentangente der in

Fig. 8.



Figur 8 gezeichneten gleichkommt.

Der in diesem Falle zum Innenbogen konzentrische Außenbogen hat einen Radius  $R_1 + a$  und zur Absteckung der Zwischenpunkte dienen die aus Fig. 9 entnommenen Gleichungen 17. Der dem Punkte  $P$  des alten Bogens — in der Bogenlänge  $b$  von  $BE$  — radial entsprechende Punkt  $P_1$  der neuen Außenachse wird durch

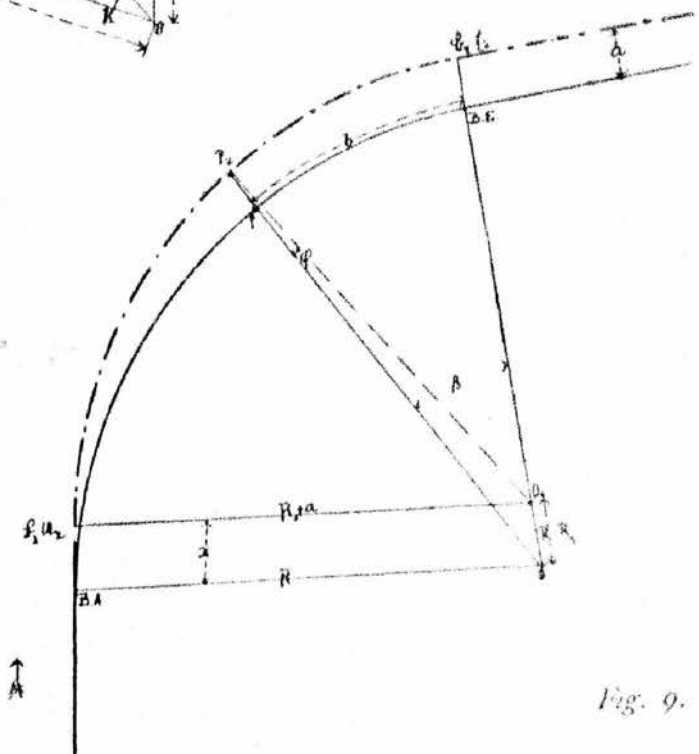


Fig. 9.

Absetzen der Ordinate  $y_1$  in der Radialvisur OP erhalten. Aus dem Dreiecke  $OO_1P_2$  ist

$$\left. \begin{aligned} \sin \varphi_1 &= \frac{R - R_1}{R_1 + a} \cdot \sin \beta \\ y_1 &= (R_1 + a) \frac{\sin(\varphi_1 + \beta)}{\sin \beta} - R \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 17)$$

(Schluß folgt)

## Die neuerlichen Petitionen

der

### k. k. Evidenzhaltungs-Beamten.

(Fortsetzung).

**III. Petition** betreffend die Besserung der ungünstigen Avancementsverhältnisse:

Hohes k. k. Finanz-Ministerium!

Bereits vor mehr als 3 Jahren haben die Vertreter der k. k. Vermessungsbeamten dem Hohen k. k. Finanz-Ministerium eine Denkschrift, betreffend eine Besserung ihrer ganz unhaltbaren Avancementsverhältnisse zur hochgeneigten Würdigung und gerechten Berücksichtigung unterbreitet, leider ohne jeden bisher sichtbaren Erfolg.

Die Leitung des Vereines der k. k. Vermessungsbeamten erachtet es demnach als ihre Pflicht, mit aller schuldigen Ehrerbietung, jedoch auch mit der gebotenen Festigkeit jene Wünsche neuerdings vorzubringen, zu deren endlicher Berücksichtigung nicht nur ein unaufhaltsam fortschreitender Zeitgeist, sondern in erster Linie die ewig wahren Gebote von Recht, Gerechtigkeit und Menschlichkeit drängen.

Im Punkte 1 unseres eingangs bezogenen Memorandums vom Jahre 1903 wurde in erster Linie die Besserung der Avancementsverhältnisse im allgemeinen besprochen.

Nun erneuern wir dieses dringende Ansuchen, welches sich erstreckt:

1. auf die Verbesserung der Avancementsverhältnisse der Eleven;
2. auf die gänzliche Auflassung der XI. Rangklasse im ausübenden, und der VIII. Rangklasse im Überwachungsdienste;
3. auf die Einführung des Einviertel-Systems für das im ausübenden Dienste in Verwendung stehende Personale derart, daß je ein Viertel desselben in die X., IX., VIII. und VII. Rangklasse eingereiht werde;
4. auf die Systemisierung von Dienstesstellen in der VII. Rangklasse derart, daß einem jeden Funktionär im ausübenden Dienste die Erreichung dieser Rangklasse bei makelloser Aufführung möglich wird;
5. auf die Einreihung des im Überwachungsdienste stehenden Personales in die VII. und VI. Rangklasse, u. z. in dem Verhältnisse, daß zwei Drittel sämtlicher Aufsichtsorgane die VII. und ein Drittel die VI. Rangklasse bekleiden soll;
6. durch Kreierung wirklicher Hofratsstellen beim k. k. Finanz-Ministerium in Wien.

Luftdruckmessung benutzte. Über die Konstruktion anderer Schweremessungsapparate zur See verlautet noch nichts. Brillouin, der sich auf Wunsch der Internationalen Erdmessung darum bemüht und eine Quarzlamelle benutzen will, ist noch mit dem Studium solcher Lamellen beschäftigt.<sup>1)</sup> Immerhin steht in Aussicht, daß Schweremessungen auf dem Meere durch Interpolations-Instrumente im Laufe der Zeit möglich werden.

Graz, im Feber 1906.

## Beitrag

### zur Absteckung der Bahnachse beim Baue zweiter Geleise mittelst Koordinaten von der Altlage aus nebst einem Spiegelinstrument zum Fällen radialer Visuren.

Von Ingenieur Ernst Neumann.

(Schluß).

Die Absteckung des Außenbogens ist, da die Geleise parallel bleiben, nicht durchaus notwendig. Wird trotzdem dieselbe vorgenommen, so kann man ohne die Genauigkeit zu beeinträchtigen, für  $y_1 = a - y$  setzen, denn nach Fig. 10, in welcher P ein Punkt der Altlage,  $P_1$  und  $P_2$  die korrespondierenden Punkte der Radialrichtung PO der neuen Achse sind, ist, das Dreieck  $P_1P_2H$  als geradlinig rechtwinklig betrachtet

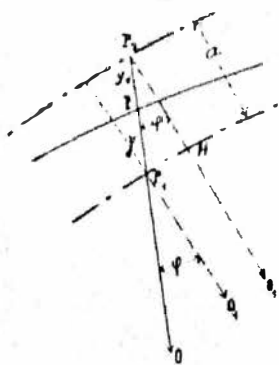


Fig. 10.

$$P_1P_2 = \frac{a}{\cos \varphi_1} = y + y_1$$

und

$$y_1 = \frac{a}{\cos \varphi_1} - y$$

Setzen wir aber  $y_1' = a - y$ , so ist der Fehler, den wir in  $y_1$  begehen

$$\Delta y_1 = y_1 - y_1' = \frac{a}{\cos \varphi_1} - a = \frac{a}{\cos \varphi_1} (1 - \cos \varphi_1)$$

$\varphi_1$  ist im allgemeinen, selbst für eine größere Bogenlänge noch ein sehr kleiner Winkel, daher  $\Delta y_1 = 0$ . Betrachten wir z. B. den ungünstigen Fall der Verschwenkung eines 350er Bogens, so ist für diesen für eine Bogenlänge von 130 m  $\varphi_1 = 3^\circ 16' 50''$ , und bei einem  $a = 400$  m ergibt sich  $\Delta y_1$  mit 0.64 cm.

Der Radius  $R_1$  des verschwenkten Innenbogens wird nach Gleichung 15) stets kleiner sein als der der alten Trasse. Letztere wird somit nach der Verschwenkung schärfer. Man wird gut tun, sich ein Bild über die zu verschwenkende Bogenlänge zu machen, um  $R_1$  nicht zu klein zu erhalten. Nach Gleichung 15) ist

$$R_1 = R - \frac{a}{1 - \cos \alpha}$$

woraus sich ergibt

$$\cos \alpha = 1 - \frac{a}{R - R_1}$$

<sup>1)</sup> Über die nähere Konstruktion findet sich noch nichts. Vgl. hierzu die Quarzlastenwage von R. Threlfall und J. A. Pollock in Zeitsch. f. Instrumentenkunde 1900, S. 151.

Für einen 350er Bogen, der nach der Verschwenkung einen Minimalradius 300<sup>m</sup> haben soll, muß für die übliche Geleisentfernung  $400^m \cos \alpha = \frac{46}{50}$  sein, welcher Cosinus ungefähr 23° und einer zu verschwenkenden Bogenlänge von 140<sup>m</sup> im Minimum entspricht.

b) Bei wechselnder Geleisentfernung. Die Absteckung des Innenbogens geschieht wie in der vorbesprochenen Aufgabe; da aber infolge der variierenden Geleisentfernungen die verschwenkten Bögen nicht mehr parallel sind, ist man im Gegensatze zu gleichen Geleisabständen in diesem Falle genötigt, auch die Achse des linken Geleises abzusetzen. Dies erfolgt ebenfalls von der Altlage vom angenommenen Ursprunge BE, indem die Gleichungen 17) sinngemäße Anwendung finden. Für den Außenbogen ist jetzt  $R_2$  nicht mehr  $R_1 + a$ , sondern ist aus dem Dreiecke  $OO_2H$

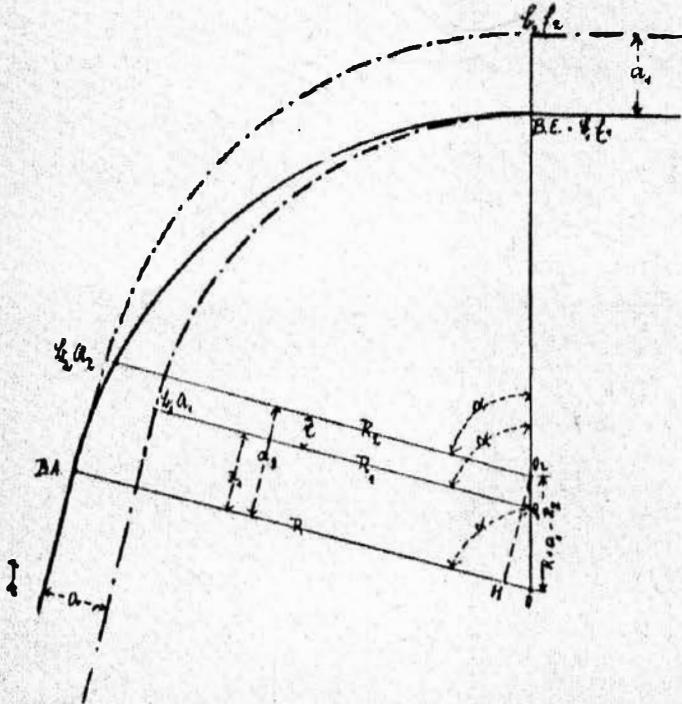


Fig. 11.

aus dem Dreiecke  $OO_2H$

$$R + a_1 - R_2 = \frac{x_2}{\sin \alpha}$$

$$R_2 = R - x_2 \cdot \cot \alpha$$

und aus diesen beiden

$$x_2 = \frac{a_1 \cdot \sin \alpha}{1 - \cos \alpha} \dots \dots \dots 18)$$

$$R_2 = R - \frac{a_1 \cos \alpha}{1 - \cos \alpha} \dots \dots \dots 19)$$

Vergleichen wir diese beiden Gleichungen mit den analogen 14) und 15) für den Innenbogen, so sieht man, daß die Verschiebung des neuen Bogenanfangs gegen den des alten Geleises in gleichem Verhältnisse zur Geleisentfernung zunimmt. Nach Gleichung 15) ist  $R_1$  stets kleiner gegen den alten Radius  $R$ , nach Gleichung 19), hängt aber noch vom Cosinus des Zentriwinkels ab und ist für einen stumpfen Winkel  $R_2 > R$ , für einen spitzen  $R_2 < R$ .

Günstiger scheint die Lösung für den Außenbogen durch Festhalten des entgegenliegenden Hauptpunktes — in Fig. 11 BA — als Ursprung der Kreiskordinaten, da die Tangente länger, der Bogen also flacher wird. Doch ist zu bemerken, daß durch diese Verflachung des Außenbogens der Geleisabstand der verschwenkten Bögen stellenweise unter die Norm fällt, daher man immer den auf Seite der größeren Geleisentfernung liegenden Hauptpunkt der alten Achse als Ausgangspunkt der Absteckung festhalten wird. Ist man aber, wie z. B. in dem Falle, daß nicht der ganze Bogen zur Verschwenkung gebracht werden



sollte, zu einem Korbhogen genötigt, wo die kleinere Geleisentfernung auf der Bogen­seite liegen würde, so wird man durch entsprechende Verkürzung der Tangente des Außenbogens, mit anderen Worten durch ein weiteres Hinausschieben des Bogenanfangs einem Näherrücken des Doppel­geleises unter die normierte Mindestentfernung vorbeugen.

### 3. Tangentenschwenkung.

Wie bereits eingangs erwähnt, geht diese Art der Verschwenkung der Ge­leise derart vor sich, daß der alte Strang mit dem gleichseitigen neuen tangen­tiell verbunden wird. Der ausführende Ingenieur hat somit die Aufgabe, «eine gemeinschaftliche Tangente an 2 Bögen» zu lösen. Diese Aufgabe wurde bisher durch ein versuchsweises Vorgehen so gelöst, daß man sich von einem zwischen den Bögen gelegenen Standpunkte annähernd in die gemeinschaftliche Tangente eingerückt hat. Daß eine auf solche Weise erhaltene Lösung viel an Genauigkeit wünschen läßt, ist selbstverständlich; doch erfordert auch ein solches Einrücken meistens eine ganz geraume Zeit, so daß diese in gar keinem Verhältnisse zu der erhaltenen Genauigkeit steht. Der Verfasser hat nun im Vereine mit einem Kollegen eine Instrumentallösung dieser Aufgabe gefunden, welche direkte Re­sultate liefert.<sup>1)</sup> Diese soll nun in den folgenden Zeilen dem Grundprinzipe, alle Absteckungen von der alten Bahnachse vorzunehmen, angepaßt werden.

Die Lösung basiert auf dem Ähnlichkeitspunkte zweier Kreise. Da Tangen­tenschwenkungen meistens bei «Kontrabögen» vorkommen, wollen wir uns an dieser Stelle bloß mit dem inneren Ähnlichkeitspunkte befassen.

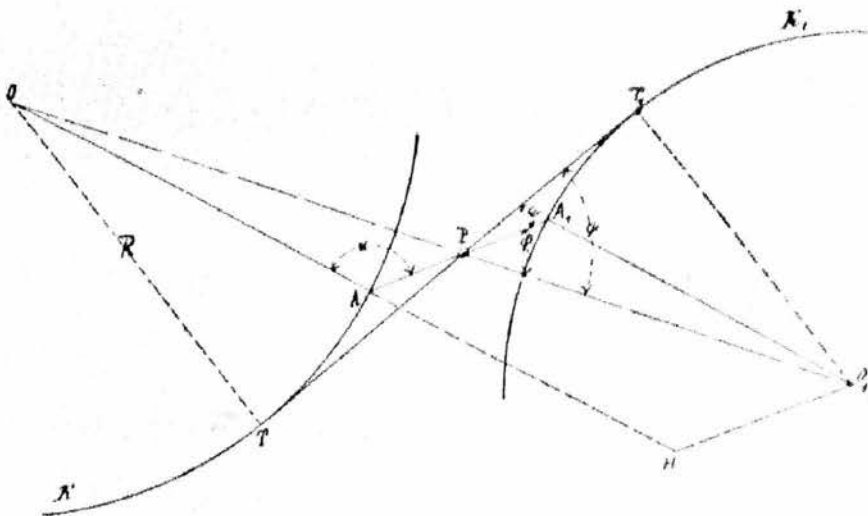


Fig. 12.

Seien in Fig. 12 K und  $K_1$  zwei Kontrabögen, an die eine gemeinschaftliche Tangente zu legen wäre;  $AA_1$  die Verbindungslinie paralleler aber entgegen­gesetzt gerichteter Radien, die durch den inneren Ähnlichkeitspunkt hindurch-

<sup>1)</sup> Die «gemeinschaftliche Tangente an zwei Kreise» für die Absteckung von Eisenbahntrassen mit besonderer Berücksichtigung der Übergangskurven. Von den Ing. Ernst Neumann u. Karl P. Vajkai. (Österr. Zeitschrift für Vermessungswesen, Juni- u. Juliheft 1906).

gehen muß und deren Länge und ebenso den Winkel  $\alpha$  wir als bekannt voraussetzen wollen, so liefert sie mit der Zentralen  $OO_1$  der beiden Kreise den inneren Ähnlichkeitspunkt P.  $O_1H$  parallel zu  $AP$  gezogen, verhält sich:

$$AP : O_1H = OA : OH$$

$$\text{oder } AP : AA_1 = R : R + R_1$$

und hieraus 
$$AP = \frac{R}{R + R_1} \cdot \overline{AA_1} \dots\dots\dots 20)$$

Nun ist nach dem Karnot'schen Satze aus dem Dreiecke OAP

$$\overline{OP}^2 = R^2 + \overline{AP}^2 - 2R \cdot \overline{AP} \cdot \cos \alpha \dots\dots\dots 21)$$

und 
$$\sin \varphi = \frac{R}{OP} \cdot \sin \alpha \dots\dots\dots 22)$$

Das rechtwinkelige  $\triangle OTP$  gibt

$$\sin \psi = \frac{R}{OP} \dots\dots\dots 23)$$

und 
$$\overline{PT}^2 = \overline{OP}^2 - R^2 \dots\dots\dots 24)$$

so daß schließlich nach Figur ist

$$\sphericalangle \epsilon = \sphericalangle \psi - \sphericalangle \varphi \dots\dots\dots 25)$$

Die aus dieser Ableitung sich ergebende Instrumentallösung ist nun folgende: Man mißt auf  $AA_1$  den inneren Ähnlichkeitspunkt ein, stellt das Instrument über P auf, gibt die Visur nach A, dreht diese um den Winkel  $\epsilon$  (Gl. 25) und braucht bloß auf der erhaltenen Visur PT (Gl. 24) abzutragen.

Zwecks Anpassung der Aufgabe zu dem bereits wiederholt ausgesprochenen Grundsätze diene folgende Betrachtung: Die in Fig. 13 voll gezogene Linie sei die Achse des alten Betriebsgeleises, welches bei Anlage des zweiten Geleises in der Zwischengeraden verschwenkt werden soll. Man wird daher den Bogen G mit dem neuvorgelegten  $G_1$  tangentiell verbinden und analog die rechtsseitigen Stränge. Bei Annahme gleicher Gleisentfernungen vor und hinter der Verschwenkung werden die neuen Tangenten auch parallel sein, es genügt daher, die Absteckung für eine der Bahnseiten durchzuführen.

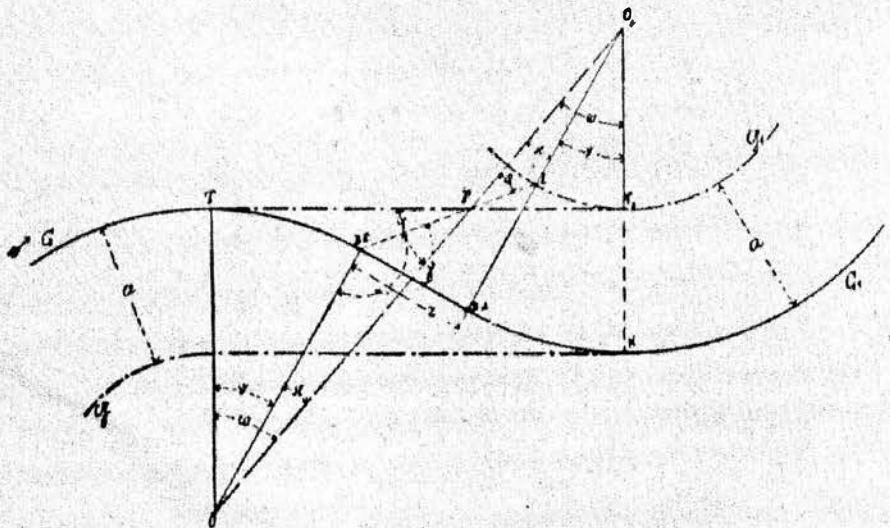


Fig. 13.

Es handelt sich vor allem um die Länge der Verbindungslinie  $\widehat{BE.L}$  der entgegengesetzt gerichteten Halbmesser und den Winkel  $\alpha$ . Die Länge  $z$  der Zwischengeraden des alten Geleises kann als bekannt vorausgesetzt werden, und es ist

$$\widehat{BE.L} = z^2 + a^2 \dots \dots \dots 26)$$

Aus demselben rechtwinkligen Dreiecke ist

$$\text{tg } \gamma = \frac{a}{z} \dots \dots \dots 27)$$

und daher

$$\alpha = 90 + \gamma \dots \dots \dots 28)$$

Die verschwenkte Tangente ist vollkommen durch die beiden Berührungspunkte bestimmt, es handelt sich daher bloß um die Bogenlängen  $\widehat{BE.T}$  für das einlaufende und um  $\widehat{LT_1}$  bzw. da wir die Einmessung vom Betriebsgeleise vornehmen wollen, um  $\widehat{BA.K}$  des auslaufenden Geleises. Aus Fig. 13 ist

$$\varphi = \omega - \kappa \dots \dots \dots 29)$$

und

$$\left. \begin{aligned} \omega &= 90 - \psi \\ \kappa &= 180 - \alpha - \varphi \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 30)$$

daher

$$\varphi = \alpha + \psi - 90 \dots \dots \dots 31)$$

welche Winkel nach den Gleichungen 27), 22) und 23) berechnet werden können.

Es ist nun  $\widehat{T.BE} = R \frac{\varphi}{3438}$  und  $\widehat{BA.K} = R_1 \frac{\varphi}{3438} \dots \dots \dots 32)$

Hat man durch Einmessen dieser Bogenlängen auf dem alten Geleise und durch Übertragen der entsprechenden Gleisentfernung die Begrenzungspunkte der neuen Zwischengeraden gefunden, so können weitere Punkte der Länge der Geraden entsprechend einfach gegeben werden.

In Fig. 13 sind die neugelegten Bögen als Innenbögen angenommen worden. Wie gestaltet sich die Aufgabe, wenn es Außenbögen sind? Die Länge der Verbindungsgeraden  $\widehat{BA.L}$  sowie den Winkel  $\gamma$  (Fig. 14) rechnet man nach den Gleichungen 26) und 27), hingegen ist im Gegensatz zu Gleichung 28)

$$\alpha = 90 - \gamma \dots \dots \dots 28a)$$

Wie aus der Figur zu ersehen ist, wird die Zwischentangente in diesem Falle kürzer, die neuen Berührungspunkte fallen daher innerhalb der alten Geraden. Man wird also die über die alten Berührungspunkte zu verlängerten Bogenstücke auch auf letztere beziehen müssen. Diesmal ist

$$\varphi = \omega - \kappa$$

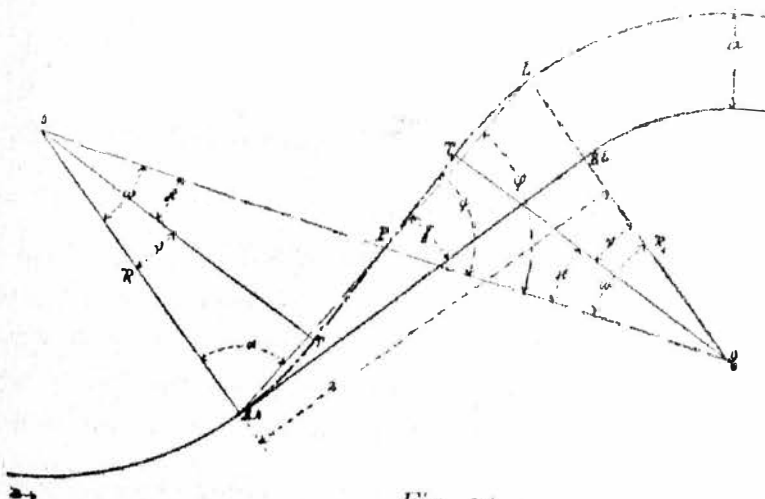


Fig. 14.

Für  $\alpha$  und  $\omega$  die Werte nach Gleichung 30) und in  $\alpha$  den Winkel  $\alpha = 90 - \gamma$  substituiert, ist

$$\gamma = 90 + \psi - \alpha - \varphi \dots \dots \dots 31a)$$

Die von den alten Hauptpunkten zu den neuen reichenden Bögen sind daher im linken Strang

$$\widehat{BA.T} = R \frac{v'}{3438'} \text{ und } \widehat{L.T_1} = (R_1 + a) \frac{v'}{3438} \dots \dots \dots 32a)$$

und für die rechte Seite

$$\widehat{K.T'} = (R + a) \frac{v'}{3438'} \text{ und } \widehat{T_1'.BE} = R_1 \frac{v'}{3438} \dots \dots \dots 32b)$$

Man wird selbstverständlich nur die Punkte T und T<sub>1</sub>' im Laufe des alten Geleises absetzen und die anderen durch Einmessen der Geleisentfernung a bestimmen. Die ersteren werden am besten durch Koordinaten von der alten Tangente fixiert, indem für T die Koordinaten für die Bogenlänge  $\widehat{BA.T}$  und den Radius R, und jene von T<sub>1</sub>' für die Bogenlänge  $\widehat{T_1'.BE}$  und den Radius gerechnet oder Tabellen entnommen werden. Sind die sich ergebenden Bogenverlängerungen von größerer Länge, so müssen auch noch Zwischenpunkte gegeben werden, die ebenfalls nach der Koordinatenmethode von der Tangente abzusetzen sind.

Für Tangentschwenkungen zwischen im selben Sinne verlaufenden Bögen lassen sich in analoger Weise die entsprechenden Formeln ableiten.

Bei jeder solchen Verschwenkung muß darauf geachtet werden, daß die sich ergebende neue Zwischengerade mit Rücksicht auf die in den anschließenden Bögen erforderlichen Überhöhungen nicht zu kurz wird. Allgemein kann als Regel aufgestellt werden, daß bei Tangentschwenkungen zwischen Kontrabögen die neue Zwischengerade sich kürzer ergibt, wenn die neugelegten Bögen Außenbögen sind, zwischen im selben Sinne verlaufenden Bögen dieselbe kürzer wird, wenn der neue Bogen auf Seite des kleineren Halbmessers ein Innenbogen ist.

Bei den gelösten Tangentenverschwenkungen haben wir gleiche Gleisentfernungen vorausgesetzt. Sind letztere jedoch vor und hinter der Verschwenkung verschieden, so werden die verschwenkten Zwischengeraden nicht mehr parallel sein und es muß für jede die Berechnung der zur Absteckung notwendigen Werte sowie Absteckung besonders ausgeführt werden. Im Prinzipiellen ändert sich nichts an dem Vorgange für jeden einzelnen Strang gegen die behandelten Fälle.

#### 4. Absteckungen infolge Änderung der Achsenentfernung auf gleicher Bahnseite.

Im weiteren sollen nun jene beim Baue eines zweiten Geleises auftretende Fälle der Absteckung der neuen Achse behandelt werden, wo infolge Abweichung von der normalen Achsenentfernung die Parallelität der Geleise unterbrochen wird. Solche Fälle ergeben sich, wie schon in dem Beispiele auf Seite 301 gezeigt wurde, bei den Stationseinfahrten, wo die normale Geleisentfernung der freien Strecke in jene für den Stationsrayon normierte überführt werden muß. Der Fall einer Abweichung vom gebräuchlichen Achsenabstande kann aber auch auf der kurrenten Strecke, z. B. durch eine Eisenkonstruktion bedingt werden.

a) Die Änderung erfolge in der Geraden. Man muß hier zwei Fälle unterscheiden, je nachdem ob der Übergang der Geleisenerfernungen noch in der Geraden oder im anschließenden Bogen durchgeführt werden soll.

α) Der Übergang fände noch in der Geraden statt. Die Verbindung der in den Abständen  $a$  und  $a_1$  zum alten Geleise parallel gelegten Stränge erfolgt durch Einlegen einer S-Kurve. Die zur Absteckung erforderlichen Werte

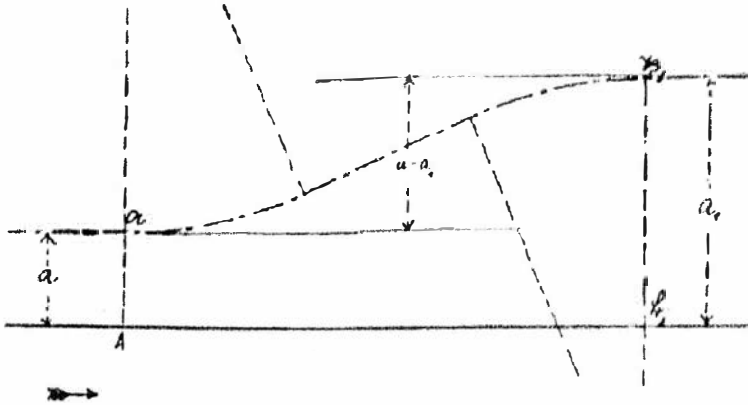


Fig. 15.

werden nach den Gleichungen 4—11) der Aufgabe 1a für den Abstand  $a_1$ — $a$  der einzubindenden Geleise gerechnet, nur ist zu berücksichtigen, daß zu den Ordinaten noch  $a$  hinzuzufügen ist, um die Absteckung von der Altlage vornehmen zu können.

β) Der Übergang findet im Bogen statt. In Fig. 16 sei  $GG_1$  die

Achse einer Altlage, zu der ein zweites Geleise derart gelegt werden soll, daß es in der einlaufenden Tangente einen Achsenabstand  $a$ , im Auslaufe einen solchen von  $a_1$  hätte. Ähnlich wie bei den im Bogen vorgenommenen Verswenkungen läßt sich auch hier der Radius  $R_1$  des neuen Bogens und die Verschiebung  $x$  des Bogenendes gegen das des alten Geleises rechnen. Vorausgesetzt, daß wir  $BA$  festhalten, ist

$$R_1 = R - a_1 + (R_1 + a - R) \cos \alpha$$

daher

$$R_1 = R \frac{a_1 - \cos \alpha}{1 - \cos \alpha} \quad (33)$$

Fig. 16.

$$x = (R_1 + a - R) \cdot \sin \alpha = \frac{a - a_1}{1 - \cos \alpha} \cdot \sin \alpha \quad (34)$$

und

Die Zwischenpunkte werden wieder mit Hilfe von Kreiskoordinaten abgesetzt, indem die alte Geleisachse als Abszissenachse, der festgehaltene Bogenanfang als Ursprung angesehen und die Ordinaten radial gegen das alte Zentrum einvisiert werden. Aus dem Dreiecke  $OO_1P_1$  ist dann

und

$$\left. \begin{aligned} \sin \varphi &= \frac{R_1 + a - R}{R_1} \sin \beta \\ y &= R - R_1 \frac{(\sin \varphi + \beta)}{\sin \beta} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 35)$$

Laut Gleichung 33) wird in diesem Falle der neue Bogen stets schärfer sein. Man wird daher darauf achten müssen, daß der Radius  $R_1$  nicht unter den zulässigen Minimalradius fällt. Als Aufschluß gebende Gleichung kann die aus Gleichung 33) abgeleitete Relation zwischen  $\alpha$  und  $R_1$  dienen

$$\cos \alpha = \frac{R_1 + a_1 - R}{R_1 + a - R} \dots \dots \dots 36)$$

Ist der neue Bogen ein Außenbogen, so ist die Lösung der Aufgabe folgende: Hier ist

$$R_2 = R + \frac{a_1 - a \cos \alpha}{1 - \cos \alpha} \dots \dots \dots 37)$$

$$x = \frac{a - a_1}{1 - \cos \alpha} \cdot \sin \alpha \dots \dots \dots 38)$$

und aus dem Dreiecke  $OO_2P_2$  ergeben sich für die Radialordinate die Gleichungen:

$$\left. \begin{aligned} \sin \varphi &= \frac{R + a - R_2}{R_2} \cdot \sin \beta \\ y &= R_2 \cdot \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\sin \beta} - R \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 39)$$

Durch Festhalten des auf der Seite des kleineren Achsenabstandes gelegenen Hauptpunktes des alten Geleises — in den Fig. 16 und 17, also des B.E

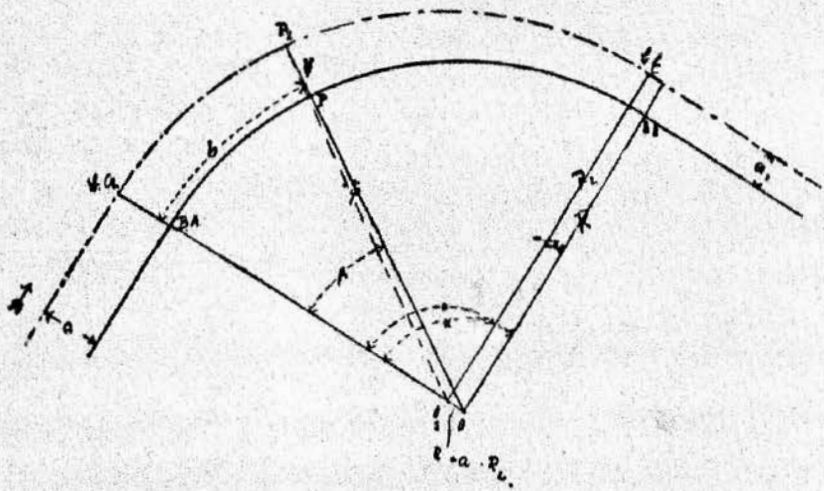


Fig. 17.

— würden wir allerdings einen flacheren Bogen erhalten, doch würde durch diese Verflachung eine Näherung der beiden Gleisstränge unter der normierten Entfernung eintreten. Als Regel kann daher aufgestellt werden: Stets den auf Seite des größeren Gleisabstandes liegenden Hauptpunkt als Ursprung der Absteckung zu wählen.

b) Die geänderte Gleisentfernung liege im Bogen. Es sei in Fig. 18 das parallele Geleise bis zum  $\mathfrak{B}\mathfrak{A}$  in der geänderten Gleisentfernung  $a_1$  zu führen und dann der Übergang auf die normale Achsenweite vorzunehmen, so ist aus der Figur zu ersehen, daß die Lösung gleich jener von 4. a.  $\beta$  ist, indem wir einen in  $\mathfrak{B}\mathfrak{A}$  anschließenden Korbbogen erhalten. Die Absteckung könnte auch von BE vorgenommen werden, doch wird dann die Tangente kürzer, der Bogen daher schärfer. Weiter erhält man bei  $\mathfrak{B}\mathfrak{A}$  eine Zwischengerade, die der Verkürzung der Tangente also  $x$  entspricht, welche kurze Zwischengerade von wesentlichem Nachteile ist. Endlich könnte auch eine Näherung an den alten Bogen eintreten.

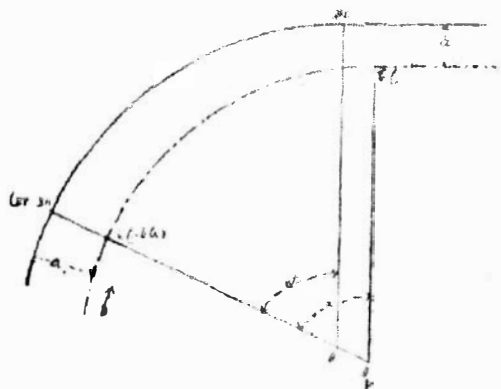


Fig. 18.

Ist der neue Bogen auf der Außenseite gelegen, so erfolgt die Absetzung nach dem analogen Falle 4. a.  $\beta$ .

#### IV. Einiges über die Genauigkeit der besprochenen Absteckungen.

a) Einfluß der Lage des alten Geleises. Den Lösungen der im vorhergehenden Kapitel besprochenen Aufgaben haben wir eine richtige Lage des alten Bogens zu Grunde gelegt. Untersucht man darauffin ein Betriebsgeleise, so wird man statt Bögen von bestimmten Radien, Korbbögen, die aus vielen Bogenstücken zusammengesetzt sind, finden. Diese Veränderungen des Oberbaues sind an und für sich bereits eine Folge der Erhaltung des Geleises, da letztere dem Gefühle und Auge des Bahnrichters überlassen bleibt, dem für gewöhnlich keine Anhaltspunkte für die richtige Lage der Gleisachse zur Verfügung stehen. Andererseits ist aber auch zu beachten, daß die älteren Geleise in einfacher Aneinanderreihung von Geraden und Bogen gelegt wurden, indem man die Überhöhungsrampen in die Geraden verlegte. Hatten die damals usuellen kleinen Geschwindigkeiten noch keinen wesentlichen Einfluß auf das Geleise, so ist mit der Zeit infolge der gesteigerten Geschwindigkeitsverhältnisse eine natürliche Veränderung des Oberbaues vor sich gegangen, indem der Betrieb Übergangskurven ausgebildet hat, welche oft weit in die Geraden reichen. Diese natürliche Anpassung des Geleises kann aber noch weiter verfolgt werden, daß entsprechend der Theorie der Übergangskurven insbesondere in Einschnitten sich Verschiebungen entgegen der Überhöhung konstatieren lassen, indem die auf Seite des niederen Stranges gelegenen Bahngräben schwinden, also als Folge des nicht genügend ausgebildeten Geleises nicht nur eine erschwerte Erhaltung des Oberbaues, sondern auch eine solche des Unterbaues sich ergibt. Dieser Übelstand hätte zur richtigen Zeit ohne große Mühewaltung behoben werden können, hätte es doch genügt, Übergangskurven ohne Verschiebung eines der anschließenden Teile einzulegen.

Beim Baue zweiter Geleise legt man in den meisten Fällen trotz der falschen Lage des ersten Geleises das neue parallel zum alten und bildet so das Betriebsgeleise nach, indem man einerseits trachtet, eine Annäherung an den alten Strang unter den normierten Achsenabstand zu vermeiden, andererseits die spätere Erhaltung der Geleisweite dem Visierer zu erleichtern, der in dem bereits konsolidierten, alten Geleise gewissermaßen eine Fixlage für die neue Achse hat.

Es handelt sich nun um den Einfluß der theoretisch unrichtigen Lage des alten Geleises auf die Lösung unserer Aufgaben. Bei der Besprechung des Radialspiegels wurde bereits auf die Veränderung Rücksicht genommen und hat sich bei dieser Untersuchung ergeben, daß die Abweichung von der Radialen aus dieser Ursache belanglos ist.

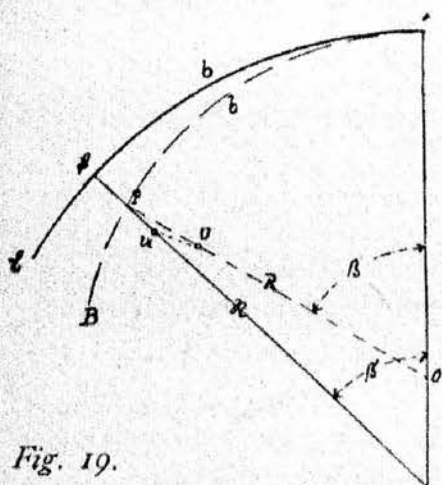


Fig. 19.

$$PU = \beta u = y$$

$$P\beta = k$$

Es stelle in Fig. 19 der Bogen AB eine theoretisch richtige Altlage vor, so erhalten wir nach Aufgabe 2a (siehe Seite 310) den dem Punkte P entsprechenden des verschwenkten Bogens, indem wir in der Radialrichtung OP  $y$  auftragen. Würde nun die Achse des alten Geleises nicht theoretisch richtig liegen, sondern im Laufe der Zeit in den Bogen Aβ vom Radius  $\mathfrak{R}$  übergegangen sein, so tragen wir in Wirklichkeit die Radialordinate  $y$  nicht vom Punkte P sondern von β auf, wenn wir  $\widehat{AP}$

gleich  $\widehat{A\beta}$  annehmen. Es ist nämlich aus dem Dreiecke

$$POO : \mathfrak{R} - R = R \frac{\sin(\beta - \beta_1)}{\sin \beta_1}$$

Für die Sinuse des kleinen Winkel  $\beta$  können wir die Bögen setzen, so daß  $\mathfrak{R} - R = R \frac{\beta - \beta_1}{\beta_1}$  und daraus  $\mathfrak{R}\beta_1 = R\beta$  oder  $\widehat{A\beta} = \widehat{AP}$  sich ergibt. Wir kommen also zu dem Punkte U. Aus dem Dreiecke PUI ist aber

$$\overline{UU}^2 = y^2 + (y - k)^2 - 2y \cdot (y - k) \cos(\beta - \beta_1)$$

Die Differenz der Zentriwinkel  $\beta$  ist sicherlich ganz gering, so daß wir  $\cos(\beta - \beta_1) = 1$  setzen können, dann ist:

$$\overline{UU}^2 = y^2 + (y - k)^2 - 2y \cdot (y - k) = k^2$$

oder

$$UU = k$$

d. h. da wir laut Gleichung 3) von Änderung der radialen Richtung infolge nicht richtiger Lage des Bogens absehen können, daß der neuabgesteckte Bogen, den wir auf die verändert liegende Achse des alten Geleises beziehen, um dasselbe von seiner theoretisch richtigen Lage abweichen wird, als der alte Bogen von der ihm entsprechenden entfernt ist, oder mit anderen Worten: Wir bilden auch in der Verschwenkung die veränderte Lage des alten Geleises nach. Da aber diese Nachbildung beim Baue zweiter Geleise auf der kurrenten Strecke



zum Prinzip gemacht wurde, die neuen Absteckungsmethoden aber auch bedeutende Vorteile gegenüber den Instrumentalmethoden gewähren, welche, angenommen die Verschwenkung würde z. B. nur in einem Teile eines Bogens durchzuführen sein, auch nicht immer eine einwandfreie, theoretisch richtige Lage der Achse mit Rücksicht auf den veränderten alten Oberbau als Resultat liefern, so kann man auch in der Verschwenkung den Übelstand in der Nachbildung des alten Geleises hinnehmen. Der abgesteckte Bogen wird dann allerdings nicht einem Kreise vom Radius  $R_1$  angehören, sondern sich ebenfalls als Korbbogen vieler Halbmesser ergeben.

Die Größe der Änderung des Halbmessers  $R_1$  sowie der Ordinate  $y$  als Folge des geänderten Radius  $R$  lassen sich einfach durch Differenzieren und Übergehen zu endlichen Beträgen der Gleichungen 15) und 16) bestimmen. Es ist

$$\Delta R_1 = \Delta R \frac{a \cdot \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha)^2} \frac{\Delta \alpha}{\alpha}$$

und

$$\Delta y = \Delta R - \Delta R_1 \cdot \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\sin \beta}$$

wobei wir die Änderungen der ohnedies kleinen Winkel  $\varphi$  und  $\beta$  außer Betracht lassen.

b) Genauigkeit der Kreiskoordinatenmessungen. Die von uns vorgenommenen Messungen sind niemals fehlerfrei. Es hatten ihnen regelmäßige Fehler an, als Ursache einseitig einwirkender Einflüsse und unvermeidliche Fehler, deren Auftreten Ursachen zuschreiben ist, deren Einfluß sich unserem Beobachtungsvermögen entzieht. Letztere in Rechnung zu bringen, ist Sache der Ausgleichsrechnung. In diesem Kapitel sollen nur die erstgenannten Fehler besprochen werden. Die bei unserem Verfahren auftretenden Ursachen konstanter Fehler wären: Änderung der Längenmeßwerkzeuge infolge Temperatur- oder anderer Einflüsse, nicht rechte Stellung der Schenkel des Winkels, falsche Teilung des Radialspiegels etc.

Die Genauigkeit bei Absteckung mit Hilfe rechtwinkliger Koordinaten, wie sie in unseren Aufgaben im geraden alten Geleise auch angewendet werden, ist anderwärts bereits zur Genüge behandelt worden und wollen wir uns hier bloß mit der Genauigkeit der im Bogen des alten Geleises angewandten Kreiskoordinaten befassen.

Wir wählen als Grundlage unserer Betrachtung die Aufgabe 2a. Nach Gleichung 16) ist

$$y = R - R_1 \cdot \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\sin \beta}$$

wobei

$$\sin \varphi = \frac{R - R_1}{R_1} \cdot \sin \beta$$

Ausgehen wollen wir jedoch von der Gleichung des verschwenkten Bogens bezogen auf den alten als Abszissenachse (siehe Fig. 8, Seite 311) und A als Ursprung des Systems. Aus dem Dreiecke  $OO_1P_1$  ist

$$R_1^2 = (R - R_1)^2 + (R - y)^2 - 2(R - R_1)(R - y) \cos \beta$$

Durch Reduktion ergibt sich als Kreisgleichung des Bogens  $AP_1$ ,

$$R_1 = R - \frac{y(2R - y)}{2(R - [R - y] \cdot \cos \beta)} \dots \dots \dots 40)$$

so daß sich der verschwenkte Bogen als Funktion des zum Bogen  $b$  gehörigen Zentriwinkels  $\beta$  und der Radialordinate  $y$  darstellt.

Wenden wir uns nun dem fehlerhaften Absetzen der einzelnen Bogenpunkte zu, so entspringt dies folgenden Ursachen: einem fehlerhaften Einmessen der Bogenlänge  $b$ , der Ungenauigkeit im Absetzen der Ordinate  $y$  und endlich einem Fehler in der Radialvisur.

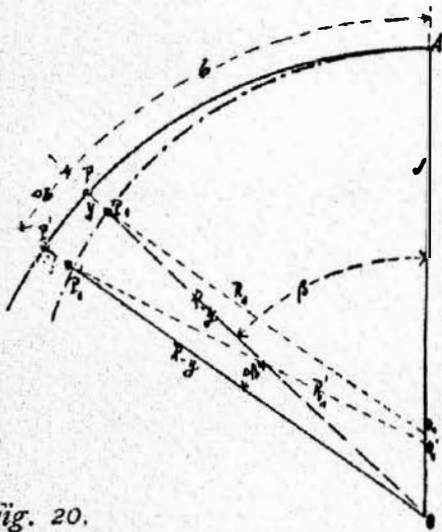


Fig. 20.

Würden wir durch irgend einen äußeren Einfluß behufs Absteckung des Kleinpunktes  $P_1$  statt der richtigen Bogenlänge  $b$  eine um einen Betrag  $\Delta b$  größere oder kleinere einmessen, so entsteht eine Verschiebung des Punktes  $P_1$  von seiner richtigen Lage nach  $P_1'$ . Der Radius des abgesteckten Bogens wird in  $P_1'$  nicht mehr  $R_1$ , sondern  $R_1'$  sein.

Um die durch ein fehlerhaftes Absetzen der Bogenlänge entstandene Änderung des Halbmessers  $R_1$  zu berechnen, differenzieren wir Gleichung 40), in der die Bogenlänge durch ihren Zentriwinkel zum Ausdruck gebracht wird, nach  $\beta$ , und es ist

$$dR_1 = - \frac{y \cdot (2R - y)}{4(R - [R - y] \cdot \cos \beta)^2} \cdot (R - y) \cdot \sin \beta \cdot d\beta$$

Bekanntlich ist  $b = R\beta$  und daraus  $d\beta = \frac{db}{R}$ , daher

$$dR_1 = - \frac{y(2R - y)}{4(R - [R - y] \cdot \cos \beta)^2} \cdot (R - y) \cdot \sin \beta \cdot \frac{db}{R}$$

mit  $y \cdot (2R - y)$  multipliziert und durch dasselbe rechts dividiert, ist

$$dR_1 = - (R - R_1)^2 \cdot \frac{R - y}{R \cdot y(2R - y)} \cdot \sin \beta \cdot db$$

Übergehen wir nun zu endlichen Beträgen, so ergibt sich der Einfluß einer fehlerhaften Bogeneinmessung auf den Radius mit:

$$\Delta_b R_1 = (R_1 - R_1') = - (R - R_1)^2 \cdot \frac{R - y}{R \cdot y(2R - y)} \cdot \sin \beta \cdot \Delta b \dots \dots 41)$$

Z. B.:  $R = 350 \text{ m}$ ,  $R_1 = 302.33 \text{ m}$ , so ergibt Gleichung 16) für eine Bogenlänge  $b = 30 \text{ m}$  ein zugehöriges  $y = 0.475 \text{ m}$ . Der Fehler, den wir in der Einmessung der Bogenlänge begehen können, ist, eine einfache Stahlbandmessung vorgesehen, mit  $\frac{1}{1000}$  der gemessenen Länge, also  $\Delta b = 0.03 \text{ m}$  anzunehmen. Es ist dann  $\Delta_b R_1 = 0.018 \text{ m}$ , also der Einfluß der fehlerhaft abgesetzten Bogenlänge auf das Resultat von sehr untergeordnetem Einflusse.

Analog ließe sich durch Differentiation die Änderung von  $R_1$  infolge ungenauen Einmessens des  $y$  bestimmen; doch soll diese auf andere Weise berechnet werden.

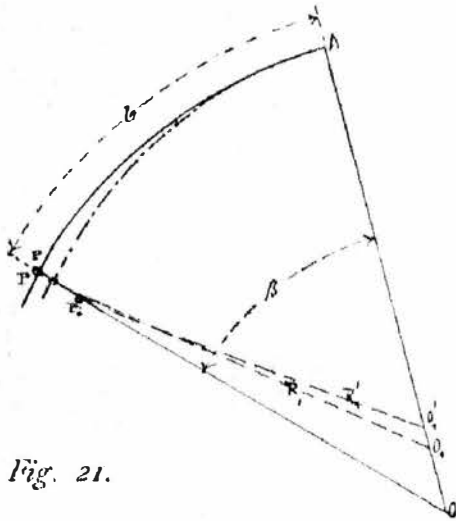


Fig. 21.

$$OP = y$$

$$PP' = \Delta y$$

Würden wir beim Absetzen der Ordinate einen Fehler  $\Delta y$  begehen, so erhalten wir statt des richtigen Punktes  $P_1$  einen Punkt  $P_1'$ . Ist  $\Delta y$  positiv, so erhalten wir der Fig. 21 entsprechend in  $P_1'$  einen kleineren Radius. Fragen wir nun nach der Änderung des  $R_1$ , so brauchen wir bloß in Gleichung 40) für  $y$  den Wert  $y + \Delta y$  einzusetzen. Es ist dann

$$R_1' = R - \frac{(y + \Delta y)(2R - y - \Delta y)}{2(R - [R - y - \Delta y] \cdot \cos \beta)}$$

Führen wir die Operationen im zweiten Gliede aus, so können wir im Zähler  $\Delta y^2$  und im Nenner  $\Delta y \cdot \cos \beta$  vernachlässigen, da  $\Delta y$  als mittlerer Fehler der Ordinatenmessung jedenfalls sehr klein sein wird, so daß sich für  $R_1'$  ergibt:

$$R_1' = R - \frac{y \cdot (2R - y)}{2(R - [R - y] \cos \beta)} - \frac{2(R - y)}{2(R - [R - y] \cos \beta)} \cdot \Delta y$$

Das zweite Glied der rechten Seite ist aber nach Gleichung 40)  $R - R_1$ ; es ergibt sich daher nach Reduktion für die Änderung des  $R_1$  infolge ungenauen Absetzens der Ordinate

$$\Delta_y R_1 = R_1' - R = - \frac{2(R - R_1)(R - y)}{y \cdot (2R - y)} \cdot \Delta y \dots \dots \dots 42)$$

Wählen wir dasselbe Beispiel wie für  $\Delta b$ , wobei wir den mittleren Absetzungsfehler von  $y$  schätzungsweise mit  $\Delta y = 0.001 \text{ m}$  annehmen wollen, so ist

$$\Delta_y R_1 = - \frac{2 \times 47.77 \times 349.525}{0.475 \times 699.525} \times 0.001 = -0.010 \text{ m}.$$

Es erübrigt noch die Behandlung des Fehlers infolge Abweichens von der radialen Visur.

$$OP = R$$

$$P_1'O = U$$

Vorausgesetzt, daß wir die Koordinaten richtig einmessen würden und bloß in der radialen Richtung um den Winkel  $\rho$  abweichen würden, so erhalten wir als Resultat den Punkt  $P_1'$ . Der Radius  $R_1'$  dieses fehlerhaft abgesetzten Punktes läßt sich aus dem Dreiecke  $P_1'OO_1'$  rechnen.

$$R_1'^2 = U^2 + (R - R_1)^2 - 2U \cdot (R - R_1) \cos(\beta + \epsilon)$$

Aus der Fig. 22 ist  $U = R - P_1'M$ ;  $P_1'M$  läßt sich aber aus dem als geradlinig, rechtwinkelig anzunehmenden Dreiecke  $PP_1'M$  be-

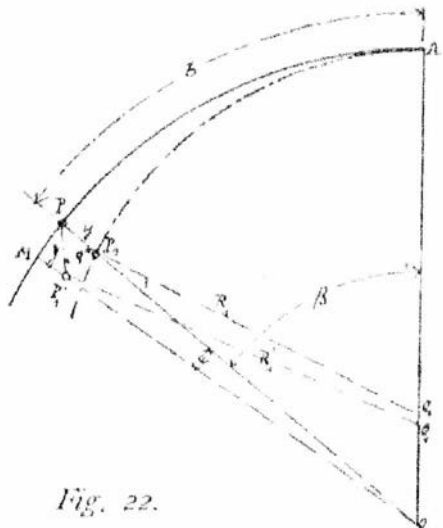


Fig. 22.

stimmen und ist  $P_1'M = y \cdot \cos \rho$ . Der Winkel  $\epsilon$  kann bei den großen Radien, mit denen man es im allgemeinen zu tun hat, vernachlässigt werden, so daß

$$R_1'^2 = (R - y \cdot \cos \rho)^2 + (R - R_1')^2 - 2(R - y \cdot \cos \rho)(R - R_1') \cos \beta$$

und daraus

$$R_1' = R - \frac{(2R - y \cdot \cos \rho) y \cdot \cos \rho}{2(R - [R - y \cdot \cos \rho] \cdot \cos \beta)}$$

$\rho$  wird im allgemeinen ein unbedeutender Fehler sein, siehe Beispiel Seite 308

wo  $\rho = \frac{\beta - \beta_1}{4} = 0^\circ 1' 15''$  war, so daß wir in den Polynomen des Zählers und Nenners  $\cos \rho = 1$  annehmen können und sich daher darstellt

$$R_1' = R - \frac{y \cdot (2R - y)}{2(R - [R - y] \cdot \cos \beta)} \cdot \cos \rho$$

Um die Änderung von  $R_1$  zu erhalten brauchen wir bloß obige Gleichung von Gleichung 40) abzuziehen, und ist

$$\Delta_{\rho} R_1 = \frac{y(2R - y)}{2(R - [R - y] \cdot \cos \beta)} \cdot (1 - \cos \rho) = (R - R_1)(1 - \cos \rho) \quad .43)$$

Der Kosinus kann bis  $15'$  mit 1 angenommen werden; es wird sich daher bis zu einem fehlerhaften Einvisieren von  $15'$  kein Einfluß im Radius merkbar machen.

Der Gesamteinfluß der drei möglichen Fehlerquellen auf den Halbmesser  $R_1$  ist nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz:

$$\Delta R_1^2 = \Delta_b R_1^2 + \Delta_y R_1^2 + \Delta_{\rho} R_1^2$$

Sehen wir von dem ohnedies verschwindend kleinen Einflusse infolge Abweichens von der radialen Visur ab, so ist nach Substituierung der Gleichung 41) und 42) und entsprechender Reduktion

$$\Delta R_1 = \frac{(R - R_1)(R - y)}{y \cdot (2R - y)} \cdot \sqrt{\frac{(R - R_1)^2}{R^2} \sin^2 \beta \cdot \Delta b^2 + 4 \cdot \Delta y^2} \quad . . . 44)$$

und für das für  $\Delta b$  und  $\Delta y$  durchgeführte Beispiel  $\Delta R_1 = 0.021 \text{ m}$ . Die Änderung des Halbmessers ist, wie man sieht, ganz unwesentlich. Man muß daher bei Einmessung der Zwischenpunkte nicht allzu ängstlich vorgehen, da selbst größere als die von uns in den Beispielen angenommenen Messungsfehler wohl nicht ausschlaggebend auf die Krümmung des abgesteckten Bogens sein werden.

Auf ähnliche Weise läßt sich auch für die anderen der im Kapitel III behandelten Absteckungsarten die Genauigkeit angeben. Das Resultat ist das gleiche: Der Einfluß der Messungsfehler ist für die Praxis belanglos.

## V. Berücksichtigung der Übergangskurven.

In den an früherer Stelle behandelten, speziellen Absteckungsarten haben wir ausschließlich Altlagen ohne Übergang von der Geraden zum Bogen vorausgesetzt und auch die verschwenkten neuen Geleise ohne Berücksichtigung der Übergangskurve behandelt. Bei den heute eingeführten Zugsgeschwindigkeiten ist es jedoch im Interesse der Sicherheit und der Güte des Verkehrs notwendig, zwischen Gerade und Bogen einen Übergang zu schaffen. Bildet sich auch, wie bereits bei Besprechung der Lage des alten Geleises erwähnt wurde, in einem

solchen eine Art natürlichen Überganges, so genügt dieser — in Nachbildung des Betriebsgeleises — denn doch nicht den an ihm gestellten Anforderungen und zieht außerdem Geleisveränderungen nach sich, welche nicht nur eine erhöhte Bahnerhaltung erfordern, sondern sogar störend den Betrieb beeinträchtigen können. Es ist daher angezeigt, beim Baue zweiter Geleise die Übelstände des alten Oberbaues durch Einlegen von Übergangskurven zu beheben; jedenfalls aber an Stellen der Neulagen solche einzubinden.

Es soll daher im Anschlusse das Erforderlichste über die Einbindung von Übergangskurven in verschwenkte Trassen mit Berücksichtigung des der Abhandlung zu Grunde gelegten Prinzipes der Absteckung vom Altbestande behandelt werden.

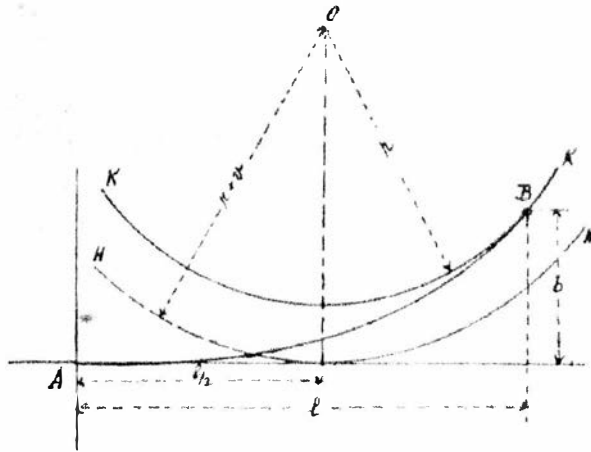


Fig. 23.

Als für das Folgende wesentlich sei hier aus der Theorie des Übergangsbogens bloß der Hilfskreis III (Fig. 23) hervorgehoben, der die Tangente im Abstände der halben Übergangsbogenlänge tangiert.

Bei der Absteckung von Trassenschwenkungen mit Berücksichtigung der Übergangskurven ist vorallererst zu berücksichtigen, ob der Altbestand solche aufweist oder nicht. Es werden dementsprechend zwei Fälle zu unterscheiden sein: 1. in der Altlage wären keine Übergangsbögen, 2. im alten Geleise würden dieselben bereits liegen.

1. Absteckung einer Verschwenkung im Bogen mit Berücksichtigung einzulegender Übergangskurven unter der Voraussetzung, daß die Altlage ohne Übergänge gelegt worden wäre.

Erwähnt sei, daß die Aufgabe so gelöst werden könnte, daß die Verschwenkung ohne Übergangskurven abgesteckt wird und nachträglich dieselben, wie sie in bestehende Geleise eingelegt werden, einbindet.

Der Vorgang der Absteckung bei gleichzeitigem Einlegen der Übergangskurven ist folgender: Sei in Fig. 24  $AC$  der ohne Berücksichtigung der Übergangsbögen verschwenkte Bogen, so muß dieser behufs Einlegen der kubischen

Parabel um das bekannte  $v = \frac{C^2}{24R^3}$  konzentrisch verschoben werden. Wenn auch

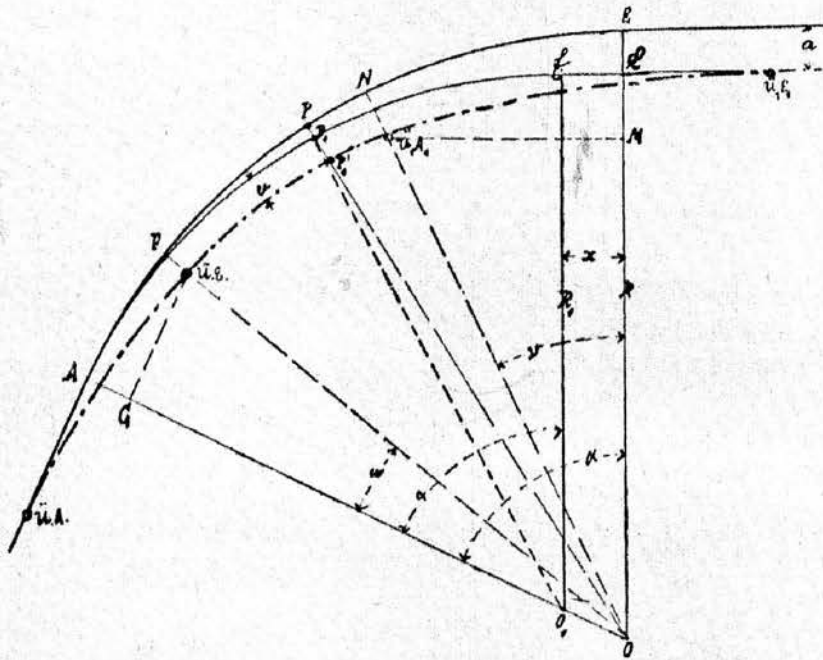


Fig. 24.

v vom Radius des verschobenen Bogens abhängig ist, kann man doch in Betracht der minimalen Werte des v dieses für den ohne Übergangsbogen abgesteckten Kreis, nach Aufgabe 2a also für den Radius  $R_1$  wählen. Bei Durchführung der Feldarbeit wird man trachten, den um v konzentrisch verschobenen Bogen unmittelbar abzustecken. Um den P des Altbestandes entsprechenden Punkt  $P_1$ , der einfachen Verschwenkung zu erhalten, hatte man bloß das nach Gleichung 16) gerechnete y radial zum alten Geleise einzumessen.  $P_1'$  des konzentrisch verschobenen Kreises ergibt sich daher, wenn man zu y noch  $P_1 P_1'$  hinzufügt, welches sich aus dem als geradlinig anzusehenden, rechtwinkligen Dreiecke  $P_1 P_1' K$  rechnen läßt mit

$$P_1 P_1' = \frac{v}{\cos \varphi}$$

Die Radialordinate des Punktes  $P_1'$  von P aus gemessen ist daher

$$\eta = y + P_1 P_1' = R - R_1 \cdot \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\sin \beta} + \frac{v}{\cos \varphi} \dots \dots \dots 45)$$

Was die Absteckung der Übergangskurve anlangt, so ist der Übergangsbogenanfang  $\dot{U}A$  gegen A um die halbe Übergangsbogenlänge in die Tangente verschoben. Um  $\dot{U}E$  von der alten Achse abzustecken, beachte man, daß

$$\overline{ÜE.G} = \frac{1}{2} = \frac{C}{2R} \text{ und } AG = b = 4v$$

ist, der dem Bogen FA entsprechende Zentriwinkel daher

$$\text{tg } \omega = \frac{\overline{ÜE.G}}{\overline{O.G}} = \frac{1}{2(R-b)}$$

Man wird also für die dem Winkel  $\omega$  entsprechende Bogenlänge des ursprünglichen Geleises  $\dot{U}E$  als Punkt des innersten Kreises nach Gleichung 45)

festsetzen. Im Auslaufe wird die Übergangskurve in ähnlicher Weise fixiert. Zu bemerken ist bloß, daß für  $\ddot{U}_1 A_1$  der Zentriwinkel  $\beta = \alpha - \nu$ , wobei

$$\operatorname{tg} \nu = \frac{\ddot{U}_1 A_1 M}{M O} = \frac{\frac{1}{2} a^2}{R - b}$$

ist, Geltung hat. Sonst genügt es noch die A und  $\mathcal{E}$  entsprechenden Punkte der kubischen Parabel zu geben.

2. Absteckung einer Verschwenkung im Bogen mit Übergangskurven unter der Annahme, daß solche in der Altlage bereits vorhanden wären.

Wäre  $\ddot{U}A, BA, BE, \ddot{U}E$  die Achse des alten Geleises, an dem ein Achsensprung vorzunehmen wäre,  $AE$  der in der Entfernung  $\nu$  zum alten Bogen gedachte konzentrische Hilfskreis, der die Übergangsbogentangenten in der halben Länge der kubischen Parabeln berührt, so denken wir uns die Verschwenkung vorerst für diesen durchgeführt, was einen Bogen  $A\mathcal{E}$  vom Radius nach Gleichung 15)  $R_1 = (R + \nu) - \frac{a^2}{1 - \cos \alpha}$  geben würde. Nachdem aber Über-

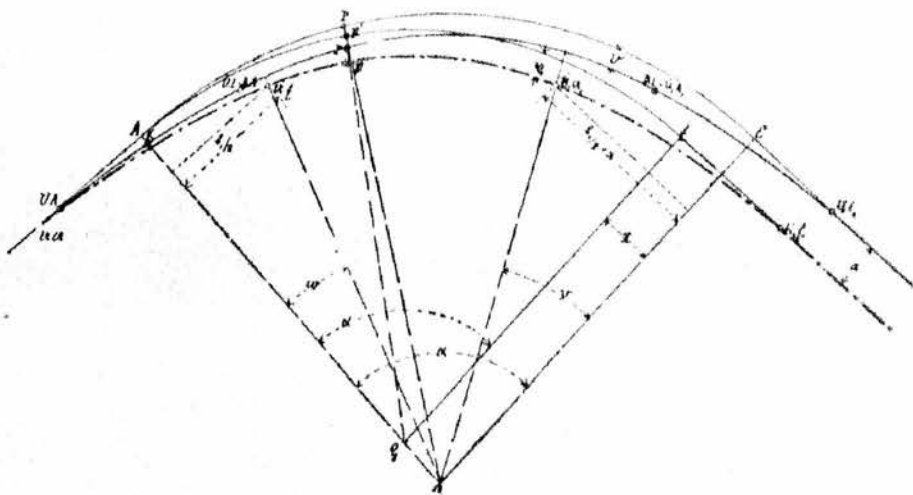


Fig. 25.

gangskurven einzulegen sind, so haben wir nicht  $A\mathcal{E}$ , sondern einen ihm konzentrischen vom Radius  $R_1 - b_1$  abzustecken, welches  $b_1$  wir wieder ohne nennenswerten Fehler dem  $R_1$  entsprechend wählen können. Hat man nun Bogenzwischenpunkte des Bogens  $R_1 - b_1$  aus solchen des Bogens  $BA, BE$  vom Radius  $R$  abzuleiten, so ist nach Fig. 25  $P'\mathfrak{P}$  die der Ableitung der Aufgabe 2a entsprechende Radialordinate und ist in diesem Falle

$$P'\mathfrak{P} = \eta = (R + \nu) - R_1 \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\sin \beta}$$

Zur Absetzung des  $\mathfrak{P}$  von  $P$  ist daher

$$P\mathfrak{P} = P'\mathfrak{P} + \mathfrak{P}\mathfrak{P}' - P'P = R + \nu - R_1 \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\sin \beta} + \frac{b_1}{\cos \varphi} - \nu$$

und

$$PQ = R - R_1 \cdot \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\sin \beta} + \frac{v_1}{\cos \varphi} \dots \dots \dots 46)$$

Die dem Zentriwinkel  $\beta$  entsprechende Bogenlänge wäre eigentlich  $AP'$ , doch können wir statt  $AP'$ ,  $KP$  nehmen, ist doch der Fehler infolge fehlerhafter Bogenlänge im allgemeinen sehr gering (siehe Seite 344). Zweckmäßig ist es,  $\ddot{U}A$  als Anfangspunkt der einzumessenden Bogenabszissen zu wählen, nur darf bei den Bogenlängen nicht an die halbe Länge der liegenden Übergangskurve vergessen werden. Das Einbinden der kubischen Parabeln geschieht ähnlich der vorangegangenen Aufgabe. Im Bogeneinlauf, wo wie in unserem Falle das verschwenkte Geleis vom Altbestande abläuft, braucht man bloß von  $\ddot{U}A$  gegen die Gerade, da einem steileren Bogen eine längere Übergangskurve zukommt, die halbe Differenz der Übergangskurvenlängen der Bögen  $R_1 - v_1$  und  $R$  abzutragen, um den neuen Übergangsbogenanfang  $\ddot{U}N$  zu erhalten. Um  $\ddot{U}E$  vom alten Bogen abzuleiten, ist nach Figur

$$\text{tg } \omega = \frac{l_1}{2(R + v - 4v_1)}$$

man wird daher  $\ddot{U}E$  nach Gleichung 46) für  $\beta = \omega$  abstecken. In Bogenauslauf ist  $\ddot{U}E$  um  $l_1/2$  von  $E$  entfernt,  $\ddot{U}N$  wird vom alten Geleis nach Gleichung 46) für  $\beta = \alpha - v$  abgesetzt.

### 3. Partielle Verschwenkung eines Bogens, dessen Übergangskurve bereits liegen würde.

In Fig. 26 stelle  $A, \ddot{U}A, \ddot{U}E$  den zu verschwenkenden Teil des alten Oberbaues dar. Führt man die Verschwenkung ohne Übergangskurven aus, so ist das

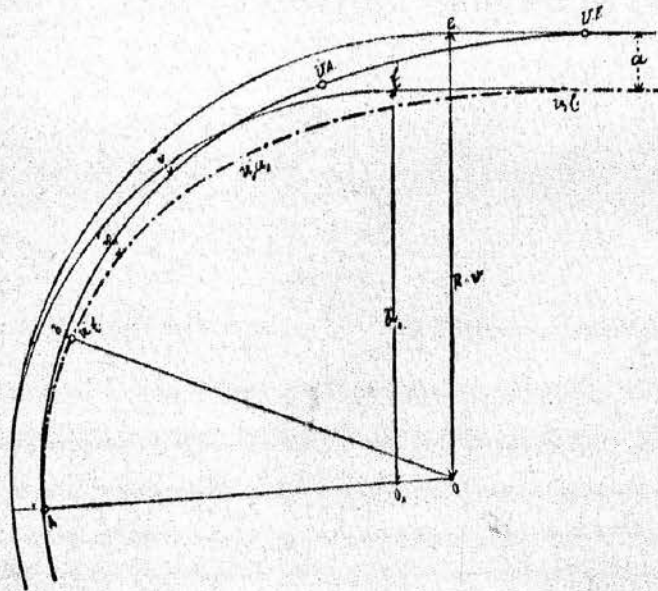


Fig. 26.

Resultat ein in  $A$  anschließender Korbogen vom Radius  $R_1$ . Mit Bezug auf den gewünschten Übergang vom Bogen zur Tangente wird man jedoch gleich den um  $v_1$  konzentrisch verschobenen Bogen nach Gleichung 46) und auch die ku-



bische Parabel in der Tangente in der auf Seite 349 und 350 besprochenen Weise abstecken. Es erübrigt bloß die Verbindung des alten Bogens vom Radius  $R$  mit dem um  $v_1$  verschobenen zu bewerkstelligen.

Nach Knoll erfolgt die Einschaltung einer Übergangskurve in einen Korbbogen, wenn die Verschiebung eines der Bögen möglich ist, nach den Gleichungen  $a = C \cdot \frac{r_1 - r_2}{r_1 \cdot r_2}$  für die Länge des zwischen die Bögen einzulegenden Stückes der Übergangskurve, und  $v = \frac{a^3}{24C} = \frac{C^2}{24} \left( \frac{r_1 - r_2}{r_1 \cdot r_2} \right)^3$  für die Verschiebung des einen der Bögen, indem man den Bogen mit größerem Halbmesser als Abszissenachse, den Korbbogenpunkt als Ursprung betrachtet und die Absteckung der Übergangskurve analog jener von der Tangente nach Gleichung  $y_1 = \frac{x_1^3}{6C}$  vornimmt, wobei  $x_1$  als Bogenlängen des alten Bogens anzusehen sind.

In unserem Beispiele haben wir aber bereits den einen Bogen um  $v_1$  verschoben, es wird daher die Übergangskurve länger werden, als Knoll angibt bei  $v_1 > v$  und kürzer, wenn  $v_1 < v$  ist. Die Länge der Übergangskurve und damit auch die Abszisse als Kontrolle für den Endpunkt entsprechend der Gleichung  $y_1 = \frac{x_1^3}{6C}$  läßt sich aus  $v_1 = \frac{a_1^3}{24C^2}$  rechnen.

Auf ähnliche Weise lassen sich auch die Übergangskurven in die anderen der im früheren Teile besprochenen Verschwenkungen einlegen. Im Besonderen sei bloß noch auf die Tangentenschwenkungen bei zu gestaltenden Übergängen vom Bogen zur Tangente hingewiesen.

In diesem Falle ist die Verschiebung der Bögen zwecks Einlegen der kubischen Parabeln, da sie sich dem kontinuierlichen Geleise anschließen, nicht denkbar. Man muß also jene in der Tangente schaffen. Da aber letztere dann vom

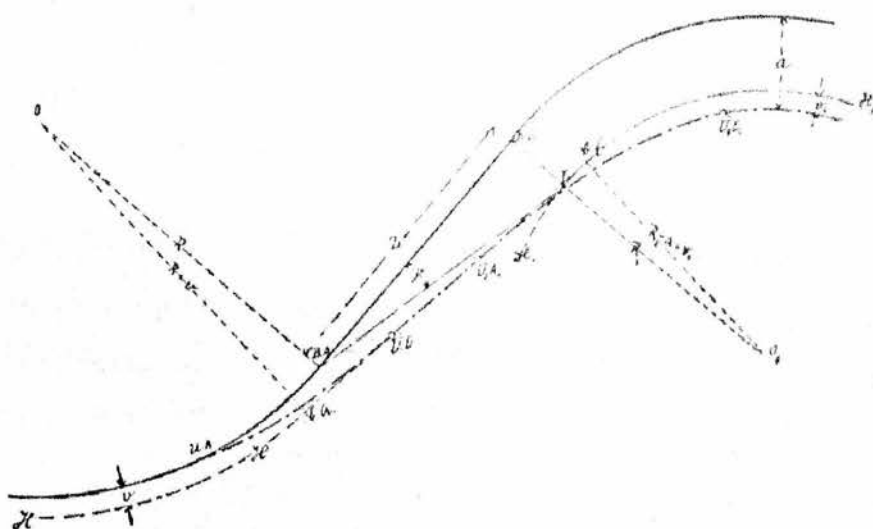


Fig. 27.

ersten Bogen um das diesem entsprechende  $v$  und vom zweiten Bogen um das diesem entsprechende  $v_1$  entfernt sein soll, so wird man eine Drehung der Zwi-

schengeraden vornehmen müssen, welche so durchzuführen sein wird, daß die Zwischengerade der Hilfskreise (siehe Seite 347) der im Anschlusse an die Bögen zu legenden Übergangskurven ist.

Die Absteckung dieser Tangente erfolgt auf dieselbe Art wie in Aufgabe 3 (Seite 335), nur daß Gleichung 26) übergeht in

$$\overline{BA.L}^2 = z^2 + (a - v - v_1)^2$$

und Gleichung 27) in

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{a - v - v_1}{z}$$

Hat man diese Tangente fixiert, dann geschieht das Einbinden der kubischen Parabeln nach bereits wiederholt besprochener Art.

Schwarzenau, im Dezember 1905.

## Mit und ohne Qualifikation.

Seit geraumer Zeit macht sich — speziell anlässlich der Beförderungen und Besetzungen — wiederum die längst abgeschafft gewähnte Unterscheidung zwischen den sogenannten «Qualifizierten» und «Nichtqualifizierten» in — sagen wir es unverblümt — verletzender Weise fühlbar. Geometer, die in stets tadelloser Weise ihren Dienst versehen, denen die vorgesetzte Behörde in den anerkanntesten Worten für ihre musterhafte und ausgezeichnete Dienstleistung den Dank ausgesprochen — müssen plötzlich am eigenen Leibe empfinden, daß sie trotz alledem nicht als «vollwertig» gelten, da sie nicht die «vorgeschriebene technische Hochschulbildung nachzuweisen in der Lage sind».

Zwischen Lipp' und Kelchstrand schwinden ihre Hoffnungen zur Beförderungszeit, denn trotz ihrer allseits anerkannten Strebsamkeit und völlig einwandfreien Pflichterfüllung werden sie nun dafür gestraft, daß sie eine Qualität entbehren, welche zur Zeit ihrer Aufnahme und Anstellung im Staatsdienste von ihnen gar nicht gefordert wurde. Daß sie sich trotz ihres «Defektes» vorzüglich bewährt haben, fällt nicht ins Gewicht, ebenso wenig, daß sie jahrzehntelang allen an sie gestellten Anforderungen entsprechen mußten, ohne gefragt worden zu sein, ob sie denselben gewachsen wären.

Wir halten diese Zurücksetzung nicht bloß für völlig ungerechtfertigt, sondern auch dem Dienstesinteresse für abträglich. Schon vom rein menschlichen Standpunkte aus ist es ja vollkommen erklärlich, daß ein auf diese Weise Gemäßregelter zum «Geometer zweiter Güte» stigmatisierter Beamte nicht jene Dienstesfreudigkeit aufbringen kann, die für unseren dornenvollen Beruf unentbehrlich ist.

Mit welchem Gefühle muß er aber all den anderen Beamten seines Domizils entgegentreten, die alle in ihm den «Präterierten» sehen, da sie ja nicht wissen können, welch' «feine Unterschiede und Nuancierungen» in diesem Falle geltend gemacht wurden.

Es liegt uns vollkommen ferne, dem jüngeren Nachwuchs unseres Standes nahe treten zu wollen; die Denkschriften unseres Vereines sprechen eine zu beredte Sprache für das Gegenteil. Wir selbst fühlen uns ja auch vollkommen als «technische» Beamte und verlangen, in vollster Überzeugung, daß dies für das Gedeihen unseres Standes unerlässlich ist, sogar die Ausgestaltung der bisherigen «geodätischen Kurse» zu Fakultäten.

Aber eben, weil wir von dieser Überzeugung durchdrungen sind, verlangen wir auch ein gerechtes und vor allem ein konsequentes\*) Vorgehen gegenüber den sogenannten Nichttechnikern.

\*) Der Einsender dieses Artikels hat hier spezielle Fälle angeführt, die wir jedoch aus kollektiven Rücksichten selbstverständlich unterdrücken.