

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

Herausgeber: Schweizerischer Geometerverein = Association suisse des géomètres

Band: 31 (1933)

Heft: 6

Artikel: Ueber den Einfluss der Gelände-Höhenunterschiede beim optisch-
mechanischen Einpassen von Luftaufnahmen [Schluss]

Autor: Bosshardt, R.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-194015>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 01.04.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

SCHWEIZERISCHE
Zeitschrift für Vermessungswesen und Kulturtechnik

ORGAN DES SCHWEIZ. GEOMETERVEREINS

Offiz. Organ der Schweiz. Gesellschaft für Kulturtechnik / Offiz. Organ der Schweiz. Gesellschaft für Photogrammetrie

Revue technique suisse des mensurations et améliorations foncières

ORGANE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES GÉOMÈTRES

Organe officiel de l'Association Suisse du Génie rural / Organe officiel de la Société Suisse de Photogrammétrie

Redaktion: Dr. h. c. C. F. BAESCHLIN, Professor, Zollikon (Zürich)

Ständ. Mitarbeiter f. Kulturtechnik: Dr. H. FLUCK, Dipl. Kulturing., Villa Lepontia, Bellinzona-Ravecchia

Redaktionsschluß: Am 1. jeden Monats

Expedition, Inseraten- und Abonnements-Annahme:

BUCHDRUCKEREI WINTERTHUR VORMALS G. BINKERT, A.-G., WINTERTHUR

<p style="text-align: center;">No. 6 • XXXI. Jahrgang der „Schweizerischen Geometer-Zeitung“ Erscheinend am zweiten Dienstag jeden Monats 13. Juni 1933 Inserate: 50 Cts. per einspaltige Nonp.-Zeile</p>	<p style="text-align: center;">Abonnemente: Schweiz Fr. 12.—, Ausland Fr. 15.— jährlich Für Mitglieder der Schweiz. Gesellschaften für Kulturtechnik u. Photogrammetrie Fr. 9.— jährl. Unentgeltlich für Mitglieder des Schweiz. Geometervereins</p>
---	---

**Ueber den Einfluss der Gelände-Höhenunterschiede beim optisch-
mechanischen Einpassen von Luftaufnahmen.**

Von *R. Bofhard*, St. Gallen.

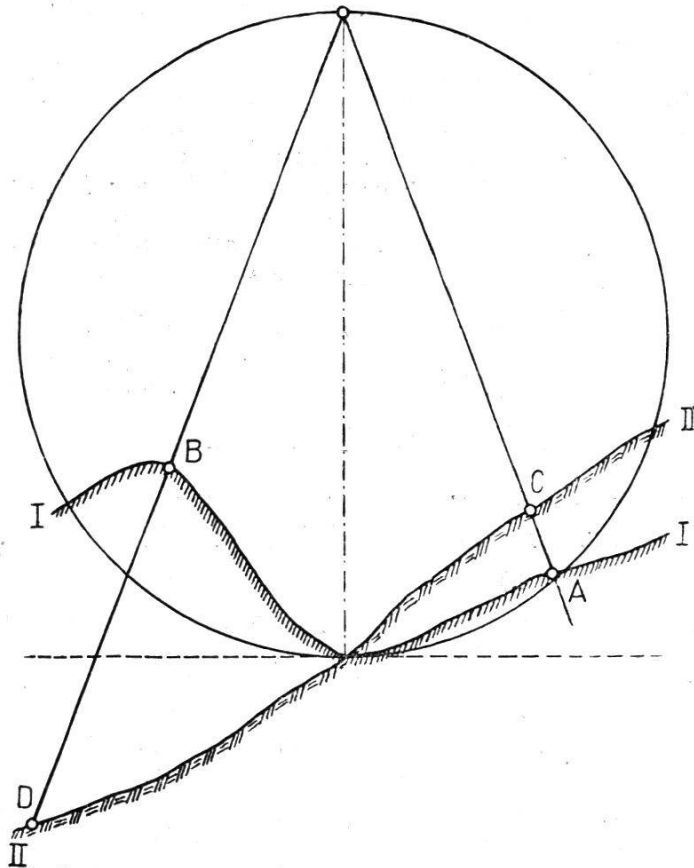
(Referat, gehalten in der Schweiz. Photogrammetrischen Gesellschaft.)

(Schluß,)

Beim Entwurf der Flugpläne der Gebirgsaufnahmen werden mit Vorliebe die Fluglinien senkrecht über die Talrinne gelegt und zwar aus auswertungstechnischen Gründen, weil eben bei einer solchen Anordnung die Talhänge am besten eingesehen werden. Diese Anordnung birgt aber stets die Gefahr in sich, daß die Geländeschnittlinie der Kippungsebene angenähert die Form einer Kreislinie annimmt, woraus sich dann hie und da recht unliebsame, viel Zeit und Geduld erfordernde Komplikationen bei der gegenseitigen Orientierung der Aufnahme ergeben.

In besonders schwierigen Fällen haben wir uns folgendermaßen zu helfen gesucht. Man konstruiert ein Geländeprofil in der Hauptvertikalen der zu orientierenden Aufnahme, also in der Y — Z Ebene durch den Konvergenzpunkt. Der Maschinenmaßstab darf dann allerdings nicht mehr beliebig, sondern muß annähernd richtig sein, weil sonst die Höhenablesungen und damit das Profil unrichtig würden. In dieses Profil werden sodann die beiden Aufnahmestandpunkte ebenfalls im richtigen Maßstabe eingetragen und hierauf der in Figur 2 dargestellte „gefährliche Kreis“ gezeichnet. Dann ist es ein leichtes, diejenigen Geländepunkte auszuwählen, welche für die Kippungskorrektur am besten geeignet sind. Es sind dies diejenigen Punkte, die relativ am weitesten vom „gefährlichen Kreis“ entfernt sind und für welche die Zahl k (Formel 7) am kleinsten ist. Diese Punkte haben relativ die größte Parallaxe und je größer diese ist, um so genauer muß

sich die Korrektur vollziehen lassen. Da die ω -Parallaxe in der Regel auch noch von einer *by*-Parallaxe überlagert ist, sodaß der Anteil jeder der beiden nicht ohne weiteres zu erkennen ist, so ist es vorteilhaft, zuerst den Anteil der *by*-Parallaxe zu beseitigen, wozu uns die Figur 2 ebenfalls ein Mittel in die Hand gibt. Man wird für die Korrektur der *by*-Parallaxe eine Stelle wählen, die möglichst nahe gegen den Plattenrand, andererseits sich aber auch möglichst nahe dem „gefährlichen Kreis“ befindet. An dieser Stelle ist die ω -Parallaxe nämlich



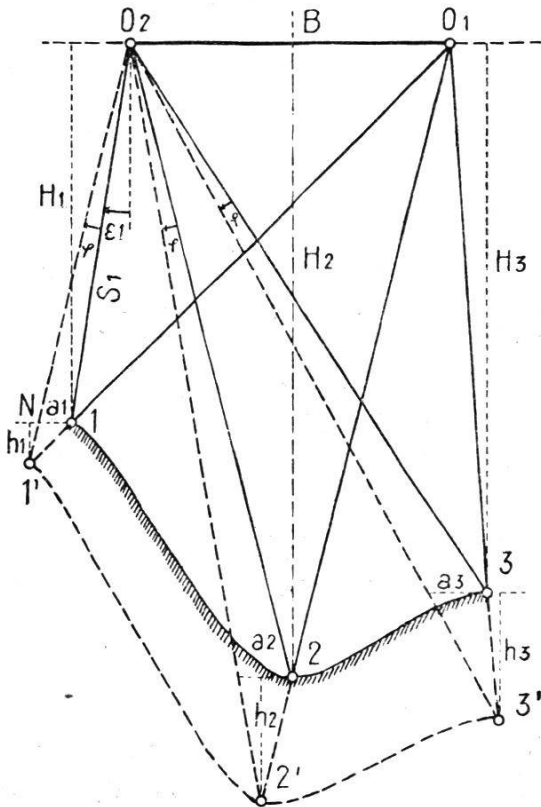
Figur 3.

am kleinsten, so daß die *by*-Parallaxe relativ zur ω -Parallaxe am stärksten zur Geltung kommt. Beim Geländeabschnitt *I—I* (Figur 3) würde demnach am besten bei Punkt *A* die *by*-Parallaxe und bei Punkt *B* die $d\omega$ -Parallaxe beseitigt, beim Geländeschnitt *II—II* bis *II* in Punkt *C* die *by*-Parallaxe und in Punkt *D* die $d\omega$ -Parallaxe. Bei einem Gelände nach Schnitt *II—II* ist nach unserer Erfahrung die Korrektur sehr rasch und genau ausführbar, während bei Gelände nach Schnittlinie *I—I* sich häufig Schwierigkeiten ergeben. Um diesen zu entgehen, habe ich schon den Vorschlag

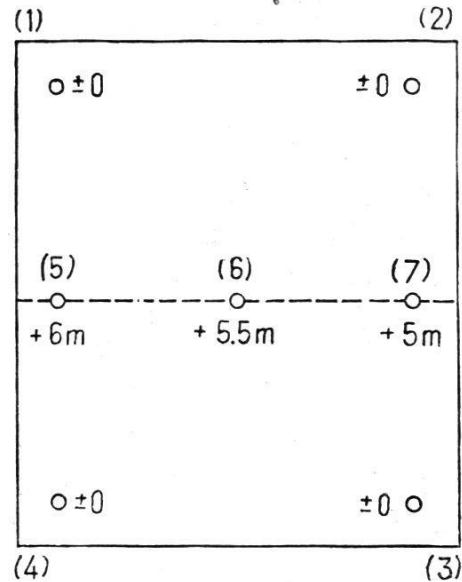
gemacht, bei der Ausarbeitung der Flugpläne darauf zu achten, daß bei langen und tiefeingeschnittenen Tälern die Fluglinie nicht mehr genau über der Talrinne sich befindet, sondern etwas daneben.

In einem vereinzelt, ganz besonders schwierigen Fall, wobei es sich um Folgebildanschluß handelte, bei dem also zu einer bereits nach dem Lot orientierten Aufnahme eine zweite durch Modellherstellung hinzu zu orientieren war, haben wir uns, nachdem die größten Parallaxen eliminiert waren, so geholfen, daß wir nach Einstellung des Maßstabes die Höhen der Paßpunkte ablasen und die Höhenunterschiede bildeten. Hierauf wurde die zu orientierende Kammer um einen runden Betrag gekippt, neuerdings die Höhen abgelesen, und anhand der Veränderung der Höhendifferenzen die Wirkung der Korrektur beobachtet. Der ganze Vorgang wurde hierauf wiederholt, bis nach einigen weiteren Korrekturen die Höhenablesungen mit den Paßpunkthöhen übereinstimmten.

Die gegenseitige Orientierung gestaltet sich noch komplizierter in den Fällen, wo nicht nur in der bisher genannten Ebene durch die Hauptvertikale, sondern auch noch in dem in den Plattenecken abgebildeten Gelände große Höhenunterschiede bestehen. Verschwenkung φ , Kippung ω , und by beeinflussen sich dann gegenseitig in sehr undurchsichtiger Weise. Wenn dann noch Bildunschärfen in den Plattenecken hinzukommen, so kann noch ein Rest einer Verschwenkungsparallaxe übrig bleiben, der nicht feststellbar ist und erst bei der absoluten Orientierung nach dem Lote zur Geltung kommt. Ein solcher Restfehler in der Verschwenkung φ bedingt dann, wenn im Gelände große Höhenunterschiede vorhanden sind, eine *Durchbiegung des Modells*.



Figur 4.



Figur 5.

Diese Verhältnisse wollen wir anhand der Figuren 4 und 5 klar machen. Figur 4 stellt den Schnitt einer durch die Basis gelegten Vertikalebene mit dem Gelände dar. Von den Aufnahmeorten O_1 und O_2 sind nach den verschieden hoch gelegenen Geländepunkten 1, 2 und 3 die entsprechenden Strahlen eingezeichnet. Wir wollen nun annehmen, es sei noch eine dem Verschwenkungsfehler φ entsprechende Seitenparallaxe vorhanden, sodaß die Schnittpunkte zusammengehörender Strahlen statt der Profillinie $1 - 2 - 3$, die Profillinie $1' - 2' - 3'$ ergeben. Die Seitenparallaxe φ bewirkt also in den Flughöhen Differenzen h_1, h_2, h_3 etc., die ungleich groß sind und daher nicht ohne weiteres durch entsprechendes Nachstellen am Höhenzähler ausgeglichen werden können, so daß sich eine Durchbiegung des Modells ergibt. Die Vergleichung mit den Sollhöhen der Paßpunkte ergibt dann ungefähr

ein Bild wie in Figur 5, d. h. an den hochgelegenen Punkten (1) — (4) ist die Differenz Null und an den tiefer gelegenen Punkten (5) — (7) beträgt sie z. B. 5—6 Meter. Es ist das typische Bild für das Vorhandensein einer kleinen Seitenparallaxe.

Die Berechnung dieser letztern ergibt folgendes:

Da φ nur wenige Minuten beträgt, so ist nach Figur 4

$$h_1 = a_1 \frac{H_1}{B} \dots \quad 8)$$

ferner ist im Dreieck $O_2.N.1$: $a_1 = s_1 \frac{\sin \varphi}{\cos (\epsilon_1 + \varphi)}$
 und $s_1 = \frac{H_1}{\cos \epsilon_1}$ somit

$a_1 = H_1 \cdot \frac{\sin \varphi}{\cos \epsilon_1 \cos (\epsilon_1 + \varphi)}$ in 8) eingesetzt, gibt

$$h_1 = \frac{H_1^2}{B} \cdot \frac{\sin \varphi}{\cos \epsilon_1 \cos (\epsilon_1 + \varphi)}$$

$$h_2 = \frac{H_2^2}{B} \cdot \frac{\sin \varphi}{\cos \epsilon_2 \cos (\epsilon_2 + \varphi)} \text{ dann ist}$$

$$h_2 - h_1 = \Delta h = \frac{\sin \varphi}{B} \left(\frac{H_2^2}{\cos \epsilon_2 \cos (\epsilon_2 + \varphi)} - \frac{H_1^2}{\cos \epsilon_1 \cos (\epsilon_1 + \varphi)} \right) \quad 9)$$

Da wir φ nur zu wenigen Minuten und die Nadirdistanzen ϵ_1, ϵ_2 der Strahlen im Maximum zu 40 Grad annehmen, $\cos^2 \epsilon$ also im Maximum 0,64 beträgt, so kann man mit einem maximalen Fehler von 18% setzen:

$$\Delta h = \frac{\sin \varphi}{0.82 B} (H_2^2 - H_1^2) \approx \frac{\varphi (H_2^2 - H_1^2)}{0.82 \cdot B \cdot \rho} \text{ oder}$$

$$\varphi \approx \frac{0.82 \cdot \Delta h \cdot B \cdot \rho}{(H_2 + H_1) (H_2 - H_1)} \quad 10)$$

wobei H_1, H_2 die relativen Flughöhen zweier verglichener Geländepunkte bedeuten. Wie empfindlich sich bei großen Höhenunterschieden ein auch nur kleiner Verschwenkungsfehler φ auswirken kann, sei an folgendem Beispiel gezeigt.

Relative Flughöhe bei den Punkten 1, 2, 3, 4 = 2500 Meter (H_1)

Relative Flughöhe bei den Punkten 5, 6, 7 = 3500 Meter (H_2)

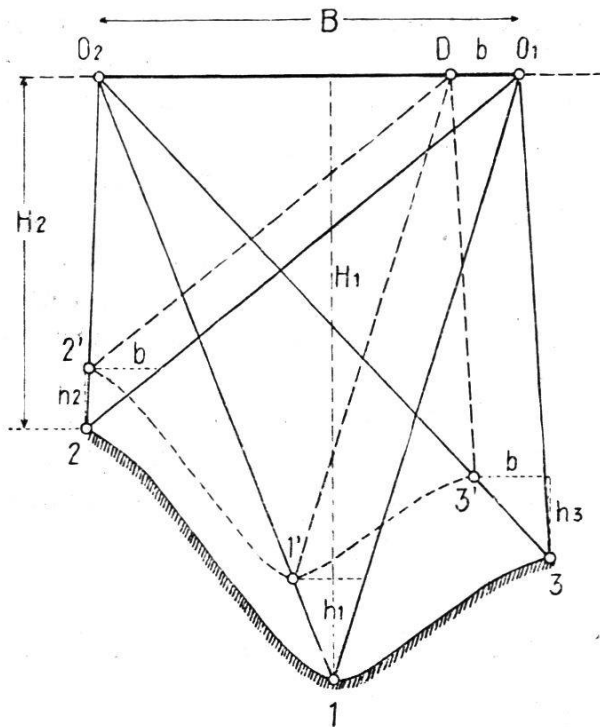
$B = 1200$ Meter, Basisverhältnis also genähert 1 : 3

$\varphi = 10$ Minuten centesimal,

dann ergibt sich eine Durchbiegung des Modells $\Delta h = 9,5$ Meter. Daraus geht deutlich die Notwendigkeit einer möglichst sorgfältigen Eliminierung von Verschwenkungsparallaxen hervor, und da dies bei Aufnahmen quadratischen Formates besser möglich ist als bei rechteckigem Format, so ist die Anwendung des erstern bei unseren Gebirgsaufnahmen zu begrüßen. Es kann daraus aber auch gefolgert werden, daß wenn bei Gebirgsaufnahmen die Höhenablesungen der Paßpunkte gut stimmen, keine nennenswerten Schwenkungsfehler mehr im Modell vorhanden sein können. Diese Ueberlegung stimmt auch überein mit unseren Erfahrungen beim Folgebildanschluß, indem die nachträg-

lichen zusätzlichen Schwenkungen (Drehung um Z-Achse) des Modells nach Ablesung der Paßpunkte in der Regel kleiner sind als die Kippungen.

Es gibt noch eine *weitere Möglichkeit der Modelldurchbiegung* bei großen Geländehöhenunterschieden, allerdings eine weniger gefährliche, nämlich dann, *wenn eine ungenaue Einstellung des Maßstabes vorliegt*. Die daraus resultierenden Verhältnisse sind dargestellt in den Figuren 6 und 7. Die Basis *B* sei hier um die Strecke *b* falsch eingestellt. Es braucht dies durchaus nicht etwa ein direkter Fehler zu sein, sondern die



Figur 6.

falsche Einstellung kann ihre Ursache in unscharfen Aufnahmen, schlecht identifizierbaren oder nicht weit genug auseinanderliegenden Paßpunkten haben.

Aus Figur 6 geht hervor, daß, ähnlich wie in der beschriebenen Figur 4, im Schnitt der durch die Basis gelegten Vertikalenebene infolge des Basisfehlers *b* die zusammengehörenden Strahlen eine Verfälschung des Geländeprofiles bewirken. Statt des Profils $2 - 1 - 3$ entsteht das Profil $2' - 1' - 3'$ mit den Höhendifferenzen h_1 , h_2 , h_3 etc. Diese letztern sind ungleich groß und können daher nicht durch Nachstellen des Höhenzählers beseitigt werden. Die entstehenden Differenzen berechnen sich

nach der Formel:

$$h = \frac{b}{B} H_1$$

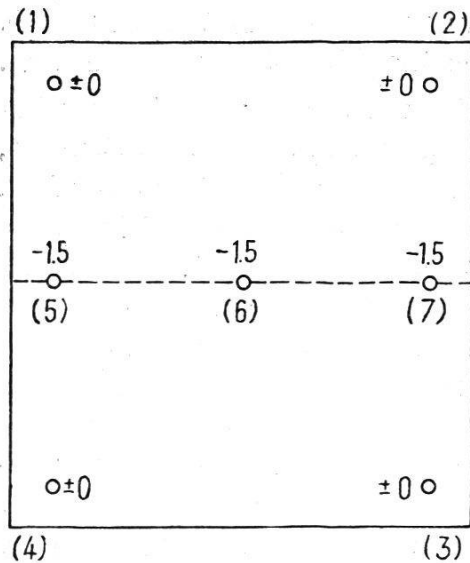
$$dh = \frac{b}{B} dH_1, \text{ oder auf die Differenzgleichung übergegangen und}$$

nach *b* geordnet

$$b = \frac{\Delta h}{\Delta H} \cdot B \dots \dots \dots 11)$$

wobei *B* gleich der Basis, Δh gleich der Durchbiegung, ΔH gleich der Differenz der relativen Flughöhen zweier verglichener Geländepunkte ist.

Nach dieser Formel sind somit die Unterschiede in den Höhendifferenzen Δh direkt proportional den Differenzen der relativen Flughöhen ΔH . Deshalb ist, wie vorhin gesagt, ein Basisfehler im Vergleich zum Verschwenkungsfehler auch weniger gefährlich, denn bei letztern ist entsprechend der Formel 10) der zu befürchtende Fehler eine direkte Funktion der Quadrate der relativen Flughöhen.



Figur 7.

In dem nebenan dargestellten Beispiel Figur 7 stimmen alle abgelesenen Höhen der höchstgelegenen Paßpunkte auf ± 0 , die tiefer gelegenen weisen Differenzen von $-1,5$ Meter auf. Beträgt der Höhenunterschied zwischen den höchstgelegenen Paßpunkten (1), (2), (3), (4) und den tieferen Punkten (5) — (7) rund 1000 Meter, so genügt schon der verhältnismäßig kleine Maßstabfehler von 1 ‰ , um eine Durchbiegung des Modells um 1 Meter hervorzurufen.

Aus vorstehenden Betrachtungen geht hervor, in welchem starkem Maße die topographische Gestaltung des auf-

genommenen Geländes den Gang und die Genauigkeit der gegenseitigen Orientierung der Aufnahmen zu beeinflussen vermag. Kleine Orientierungsdifferenzen, die für flaches Gelände völlig harmlos sind, werden sich unter Umständen im Gebirge in sehr unliebsamer Weise bemerkbar machen. Darum erfordert die gegenseitige Orientierung von Gebirgsaufnahmen auch bedeutend mehr Zeit und Sorgfalt, als diejenige von Flachlandaufnahmen.

Das Kurvenabstecken durch graphische Ermittlung der Elemente und mit Hilfe von Polygonzügen.

Von *E. Moll*, Grundbuchgeometer.

(Fortsetzung.)

Dazu wählen wir eine beliebige Basis, etwa die Anfangstangente T_a . Trägt man nach früherem Beispiel das Profil, beginnend im Punkte A bis zum Punkt B auf dessen Tangente T_B an R_3 parallel zu T_a ist, so ist man mit der Profillinie in B' wieder auf der Basis T_a angelangt. Die dadurch gebildete Profilfläche $+ [n]$ mißt die Evolvente $+ n$, welche als Differenz der rechtsläufigen Evolvente $(+ n + m)$ weniger die linksläufige $(- m)$ zu betrachten ist. Von Punkt B an dominieren die linksläufigen Evolventen mit der Basis T_B , die, weil parallel zu T_A , als Fortsetzung der ersteren auf gleicher Höhe des Längenprofils anzureihen sind. Die vom Punkt B' bis zum Punkte C' (Paralleltg. T_c) sich bildende Minusfläche mißt die Evolventen-Differenz $-(0)$. Das gleiche gilt für die Basis T_c , deren Evolventen wieder rechtsläufig sind usw. Die bald positiven, bald negativen Flächen unseres Längenprofils messen also abgesetzt bald die rechtsläufigen, bald die linksläufigen Evolventen unserer Kreise und Geraden.

Betrachten wir zur Abwechslung einmal kleinere Aenderungen