

14. Kongress der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie
Hamburg 1980

Kommission IV: Topographische und kartographische Anwendungen

Arbeitsgruppe: IV/3 Grossmassstäbige Kartierung für Stadtplanung,
Flurbereinigung und Ingenieurvermessungen

Freiwilliges Referat

Prof. Dr. Zdenko Tomašegović, Universität Zagreb, Jugoslavien

EXPERIMENTELLER EINSATZ EINES OPTISCH-MECHANISCHEN TRASSENSUCHERS

Kurzfassung:

Stereoauswertgeräte mit einem Aufpunkt, ermöglichen bei Entwurfsarbeiten die Anwendung einer mehrstufigen kreisförmigen Schablone für Aufsuchen von Linien konstanter Gefälle. Diese Schablone ermöglicht kreisförmige Bewegung der räumlichen Messmarke direkt im Stereomodell. Die Schichtlinienauswertung kann ausfallen. Das Verfahren ist gerechtfertigt besonders wenn für operative Entscheidungen nicht nur geometrische Informationen - wie im Falle der digitaler Auswertung - sondern auch geologische, bodenkundliche, hydrologische, urbanistische, vegetationsbezogene und andere Informationen dem Auswerter nötig sind.

Geometrische Grundlage

Eine Linie A-1-2-3... mit einem bestimmten konstanten Gefälle (oder mit veränderlichem Gradienten Gefälle) n sucht man im Schichtlinienplan mittels eines Zirkels auf. Der Radius r

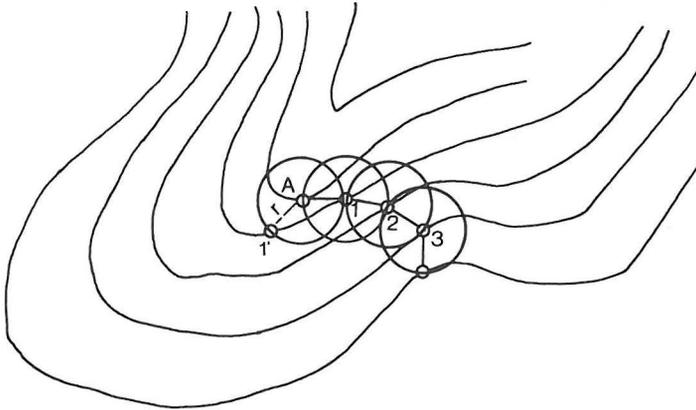


Fig. 1

des jeweiligen Kreises, der im allgemeinen Falle die benachbarten Schichtlinien an zwei Stellen schneidet, ist gleich $\frac{\Delta h}{n}$, wobei Δh den Höhenunterschied zwischen den gegebenen Schichtlinien und n das Gefälle bzw. die Steigung bedeuten. In einem Schichtlinienplan (z. B. im Masstab 1:10.000) in welchem $\Delta h = 5$ m ist, errechnet man für verschiedene n (in %) die zugehörigen

r_m (in Metern).

n %	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
r_m	500	250	166,6	125	100	89,3	71,4	62,5	55,5	50

Tafel 1

Bei konstantem Δh ändert sich der Radius mit n . Die erwähnte, allgemein bekannte Methode erfordert für das Aufsuchen der sogenannten Nulllinie jedoch einen vorhandenen Schichtlinienplan. Das Problem ist aber auch ohne solche Unterlagen lösbar und zwar direkt mit Hilfe des Stereomodells in einem Auswertgerät.

Optisch-mechanische Lösung

Hat man das Stereomodell exakt orientiert (relativ und absolut), lässt sich z. B. mit Hilfe des Aviographen Wild B8 (oder anderen Stereoinstrumenten mit einem Aufpunkt und mit Freihandbewegung) und einem sogenannten Trassensucher (kreisförmige Schablonen) die Nulllinie direkt im Stereomodell auffinden und graphisch mit dem vorhandenen Pantographen oder durch Einzeichnen in eine Photovergrößerung darstellen.

Der vorhandene Trassensucher weist mehrere kreisförmige Rillen auf, welche mit den Radien 5, 10, 20, 40 mm konzentrisch zum Zentrum A liegen. Er erlaubt zusammen mit dem Zeichenstift des Instrumenten-Lenkerfusses die gestellte Aufgabe einfach und ohne Schichtlinienplan zu lösen. Der Zeichenstift des Lenkerfusses muss zu diesem Zweck mit einer Hülse versehen werden, so dass er mit seinem Ende in den Rillen geführt werden kann. Dadurch wird die kreisförmige Bewegung des Zeichenstiftes auf die Messmarke übertragen.

Der Rillenkörper S ist in eine Aluminiumplatte P eingesetzt. Der Halter H macht

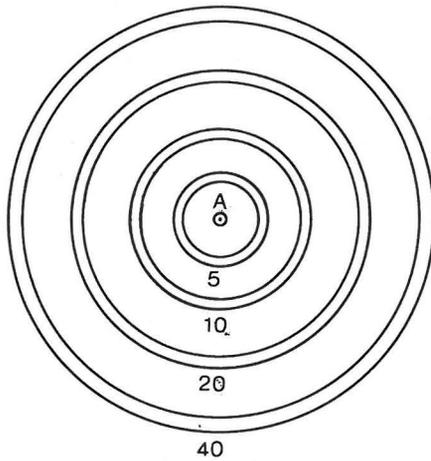


Fig. 2



Fig. 3

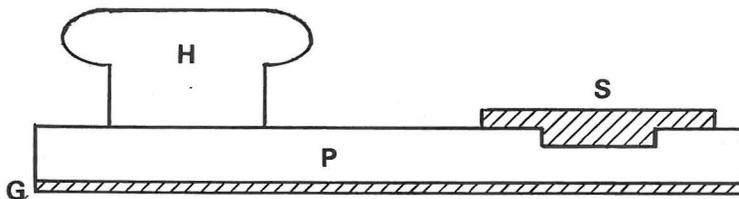


Fig. 4

den Trassensucher relativ schwer. Die Gummiauflage *G* sorgt für eine genügend grosse Reibung auf dem Zeichenblatt auf der Tischfläche des Auswertegeräts.

Das Auffinden der Nulllinie

Die Operation soll an einem bestimmten Punkt anfangen. Auf diesen Punkt muss die Messmarke im Modell stereoskopisch aufgesetzt werden. Mit der Lenkerfussbremse fixiert die rechte Hand des Operateurs den Lenkerfuss, so dass die Messmarke fest auf dem Punkt *A* aufsitzt. Der Trassensucher wird mit der linken Hand so unter den Zeichenstift geschoben, dass das Zentrum *A* unter die Zeichenstifthülse zu liegen kommt. Der Zeichenstift wird angehoben und genau in das Zentrum *A* eingeführt. Für das richtige Funktionieren der Zeichenstiftabhebung muss die Hülse am Zeichenstifthalter evtl. etwas in der Höhe verstellt werden.

Der Höhenmassstab des Auswertegeräts zeigt bei-auf dem Gelände aufgesetzter Messmarke-die Geländehöhe des Punktes *A* an. Abhängig von Modellmassstab und vom verwendeten Radius muss zum Auffinden des Punktes *1* zunächst die Messmarke auf die entsprechende, am Massstab ablesbare Höhe eingestellt werden. Anschliessend wird bei festgehaltenem Trassensucher der Zeichenstift abgehoben und der Lenkerfuss so verschoben, dass der Zeichenstift in die entsprechende Rille abgesenkt werden kann. Der Lenkerfuss (und damit auch die Messmarke) lassen sich bei noch immer festgehaltenem Trassensucher nun auf einer kreisförmigen Bahn bewegen.

Ist z.B. der Modellmassstab $M = 1:10.000$, so dürfte der erforderliche Radius des schneidenden Kreises nach Tafel 1 nicht grösser als 50 m sein, wenn man annimmt, dass grössere Gefälle als $n = 10\%$ nicht auftreten werden.

Für das Auffinden des Punktes *1* (Fig. 1) wird für $r = \text{const.} = 50 \text{ m}$ bei Massstab $1:10.000$ die Rille mit Radius 5 mm gewählt. Der Operateur verfolgt beim kreisförmigen Bewegen des Lenkerfusses die Bahn der Messmarke in den Okularen bis zum Berü-

$$r = \text{const} = 50 \text{ m}$$

n %	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
h_m	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5

Tafel 2

hrungspunkt (1' oder 1 in Fig. 1), welcher nun mit dem Pantographen vorzugsweise in einem grösseren Massstab kartiert wird. Gleichzeitig kann der gefundene Punkt 1 (oder 1') auch noch visuell in eine vorhandene Photovergrösserung eingetragen werden.

Die Verbindungslinie A-1 weist das Gefälle auf, welches einer Funktion des Höhenunterschiedes Δh , des Modellmassstabes M und des Radius r im Modell entspricht. Sind die Gefälle n der Nulllinie 5 % oder kleiner (siehe Tafel 1), dann kommt die Rillenschablone mit grösserem Radius ($r = 100 \text{ m}$) zur Anwendung.

Der grösste Radius kann vorteilhaft für ein vorläufiges allgemeines Auffinden des Trasses im Stereomodell verwendet werden, um zu sehen, ob überhaupt eine Linienführung mit diesem Gefälle möglich ist.

Für das endgültige Aufsuchen des Trasses verwendet man am besten den kleinsten Radius ($r = 5 \text{ mm}$).

Die Teile des Trasses in benachbarten Stereomodellen sind durch die geodätischen Unterlagen (Landeskoordinatensystem) verbunden.

Vorteile

Bei Verwendung des vorgeschlagenen Trassensuchers für die Schaffung von Vorentwürfen im Strassenbau (Autobahnen, oder lokale Strassen, besonders im bedeckten Gebieten) und Eisenbahnbau ist das Zeichnen von Schichtlinien nicht notwendig. Dies ist nur dann erforderlich, wenn schon z.B. beim Vorentwurf einige Objekte projiziert werden sollen. Der Strassenplaner bekommt dann nicht nur das Trasse (eine oder mehrere Varianten), sondern auch Schichtlinien.

Der zweite Vorteil geht aus der Tafel 2 hervor. Wenn man den Radius $r = 50 \text{ m}$ in dem beschriebenen Beispiel ($M = 1:10.000$) benutzt, so treten bei verschiedenen n ($n = 10 \% \dots 1 \%$) kontinuierlich immer (mit Maximalwerten von $\Delta h = 5 \text{ m} \dots 0,5 \text{ m}$) kleinere Schichtlinienabstände im Stereomodell auf.

Kommen nämlich grössere Werte n im gebirgigen Gelände und kleinere n im Flachland vor, ist die Höhengliederung beim Abtasten des Modells mit $r = 50 \text{ m}$ harmonisch; das heisst mit abnehmendem Neigungen (Relief) tritt ein immer kleinerer virtueller Höhenlinienabstand auf, wodurch das Trasse gut bestimmt wird.

Der dritte grosse Vorteil der Anwendung des Trassensuchers ist das Projektieren direkt im Modell, das alle objektiv wahrzunehmenden Einzelheiten geologischer, hydrologischer, urbanistischer, vegetations- und bodenkundlicher Natur enthält, die massgebend für eine multidisziplinäre gesuchte Lösung sind.

Natürlich muss auch die grössere Genauigkeit der Höhenbestimmung erwähnt werden, welche durch die Einzelpunktmessung erzielt wird, anstatt durch Interpolation aus Höhengleichlinien.

Wird dem Pantographen des Stereoinstrumenten mit einem Aufpunkt, ein geeignetes Profilmasstab zugefügt so wird ausser Trassenbestimmung auch die Messung der Längsprofile und der Querprofile ermöglicht.

Einige organisatorischen Fragen

Der Einsatz eines Trassensuchers verlangt eine enge Zusammenarbeit von Strassenplaner und Photogrammeter, wobei wünschenswert wäre dass auch der Strassenplaner stereoskopisch sieht (man denke an Stereoinstrumente mit zugefügtem Instruktionsokularen). Der Strassenplaner sollte aber wenigstens an Hand der Kontaktkopien (oder Photovergrößerungen), worin der Photogrammeter eine oder mehrere Varianten nach der Arbeit mit dem Trassensucher eingetragen hat, beurteilen.

Das Optimum wird erreicht werden, wenn Photogrammeter der Strassenplaner wird. Das kann z.B. dann der Fall sein, wenn es sich nicht um Strassen höherer Ordnung (Autobahnen) handelt, sondern um Strassen für deren Projektierung der Photogrammeter die notwendige Ausbildung und Praxis hat.

Erfahrungen

Der dargestellte Trassensucher samt einem geeignetem selbst konstruierten Profilmassstab, wurde versuchsweise eingesetzt für ein Gelände in der Umgebung von Göttingen in der BRD in Zusammenarbeit mit dem Herrn Ing. Hans Jurgen Schultze von der Technischen Universität Hannover (Lehrstuhl f. Verkehrswirtschaft, Strassenwesen u. Stadtebau - Fachgebiet Erd - Strassen - u. Tunnelbau) sowie im Militargeographischen Institut in Belgrad (Jugoslavien). Die Arbeiten an der Technischen Universität Hannover wurden durchgeführt dank der grosszügiger Unterstützung des Herrn Prof. Dr. G. Konecny an dem Institut für Photogrammetrie. Beide Einsätze zeigten einfache, eindeutige Anwendung und insbesondere kamen wir zu folgenden Erfahrungen:

a) zur Anwendung der direkten Linienführung in Stereomodellen ist ein genereler Entwurf der Strasse ($M = 1:50.000$ oder $M = 1:25.000$) notwendig,

b) das Verfahren mit Trassensucher ist einfach und im messtechnischen Sinne zuverlässig. Die Herstellung von Schichlinienplänen kann wegfallen,

c) bei Autobahnen wo möglicherweise breite (oder sehr breite Täler) vorkommen könnte und wo man diesbezüglich Brückenbau vollziehen soll, muss die Schablone des Trassensuchers mit möglichst grossen Radien (40 - 50 mm) versehen sein (was ich im Institut f. Photogrammetrie, Hannover hinsichtlich des Radius $r = 40$ mm volbracht habe). Wenn die Brückenhöhen nicht grösser als etwa 20 m sind (Bildmassstab 1:12.000, Modelmassstab 1:7.500, Kartierungsmaßstab 1:5.000) ist es möglich - bei gleichzeitiger stereoskopischer Betrachtung der Messmarke und des Geländes - in vorgegebener Richtung die Täler zu überqueren,

d) für selbstständige Arbeit am Stereoauswertegerät wäre entweder das Betätigen eines Photogrammeters im Projektbureau mit Kenntnissen in Strassenentwürfen erforderlich oder das Betätigen eines Bauingenieurs der stereoskopisch einwandfrei befähigt und ausserdem in der Photogrammetrie geschult wäre. Bauingenieur und Photogrammetrer könnten als zwei verantwortliche Fachmänner auch getrennt nach notwendigen Beratungen ihre Leistungen vollziehen,

e) es sind für zuverlässige Messungen im Stereomodell Höhenpasspunkte mit einwandfreien Definition und namentlich im Bereiche des geplanten Strassenkorridors erforderlich,

f) das grösste Hinderniss, wie ausnahmslos in allen bisherigen Anwendungen der (Aero) Photogrammetrie, ist dicht geschlossener Nadelwald. Am Rande solcher Gebiete sollten möglicherweise Zwangspunkte vorgegeben werden. Kleinere Nadelwaldbestände könnte man mit den grössten Radien der Schablone des Trassensuchers überbrücken,

g) für flexibles Vorgehen braucht man 3 -4 Bildträger, mal dieses, mal jenes Stereomodell, nach bekannten (registrierten) Orientierungsdaten schnell einlegen zu können. Die Diafilme muss man an die Glassplatte mit Tesa-film befestigen. Sonst verrutschen sie bald,

h) der Trassensucher wäre auch für das Projektieren von Anschlussstellen bei Autobahnen anwendbar,

i) bei den Messungen kartiere man gelegentlich die überquerten Strassen u.a. so wie gut definierte Punkte in dem gemeinsamen Gebiet der zwei aufeinander folgenden Modelle, die zum noch besseren Anschluss dienen könnten,

j) in den Längsprofilen (Stationierungen wurden vorher in die Kartierungsunterlage von Hand aufgetragen) misst man mit der Messmarke jeweils die dazugehörigen Geländehöhen im Stereomodell anstatt das man diese Höhen in Schichtlinienplänen approximativ schätzt,

k) mit einem in Hannover konstruierten, einfachen Profildiagramm kann man an eingezeichneten Stationierungen in eingezeichneten Radialrichtungen Querneigungen bzw. Querprofilhöhen in gewünschten Abständen messen (und elektronisch registrieren),

l) das Stereomodell ist auch als Hilfsmittel für die Beurteilung der erforderlichen Sichtweiten anzusehen,

m) für einem Bauentwurf wäre ein Bildmasstab 1:4.500 notwendig ($H = 675$ m, Aufnahmeobjektiv $f = 152$ mm), Modellmasstab 1:2.500, Kartierungsmasstab 1:1.500 über Pantographen, oder direkt am Internzeichentisch im Masstab 1:2.500, wenn solche Verhältnisse ausdrücklich in Richtlinien eines Landes verlangt werden.