

Paper-ID: VGI\_196518



## Photogrammetrische Registrierung von Profilen

Karl Hubeny <sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Graz, Technische Hochschule, Rechbauerstraße 12*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **53** (6), S. 169–174

1965

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

```
@ARTICLE{Hubeny_VGI_196518,  
Title = {Photogrammetrische Registrierung von Profilen},  
Author = {Hubeny, Karl},  
Journal = {{\u}sterreichische Zeitschrift f{\u}r Vermessungswesen},  
Pages = {169--174},  
Number = {6},  
Year = {1965},  
Volume = {53}  
}
```



# ÖSTERREICHISCHE ZEITSCHRIFT FÜR VERMESSUNGSWESEN

Herausgegeben vom  
ÖSTERREICHISCHEN VEREIN FÜR VERMESSUNGSWESEN

Offizielles Organ

des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (Gruppen f. Vermessungswesen),  
der österreichischen Kommission für die Internationale Erdmessung und  
der Österreichischen Gesellschaft für Photogrammetrie

REDAKTION:

emer. o. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. H. Rohrer,  
o. Prof. Hofrat Dr. phil. Dr. techn. e. h. K. Ledersteger und  
Hofrat Dipl.-Ing. Dr. techn. Josef Mitter

---

Nr. 6

Baden bei Wien, Ende Dezember 1965

53. Jg.

---

## Geleitwort

Das Photogrammetrieheft der ÖZfV. erscheint diesmal erst am Jahresende. Wenn auch früher Artikel zur Veröffentlichung vorlagen, so waren die Zeitpunkte ihres Eintreffens zu unterschiedlich, als daß sie ohne Nachteil für ihre Aktualität zu einem Heft hätten gesammelt werden können. Ihr Abdruck erfolgte daher in den laufend erscheinenden Heften der ÖZfV. Gegen den Jahresschluß jedoch langte gleichzeitig eine größere Anzahl von Arbeiten photogrammetrischer Natur ein, die die Schriftleitung der ÖZfV. zu einem umfangreichen Heft zusammengefügt hat, wofür ihr namens der ÖGfPh. der beste Dank ausgesprochen wird.

Aus Raummangel konnte der Artikel von *W. Kottlé*, Graz: „Über eine Untersuchung der Ganggenauigkeit der Z-Spindel eines Wild-Autographen A 5“ in diesem Heft nicht mehr Aufnahme finden; er wird daher erst im nächsten Heft der Zeitschrift erscheinen.

*F. Hauer*

Präsident der ÖGfPh.

## Photogrammetrische Registrierung von Profilen

Von *Karl Hubeny*, Graz

Dank der in den letzten Jahrzehnten fast sprunghaft in Erscheinung getretenen Fortschritte und Entwicklungsergebnisse, sei es in der Optik, Feinmechanik, Elektronik, Emulsionstechnik usw. stehen heute dem messenden Ingenieur vielfach Hilfsmittel zur Verfügung, die in vieler Hinsicht kaum mehr Wünsche offen lassen. Diese Tatsache nimmt man sicherlich gerne zur Kenntnis; überlegt man ihre Auswirkung auf den gesamten Komplex der Vermessungstechnik, so muß man allerdings auch ein gewisses Eigenleben eines Zweiges der geodätischen Forschung, nämlich der auf das Instrumentelle bezogenen Arbeit, feststellen. Dies mag zum Teil der Grund sein, warum sich die Meßtechnik — trotz bestechender Fortschritte — da und dort in eigentlich recht althergebrachten Bahnen bewegt. Ich meine damit

eine Reihe von elementaren Meßvorgängen, die, zumeist in großer Zahl anfallend, eigentlich ein recht lohnendes Gebiet der Forschung darstellen könnten.

Wenn man nun in diesen Gebieten Umschau hält, so drängt sich unwillkürlich immer wieder der Gedanke auf, anstelle einer mehr oder weniger großen Zahl gleichartiger Meßvorgänge, woran sich stets Aufschreibungen der Meßwerte schließen, die durch die Photographie gegebene Möglichkeit des objektiven Festhaltens oder Registrierens einer in einem bestimmten Augenblick bestehenden Situation zu nutzen. Man kann hiebei an zwei Vorgänge denken: Einmal können Meßwerte registriert, also die Aufschreibung derselben photographisch getätigt werden, zum anderen Male kann aber das Objekt der Messung selbst, sei es in Teilen oder als Ganzes, in einer für dessen Rekonstruktion möglichst günstigen Art oder nach einer möglichst guten Vorbereitung im Hinblick auf dieses Ziel, erfaßt werden.

Will man die Photographie vermittelnd in die elementaren Methoden der Vermessungstechnik einbeziehen, so erscheint zunächst wohl der erste Weg, die Registrierung der Meßwerte, der naheliegende zu sein. Er bietet sogar manchen Vorteil, etwa den, daß er die Methodik kaum beeinflußt, also praktisch in jedem beliebigen Meßvorgang dieselben Dienste zu leisten vermag. Aber, so naheliegend und nutzbringend auch die photographische Registrierung zu sein scheint, sie ist es in vielen Fällen gar nicht. Denn die menschliche Tätigkeit des Erfassens der Meßgröße bleibt doch unverändert bestehen und ebenso die Entnahme der registrierten Meßwerte zu deren weiterer Verarbeitung. Sieht man von bestehenden Ausnahmen ab, so bringt die photographische Registrierung der Meßwerte bei vielen der sich oft wiederholenden elementaren Meßvorgänge nicht sehr viel an Vorteilen. Solche sind erst dann in vollem Ausmaß gegeben, wenn der Meßvorgang selbst in die photographische Registrierung einbezogen werden kann, wenn es also gelingt, geeignete Informationen über das auszumessende Objekt photographisch so festzuhalten, daß aus diesen das Objekt möglichst ohne den Umweg über die Verarbeitung von einzelnen Meßwerten rekonstruiert werden kann. Damit sind wir aber, allgemein gesehen, bei der Problemstellung der Bildmessung angelangt; wir werden daher photographisch festgehaltene Informationen, die direkt zur Kenntnis etwa der relativen gegenseitigen Lage der Punkte einer Punktreihe zueinander, der Form eines Linienzuges, des Weges eines markierten Punktes usw. führen, stets als photogrammetrische Registrierung derselben bezeichnen dürfen.

Für eine derartige photogrammetrische Registrierung bieten sich als besonders geeignet jene Meßvorgänge an, die sich auf ein in einer Ebene liegendes Objekt beziehen, also die Profilmessungen. Gegenstand der Messung ist hiebei der Verlauf der Schnittlinie einer lotrechten Ebene entweder mit der natürlichen oder auch durch Bauten veränderten Erdoberfläche oder mit einem Bauwerk, und zwar am häufigsten des Stollens. Zwei charakterisierende Stichworte, nämlich: Kurve in lotrechter Ebene und lotrechte Bildebene weisen schon darauf hin, daß man — bei Parallelstellung dieser Ebenen — zu einer Registrierung dieser Schnittkurven in einer ähnlichen, nur maßstäblich verkleinerten Form gelangen muß, wenn es gelingt, die in der Natur zumeist wohl durch einen oder mehrere Punkte gegebene, jedoch nicht sichtbare Schnittkurve, d. h. die Profillinie, photographisch abzubilden.

Es gibt hiezu eine Vielzahl von Wegen. Aus den vielen vom Verfasser im letzten Jahrzehnt angestellten Versuchen haben sich letzten Endes ziemlich klar zwei Vorgänge ergeben, von denen sich der eine zur kontinuierlichen Darstellung von Lichtraumprofilen (Stollen), der andere zur punktweisen Erfassung charakteristischer Punkte von Geländeprofilen am besten eignet. Das erstere dieser Verfahren ist das der sogenannten Lichtschnitte, bei dem in geeigneter Weise eine Lichtebene erzeugt und deren Spur an den Wänden des Bauwerkes (Stollen) durch eine Aufnahmekammer mit zur Lichtebene paralleler Bildebene registriert wird. Ist der Abbildungsmaßstab bekannt, so ist die Profillinie mit allen Details rekonstruierbar.

Das Verfahren der Lichtschnitte hat eine lange Geschichte. Schon vor etwa einem halben Jahrhundert wurde es in Verfolgung eines noch vor der Jahrhundertwende bekanntgewordenen Gedankens durch *K. Zaar* als photogrammetrische Meßmethode vorgeschlagen; es finden sich auch Abwandlungen des Verfahrens (Profilebene durch Grenzfläche von Licht und Schatten gegeben) in der Literatur beschrieben. Da die Profillinie als Lichtspur der Registrierung zugeführt wird, beschränkt sich das Verfahren von selbst auf die Dunkelheit oder auf dunkle Räume; die Domäne seiner Anwendung sind Profilmessungen im Stollenbau, die naturgemäß stets in großer Zahl anfallen.

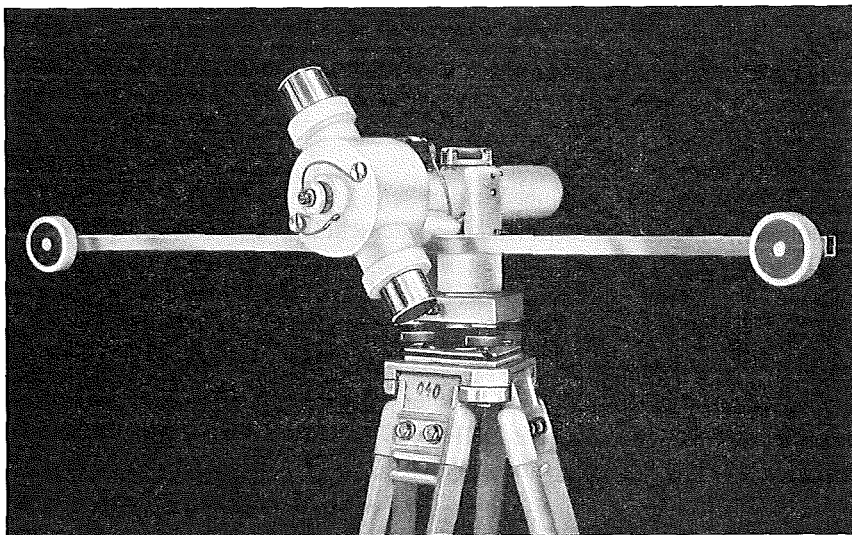


Abb. 1

Die theoretischen Grundlagen des Verfahrens sind sehr einfach und mit den vorangegangenen Andeutungen genügend erklärt; eine gewisse Entwicklungsarbeit — eigentlich eine solche von gar nicht geringem Umfang — mußte aber doch geleistet werden, bis eine mit einer gewissen Universalität verwendbare Einrichtung hiezu in einer endgültigen Form vorlag. Die Schwierigkeiten in der Entwicklung des in den Abbildungen 1 und 2 gezeigten Gerätes liegen in einigen, sich zum Teil widersprechenden Anforderungen an seine Funktion. Es soll z. B. die erzeugte Lichtspur möglichst hell sein, andererseits soll aber der Aufwand an elektrischer Energie

in möglichst kleinen Grenzen gehalten werden, oder: Es soll ein möglichst großer Teil des von der Lichtquelle abgestrahlten Lichtes zur Erzeugung der Bildspur Verwendung finden, aber die Lichtspur soll schmal sein und der Aufwand an optischen Teilen soll auf ein Minimum beschränkt bleiben. Dazu kommt noch die Forderung der Praxis nach leichter Nachschaffung und Auswechslung der dem Verschleiß unterliegenden Teile, nach größtmöglicher Stabilität und Unempfindlichkeit gegen Dejustierung bei möglichst geringem Gewicht u. a.

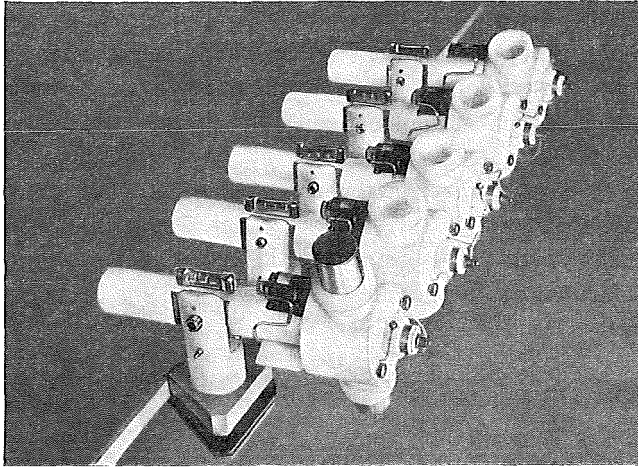


Abb. 2

Die im Frühjahr 1965 in einer kleinen Serie hergestellten und in den beigefügten Abbildungen gezeigten Geräte sind der Niederschlag langer Versuche und benützen die Erfahrungen mit etlichen vorangegangenen, in der Praxis mit Erfolg verwendeten früheren Ausführungen. Aus einem sehr stabilen, dabei aber leichten Kunststoff gefertigt, kann das Gerät in die Zeiss'schen Untersätze eingesetzt und hierin azimutal und in der Vertikalebene orientiert werden. Eine präzise Lagerung bürgt für die spielfreie und leichte, durch einen kleinen Elektromotor bewirkte Rotation des Projektionskörpers, der die Lichtquelle (6 Volt, 35 Watt) enthält und die beiden einstellbaren lichtstarken Projektionsobjektive trägt. Alle elektrischen Verbindungen zwischen dem feststehenden lotrechten Teil (Kabelanschluß) und der Lichtquelle sind so ausgeführt, daß keine flexiblen Verbindungen bestehen und daher Störungen durch deren Versagen praktisch ausgeschlossen sind. Die Umlaufgeschwindigkeit des Projektionskörpers ist so bemessen, daß die von den Objektiven erzeugten Bilder des Glühfadens als Linienzug — d. h. als Profillinie — wahrgenommen werden. An den Enden eines Metallstabes sind, leicht gegen die Lichtebene geneigt und daher von dieser beleuchtet, zwei Paßpunktmarken in konstanter Entfernung voneinander als Element der Maßstabsbestimmung angeordnet. Mit diesem Gerät sind — je nach der benützten relativen Öffnung des Objektivs der Aufnahmekammer, der Filmempfindlichkeit, Oberflächenbeschaffenheit der Stollenwände, Durchmesser des Stollens — Belichtungszeiten bis zu Bruchteilen der Sekunde möglich. Die Lichtspur erscheint als sehr scharfes und bei Durchmessern um fünf Meter etwa

2—3 cm breites Lichtband, welches bei der Auswertung 1:20 als eine etwa 0,5 mm starke Linie die Profillinie angibt.

Die Genauigkeit der projizierten, mit Hilfe der abgebildeten bekannten Strecke zwischen den Paßpunkten auf den gewünschten Maßstab gebrachten Profillinie ist eine ziemlich hohe. Rechnet man die durch Verzeichnungs-differenzen zwischen dem Aufnahme- und dem Projektionsobjektiv, durch die Verzeichnung zufolge des Einspannens des Films zwischen Glasplatten entstehende Unsicherheit allen übrigen Faktoren zu, so liegt die Unsicherheit der Profillinie höchstens im Bereich des Zentimeters (Stollendurchmesser über 3 m, Aufnahmeformat  $24 \times 36$  mm, Weitwinkelobjektiv Biogon). Je nach der gewählten Art des Aufnahmeproganges — bei diesem hat sich eine starre Verbindung von Lichtschnittgerät und Kamera sehr bewährt — liegt die Stundenleistung; 30—40 Profile je Stunde können bei Verbindung der Kamera mit dem Gerät ohne weiteres gemessen werden.

Zur Aufnahme von Geländeprofilen ist das Verfahren der Lichtschnitte — ganz abgesehen davon, daß es nur bei Nacht anwendbar wäre — wenig geeignet. Aber gerade dieser Vorgang ist, in Anbetracht seiner Bedeutung für die Meßtechnik und zufolge seines Auftretens sicherlich der Beachtung wert. Aus diesem Grunde wurde versucht, für die Aufnahme von Geländeprofilen eine Einrichtung zu entwickeln, die die Feldarbeit beschleunigt, von Aufschreibungen befreit und bei Ausschaltung aller nur möglichen Ursachen von Fehlern auch von Sichthindernissen so weit als möglich unabhängig macht. Die Erfüllung dieser Forderungen scheint — man muß vor endgültiger Bewährung in der Praxis mit dem Urteil, noch dazu mit dem eigenen, sehr vorsichtig sein — mit einer in den letzten Jahren am Institut des Verfassers entwickelten Einrichtung möglich zu sein. Das Prinzip: In die charakteristischen Punkte des Profils wird nacheinander eine senkrechte Latte gestellt, auf der durch Marken eine bekannte Strecke definiert ist. Die Kamera wird so eingerichtet, daß ihre Bildebene lotrecht und parallel zur Profilebene ist; durch eine besondere Einrichtung innerhalb der Kamera wird nun erreicht, daß jede Stellung der vorhin erwähnten Latte in der Bildebene abgebildet wird. Projiziert man nun das Negativ so, daß die Länge der Latte im gewünschten Maßstab erscheint, so ergibt die Verbindungslinie etwa der unteren Marken der Latte die Profillinie im gleichen Maßstab. Da die Nummer des Profils oder auch die Kilometrierung durch die auf Latte gesteckte und mitabgebildete Zifferntafel angegeben werden kann, ist bei der Feldarbeit überhaupt keine Anschreibung nötig; ebensowenig kann ein Irrtum entstehen, da die Profillinien als Verbindungslinie konjugierter Punkte der Lattenbilder gegeben ist. Eine bestimmte Ausbildung der Latte bewirkt sogar eine weitgehende Unabhängigkeit von Sichthindernissen; die Auswertung der Profillinie ist sowohl graphisch als auch durch Registrieren der Koordinaten der Profilpunkte möglich. Von dieser Einrichtung liegt, nach Anfertigung eines Versuchsmodells in der Institutswerkstätte, nunmehr ein von einer Kamerafabrik gefertigter Prototyp vor, mit dem in letzter Zeit eine Serie von Versuchsmessungen vorgenommen werden konnte. Die nach den verschiedensten Gesichtspunkten durchgeführten Auswertungen erbrachten fast dieselben Ergebnisse hinsichtlich der erreichten Genauigkeit: Maximaler Fehler der horizontalen Entfernungen etwa  $\pm 0,2\%$ , der Höhen  $\pm 1-2$  cm. Obwohl sich die Genauigkeit der horizontalen Entfernungen ohne zusätzliche

Messung kaum weiter verbessern lassen dürfte, sind die Ergebnisse m. E. durchaus befriedigend, da bei den üblichen Verfahren (Tachymetr. Messung) hinsichtlich der Entfernungen eher schlechtere, in den Höhen aber sicher schlechtere Ergebnisse zu erwarten sind. Leider ist im Zeitpunkt der Niederschrift dieser Zeilen keine Abbildung des Gerätes vorhanden.

Aus den beiden Beispielen ist, glaube ich, die Möglichkeit und wohl auch die Bedeutung der photogrammetrischen Registrierung bei elementaren Methoden der Vermessungstechnik ersichtlich — wünschenswert wäre deren weitere Ausbildung.

## **Wohin führen Photogrammetrie und Automatisierung das Vermessungswesen?**

Von *Wilhelm Schermerhorn*, Delft

(Vortrag, gehalten als Gastprofessor am 17. November 1965 an der Techn. Hochschule, Wien)

Vor einigen Wochen, anlässlich eines Besuches in einem namhaften Laboratorium für Luftbildnavigation erzählte mir der dortige Direktor folgende Begebenheit. Ein Navigator habe seine Angst zum Ausdruck gebracht, daß die modernen Geräte, die für die automatische Navigation dort entwickelt wurden, eine Bedrohung seines Berufes bedeuten. Bei einer anderen Gelegenheit, vor einigen Jahren, als ich auf einer meiner Reisen dem KLM-Pilot erzählte, daß mein jüngster Sohn auf der Fliegerschule war, sagte er: „Ach so, der wird für die Raketenperiode des Flugwesens ausgebildet“ und er fügte hinzu: „Glücklicherweise bin ich dann schon längst pensioniert“.

In diesen beiden Gesprächen verspürt man etwas von der Sorge um die Zukunft, verursacht durch die Weiterentwicklung der Technik bei Menschen in einem Beruf, der doch selbst auf großen technischen Leistungen der Vergangenheit beruht. In beiden Fällen haben jedoch sowohl der Navigator als auch der Pilot die Sicherheit, daß nicht allein die Bedeutung ihrer gesellschaftlichen Stellung, sondern auch die mögliche Selbstbefriedigung durch die Arbeit bestimmt werden durch die Tatsache, daß ihre persönlichen Entscheidungen und darauffolgenden Handlungen für das maßgebend sind, was weiter geschehen wird. Der automatische Pilot reduziert zwar in großem Maße die Bedeutung von beiden, Navigator und Pilot. Der heutige Flieger wird aber hinzufügen, daß dies alles zutrifft, solange der automatische Pilot nicht nur richtig funktioniert, sondern auch unter allen Umständen hinreicht.

Ich habe diesen Aspekt der Automatisierung erwähnt, weil er zeigt, wie stark menschliche Würde im Empfinden der Menschen abhängt von der Fähigkeit Bestimmtes zu leisten und der dafür notwendigen Ausbildung. Findet man davon nicht, etwas zurückblickend, in dem Bedenken gegen die Photogrammetrie des Meßtisch-Topographen, der als ein Künstler mit einem Minimum an eingeschnittenen Punkten eine geometrisch gute und geomorphologisch einwandfreie Felszeichnung herstellt und seine Karte zu einem Kunstwerk macht. Er kann die Schichtenlinienkarte, die der Photogrammeter produziert, nur als einen armseligen Ersatz betrachten. Die Automatisierung, die die Photogrammetrie gebracht hat, bedeutet für ihn einzig Verlust an Qualität.