

Paper-ID: VGI_190712



Photogrammetrische Terrainaufnahmen auf Forschungsreisen

Karl Fuchs ¹

¹ *Preßburg*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **5** (5–6), S. 69–73

1907

BibT_EX:

```
@ARTICLE{Fuchs_VGI_190712,  
  Title = {Photogrammetrische Terrainaufnahmen auf Forschungsreisen},  
  Author = {Fuchs, Karl},  
  Journal = {{\u}sterreichische Zeitschrift f{\u}r Vermessungswesen},  
  Pages = {69--73},  
  Number = {5--6},  
  Year = {1907},  
  Volume = {5}  
}
```



Zur Geschichte der Nivellierinstrumente mit Libelle.

Von W. Láska.

Nach Wolf (Handbuch der Astronomie, II., S. 10) soll Leblion im Jahre 1684 die Libelle¹⁾ mit Fernrohr, zum Zwecke des Nivellements, verbunden haben.

Es ist mir indessen nicht gelungen, in der Historie einen Leblion zu finden. Nachdem aber, meines Wissens, in Mallet's «La géométrie pratique» Paris 1702, das Nivellierfernrohr, bei welchem Libelle neben dem Fernrohr sich befindet, zum erstenmal beschrieben ist, so dürfte wohl Leblion bei Wolf eine Verstümmelung von Bion (Ingénieur du Roi pour les instruments de mathématique * 1653 † 1733) sein. Dieser gab im Jahre 1713 sein bekanntes «Traité de la construction et des principaux usages des instruments de mathématiques» heraus, welches viele Auflagen erlebte und auch in's Deutsche von Doppelmayr unter dem Titel «Mathem. Werkschule» übersetzt wurde.²⁾

T. Mayer in seiner praktischen Geometrie (Jahre die Ausgabe von 1804, Göttingen, zur Hand) gedenkt nur zweier Formen: jener von Lisganig³⁾ (bekannt durch seine Vermessungen der österreichischen Monarchie) und von Sisson (des ersten Verfertiger eines Theodolits). Die erstere Form ist die jetzt übliche, die letztere gleicht etwa dem Brander'schen Instrument. (Abb. siehe Vogler II., S. 20).

Es ist überaus merkwürdig, daß Lisganig, welcher seinen Nivellierinstrumenten vollkommen die theodolitartige Form gab, sich bei seinen Gradmessungen schwerfälliger Quadranten bediente, welche in Zuehl's «Monatl. Korr.» beschrieben sind und deren zwei Exemplare sich im geodätischen Kabinett der hiesigen k. k. technischen Hochschule (freilich in etwas defektem Zustande) erhalten haben.

Photogrammetrische Terrainaufnahmen auf Forschungsreisen.

Von Prof. Karl Fuchs (Preßburg).

Jedes Jahr werden Forschungsreisen von Geographen in Gebirgsgegenden gemacht, die kartographisch noch gar nicht oder nur sehr unvollkommen aufgenommen sind. Die Forscher machen dabei wohl photographische Einzelaufnahmen, aus denen man aber keine Karten konstruieren kann und die lediglich als Landschaftsbilder einen Wert haben. Es gehen da Jahr für Jahr kostbare Gelegenheiten vorüber, der Kartographie wertvolles Material zu liefern und doch wäre nichts anderes erforderlich, als statt Einzelaufnahmen Doppelaufnahmen zu machen von zwei Standpunkten, die etwa 200—400 *m* von einander entfernt

¹⁾ Die Libelle, nach Libri schon den alten Iulern bekannt, wurde von Thévenot (nach Gouvi Boncomp. Bull. II., S. 313 und III., S. 282) um das Jahr 1661 zum erstenmal im Abendlande beschrieben.

²⁾ Man vergleiche hienit Vogler, Lehre der prakt. Geom., II., S. 13.

³⁾ * 1719 † 1799, Jesuit, nach Aufhebung des Ordens: Inspektor des Straßen- und Brückenbaues in Lemberg.

sind. Diese Unterlassung hat ihren Hauptgrund wohl darin, daß man nicht weiß, was der Photogrammeter in seiner Stube leisten kann. Zu dem vorliegenden Artikel hat ein ganz spezieller Fall Veranlassung gegeben. Vor einigen Jahren ließ eine Wiener gelehrte Gesellschaft ein geologisch sehr interessantes Terrain, einen isolierten Gebirgsstock in Kleinasien, durch eine Expedition wissenschaftlich aufnehmen, und dazu gehörte auch die kartographische Terrainaufnahme. Sehr viel Zeit und sehr viel Geld wurde dabei zu geodätischen Arbeiten verwendet, die eigentlich gar nicht unentbehrlich waren. Über diesen Gegenstand soll hier gesprochen werden.

Das normale Verfahren in der photogrammetrischen Terrainaufnahme besteht allerdings darin, daß man mittelst des Theodoliten durch regelrechte Triangulierung eine Karte der Standpunkte herstellt, von denen aus die photographischen Aufnahmen gemacht werden sollen oder gemacht worden sind. Nun ist der Theodolit ein empfindliches und kompliziertes Instrument, das nur ein praktisch geschulter Berufsmann sicher handhaben kann. Ein Forscher, der nur ad hoc trianguliert, verschwendet viel Geisteskraft in der Arbeit, kommt langsam vorwärts, und der Wert der Resultate steht in recht ungünstigem Verhältnis zum Opfer an Zeit, Geld und Kraft, die alle in anderer Richtung nutzbringender verwendet werden konnten. Dazu kommt, daß der Theodolit selber wegen seiner Empfindlichkeit ein recht unangenehmes Reisegepäck ist.

Nun ist aber diese ganze böse Triangulierungsarbeit gar nicht unentbehrlich, wenn es sich um Gebirge handelt. Man kann nämlich so verfahren. In einer ganz fremden Gegend macht man mit der Kamera von ganz beliebigen Standpunkten aus photographische Aufnahmen; man kümmert sich weder darum, wie weit die Standpunkte von einander liegen, noch wie hoch sie liegen, und wenn man den Standpunkt verlassen hat, kümmert man sich nicht mehr darum, wo man war; es ist nicht einmal notwendig, Notizen darüber zu machen, von wo aus die Aufnahme erfolgt ist. Nur auf zwei Dinge hat man zu achten: Erstens sollen auf jeder Platte (Aufnahme) wenigstens drei markante Punkte vorkommen, die auch auf irgend einer anderen Platte erscheinen. Am besten ist es, wenn das irgendwelche auffallende, scharf sichtbare Felsspitzen sind, die von vielen Punkten aus sichtbar sind, also etwa Bergspitzen. Eine Platte, die nicht wenigstens drei markante Punkte mit irgendeiner anderen Platte gemeinsam hat, ist kaum zu verwerten. Das zweite, worauf man sehr zu achten hat, ist:

Die Kamera muß während der Aufnahme möglichst vollkommen horizontal stehen. Zu dem Zwecke hat die photogrammetrische Kamera auch zwei Libellen, die man sorgfältig einstellen muß. Wenn man das unterläßt, ist die Aufarbeitung der Bilder zwar immer noch nicht unmöglich; sie ist aber so außerordentlich erschwert, daß wohl kein Photogrammeter die Aufarbeitung übernehmen würde.

Wenn nach der Heimkehr der Expedition der Photogrammeter die Platten übernimmt, dann übersieht er sofort die ungefähre Gestalt des aufgenommenen Gebirges und die ungefähre Lage der Standpunkte zum Gebirge und zu einander; auch von der Höhe gewinnt er eine Vorstellung. Nun gibt es schon seit Jahrzehnten Formeln (auch die «Zeitschrift für Vermessungswesen» von Reinhertz

hat kürzlich solche Formeln gebracht und am Schlusse dieses Aufsatzes ist auch der Grundgedanke des mathematischen Problems angedeutet), die folgendes leisten: Wenn zwei Platten von irgend zwei Standpunkten I und II vorliegen, die im Gebirge drei gemeinsame Objektpunkte ABC zeigen, dann kann man die relative Lage der fünf Punkte IIIABC berechnen, u. zw. nicht nur die Horizontalabstände, sondern auch die Höhenunterschiede. Ohne Höhenunterschiede ist die Leistung sogar gar nicht möglich. Nur Eines kann man nicht berechnen: den Maßstab. Wenn nun sämtliche Platten (Bilder) kettenartig so zusammenhängen, daß immer zwei consecutive Glieder der Kette drei gemeinsame Objektpunkte zeigen — was sich übrigens von selbst ergibt, wenn viele Aufnahmen gemacht werden — dann kann man eine Karte des ganzen sichtbaren Terrains zeichnen und überdies die Standpunkte angeben, von denen aus die Aufnahmen erfolgt sind; nur der Maßstab bleibt unbekannt. Zuerst gibt dabei die Rechnung die Karte der gemeinsamen Punkte und der Standpunkte, also ein leeres Punktnetz. Dieses Punktnetz ist aber gerade das, was nach der allgemeinen Meinung durch Triangulierung gewonnen werden muß; in Wirklichkeit ist also die Triangulierung nicht unentbehrlich. Nachdem der Photogrammeter das Punktnetz berechnet hat, füllt er die leeren Flächen zwischen den Punkten durch die Detailarbeit aus, gerade so, als wäre das Punktnetz durch Triangulierung gewonnen worden.

Daß die eben geschilderte Methode der Terrinaufnahme ohne Theodolit in fremder Gegend den Forschern von den Photogrammetern nicht empfohlen wird, hat praktische Gründe. Die Berechnung des Punktnetzes aus den Plattenbildern ist eine sehr mühsame und zeitraubende Arbeit und wenn die Kamera nicht bei jeder Aufnahme bis auf die Bogenminute genau horizontal gestellt war (was selbst der Berufsphotogrammeter nur schwer erreicht), so erhält man ein unsicheres Punktnetz, in dem irgendeine auch nicht allzu ferne Bergspitze leicht um 50 *m* falsch eingetragen ist. Allerdings ist eine auf 50 oder auch 100 *m* Horizontalfehler unsichere Karte immer noch besser, als gar keine Karte; aber die unangenehme Folge ergibt sich erst später. Nehmen wir an, wir kennen in irgendeinem Maßstabe die Horizontaldistanz D zweier Standpunkte und ihrer Höhendifferenz Δh , und kennen auch die Winkel, die die Kameraachsen γ_1 und γ_2 während der Aufnahme mit der Distanzlinie D gebildet haben, dann können wir auf Grund der beiden Plattenbilder ein sehr detailliertes Bild der auf beiden Platten sichtbaren Gebirgspartien konstruieren und wenn die Daten über die Stellung der Kameras richtig waren, wird das Bild auch richtig. Wenn die Daten ungenau, d. h. falsch waren, dann macht sich während der Arbeit wohl ein Fehler in der Höhendifferenz Δh bemerklich, den wir aber berichtigen können. Sonst aber können wir ein ebenso detailliertes Bild gewinnen, wie bei richtigen Daten, nur wird das Bild, ohne daß wir es merken, verzerrt sein. Wenn wir dann die von verschiedenen Plattenpaaren gewonnenen Bilder der verschiedenen Gebirgspartien zusammenfügen wollen, dann schließen sie sich nicht aneinander und wir müssen eine Kompromißkarte entwerfen. An so unsauberer Arbeit hat aber ein Photogrammeter keine Freude.

Die Detailkonstruktion erfolgt heute mittelst eines kostspieligen Spezialinstrumentes: es ist dies der Zeiß'sche Stereocomparator. Mittelst dieses subtilen Instrumentes kann man auf Grund eines einzigen Plattenpaares die Lage von tausenden von Punkten genau feststellen, selbst von Punkten auf freiem Felde, auf freier Wiese, auf Schutthalden, von Punkten, die in keiner Weise markiert sind, — wenn die Kameras bei der Aufnahme nicht nur horizontal, sondern auch die Platten parallel waren. Diese zweite Bedingung kann nun der Reisende unmöglich erfüllen. Es gibt wohl Formeln, die es erlauben, den Comparator auch bei nicht parallelen Platten anzuwenden und solche Formeln sind auch im Jahrbuch des militär-geographischen Institutes in Wien 1905 veröffentlicht; die Arbeit wird dann aber so umständlich und zeitraubend, daß sie sich kaum lohnt; man wird dann die Details vorwiegend nach älteren Methoden eintragen müssen, die weniger reiche Details sicher liefern und wo vieles nach dem Augenmaß eingetragen wird.

Es ist noch die Frage des Maßstabes und der Himmelsrichtungen offen. Den Maßstab kann man auf zwei Arten finden. Am einfachsten ist es wohl, die Höhendifferenz von zwei Netzpunkten barometrisch zu messen; man wählt darin natürlich einen Punkt im Tal und eine Bergspitze. Eine einzige Höhe gibt schon den Maßstab für den ganzen Komplex. Die zweite Art besteht darin, daß man mit der Schnur oder mit der Kette oder sonstwie die Entfernung von irgendzwei Netzpunkten mißt; natürlich wählt man zwei bequeme Punkte im Tal. Die Orientierung ist ebenfalls für den ganzen Komplex gegeben, wenn man die relative Richtung für ein einziges Punktpaar des Netzes bestimmt.

Hiemit sind die Hauptvorteile und Hauptnachteile der photogrammetrischen Terrinaufnahmen im Gebirge ohne Theodolit in fremder Gegend geschildert. Die Arbeit ohne Theodolit ist ein Nothelf, aber Unvollkommenes ist noch immer besser als Allzufeures oder Nichts.

Es soll nun schließlich der mathematische Grundgedanke der Photogrammetrie ohne Theodolit angedeutet werden. Die Abb. 1 bezieht sich auf den Standpunkt I. Der Punkt O ist der Mittelpunkt des Kameraobjektivs, und P ist

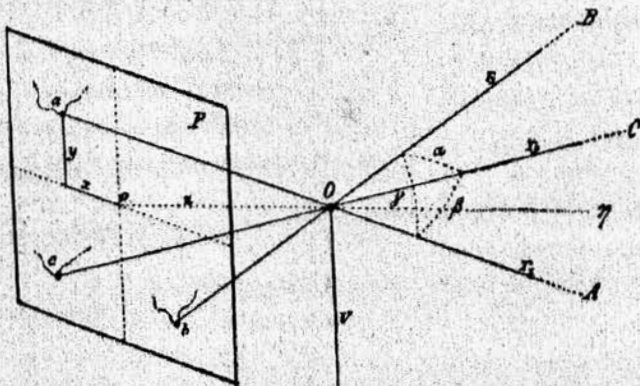


Fig. 1.

die dahinter vertikal stehende Platte; η ist die horizontale Kameraachse, die auf der Mitte der Platte senkrecht steht und V ist die Vertikale. Das Bild auf der Platte steht verkehrt und wir sehen darauf die Bilder von drei Bergspitzen abc . Wir können leicht die Koordinaten xyz jeder der drei Punkte abc in Bezug auf O als Ursprung messen; aus diesen Koordinaten berechnen wir die Richtungen der Strahlen $r_1 r_2 r_3$, die durch den Projektionspunkt O und die Bildpunkte abc gelegt sind. Irgendwo in der Richtung dieser drei Strahlen waren die drei Objektpunkte ABC . Aus den Richtungen dieser drei Strahlen können wir auch die Winkel $\alpha\beta\gamma$ berechnen, die die drei Strahlen mit einander bilden, sowie die Winkel, die sie mit dem Lote V bilden. Hiemit ist uns ein Dreikant $r_1 r_2 r_3$ gegeben, das wir in seiner Spitze O um die vertikale Achse V drehbar denken.

Auf dem zweiten Standpunkt II haben wir eine zweite Platte P' erhalten, die die Bilder $a'b'c'$ derselben drei Objektpunkte ABC zeigt; der zweite Standpunkt gibt uns also ebenfalls ein Dreikant $r'_1 r'_2 r'_3$, das in seiner Spitze O' um das Lot V' drehbar ist.

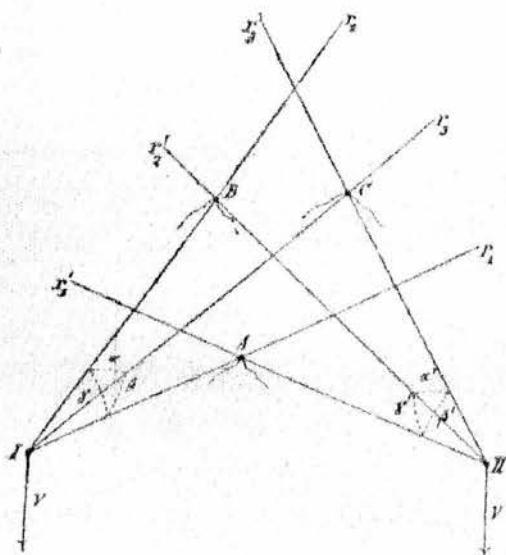


Fig. 2.

Die Abb. 2 zeigt uns den Standpunkt I und sein Dreikant $r_1 r_2 r_3$, das wir uns fix denken. Es gilt nun für den Standpunkt II einen Ort im Raume zu finden und das Dreikant $r'_1 r'_2 r'_3$ zurechtzudrehen, so daß die korrespondierenden Strahlen $r_1 r'_1$, $r_2 r'_2$, $r_3 r'_3$ sich gleichzeitig in drei Punkten ABC schneiden. Wenn wir für II eine solche Stellung im Raume gefunden haben, dann kennen wir die relative Lage der fünf Punkte $I II ABC$; diese zu finden, ist nun das mathematische Problem. Der Maßstab bleibt dabei natürlich unbekannt. Dieses Problem ist aber tatsächlich gelöst, d. h. aus den Koordinaten xyz der einzelnen Bildpunkte abc und der einzelnen Bildpunkte $a'b'c'$ können wir die relative Lage der fünf Punkte, also sämtliche Entfernungen und Höhenunterschiede zwischen den fünf Punkten, im unbekanntem Maßstab, berechnen.