

DE GRUYTER

*Karl Kraus*

# PHOTOGRAMMETRIE

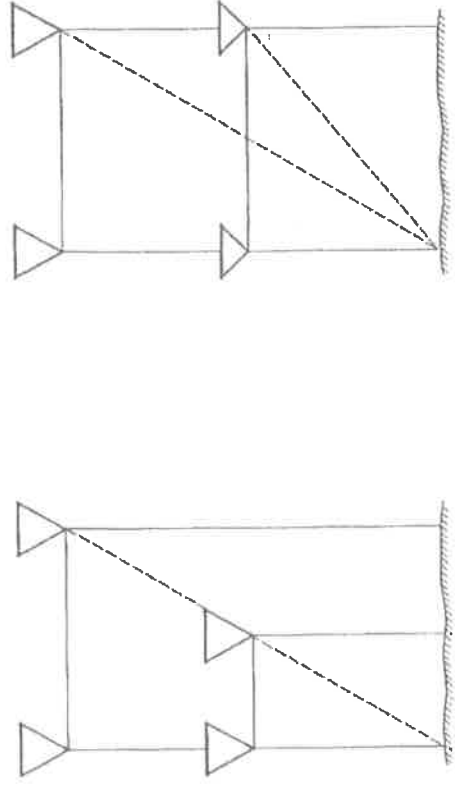
BAND 1

DE GRUYTER LEHRBUCH

DE  
|  
G

BEILAGE .142

vorgelegt durch  
SCHUPPICH SPORN &  
WINISCHHOFER Rechtsanwälte



Figur 4.6-1: Höhengenaugigkeit proportional zur Aufnahmeentfernung

Für signalisierte Punkte bzw. entsprechend genau definierte Punkte gelten heute folgende Richtwerte:

$$\text{Lage: } \sigma_{XY(\text{sig})} = \pm 6 \mu\text{m} \cdot \text{x Bildmaßstabzahl in } \mu\text{m} \quad (4.6-1)$$

$$\text{Höhe: } \sigma_Z(\text{sig}) = \pm 0,06\% \text{ der Aufnahmeentfernung (NW - WW)}$$

$$= \pm 0,08\% \text{ der Aufnahmeentfernung (UWW)}$$

Eliminiert man bei der Ermittlung der Objektkoordinaten die systematischen Anteile der Bildkoordinatenfehler mit zusätzlichen Parametern im mathematischen Modell, ist noch eine Genauigkeitssteigerung bis 50% möglich (Einzelheiten dazu siehe Abschnitt 5.3.6). Andererseits kann schlechtes Bildmaterial die Zahlenwerte der Faustformeln (4.6-1) deutlich verschlechtern. Hat man zum Beispiel keine 15 000 Pixel entlang der 23cm-Bildseiten - wie in den oben angegebenen Voraussetzungen unterstellt -, sondern nur 7 500 Pixel, dann verdoppeln sich die Standardabweichungen der Beziehungen (4.6-1). Die Bildkoordinatenmessgenauigkeit in digitalen Bildern kann mit etwa 1/3 des Pixels angenommen werden. Den Faustformeln (6.4-1) liegen nämlich 15µm-Pixel zugrunde:  $230\,000/15\,000 = 15 \mu\text{m}$ .

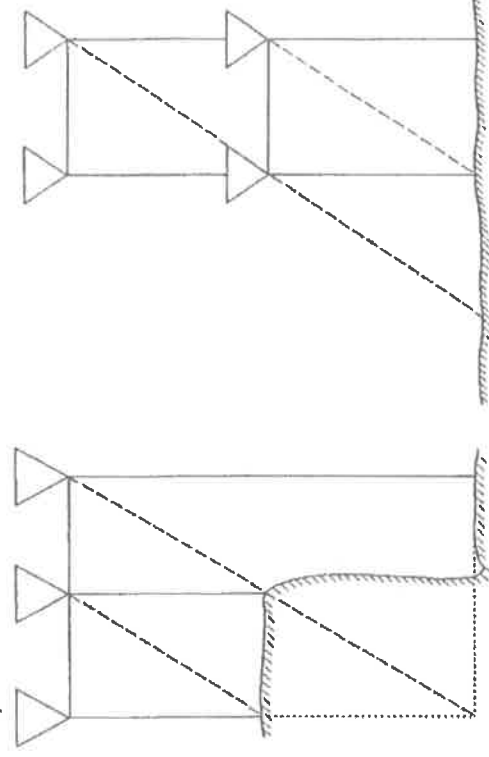
**ZAHLENBEISPIEL:** Für eine photogrammetrische Punktbestimmung wurden Aufnahmen mit der Zeiss RMK 15/23 mit einem Bildmaßstab 1:5000 und 60% Längsüberdeckung verwendet. Welche Genauigkeit haben die photogrammetrisch ermittelten Koordinaten, wenn es sich um signalisierte Punkte handelt?

Richtwerte (4.6-1):

$$\sigma_{XY} = 5000 \cdot 0,0006 = \pm 3 \text{ cm}$$

$$\sigma_Z = 5000 \cdot 15 \cdot 6 \cdot 10^{-5} = \pm 4,5 \text{ cm}$$

In der Praxis - insbesondere im Hochgebirge - können auch Aufnahmepositionen vorkommen, bei denen eine quadratische Abhängigkeit der Höhengenaugigkeit von der Aufnahmeentfernung eintritt. Solche Aufnahmepositionen sind in der Figur 4.6-2 skizziert. In allen Fällen ist die Basis B und die Kamerakonstante c unverändert, nur die Aufnahmeentfernung Z variiert (linkes Beispiel: Flug mit konstanter Basis in gleicher absoluter Flughöhe über einer Schichtstufenlandschaft; rechtes Beispiel: Flug mit gleicher Basis in verschiedenen Flughöhen).



Figur 4.6-2: Höhengenaugigkeit abhängig vom Quadrat der Aufnahmeentfernung

**ZAHLENBEISPIEL:** Das zweite Stereomodell in der Figur 4.6-2, links, bilden Messbilder aus einer doppelten Flughöhe über Grund im Vergleich zum ersten Stereomodell; die Längsüberdeckung des zweiten Stereomodells ist etwa 80%. Dadurch verschlechtern sich die oben angegebenen Genauigkeiten (des ersten Stereomodells) wie folgt:

$$\sigma_{XY} = \pm 3 \cdot 2 = \pm 6 \text{ cm}$$

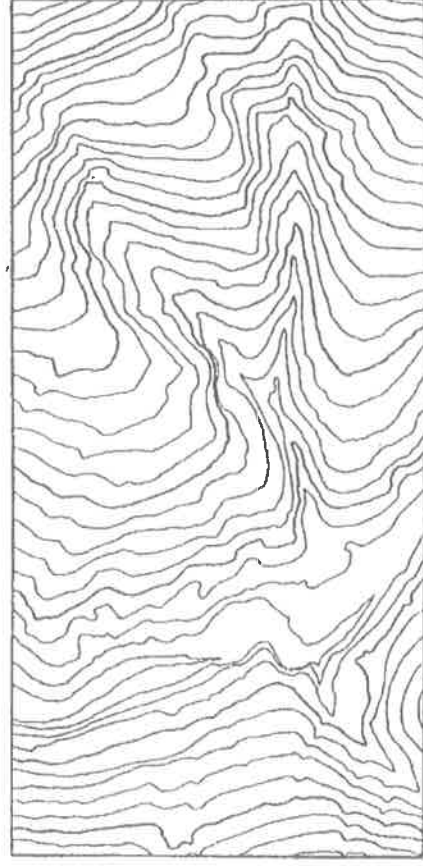
$$\sigma_Z = \pm 4,5 \cdot 4 = \pm 18 \text{ cm (!)}$$

Die gleiche Verschlechterung tritt auch beim Stereomodell mit der großen Flughöhe in der Figur 4.6-2, rechts, gegenüber dem Stereomodell mit der niedrigen Flughöhe ein. Eine noch stärkere Genauigkeitsverschlechterung tritt übrigens in jenen Modellbereichen auf, die in Basisrichtung außerhalb der beiden Bildmittelpunkte liegen. Die Verführung in der Praxis ist allerdings groß, aus einem Stereomodell mit 80% Längsüberdeckung den gesamten gemeinsamen Bereich - mit einer (zu) kurzen Basis - auszuwerten.

zierung der Wege und Straßen, Straßen- und Ortsnamen, die Begrenzung politischer und Verwaltungstechnischer Einheiten usw.).

### 6.6.2 Höhengauswertung

Die Möglichkeit, im optischen Stereomodelle direkt die Höhenlinien abfahren zu können, brachte vor vielen Jahrzehnten einen großen Innovationsschub für die topographische Geländeaufnahme. Das direkte Abfahren der Höhenlinien war das Highlight am analogen Zweibildauswertegerät; aber auch bei den analytischen und digitalen Zweibildauswertegeräten kann dieser Auswertemodus benutzt werden. Das direkte Abfahren der Höhenlinien im Stereomodelle verlangt vom Auswertetopographisches Verständnis und viel Geschicklichkeit. Der Operateur darf beim Abfahren nicht die Messmarke anstarren; man muss vielmehr entlang der Höhenlinie vorausschauen. Die direkt abgefahrenen Höhenlinien können nur in großen Maßstäben und nur für bescheidene Ansprüche als kartographisches Endprodukt betrachtet werden. Häufig werden in einer Nachbearbeitung die unterschiedlichen Unsicherheiten ausgeglichen und die Knicke an den Geländekanten präzisiert.<sup>1</sup> Die Figur 6.6-3 vermittelt einen Eindruck vom Aussehen direkt abgefahrener Höhenlinien vor einer kartographischen Überarbeitung.



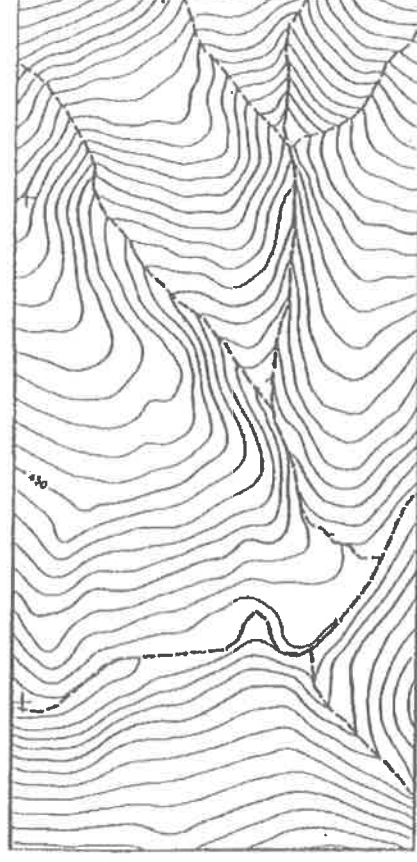
Figur 6.6-3: Direkt abgefahrene Höhenlinien<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Finsterwalder/Hofmann: Photogrammetrie, de Gruyter, 1968.  
Brandstätter, L.: Sonderheft 18 der ÖZfV, Wien, 1957.

<sup>2</sup> Entnommen aus E. Abmus: Geow. Mitt. der TU Wien, Heft 8, 1976.

In bewaldeten Gebieten können die Höhenlinien in großmaßstäbigen Stereomodellen nicht direkt abgefahren werden. Man kann sich mit dem Messen von Einzelpunkten in den Lichnungen und einer anschließenden Höhenlinieninterpolation behelfen. Das Laserscanning, worauf wir im Abschnitt 8.1 näher eingehen werden, bietet in bewaldeten Gebieten und für sehr hohe Genauigkeitsansprüche eine äußerst interessante Alternative. In kleinmaßstäbigen Stereomodellen kann man die Höhenlinien auch in bewaldeten Gebieten direkt abfahren. Zu diesem Zweck misst man photogrammetrisch am Waldrand die Baumhöhen und führt nach entsprechender Veränderung der Höhenanzeige die Messmarke entlang der durch die Baumkronen repräsentierten Oberfläche. Manche Auswertetopographen lassen die Höhenanzeige unverändert und "tauchen" mit der Messmarke in den Wald ein. Auf jeden Fall sind die Höhenlinien im Wald aber wesentlich ungenauer als im offenen Gelände, worauf wir im Abschnitt 6.7 näher eingehen werden. Nicht nur in bewaldeten Gebieten, sondern auch im flachen Gelände ist das direkte Höhenlinienabfahren sehr kritisch (im horizontalen Gelände ist die Höhenlinie sogar unbestimmt!).

Es waren daher alternative Methoden der photogrammetrischen Höhengauswertung gefragt, die inzwischen so leistungsfähig sind, dass sie das direkte Höhenlinienauswerten - abgesehen vom Hochgebirge - mehr oder weniger verdrängt haben. Das Ergebnis einer neuzeitlichen photogrammetrischen Höhengauswertung, wobei die Höhenlinien indirekt - auf dem Umweg über ein digitales Geländemodell (DGM) - gewonnen werden, zeigt Figur 6.6-4.



Figur 6.6-4: Aus einem digitalen Geländemodell (DGM) indirekt gewonnene Höhenlinien (zum Vergleich mit den direkt gewonnenen Höhenlinien der Figur 6.6-3)