

Zeitschrift: Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

Band: 81 (1983)

Heft: 4

Artikel: Instrumentelle und wirtschaftliche Gesichtspunkte bei Projektkartierungen

Autor: Höhle, J. / Pohjola, P.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-231629>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 13.03.2025

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

Instrumentelle und wirtschaftliche Gesichtspunkte bei Projektkartierungen

J. Höhle, P. Pohjola

Ausgehend von der bestehenden Situation bei photogrammetrischen Projektkartierungen, werden einige wirtschaftliche Aspekte für die neuen Systeme beleuchtet. Zunächst werden die theoretischen Produktionssteigerungen ermittelt, welche bei Investitionen notwendigerweise erfolgen müssen, um die bisherigen Produktionskosten bzw. Marktpreise nicht zu überschreiten. Danach werden erste Resultate mit den neuen Systemen für die Kartierung und Aerotriangulation mitgeteilt. Mit diesen Werten und den bestehenden Trends erfolgen allgemeine Schlussfolgerungen für den Praktiker.

En partant de la situation existante de projets cartographiques, on éclaire quelques aspects économiques des nouveaux systèmes. On détermine d'abord les accroissements de productivité devant nécessairement suivre les investissements pour qu'il n'y ait pas dépassement des coûts de production existants resp. des prix du marché. On présente ensuite les premiers résultats acquis avec les nouveaux systèmes pour la cartographie et l'aérotiangulation. A partir de ces valeurs et des tendances actuelles, on formule des conclusions générales pour l'utilisateur de ces systèmes.

1. Einleitung

Ziel dieses Beitrages ist es, dem Praktiker der Projektkartierung eine Übersicht über die heute zur Verfügung stehenden Geräte und Gerätesysteme zu geben. Durch die stürmische Computerisierung und durch zahlreiche weitere Innovationen ist es ziemlich schwierig geworden, in der für ihn immer grösser werdenden Konkurrenzsituation und Auftragsknappheit bzw. bei den neuen Anforderungen der Auftraggeber die notwendig werdenden Entscheidungen richtig zu treffen.

Aus der Sicht des Geräte- und Systemherstellers werden einige allgemeine Hinweise und Beurteilungen zu den neuen Geräten und Systemen gegeben. In früheren Artikeln wurden bereits technische Details und Auswertebispiele zu den neuen Systemen veröffentlicht [3], [4]. Hier sollen insbesondere die wirtschaftlichen Gesichtspunkte im Vordergrund stehen. Dazu können nunmehr auch einige praktische Erfahrungen im Werk und beim Benutzer für die Beurteilung mit herangezogen werden.

2. Merkmale von Projektkartierungen

Die Konkurrenz im Kartierungsmarkt ist heutzutage härter denn je. Um bestehen zu können, ist es notwendig, die Aufträge schnell, flexibel, gemäss den Spezifikationen und wirtschaftlich auszuführen. Die Merkmale der Kartierungsprojekte variieren sehr stark. Zum Beispiel können die Bebauungsdichte, der Kartenmassstab oder auch zusätzlich geforderte Nebenprodukte die Aus-

wertemethode und die Auswerteleistung beeinflussen. Im folgenden sollen diejenigen Merkmale von Kartierungsprojekten zusammengestellt werden, welche einen wesentlichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit, das Personal und das Instrumentarium haben. Unterschieden wird dabei zwischen internationalen und nationalen Kartierprojekten. Ausserdem wird noch versucht, die gegenwärtige Situation der Kartierfirmen etwas zu charakterisieren.

2.1 Internationale Projekte

Unter dieser Bezeichnung sind relativ grosse Kartierungsprojekte gemeint, welche international ausgeschrieben werden. Meist handelt es sich dabei um Gebiete in Entwicklungsländern, welche von grösseren Firmen in Industrieländern bearbeitet werden.

Massstäbe

Bei den *grossmassstäbigen* Karten ist der gebräuchlichste Massstab 1:1000. Für die meist bebauten Gebiete wird eine relativ exakte geometrische Darstellung der Objekte verlangt, z.B. ist ein mittlerer Koordinatenfehler von $m_{x,y} = \pm 0,3$ mm in der Karte einzuhalten. Die möglichen Bildmassstäbe können 5–10mal kleiner sein als die Kartenmassstäbe.

Die *kleinmassstäbigen* Karten sind hauptsächlich in den Massstäben 1:25 000 und 1:50 000 zu erstellen. Die Objekte werden meistens durch Symbole dargestellt, d.h. Strassen und Wege durch parallele Linien, andere topographische Objekte durch vielfältige Punkt- und Flächensymbole.

Zeitpläne

Die Bearbeitungszeiten für internationale Projektkartierungen sind sehr knapp bemessen. Es gibt viele Beispiele von Projekten, bei denen Gebiete von 100–200 km² Grösse innerhalb von 18 Monaten bearbeitet sein müssen. Bei einer solchen Auflage müssen sehr wirkungsvolle und wirtschaftliche Produktionsmethoden angewandt werden.

Passpunktbestimmung

Diese zeit- und kostenintensive sowie risikoreiche Tätigkeit versucht man so klein wie möglich zu halten. Fast immer wird man eine Aerotriangulation ausführen. Die Zahl und Lage der mit geodätischen Methoden zu bestimmen Passpunkte wird durch die Methode der Aerotriangulation und durch die Genauigkeitsforderung der herzustellenden Karte bestimmt.

Aerotriangulation

Die durchschnittliche Grösse der Triangulationsblöcke liegt bei 500–1000 Modellen. Da die Stereokartierung nicht ohne Passpunkte beginnen kann, ist eine zügige und sorgfältige Bearbeitung der Aerotriangulation von grosser Wichtigkeit für den weiteren Ablauf des Projektes. Insbesondere müssen grobe Fehler schnell erkannt und eliminiert werden können.

Stereokartierung

Im Projektablauf ist die Stereokartierung der wohl schwierigste Teilprozess. Er ist an teure Geräte und qualifiziertes Personal gebunden. Termenschwierigkeiten sind die Regel, sie müssen durch geeignete Massnahmen zur Produktionssteigerung ausgeglichen werden. Zeit- und Kostenprobleme können auch durch defektes Instrumentarium entstehen. Zuverlässige Geräte und ein leistungsfähiger Service sind eine unabdingbare Voraussetzung für erfolgreiche Projektkartierungen. Ebenso wichtig sind auch motivierte und zufriedene Operateure. U.a. ist die Arbeit mit modernem Instrumentarium, welches auch eine Entlastung von stupiden und ermüdenden Tätigkeiten möglich macht, ein sehr wichtiger Faktor für die sog. «Jobsatisfaction».

Kartographie

Im internationalen Kartiermarkt ist das Hauptprodukt nach wie vor die graphische Karte. Deren Aussehen entscheidet oftmals über die Annahme oder die Zurückweisung des gesamten

Auftrages. Die Spezifikationen sind auf manuelle kartographische Tätigkeit ausgerichtet. Z. B. wird verlangt, dass

- Schichtenlinien und Schriften nicht durch topographische Objekte wie Häuser, Strassen usw. gezeichnet werden
- Flussnamen entlang von unregelmässig verlaufenden Uferlinien geschrieben werden müssen
- in kleineren Massstäben zu generalisieren ist, d. h. zum Beispiel Strassen sind zu verschieben, Hausvorsprünge wegzulassen.

Bei der Schaffung und Anwendung von instrumentellen Lösungen muss man sich die Frage stellen:

- Ist es mit sinnvollem Aufwand möglich, derartig schwierige Aufgaben vollständig zu lösen,
- welcher Teil der Kartographie kann bereits am Stereokartiergerät gelöst werden?

Viele Eigenlösungen von Kartierungsfirmen für Systeme sind an dieser komplexen Aufgabenstellung gescheitert. Man kann heute mit Sicherheit sagen, dass es ohne manuelle kartographische Tätigkeit nicht möglich ist, eine topographische Basiskarte zu erzeugen. Werden neue Spezifikationen geschrieben bzw. gewisse Unzulänglichkeiten von den Auftraggebern akzeptiert, so kann auch der kartographische Prozess in die Automation mit einbezogen werden und Teilaufgaben können schnell und wirtschaftlich gelöst werden.

2.2 Inlandprojekte

Die inländischen Projekte bilden die Haupttätigkeiten der Firmen. Die Risiken sind i. a. kleiner, die Schwierigkeiten jedoch kaum geringer. Sie liegen in den recht unterschiedlichen und komplexeren Aufgabenstellungen. Neben den graphischen Produkten können auch digitale Informationen verlangt werden. Zur Erfüllung der vielfältigen Aufgaben muss die Organisation sehr flexibel sein.

Graphische Kartierungen

Die Herstellung von graphischen Plänen und Karten bildet auch im Inland noch den Hauptteil der Aufgaben. Meist ist in grossen Massstäben zu kartieren: 1:500, 1:1000, 1:2000 oder ähnlich. Die Projekte sind i. a. klein, z. B. nur 20–30 Modelle. Die Darstellung von sehr kleinen Details (wie z. B. Schachtdeckel in Stadtgebieten) verlangen grosse Bildmassstäbe. Das Übersetzungsverhältnis Bild/Karte wird mehr durch die Ermöglichung einer sicheren Interpretation der Objekte als von Genauigkeitsforderungen bestimmt, es bleibt meist unter sechsfach. Die zu kartierenden Gebiete weisen viele Kunstbauten mit geometrischen Figuren

(wie Gerade, Rechtecke, Kurven) auf. Der Zweck der Pläne und Karten sind oftmals Planungsvorhaben. In diesen Fällen ist die kurzfristige Erstellung wichtiger als die kartographisch perfekte Darstellung. Die Unterstützung der Auswertung durch Rechner hat die Voraussetzungen dafür geschaffen.

Die sog. *Planungskarte* hat sich als Produkt einen neuen Markt geschaffen. Sie kann sowohl kostengünstiger als auch schneller erzeugt werden.

Weitere graphische Projektkartierungen im Inland betreffen die *Nachführung der Karten*. Die Auftraggeber besitzen bereits graphische Karten, in denen die Veränderungen (z. B. Neubauten) nachgetragen werden müssen. Die Ergänzungen bzw. Auslöschungen pro Modell können gering sein, der Aufwand für die Modellorientierung dagegen bleibt ziemlich konstant. Die Einpassung erfolgt mittels graphischer Details in den Karten. Die schnelle und sichere Erkennung der Änderungen kann durch instrumentelle Hilfsmittel unterstützt werden (z. B. ein TV-System). Die Kartierung erfolgt in Gravurfolien mit aufkopiertem Inhalt der alten Karten, evtl. getrennt für die verschiedenen Farbauszüge.

Digitale Datenerfassung

Jedes Projekt – ob gross oder klein, im Ausland oder Inland – kann auch eine Erfassung von digitalen Daten enthalten. Diese können für die interne Weiterverarbeitung (z. B. für die Zwecke der Punktverdichtung) oder auch als Produkt für den Auftraggeber notwendig sein. Instrumentell gesehen sind dann besondere Einrichtungen nötig. Besondere Anforderungen an das Gerätesystem (und auch den Operateur) werden gestellt, wenn die graphische Darstellung und die Erfassung der digitalen Daten gleichzeitig (simultan) erfolgen müssen. Die diesbezüglichen *Arbeiten bzw. Produkte* sollen im folgenden kurz behandelt werden.

Datenerfassung für die Aerotriangulation

Die Notwendigkeit, Passpunkte für die Modellauswertung zur Verfügung zu haben, bedingt eine photogrammetrische Punktverdichtung. Zu diesem Zweck sind Modellkoordinaten von einzelnen Punkten zu registrieren. Die Berechnung der Landeskoordinaten erfolgt in einer Aerotriangulation meist extern oder auch direkt am Gerätesystem. Bei den Inlandprojekten umfassen die Triangulationsblöcke meist nur 20 bis 30 Modelle. Passpunkte sind meist in grosser Zahl vorhanden. Die Punktbestimmung wird öfters erst während der Auswertung notwendig. Die Benutzung von externen Serviceleistungen ist dann unzweckmässig. Die Abgabe der Modellkoordinaten an ein Rechenzentrum

erfolgt über den Datenträger Magnetband.

Koordinatenverzeichnisse

Grenzpunkte, Schachtdeckel, Bäume und andere markante Einzelpunkte sind für die Zwecke eines numerischen Katasters in Landeskoordinaten zu registrieren. Abzugeben an den Auftraggeber sind Koordinatenverzeichnisse in Form von Listen oder grosscomputerkompatiblen Datenträgern. Diese digitale Datenerfassung sollte leicht und schnell während bzw. zusammen mit der Stereokartierung erfolgen können. Die einzelnen Punkte müssen mit einem alphanumerischen Code bezeichnet sein.

Digitales Höhenmodell

Die Erfassung von digitalen Gelände-(Höhen-)Modellen in Form von Einzelpunkten, Schichtenlinien, Profilen ist gefordert für zahlreiche Planungsaufgaben, die Orthophoto-Herstellung u. a. Aufgaben. Die unregelmässigen Linien sind mittels einer automatischen Auslösung zu erfassen. Die in grossen Zahlen anfallenden digitalen Daten sind in dafür geeigneten Datenträgern abzuspeichern.

Digitalkarte

Die graphischen Informationen in einer Karte (insbesondere die Lage) werden auch in digitaler Form verlangt. Diese sog. Digitalkarte ist für kleinere Gebiete (z. B. Städte) mit hohen Änderungsraten und grossem Informationsbedürfnis (auch an nicht graphischen Informationen) von Interesse. Die Auftraggeber sind oftmals Versorgungsunternehmen (z. B. für Gas, Elektrizität, Wasser), welche über die Lage und den Zustand der Leitungen und anderer Einrichtungen schnell und verlässlich Auskunft benötigen. Sie erstellen einen sog. Leitungskataster.

Alle Informationen sind wohlgeordnet abgespeichert, und geeignete Software sorgt für eine effiziente Verwaltung dieser Daten.

Daten und Software bilden die Datenbank. Bei der Erfassung sind neben den Koordinaten auch Codewörter und graphische Informationen (z. B. die Linienart) abzuspeichern. Zusätzliche Software im Zielcomputer muss die registrierten Daten in die Datenstruktur der jeweiligen Datenbank umformen können.

2.3 Zur gegenwärtigen Situation der Kartierfirmen

In den beiden vorangehenden Abschnitten wurden die Besonderheiten der Projektkartierung erläutert. In Abb. 1 sind zwei tatsächliche Projekte in die einzelnen Arbeitsabschnitte und ihre Kostenanteile unterteilt. Sie geben einen Einblick in die Verteilung der einzelnen Arbeiten und zeigen den Unterschied

zwischen inländischen und ausländischen Projekten. U. a. kann man folgendes ersehen:

- Die grossen Kostenanteile in einem Projekt sind Stereokartierung und Kartographie. Beide verursachen gleich hohe Kosten.
- Der Kostenanteil der digitalen Arbeiten (Koordinatenmessung, Berechnungen) ist wesentlich kleiner gegenüber den graphischen Arbeiten. Bei Auslandsprojekten erreicht er 10%, bei Inlandsprojekten 20% der Gesamtkosten.

Obwohl dies nur zwei Beispiele von einer europäischen Firma sind, repräsentieren sie – nach Beobachtungen der Verfasser – ziemlich gut die allgemeine Situation heutiger Projektkartierungen. Aus den Darstellungen kann man ableiten, dass sich eine Rationalisierung insbesondere bei den graphischen Arbeiten (Stereokartierung, Kartographie) lohnt.

Die Auslandsprojekte sind meist eine Folge davon, dass der Inland-Markt bereits «ausgetrocknet» ist. Aufgrund der hohen Risiken und der grossen Aufwände können nur grössere Unternehmen in solche «Abenteuer» einsteigen.

Die gegenwärtige Situation der privaten Firmen ist gekennzeichnet durch einen hohen Konkurrenzdruck und durch eine geringe Auftragslage. D. h. das vorhandene Instrumentarium kann oftmals nicht ausgelastet werden. So versucht man, Aufträge entweder durch billige Preise oder durch neue Serviceleistungen zu erhalten. Für Kartierungsaufgaben ist das bisher verwendete Instrumentarium, das sind die optisch-mechanischen Auswertegeräte, noch in

einem guten Zustand. Unterhaltskosten sind berechenbare Grössen. Im allgemeinen sind viele kleine und wenig grosse Projekte zu bearbeiten. Kleine Firmen (ca. 3 und weniger Auswertegeräte) bearbeiten etwa 500 Modelle/Jahr, grössere (ca. 10 und mehr Auswertegeräte) ca. 2000 Modelle/Jahr. Der Umsatz in Kartierung beträgt in diesen Fällen ca. 1 Million SFR. bzw. ca. 10 Millionen SFR. Die jährlichen Investitionen betragen etwa 5% vom Umsatz.

3. Verschiedene instrumentelle Lösungen

Für Projektkartierungen können verschiedene Instrumente oder Systeme eingesetzt werden. Sie unterscheiden sich in Komplexität, Kosten, Komfort und Leistungsfähigkeit. In den letzten Jahren sind Lösungen mit Prozessrechnern und Hostcomputern neu eingeführt worden. Die Verwendung von Computern an photogrammetrischen Auswertegeräten ist noch wenig verbreitet. Bei vielen Praktikern der Kartierung bestehen noch ziemliche Unklarheiten und Zurückhaltung. Im folgenden sollen diese Systeme hinsichtlich der wichtigsten Gesichtspunkte für die Kartierung kurz charakterisiert werden.

3.1 Analoggeräte

Die Benutzung von photogrammetrischen Analoggeräten ist die bisher meist benutzte Methode für die Kartierung. Diese Arbeitsweise ist gut kalkulierbar; insbesondere Betriebskosten, Produktionszahlen, Operateurverhalten. Neue Analoggeräte (wie z. B. das Wild AG1) weisen viele Verbesserungen zu früheren Geräten auf [5].

3.2 Digitalzeichentische

Digitalzeichentische gehören standardmässig zu den neuen photogrammetrischen Geräten (analoge und analytische Geräte). Sie werden auch nachträglich an Analoggeräte anstelle der älteren mechanischen Zeichentische angeschlossen. Sie erbringen Produktionssteigerungen und erhöhen den Arbeitskomfort. Dieses wird hauptsächlich durch die eingebauten Mikroprozessoren erzeugt. Auch die geneigte Aufstellung der Zeichenfläche, die elektrische Verbindung und die höhere Qualität der Zeichnung tragen zu den Verbesserungen bei.

3.3 Rechnergestützte Analoggeräte

Ein Analoggerät kann ausser dem Digitalzeichentisch noch um ein Kleinrechnersystem mit Massenspeicher erweitert werden. Eine derartige Rechnerunterstützung ermöglicht zahlreiche halbautomatische Kartierfunktionen, so dass – in Verbindung mit der Schichtgravur – die Karten in nahezu endgültiger Form erstellt werden können. Ausserdem lassen sich Symbole und Linienarten meist den Kartenvorschriften entsprechend darstellen. Die kartographischen Folgearbeiten reduzieren sich somit drastisch. Halbautomatische Ergänzungen (Höhenzahlen, parallele Linien, Schraffur, Rückkehr zum Ausgangspunkt) bringen wesentliche Zeitersparnisse. Auch in der Blattvorbereitung, Orientierung und Passpunktbestimmung (bis hin zur Aerotriangulation) können durch Applikationssoftware-Pakete weitere Arbeitsgänge bequemer und schneller ausgeführt werden. Ausserdem können – parallel zur Zeichnung – Messwerte registriert werden, z. B. in Form von Koordinatenlisten.

3.4 Analytischer Plotter

Moderne analytische Plotter sind auch für Kartierungsarbeiten vorbereitet. Die optisch-mechanische Betrachtungs- und Messeinheit ist durch zahlreiche neuartige Möglichkeiten (z. B. kontinuierlich veränderbare Betrachtungsvergrösserung, umschaltbare Messmarken, motorische Antriebe) bequem und schnell zu bedienen. Ausserdem sind derartige Messgeräte sehr genau ($m_{x,y} = 1-2 \mu m$), der immer angeschlossene Rechner ist sowohl für Steuerprozesse als auch für (parallel ablaufende) Berechnungsaufgaben (Applikationsprogramme) vorgesehen. Der Digitalzeichentisch, wie z. B. der Wild TA2, ist bezüglich der Geschwindigkeit und Beschleunigung nicht dem Operateur angepasst, sondern den Anforderungen der Off-line-Kartierung und der rechnerunterstützten Direkt-Kartierung. Die Zeichenqualität ist dank der Stabilität der Konstruktion und der Präzision der Zeichenwerkzeuge sehr hoch. Mit

| Kosten (%) | Arbeitsschritte | |
|------------|-------------------|---|
| | (grob) | (fein) |
| 9 | Verwaltung | |
| 10 | Digitale Arbeiten | geodät. Berechnung Aerotriangulation |
| 31 | Stereokartierung | Orientierung |
| | | |
| 30 | Kartographie | Reinzeichnung |
| | | Reproduktion |
| 20 | Feldarbeiten | Paßpunkt-Bestimmung |
| | | Feldvergleich |

Projekt A (Ausland)

| Kosten (%) | Arbeitsschritte | |
|------------|-------------------|---|
| | (grob) | (fein) |
| 13 | Verwaltung | |
| 20 | Digitale Arbeiten | geodät. Berechnung Aerotriangulation |
| 24 | Stereokartierung | Orientierung |
| | | |
| 23 | Kartographie | Reinzeichnung |
| | | Reproduktion |
| 20 | Feldarbeiten | Paßpunkt-Bestimmung |
| | | Feldvergleich |

Projekt B (Inland)

Abb.1 Zwei Projektkartierungen im Massstab 1:1000 und ihre Kostenanteile für die einzelnen Arbeitsschritte.
Projekt A (Ausland, Bildmassstab 1: 8000, Grösse 300 km², Kosten US\$ 1 Million)
Projekt B (Inland, 1: 6000, 20 km², US\$ 0,1 Million)

tels der Tangentialsteuerung der Werkzeuge können auch breite Linien sauber graviert werden. Mehrfachwerkzeug und Fernsehkamera erlauben verschiedene Linienbreiten und einen sauberen Anschluss an bereits bestehende Linien. Neben diesen Tischen der 1. Ordnung können natürlich auch kostengünstigere Tische eingesetzt werden. Beim analytischen Plotter können die Übersetzungen Bild/Karte beträchtlich höher sein als am Analoggerät. Orientierung der Bildpaare einschliesslich Blatteinpassung können in weniger als 10 Minuten erfolgen.

Das Gerät ist universell einsetzbar, neben der graphischen Kartierung insbesondere auch für die numerische Datenerfassung (für die Aerotriangulation, Orthophoto-Herstellung, digitale Geländemodelle, Digitalkartierung) und für Sonderaufgaben in der Industrie. Die parallele Berechnung von grösseren Applikationsprogrammen (z. B. Aerotriangulation, Schichtenlinien aus Profilen) oder die Herstellung von eigenen Programmen machen ihn gleichzeitig zu einem leistungsfähigen Rechenzentrum.

4. Wirtschaftliche Überlegungen

Für private Unternehmen ist die wichtigste Masseinheit das Geld. Alle Entscheidungen über Anschaffungen basieren auf finanziellen Berechnungen, in die objektive und subjektive Schätzungen eingehen. Fehlinvestitionen können fatale Folgen haben, ebenso der Verzicht auf Investitionen oder ein zu langes Zögern. Zahlreiche Faktoren können die Entscheidungsfindung beeinflussen, u. a. sind dies:

- Arbeitsanfall und vorhandene Grossaufträge
- Zahl und Fähigkeiten des Personals
- Preis der geplanten Investitionen (Geräte)
- Unterhaltskosten
- Produktivität der Investitionen.

Unter diesen Faktoren ist die Produktivität der geplanten Investitionen sehr wichtig. Man benötigt möglichst genaue Werte. Im folgenden sollen für die Stereokartierung und die Aerotriangulation die verschiedenen Möglichkeiten für Anschaffungen nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten evaluiert werden. Zunächst werden die wichtigsten Teilkosten im Produktionsprozess zusammengestellt. Danach soll die Frage untersucht werden, welche Produktionssteigerungen bezüglich eines bestehenden Gerätesystems eigentlich notwendig sind, um die geplante Investition zu amortisieren.

4.1 Gerätekosten

Die Kosten von Geräten pro Arbeitsstunde werden i. a. abgeschätzt nach

$$K = K_0 \cdot \frac{d}{e}$$

K_0 ... Anschaffungspreis

d ... Jährlicher Abschreibungsprozentsatz

e ... Zahl der Produktionsstunden pro Jahr

Der Wert d kann aus finanziellen Tabellen entnommen werden, er lässt sich in guter Näherung nach der Formel

$$d = \frac{1}{n} + \frac{n+1}{2n} \cdot \frac{Z}{100}$$

abschätzen. Darin bedeuten:

Z ... Zinsfuss in %

n ... Abschreibungszeit in Jahren

Die graphische Darstellung in Abb. 2 zeigt für verschiedene Geräte und Systeme die Kosten pro Arbeitsstunde. Eine Auslastung von ca. 1600 Stunden entspricht einem Einschichtbetrieb. Zu den Gerätekosten gehören auch die Unterhaltskosten. Insbesondere sind die Kosten für die Softwarepflege bei Systemen mit einzubeziehen.

4.2 Rechenprogramm-Kosten

Bei der Aerotriangulation bezieht man die Kosten besser auf die Zahl der Modelle. Sie sind unterschiedlich für die verschiedenen Programme bzw. Ausgleichungsverfahren. Zu beachten ist dabei, ob auch die Messung am Gerät durch das Programm unterstützt wird. Aus der graphischen Darstellung in Abb. 3 ist ersichtlich, dass erst bei einer grossen Zahl zu bearbeitender Modelle pro Jahr die Programmkosten vernachlässigbar klein sind und der Unterschied in den Kosten zwischen verschiedenen Programmen unbedeutend wird.

4.3 Operateurkosten

Die Kosten für die Operateure setzen sich zusammen aus Lohnkosten und Sozialleistungen. Letztere sind etwa gleich hoch wie die Lohnkosten. Heutzutage wird in Industrieländern mit ca. US\$ 25.- pro Stunde kalkuliert.

4.4 Rechenkosten

Die Rechenkosten differieren je nach verwendetem Rechner, Rechenprogramm und vor allem je nach der Zahl der Wiederholungen aufgrund von in den Daten festgestellten Fehlern. Die Möglichkeiten für ein effizientes Auffinden von Datenfehlern sind eine der wichtigsten Eigenschaften von Programmen bzw. der Rechnerunterstützung während der Messung. Bei Berechnung der Aerotriangulation auf dem Rechner des Gerätesystems wird das Auswertegerät blockiert. Bei analytischen Geräten können die Berechnungen evtl. parallel erfolgen. I. a. sind die Rechenkosten klein, sie sollen hier vernachlässigt werden.

4.5 Kosten für kartographische Reinzeichnung

Aus der Übersicht über die Kosten bei Projektkartierungen (vgl. Abb.1) lässt sich ablesen, dass die Kosten für die Reinzeichnung etwa 70% der Kosten für die Stereokartierung betragen. Sie sind in der Hauptsache Personalkosten. Eine Faustregel der Praktiker der Projektkartierung besagt, dass für 1 Stunde Stereokartierung auch ca. 1 Stunde kartographische Reinzeichnung erforderlich ist.

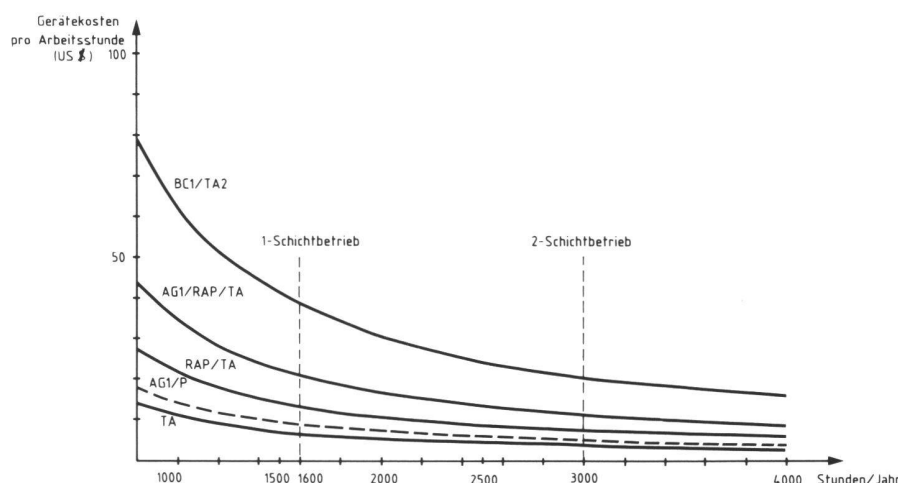


Abb. 2 Gerätekosten in Funktion von der Auslastung.

Es bedeuten:

TA ... Digitalzeichentisch, RAP/TA ... Digitalzeichentisch mit Kleinrechnersystem, AG1/RAP/TA ... Topographisches Analog-Kartiergerät mit Digitalzeichentisch und Kleinrechnersystem, BC1/TA2 ... Analytisches Auswertegerät der zweiten Generation mit Hochleistungs-Digitalzeichentisch

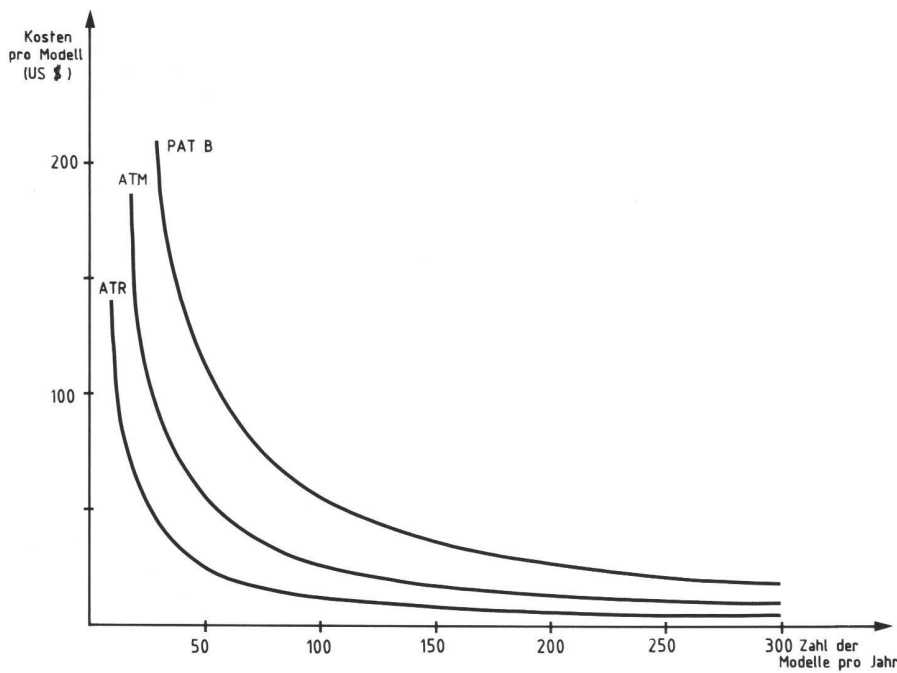


Abb.3 Kosten für verschiedene Rechenprogramme in Abhängigkeit von der Zahl der bearbeiteten Modelle pro Jahr.

ATR... Programmpaket für kleine und mittlere Blöcke nach der iterativen Streifen-Ausgleichsmethode mittels Polynomen
 ATM... Programmpaket für mittlere und kleine Blöcke nach der Methode der unabhängigen Modelle
 PAT-B... Programmpaket für mittlere und grosse Blöcke nach der Bündelmethode

4.6 Gesamtkosten

Für *Kartierungen* ergeben sich pro Arbeitsstunde genähert folgende Gesamtkosten:

$$K = (G + P)_{ST} + P_K$$

Bei der *Aerotriangulation* mittels photogrammetrischer Systeme können wir folgende Kostenabschätzung zugrunde legen:

$$K = (G + P)_{AT} \cdot T + RP$$

Es bedeuten:

- G ... Gerätekosten
- P ... Personalkosten
- T ... Zeitbedarf pro Modell
- RP ... Rechenprogrammkosten

Mit den Indizes:

- ST ... Stereokartierung
- K ... Kartographische Reinzeichnung
- AT ... Aerotriangulation

Nach diesen Formeln werden in den folgenden Kapiteln Abschätzungen unternommen.

4.7 Internationale Marktpreise

Für Projektkartierungen existieren internationale Marktpreise, z.B. für eine Stunde Stereokartierung US\$ 30–40.– bzw. 50–60.– mit Reinzeichnung, und für die Aerotriangulation werden für Messung und Berechnung US\$ 60–90.– pro Modell verrechnet. Diese Preise beinhalten auch Overhead-Kosten und Gewinn. Die Produktionsko-

sten werden ca. um den Faktor 1.2 niedriger sein.

4.8 Notwendige Produktionssteigerungen

Es lässt sich abschätzen, wie hoch die Produktionssteigerung mit einem neuen System sein muss, wenn die Produktionskosten gleich bleiben sollen. Für die Stereokartierung z. B. gilt:

$$K = (G_1 + P) \cdot T_1 = (G_2 + P) \cdot T_2$$

Wenn für die neuen Gerätekosten $G_2 = G_1 + DG$ eingesetzt wird, so lässt sich nach einigen Umformungen schreiben:

$$V = T_1/T_2 = 1 + DG/(G_1 + P)$$

Es bedeuten:

- V ... Produktionssteigerungsfaktor
- DG ... Zusätzliche Gerätekosten
- $G_1 + P$... Produktionskosten des bisherigen Gerätesystems

In der Tabelle 1 sind für verschiedene Geräte diese Faktoren bei Einschicht- und Zweischicht-Betrieb zusammengestellt. Die Produktionskosten für ein bestehendes Kartiersystem (Analoggerät mit mechanischem Zeichentisch) sind mit US\$ 35.– (Internationaler Marktpreis) angenommen worden. Diese notwendigen Produktionssteigerungen in der Stereokartierung sind für Investitionen > US\$ 200 000.– recht beträchtlich. Für die Herstellung von Planungskarten können die neuartigen

Möglichkeiten der Systeme zu beträchtlichen Einsparungen bei der kartographischen Reinzeichnung führen; die Produktionssteigerungen in der Stereokartierung müssen demzufolge nicht so hoch sein.

| | 1 Schicht (1600 Stunden) | 2 Schichten (3000 Stunden) |
|------------|-----------------------------|-------------------------------|
| TA | 1.2 | 1.1 |
| TA/RAP | 1.4 | 1.2 |
| AG1/TA/RAP | 1.6 | 1.3 |
| BC1/TA2 | 2.1 | 1.6 |

Tab.1 Notwendige Produktionssteigerungen in der Stereokartierung (V) bei Amortisation der Investition

5. Einige Resultate mit verschiedenen Geräten und Systemen

Es ist sehr schwierig, Resultate von Praxisfirmen zu erhalten bzw. dann zu verallgemeinern. Das bezieht sich insbesondere auf Leistungszahlen. Benutzer der Systeme sind ziemlich zurückhaltend, nicht zuletzt aus dem Bemühen, ihre Konkurrenzlage zu verbessern. Einfacher zu erhalten sind Beispiele über die erzielbare Qualität. Die vom Gerätehersteller angestellten Tests finden nicht unter Praxisbedingungen statt. Sie betreffen oftmals nur Teilspekte. Dennoch sind Angaben über die Wirtschaftlichkeit für die Entscheidungsfindung sehr wichtig.

5.1 Angaben über erreichte Produktionssteigerungen

Von den ca. 400 im Einsatz befindlichen TA-Tischen liegen nur wenige veröffentlichte Angaben über Produktionssteigerungen vor. In [1] wird für den Masstab 1:1250 und Kartierung mit Bleistift für die Auswertung am Stereokartiergerät eine 33%ige Steigerung angegeben. Bei den nachfolgenden Arbeiten (Nachverstärkung der Bleistiftzeichnung, Hochzeichnen in Tusche) ist eine Steigerung um 29% erzielt worden. Die Werte sind Mittel aus zwei Testmodellen. Wenn direkt in Schichtgravur oder Tusche gearbeitet wird, werden nochmals ca. 25% Steigerungen erwartet.

Von dem System für die Direktkartierung (Aviplot RAP) sind nahezu 100 Stück im Einsatz. In Abb.4 sind die Angaben von einzelnen Firmen graphisch dargestellt. Daraus geht hervor, dass eine ca. 50%ige Steigerung der Kartierleistung am Gerät möglich ist. Bei den kartographischen Folgearbeiten für Planungskarten sind maximal nur 15–20% der bisherigen Aufwände notwendig. Das Ergebnis wird durch den Kartenmasstab, Objektinhalt und andere Faktoren beeinflusst. Aus Tests im Werk ergaben sich für diverse Einzelobjekte bzw. Tätigkeiten die in der Tabelle 2 angegebenen Steigerungen.

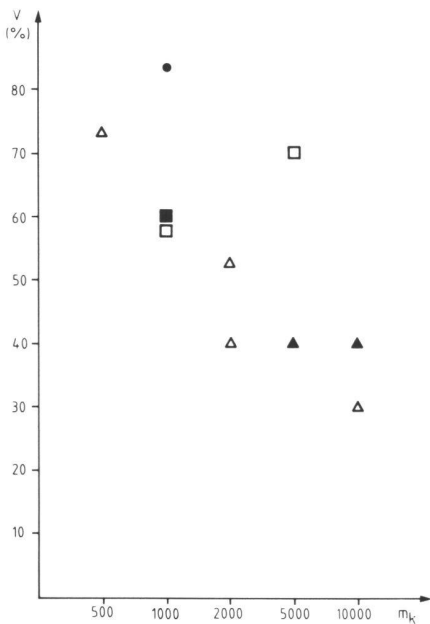


Abb. 4 Resultate von Kartierungen mit dem Aviplot RAP-System

V ... Produktionssteigerungsfaktor
 m_k ... Kartierungsmaßstab
 □ ■ ▲ ● ... Angaben von verschiedenen Privatfirmen

| Produktionssteigerung in % | Einzelobjekt/Tätigkeit |
|----------------------------|---|
| 0 ... 20 | Kurvenzüge |
| 20 ... 50 | Polygone, Gitter, Häuser (ohne Schraffur) |
| | parallele Linien |
| | absolute Orientierung, Auftragen der Passpunkte |
| 50 ... 100 | Texte, Linien mit Symbolen |
| >100 | Höhenzahlen, Symbole Häuser (mit Schraffur) |

Tab.2 Produktionssteigerungen für verschiedene Einzelobjekte und Tätigkeiten bei Verwendung des Aviplot-RAP-Systems

Bei der Kartierung von Höhenpunkten, z.B. in flachem Gelände, sind Produktionssteigerungen von sogar 500% möglich.

Über die Kartierungsergebnisse mit dem analytischen Plotter können zu diesem Zeitpunkt keine Angaben aus der Praxis erfolgen. Die Orientierung eines Bildpaares einschliesslich der Zeichenblatteneinpassung beträgt am analytischen Plotter ca. 10 Minuten, ist also sehr kurz. Die rechnergestützte Direktkartierung ist mindestens so schnell wie mit dem Aviplot RAP. Die Vorteile des Zeichentischen der 1. Ordnung (z. B. TA2) bezüglich Beschleunigung, Zeichenqualität, Benutzung von mehreren Werkzeugen (z. B. tangential besteuertes Gravurwerkzeug, Mikrominuten mit Nachschubautomatik, Messmarkenprojektor mit

Fernsehkamera) erlauben weitere Leistungssteigerungen in der Kartierung und in der Nachbearbeitung. Es ist zu vermuten, dass die mit dem analytischen Gerät erstellbare Planungskarte noch eine grössere Anerkennung und damit Verbreitung findet. Die Einsparungen entstehen insbesondere in der Kartographie.

Bezüglich der Aerotriangulation sind die Leistungssteigerungen mit dem analytischen Gerät sehr gross. Die Messzeit am Gerät dauert nur noch 8 Minuten pro Modell und 9 gemessene Punkte, das ist nur ein Viertel der jetzigen am Analoggerät mit einfacher Registriereinrichtung. Einzelheiten zu diesen Testergebnissen sind in [2] angegeben. Bezieht man die Berechnungen und Fehlersuche noch mit ein, so kann man mit 0,4 Stunden pro Modell kalkulieren. Die ersten Erfahrungen im Werk mit dem ATR-Programm für Analoggeräte und das Kleinsystem Aviplot-RAP zeigen, dass man für Projektionszentrumsbestimmung, Messung, Berechnungen und Fehlersuche pro Modell durchschnittlich ca. 0,75 Stunden benötigt.

Das analytische Gerät ist bezüglich Leistung und auch Genauigkeit das ideale Messgerät für Aerotriangulation. Ausserdem können die Resultate auch für grosse Blöcke bei relativ wenig Passpunkten direkt im Rechner des Gerätesystems erhalten werden. Für beide Systeme gilt, dass die Möglichkeiten der schnellen Fehlerfindung in Messung und Passpunkten *direkt am Gerät* zu grossen Einsparungen gegenüber früher geübten Praktiken führen.

6. Abschätzung der Produktionskosten

Mit den im Kapitel 4.6 gegebenen Formeln und den im Kapitel 5 erfolgten Angaben über Produktionszeiten bzw. Leistungssteigerungen sollen nun die Produktionskosten mit den neuen Systemen zusammengestellt werden.

6.1 Kartierung

In den beiden folgenden Tabellen 3 und 4 sind die Produktionskosten für fünf verschiedene Geräte und Systeme zusammengestellt.

| | G (1600 Std.) | P | K_{ST} | V | K_{ST}^* |
|------------|------------------|----|----------|-----|------------|
| TA | 7 | 25 | 32 | 1.3 | 25 |
| TA/RAP | 14 | 25 | 39 | 1.5 | 26 |
| AG1/TA/RAP | 21 | 25 | 46 | 1.5 | 31 |
| BC1/TA2 | 39 | 25 | 64 | 1.6 | 40 |
| AG1/P | 9 | 25 | 34 | 1.0 | 34 |

Tab.3 Produktionskosten pro Stunde Stereokartierung für verschiedene Geräte und Systeme im Einschicht-Betrieb. Angaben in US\$.

G ... Gerätekosten, P ... Personalkosten

K_{ST} ... Gesamtkosten Stereokartierung

K_{ST}^* ... Gesamtkosten Stereokartierungen bezogen auf die Auswertefläche, welche mit einem traditionellen Gerät (AG1/P) in einer Stunde kartiert wird. Ermittelt nach K_{ST}/V .

V ... Leistungssteigerungsfaktor

| | K/Std. $K_{ST} + P_K$ | K_{ST}^* | p | P_K^* | K_{ST+K}^* |
|------------|--------------------------|------------|------|---------|--------------|
| TA | 57 | 25 | 0.77 | 19 | 44 |
| TA/RAP | 64 | 26 | 0.20 | 5 | 31 |
| AG1/TA/RAP | 71 | 31 | 0.20 | 5 | 36 |
| BC1/TA2 | 89 | 40 | 0.15 | 4 | 44 |
| AG1/P | 59 | 34 | 1.0 | 25 | 59 |

Tab.4 Produktionskosten pro Stunde Stereokartierung inkl. kartographischer Reinzeichnung für verschiedene Geräte und Systeme im Einschicht-Betrieb. Angaben in US\$.

K ... Gesamtkosten Stereokartierung und kartographische Reinzeichnung, $K = K_{ST} + P_K$

K_{ST}^* ... Gesamtkosten Stereokartierung bezogen auf die Auswertefläche, welche mit einem traditionellen Kartiergerät (AG1/P) in einer Stunde kartiert wird.

P_K^* ... Personalkosten für die kartographische Nachbearbeitung, $P_K^* = p \times 25$

p ... Anteil der kartographischen Nachbearbeitung gegenüber einer vollständigen Bearbeitung

K_{ST+K}^* ... Gesamtkosten Stereokartierung und kartographische Nachbearbeitung, bezogen auf die Auswertefläche, welche mit einem traditionellen Kartiergerät (AG1/P) in einer Stunde kartiert wird. $K_{ST+K}^* = K_{ST}^* + P_K^*$

Mittels der Faktoren für die Leistungssteigerung können die Kosten auf die gleiche Auswerteleistung wie mit einem traditionellen System reduziert werden. Diese Kosten sind mit K_{ST}^* , die Kosten für die kartographische Nachbearbeitung mit P_K^* bezeichnet. Die auf diese Weise ermittelten Gesamtkosten K_{ST+K}^* gelten für Planungsaufgaben. Diese Werte können untereinander direkt verglichen werden. Es zeigt sich, dass in diesem Fall mit den neuen Gerätesystemen gegenüber einem traditionellen System (AG1/P) kostengünstiger produziert werden kann und die Kosten unter dem internationalen Marktpreis (US\$ 50–60.–) sind.

6.2 Aerotriangulation

Bei den Kostenabschätzungen wird angenommen, dass das Gerätesystem mit 1600 Stunden pro Jahr ausgelastet sei für Kartierungen oder andere Aufgaben. Der angegebene Zeitbedarf pro Modell beinhaltet Vorbereitung, Messung, Rechnung und Fehlersuche. Die Berechnungen auf dem analytischen Gerät erfolgen mit dem Bündelprogramm.

| | G (\$) | P (\$) | T (Stunden) | (G + P) · T (\$) | RP (\$) | K (\$) |
|-----|-----------|-----------|----------------|---------------------|-----------------|-----------|
| | | | | | 200M (1000M) | |
| RAP | 14 | 25 | 0.75 | 29 | 7 (1) | 36 (30) |
| BC1 | 39 | 25 | 0.4 | 26 | 28 (6) | 54 (32) |

Tab. 5 Produktionskosten pro Modell Aerotriangulation in US\$.

G ... Gerätekosten pro Stunde
P ... Personalkosten pro Stunde
T ... Zeitbedarf pro Modell in Stunden
RP ... Kosten für Rechenprogramm
M ... Zahl der triangulierten Modelle pro Jahr
K ... Gesamtkosten pro Modell.

Auch bei der Aerotriangulation mit den neuen Systemen liegen die Produktionskosten beträchtlich unter dem internationalen Marktpreis (US\$ 60–90.–).

Falls das analytische Plotter-System für Aerotriangulation eingesetzt wird, so sind nur ca. 1700 Modelle pro Jahr zu triangulieren, um das Gerätesystem in fünf Jahren amortisieren zu können. Dieser Abschätzung liegen folgende Formel und Annahmen zugrunde:

$$N = (G + RP) / (K - P)$$

G + RP ... Geräte und Programmkosten pro Jahr (Abschreibungsprozentsatz $d = 0.26$)

P ... Personalkosten pro Modell (25 x 0.40)

K ... bisherige Produktionskosten pro Modell aufgrund des internationalen Marktpreises (US\$ 50.–).

Das Gerätesystem wäre dann nur ca. 700 Stunden für Aerotriangulation in Betrieb und könnte in der übrigen Zeit noch für andere Aufgaben kostengünstig eingesetzt werden.

7. Schlussfolgerungen

Die Geräteindustrie hat für die Aufgaben der Projektkartierungen in den letzten fünf Jahren neue Geräte und Systeme geschaffen. Diese technologischen Neuerungen kommen in einer Zeit auf den Markt, in der die photogrammetrischen Firmen Aufträge nur unter hohem Konkurrenzdruck erhalten und die bestehenden Geräte oftmals nicht voll ausgelastet werden können. In einer derartigen Situation lassen sich mittels der zuvor behandelten wirtschaftlichen Überlegungen folgende allgemeine Schlussfolgerungen ziehen:

1. Die Methoden und Geräte der Projektkartierungen sind im Umbruch. Der Computer und die Datenverarbeitung haben unwiderruflich ihren Einzug gehalten. Die Praktiker müssen sich mit den neuen Systemen intensiv beschäftigen.

2. Die neuen Systeme, insbesondere das analytische Gerät und das Kartiersystem für Analoggeräte und Digitalzeichentische, sind bereits in der Praxis erfolgreich erprobt und erbringen solche Steigerungen in der Produktivität, dass sich die Kosten für die Investitionen wieder kompensieren lassen.

3. Die Planungskarte und auch die Aerotriangulation können nunmehr direkt am Gerät vom Operateur erstellt werden. Bei diesen neuartigen und anspruchsvollen Tätigkeiten einschliesslich der Tatsache, dass direkt am Auswertegerät Endprodukte erzeugt werden können, wird die Zufriedenheit der Operateure mit ihrer Arbeit gesteigert.

4. Bei einem analytischen Gerät wird die Aerotriangulation sehr wirtschaftlich gelöst. Es ist gleichfalls für die

Datenerfassung, die Kartierung und als Rechen- und Programmierstation einsetzbar. Somit können mit diesem Universalgerät viele verschiedenartige Aufträge erhalten und ausgeführt werden.

5. Die Kartierung mit einem Kleinsystem für bestehende Analoggeräte wird am wirtschaftlichsten, wenn Planungskarten direkt am Gerät graviert werden können. Manuelle kartographische Überarbeitungen sind zwar immer noch notwendig, aber in sehr geringem Umfang. Die Stereokartierung für sehr grosse Massstäbe kann ca. um den Faktor 1.5 schneller erfolgen. Der Operateur erfährt in seiner Arbeit eine Reihe von Erleichterungen. Die Orientierung, die Blattvorbereitung, eine Datenerfassung und selbst eine Aerotriangulation können gleichfalls mit einem derartigen Kleinsystem erfolgen. Seine Bedienung ist in wenigen Tagen erlernbar.

6. Die Investition in Systeme unterscheidet sich grundsätzlich von denen in Analoggeräte. Bei Systemen ist aufgrund der stürmischen Entwicklung in der Datenverarbeitung die Lebensdauer wesentlich kürzer, ca. 5–7 Jahre. Die neue Generation von Kartiersystemen wird noch leistungsfähiger sein, aber kaum preisgünstiger. Ein zu langes Warten auf die «optimale Lösung» oder jahrelange Evaluationen werden sich kaum lohnen. Wichtigste Aufgabe für den Praktiker ist es, sich rechtzeitig mit den Technologien der Zukunft vertraut zu machen. Nur so kann er seine Wettbewerbsfähigkeit erhalten.

Literatur:

[1] Neale, M. A.: Plotting tables and productivity. Veröffentlichung des Ordnance Survey, Grossbritannien, 1982.

[2] Vozikis, E.: Graphical and digital plotting with analytical plotters. Proceedings des ISP-Interkongress Symposiums der Kommission II, Ottawa 1982.

[3] Höhle, J.: Neues Instrumentarium für die photogrammetrische Direktkartierung. Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik 10/81, S. 393–400.

[4] Widmer, F.: Wild Avioplot RAP: a system for practical work. Wild Heerbrugg, 1982.

[5] Gut, D.: The Wild Aviograph AG1: a new stereoplotter. Presented Paper to the XIV. ISP Congress, Comm. II, Hamburg 1980.

Adresse der Verfasser:
Dr.-Ing. J. Höhle und Dipl.-Ing. P. Pohjola
Wild Heerbrugg
CH-9435 Heerbrugg