

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:	79 (1981)
Heft:	10
Artikel:	Neues Instrumentarium für die photogrammetrische Direktkartierung
Autor:	Höhle, J.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-230685

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 25.01.2026

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

nen. Es hat aber noch weitere Einflüsse, welche die Erstellungskosten der Orthophoto direkt und sehr wesentlich beeinflussen. Nachfolgend sind zwei Beispiele von vielen herausgegriffen.

Topographische Verhältnisse

- Je steiler und couperter das Gelände – je kleiner die erforderliche Profilbreite bei der Steuerdatenermittlung.
Z.B. 5 mm Scanbreite statt 8 mm = 60% mehr Profilzeit am Stereoauswertegerät und entsprechend auch am Orthophotogerät.

Vergrösserungsfaktor Luftbild – Orthophoto

- Je grösser der Faktor – je länger die Laufzeit des Orthophotogerätes.
Z.B. Faktor 1:1,5 ca. 12–25', 1:3 ca. 40–80' (je nach topographischen Verhältnissen).

9. Hinweise zu Sonderformen von Orthophotos

Stereo-Orthophotos

Das WILD OR-1 gestattet auch die Erstellung von Stereo-Orthophoto-Partnern. Durch eine zusätzliche Berechnung der registrierten Profildaten mit dem erweiterten SORA-Programm können die OR-1-Steuerdaten für beide Stereopartner berechnet werden.

Da diese Art von Orthophoto den Zugriff zum SORA-Programm und einen zusätzlichen Berechnungsaufwand bedingt, sind Stereo-Orthophotos zum

vornherein teurer als normale Orthophotos. Zudem können diese logischerweise nur noch einzeln, modellweise, und nicht wie bei den normalen Orthophotos doppelmodellweise produziert werden. Es darf auch nicht vergessen werden, dass auf der Benutzerseite für die Bearbeitung dieser meist grossformatigen Stereopaare spezielle Geräte notwendig sind. Ebenfalls mit dem SORA-Programm sowie einem entsprechenden Zusatzprogramm ist es möglich, Gewölbeaufnahmen zu entzerrn oder Karten am OR-1 von einer vorgegebenen Projektion in eine andere umzubilden.

Farbige Orthophotos

Auch diese Produktionsart ist technisch gelöst. Am OR-1 können ohne weiteres Color-Dias auf den entsprechenden Farbfilm projiziert werden. Vorläufig ist jedoch diese Orthophotoart aus verarbeitungstechnischen Gründen noch teuer und auch gewissen Beschränkungen unterworfen, da

- das Farbfilmmaterial heute noch zu geringe Empfindlichkeit aufweist,
- grossformatiges, farbiges Filmmaterial teuer ist,
- grossformatige Colorfilm-Entwicklungen in der Schweiz nur an wenigen Orten möglich sind,
- farbige Mosaikerstellungen und deren farbige Reproduktionen aus entwicklungs- und materialtechnischen Gründen teuer und in den Formaten beschränkt sind.

Wir übersehen jedoch nicht, dass auf dem Farbsektor vor allem die Produkte und die Verarbeitungsmethoden in ständiger Entwicklung sind. Dies lässt hoffen, dass sich zu den schon sehr guten Color-Aerialfilmen in Zukunft auch wirtschaftliche Verarbeitungsmethoden gesellen.

10. Schlussbemerkungen

Der vorliegende Artikel sollte unter anderem aufzeigen, dass die Orthophotoerstellung nicht beim Orthophotogerät anfängt und aufhört. Die Orthophotoerstellung ist eine ganze Kette von verschiedenen, meist reprotochnischen Arbeitsgängen. Dabei muss jedes Glied auf das nächste und auf das Ende der Kette abgestimmt sein. Nur dann ist dafür Gewähr geboten, dass auf zweckmässige Art und Weise eine gute Orthophoto erstellt werden kann. Erst gute Kenntnisse in der Reprotechnik und die Installation von verschiedenen, gegenseitig abgestimmten Peripheriegeräten zum Orthophotogerät geben dem Ersteller von Orthophotos die Möglichkeit, die obgenannte Kette zu schmieden. Zudem sollte aufgezeigt werden, dass auch die Kosten einer Orthophoto von der Länge dieser Kette und den topographischen Verhältnissen des abzubildenden Gebietes abhängig sind.

Adresse des Verfassers:

Werner Altherr
Swissair Photo + Vermessungen AG,
Obstgartenstrasse 7, CH-8006 Zürich

Neues Instrumentarium für die photogrammetrische Direktkartierung*

J. Höhle

Die graphische Kartierung ist nach wie vor die Hauptaufgabe der photogrammetrischen Praxis. Für die Effizienz der Kartierung werden zunächst die wichtigen Einflussfaktoren diskutiert, wobei besonders die instrumentellen Gesichtspunkte im Vordergrund stehen. Nach einer kurzen Erläuterung der neuen Geräte und Gerätesysteme von Wild Heerbrugg werden Vergleiche mit früheren Geräten angestellt und einige Kartierungsresultate präsentiert. Daraus werden erste Schlussfolgerungen für die photogrammetrische Praxis abgeleitet.

La cartographie graphique a toujours constitué la tâche essentielle dans la pratique photogrammétrique. Dans le cadre de l'efficience requise dans cette tâche, on présente d'abord les facteurs influents décisifs, avec à l'avant-plan surtout le point de vue de l'instrumentation. Après un court exposé des nouveaux appareils et systèmes d'appareils de Wild Heerbrugg, on effectue des comparaisons avec les équipements antérieurs et l'on présente quelques résultats de cartographie. Des premières conclusions pour la pratique photogrammétrique en sont déduites.

1. Einleitung

Die graphische Kartierung ist nach wie vor eine Hauptaufgabe der praktischen Photogrammetrie. Insbesondere private Firmen führen in grossem Masse Lage- und Höhenkartierungen in den Massstäben 1:500 bis 1:10 000 aus. Man spricht hier von sogenannten Projekt-kartierungen.

* überarbeitete Fassung des zum Kongress der Amerikanischen Gesellschaft für Photogrammetrie im Februar 1981 in Washington D. C. gehaltenen Vortrags

Im allgemeinen liegt ein grösseres Arbeitsvolumen vor, und die Geräte können mit dieser Aufgabe ausgelastet werden. Die einzelnen Arbeitsschritte wiederholen sich in nahezu gleicher Form, d.h. die Aufgabe ist relativ gut planbar.

In der Vergangenheit hat es nicht an Versuchen gefehlt, diese Aufgabe wirtschaftlicher zu lösen. Besonders in den letzten Jahren sind neuartiges Instrumentarium und neue Arbeitsmethoden bekannt geworden. Der Computer und die Datenverarbeitung haben auch in der Kartierungsindustrie Einzug gehalten. Dabei wurden grundsätzlich zwei Wege verfolgt: die indirekte Kartierung und die direkte Kartierung. Bei der indirekten Kartierung codiert man alle Kartenelemente und legt die digitalisierten Punkte und Linien geordnet in einer Datenbank ab. Mittels graphischer Bildschirme wird die Rohauswertung korrigiert und ergänzt. Eine Auszeichnung der überarbeiteten Rohauswertung erfolgt auf einem Präzisionszeichentisch. Die direkte Kartierung benutzt die Computer lediglich zur Verbesserung der Manuskriptkarte, die direkt neben dem Auswertergerät entsteht. Dieser Beitrag behandelt das neue Instrumentarium für die Direktkartierung.

Zunächst werden jedoch die wichtigen Einflussfaktoren für die effiziente Kartierung analysiert. Anschliessend sollen die diesbezüglichen Neuerscheinungen des letzten ISP-Kongresses in ihrer Bedeutung für die Kartierung erläutert werden. Anhand des Vergleichs mit bisherigen Geräten sollen die Unterschiede erläutert werden. Als Beispiel dienen jeweils die Wild-Geräte.

2. Wichtige Einflussfaktoren auf eine effiziente Kartierung

Die Einflussfaktoren auf eine effiziente Kartierung sind sehr zahlreich. In diesem Beitrag sollen hauptsächlich die gerätespezifischen Faktoren untersucht werden. Von Einfluss sind:

- die Kartiergeräte
- die Zeichentische und
- die unterstützenden Rechnersysteme und ihre Software.

Zusammen mit weiteren Faktoren (z.B. dem Bildmaterial) wird schliesslich das photogrammetrische Gesamtsystem betrachtet.

2.1 Das photogrammetrische Kartiergerät

Das photogrammetrische Kartiergerät ist massgebend an der effizienten Kartierung beteiligt. Insbesondere beeinflussen seine Genauigkeit, die Güte des optischen Betrachtungssystems und die Möglichkeiten für die Führung der Messmarke die Kartierleistung.

2.1.1 Genauigkeit

Die Genauigkeit eines Gerätes wird durch Messung von Präzisionsgitterplatten ermittelt. Angegeben werden i.a. die mittleren Lage- und Höhenfehler für die verwendeten Einstellungen wie Kammerkonstante und das Basis/Höhenverhältnis. Bei Verwendung von Fotografien können Kompensationseinrichtungen für systematische Fehler, wie z. B. Verzeichnung, Erdkrümmung, zur Steigerung der Auswertegenauigkeit beitragen. Für eine linienweise Messung ist auch die Führungsgenauigkeit der Messmarke wichtig. Damit ist insbesondere die Untersetzung der Bewegung der Hand zur korrespondierenden Bewegung der Messmarke im Bild gemeint, aber auch die Gleichförmigkeit der Bewegung des Modellpunktes und der dafür notwendige Kraftaufwand. Nach Einstellung eines Punktes sollten keine zusätzlichen Bewegungen zustande kommen, z.B. durch Lenkerschub. Schliesslich ist die Stabilität des Gerätes während des Messvorgangs für gute Auswerteresultate wichtig. Auch die Ausbildung der Messmarke, d.h. Grösse, Gestalt und Farbe, beeinflusst die Messgenauigkeit. Die Genauigkeit kann nur ausgeschöpft werden, wenn auch das Bildmaterial und die Passpunkte die erforderliche Genauigkeit haben. Mit der Einführung von 1µm-Geräten sind meist die anderen Faktoren ausschlaggebend für die Disposition der Flughöhe. Die photogrammetrischen Geräte der neuen Generation (sog. analytische Geräte) sind nicht mehr die limitierenden Faktoren.

2.2 Optisches Betrachtungssystem

Zum Vorgang der Auswertung gehört auch die Interpretation der abgebildeten Gegenstände. Die Auslegung und die Güte des optischen Systems sind für eine effiziente Kartierung eine wichtige Voraussetzung. U.a. ist bei den Geräten auf

- das Auflösungsvermögen
- die Leuchtdichte
- die optische Vergrösserung und den Gesichtsfelddurchmesser, insbesondere deren Variationsmöglichkeiten zu achten.

2.3 Der Zeichentisch

Für die Kartierleistung spielt auch die Beschaffenheit des Zeichentisches eine wichtige Rolle, das sind u.a.:

- seine nutzbare Zeichenfläche
- die Einsicht auf den Zeichenstift und die Möglichkeiten für eine präzise Einstellung am Tisch
- die Übersetzungsverhältnisse
- die Genauigkeit, insbesondere die Qualität der gezeichneten Linien
- die Anzahl der benutzbaren Zeichenwerkzeuge mit schneller Umschaltmöglichkeit und

- die Verstellmöglichkeit der Zeichenfläche.

Die digital gesteuerten Zeichentische erlauben eine Unterstützung durch Prozessrechner. Dann sind für eine leistungsfähige Kartierung auch die Beschleunigung und die maximale Geschwindigkeit von grosser Bedeutung.

2.4 Das Rechnersystem

Die Leistungsfähigkeit der graphischen Direktkartierung lässt sich durch kleine oder mittlere Prozessrechner beträchtlich erhöhen. Diese gehören standardmäßig zu den analytischen Geräten; bei Analoggeräten können sie nachträglich hinzugefügt werden. Mit ihrer Hilfe lassen sich zahlreiche Kartierungsaufgaben automatisieren, z.B. das Schreiben von Höhenzahlen oder das Schrafieren von Flächen. Ausserdem lässt sich mit ihrer Hilfe die Qualität der Direktkartierung beträchtlich steigern, da sowohl die Symbole und Linienarten den Vorschriften entsprechen als auch die Linien sehr sauber gezeichnet werden können. Dies ist u.a. in der Tatsache begründet, dass gerade oder regelmässig gekrümmte Linien nicht mehr langsam nachgefahren werden müssen, sondern durch einige wenige Punkte erfasst werden können. Der Rechner besorgt die perfekte Verbindung zwischen den gemessenen Punkten. Ferner lassen sich die Seiten von Häusern auf Rechtwinkligkeit korrigieren oder am Ausgangspunkt, ohne dessen nochmalige Einstellung, beenden. Die nachfolgende kartographische Überarbeitung der Originalkartierung beschränkt sich auf ein Minimum. Die vorbereitenden Tätigkeiten wie Orientierung, Blattvorbereitung u.a. können mittels des Rechners wesentlich schneller erfolgen. Ausserdem können die Messungen des Operateurs überprüft werden. Fehler lassen sich somit rechtzeitig erkennen.

All diese durch die Rechner neuerdings erhaltenen Möglichkeiten führen zu beträchtlichem Zeitgewinn sowohl bei Kartierungen mit Analoggeräten als auch bei Kartierungen mit analytischen Geräten. Der Operateur muss für Arbeiten am Zeichentisch weniger aufstehen. Er kann sich voll auf die Betrachtung des Stereomodells konzentrieren. Fehler bei der visuellen Ablesung der Höhenskala des Gerätes werden vermieden. Die Schichtgravur wird nunmehr auch für Lagedarstellungen möglich. Die analytischen Geräte bieten dank der Steuerungseigenschaft der Bildwagen vom Rechner aus noch die Möglichkeit, bekannte Punkte wie Passpunkte, Übertragungspunkte etc. automatisch anfahren zu können. Orientierungsdaten werden im Gerät automatisch eingestellt.

2.5 Gerätekosten

Die Kosten für photogrammetrische Kartiergeräte setzen sich im wesentlichen aus dem Anschaffungspreis (inkl. der Installations- und Instruktionskosten) und den jährlichen Unterhaltskosten zusammen.

Die Kostenbelastung pro effektive Arbeitsstunde hängt von der Anzahl der Gerätearbeitsstunden/Jahr, der Abschreibungszeit, dem Zinssatz für Kredite und den Unterhaltskosten ab.

Für den Unterhalt der Geräte können Service- oder Wartungsverträge abgeschlossen werden. Serviceverträge beinhalten die Software und die Hardware der Gerätesysteme.

sondere ist das Auflösungsvermögen am Bildrand wesentlich angehoben worden.

Verbessert werden konnten auch die Kontrastübertragung, der Lichtabfall und die chromatische Transmission.

2.6.4 Darzustellende Objekte und Geländegegestalt

Die Kartierleistung ist von der Geländegegestalt und der Art und Anzahl topografischer Gegenstände sehr abhängig. Dichte Bebauung, zahlreiche Straßen, Mauern und Bäume können die Auswertung sehr verlangsamen. Ebenso beeinflussen grosse Höhenunterschiede und dichte Vegetationsbedeckung die Auswerteleistung.

2.6.5 Operateur

Ein wichtiges Glied in der Auswertung ist der menschliche Operateur. Seine Erfahrung, Messgenauigkeit, Konzentrationsfähigkeit und Motivation bestim-

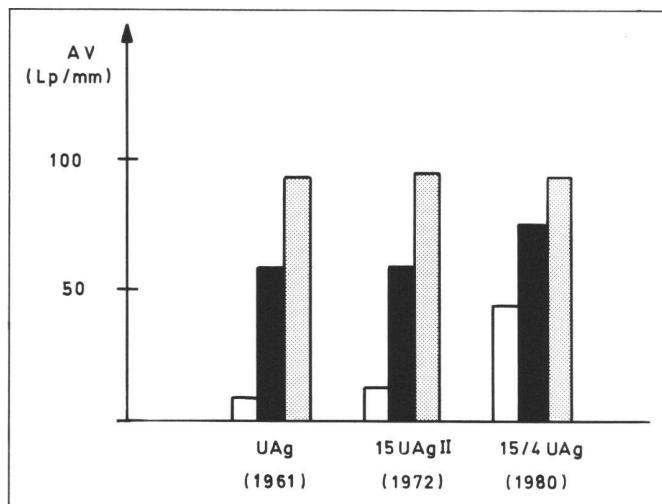


Abb.1 Auflösungsvermögen von drei Generationen Weitwinkelobjektiven. Die drei Balken sind der Minimalwert, das flächenbewertende Mittel (AWAR) und der Maximalwert des Auflösungsvermögens, das unter folgenden Bedingungen ermittelt wurde: Film Agfapan 25, Filter 450 nm, Hochkontrast (log 2,0), Blende 5,6. Die Werte in Klammern sind das jeweilige Erscheinungsjahr des Objektivs.

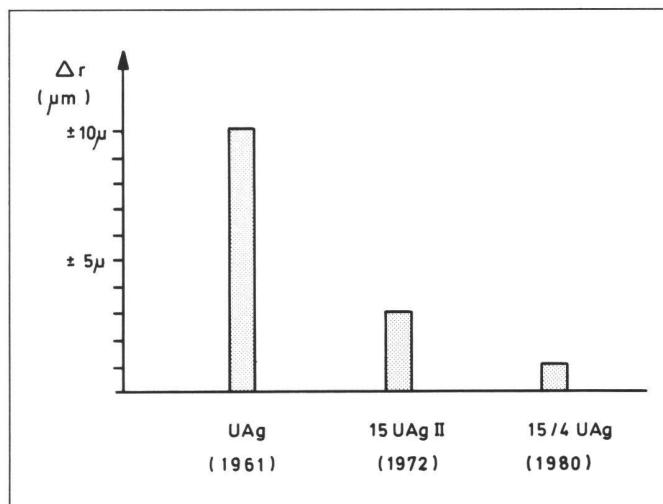


Abb.2 Nominelle Verzeichnung (maximale Werte der Standardkurve) von drei Generationen Weitwinkelobjektiven.

2.6 Andere Faktoren

Neben den Auswertegeräten bestimmen noch zahlreiche andere Faktoren die Effizienz der Kartierung. Diese sollen hier nur angedeutet werden.

2.6.1 Aufnahmegeräte

Die Objektive photogrammetrischer Aufnahmekameras sollen eine geringe Verzeichnung und eine hohe Auflösung haben. Die Hersteller haben in den letzten Jahren die Objektive beträchtlich verbessern können. Abb. 1 und 2 zeigen am Beispiel der Wild-Weitwinkelobjektive die Fortschritte in Verzeichnung und Auflösungsvermögen. Die maximale Verzeichnung ist auf $\pm 1 \mu\text{m}$ reduziert. Sie kann für praktische Kartierungsaufgaben vernachlässigt werden. Die flächenbewertete Auflösung ist bezüglich der letzten Objektivgeneration nochmals um 20% gesteigert worden. Insbe-

sicher vom Operateur die Objekte erkannt werden können. Die Verwendung von Farbemulsionen hat die Interpretationsaufgabe während der Kartierung erleichtert und beschleunigt.

2.6.3 Anforderungen für die zu erstellende Karte

Die Anforderungen betreffen u. a. die Genauigkeit, die Vollständigkeit, die Qualität der Zeichnung und nicht zuletzt den Termin für die Verfügbarkeit. Sie richten sich nach dem Verwendungszweck und dem Maßstab. Grossmassstäbliche Karten für Planungsaufgaben haben diesbezüglich anderen Anforderungen zu genügen als die topografischen Basiskarten eines Landes. Sehr unterschiedlich sind die Genauigkeits- und Qualitätsanforderungen in den verschiedenen Ländern.

men die Kartierleistung vielleicht mehr als alle anderen Faktoren.

2.6.6 Vorbereitungsarbeiten

Vor der eigentlichen Kartierung sind einige Vorbereitungsarbeiten notwendig. Jedes Modell benötigt zwecks Orientierung einige Passpunkte, die im allgemeinen in einer Aerotriangulation ermittelt werden müssen. Fehler in den Passpunkten können den Auswerteprozess stark aufhalten und die Genauigkeit der Kartierung beeinträchtigen. Die Passpunkte sind zu kartieren, und der Kartenrahmen ist zu gestalten. Diese Arbeiten können bei den rechnergestützten Geräten neuerdings alle am Auswertegerätesystem selbst erfolgen.

2.6.7 Folgearbeiten

Am Auswertegerät entstand bisher meist nur ein Manuskript. Es folgte die

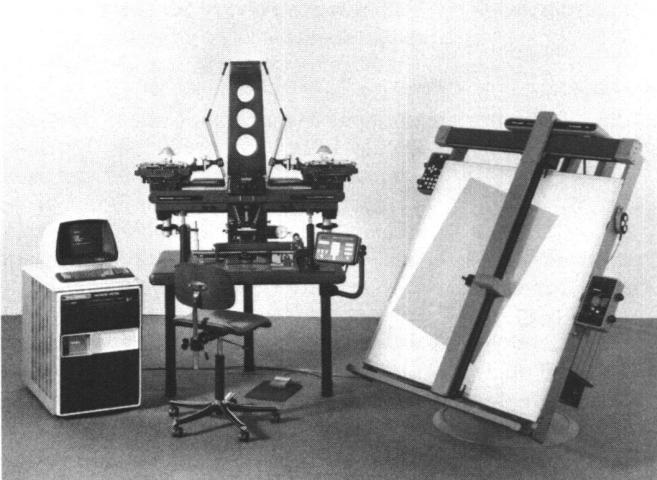


Abb. 3 Das topographische Kartiergerät Aviograph AG 1 mit dem System Avioplot RAP für die rechnerunterstützte Direktkartierung.

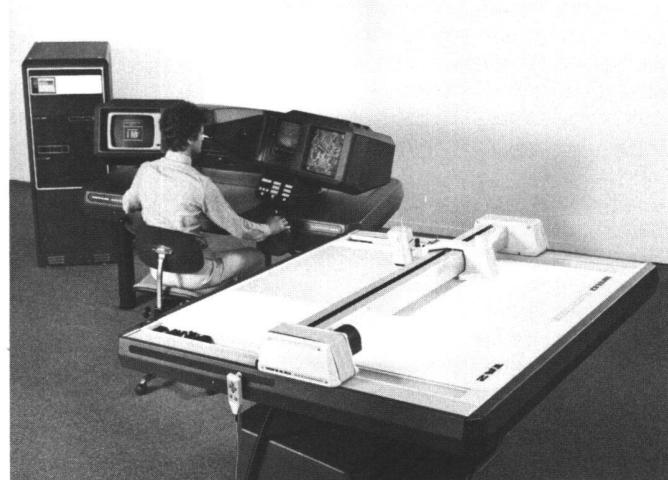


Abb. 4 Präzisionsgerät Aviolyt AC 1 mit dem Universalzeichentisch Aviotab TA 2.

Reinzeichnung durch den Kartographen. Unter bestimmten Umständen ist zuvor noch ein Feldvergleich notwendig. Weitere inhaltliche und verwaltungsmässige Erhebungen, z. B. Namen, Grundstücksnummern usw., sind einzuarbeiten.

3. Die neuen Gerätesysteme von Wild Heerbrugg

Zum ISP-Kongress 1980 wurden von verschiedenen Firmen zehn neue Kartiergeräte erstmalig vorgestellt. Diese Kartiergeräte waren entweder Präzisions- oder Universalgeräte nach dem analytischen Prinzip oder topographische Kartiergeräte nach dem analogen Prinzip. Außerdem wurden drei neue Digitalzeichentische gezeigt.

Die neuen Gerätesysteme von Wild Heerbrugg waren:

- das analoge Auswertegerät AVIOGRAPH AG 1 (Abb. 3)
- das analytische Auswertegerät AVIOLYT AC 1 mit dem Digitalzeichentisch AVIOTAB TA 2 (Abb. 4).

Die graphische Auswertung wurde in beiden Fällen durch Rechner und Software unterstützt. Die beiden Geräte sind typische Vertreter von Präzisions- und Universalgerät bzw. topographischem Kartiergerät. Sie weisen beträchtliche Verbesserungen gegenüber früheren Systemen auf. Detaillierte Beschreibungen sind in den Veröffentlichungen [1], [2], [3] und [4] enthalten. Die Besonderheiten dieser Geräte bezüglich graphischer Direktkartierung sollen nun erwähnt werden. Sie sind auch in Tabelle 1 zusammengefasst.

3.1 Topographisches Kartiergerät Aviograph AG 1

Der Aviograph AG 1 ist ein kompaktes und stabiles Kartiergerät der unteren Preisklasse. Wie der B 8S ist er nach

dem Prinzip der mechanischen Projektion mit frontaler Bildbetrachtung konstruiert. Der Modellwagen wird freihändig bewegt. Im Unterschied zum B 8S ist die Führung besonders ruckfrei und ohne grossen Kraftaufwand möglich. Neigungen der Kammern und Lenkerstangen verschieben den Lenkerfuss nicht. Die Parallelführung der beiden Lenkeraufpunkte (Basisbrücke) wird durch ein Kreuzschlittensystem mit präzisen zylinderförmigen Führungen realisiert. Die Messung der XYZ-Koordinaten erfolgt in einem Modellraum, der das 1,6fache des Bildraumes sein kann. Die X- und Y-Bewegungen werden mit Lineargebern digitalisiert. Digitalgesteuerte Zeichentische lassen sich somit einfach anschliessen. Ebenfalls anschliessbar ist ein einfacher Pantographenzeichentisch.

Die Orientierung des Stereomodells ist einfach und schnell. Insbesondere entstehen bei Ausführung der absoluten Orientierung keine Vertikalparallaxen mehr. Die Genauigkeit des Gerätes genügt den meisten Kartierungsaufgaben. Erdkrümmung und ähnliche systematische Modellaufbiegungen lassen sich mit einfachen mechanischen Mitteln korrigieren. Um die Gerätegenauigkeit und modernes Bildmaterial optimal nutzen zu können, ist das optische Betrachtungssystem entsprechend ausgelegt worden. Beleuchtung und Optik sind fest, bewegt werden die Messbilder. Daraus resultiert die hohe Leuchtdichte und Bildqualität des Gerätes. Die Betrachtungsvergrösserung und der Gesichtsfelddurchmesser sind wählbar, sie betragen maximal 9fach bzw. 25 mm.



Abb. 5 Betrachtungseinheit des Aviolyt AC 1 mit Freihandführung, Tastatur für das rechnerunterstützte Zeichnen und Fernsehbild der Kartierung am Zeichentisch.

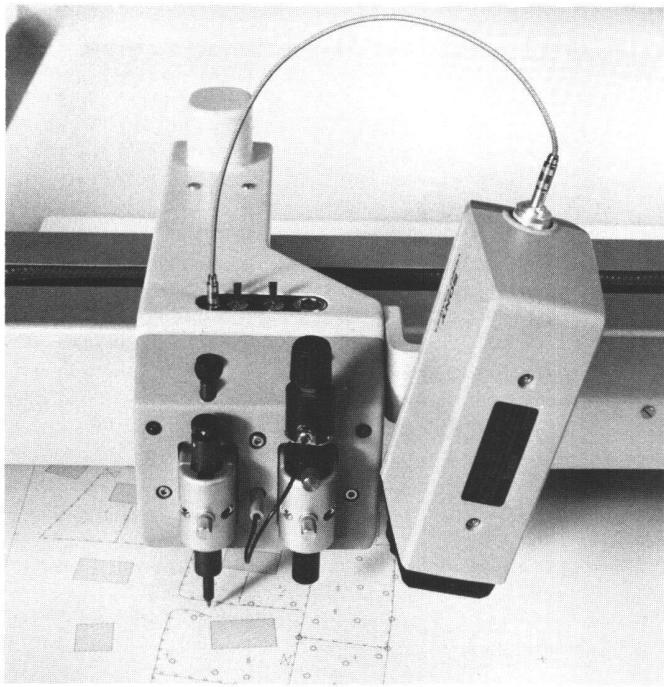


Abb. 6 Zeichenkopfwagen des Universalzeichentischen Aviotab TA 2 mit Lichtmarkenprojektor und Fernsehkamera.

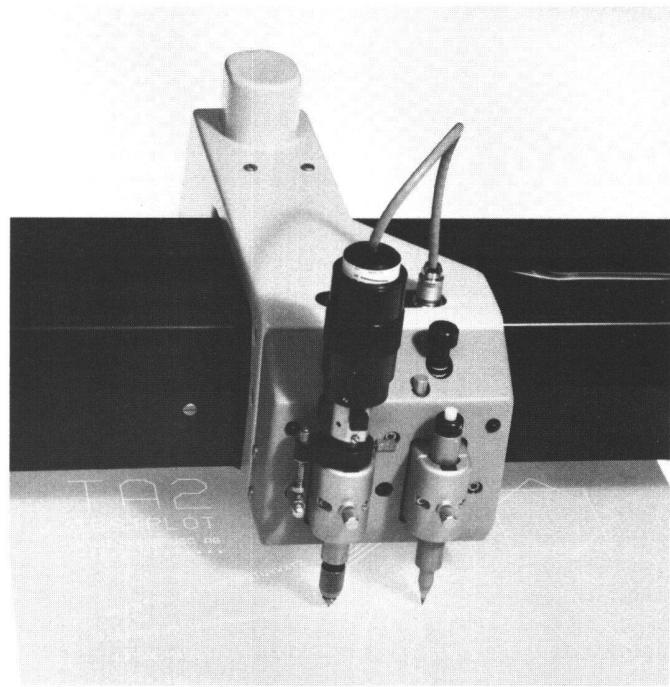


Abb. 7 Tangentialgesteuertes Gravurwerkzeug des TA 2.

3.2 Das Präzisionsgerät Aviolyt AC 1

Das Aviolyt AC 1 ist ein rechnergesteuertes Auswertegerät. Horizontal liegende Bildwagen werden von Servomotoren entsprechend den mathematischen Beziehungen zwischen Geländepunkt

und Bildpunkt angetrieben. In den Berechnungen können auch systematische Bildfehler berücksichtigt werden. Das Gerät ist sehr genau. Außerdem kann der Operateur die Messmarke präzise führen, entweder mit Handrädern

oder einer Freihandführung. Die Bewegungen der Hand werden dabei unteretzt; bei Handrädern bis zu 300fach bzw. 8fach bei Freihandführung, jeweils bezogen auf das Bild. Die Freihandführung ist sehr vorteilhaft für die Kartie-

Auswertegeräte		Topographische Geräte		Präzisionsgeräte	
		B 8S	AG 1	A 10	AC 1
Gerätegenauigkeit	$m_x, z' [\mu\text{m}]$ im Bild $m_z [\mu\text{m}]$ von Z	$\pm 7,0$ $\pm 0,060$	$\pm 6,8$ $\pm 0,055$	$\pm 3,0$ $\pm 0,021$	$\pm 1,0$ $\pm 0,013$
Korrekturreinrichtung	Objektivverzeichnung Erdkrümmung Sonstiges	(Platten für beide Einflüsse, Näherungslösung)	(Korrekturkörper) gute Näherungslösung	Platten sphär. Fläche strenge Lösung	mathematische Korrektur, strenge Lösung affiner Filmschrumpf
Führung der Messmarke	Art max. Untersetzung zum Bild ($f = 150 \text{ mm}$) Kraftaufwand für Freihandf.	Freihand 2,4x 700...1000p	Freihand 1,6x 200p	Handrad 740x	Handrad (Freihand) 300x (8x) - (100p)
Ausbildung der Messmarke	Art Durchmesser [μm] im Bild	schwarzer Punkt 70	farb. Leuchtpunkt 60 (45)	schwarzer Punkt 40	2 Leuchtpunkte 2 Ringe 25,40 bzw. 70/90, 110/130
Opt. Betrachtungssystem	Vergrößerung Gesichtsfeld-Ø [mm] Auflösungsvermögen [Lp/mm]	6x 27 72	6x (9x) 25 (20) 82	8x 31 74	8x (5,5-19x) 25 (40-12) 100
Zeichentische Typ	PPA Pantograph	TA Digitalzeichentisch	PZT 13 mech. Bandzeichent.	TA 2 Digitalzeichent.	
nutzbare Zeichenfläche [$\text{m} \times \text{m}$] Einsicht auf Zeichenfläche	$1,20 \times 1,40$ horizontal, in Reichweite,	$1,00 \times 1,20$ in bel. Lage neigbar, (Fernsehkamera)	$1,10 \times 1,40$ horizontal, feste Lage (Fernsehkamera)	$1,20 \times 1,20$ in bel. Lage neigbar (Fernsehkamera)	
Zahl der Zeichenstifte Einrichtungen für Schichtgravur (max. Strichbreite)	1 -	1 ja (0,15 mm)	1 ja (0,15 mm)	2 ja (1,0 mm)	
Übersetzungsverhältnisse	Modell/Tisch 0,4...2,5	0,1...10,0	0,25...8	beliebig	
Genauigkeit	statisch, $m_x, z' [\text{mm}]$ dynamisch, $\dot{x}, \dot{z}' [\text{mm}]$ (Linienqualität)	$\pm 0,15$ -	$\pm 0,10$ $\pm 0,05$	$\pm 0,10$ -	$\pm 0,05$ $\pm 0,025$
bei digitaler Steuerung:	max. Geschw. [m/s] in Achse max. Beschle. [m/s^2] in Achse	-	0,125 0,7	-	0,300 5

Tab. 1 Vergleich von Geräteparametern, die die Effizienz der Kartierung beeinflussen, Werte in () bedeuten Zusätze.

lung von Schichtenlinien. Das optische Betrachtungssystem besitzt eine kontinuierlich veränderbare Vergrößerung und Gesichtsfelddurchmesser. Die Extremwerte sind 19fach bzw. 40 mm. Das Instrument hat einen hohen Bedienungskomfort. An der «Pilotenkanzel» (Abb. 5) können alle wichtigen Bedienungselemente und Anzeigen erreicht bzw. gesehen werden. Einsicht auf den Zeichentisch kann auch über einen Fernsehmonitor erfolgen. Vier in Größe und Form veränderliche Leuchtmessmarken lassen sich auf Knopfdruck einschalten. Damit kann man sich dem jeweiligen Messobjekt innerhalb der Messung optimal anpassen. Die Position der Messmarke innerhalb des Bildes wird durch einen Leuchtpunkt auf einer Papierkopie immer angezeigt. Die Orientierung des Bildpaars wird durch Ausgleichsrechnung ermittelt, sie ist danach sofort eingestellt. Der ganze Vorgang, einschließlich Zeichenblatt-

einpassung, kann in ca. 10 Minuten ausgeführt werden.

3.3 Der Universalzeichentisch Aviotab TA 2

Der Aviotab TA 2 ist ein neuer Digitalzeichentisch für photogrammetrische und andere Aufgaben. Seine Entwicklung konnte auf den jahrelangen Erfahrungen mit dem photogrammetrischen Zeichentisch Aviotab TA aufbauen. Für die photogrammetrische Direktkartierung setzt der Aviotab TA 2 neue Massstäbe. Dies betrifft insbesondere den Arbeitskomfort, die Arbeitsgeschwindigkeit und die Zeichenqualität. Auch für offline-Kartierungen ist er vorzüglich geeignet. Von Bedeutung für die photogrammetrische Direktkartierung ist besonders seine grosse Zeichenfläche, die in Neigung und Höhe motorisch verstellbar ist. Infolge der digitalen Ansteuerung kann das Übersetzungsverhältnis Bild/Karte beliebig

gewählt werden. Der TA 2 besitzt einen doppelten Zeichenkopf, in den verschiedene Zeichenwerkzeuge eingesetzt werden können. Auch eine Fernsehkamera lässt sich anbringen (Abb. 6). Die Kartierung wird dann mit dem Zeichenstift oder einer Messmarke auf einem Fernsehmonitor in 8facher Vergrößerung sichtbar. Punkte am Zeichentisch können präzis und schnell eingestellt werden. Ihre Koordinatenwerte lassen sich in den Rechner übernehmen. Dadurch kann man in beliebig aufgelegte Karten hinein kartieren. Einmal gewählte Auswertegrenzen werden nicht überzeichnet. Eine gute Einsicht auf den Tisch ist durch die Schrägstellung und den horizontalen Balken möglich. Eine umfangreiche Zeichensoftware und eine spezielle Tastatur ermöglichen eine halbautomatische Kartierung, die den Auswerter von vielen manuellen Tätigkeiten am Tisch entlastet.

Die hohe Beschleunigung des Tisches (0,5 g) garantiert, dass bei den automatischen Ergänzungen (z.B. Schraffur, parallele Linien) kaum zusätzliche Wartezeiten für den Operateur entstehen. Die Kartierung wird mit hoher Qualität erzeugt. Das betrifft die Qualität der Linien, der Anschlüsse an bestehende Linien und der Schrift. Insbesondere können mit der leistungsfähigen Software die in den Karten vorgeschriebenen Symbole und Linienarten eingehalten werden. Gerade und regelmässig gekrümmte Linien müssen nicht mehr langsam nachgefahren werden, sondern können in charakteristische Einzelpunkte zerlegt werden. Die rechnerische Interpolation sorgt für eine saubere «Liniengeneration». Die Kartierungen können in Schichtgravur erfolgen. Für die Gravur von breiten Linien steht ein tangentialgesteuertes Werkzeug zur Verfügung (Abb. 7).

3.4 Das System Avioplot RAP für die rechnerunterstützte Direktkartierung mit Analoggeräten

Das System Avioplot RAP besteht aus einem digitalen Zeichentisch, einer Bedienungstastatur und einem Minicomputer mit Systemsoftware. Es kann an verschiedene photogrammetrische Analoggeräte angeschlossen werden. Abbildung 3 zeigt das Avioplot RAP mit dem topographischen Kartiergerät AG 1.

Der Zeichentisch ist der Aviotab TA, der sich in der Praxis bereits als Standardzeichentisch für photogrammetrische Analoggeräte einen Namen gemacht hat. Seine 1,20 m x 1,00 m grosse Zeichenfläche ist neigbar und vom Operateur gut einsehbar. Geschwindigkeit und Beschleunigung des Tisches sind dem Auswerter angepasst. Die Ge-

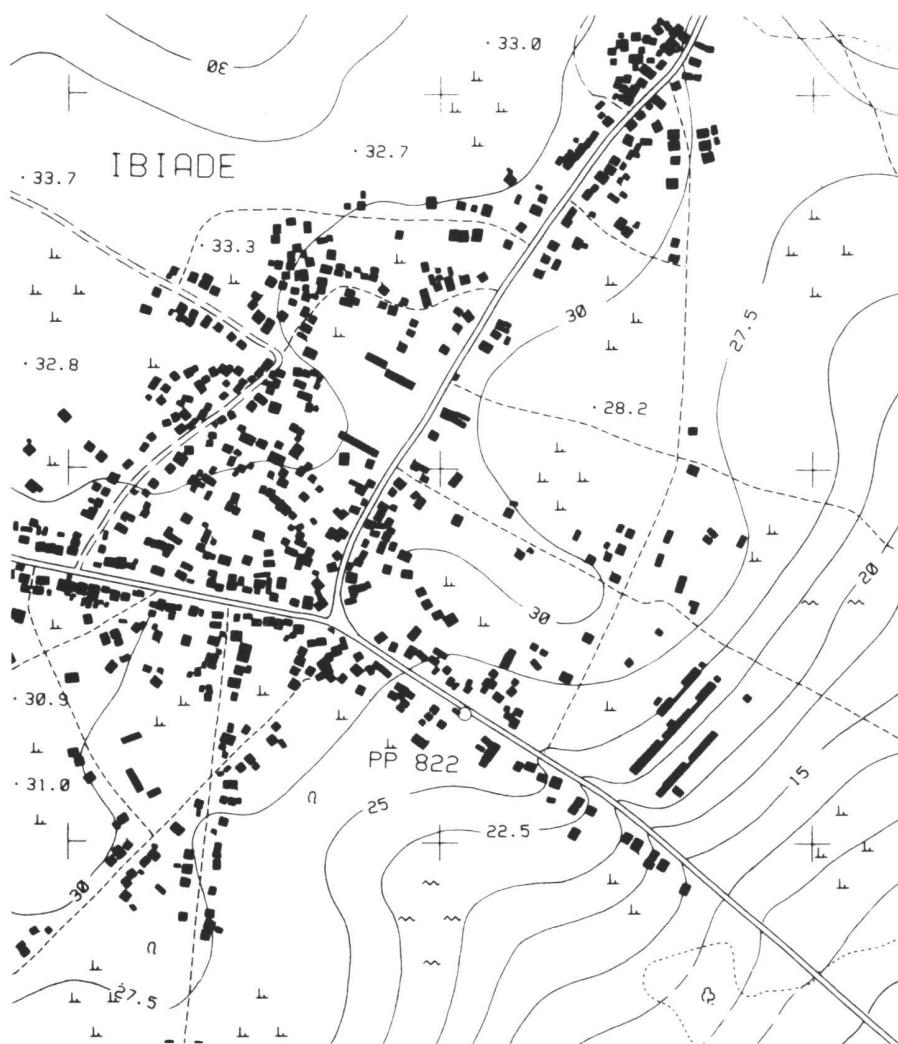


Abb. 8 Ausschnitt aus einer topographischen Karte 1:10 000 in einem Entwicklungsland. Hergestellt mit dem Avioplot RAP-System in Direktgravur, ohne kartographische Nachbearbeitung. Die ausgefüllten Häuser wurden mit einer engen Schraffur realisiert. Die zweite Seite der Wege wurde automatisch ergänzt. Symbole, Linienarten und Beschriftung entsprechen den Vorschriften des topographischen Landeskartenwerkes.
Mit freundlicher Genehmigung des Ingenieurbüros Kustner und Karius, Deutschland.

nauigkeit und Linienqualität des Tisches erlauben präzise und saubere Kartierungen insbesondere, wenn in beschichtete Folie geritzt wird.

Der Aviotab lässt sich noch durch einen Mikroprozessor erweitern. Dessen Aufgabe ist die Steuerung des Tisches mit einfachen, von einem übergeordneten Computer abgegebenen Befehlen. Dieses *Rechnerinterface PRI 1* entlastet den Hauptrechner von Routineaufgaben für Zeichenprozesse wie z.B. der Generierung von Vektoren, alphanumerischen Zeichen und Symbolen. Außerdem steuert es das Anfahren und Abbremsen des Tisches sowie eine spezifizierte Geschwindigkeit. Das PRI 1 kann ausserdem die Koordinaten XYZ eines

zwei per Fuß bedienbar sind. Sie benutzt dazu einen Mikroprozessor, ferner ein akustisches Signal und eine 4stellige alphanumerische Anzeige. Dadurch können in Verbindung mit dem Hauptrechner Fehlmanipulationen akustisch signalisiert werden, aktivierte Funktionstasten werden beleuchtet, gewählte Parameter wie Linienart, Symbolart, Geschwindigkeit und Status des Zeichenstiftes werden angezeigt. Der *übergeordnete Prozessrechner* ist eine Standard Data General microNOVA MP/100. Dieser kompakte 16 bit Minicomputer hat einen 64 Kbyte grossen Zentralspeicher. Weitere 630 Kbyte Speicherkapazität sind durch ein duales Diskettensystem gegeben. Für die Ein-

gerade oder gekrümmte Linien verbunden, Schriften und Höhenzahlen kartiert sowie parallele Linien und Schraffuren automatisch ergänzt werden.

Die anderen 5 Programme der Systemsoftware sind Unterstützungsprogramme; sie dienen zur absoluten Orientierung des Bildpaars, zur Blattvorbereitung sowie zur Initialisierung von Kartierungsparametern. Der Benutzer kann beliebige Symbole selbst erstellen, bis zu 999 abgeleitete Symbole auf den Disketten speichern und die am häufigsten benötigten den zehn Tasten der Funktionstastatur zuordnen. Das gleiche gilt in ähnlicher Form für die Linienarten. Bei der Orientierung und der Blattvorbereitung werden die Passpunkte automatisch aus gespeicherten Datenfiles entnommen.

Das System ist besonders für eine einfache und nahezu *«blinde»* Bedienung konzipiert. Spezielle Computer- und Programmierungskenntnisse sind nicht erforderlich. Die Bedienungsschritte werden am Bildschirm angezeigt.

Mit dem Avioplot RAP lässt sich die Kartierungszeit am Gerät verkürzen. Die Möglichkeit, die Objekte mit den in den jeweiligen Karten oder Plänen vorgeschriebenen Symbolen und Linienarten darzustellen und auch sofort in Schichtgravur oder Tusche zu kartieren, macht beträchtliche Einsparungen in der Kartographie möglich.

4. Einordnung der neuen Gerätesysteme

Das analytische Auswertesystem AC 1/TA 2 ist ein Präzisionsgerät für universelle Anwendungen. Der Aviograph AG 1 kann als topographisches Kartiergerät klassiert werden. Seine Zusätze Digitalzeichentisch und Rechnersystem werten das System auf. Der AG 1 ersetzt das topographische Kartiergerät B 8S und kann deshalb direkt mit diesem verglichen werden. Das bisherige Präzisionsgerät von Wild Heerbrugg war der A10, der zusammen mit dem mechanischen Zeichentisch PZT 13 bereits 1968 eingeführt wurde. In Tabelle 1 werden für die vier Geräte die Parameter für eine effiziente Kartierung gegenübergestellt.

Die Unterschiede in den beiden Rechnersystemen sind bezüglich der graphischen Direktkartierung gering. Der Rechner des Aviolyt AC 1 besitzt einen Plattspeicher, wodurch die Programme etwas schneller in den Zentralspeicher geladen werden können.

5. Einige praktische Beispiele

Die Abb. 8 bis 10 zeigen einige Kartierungen mit den neuen Systemen. Sie sind jeweils Direktkartierungen in Schichtgravur. Die Kartierungsmassstäbe reichen von 1:360 bis 1:10 000. Die

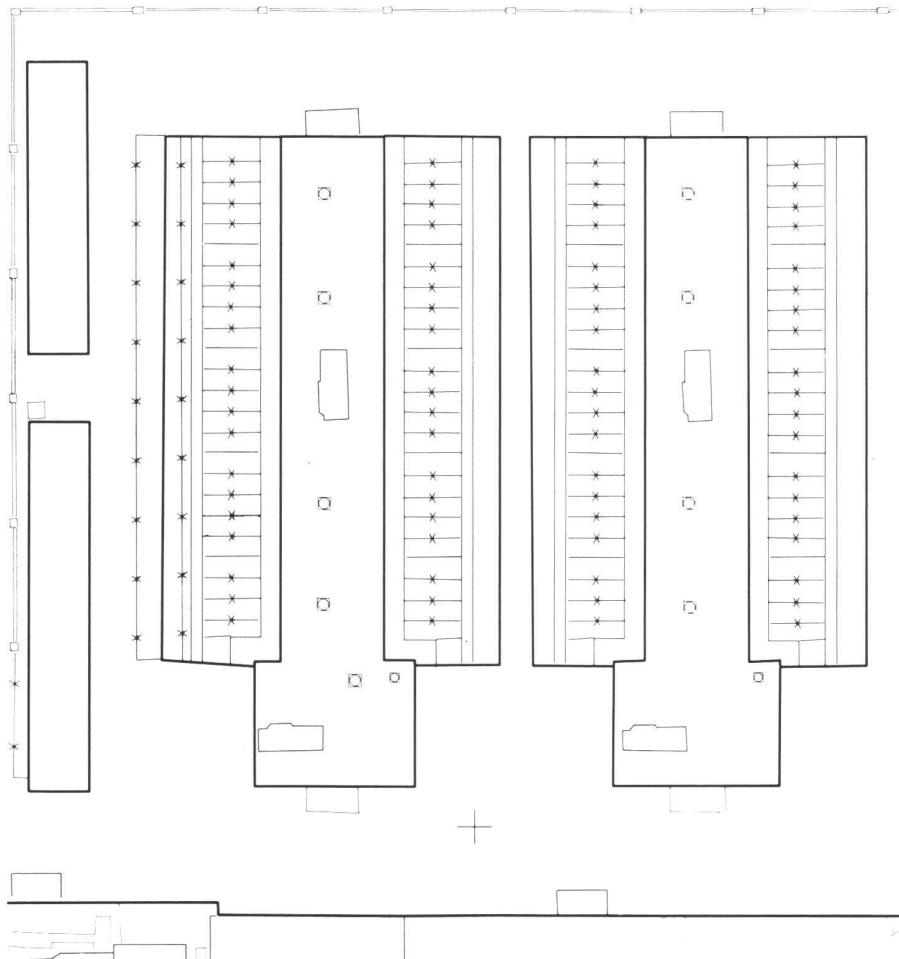


Abb. 9 Grossmassstäbliche Kartierung (1:360) einer Industrieanlage in den USA, hergestellt mit dem System AC 1/TA 2. Die dicken Linien wurden mit dem tangentialgesteuerten Stichel graviert. Anschlüsse an bestehende Linien wurden mit dem Fernsehsystem hergestellt.

Stereokartiergerätes oder XY des Aviotab TA erfassen und an den Hauptrechner weiterleiten. Für die Bedienung des Avioplot ist eine spezielle Bedienungstastatur geschaffen worden, mit der die wichtigsten Kartierfunktionen per Tastendruck abgerufen werden können. Diese sog. *Funktionstastatur PFKB 1* enthält insgesamt 30 Tasten, wovon

und Ausgabe von Daten und Befehlen steht der Data General Dasher D100 Bildschirmterminal zur Verfügung. Die Systemsoftware des Avioplot RAP umfasst derzeit 6 Programme. Das Hauptprogramm ist das *Kartierungsprogramm*, das über die Funktionstastatur bedient wird. In diesem Programm können u.a. digitalisierte Punkte durch

durch Zeichensoftware, tangentialgesteuertes Gravurwerkzeug, Fernsehsystem und dynamisches Verhalten des Zeichentisches mögliche Qualität lässt sich anhand der Beispiele beurteilen. Für derartige Projektkartierungen sollte sie in vielen Fällen als Endprodukt betrachtet werden können.

Eine kartographische Überarbeitung fand – bis auf kleine Korrekturen mit dem Fettstift – nicht statt.

6. Schlussfolgerungen

Dem Praktiker der photogrammetrischen Kartenherstellung stehen einige wesentliche Neuerungen im Instrumentarium zur Verfügung.

Zur Erhaltung seiner Wettbewerbsfähigkeit hat er die Neuerscheinungen der letzten Jahre für seine Verhältnisse zu evaluieren. Die Vielzahl der neuen Geräte und Gerätesysteme und das stürmische Eindringen von Computer und Datenverarbeitung in den Bereich

der Kartenherstellung machen ihm diese Aufgabe nicht leicht. Anhand der wichtigsten Einflussfaktoren auf eine optimale Kartierung sowie den erläuterten und sichtbar gemachten Unterschieden zu den bestehenden Geräten und Produkten soll nunmehr versucht werden, einige allgemeine Schlussfolgerungen zu ziehen.

1. Die photogrammetrischen Analoggeräte werden auch in näherer Zukunft die «Arbeitspferde» für Kartierungsaufgaben bleiben.

2. Ihre Kombination mit neigbaren Digitalzeichentischen mit halbautomatischen Kartierfunktionen führt zu Leistungssteigerungen und anderen wichtigen Vorteilen. Der Digitalzeichentisch stellt eine wesentliche Verbesserung in der photogrammetrischen Kartierpraxis der letzten Jahre dar.

3. Der weitere Ausbau mit Prozessrechnern steigert die Kartierleistung noch weiter und erlaubt die Darstellung mit

den in den Plänen und Karten vorgeschriebenen Symbolen und Linienarten. Blattvorbereitung, Orientierung und sogar Aerotriangulation können vom gleichen Rechner mit übernommen werden. Die mit diesen kostengünstigen Systemen *direkt* hergestellten Manuskripte (in Schichtgravur oder Tusche) können für viele Aufgabenstellungen als Endprodukt verkauft werden. Durch die Einheitlichkeit und Sauberkeit der Darstellung werden auch für eine kartographische Bearbeitung günstige Voraussetzungen geschaffen.

4. Digitalzeichentische und unterstützende Prozessrechner machen es möglich, dass auch kompakte (kostengünstige) Analoggeräte mit Freihandführung für Kartierungsaufgaben in mittleren und grossen Massstäben eingesetzt werden können.

5. Moderne analytische Geräte sind auch für Kartieraufgaben vorbereitet. Die mit ihnen möglichen Kartierungen haben ein bisher nicht gekanntes Mass an Qualität, Komfort und Leistung. Sie sind aber in Anschaffung und Unterhalt teuer. Da mit ihnen auch andere Aufgaben, wie z. B. Aerotriangulationen, Datenerfassung für Geländemodelle und Sonderaufgaben in der Industrie sehr effizient behandelt werden können, kann man sie als optimale Universalsysteme betrachten.

6. Die graphische Direktkartierung ist eine wichtige Alternative zur Digitalkartierung (indirekte Kartierung), besonders wenn nur die graphische Darstellung verlangt wird.

Neben den instrumentellen Gesichtspunkten der Auswertung sind für die effiziente Kartierung die Qualität des Bildmaterials, aber auch Können und Motivation des Operateurs und die Auslastbarkeit der Geräte wichtige Kriterien.

Literatur

- [1] D. Gut: «The Wild Aviograph AG 1: A new stereoplotter», Presented Paper to the XIV. ISP Congress, Commission II, Hamburg 1980
- [2] W. Kreilung, A. Hasler: «Wild Aviolyt AC 1/Aviatab TA 2: Ein rechnergesteuertes photogrammetrisches Auswertesystem», Presented Paper to the XIV. ISP Congress, Commission II, Hamburg 1980
- [3] J. Höhle, F. Sprenger, R. Ludwig, A. Jakob: «Die graphische Ausgabe am analytischen Auswertegerät Aviolyt AC 1 mittels des neuen Digitalzeichentisches Aviatab TA 2», Presented Paper to the ISP Congress, Commission II, Hamburg 1980
- [4] J. Höhle, A. Jakob: «Die rechnergestützte Direktkartierung mit dem Wild Avioplot RAP-System», Presented Paper to the ISP Congress, Commission II, Hamburg 1980

Adresse des Verfassers:

Dr. J. Höhle
c/o Wild Heerbrugg AG,
CH-9435 Heerbrugg

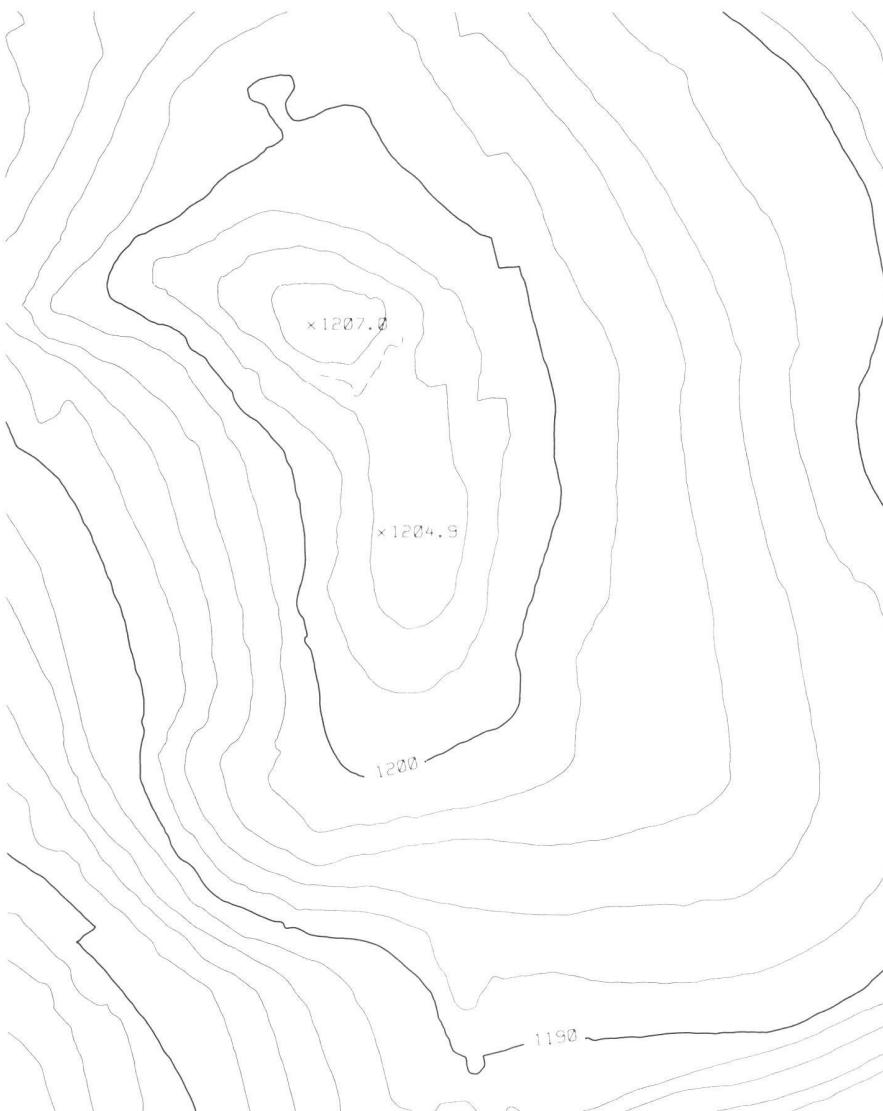


Abb.10 Kartierung von Schichtenlinien mit dem Gerätesystem AC 1/TA 2 im Massstab 1:1000. Die Zählkurven wurden mit dem tangentialgesteuerten Stichel graviert, die Höhenzahlen automatisch geschrieben.