

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: 78 (1980)

Heft: 2: 125 Jahre ETH Zürich : Sonderheft Institut für Kartographie

Artikel: Die "Digitale kartographische Zeichenanlage", ein neues Hilfsmittel für die Kartenherstellung

Autor: Hoinkes, C.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-230132>

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: 22.02.2026

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

läuft. Gleichzeitig müssen auch verschiedene Probleme im Zusammenhang mit einer nächsten Generation Zeichenanlage abgeklärt werden. Im Auftrag der Konferenz der Kantonalen Erziehungsdirektoren soll zudem in den nächsten fünf Jahren ein neuer *Schulatlas für Volks- und Mittelschulen* geschaffen werden. Entsprechende Beschlüsse wurden im Herbst 1979 gefasst. Es ist vorgesehen, für die umfangreichen Redaktionsarbeiten im Institut für die Laufzeit dieses Projektes eine kleine Gruppe von Redaktoren einzusetzen. Mit verschiedenen Kartenproben möchten wir die geeignete Darstel-

lungsform für neuere Kartentypen ausprobieren, wobei wir auch prüfen werden, wo die Zeichenanlage mit Vorteil eingesetzt werden kann. Auch reproduktions-technisch sollen einige neue Wege beschritten werden. Diese bedeutenden Vorhaben werden uns in den nächsten Jahren ganz ordentlich in Schwung halten. Es zeigt sich heute immer deutlicher, dass man für solche anspruchsvollen Projekte auf eine eingespielte Organisation, in der die verschiedenen Teilbereiche der Kartographie kompetent vertreten sind, eben auf ein Institut für Kartographie kaum mehr verzichten kann.

Literatur:

- [1] Eduard Imhof: Werk und Wirken. Orell Füssli, Zürich 1970. 94 S., zahlreiche Tafeln mit Gemälde-reproduktionen, Zeichnungen und Kartenausschnitten; Bibliographie.
- [2] Kartographische Geländedarstellung. De Gruyter, Berlin 1965. 425 S., 222 Abb., 14 Taff.
- [3] Thematische Kartographie. Lehrbuch der allgemeinen Geographie. De Gruyter, Berlin 1972. 360 S., 153 Abb., 6 Taff.

Adresse des Verfassers:
Prof. Ernst Spiess, Institut für Kartographie,
ETH-Hönggerberg, CH-8093 Zürich

Die «Digitale kartographische Zeichenanlage», ein neues Hilfsmittel für die Kartenherstellung

Ch. Hoinkes

Nach Vorarbeiten, die sich über mehrere Jahre erstreckten, wurde 1975 im Institut eine Computer-Graphik-Anlage zur Digitalisierung, interaktiven Bearbeitung und automatischen Zeichnung von kartographischen Linienbildern installiert. Das Wesen einer solchen Anlage wird erst grundsätzlich, dann speziell anhand eines Schemas beschrieben. Es folgt eine systematische Gliederung der Einsatzgebiete der Anlage, mit Beispielen für bisher erfolgreich durchgeföhrte praktische Arbeiten, dann auch ein Abschnitt über die wichtigsten Probleme und Grenzen im praktischen Einsatz und schliesslich ein kurzer Ausblick auf die Tendenzen der weiteren Entwicklung der Anwendung von Computer-Graphik in der Kartographie.

Après plusieurs années de préparations, un système de traitement de données graphiques pour la numérisation, la rédaction interactive et le dessin automatique par table traçante a été installé dans l'Institut en 1975. Les caractéristiques d'un tel système sont décrites, tout d'abord en principe et puis en détail d'après un schéma illustré. On continue par un ordre systématique des applications, tout en se référant sur des exemples de travaux pratiques, réalisés avec succès jusqu'à présent, suivi d'un passage sur les problèmes les plus importants et les limites rencontrées. En conclusion les perspectives et tendances dans l'application du traitement de données graphiques dans la cartographie sont exposées.

Einleitung

In den Jahren 1971 bis 1973 wurde im Institut an einem Projekt «Computer-gestütztes Kartierungssystem» gearbeitet (System-Spezifikation, Bewertung vorhandener Ansätze und schliesslich Vergleich von Offerten verschiedener Firmen). Daraus resultierte die Bestellung einer Computer-Graphik-Anlage, welche seit Frühjahr 1975 im Institut installiert ist.

Grundsätzlich stützt sich das Konzept dieser Anlage auf Erfahrungen, welche mit ähnlichen Projekten in England, Kanada und den Vereinigten Staaten bereits in den späten Sechzigerjahren gemacht wurden. Durch die Auswertung dieser frühen Versuche war es möglich, bei der System-Spezifikation auf die Überwindung wesentlicher Unzulänglichkeiten der bisher bekannten

Systeme hinzuwirken. Dabei kam uns natürlich auch der rasante Fortschritt der Computer-Technologie in diesen Jahren zugute. Dies sogar in zweifacher Hinsicht: einerseits wegen der Leistungssteigerung der Geräte bei gleichzeitiger Verbilligung und Verkleinerung, aber viel mehr noch dadurch, dass die Elektronik-Industrie selbst ein rapid wachsendes Bedürfnis nach rascher Herstellung und Änderung von *graphischen Vorlagen* für die Produktion eben dieser miniaturisierten Geräte (mit «gedruckten» Leiterplatten und «integrierten» Schaltungen) entwickelte. Dadurch wurde es – schon sehr kurz nachdem es überhaupt technisch möglich war – auch kommerziell interessant, ganze Systeme – bestehend aus Geräten und Programmen – zur Unterstützung von graphischer Entwurfarbeit und Korrekturarbeit herzustellen.

Die Elektroniker merkten bald, dass die eigentliche Arbeit dabei nach wie vor von Menschen (in ihrem Fall den Konstrukteuren) gemacht werden musste. Daher entstand der Begriff «computer aided design» (Computergestütztes Konstruieren oder Entwerfen, kurz CAD). Zu den wichtigsten Eigenschaften solcher Computer-Graphik-Systeme zählten die Kommunikationsmöglichkeiten zwischen dem unbedingt zum System gehörenden Menschen und den Computerprogrammen. An uns kartographisch orientierten Ingenieuren lag dann nur noch zu merken, dass solche Systeme auch die wesentlichsten Bedürfnisse für kartographische Arbeiten mit Computer-Unterstützung erfüllten, wenn auch noch längst nicht für alle Anwendungsfälle. Immerhin zeigte sich bei näherem Hinsehen, dass wichtige Punkte unserer

System-Spezifikation, die rein aus kartographischer Sicht entstanden war, bei den ersten kommerziell erhältlichen CAD-Systemen bereits erfüllt waren. Dadurch war es möglich, mit relativ geringem Aufwand (etwa 10% der Gesamtkosten) ein solches (elektro-graphisches) System zu einem kartographischen zu erweitern. So entstand ein vielseitig verwendbares Computer-Graphik-System, das dank der gut durchdachten Konzeption und der laufenden Ergänzung von System-Programmen auch noch 5 Jahre nach der Installation erstaunlich aktuell ist.

Die Art der Verwendung für bestimmte kartographische Arbeiten, besonders für thematische Karten mit Diagrammen (siehe dazu die Beiträge von E. Hutzler [1] und H. Leuzinger [2] in diesem Heft), ist sogar bis heute einmalig. Dies ist zwar einerseits eine erfreuliche Leistung unserer kartographischen Forschertätigkeit, andererseits bedeutet gerade diese Einmaligkeit, dass es noch vieles zu verbessern gibt, bevor wirklich ein alltagstaugliches «Werkzeug» für Kartographen zur Verfügung steht.

Wesen einer solchen Anlage

Graphik und Computer

Als *Graphik* wird im allgemeinen etwa folgendes bezeichnet:

Eine zweidimensionale – nicht unbedingt ebene – Verteilung von Farbstoffen (wobei auch Schwarz und Weiss als Farbe gelten) auf einem Trägermaterial, dessen Eigenfarbe für die Erzeugung des Verteilungsmusters oder Bildes meist mitverwendet wird.

Welcher Eindruck dabei für den Betrachter entsteht, ist zudem von dessen physischer (Sehsinn) *und* psychischer Verfassung (Interpretation der empfangenen Signale im Gehirn) abhängig. Man muss also erst einen «Normal-Betrachter» mit bestimmter Seherfahrung definieren, um den Bild-Inhalt einer Graphik beschreiben zu können. Die Graphik selbst aber existiert als kontinuierliche, endliche physische Realität, die mit physikalischen Messgrößen theoretisch beliebig genau beschrieben werden kann.

Will man nun eine Graphik mit einem digitalen Computer verarbeiten, muss man sich zuerst eine Beschreibungsart ausdenken, die mit den elementaren Mitteln des verwendeten Computers ohne übergrossen Aufwand realisierbar ist. Diese Mittel sind grundsätzlich nur Folgen von «Binärzeichen» oder «Bits», wovon jedes nur einen von zwei Werten annehmen kann. In jedem Computer werden zwei elementare Arten solcher Bit-Ketten unterschieden, nämlich eine

kurze – ein sogenanntes «Byte», bestehend aus 6 bis 8 Bit – zur Darstellung eines kleinen Vorrats verschiedener Zeichen (z.B. den Buchstaben und Dezimal-Ziffern, die auch «alphanumerische» Zeichen genannt werden), durch je eine Bit-Kombination, einen sogenannten Code, und eine längere – ein sogenanntes «Wort», meist aus einem ganzen Vielfachen von «Bytes» bestehend, heute zwischen 12 und 64 Bit lang – zur Darstellung von ganzen Zahlen im Binärsystem. Der mögliche Zahlenbereich ist durch die jeweils verwendete Anzahl Stellen begrenzt. Für sehr grosse oder sehr kleine Zahlen wird oft noch eine Kombination von «Worten» gebraucht.

Die Darstellung von Zahlen durch Ziffer-Codes, also durch ein Byte pro Ziffer, muss davon klar auseinandergehalten werden. Sie braucht *mehr* Speicherplatz, der Computer kann *nicht* damit rechnen, aber dafür ist sie direkt lesbar, wenn der Code einfach durch das gewohnte Schriftzeichen ersetzt wird. Weil ein Byte die kleinste direkt in einem Programm ansprechbare Einheit eines Computerspeichers ist, wird es meist als Einheit für die Speichergröße benutzt.

Bei der Eingabe in einen Computer muss also eine Graphik in eine Menge von Zeichen-Codes und Zahlen umgewandelt werden. Sie muss *digitalisiert*, oder genauer: durch ein digitales Modell *ersetzt* werden. Dabei sind die entstehenden *Daten* nur *ein* Teil des Modells, der andere Teil sind die *Programme*, welche zur Verarbeitung speziell dieser Daten nötig sind, insbesondere diejenigen zur Rekonstruktion von Graphiken mit Hilfe geeigneter Ausgabegeräte. Daraus wird ersichtlich, dass die Daten (definiert durch die möglichen Arten von Datenträgern und Datenanordnungen darauf), die Programme und die Geräte, mit denen erst die Programme laufen und die Daten gespeichert und übertragen werden können, eine Einheit bilden, die in unserem Fall auch «Computer-Graphik-System» genannt wird.

Bestimmte Graphiken können besonders leicht durch ein digitales Modell ersetzt werden, weil sie einer mit wenigen Zeichen formulierbaren mathematischen Funktion entsprechen, zum Beispiel der Beziehung $y = ax + b$ (Gerade). In Kartenbildern sind solche mathematisch definierte Teile leider recht selten (z.B. Netzinien, Kreise, lange Geraden). Deshalb müssen dann so viele Punkte durch je ein Paar von Koordinaten dargestellt werden, dass die Lücken dazwischen wieder mittels einer einfachen mathematischen Funktion gefüllt werden können. Meistens wird eine Verbindungsgerade gewählt.

Man spricht dann auch von *Vektor-Darstellung* einer Graphik. Sie ist natürlich besonders für den häufigen Fall linienhafter Graphiken geeignet, wobei für stark gekrümmte Linien immerhin bis zu fünf Punkte pro Millimeter nötig sein können. Auch der Begriff «Zeichnung» kann mit «Linien-Graphik» gleichgesetzt werden; eine «Digitale Zeichenanlage» arbeitet also vorwiegend mittels vektorieller Liniendarstellung.

Es gibt demgegenüber noch eine ganz andere Art der Digitalisierung von Graphiken, nämlich die *Raster-Darstellung*. Sie ist besonders für flächenfüllende Graphiken geeignet (also z.B. Fotos, Gemälde etc.). Ähnlich wie beim Fernsehen wird ein Bild zeilenweise abgetastet, und in jeder Zeile werden wieder Bildpunkte festgehalten, deren Helligkeit (und evtl. Farbe) in Zahlen registriert wird. Diese Bildpunkte müssen aber mindestens 0,05 mm klein gemacht werden, damit sie von freiem Auge nicht mehr wahrgenommen werden können. Dies führt für grosse Graphiken (wie es Karten oft sind) leider zu einer unheimlichen Menge von Bildelementen. Ein Quadratmeter aufgelöst in Bildpunkte von 0,025 mm ergibt zum Beispiel 1600 Millionen Elemente!

Erst die neuesten Entwicklungen von grossen, billigen und schnellen Digitalspeichern lassen eine wirtschaftliche Handhabung solcher Datenmengen erhoffen. Heute können sich erst Anwender mit kleineren Bildern oder geringeren Ansprüchen an den Detailreichtum, als die Kartographen ihn haben, dieser Art der digitalen Bilddarstellung bedienen. Für Linienbilder hat sie zudem den Nachteil, dass die für den Betrachter so logische Anordnung von Bildelementen *entlang* der Linien in der digitalen Darstellung ganz verloren geht. Deshalb sind jeweils aufwendige Suchprozesse nötig, wenn zu einem «Stück Linie» (wie es der Benutzer sieht) zugegriffen werden soll, zum Beispiel, um dessen Eigenschaftsdaten (etwa die Bezeichnung «einspurige Eisenbahn») zu ändern. Überhaupt schon die Notwendigkeit, solche Eigenschaftsdaten (Attribute) zu allen Bildpunkten zu speichern – und als Suchkriterium zu brauchen –, macht die Rasterdarstellung für die Kartographie zusätzlich problematisch.

Die interaktive Arbeitsweise

Mit *Computer* ist man im allgemeinen geneigt, den Begriff *Automation* zu verwenden. Dies ist jedoch nur so weit sicher richtig, als jedes Computerprogramm automatisch abläuft. So ist es auch möglich, ein Programm zu machen, das einen ganzen Stapel weiterer Programme automatisch abarbeitet.

Man spricht dann von ‹Batch-Betrieb› einer Rechenanlage.

Eine andere Möglichkeit des Computer-Einsatzes zur Automation besteht darin, dass man ein Programm zur Steuerung technischer Prozesse macht. Auf die automatische Registrierung bestimmter physikalischer Messgrößen hin entscheidet dann die Programm-Logik in der Regel sehr schnell, welche Steuersignale abgegeben werden müssen. Damit können nur Prozesse automatisiert werden, die einer genau vorhersehbaren Logik unterliegen, und die mit eindeutig automatisch erfassbaren Parametern kontrollierbar sind.

Schon der Entwurf von elektronischen Schaltkreisen gehört heute *nicht* zu diesen automatisierbaren Prozessen, obwohl man sich das theoretisch noch vorstellen könnte, und schon gar nicht die Herstellung von Landkarten. In beiden Fällen spielt die Fähigkeit des Menschen, Graphiken sehr schnell zu erkennen *und zu interpretieren*, eine grosse Rolle. In der Kartographie kommt noch dazu, dass das Endprodukt eine Graphik für den Gebrauch durch andere Menschen ist, also ein Kommunikationsmittel unter Menschen, dessen Wirksamkeit und Wert primär mit menschengerechten Massstäben, die ständigem Wandel unterworfen sind, beurteilt werden muss.

Will man sich also im Prozess der Kartenherstellung stark auf menschliche Fähigkeiten abstützen, aber trotzdem – aus Gründen, die im nächsten Kapitel noch erläutert werden – mit einer digitalen Darstellung von Kartographik arbeiten, so muss man einen Weg zu guter Zusammenarbeit zwischen menschlichen Denkprozessen und programmierten Datenverarbeitungsprozessen finden. Anstelle eines automatischen Arbeitsablaufes tritt dann ein sogenannt *interaktiver* Ablauf, womit gesagt sein soll, dass Aktionen zwischen den menschlichen und den programmierten Prozessen für den Ablauf entscheidend sind. Für den Menschen ist dies etwas ganz Natürliches, er funktioniert ja in ständiger ‹Interaktion› mit seiner Umwelt. Ein elektronisches Datenverarbeitungssystem (EDV-System) muss aber ganz gezielt für solche interaktive Verwendung gebaut und programmiert werden. An Geräten ist dazu nichts prinzipiell Neues nötig, da Dateneingabe und Datenausgabe auch beim automatischen Ablauf gebraucht werden. Allerdings werden an die Geschwindigkeit der Datenübermittlung oft höhere Anforderungen gestellt, damit die menschlichen Denkprozesse nicht unnötig verzögert werden. Die Struktur der Programme aber ändert sich ganz entschieden in Richtung einer

viel höheren Komplexität. Denn diese Programme bestimmen ja, in welchen Formen der Dialog zwischen Mensch und EDV-System ablaufen kann. In vielen Fällen (z.B. beim Buchen von Flugreisen) lässt sich eine einfache Standard-Dialogform festlegen, aber auch dann müssen möglichst menschengerechte Reaktionen der Programme auf alle möglichen Eingabefehler vorprogrammiert werden. Beim Umgang mit Graphik-Daten wird es aber viel komplizierter. Man will zum Beispiel einen Kreisbogen als Element einer Graphik auf ganz verschiedene Arten beschreiben können, für die alle vorgesorgt werden muss, inklusive der Kontrolle auf Plausibilität der Angaben und der Möglichkeit, gültige aber doch unerwünschte Eingaben sofort wieder rückgängig zu machen.

Es ist im Rahmen dieses Artikels leider nicht möglich, auf die Konsequenzen der Interaktivität für die Programmierung näher einzugehen. Es sollte aber grundsätzlich verständlich geworden sein, was ‹interaktiv› überhaupt bedeutet, nämlich, dass damit eine bestimmte Verwendungsart eines EDV-Systems bezeichnet wird, wobei die *Programme* noch viel stärker betroffen sind als die Geräte. Außerdem muss ein besonders geschulter Kreis von *Benutzern* vorhanden sein, ohne den eine interaktive Arbeitsweise gar nicht möglich ist.

Diese Benutzer sind in der Regel aber *nicht Programmierer*, sondern Fachleute für die vorgesehenen Anwendungsbiete, also zum Beispiel *Kartographen*, die sich der EDV-Anlage mittels eines *Dialogs* bedienen. Die Mittel zur Dialogsteuerung durch die Benutzer werden meist in Form einer sogenannten *Kommandosprache* beschrieben, womit auch klar gesagt ist, welchem Dialogpartner die Führungsrolle kommt. Für weiteres Studium sei der Leser auf [3] verwiesen, *das Standardwerk für Computer-Graphik*. Einen guten Überblick über die Techniken zur Mensch-Maschine-Kommunikation gibt auch [4].

Die Anlage im Institut für Kartographie

Abbildung 1 zeigt die Anlage sowohl schematisch (Datenfluss mit Pfeilen angegeben) als auch illustrativ. Die abkürzende Bezeichnung CACADU entstand aus dem Englischen ‹computer-assisted cartographic design and drafting unit›, auf Deutsch etwa: rechnergestützte kartographische Entwurfs- und Zeichenanlage. Die deutsche Übersetzung ist nicht nur sehr holprig, sondern auch ungenau. ‹Unit› schliesst besser als ‹Anlage› auch das *Personal*

mit ein, heute vier ständige Mitarbeiter, bald vielleicht fünf, und einige Gelegenhetsbenutzer. ‹Design› sagt viel mehr als ‹Entwurf›, denn es schliesst die Beurteilung und Korrektur von Entwürfen ein, eben den ganzen schrittweisen Prozess bis zu einer ausgeklügelten, bereinigten Graphik. ‹Computer› schliesslich lässt sich mit ‹Rechner› auch nur sehr mangelhaft übersetzen, denn man muss den Begriff des Rechnens schon sehr weit dehnen, wenn man auch logische Vergleiche und Entscheide bis hin zu reinen Kodier- und Kopiervorgängen noch darunter verstehen will.

Den Begriff ‹Automation› vermeiden wir im Zusammenhang mit ‹Kartographie› ganz bewusst, um nicht den Eindruck zu erwecken, dass auch nur ein Teil der graphischen Gestaltung vom Computer übernommen werde. Zumindest durch die Auswahl eines im speziellen Fall geeigneten Programmes, oder die Festlegung der Programm-Parameter, hat der System-Benutzer die *volle Verantwortung* für die Art der Darstellung eines bestimmten Karteninhalts. Deshalb sollten unserer Meinung nach auch Begriffe wie ‹Computerkartographie›, ‹Printerkartographie› oder ‹Plotterkartographie› wenn möglich vermieden werden. Schliesslich fand bisher ja auch niemand für nötig, von ‹Rechenschieberkartographie›, ‹Gravurkartographie› oder ‹Klebrasterkartographie› zu sprechen. Falls vor der graphischen Darstellung neue Wege zur Datenaufbereitung durch den Computer-Einsatz ermöglicht werden, so sind dies eben *nicht karto-graphische* Methoden, also auch keine ‹Computerkartographie›, wenigstens solange nicht wirklich automatisch generalisiert wird. Ebensowenig kann aber auch die automatische Zeichnung von Linien mit einem Plotter (Zeichenautomat) als ‹Kartographie› bezeichnet werden, denn entweder folgt eine kartographische Überarbeitung und/oder Ergänzung noch nach, oder jemand – und *nicht* ein Automat – hat vorher dafür gesorgt, dass das automatisch gezeichnete Bild aus generalisierten, vollständig bereinigten und dem Kartenzweck angepassten Daten entstanden ist. Ja, sogar wenn keinerlei Vor- oder Nachbearbeitung nötig sein sollte, wird dies vom System-Benutzer so entschieden, und erst dadurch wird das Plotter-Produkt zu ‹Kartographie›, meist allerdings zu einer relativ schlechten, die nur unter bestimmten Umständen genügt.

In unserer Anlage dient *ein* System-Teil der interaktiven Arbeit mit Graphiken, Graphik-bezogenen Daten oder Graphik-erzeugenden Programmen (das Applicon-System in Abb. 1), der andere

Teil (das Ferranti-System) dagegen dient zur direkten Umsetzung von bereinigten digitalen Daten in Graphik. Beide System-Teile sind nur durch Magnetband-Transfer miteinander verbunden. Eine *on-line*-Verbindung wäre zwar möglich, aber sowohl aufwendiger als auch betrieblich weniger zweckmäßig gewesen. Logisch gesehen bilden beide Teile insofern eine Einheit, als oft Probezeichnungen in sauberer Form nötig sind, um nach deren Beurteilung erst die endgültige Form der graphischen Darstellung zu bestimmen. Mit den so erarbeiteten Plot-Spezifikationen wird dann am Applicon-System ein definitives Plotter-Magnetband erstellt. Ein ähnlicher Ablauf entsteht natürlich immer dann, wenn Fehler bei der Datenausgabe auf Magnetband passiert sind.

Die Geräte (Hardware)

Die wichtigsten technischen Daten können der Abbildung 1 entnommen werden. Für die kartographische Verwendung eines solchen Computer-Graphik-Systems, das primär für andere Anwendungsgebiete entwickelt wurde, mussten besonders die folgenden vier Aspekte der System-Konzeption geprüft werden:

1. Geschwindigkeit der Bildschirm-Zeichnung und der wichtigsten Programme zur Veränderung der Bilddaten bei Datenmengen von mehr als 50 000 Koordinatenpaaren, entsprechend etwa 250 000 Bytes. Für ein vollständiges topographisches Kartenblatt müsste nämlich schon mit 2 bis 3 Millionen Bytes (Megabytes oder mbytes) gerechnet werden, so dass bereits Karten-teile oder nur thematische Überdrucke die Größenordnung 1/4 Megabyte erreichen.

2. Maximale Größe der verarbeitbaren Graphiken. Bei der Digitalisierung wäre etwa 50 x 70 cm genügend, oft ist es aber doch praktisch, mehr zur Verfügung zu haben, auch wenn dann im Stehen gearbeitet werden muss. Für die automatische Zeichnung sollten aber mindestens 85 x 120 cm (etwa DIN A 0) möglich sein, und das unbedingt auch für die schnellen Kontrollzeichnungen.

3. Präzision bei der Eingabe von Koordinaten. Hier wird oft argumentiert, dass ein Operateur doch nie genauer als auf etwa einen Zehntelmillimeter einen Punkt einstellen könne und beim Verfolgen einer Linie noch grössere Fehler vorkämen. Bei näherer Betrachtung zeigt sich aber, dass die Verteilung dieser Fehler keineswegs zufällig ist, sondern dass sie vom Bild abhängt, das sich dem Operateur an der jeweiligen Stelle in der Graphik bietet. So kann

zum Beispiel eine Messmarke mit einer nur mässig vergrössernden Lupe auf ein geeignetes Passkreuz auf wenige Hundertstelmillimeter genau gesetzt werden. Dasselbe gilt für andere Fälle, wo ein gutes Referenzbild vorhanden ist, so zum Beispiel beim Anschliessen einer gravirten Linie an ein schon bestehendes Stück. Wie jeder Kartograph weiss, gelingt das praktisch ohne sichtbaren seitlichen Versatz, das heisst also mit kleinerer Abweichung als 0,03 Millimeter!

Linien werden beim manuellen Verfahren dadurch digitalisiert, dass die Handbewegung des Kartographen mit einer Messmarke oder einem Gravurstichel automatisch verfolgt wird. In bestimmten, wählbaren Zeitintervallen wird die jeweilige Position digital erfasst, d.h. in Form von Koordinaten mit begrenzter Stellenzahl registriert, und meist mit der vorhergehenden verglichen. Erst wenn sie mindestens einen vorgegebenen Abstand von dieser hat, wird sie auch gespeichert. Wegen der verlangten hohen Ausgabegeschwindigkeit am Bildschirm müssen so viele Punkte gespeichert werden, dass es bei der Zeichnung genügt, diese geradlinig zu verbinden. Das heisst für kartographische Linienbilder aber, dass zwei bis sechs Punkte pro Millimeter nötig sind (ausser bei längeren Geraden). Damit diese Punkte überhaupt eine so glatte Linie bilden, wie sie der Kartograph ohne weiteres zeichnen kann, müssen sie auf 0,05 bis 0,01 Millimeter genau erfasst werden (je nach Punktdichte).

Diese Überlegungen führen dazu, dass man 0,01 Millimeter als feinsten Koordinatenschritt bei der graphischen Eingabe verlangen muss, wenn man die mögliche Präzision und Glätte der Handbewegungen eines Kartographen nicht vom Gerät her schon beim ersten Schritt der elektronischen Datenverarbeitung verschenken will. Daher wurde bei uns der Digitalisiertisch *(Gradicon)* der kanadischen Firma Instronics speziell ins System eingebaut. Da die Digitalisierung von technischen Plänen keine so hohen Anforderungen stellt, und noch dazu meist 0,001 Inch, entspr. 0,0254 Millimeter, als Grundeinheit gewählt wird, wenn die Geräte aus angelsächsischen Ländern stammen, sind bis heute keine anderen so genauen Tische mit frei beweglicher Messlupe erhältlich.

4. Präzision bei der automatischen Zeichnung. Bei der Digitalisierung musste nur eine relative, gut wiederholbare Genauigkeit verlangt werden, da der absolute Massstab von der Vorlage abgegriffen werden kann, wenn geeignete Passpunkte vorhanden sind. Beim Zeichnen kommt nun hinzu, dass auch

die absoluten Dimensionen auf $\pm 0,1$ Millimeter pro Meter eingehalten werden müssen, sobald mehrere Bilder in der Kopie sauber übereinander passen sollen, wie zum Beispiel beim Druck in mehreren Farben oder beim Aufdruck auf ein vorhandenes Basisbild.

Diese Forderung gilt natürlich nur für die reproduktionsfertigen Graphiken. Für Kontrollzeichnungen genügt meist eine Masshaltigkeit von ± 1 Millimeter pro Meter, aber relativ zueinander dürfen benachbarte Linienelemente auch hier kaum mehr als 0,1 Millimeter Fehler aufweisen, sonst wäre die geometrische Korrektheit der Zeichnung nicht mehr überprüfbar.

Für die endgültigen Graphiken kommen nun noch Forderungen an die Konstanz der Strichqualität (Breite und Deckung) hinzu, wenn man die traditionellen Qualitätskriterien, die primär von der Sehleistung der Kartenbenutzer her bestimmt sind, weiterhin achten will.

Dies aber war eines unserer wichtigsten Ziele, da wir die praktische Verwendbarkeit der Anlage nicht unnötig auf sogenannte *«Wegwerfkarten»* beschränken wollten. Deshalb wurden nur Plotter mit Lichtzeichenkopf (sehr treffend *«light spot projector»* genannt, aber oft auch als *«optical exposure head»*, *«light head»* oder ähnlich bezeichnet) in die engere Wahl gezogen und auch ausführlich getestet. Es zeigte sich, dass 1973 nur zwei Modelle unsere, von der manuellen Gravur abgeleiteten Ansprüche erfüllen konnten. Bis heute hat sich das kaum geändert, wenn auch ein oder zwei weitere Hersteller solche Geräte anbieten. Außerdem zeigt sich in der Praxis, dass die im Abnahmetest demonstrierten Qualitäten nur sehr mühsam (mit häufigen Wartungsarbeiten, verbunden mit entsprechenden Probeläufen) über längere Zeit zu halten sind. Das Funktionsprinzip dieses speziellen Zeichenwerkzeugs ist unter anderem in [5] ausführlich beschrieben worden. Beispiele von Resultaten sind auch in [6], [2], [1] in diesem Heft und in [7] zu finden. Auch die Abbildungen 2, 3 und 4 im folgenden sind ohne Massstabsreduktion von automatisch gezeichneten Filmpositiven kopiert und gedruckt worden.

Die System-Programme (Software)

Die Programme erwecken die ganze Anlage erst zum Leben, also wäre es zum Verständnis der Funktionsweise sehr wichtig, einiges darüber zu erfahren. Leider ist es aber nicht einfach möglich, mit einigen Zahlen, wie für die Geräte, die wesentlichen Leistungen der sehr umfangreichen Software des interaktiven Graphik-Systems (sie belegt gut 500 000 Bytes Speicherplatz)

Applicon Graphik System / Version 7.3 – ETH Spezial

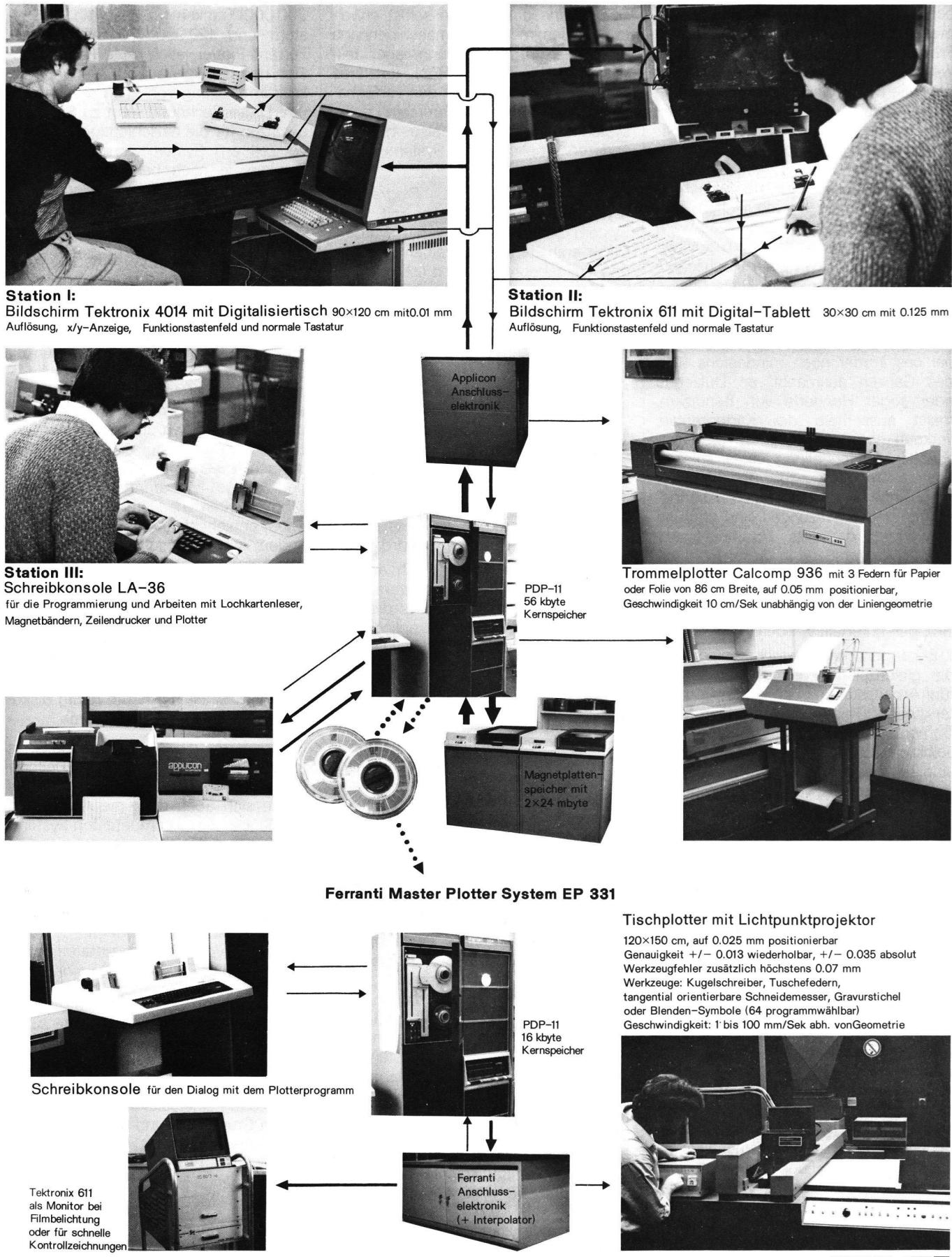


Abb. 1 Konfiguration der Anlage im Institut für Kartographie der ETH Zürich

hier zu beschreiben. Man kann höchstens die wichtigsten Programmgruppen aufzählen, woraus sich der Fachmann vielleicht vage Vorstellungen vom Programmieraufwand machen kann, wenn auch noch nicht von der Funktion. Die Brauchbarkeit der Programme für interaktiven Betrieb hängt außerdem so stark von der Bequemlichkeit der Dateneingabe und von der Ablaufgeschwindigkeit ab, dass man davon erst durch eigenes Erleben am Bildschirm einen einigermaßen deutlichen Eindruck gewinnen kann. Jedenfalls wäre es völlig ausgeschlossen, ein solches Programmsystem an einer Hochschule – auch an einer amerikanischen – selbst zu entwickeln. Einzelne Anwender könnten dies ebenfalls nicht, sondern erst wenn die Basis-Software, die bei uns immer noch mindestens 80% des Ganzen ausmacht, an Dutzende oder sogar Hunderte von Benützern, meist ausserhalb der Kartographie, verkauft werden kann, ist die wirtschaftliche Herstellung eines solchen Systems möglich. Allein die für kartographische Zwecke nötigen Abänderungen und Ergänzungen sind noch so aufwendig, dass es bis heute nur vereinzelte Versuche in dieser Richtung gibt.

Die Software kann grob in folgende Gruppen unterteilt werden:

1. Ein sogenanntes *Betriebssystem*, das die gleichzeitige Funktion von bis zu fünf Arbeitsstationen an einem Computer steuert. Dies musste für einen Mini-Computer 1971/72 noch von Applicon selbst geschrieben werden. Mittlerweile sind für diesen Teil der Software gute fertige Lösungen von den Computer-Herstellern erhältlich.

2. Das *Datenverwaltungssystem* (eine Art spezielles Datenbanksystem), welches für rasche Änderbarkeit der Daten verantwortlich ist, ohne dass sich der Benutzer noch darum kümmern muss, wo die Daten effektiv gespeichert sind, gelöscht werden, hinkopiert werden usw. Er muss diese Operationen nur über bestimmte Kommandos (siehe 3.) logisch definieren.

3. Das *Kommunikationssystem*, welches dem Benützer über 200 Kommandos zur Verfügung stellt, aber zudem noch mehrere verschiedene Arten, diese Kommandos einzugeben, zum Beispiel über Abkürzungen, über sogenannte Menu-Felder auf einer Digitalisierfläche, über Funktionstasten und sogar über *graphische Zeichen*, welche in Sekundenbruchteilen automatisch erkannt werden.

4. Die *Datenbank-Anschlussprogramme* (*data base interface software*), welche erlauben, eigene Programme zu schreiben, die wie System-Kommandos

ausgeführt werden und vom Datenverwaltungssystem Gebrauch machen. Damit kann das System selbst erweitert werden, meist über maschinennahe Assembler-Programmierung, aber teilweise auch in FORTRAN (letzteres allerdings nur formal mit den verfügbaren Subroutinen, die ihrerseits völlig systemabhängig sind, also nur auf anderen Applicon 7.3 Systemen laufen).

5. *Kunden-spezifische Programme* (ETH-Spezialsoftware), die mit dem System bestellt und geliefert wurden. Diese enthalten neben reinen Eingabe- und Ausgabeprogrammen (z.B. für Plotter-Magnetbänder) auch Änderungen am Basis-System.

6. Die *eigenen Programme*, zur Ergänzung der System-Funktionen seit 1975 von E. Hutzler geschrieben, nach Abklärung der jeweiligen Bedürfnisse für diverse praktische Arbeiten in unserem kleinen Team von Ingenieuren und Kartographen. Das wichtigste Resultat dieser eigenen Bemühungen ist das Programmsystem DIAMANT für thematische Karten mit orts- oder gebietsbezogenen Diagrammen, welches in diesem Heft näher beschrieben wird.

Speziell hinzuweisen ist noch auf ein wichtiges Element der Hardware, welches absolut verhindert, dass die Programme auf anderen als Applicon-Anlagen überhaupt laufen können. Dies ist die Anschluss-Elektronik von Applicon (siehe Abb. 1), welche aber andererseits die Geschwindigkeit der graphischen Ein- und Ausgabe gegenüber Standard-Lösungen vervielfacht. Andere Hersteller machen mittlerweile ähnliches, zum Teil auch zwischen den Platten-speichern und dem Computer, um die Datensuche zu beschleunigen.

Schliesslich sind natürlich noch die Kosten des ganzen Systems von Interesse, obwohl gleich davor gewarnt werden muss, daraus zu direkt auf heutige Systeme zu schliessen. Die elektronische Hardware ist ja mittlerweile nochmals drastisch billiger geworden. Die Software allerdings nicht, die Wartung auch nicht, und auch nicht die in unserem Fall ebenfalls verlangte mechanische Präzision. So kommt es, dass sich die gesamten Kosten des Betriebes einer solchen Anlage nur unwesentlich verändert haben, obwohl heute viel mehr Speicherplatz und Rechenleistung für dasselbe Geld erhältlich ist.

Die ganze Anlage kostete 1974 etwa 1,4 Millionen Franken, wovon allein 0,6 Millionen für das Ferranti-System. Wenn man die 2jährige Evaluationsphase nicht rechnet (als Forschungsaufwand), aber den Raumbedarf, die Labor-einrichtung und die Kosten der War-tung voll berücksichtigt, so ergeben

sich bei einer linearen Abschreibung über 8 Jahre jährliche Kosten von etwa 200 000 Franken für das Applicon-Sy-tem und 120 000 Franken für den Ferranti-Plotter, alles ohne Personalkosten und die eigene Programmierung im Umfang von etwa 4 Mannjahren. Diese Rechnung führt zu Stundenansätzen für die einschichtige produktive Zeit am System von 80 bis 160 Franken, je nach belegtem Teil, was durchaus wirtschaftliche Anwendungen ermöglicht.

Einsatzgebiete der Anlage

Das wichtigste Ziel, das mit der Be-schaffung der ganzen Anlage verfolgt wurde, war die experimentelle Bestäti-gung für die Annahme der Nützlichkeit eines solchen digitalen Graphik-Sy-tems für eine Reihe ganz verschieden-arter Anwendungsfälle in der Kartogra-phy. Dabei wurde auch daran gedacht, dass schon für einzelne Anwendungen eine genügende Vielseitigkeit der Anlage (z.B. durch verschiedene Möglichkeiten zur Datenein- und -ausgabe) entscheidend sein könnte. Einige andere Anwendungen dagegen wurden von Anfang an als wenig erfolgversprechend beiseite gelassen, so zum Bei-spiel die Ableitung topographischer Folgemassstäbe aus einmal digitalisier-ter Geometrie, oder die Verarbeitung von Vermessungsresultaten zusammen mit vielen anderen bodenbezogenen Daten im Sinne der heute heftig disku-tierten Landinformationssysteme.

Natürlich war die Gewährleistung eines zeitgemässen Unterrichts ein weiterer wichtiger Grund für die Beschaffung. Es zeigte sich aber, dass die Ausbildung von Studenten zu kompetenten System-Benützern viel zu aufwendig wäre.

Daher dient die Anlage im Unterricht hauptsächlich für die Weiterbildung des an der Lehre beteiligten Personals, aber auch für Demonstrationen und als Lieferant von Ausgangsmaterial für Übungen und Praktika. So werden zum Beispiel Entwurfsvarianten themati-scher Karten erstellt, an denen das Beurteilungsvermögen und der weitere reprotechnische Werdegang einer Karte geschult werden kann. In Zukunft wird es immer wichtiger sein, sich in der Ausbildung einerseits auf die gestalteri-schen Grundsätze und andererseits auf den Überblick über die vielfältigen technischen Prozesse und deren Zu-sammenhänge zu konzentrieren, anstatt kurzebige Methoden einzuführen, die schon bald nach Studienabschluss veraltet sind.

Ausserdem haben wir im Institut mit der Weiterführung des «Atlas der Schweiz» auch einen Anteil an prakti-



Abb. 2 Ausschnitt aus einer Europakarte in flächentreuer Azimutalprojektion, Kartenpol bei $B = 50^\circ/L = 20^\circ$, alles mit dem Lichtpunktprojektor in etwa 4 Stunden automatisch gezeichnet und 1:1 reproduziert.

scher, produktiver Kartographie zu leisten. Dies motiviert uns natürlich zusätzlich, nach direkten Anwendungsmöglichkeiten unseres digitalen Systems zu suchen. Im folgenden soll nun die Vielfalt der Möglichkeiten zur praktischen Verwendung einer solchen Anlage bei der Herstellung oder der Auswertung von Karten etwas übersichtlich geordnet und kurz beschrieben werden.

Nutzung digital verfügbarer Daten

Es ist natürlich einer der naheliegendsten Gedanken, digitale Daten, die als Ausgangsmaterial für Karten gebraucht werden – und die vielleicht schon in maschinenlesbarer Form vorliegen oder leicht in eine solche gebracht werden können –, direkt von einem Computerprogramm auch graphisch ausgeben zu lassen. Dabei können wir wieder unterscheiden, ob wir dies nur als *Entwurfsgrundlage* oder als *reproreife Zeichnung* tun können, was meist schon durch die Art der Daten bestimmt wird. Wir wollten jedenfalls für beide Möglichkeiten besser vorsorgen, als dies mit der üblichen Geräteausstattung eines Rechenzentrums meist möglich ist.

Obwohl heute häufig schon Plotter verfügbar sind, lässt sowohl deren Qualität als auch deren Zugänglichkeit für grosse, langdauernde Zeichnungen vielfach sehr zu wünschen übrig.

Zur Nutzung digitaler Daten für kartographische Zwecke können wir auch alle Fälle zählen, in denen ein Computerprogramm die gewünschte Karten-Geometrie direkt erzeugen kann, wie zum Beispiel bei *Projektionsnetzen*. Für die Kartenherstellung nützt dies aber erst etwas, wenn wirklich druckreife Strichqualität über grosse Formate erzeugt werden kann. Ein Beispiel für eine solche Anwendung in der Atlas-Kartographie zeigt Abbildung 2. Zusätzlich zum Netz wurden auch Küstenlinien, Landesgrenzen und grosse Flüsse – allerdings nur als *Anhaltebild* für die nachfolgende kartographische Überarbeitung und Ergänzung – in diese Projektion umgerechnet und gezeichnet. Die Daten dazu, nahezu 40 000 geographische Koordinatenpaare für diesen Ausschnitt, wurden in den USA digitalisiert und sind vom *National Technical Information Service* auf Magnetband sehr preiswert zu erhalten.

Erfassen digitaler Daten aus Karten

Dies stellt den umgekehrten Vorgang zur Zeichnung vorhandener digitaler Daten dar. Es hat nicht unbedingt mit der Kartenherstellung zu tun, kann aber auch als kartographische Aktivität bezeichnet werden. Solche Auswertungen von *Karten-Graphiken für Zwecke der rechnerischen Weiterverarbeitung* sind jedenfalls immer stärker gefragt. Ein grosses Problem stellt dabei die Überprüfung der Ergebnisse und die mit Sicherheit notwendige Korrektur von Fehlern in einer meist recht grossen Datenmenge. Dabei bewährt sich die interaktive Arbeitsweise mit Kontrollen durch graphische Ausgaben auf Bildschirmen und Plotter sehr, wie einige Projekte bei uns bewiesen haben. So wurde zum Beispiel das Hauptstrassen- und Bahnliniennetz von allen 23 Blättern der Landeskarte 1:100 000 erfasst und daraus die Verkehrslärmbelastung über das ganze Land im Rahmen der Studien zum Gesamtverkehrskonzept (GVK) berechnet. Dabei zeigte sich, dass die Kriterien für die rechnerische Weiterverarbeitung so verschieden von denen der graphischen Weiterverarbeitung waren, dass die entstandenen

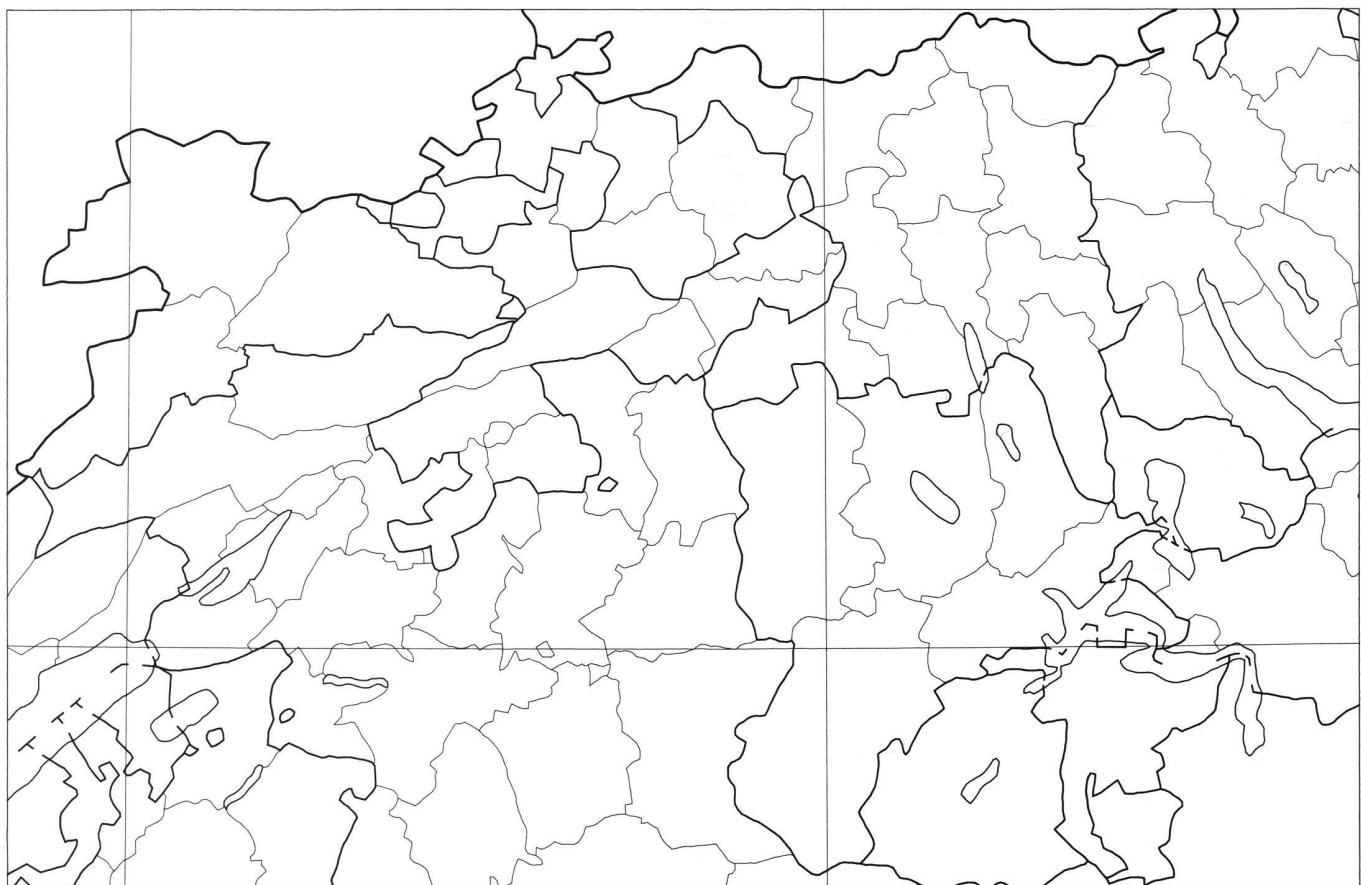


Abb. 3 Bezirksgrenzen der Schweiz (Ausschnitt), in 1:1 Mio digitalisiert für die Verwendung als Basisbild im Massstabsbereich 1 bis 2 Millionenstel, hier in 1:800 000 mit dem Lichtpunktprojektor gezeichnet und 1:1 reproduziert.

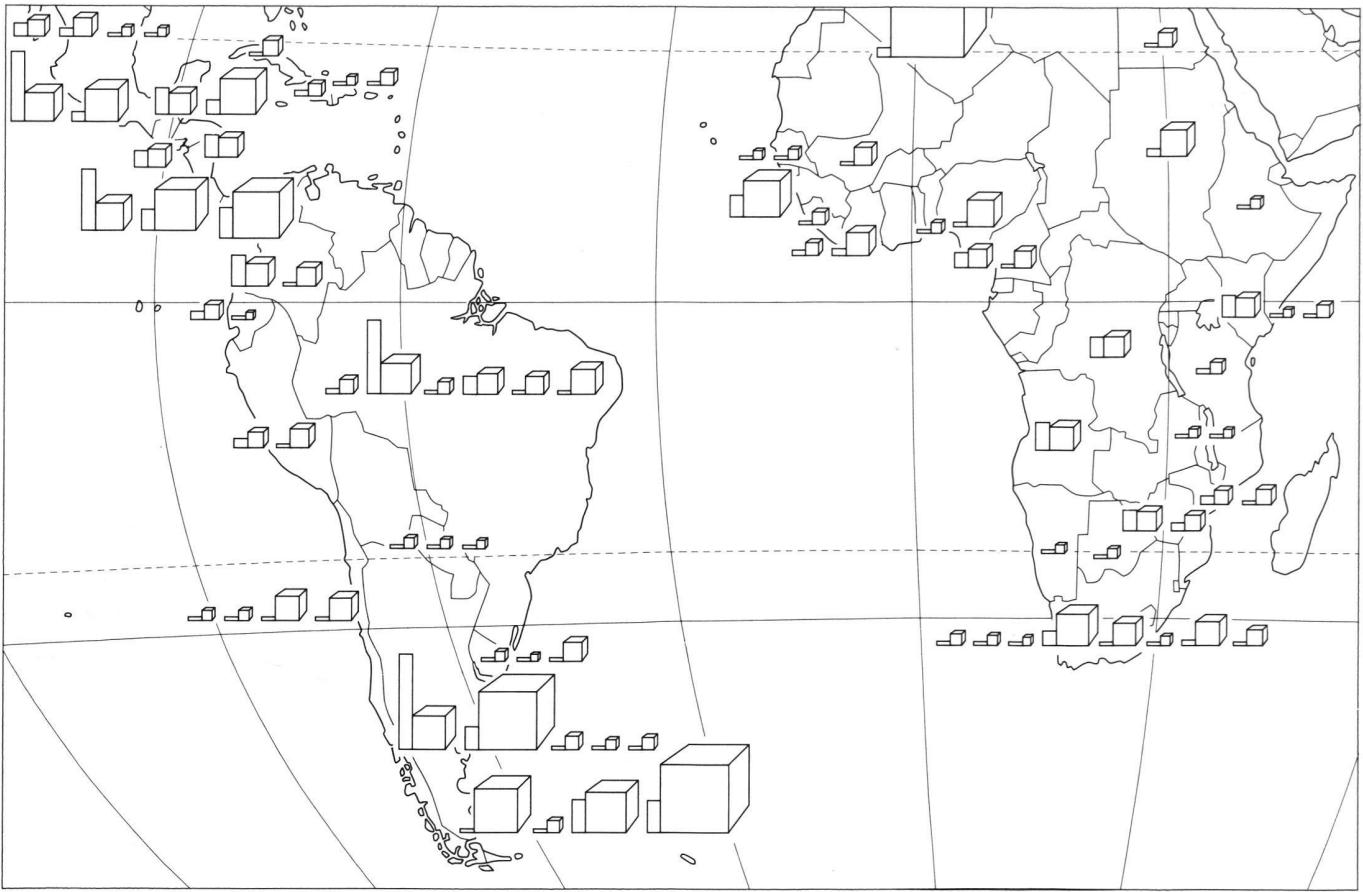


Abb. 4 Mengenproportionale Würfelsignaturen mit angegliederten Säulen zur Darstellung der schweizerischen Importe an Nahrungs- und Genussmitteln im *Atlas der Schweiz*, Tafel 68, 2. Auflage. Diagramme mit dem Lichtpunktprojektor gezeichnet, 1:1 reproduziert und auf ein vorhandenes Basisbild aufkopiert.

Daten für kartographische Verwendung praktisch unbrauchbar sind.

Natürlich gibt es aber auch viele Fälle, wo eben die graphische Weiterverarbeitung im Vordergrund steht, so zum Beispiel bei der Digitalisierung von Basisbildern für thematische Karten. Abbildung 3 zeigt dazu die politischen Bezirksgrenzen der Schweiz als ein Beispiel einer vielseitig brauchbaren Basisdatei. In ähnlicher Art sind wir dabei, die wichtigsten Gewässer im Massstab 1:1 Million und dann auch die meisten Elemente der Karte 1:500 000 zu digitalisieren, womit zum Beispiel Referenzbilder für die Arbeiten am Atlas der Schweiz mit Hilfe der DIAMANT-Programme [1] verfügbar sein werden.

Für die Umsetzung grösserer Mengen bestehender Karten in digitale Form eignet sich die Hand-Digitalisierung aber kaum, denn sie würde praktisch gleich lange dauern wie die ursprüngliche Gravur der Karten und daher noch mehr kosten. Ausserdem wäre auch die entstehende Datenmenge in digitaler Form sicher noch nicht wirtschaftlich zu handhaben.

Nachführen von Kartenbildern

Die rasche Veränderung unserer Umwelt führt in der Kartographie heute vielfach zu einer allzu raschen Veraltung der graphischen Produkte. Die bisher entwickelten Techniken zur Einfügung vieler kleiner Änderungen, die meist über das ganze Kartenblatt verstreut sind, in die bestehenden *graphischen* Originale sind recht schwerfällig und heikel. Hier verspricht man sich in Zukunft eine wesentliche Erleichterung durch die Anwendung digitaler Techniken, da die digitalen Daten im Prinzip viel leichter und sauberer änderbar sind. Nur müsste man eben zuerst das gesamte Kartenmaterial in digitaler Form haben. Da dies aber wegen des Aufwandes der Digitalisierung und der übergrossen Datenmenge noch gar nicht möglich ist, beschränken sich die Erleichterungen im Nachführen von Karten einstweilen auf wenige Fälle. In diesen ersten Testfällen zeigt sich zusätzlich, dass die Anforderungen an die Änderungsprogramme recht hoch sind, dass also nur ein wirklich effizientes interaktives Graphik-System eine echte Beschleunigung bringt.

Ein gutes Beispiel für eine solche wirkungsvolle Nachführungsarbeit stellen unsere Arbeiten mit Luftfahrtkarten dar, für die jeweils nur der Fluginformationsaufdruck bei uns in digitaler Form bearbeitet wird. Die topographische Basis wird dagegen in klassischer Manier beim Bundesamt für Landestopographie aktuell gehalten. Diese Arbeiten werden von Ch. Brandenberger in diesem Heft näher beschrieben [6].

Entwurf und Reinzeichnung thematischer Spezialkarten

Alle bisher beschriebenen Anwendungen waren mit dem auf Kartographie getrimmten Graphik-System, so wie es geliefert wurde, schon möglich, da es sich immer um Linienbilder und Punktsignaturen handelte, deren graphische Ausführung nur von der Gattung (Qualität) des dargestellten Objektes abhängt (wie in der Legende erklärt) und nicht auch noch von örtlich variablen Mengenwerten (Quantitäten).

Viele thematische Darstellungen haben aber gerade diese Umsetzung von ortsbundenen Mengen in graphische

Formen und Dimensionen zum Ziel. Ein Beispiel für eine solche Darstellung zeigt Abbildung 4, mit Würfeln für den Umfang der schweizerischen Importe bestimmter Güter in Tonnen und zusätzlichen Säulen für den Geldwert, aus der Arbeit am *Atlas der Schweiz*.

Leider muss für jede gewünschte Form der Darstellung in diesem Fall ein geeignetes *Programm* geschrieben werden, das auch eine Reihe von graphischen Finessen zu berücksichtigen in der Lage ist (z.B. Vermeiden zu kleiner, unleserlicher Dimensionen, Variation der Strichdicken nach Figurengrösse u.ä.), wenn man schliesslich eine druckfertige Zeichnung haben möchte, nicht nur einen Kartenentwurf. Zu diesem Zweck wurde das in diesem Heft von E.Hutzler näher beschriebene Programmsystem DIAMANT entwickelt, welches für die erste Lieferung neu bearbeiteter Atlasblätter auch bereits produktiv gebraucht wird.

Grenzen und Probleme im praktischen Betrieb

Schon mehrfach erwähnt wurde bisher, dass sich die *Datenmenge*, welche zum Beispiel nötig wäre, um nur ein einziges topographisches Kartenblatt in digitaler Form so zu beschreiben, dass auch eine schnelle Ausgabe an einem Bildschirm möglich ist (dichte Punktfolgen mit nur geradlinigen Verbindungen), begrenzend auswirkt. Die *oberste Grenze* für interaktives Arbeiten mit einem graphischen Bildschirm dürfte für die neuesten Systeme heute bei etwa $\frac{1}{2}$ Million Vektoren in einer Zeichnung liegen. Bei uns sind immerhin $\frac{1}{4}$ Million noch möglich, aber angenehm arbeiten lässt sich erst mit weniger als 100 000 Punkten. Allein das Gewässernetz der Karte 1:500 000 (ganze Schweiz auf *einem Blatt*), das wir gegenwärtig digitalisieren, wird aber etwa 200 000 Vektoren umfassen!

Diese Mengenbegrenzung aus Gründen der Verarbeitungszeiten, Suchzeiten und Zeichenzeiten am Bildschirm passt immerhin gut zur ebenfalls klar *begrenzten Geschwindigkeit* der Lichtzeichnung am Tischplotter, die bis heute die *einige* Technik zur automatischen Zeichnung von Linienbildern mit etwa der Qualität der manuellen Gravur geblieben ist. Die Zeichnung in Abbildung 2 dauert bereits einige Stunden. Für ein Linienbild aus $\frac{1}{4}$ Million Vektoren (mit je weniger als einem Millimeter Länge) haben wir, auch aus diversen anderen Versuchen, eine theoretische Zeichenzeit von gut 20 Stunden errechnet, was auch gerade der obersten vernünftigen Grenze pro Zeichnung entspricht. Darüber wird der Aufwand

für Probelaufe und eventuell nötige Wiederholungen wegen Daten-Fehlern, Hardware-Fehlern, Stromunterbrüchen usw. einfach zu gross.

Mit der Anspielung auf die Fehleranfälligkeit der Geräte kommen wir zu den betrieblichen *Problemen*, die es zwar nach Prospekt nicht gibt, wohl aber in der harten Wirklichkeit. Selbst bei sehr weit verbreiteten EDV-Geräten, die zu tausenden verkauft werden, macht die Wartung gelegentlich Sorgen. Wenn aber versucht wird, die computertechnischen Möglichkeiten durch die Kombination von Standard-Geräten mit spezieller Elektronik zu optimieren, wie dies für alle interaktiven Graphik-Systeme heute noch der Fall ist, so wird die Betriebssicherheit doch deutlich reduziert. Für das Applicon-System hält sich zwar die Summe der Ausfallzeiten in akzeptablen Grenzen (etwa ein Dutzend Tage pro Jahr), aber leider stellen sich Probleme oft im ungünstigsten Moment ein, und man kann dann nie sicher sagen, wie lange die Lösung dauern wird. Es *könnten* auch einige Wochen sein, falls schlecht verfügbare Ersatzteile benötigt werden.

Viel schlechtere Erfahrungen haben wir bezüglich Wartung aber mit dem Ferranti-System gemacht. Beim *Masterplotter* erreichen die Ausfälle – zumindest bestimmter Zeichenfunktionen – schon die Grössenordnung von zwei bis drei *Monaten* im Jahr, was für einen Produktionsbetrieb absolut untragbar wäre. Dabei hilft auch der abgeschlossene Wartungsvertrag wenig, denn darin wird zwar die Zeit bis zum *Beginn* der Störungsbehebung begrenzt, nicht aber die *Dauer* der Behebung. Außerdem dürfte sich negativ auswirken, dass diese Zeichentische in recht kleiner Serie hergestellt werden, so dass die Störungsanfälligkeit stark schwanken kann, denn es scheint auch zufriedenere Kunden zu geben.

Bei einem umfangreichen Programm-System, wie es das interaktive Graphik-System enthält, ist es nicht verwunderlich, dass die Dokumentation und der Unterhalt der *Software* ebenfalls zu einem Problem werden können. Zwar ist die Behebung von auftretenden Fehlern in den Programmen durch den Wartungsvertrag abgedeckt, aber gerade hier wird offenbar die Tatsache ausgenutzt, dass es keine festgelegte Behebungsfrist gibt. In manchen Fällen musste die Lieferfirma schliesslich sogar eingestehen, dass ihr *selbst* die notwendige Dokumentation zur Fehlerbehebung fehlt oder dass der entsprechende Programmierer nicht mehr greifbar ist. Dies führt dazu, dass man als Benutzer lernen muss, wenigstens

mit manchen Fehlern zu leben und sie als Eigenschaften des Systems zu betrachten. Denn nach Erledigung der Abnahmeformalitäten, die unmöglich alle Funktionen überprüfen können, ist der Kaufpreis bezahlt und damit die einzige wirkliche Handhabe zur raschen Durchsetzung von Änderungen vergeben. Diese Probleme mit der Software führen auch dazu, dass die ursprünglich mitgelieferte Dokumentation da und dort abgeändert werden muss und schliesslich am besten selbst neu geschrieben wird, so wie es dem Ist-Zustand entspricht.

Die Behandlung der erwähnten Probleme stellt hohe Anforderungen an das Personal, das die Anlage bedient und betreut. Praktisch ist es dadurch *nicht* möglich, nur Sachbearbeiter einzusetzen, die nicht über Computer-Erfahrung verfügen, obwohl dies ja die Idee einer solchen Anlage wäre. Dabei ist natürlich auch zu berücksichtigen, dass unsere Anlage bereits einige Jahre auf dem Buckel hat und gegenüber der ursprünglichen Konzeption in unvorhersehbarer Weise verändert und erweitert wurde. Neuere Systeme *sollten* in bezug auf die Klarheit der Konzeption und die Sauberkeit und Vollständigkeit der Dokumentation deutlich besser sein, und damit auch die Ausbildung von Bedienungspersonal sehr erleichtern. Erst die praktischen Erfahrungen von anderen Anwendern würden diese Annahme aber bestätigen. Jedenfalls sind unsere Erlebnisse mit dem Betrieb dieser Anlage für die Beurteilung von künftigen, vielleicht verbesserten Systemen sehr wertvoll.

Tendenzen der weiteren Entwicklung

Die vielen gelungenen praktischen Arbeiten an unserer Anlage bestätigen uns – trotz aller Probleme mit unserem Prototyp –, dass sich bereits mit den heutigen technischen Mitteln der Computer-Graphik echte Erleichterungen, Beschleunigungen oder qualitative Verbesserungen im kartographischen Produktionsprozess verwirklichen lassen, wenn man sich auf die richtigen Anwendungen konzentriert.

In den nächsten Jahren wird auf dem Gebiet der interaktiven Vektor-Graphik kaum mit grossen Veränderungen zu rechnen sein, sondern eher mit einer Konsolidierung des Erreichten. Auch die noch immer anhaltende Verbilligung der Hardware wird sich für interaktive Systeme nur bedingt auswirken, da der Entwicklungsaufwand für die Software teurer werden wird, wodurch hoffent-



Abb. 5 Ausschnitt aus einer Zeichnung, welche in den USA mit dem neuartigen Kathodenstrahl-Filmbelichtungssystem «CRT 2000» von «Image Graphics Inc.» auf photographischem Film im Format 60x80 cm erzeugt wurde. Die Zeichenzeit für den hier 1:1 reproduzierten Ausschnitt betrug etwa 15 Sekunden. Dies ist beinahe *hundertmal weniger* als mit einem herkömmlichen Lichtpunktprojektor benötigt würde, obwohl dieselbe Genauigkeit und annähernd so gute Strichqualität erreicht wird.

lich auch die Zuverlässigkeit und Dokumentation verbessert wird.

Durch preisgünstige Rechenanlagen mit grossen Speichern dürfte allerdings die Verwaltung grosser Datenmengen mittels Datenbank-Software *ausserhalb* der eigentlichen Graphik-Systeme stark an Praxisreife gewinnen. Ein neues Projekt in dieser Richtung wurde bei uns im Institut – mit Hilfe des «Zentrums für interaktives Rechnen» an der ETH – soeben begonnen.

Bei den Geräten zur graphischen Ausgabe (Bildschirme und Plotter) zeichnen sich einige vielversprechende Neuerungen ab. Sogenannte «Plasma-Displays» dürften bald ermöglichen, die heute noch recht unhandlichen Kathodenstrahlabbildschirme auf eine durchsichtige Fläche, ähnlich einer dickeren Fensterscheibe, zu reduzieren. Dies wird ermöglichen, die computererzeugte Grafik zusammen mit der auf die Rückseite projizierten Kartengeometrie zu betrachten. Zur Überwindung der geschilderten langen Zeichenzeiten bei der Erzeugung von druckreifen Graphiken zeigen sich zwei neue Wege:

Einerseits wird versucht, den Lichtstrahl zur Filmbelichtung durch einen Kathodenstrahl zu ersetzen, der jeweils einige Quadratzentimeter Film sehr schnell belichtet und dann vom Tischantrieb einfach um einige Zentimeter versetzt werden muss, um das nächste Stück belichten zu können. Erste Resultate dieser Technik liegen schon vor. Sie zeigen aber noch Probleme mit feinen

Strichstärken unter etwa 2/10 Millimetern. Dafür sinken die Zeichenzeiten von Stunden auf Minuten! (Siehe Abb. 5)

Eine andere Technik zur Beschleunigung der Filmbelichtung wird die Umwandlung in Raster-Format sein, und dann die Verwendung eines Laserstrahls zur zeilenweisen Belichtung eines auf einer Trommel rotierenden Films. Solche Geräte wurden mit dem starken Aufkommen der digitalen Bildverarbeitung mit Rasterdaten in den letzten Jahren zur Praxisreife entwickelt. Auch die Digitalisierung von Graphiken durch Raster-Scanning und die anschliessende Umwandlung in Vektoren in einem interaktiven Prozess wird in nächster Zeit durch verstärkte Software-Entwicklung weiter gefördert werden. Auch sind schon jetzt ganze interaktive Raster-Graphik-Systeme erhältlich, die in der Kartographie wahrscheinlich zuerst gewisse Reproduktionstechniken revolutionieren könnten, wie z.B. das Einkopieren von Rastern, Kleben von Signaturen usw. Für die eigentliche Erarbeitung, Verwaltung und Nachführung kartographischer Daten sind sie nämlich aus den schon eingangs erwähnten Gründen in nächster Zeit noch wenig geeignet.

Im Ganzen scheinen sich für die Kartographie jedenfalls sehr interessante Entwicklungen abzuzeichnen, die wohl dazu führen könnten, das heute noch etwas exotische Werkzeug «digitale Zeichenanlage» in absehbarer Zeit zu einer Selbstverständlichkeit werden zu lassen. Damit wird es dann hoffentlich

auch keine «Computerkartographie» mehr geben, sondern einfach wieder mehr oder weniger zweckmässige Kartographie und immer noch schöne und anregende Karten.

Literatur

- [1] Hutzler, E.: Das Programmsystem DIAMANT zur interaktiven Bearbeitung thematischer Karten mit Diagrammen (siehe Seite 46 ff.)
- [2] Leuzinger, H.: Graphische Probleme bei den Redaktionsarbeiten an der 2. Auflage des Atlas der Schweiz (siehe Seite 80 ff.)
- [3] Newman, W.M. and Sproull, R.F.: Principles of Interactive Computer Graphics, Second Edition, Mc Graw-Hill, 1979
- [4] Miller, L.A. and Thomas, J.C.Jr.: Behavioral Issues in the Use of Interactive Systems, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 49 Interactive Systems, Springer, 1977
- [5] Bühlmann, M.: Über die Darstellungsmöglichkeiten und die theoretischen geometrischen Belichtungsverhältnisse in der karto-graphischen Lichtzeichentechnik. In: Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen, Reihe I, Heft Nr. 65, 1974
- [6] Brandenberger, Ch.: Nachführung der Luftfahrtkarten «Schweiz» mit interaktiver graphischer Datenverarbeitung und Lichtzeichnung (siehe Seite 42 ff.)
- [7] Hoinkes, Ch.: Wesentliche Aspekte der Konzeption und Anwendung der digitalen kartographischen Zeichenanlage der ETH Zürich. In: Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen, Reihe I, Heft Nr. 72, 1977

Adresse des Verfassers:
Christian Hoinkes, Institut für Kartographie,
ETH-Hönggerberg, CH-8093 Zürich