

---

# Ein anwendungsorientiertes grafisches Ein-/Ausgabesystem für die computerunterstützte Herstellung thematischer Karten

W. D. Rase

Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung, 53 Bonn-Band Godesberg, Postfach 130

---

**Zusammenfassung:** *In einem Informationssystem zur Beobachtung der räumlichen Entwicklung ist die computerunterstützte Herstellung von thematischen Karten und anderen grafischen Darstellungen eine wichtige Teilfunktion. Dafür sind spezielle Geräte notwendig, die am sinnvollsten in einem rechnergesteuerten Subsystem integriert werden. Die Gesichtspunkte für die Auswahl des Systems mit einem Zeichentisch, Digitizer und grafischem Bildschirmgerät, von einem Prozeßrechner PDP-11 kontrolliert, werden beschrieben, ebenfalls die angestrebten und z. T. schon realisierten Problemlösungen. Ein kurzer Erfahrungsbericht und geplante Maßnahmen zur Verbesserung des Systemdurchsatzes schließen den Aufsatz ab.*

**Summary:** *The computer-assisted production of thematic maps and diagrams is one of the basic functions in an information system for regional analysis and planning. An integrated system of graphic devices controlled by a minicomputer seems to be the most economic solution for the hardware configuration necessary. The author describes the technical and environmental specifications which lead to the selection of the hardware consisting of a flatbed plotter, a digitizer and an interactive graphic display, and the control computer. A short description of the solutions planned and partly realized is given. Experiences with the system and planned measures for throughput improvement terminate the paper.*

---

## 1. Informationssystem zur Beobachtung der räumlichen Entwicklung

Die Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung (BfLR) baut im Auftrag des Ministeriums für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau ein computerunterstütztes Informationssystem auf, das die für raumordnungspolitische Entscheidungen notwendigen Informationen schneller, besser und billiger liefern soll, als es bisher auf rein manuellem Wege möglich war [2]. Wie in jedem Informationssystem lassen sich drei Funktionsgruppen ausgliedern:

- Datenaufbereitung und -bereitstellung,
- Datenanalyse,
- Datenpräsentation.

Die Funktionsgruppen sind nicht trennscharf und beeinflussen sich gegenseitig. Die Bereitstellung von Daten in Form von Tabellen kann bereits eine Präsentation sein; oder eine Tabelle ist gleichzeitig Analyseinstrument und Präsentationstechnik, die wiederum Auswirkungen auf die Datenaufbereitung haben können. Eine andere Gliederungsmöglichkeit des Systems ist durch die Art der Basis gegeben:

- nichtnumerische Daten: Literatur, Presseinformationen, Adressenverzeichnisse;
- numerische Daten: Großzählungen, Zahlen aus dem Verwaltungsvollzug, Sondererhebungen;
- geometrisch-topographische Daten: Standorte, Nachbarschaftsbeziehungen, Linien- und Grenzverläufe.

Auch die Abgrenzung nach Art der Basisdaten ergibt keine durchgehende Abgrenzung. Obwohl die Verarbeitungstechniken für die Daten verschieden sein müssen, werden spätestens bei der Präsentation Übergangsbereiche auftreten (s. Tabelle 1).

Die Verknüpfung von nichtnumerischen und numerischen Daten erfolgt nur in Ausnahmefällen im computerunterstützten Teil des Informationssystems, während numerische und geometrische Daten bereits während der Analyse miteinander in Beziehung gesetzt werden können.

In jedem Informationssystem muß der grafischen Präsentation besondere Beachtung geschenkt werden, da der Mensch optisch orientiert ist und deshalb grafisch dargestellte Strukturen am besten erkennt. In einem räumlich orientierten Informationssystem haben neben den üblichen Streu-, Häufigkeits- und Verteilungsdiagrammen von Zahlenwerten die *thematischen Karten* eine überragende Bedeutung. Nur sie erlauben die schnell erfaßbare Darstellung von räumlichen Strukturen zur Erkennung von Disparitäten, die durch raumordnerische Maßnahmen ausgeglichen werden sollen.

Ein gewichtiger Teil eines Informationssystems für die Raumordnung sind die Methoden und Techniken zur computerunterstützten Herstellung thematischer Karten. Mit der partiellen Automatisierung werden zwei Ziele verfolgt: Das eine ist die Rationalisierung der personalaufwendigen Zeichenvorgänge für thematische Karten. Es ist unsinnig, wenn die Rechenanlage innerhalb weniger Stunden das Zahlenmaterial und dessen Analyse bereitstellen kann, die Umsetzung in Karten aber Wochen dauert. Eine Reihe von kartographischen Arbeitsvorgängen sind relativ

Tabelle 1

		Funktionen		
		Aufbereitung	Analyse	Präsentation
Basisdaten	Nicht-numerisch	Bibliothekarische Erfassung	Deskription, Kurzfassungen, Suchanfragen	Kataloge, Indizes, Suchworten
	Numerisch	Bereitstellung von Arbeitsdateien Berechnung von Kennziffern und Indikatoren  Digitalisierung von Punkten, Linien und Flächen	Deskriptive Statistik	Tabellen, Diagramme
			Modellrechnungen	Thematische Karten
Geometrisch		Multi-variante Statistik Erreichbarkeitsanalysen, räumliche Modellrechnungen		
			Analyse von Nachbarschaftsbeziehungen, Aggregation	Grundkarten

leicht automatisierbar, so daß der gesamte Prozeß beschleunigt und verbilligt werden kann. Der Kartograph wird dadurch keineswegs arbeitslos, sondern die Technik nimmt ihm soviel stupide Arbeit ab, daß er sich mehr dem zweiten Ziel, *der Verbesserung der Informationsübermittlung*, widmen kann. Aus Kostengründen ist es kaum möglich, auf manuellem Wege mehr als einen Entwurf der gleichen Karte auszuführen. Mit den Mitteln der elektronischen Datenverarbeitung kann der Kartograph Variationen des gleichen Themas mit relativ geringem Aufwand herstellen und sich die geeignete Lösung herausuchen. Rein theoretisch könnte man den gleichen Sachverhalt für mehrere Zielgruppen verschieden darstellen, um damit die jeweils optimale Zielgruppenansprache zu erreichen.

Während die anderen Aufgaben des Informationssystems auf jeder Rechenanlage ab einer bestimmten Größenordnung und Ausstattung ablaufen können, verlangt die grafische Datenverarbeitung spezielle Geräte. Auf der Eingabeseite muß z. B. die analoge Information einer Karte der Verwaltungsgrenzen in numerische Koordinaten umgesetzt werden, um sie mit dem Computer verarbeiten zu können. Für den umgekehrten Weg, die Rückübersetzung von geometrischen und statistischen Zahlenwerten in grafische Darstellungen, benötigt man computergesteuerte Zeichengeräte. Die wenigsten Rechenzentren, selbst im wissenschaftlichen Bereich, sind mit grafischen Geräten ausgestattet, die für kartographische Zwecke erforderlich sind.

Solche Geräte lassen sich auch nur mit Mühe in einen normalen Rechenzentrumsbetrieb integrieren, weil ihre Bedienung besondere Fachkenntnisse verlangt, z. B. bei der geometrischen Datenerfassung oder beim Gravieren von Zeichnungen in Zweischichtfolie. Die Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung war deshalb gezwungen, neben der Mitbenutzung einer Großrechenanlage (z. Z. IBM/370-168) eigene Geräte für kartographische Zwecke zu installieren, die folgende Aufgaben erfüllen sollen:

- flexible und fehlerminimierende Erfassung von Koordinaten, Linien und Flächen und deren systemgerechte Bereitstellung;
- Auszeichnung von statistischen Diagrammen und thematischen Karten in ausreichender Genauigkeit und Schnelligkeit;
- Entwurf von thematischen Karten im Dialog mit der Rechenanlage über ein grafisches Sichtgerät.

Es ist ganz klar, daß diese Aufgaben am besten durch ein integriertes System gelöst werden können: Ein Kleinrechner steuert die grafischen Geräte, wickelt den Dialog mit dem Benutzer ab, führt Plausibilitätskontrollen durch und besorgt auch den Datentransport von der und zur Großrechenanlage. Dieses anwendungsorientierte grafische System ist nun seit Anfang 1973 in Betrieb. Im folgenden wird beschrieben, nach welchen Gesichtspunkten die Systemkomponenten ausgewählt wurden, wie das Konzept für die Bereitstellung der Anwendungssoftware aussieht und welche Erfahrungen bisher mit Geräten und Programmen gemacht wurden.

## 2. Auswahlkriterien für die Hardware

Die Zielfunktion für jede Beschaffung, nicht nur im Bereich der EDV, ist die Optimierung des Preis-/Leistungsverhältnisses. Da die Zeit vorüber ist, wo man die Leistung eines Computersystems allein in Zyklus-, Zugriffs- und Ausführungszeiten und entsprechenden Mixes darstellte, müssen die Zielfunktionen und ihre Nebenbedingungen in Form eines *Zielsystems* für den speziellen Anwendungszweck und die Anwendungsumgebung definiert werden. In dieses System gehören nicht nur die Hardware, sondern auch die Software und andere, außerhalb der rein technischen Datenverarbeitung liegende Gesichtspunkte.

Die wichtigste Restriktion für ein anwendungsorientiertes EDV-System ist der *Personalbedarf* für Bedienung und Programmierung. Es werden im Bereich des öffentlichen Dienstes ernsthafte Anstrengungen unternommen, die Personalkosten nicht weiter ansteigen zu lassen, sondern sie zu verringern. Weiterhin ist der Markt für qualifizierte EDV-Personal so eng, daß die an BAT und BBO gebundenen Behörden beim Bieten nicht mehr mithalten können. Für die BfLR kommt erschwerend hinzu, daß sie als nachgeordnete Institution keinerlei Möglichkeit zur Zahlung von Zulagen hat, und das noch im zulagenreichen Standort Bonn. Eine andere Personalressource, über die Hochschulen und Universitäten verfügen, nämlich Diplomanden und Doktoranden, entfällt ebenfalls.

Unter dem Gesichtspunkt der Personalkosten-Minimierung sind neben den technischen Spezifikationen aufgrund der zu lösenden Aufgaben folgende Forderungen an das System zu stellen:

- geringe Programmierkosten,
- hohe Betriebssicherheit,
- Flexibilität und Portabilität.

## 2.1. Technische Spezifikationen

*Genauigkeit:* Die absolute Lagegenauigkeit spielt in der thematischen Kartographie eine untergeordnete Rolle, da die Karten nicht ausmeßbar zu sein brauchen. Für die Digitalisierung der Grundkarten ist eine Genauigkeit von weniger als 0,1 mm nicht notwendig, da die Grundkarten in der Regel größere Abweichungen aufweisen. Die Genauigkeit der Ausgabe liegt auch etwa in dieser Größenordnung, allerdings ist aus reproduktionstechnischen Gründen (Passung von Farbdeckern) eine Wiederholgenauigkeit von unter 0,1 mm wünschenswert. Die Auflösung des Bildschirmgerätes sollte unter 0,3 mm liegen.

*Geschwindigkeit:* Genauigkeit und Geschwindigkeit von elektronischen Zeichengeräten sind umgekehrt proportional: Je genauer ein Gerät ist, um so langsamer ist es; schnelle Geräte sind verhältnismäßig ungenau. Es muß also ein vernünftiger Kompromiß gefunden werden. Am vorteilhaftesten wäre es, wenn beide Kriterien in gewissen Grenzen je nach Aufgabenstellung variiert werden könnten. Die Geschwindigkeit des Rechners scheint sekundär, weil die mechanischen Geräte mehrere Zehnerpotenzen langsamer sind als moderne Kleinrechner.

*Andere technische Gesichtspunkte:* Das Koordinatenerfassungsgerät sollte über einen frei beweglichen Zeiger bedient werden, um dem Operateur die Bewegung von mechanischen Massen zu ersparen. Die Anforderungen an das Zeichengerät, neben Papierzeichnungen mit Kugelschreiber und Tusche auch Ritz-, Gravier- und Stripfolien zu bearbeiten, schließen Trommelplotter aus. Entsprechende Bearbeitungswerkzeuge bis hin zum Lichtzeichenkopf sollten im Lieferprogramm des Zeichentisches vorhanden sein.

Nur ein Speicher-Bildschirmgerät kann die notwendige Anzahl von Vektoren, die gleichzeitig vorhanden sein müssen, flickerfrei darstellen. Dafür müssen Nachteile in Kauf genommen werden, die Bildschirme mit Wiederholungsspeicher nicht haben, etwa geringe Intensität oder das Fehlen von selektiver Bildlöschung. Die grafische Interaktion über Lichtstift, Steuerknüppel oder Rollkugel mit einer Anzeigevorrichtung ist aufgrund der Aufgabenstellung eine Selbstverständlichkeit. Die technischen Kriterien engten den Kreis der Ende 1971 auf dem Markt erhältlichen Geräte erheblich ein. Im Falle des Bildschirmgerätes blieb sogar nur ein Hersteller, die Firma Tektronix, übrig.

## 2.2. Geringer Aufwand für die Programmierung

Aufgrund des technischen Fortschritts ist es heute teurer, ein EDV-System effizient auszunutzen, als es zu kaufen.

Die effiziente Ausnutzung hängt damit zusammen, wie schnell für die anstehenden Probleme Lösungen in Form von Programmen angeboten werden können. Da nur geringe Personalkapazitäten zur Verfügung stehen, muß so weit wie möglich auf Fremdprogramme zurückgegriffen werden, die aus verschiedenen Quellen stammen können, etwa vom Hersteller, von Universitäten und anderen Forschungseinrichtungen oder kommerziellen Softwarehäusern. Diese Fremdprogramme müssen, wenn notwendig, modifiziert und implementiert werden.

Desgleichen soll die Eigenprogrammierung so leicht wie möglich gemacht werden, etwa durch

- Benutzung einer höheren Programmiersprache, zweckmäßigerweise FORTRAN IV,
- modulare Grundsoftware für die grafischen Geräte, die in der höheren Programmiersprache aufgerufen werden kann,
- ausgebautes Betriebssystem für den Rechner mit einer Reihe von Dienstprogrammen, evtl. sogar mehrere Systeme zur Auswahl.

Die Eigenprogrammierung von Betriebssoftware wird auf ein absolutes Minimum reduziert bleiben, ebenso Anwendungsprogramme in Assembler. In Zusammenhang mit der Eigenprogrammierung hat die Ausbildung der Mitarbeiter durch den Hersteller zwar nicht das Gewicht wie bei einer Großrechenanlage, bleibt aber dennoch ein beachtenswerter Gesichtspunkt.

## 2.3. Betriebssicherheit

Die Betriebssicherheit eines EDV-Systems (Hardware und Software) ist im Vergleich mit Konkurrenten hoch korreliert mit der Stückzahl der installierten Systeme, auch wieder relativ zur Konkurrenz. Diese Erfahrungstatsache hat ökonomische Gründe, und sie ist auch für andere Wirtschaftsbereiche gültig. Je größer die Anzahl der ausgelieferten Geräte ist, um so größer ist die Wahrscheinlichkeit, daß

- Mängel in Hardware und Software nicht in dem Umfang aufgetreten sind, die einen erfolgreichen Absatz verhindert hätten \*),
- unvermeidbare Mängel, insbesondere in der Betriebssoftware, frühzeitig aufgrund der weiten Verbreitung aufgedeckt und beseitigt werden, z. B. durch neue Versionen des Betriebssystems,
- spontane Mängel, etwa Ausfall von Hardware-Komponenten, durch einen ausgebauten Kundendienst schnell beseitigt werden,
- bei Totalausfall eine Ausweichanlage zur Verfügung steht.

\* Es ist denkbar, daß bei Monopolstellung einer Firma („Monopol“ nicht nur im Sinne des Marktanteils) auch Geräte mit Mängeln verkauft werden. Erfahrungsgemäß geht das nur eine gewisse Zeit gut, was an Beispielen nicht nur aus der deutschen Computerbranche belegt werden kann.

Für die Auswahl der Geräte des grafischen Ein-/Ausgabesystems galten deshalb diese Merksätze:

- a) Nur Geräte mit erprobter Technik kommen in Betracht, die ihre Anwendungsreife durch entsprechende Verkaufsziffern beweisen haben; Exoten haben keine Chance.
- b) Hardware und Software werden aufgrund der zum Angebotszeitpunkt vorliegenden Komponenten beurteilt. Zu oft haben sich Ankündigungen mit dem Zusatz „verfügbar ab“ als leere Versprechungen erwiesen, wenn die Komponenten nie, in abgeänderter Form oder zu einem wesentlich späteren Zeitpunkt verfügbar waren.
- c) Besonderes Augenmerk wird dem Wartungsdienst der Firma gewidmet, um die Ausfallzeiten bei Störungen auf ein Mindestmaß zu beschränken. Die schnelle Fehlerbeseitigung hängt von Quantität, Qualität und räumlicher Verteilung der Wartungsingenieure ab, die Quantität und Verteilung wiederum von der Anzahl der verkauften Geräte.
- d) Das gleiche gilt sinngemäß für die Software, allerdings handelt es sich hier selten um spontan auftretende Fehler. In der Regel können diese Probleme durch eine zentrale Stelle mit entsprechend umfangreichem Mitarbeiterstab gelöst werden.

Bei exzessiver Auslegung der Punkte a) und b) besteht die Gefahr, daß Geräte beschafft werden, deren Preis-/Leistungsverhältnis schlecht ist, weil sie eine veraltete Technik benutzen. Dazu muß man in Betracht ziehen, wie lange ein Beschaffungsvorgang im Bereich des öffentlichen Dienstes dauert und daß die Hersteller nur selten mit Lieferfristen unter einem halben Jahr dienen können. Darin liegt ein gewisses Risiko, das aber durch Kenntnis des Marktes und Informationen über die Firma, z. B. wieviel Personen an einem bestimmten Projekt arbeiten, gemindert werden kann.

## 2.4. Flexibilität und Portabilität

Ein Aspekt der Flexibilität und Portabilität, die Übernahme von Fremdprogrammen mit geringem Personalaufwand, wurde bereits erwähnt. Der umgekehrten Richtung kommt mindestens die gleiche Bedeutung zu, indem nämlich in der BfLR entwickelte Programme anderen Interessenten im Bereich des öffentlichen Dienstes zur Verfügung gestellt werden sollen. Der einzig mögliche Weg ist die Programmierung mit FORTRAN IV in einem Dialekt, den eine größtmögliche Anzahl von Computerfabrikaten versteht. Das gleiche gilt für die Herstellersoftware zur Bedienung der grafischen Geräte.

Ein anderer Gesichtspunkt ist die Flexibilität in einem System selbst. Erfahrungsgemäß steigt der Rechenzeitbedarf mit den zur Verfügung stehenden Problemlösungen. Wie kann sichergestellt werden, daß bei Bedarf der Durchsatz verbessert werden kann, ohne daß der Aufwand für Umstellung, insbesondere im Personalbereich, zu groß wird? Dafür gibt es verschiedene Wege, etwa

- Familienkonzept: Die Zentraleinheit wird leistungsfähiger (Zusätze oder Austausch), aber die Kompatibilität wird gewahrt, entweder im Instruktionssatz oder auf der Ebene der Programmiersprache;
- breites Spektrum von Peripheriegeräten: Ein Plattenspeicher wird z. B. durch eine schnellere Version ersetzt, wobei evtl. notwendige Software-Änderungen voll vom Betriebssystem abgefangen werden müssen;
- Übergang zu einem Multiprogramming-Betriebssystem: simultaner Betrieb der grafischen Geräte, Vordergrund-/Hintergrund-Programmablauf, dadurch ausgeglicheneres Belastungs-Profil;
- Möglichkeit des Rechnerverbundes mit der Datenfernverarbeitung.

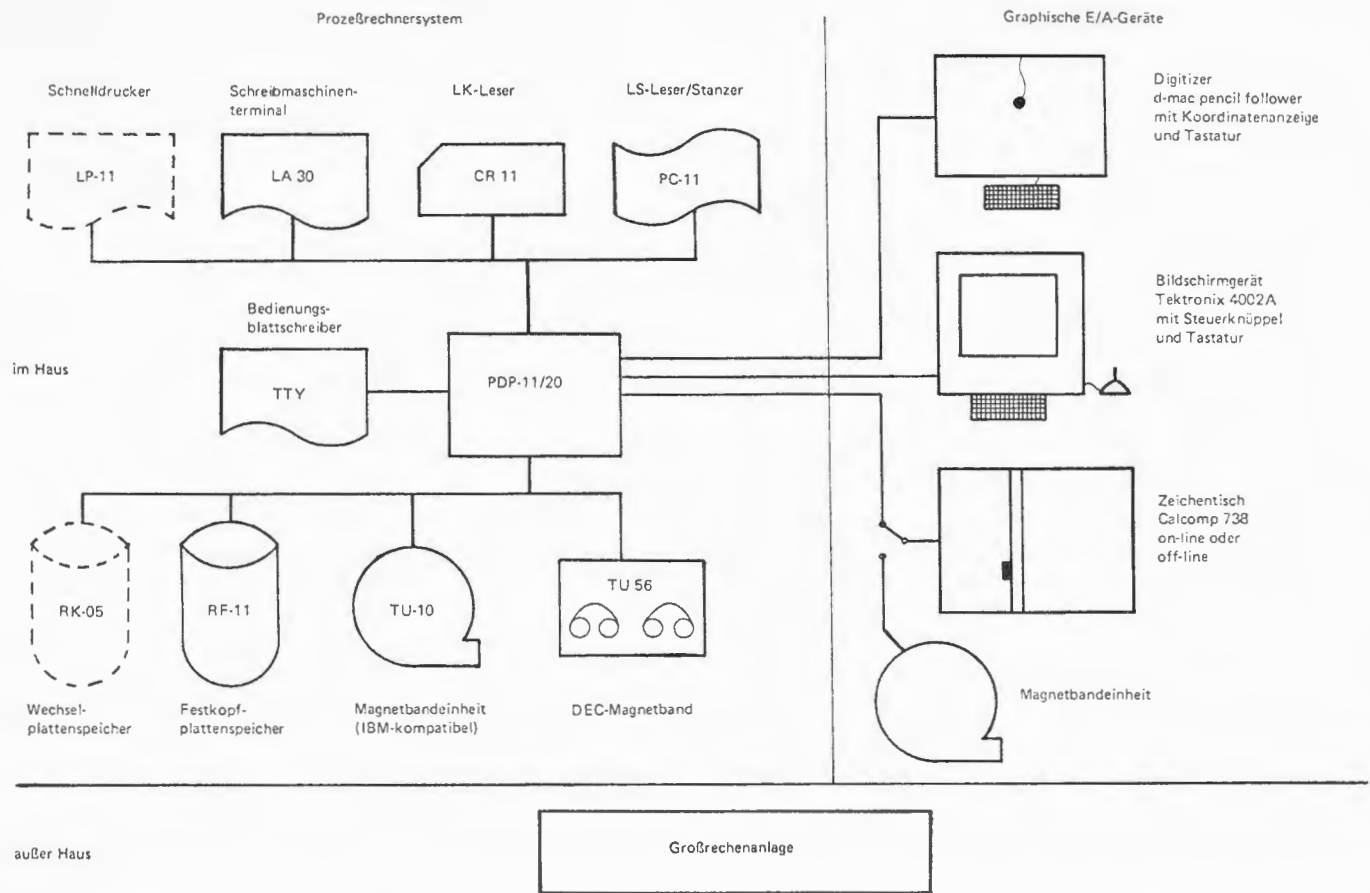
## 2.5. Die Konfiguration

Es würde an dieser Stelle zu weit führen, den Entscheidungsprozeß nachzuvollziehen, der zur Auswahl der Konfiguration und ihrer Komponenten aus den möglichen Alternativen geführt hat. Viele Kriterien sind nicht objektiv meßbar, sondern können allenfalls geschätzt oder auf einer Rangskala eingeordnet werden. Dazu hat sich das Angebot so verändert, daß Aussagen, die für 1971 gültig waren, heute nicht mehr aufrechterhalten werden können. Die Begründungen für die einzelnen Geräte müssen deshalb etwas pauschal bleiben.

Als *Steuerrechner* wurde der Rechner PDP-11/20 der Fa. Digital Equipment ausgewählt. Neben den technischen Anforderungen, wie Anschlußmöglichkeit für grafische Geräte (Bus- und Interrupt-Konzept) und Hardware-Verträglichkeit durch Byte-Struktur, waren vor allem die Anforderungen an die Betriebssoftware erfüllt. Drei Betriebssysteme mit unterschiedlichen Zielrichtungen (DOS, RSX-B/C, RSTS) standen zur Auswahl, ebenfalls Compiler/Interpreter für die höheren Programmiersprachen FORTRAN IV und BASIC und eine Reihe von Dienstprogrammen für Dateimanagement, Editieren, Bibliothekspflege usw. Die Palette der Peripheriegeräte war vergleichsweise umfangreich.

Weiterhin war bekannt, daß es eine Rechnerfamilie mit noch leistungsfähigeren Zentraleinheiten geben wird (das Modell 45 war schon angekündigt, aber noch nicht verfügbar). Die Technik war bereits in zahlreichen Exemplaren der PDP-8-Familie erprobt, ebenso einige der Peripheriegeräte. Den Ausschlag gegenüber vergleichbaren Fabrikaten gab die Verfügbarkeit von Grundsoftware für die grafischen Geräte und vor allem der Kundendienst der Firma mit einer Niederlassung in Köln, d. h. in unmittelbarer Nähe.

Die Entscheidung über Fabrikat und Typ des *Zeichentischs* war etwas schwieriger. Mehrere Hersteller boten Tische mit den technischen Eigenschaften an, die zumindest in der Größenordnung unseren Forderungen entsprachen. Bei näherer Betrachtung der Technik, der Software-Ausstattung, des Kundendienstes und nicht zuletzt des Preises blieb nur der Zeichentisch Calcomp 738 im Rennen. Das größte Gewicht hatten die Software und der Kundendienst. Calcomp verwendet die gleichen Grundsoftware-Aufrufe für



**Bild 1.** Diagramm der Systemkonfiguration. Die grafischen Geräte (Koordinaten-Erfassungsgerät, Zeichentisch, Sichtgerät) werden von einem Kleinrechner gesteuert. Die gestrichelt gezeichneten Peripheriegeräte sind in einer zweiten Ausbaustufe dazugekommen. Der Datentransfer zwischen Großrechenanlage und grafischem System erfolgt z. Z. noch über Magnetband.

alle mechanischen Plottertypen und hat damit aufgrund des Marktanteils eine de-facto-Standardisierung erreicht. Das erleichtert die Übernahme von Fremdprogrammen, insbesondere aus dem akademischen Bereich Nordamerikas, doch erheblich, ebenso die Weitergabe von Eigenentwicklungen. Die Funktionssoftware von Calcomp (Unterprogramme für grafische Funktionen bis zur Polynomapproximation) ist relativ umfangreich und auch universell einsetzbar. Die nächste Kundendienst-Niederlassung mit mehreren Technikern befindet sich in Düsseldorf. Der Tisch läßt sich, ein weiteres Plus für die Betriebssicherheit, sowohl on-line als auch off-line betreiben, in beiden Betriebsarten wahlweise mit hoher Genauigkeit oder hoher Geschwindigkeit, allerdings nicht variierbar.

Von den drei zur Auswahl stehenden *Digitizern* war nur ein Hersteller in der Lage, einen Anschluß an den PDP-11-Rechner und die dafür erforderliche Grundsoftware anzubieten. Der ausgewählte Typ "d-mac pencil follower" war auch in über fünfzig off-line-Installationen in der Bundesrepublik vorhanden.

### 3. Problemlösungen

Die Probleme, die mit dem grafischen Ein-/Ausgabesystem gelöst werden sollen, lassen sich drei Gruppen zuordnen:



**Bild 2.** Interaktiver Digitalisierplatz. Die Fadenkreuzlupe (links) wird auf den zu erfassenden Punkt gesetzt, dessen Koordinaten auf Knopfdruck vom Rechner übernommen werden. Die Tastatur, die einzeilige Buchstabenanzeige, das Lampenfeld und der darin integrierte akustische Signalgeber dienen der Interaktion zwischen Operateur und Programm, ebenfalls das hier nicht abgebildete grafische Sichtgerät.

- grafische Datenerfassung,
- reproduktionsfähige grafische Ausgabe,
- interaktive grafische Analyse und Design von thematischen Karten.



**Bild 3.** Geometrische Basisdaten. Aus den digitalisierten Kreisgrenzen der Bundesrepublik Deutschland und West-Berlins (links oben) können per Programm die Grenzen aller Bezugsräume generiert werden, die aus Kreisen aufgebaut sind, in diesem Beispiel Regierungsbezirke, Bundesländer und die Bundesrepublik selbst. Gleichzeitig mit der räumlichen Generalisierung wurde die Anzahl der Linienkoordinaten und der Flächen, etwa die Inseln an der Nordseeküste, dem Abbildungsmaßstab entsprechend reduziert.

Die Leitlinie beim Aufbau der Software war das Bestreben, kein geschlossenes System nach einer mehrjährigen Entwicklungszeit bereitzustellen, sondern so schnell wie möglich den Benutzern Lösungen in die Hand zu geben. Die Lösungen sollen dann im Lauf der Zeit verbessert und den Benutzerwünschen angepaßt werden. Der effizienteste Weg dazu ist auf der einen Seite eine weitgehende *Modularität* der Software, indem grafische Funktionen in Form von Unterprogrammen für möglichst viele Bereiche verwendet werden können. Auf der anderen Seite müssen für bestimmte, oft wiederkehrende Arbeiten lauffähige Programme und Programmsysteme anstatt von Unterprogramm-bibliotheken bereitgestellt werden, um den Benutzern die Erstellung eines Hauptprogramms zu ersparen. Optimal wird dieses Problem gelöst, wenn die Systeme aus den elementaren Modulen zusammengesetzt werden können. Da eine ausführliche Beschreibung den Rahmen dieses Beitrages sprengen würde, beschränken sich die folgenden Abschnitte auf einen kurzen Problemauflaß und die angestrebten Lösungsmöglichkeiten; im Literaturverzeichnis sind Publikationen zu den einzelnen Problemgruppen angeführt.

### 3.1. Aufnahme und Verarbeitung von geometrischen Grundlagen für das Informationssystem

Voraussetzung für die computerunterstützte Zeichnung von thematischen Karten ist die Verfügbarkeit der Basisdaten (statistische Informationen und die numerische Verschlüsselung der statistischen Bezugsseinheiten) in numerischer Form auf Datenträger. Während statistische Daten auf den bekannten Wegen der Datenerfassung computerlesbar gemacht werden können, muß für die geometrischen Informationen mehr Aufwand getrieben werden, um die analoge Speicherungsform der Grundkarte digital zu verschlüsseln.

Die Koordinatenerfassungsgeräte (Digitizer) sind in der Vergangenheit fast ausschließlich "off-line", mit festverdrahteter Elektronik, benutzt worden. Mit der Verfügbarkeit von preisgünstigen Kleinrechnern hat man nun die Möglichkeit, alle Funktionen unter Programmkontrolle auszuführen und das Erfassungsgerät damit zum *interaktiven System* auszubauen, in das auch andere Komponenten, etwa ein grafisches Sichtgerät, ohne große Schwierigkeiten mit einbezogen werden können. Insbesondere die Digitalisierung von Netzwerken, etwa die Kreisgrenzen der Bundesrepublik, stellt hohe Anforderungen an die Fehlersicherheit. Neben den Grundfunktionen für die Bedienung des Digitizers wurde deshalb ein interaktives Programmsystem für die Erfassung von Gebietsgrenzen erstellt, das wegen der notwendigen kurzen Antwortzeiten in Assembler programmiert ist [4, 5].

Dabei wurde dem "human engineering" besondere Beachtung geschenkt, denn die Fehlerrate ist proportional dem physischen und psychischen Streß, dem der Operateur bei der Erfassung ausgesetzt ist. Aufgrund der bisherigen Erfahrungen ist auf dem Digitizertisch dann ein zusätzliches alphanumerisches Display zur Ausgabe der zu erfassenden Einheiten und Fehlermeldungen angebracht worden, weil die zuerst verwendete Schreibmaschine und auch das Bildschirmgerät zu weit entfernt waren, um ohne Mühe gelesen zu werden. Dazu wurde die optische Anzeige mit Indikatorlampchen durch einen programmgesteuerten akustischen Signalgeber ergänzt.

### 3.2. Grafische Ausgabe

Die Umsetzung von statistischen Informationen in thematische Karten läßt sich in mehrere Phasen trennen:

- Design: Auswahl der statistischen Kennzahlen, der Darstellungsart in Form und Farbe, des Maßstabes, der grafischen und textlichen Zusatzinformationen;
- Zeichnung: Umsetzung der Zahlen in grafische Zeichen, etwa Proportionalsymbole oder Flächenfüllungen;
- Reproduktions- und drucktechnische Weiterverarbeitung.

Insbesondere die zweite Phase ist arbeitsaufwendig und gleichzeitig sehr fehleranfällig, weil sich vergleichsweise einfache Arbeitsgänge mit nur geringfügigen Änderungen oft wiederholen. Aus dem gleichen Grund sind sie gut für die Übertragung auf eine Rechenanlage geeignet. Der Rationalisierungseffekt wird nicht nur durch den Wegfall der manuellen Rechen- und Zeichenvorgänge, sondern

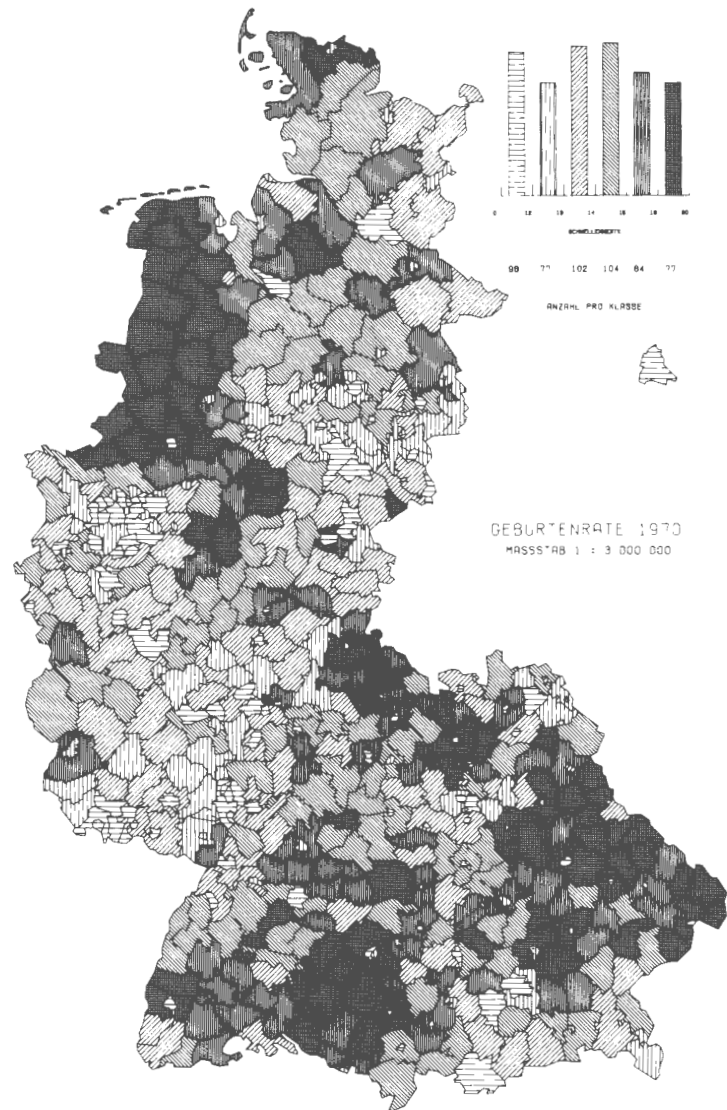


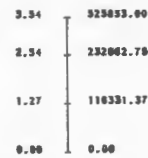
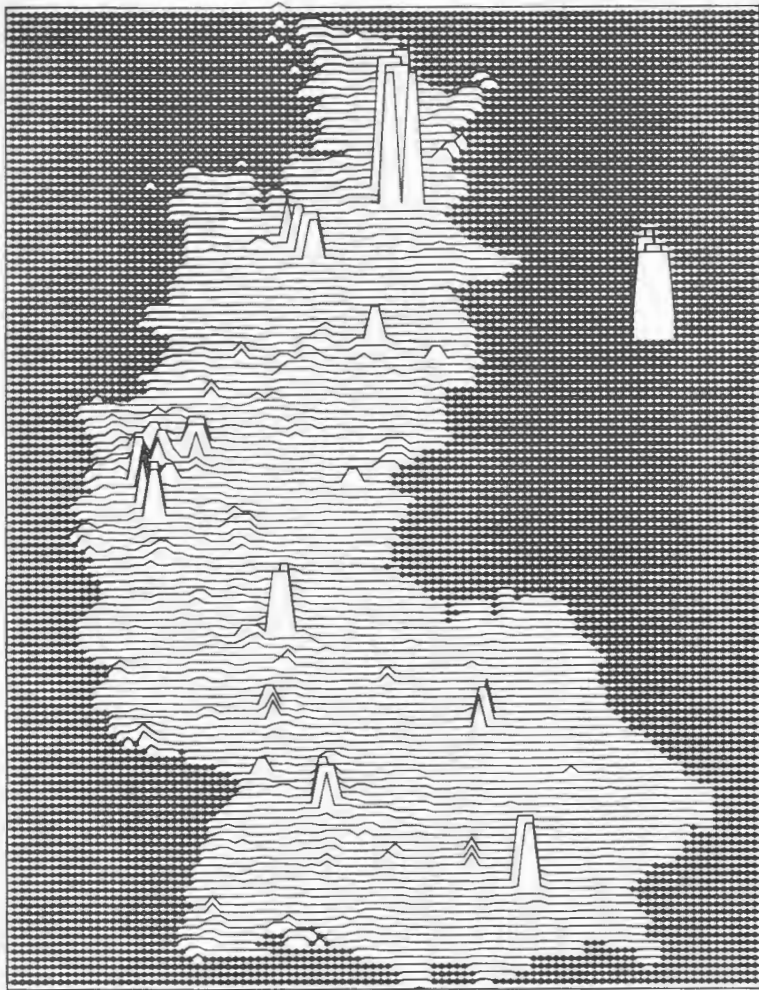
Bild 4. Eine Flächenstufenkarte (Geburtenrate 1970) mit Flächenschraffuren als Beispiel für eine „relative“ Darstellung. Neben der Variation von Helligkeit und Muster wird man in den meisten Fällen die Farbe als die wirkungsvollste grafische Variable benutzen, was leider in dieser Abbildung nicht möglich ist.

auch der sonst notwendigen Zwischen- und Endkontrolle erreicht [6].

Einige Programme für die grafische Ausgabe, insbesondere dreidimensionale Darstellungen mit Auslöschung verdeckter Linien, sprengen die Möglichkeiten des Kleinrechners in Bezug auf Kernspeicher und Rechenzeit. Sie laufen deshalb auf der Großrechenanlage, die ein Magnetband mit den Steuerbefehlen für den Zeichentisch beschreibt, das off-line oder on-line verarbeitet wird.

### 3.3. Design von thematischen Karten im Dialog mit der Rechenanlage

Es gibt keine Gesetzmäßigkeiten für die optimale Visualisierung eines räumlichen Sachverhalts, allenfalls einige Erfahrungsregeln beim Entwurf von Karten. Die „beste“



ANZAHL DER BESCHAEFTIGTEN IN DEN  
WIRTSCHAFTSZWEIGEN 4-5 AZ 1970

Azimuth = 0                      Neigung = -45  
Laenge = 20.00                  Hoehc = -5.00e  
e = vor der Projektion                      02.01.75

Bild 5. Für den quantitativen Vergleich von räumlich verteilten Sachverhalten sind die „absoluten“ Darstellungsformen besser geeignet, wie etwa diese Karte der Beschäftigten in den Wirtschaftszweigen 4 und 5 (Handel, Verkehr, Kommunikation).

Karte kann nur durch Probieren gefunden werden, das aber selbst mit Hilfe von verhältnismäßig schnellen Zeichengeräten noch viel Zeit und auch Material kostet. Deshalb soll bereits beim Entwurf der Karte ein interaktives grafisches System benutzt werden. Der Kartograph fertigt im Dialog über das grafische Bildschirmgerät eine kurze Analyse der darzustellenden Daten an und wählt dann entsprechende Transformationsparameter für die grafische Umsetzung aus. Der erste Entwurf wird auf dem Bildschirmgerät ausgegeben. Es können dann entweder die Parameter modifiziert oder Teile der Karte herausvergrößert, untersucht und, wenn nötig, verändert werden. Die Techniken des computerunterstützten Konstruierens werden also auf die thematische Kartographie übertragen.

Aufgrund der beschränkten Personalressourcen konnte erst Anfang 1974 mit der Programmierung des Design-Systems begonnen werden. Als Grundlage für den grafischen Dialog bot sich das Terminal Control System (TCS) von Tektronix an, weil viele der elementaren Funktionen, etwa Bildausschnitt und Vergrößerung („pan and zoom“), Interaktion über Tastatur und Steuerknüppel/Fadenkreuz, implementiert sind. Die Modularität liegt hier weniger auf der Ebene von allgemein verwendbaren Unterprogrammen, sondern mehr im Bereich der Benutzersprache und der Erweiterungsfähigkeit. Der Initialaufwand für ein Dialogsystem ist relativ groß, so daß der Schluß naheliegt, die An-

wendung nicht nur auf das Design von Karten zu beschränken, sondern auch andere grafische Funktionen im Bereich des Informationssystems für die Beobachtung räumlicher Entwicklung einzubeziehen. In Dateiorganisation und Benutzersprache sind solche Erweiterungen, etwa für interaktive Optimierung von Arealaggregationen, Netzwerkanalysen oder Allokation von Versorgungsfunktionen, bereits berücksichtigt [1].

#### 4. Erfahrungen mit dem System

Im großen und ganzen läßt sich sagen, daß das System leistungsfähiger und weniger störanfällig als erwartet war. Der Zeichentisch und seine Grund- und Funktionssoftware machten im off-line-Betrieb keinerlei Schwierigkeiten. Das Interface für den on-line-Betrieb funktionierte zuerst nicht einwandfrei, weil im Hause vorhandene Druckmaschinen Störungen verursachten, die über das Netz das Interface beeinflußten. Nach einigen Modifikationen traten keine Fehler mehr auf.

Die Koppel elektronik des Digitizers erwies sich bei der Lieferung als (teures) CAMAC-System. Bei der Installation gab es eine Reihe von Schwierigkeiten, die aus den verschiedensten Quellen herrührten und deshalb die Fehlerbeseitigung sehr erschwerten: kalte Lötstellen, Kontaktprellungen, falsche Verdrahtung, fehlende Dokumentation.



Die Software war für unsere Zwecke praktisch unbrauchbar, weil sie nichts anderes als Simulation eines off-line-Digitizers war. Nachdem die Fehler beseitigt waren, arbeitete das Gerät zuverlässig und mit guter Genauigkeit.

Der Rechner und das Betriebssystem DOS einschließlich des FORTRAN-Compilers erweist sich als so leistungsfähig, daß die ursprüngliche Absicht, den Rechner nur für reine Steuerfunktionen zu verwenden, bald zugunsten „intelligenterer“ Tätigkeiten aufgegeben wurde. Viele Arbeiten, die eigentlich für die Großrechenanlage gedacht waren, werden jetzt vom Kleinrechner erledigt, z. B. beim Entwurf und der Auszeichnung von thematischen Karten. Dabei machte sich sehr schnell das Fehlen von Hardware-Gleitkomma-Arithmetik, eines Schnelldruckers und die Beschränkung auf 56 K Bytes Kernspeicher und 512 K Bytes Magnetplattenspeicher bemerkbar. Deshalb wurde das System zunächst durch einen Wechselplattenspeicher mit 2048 K Bytes und einen Schnelldrucker mit 300 Zeilen/min ergänzt. Mitte 1974 wurde die Zentraleinheit 11/20 gegen ein Modell 11/45 mit Gleitkomma-Prozessor ausgetauscht. Die Antwortzeiten im Dialogbetrieb und der Durchsatz des Systems konnten dadurch wesentlich verbessert werden.

Das bisher verwendete Betriebssystem DOS hat den Nachteil, daß keine Mehrfach-Programmverarbeitung möglich ist. Die grafischen Geräte, aufgrund der Massenträgheit um mehrere Größenordnungen langsamer als die Zentraleinheit, können nicht simultan und auch nicht quasi-parallel mit rechenintensiven Programmen betrieben werden. Die Zentraleinheit wird deshalb die Digitalisierungs- und Zeichenarbeiten nur zu einem geringen Prozentsatz aus-

genutzt. Die Auslastung des Systems hat von der Personalbelastung her bereits die obere Grenze erreicht, so daß der Durchsatz durch Übergang auf ein Multiprogramming-System und asynchronen Betrieb der grafischen Geräte gesteigert werden muß. Das Betriebssystem RSX-11 M wird Mitte 1975 DOS-11 ersetzen und damit die Voraussetzung für eine Verbesserung des Belastungsprofils durch Parallelverarbeitung schaffen. Die Zentraleinheit soll des weiteren von elementaren Kontrollfunktionen entlastet werden, indem der durch den Ausbau freigewordene Prozessor 11/20 als „Kanalrechner“ die Steuerung von Digitizer und Zeichentisch übernimmt.

## Literatur

- [1] *Hessdorfer, R.*: CAMS: Computer Augmented Mapping System. Vortrag zur 4. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik e. V. Berlin vom 9.–12. Okt. 1974.
- [2] Informationssystem für Raumordnung und Landesplanung. Informationen zur Raumentwicklung, Heft 6/1974.
- [3] *Newman, W. M., Sproull, F. R.*: Principles of interactive computer graphics. New York 1973.
- [4] *Rase, W. D.*: Definition und maschinelle Erfassung von flächenhaften Bezugseinheiten. Öffentliche Verwaltung und Datenverarbeitung 9/73.
- [5] *Rase, W. D.*: Bereitstellung der geometrischen Grundlagen für die computerunterstützte Zeichnung thematischer Karten. Kartographische Nachrichten 2/1975.
- [6] *Rase, W. D., Schäfer, H.*: Computerunterstützte Herstellung thematischer Karten. Öffentliche Verwaltung und Datenverarbeitung 5/74.
- [7] *Sharpe, W. F.*: The economics of computers, New York 1969.