

Zeitschrift:	Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri
Herausgeber:	Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe
Band:	53 (1975)
Heft:	11
Artikel:	APL-Rechendienst mit Bild-Ein- und -Ausgabe
Autor:	Burgherr, Alfred / Formanek, Theodor
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-875621

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: 04.02.2026

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

APL-Rechendienst mit Bild-Ein- und -Ausgabe

Alfred BURGHERR und Theodor FORMANEK, Bern

681.3.062:681.317.13.001.5

Zusammenfassung. Der Einsatz des Bildschirmterminals Tektronix 4013 im Rahmen des PTT-eigenen APL-Rechendienstes bietet der Abteilung Forschung und Entwicklung die Möglichkeit einer sehr leistungsfähigen und für den Ingenieur heute praktisch unentbehrlichen Form der Datenverarbeitung: die interaktive Computergrafik. Es können einerseits Daten vom APL-System in Form von Grafiken direkt am Terminal ausgegeben werden, andererseits kann das System Daten mit einem von Hand einstellbaren Fadenkreuz direkt vom Bildschirm ablesen.

Service de calcul APL avec introduction et émission d'images

Résumé. L'emploi du terminal à écran cathodique Tektronix 4013 dans le cadre du service de calcul APL propre aux PTT offre à la Division des recherches et du développement une forme de traitement des données très efficace et pratiquement indispensable à l'ingénieur d'aujourd'hui: le graphique d'ordinateur en mode dialogué. D'une part, le système APL peut fournir directement des données au terminal sous forme de graphiques, d'autre part, on peut lui faire lire des données directement sur l'écran, au moyen d'un réticule réglable à la main.

Servizio di calcolo APL con introduzione e emissione d'immagini

Riassunto. L'impiego del terminale a schermo catodico Tektronix 4013 nell'ambito del servizio di calcolo APL delle PTT, offre alla divisione ricerche e sviluppo un modo molto efficiente dell'elaborazione dei dati, ormai praticamente indispensabile all'ingegnere: la grafica interattiva di calcolatore. D'un lato il sistema APL può fornire direttamente al terminale dati sotto forma di grafici e, dall'altro, il sistema è in grado di leggere direttamente dallo schermo dati presentati con un reticolo regolabile a mano.

1 Bedeutung der Bildausgabe

Die Ergebnisse von Computerprogrammen werden im allgemeinen als Text oder als Zahlen ausgegeben. In vielen Fällen müssen die Ergebnisse aber weiter verdichtetet werden, sei es um ein handliches Dokument zu bekommen, sei es um einen raschen Überblick über die Natur der Rechenergebnisse zu gewinnen. Dazu besonders geeignet ist die grafische Darstellung in Form von Kurven und Zeichnungen. Diese müssen aber manuell aus dem Zahlenmaterial konstruiert werden, und es stellt sich die Frage, ob der Computer für diesen letzten Schritt nicht ebenfalls beigezogen werden sollte.

Für welche Anwendungsfälle ist eine computerunterstützte Bildausgabe sinnvoll? Überall dort, wo eine qualitative Aussage über die Rechenergebnisse genügt; wo also eher das Verhalten des untersuchten Gegenstandes eine Rolle spielt, die Genauigkeit dagegen von untergeordneter Bedeutung ist. In der Statistik wird der Sachverhalt etwa durch ein Histogramm oder eine Summenhäufigkeitskurve dargestellt. Im Bereich der Elektrotechnik sind es Frequenzgang, Spektrum, Schrittantwort, komplexe Ebene, Antennendiagramm und andere, die für eine Bildausgabe in Frage kommen. Eine besondere Bedeutung kommt der Bildausgabe in der computerunterstützten Entwicklung zu. Als Beispiele seien die Berechnung von Mikrowellenbauteilen, das Auslegen einer gedruckten Schaltung und der Bau eines Entzerrers aufgrund einer gegebenen Verzerrungskurve genannt. Diese Entwicklungsprozesse laufen oft in iterativen Schlaufen ab: nach einem ersten Rechnungsgang werden Parameter neu gesetzt, neue Elemente beigefügt, worauf sich ein zweiter Rechnungsgang anschliesst. Die Entwicklungsgeschwindigkeit erhöht sich dann wesentlich, wenn die Zwischenergebnisse grafisch ausgegeben werden. Da diese später nicht mehr von Belang sind, müssen sie nicht auf Papier festgehalten werden; eine Bildschirmausgabe genügt und ist zudem sehr schnell.

Welche Anforderungen ergeben sich daraus für eine computergesteuerte Bildausgabe?

- Alle genannten Diagramme können mit Strichzeichnungen realisiert werden. Eine einzige Graustufe genügt. Ver-

chiedene Farben erhöhen die Gestaltungsmöglichkeiten.

- Je nach Anwendung ist eine Zeichnung auf Papier notwendig oder nicht.
- Für iteratives Vorgehen (mit Einschluss der menschlichen Entscheidungen) muss das Programmiersystem dialogfähig sein.
- Mehrere Kurven sollen überlagert werden können, ebenfalls Bild und Text. Das Bild soll verkleinert und vergrößert werden können; gewünschte Bildteile sind isoliert darzustellen; andererseits sollen einzelne Bilder zusammengesetzt werden können.
- Das Programmiersystem muss zur Speicherung der umfangreichen Bilddaten über genügend Speicherplatz verfügen. Da die Bildaufbereitung im allgemeinen sehr rechenintensiv ist, ist eine hohe Verarbeitungsgeschwindigkeit des Computers von Vorteil.
- Die Bildübertragungsgeschwindigkeit vom Computer zum Terminal ist möglichst hoch zu wählen, da ein Bildinhalt einige kbits betragen kann.

Welche Bildausgabegeräte sind nötig? Für die umschriebenen Anwendungsbereiche kommen wir mit Strichzeichnungen aus, weshalb wir auf zeilenweise aufzeichnende Geräte mit mehreren Graustufen (Fernsehen, Faksimile) verzichten können. Wir brauchen vektorzeichnende Geräte, die zwei definierte Punkte mit einer geraden Linie verbinden. Das Strichbild besteht somit aus einer Vielfalt von zusammenhängenden Vektoren, also einem Streckenzug. Je kürzer die einzelnen Strecken gewählt werden, desto besser ist die Nachbildung von Kurven; die Bildübertragung geht aber desto länger. In Frage kommen somit Bildschirm und Plotter, wobei der erste den Vorteil der hohen Aufzeichnungsgeschwindigkeit hat, der zweite dagegen eine kopierbare Zeichnung liefert. Neuerdings sind auch Kopiergeräte für Bildschirme erhältlich.

2 Systemwahl

Das von der Abteilung Forschung und Entwicklung der PTT konzipierte, durch einen Computer unterstützte Bildausgesystem basiert einerseits auf dem APL-Rechen-

dienst [1] und anderseits auf dem Tektronix-Terminal 4013. Die folgenden Betrachtungen begründen die getroffene Systemwahl, wobei Vor- und Nachteile aufgezeigt werden sollen.

APL-Rechendienst

Das auf dem ERZ-Computer 370-168 implementierte, für mehrere Benutzer gleichzeitig verfügbare APL-Teilnehmer-System eignet sich vorzüglich für unsere Zwecke. Der Teilnehmer arbeitet an seinem Terminal, als stünde der APL-Rechendienst ausschliesslich ihm zur Verfügung. APL ist nicht nur eine Programmiersprache, sondern enthält auch Prozeduren für den Verbindungsauflauf und den Zugriff zu den Bibliotheken. APL ist für eine konversationelle Arbeitsweise ausgelegt (dialogfähig).

Neben diesen allgemeinen Vorteilen treten noch spezifisch für die Bildverarbeitung geeignete Eigenschaften. Strichbilder werden im Computer durch zweispaltige Matrizen abgebildet, wobei die beiden Werte einer Matrizezeile identisch sind mit dem Koordinatenpaar eines darzustellenden Punktes des Streckenzugs. Jede Manipulation des Bildes kommt somit einer Matrizenoperation gleich. Die APL-Operatoren eignen sich hiefür besonders.

Nachteile des heutigen APL-Rechendienstes sind die kleine Übertragungsgeschwindigkeit (etwa 3,5 Vektoren/s) und der begrenzte Arbeitsbereich von 36 000 Bytes. Mit Hilfe der neuen Übermittlungssteureinheit 3705 des ERZ-Computers sind wesentlich höhere Geschwindigkeiten erreichbar. Anderseits macht das neue APL-Programmsystem APLSV einen Zugriff zu beliebigen Bilddateien möglich, die sich ausserhalb des begrenzten Arbeitsbereiches befinden.

Bildschirmterminal 4013

Der zugehörige Adapter verschafft dem Terminal eine volle Kompatibilität zum IBM-Computer. Das Terminal kennt neben dem Bildausgabemodus (Graph) auch noch die beiden Modi Bildeingabe (Gin) und Alpha. Der Alpha-Modus dient einerseits der Programmentwicklung und anderseits der Eingabe und Ausgabe von alphanumerischer Information zur Zeit der Programmausführung. Die in beiden Richtungen übermittelten Daten werden als Zeichen auf der Röhre aufgezeichnet. Es handelt sich dabei um Steuerbefehle und Parameter für die Bildverarbeitung, die über die Tastatur eingegeben werden und um Computerresultate in Zeichenform. In diesem Modus hat die APL-Syntax volle Gültigkeit.

Im Graphmodus werden die vom Computer übermittelten Daten als Koordinaten aufgefasst und daraus ein entsprechender Streckenzug gezeichnet. Das Terminal verfügt ausserdem über einen Bildeingabemodus, in dem die Position eines auf dem Bildschirm sichtbaren Fadenkreuzes als Koordinatenpaar an den Computer übermittelt werden kann.

Das Terminal geht von einem Modus in den andern über, sobald der Computer entsprechende Steuerzeichen sendet. Es arbeitet mit einer Speicherröhre und benötigt daher keinen örtlichen Digitalspeicher für Zeichen und Bild. Neue vom Computer übertragene Daten werden auf das bisherige Bild geschrieben, anderseits besteht ein Befehl zum Löschen des ganzen Schirmes. Das bedeutet, dass zwar Bild und Text überlagert werden können, der Bildinhalt jedoch nicht selektiv verändert werden kann. Zu diesem Zweck muss das Bild als Ganzes neu übertragen werden, was viel Zeit beanspruchen kann. Die Bildauflösung ist mit 2600 Bildpunkten/cm² ziemlich hoch.

3 APL-Grafik-Software

31 Zielsetzung

Bildausgabe

Das Ziel der in APL implementierten *Bildausgabe*-Programme liegt darin, ein in einem Objekt-Raum (OR; zum Beispiel das rechtwinklige Koordinatensystem mit Spannungsskala auf der Ordinaten- und Zeitskala auf der Abszissenachse) befindliches Objekt, von dem bestimmte Punkte in einer OR-Datei durch ihre Koordinaten gespeichert sind, so zu verarbeiten, dass eine das Terminal steuernde Befehlsfolge (Steuerliste: SL) eine gewünschte Projektion eines gewünschten Objektteiles am Terminalbildschirm entstehen lässt.

Bildeingabe

Das Ziel der APL-Programme für die grafische *Eingabe* ist es, eine oder mehrere Lagen eines lokal im Terminal generierten und von Hand verstellbaren Fadenkreuzes zu erfassen und diese Information im Computer zu speichern, um sie dann von geeigneten Programmen weiter verarbeiten zu können.

Die Lage des Fadenkreuz-Schnittpunktes ist im Koordinatensystem des Erfassungsgerätes definiert, in unserem Fall im Adressenraum des 4013-Bildschirmes (*Bildschirm-Raum*: BR).

Die *Figur 1* zeigt die prinzipielle Arbeitsweise und Verknüpfung der von uns entwickelten APL-Software. Die in *Figur 1* eingezeichneten Symbole für Magnetplattendateien symbolisieren Dateien, die sich in der Wirklichkeit alle im aktiven APL-Bereich des Computerhauptspeichers befinden.

32 Terminal-Unterstützungsssoftware (TUS)

Befassen wir uns zunächst mit der Phase *BR*→*SL* und der *Inputbearbeitung*. Wie die *BR*-Datei entsteht, wollen wir erst im Abschnitt 33 behandeln.

BR→*SL* Phase – Erstellen der den Elektronenstrahl steuernen Befehlsfolge *SL* für die *Bildausgabe*: Das Terminal Tektronix 4013 hat eine Bildschirmfläche von etwa 15×20 cm. Es handelt sich um eine *Speicherröhre*, das heisst die vom Computer übermittelte Information bleibt in einer aktiven Schicht als helle Stellen festgehalten.

Die erstellte Grafik besteht aus *Streckenzügen*, sogenannten *Vektoren*, deren Anfangs- und Endpunkte durch die Bildschirmkoordinaten (oder Adressen) gegeben sind. Der

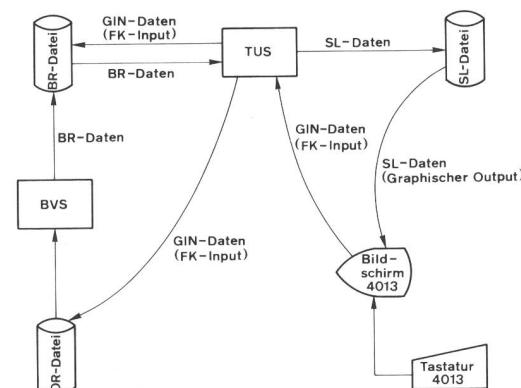


Fig. 1
Blockschaltbild der APL-Grafik-software
TUS Terminal-Unterstützungsssoftware
BVS Bild-Vorbereitungssoftware
FK Fadenkreuz

Adressenraum (= Bildschirmraum, BR) besteht aus 1024×1024 adressierbaren Punkten; davon können im Graph-Modus, das heißt Bild-Output, 0...779 für Y und 0...1023 für X sichtbar gemacht werden (Bildschirmformat 3:4).

Die Zahl der adressierbaren Punkte, nämlich je 1024 für jede BR-Achse, bedeutet, dass man je Koordinate eine 10-bit-Folge bestimmen muss, durch welche die Koordinate im binären System ausgedrückt ist (10 bit ergeben $2^{10} = 1024$ verschiedene Kombinationen, also ganze Zahlen zwischen 0 und 1023). Da die vom APL-System zum Terminal während einer Ausgabe gesendeten Zeichen aus Gruppen (sogenannten Bytes) zu je 7 bit bestehen, werden je Koordinate je 2 Bytes benötigt, wobei aus jedem Byte nur bestimmte 5 bit für die Adressenzusammensetzung verwendet werden. So mit ergeben sich für jedes BR-Koordinatenpaar vier bestimmte APL-Zeichen, die von TUS generiert werden müssen. Ausser dieser XY-Information braucht das Terminal noch die Z-Information, das heißt den Befehl «Strahl ausschalten». Diese kann durch das Negativmachen bestimmter BR-Adressen vermittelt werden.

Somit kann eine SL erstellt werden, durch deren Übermittlung und Interpretation im Terminal ein beliebig gegliederter, auch nicht zusammenhängender Streckenzug (= Strichbild) entsteht. Figur 2 zeigt ein Beispiel.

Die in der SL durch Pfeile angezeigten Zeichengruppen enthalten eigentlich jene Steuerzeichen, die das Ausschalten des Strahls bewirken; die Terminallogik schaltet den Strahl immer erst für die nach einem solchen Steuersatz als zweite folgende Vierergruppe (= Adresse) ein.

Diese Probleme – jenes der Konversion der Bildschirmadressen in ihre Zeichenäquivalente und das Beimischen der Ein/Aus-Strahlsteuerungszeichen wurde mit sehr einfachen APL-Programminstruktionen gelöst. Diese wurden zu bestimmten Instruktionsfolgen zusammengefasst, deren Namen so gewählt wurden, dass eine verkettete, aus mehreren Bausteinroutinen bestehende Anweisung schliesslich «fast» wie ein deutscher Satz lautet. Solche APL-Instruktionen könnten beispielsweise lauten (ZCH steht für «zeichne»): ZCH VIERECK 159 435 604 583 oder ZCH POLYG 200 300 100 5;

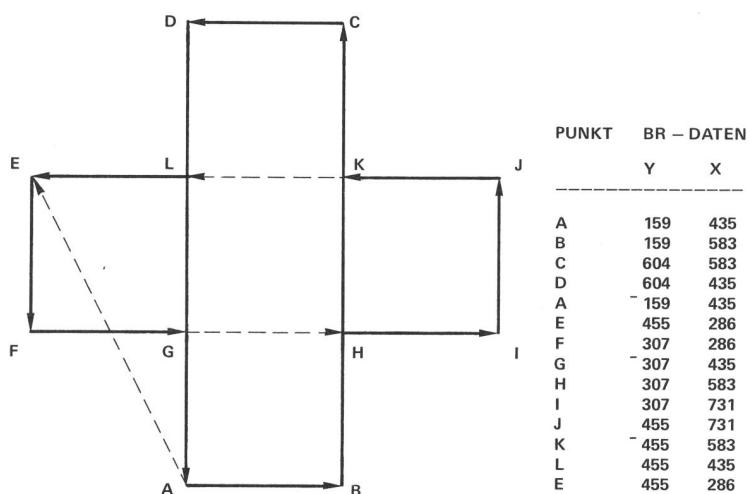
die Ausgabe wäre im ersten Falle das Viereck ABCD, das wir in Figur 2 sehen, im zweiten ein Fünfeck mit Zentrum des umschriebenen Kreises (Radius 100) im Punkt X = 200, Y = 300.

Die Möglichkeiten, die in dieser Beziehung die APL-Sprache bietet, erlauben, eine sinnvolle und flexible Kommandosprache zu entwickeln, die schnell erlernbar ist und eine Auswahl von klaren Befehlen bietet.

Bildeingabe

Das Terminal Tektronix 4013 geht nach Empfang einer bestimmten Steuerzeichengruppe, die vom Computer gesendet wird, in den sogenannten Graphic Input Mode (GIN-Mode) über. In diesem Modus wird auf dem Bildschirm ein Fadenkreuz erscheinen, das nun mit zwei Potentiometern von Hand (zwei Rändlerädchen) im BR bewegt werden kann. Für die vom Fadenkreuz erfassbaren BR-Koordinaten gilt $4 \leq X \leq 1023$ und $0 \leq Y \leq 779$. Betätigt man eine beliebige Zeichentaste, so wird vom Terminal zum Computer eine Zeichenfolge übermittelt, die unter anderem das gewählte Zeichen und vier andere enthält, in deren bestimmten Bitpositionen die 10stelligen binären Koordinatenequivalente verschlüsselt sind. Diese vier Zeichen werden von einfachen APL-Routinen in das numerische BR-Koordinatenpaar konvertiert, das der Lage des Fadenkreuzes entspricht. Die BR-Daten werden in eine Tabelle eingeschrieben, die dann von APL-Routinen beliebig bearbeitet werden kann.

Das durch die betätigte Taste gewählte Zeichen kann von der APL-Software aufgefangen und zur Steuerung des Dialogs verwendet werden. Ausserdem bietet der GIN-Modus die Möglichkeit der «Menütechnik» an: am Bildschirm erscheint eine Liste von Optionen (Namen von verschiedenen möglichen Aktionen), auf die man mit Hilfe des Fadenkreuzes «zeigen» kann. Jeder Option ist ein BR-Bereich zugeordnet; die in einem bestimmten Bereich erfasste Fadenkreuzlage wird im Programm eine bestimmte Verzweigung verursachen. Somit kann man die gewünschten Aktionen sehr einfach schnell auslösen, ohne das Bild mit über die Tastatur eingegebenen Instruktionen (die ja am Bildschirm mitgeschrieben werden) zu entwerten.



SL												
5, DV	5, .8.	P.	8.	PDV	5,	DV	w	[w	K8	TQ	XVTQXVDV
A	B	C	D	A	E	F	G	+	H	I	J	XVIFK8IFK8.8w[w[K8
												DVK8TQ]

Fig. 2
Beispiel einer BR-Datei, der aus ihr resultierenden Steuerliste SL und der entsprechenden Grafik

Ein im Objekt-Raum existierendes Objekt (zum Beispiel eine Entladungskurve eines Kondensators C über einen Widerstand R, $u(t) = U_0 (1 - e^{-\frac{t}{RC}})$, wobei u [V] und R [s] die Koordinaten des Objekt-Raumes sind) muss numerisch beschrieben werden, damit es vom Computer erfasst und gespeichert werden kann. In unserer technischen Praxis haben wir vor allem mit zweidimensionalen Gebilden zu tun, die entweder durch eine analytische Funktion $y = f(x, p_1, p_2, \dots, p_n; p_i = \text{Parameter})^1$ oder eine y , x -Tabelle (beispielsweise Messwerte) beschrieben sind.

Dreidimensionale Gebilde (etwa mehrere Entladungskurven, die nun als Funktionen $u(t, R)$, das heißt von zwei Variablen betrachtet werden) können natürlich durch eine geeignete Projektion in zweidimensionale Fälle überführt werden (siehe 4).

Die einzelnen OR-Koordinaten werden in einer OR-Datei geführt. Für die Abbildung des Objektes müssen wir nun sowohl im OR als auch im BR je einen *rechteckigen Bereich* festlegen (Fig. 3). Dann gilt für jedes Koordinatenpaar die folgende lineare Transformation

$$\begin{aligned} Y &= K \cdot y + L \\ X &= M \cdot x + N, \end{aligned}$$

wobei K , L , M und N aus y_{\min} , Y_{\min} , x_{\max} und X_{\max} gewonnen werden und Y und X auf *ganze Zahlen* gerundet werden müssen.

Wird das OR-«Fenster» so gewählt, dass Teile des Objektes außerhalb von diesem liegen (zum Beispiel Punkt B in Fig. 3), so muss ein spezieller Algorithmus der Bildvorbereitungssoftware (BVS) – der *clipping*-Algorithmus – die Schnittpunkte der Kurve mit dem OR-«Fensterrahmen» bestimmen (lineare Interpolation, Punkte R, S in Fig. 3) und die Ein/Aus-Befehle für den Elektronenstrahl generieren.

Da die BVS die *Überlagerung mehrerer Kurven* in einem Bild ermöglicht, hat die OR-Datei die Form einer Matrix mit $n+1$ Spalten und k Zeilen; $n = \text{Anzahl der Kurven}$, die zusätzliche (letzte) Spalte beinhaltet die x -Werte; $k = \text{Anzahl der Stützwerte}$. Der clipping-Algorithmus bearbeitet dann die einzelnen Kurven separat und entscheidet vor der OR → BR Transformation über das allfällige Abschneiden. Da die Anzahl der darzustellenden Punkte von Kurve zu Kurve variieren kann, wird die Steuerliste für jede Kurve sofort übermittelt und somit auf die Erstellung einer gemeinsamen SL für verschiedene lange Kurven verzichtet.

4 Anwendungen

Beispiel 1: Problemstellung

Gesucht wird eine optimale Auslegung eines Dämpfungsentzerrers für die Übertragung von frequenzmodulierten Signalen über Koaxialkabel auf der Zwischenfrequenz von Richtstrahlverbindungen.

Gemessen: Kabeldämpfung als Funktion von Frequenz

Annahme: Im gegebenen Bereich darf der Verlauf als linear angenommen werden

Wahl des Entzerrers

Es wurden zwei in Serie geschaltete überbrückte T-Glieder gewählt (Bandstop und Bandpass). Die Auslegung dieser

¹ Stetige Kurven können vom Computer nur diskret behandelt werden, das heißt, als y -, x -Koordinatenpaare

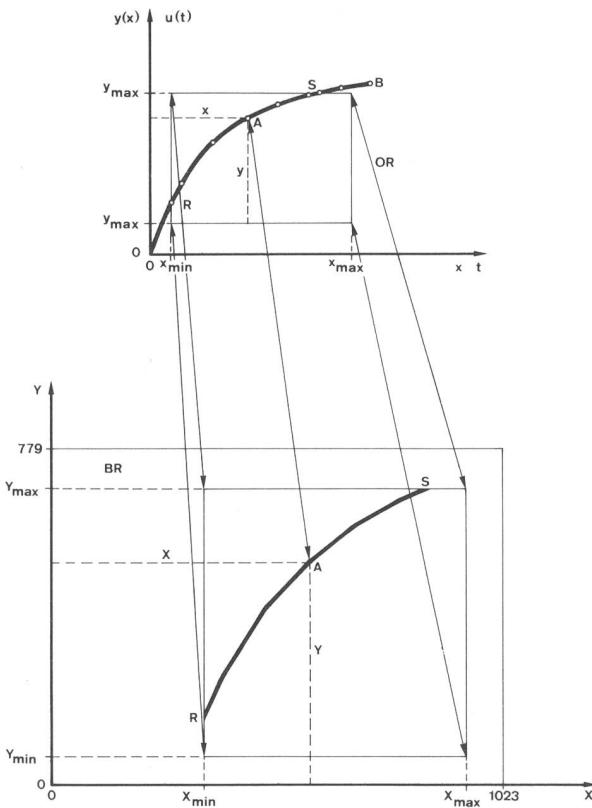


Fig. 3

Die lineare Transformation der OR-Koordinaten in das BR-Koordinatensystem

Glieder wird durch sechs Parameter bestimmt, so dass für die Entzerrerkennlinie gilt

$$a_E = F(f, a_1, m_{o1}, f_{o1}, a_2, m_{o2}, f_{o2})$$

Anpassung an die gegebene Kabel-Dämpfungskennlinie

Die maximale Abweichung der gesuchten Kennlinie a_E von der Kennlinie eines «idealen» Entzerrers soll nicht mehr als 0,5 N betragen.

Lösungsgang

Die sechs genannten Parameter werden im Dialog mit dem APL-System eingegeben. Mit diesen wird ein Teil der OR-Datei berechnet. Der andere Teil besteht aus Koordinaten der «idealen» Entzerrerkennlinie (Gerade). Daraufhin werden die ideale und reelle Kennlinien überlagert gezeichnet. Die maximale Differenz wird außerdem ausgegeben. Nun greift der Mensch in den Optimierungsprozess entscheidend ein, da er aufgrund seiner Erfahrungen und des «Gefühls» die reelle Kennlinie beurteilen und die neuen Parameter eingeben kann. So kann der Computer den nächsten Entwurf aufzeichnen usw. Das Ziel ist die möglichst beste Anpassung der reellen (gekrümmten) Kennlinie an die ideale (= Diagonale). In Figur 4 sind eine der «schlechten» Kennlinien und die endgültige (mit deren Parameter der Entzerrer schließlich gebaut wurde) dargestellt.

Beurteilung

Die Frequenzabhängigkeit des Kabels liess sich mit den in etwa 2 Stunden interaktiver Arbeit (einschließlich Programmierung der Bandpass- und Bandstopformeln) gefundenen Parametern problemlos entzernen.

Beispiel 2: Problemstellung

Untersuchung der Strahlenausbreitungserscheinungen in Tropo- und Ionosphäre mit Strahlungsoptik.

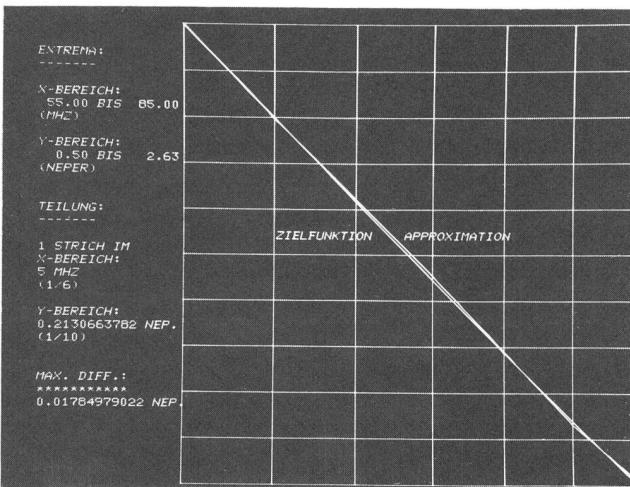
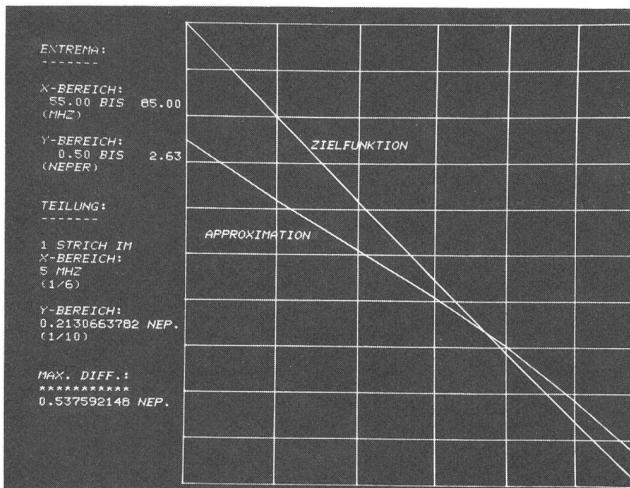


Fig. 4
Interaktive Optimierung eines Entzerrers; obere Aufnahme: noch ungenügende Entzerrung, untere Aufnahme: Endzustand

Gegeben: Refraktionskoeffizient als Funktion des Ortes
Gesucht: Verlauf der Strahlen im Raum

Ergebnis:

- Der gegenseitige Abstand der Strahlen = Mass für die Energieverdichtung
- Das Kreuzen von Strahlen bedeutet das Auftreten von Interferenz-Fading (Mehrwegempfang)

Die Methode

Es wurden zwei APL-Hauptprogramme geschrieben:

- für die Berechnung der Wellenausbreitung mit Hilfe der Strahlenoptik
- für die analytische Beschreibung der Raumverteilung des Refraktionskoeffizienten

Diese Programme werden am Terminal – nach Eingabe einiger Parameter und Steuerwerte – aktiviert. Sie erstellen in der ersten Phase die OR-Datei, in der mehrere Strahlenverläufe gespeichert sind (Strahlenbündel). Diese Datei wird durch die APL-Bildaufbereitungssoftware übernommen und am Bildschirm als Grafik abgebildet (siehe Fig. 5).

Die Grafik kann nun von verschiedenen Standpunkten aus beurteilt werden, zum Beispiel:

- Wie und wo wird die Feldenergie verdichtet, wo tritt Interferenz-Fading auf?
- Bei welcher Raumverteilung des Refraktionskoeffizienten kommt es zu Interferenz-Fading?

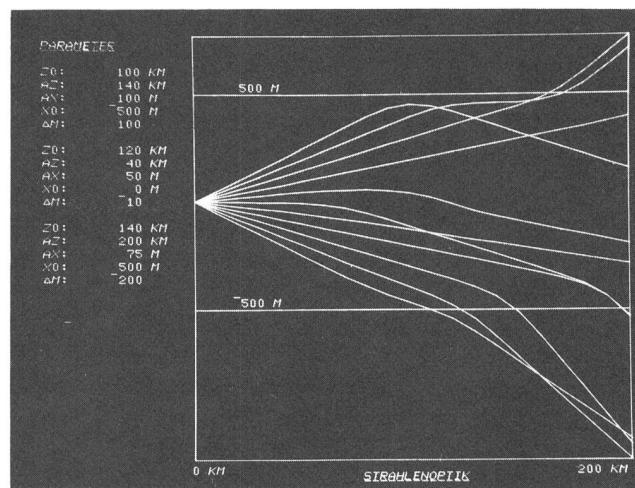


Fig. 5
Beispiel von berechneten Strahlengängen. Im Bild links oben die Parameter zur Beschreibung der Inhomogenitäten des Mediums

Der Verlauf des Dialogs (das heisst Dateneingabe, Antwort des Computers in Form eines Bildes, eine erneute Eingabe usw.) wird vom Sachbearbeiter, der die Strahlenoptikprogramme selbst entwickelt hat und seine Erfahrung und Intuition einsetzt, wesentlich geprägt.

Bemerkung: Die «normale» EDV-Lösung (ohne Grafik) würde bedeuten, dass man viele Seiten von Computerausgaben mit tabellierten Daten durchsuchen und unter Umständen die kritischen Fälle von Hand auf Papier auftragen müsste. Die dafür benötigte Zeit würde eine gründliche Untersuchung unmöglich machen.

Beispiel 3:

Als eine weitere Illustration der Möglichkeiten der APL-Programme für Bildausgabe haben wir ein Programm geschrieben, das eine beliebige, im Raum gegebene Fläche, die durch eine *analytische* Funktion $z = f(x, y)$ beschrieben ist, auf dem Bildschirm perspektivisch darstellen kann. Als Projektionsmethode wurde die schiefe Projektion auf z-y-Ebene gewählt. Das Programm enthält noch keinen Algorithmus für die Lösung des Problems der Sichtbarkeit. Die in Figur 6 dargestellte Fläche:

$$Z = \cos \sqrt{2^2 + y^2} \cdot \exp\{-0,1 \cdot \sqrt{2^2 + y^2}\}$$

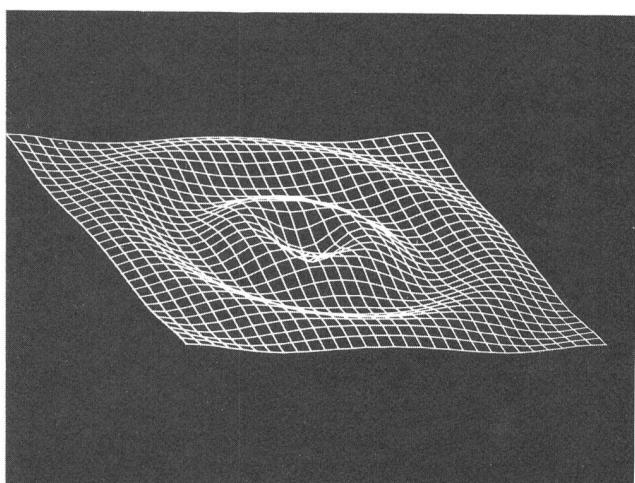


Fig. 6
Die im Beispiel Nr. 3 erwähnte analytische Fläche;
Definitionsbereich der Funktion: $-3,5\pi \leq x \leq 3,5\pi$ und
 $-3,5\pi \leq y \leq 3,5\pi$

Beispiel 4: Problemstellung

Für die Beurteilung der unerwünschten Seitenstrahlung von Antennen (Strahlungsdiagramm: $G = G(\Theta, f)$, $\Theta = \text{Strahlungswinkel}$, $f = \text{Frequenz}$) sucht man die Kurve $G' = G'(\Theta) \geq G(\Theta, f)$, die sogenannte *Majorante*. Diese soll eine mathematisch einfache Form aufweisen.

Methode

Mit Hilfe eines kurzen APL-Programms wird eine OR-Datei erstellt. Diese enthält die G-Werte (dB) und Θ -Werte (Grad) von Kurven 1...4 (für verschiedene Frequenzen zwischen 1 und 1,4 GHz); siehe Figur 7.

Diese Datei wird von BVS und TUS übernommen, und auf dem Bildschirm erscheinen zunächst die Kurven 1...4. Danach wird das Programm für *grafischen Input* aktiviert. Im GIN-Modus wird nun *eine neue Kurve* (Streckenzug) durch das Einstellen des Fadenkreuzes von *Hand* eingetragen. Dies ist die Abschätzung der gesuchten Majorante. Die Stützpunkte dieses Streckenzuges werden von TUS erfasst und in einer neuen OR-Datei tabelliert. Sie stehen für eine weitere Bearbeitung, etwa durch das sogenannte curvefitting zur Verfügung.

Beurteilung

Welche Art der Majorante dem Sachbearbeiter als die zweckmäßigste erscheint, entscheidet er selbst direkt im Verlaufe des interaktiven Verfahrens. Sollte diese Entscheidung durch Computerprogramme durchgeführt werden, würde schon die Aufstellung dieser Programme einen unverhältnismässig grossen Zeitaufwand erfordern. Aber auch in der eigentlichen Ablaufphase dieser Programme würden die entscheidenden Komponenten – nämlich die menschlichen Beurteilungs- und Kreativitätsfähigkeiten – fehlen.

5 Ausblick

Die zurzeit strengste Begrenzung der Möglichkeiten der APL-Sprache auf dem Gebiet der Computergrafik stellt die verhältnismässig kleine Kapazität des aktiven Arbeitsbereiches (Standart = 31 868 Bytes netto). Eine OR-Datei von beispielsweise 1000 Punkten benötigt $1000 \times 2 \times 8$ Bytes; eine durch die Eigenschaften des Systems während der Ausführungsphase bedingte Verdoppelung des Speicherbedarfs würde bereits zur Überfüllung des Arbeitsbereiches führen.

Es ist daher unmöglich, grössere und komplex strukturierte Dateien, so wie sie in der Computergrafik allgemein benötigt werden, dynamisch (das heisst unter Programm-kontrolle) zu generieren, zu mutieren und zum Terminal zu

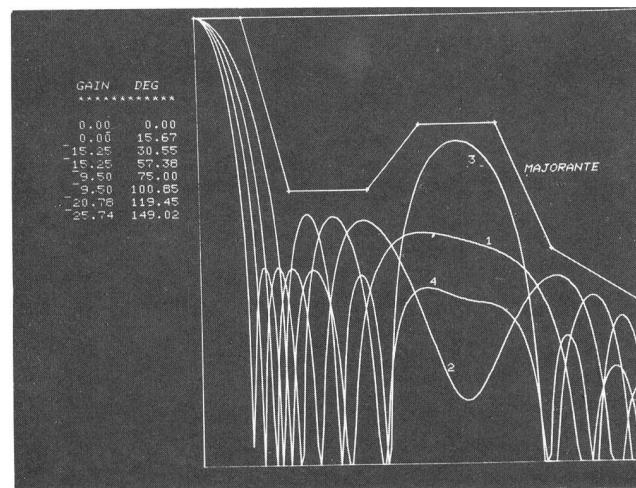


Fig. 7

Darstellung der gewählten Majorante für die Strahlungsdiagramme eines Antennen-Arrays. Im Bild links oben die vom Computer tabellierten Majorante-Stützwerte (OR-Daten)

übertragen, da jeder Zugriff zu einem *externen* Speicher (Diskeinheit) unter dem APL-360-System nur mit Hilfe von bestimmten, von *Hand* einzugebenden Instruktionen möglich ist.

Seit einiger Zeit besteht jedoch eine neue Version des APL-Systems, nämlich das APLSV-System (SV = shared variables). Dieses erlaubt einen solchen dynamischen Zugriff zu externen Datenträgern. Allerdings bleibt auch hier die aktive Kapazität auf einen Standardwert begrenzt, ob-schon eine Erweiterung technisch sehr einfach durchführbar ist.

Da die Einführung des APLSV-Systems beim Rechenzen-trum PTT (ERZ-PTT) eine noch offene Frage ist, wollen wir zu dieser Zeit keine Prognosen aufstellen.

Eine zweite Begrenzung der Flexibilität der APL-Computergrafik stellt die Datenübertragungsrate dar. Da die das Terminal steuernde Zeichenfolge (SL, siehe Fig. 2) nicht im Terminal gespeichert werden kann, um dann nur die allfälligen – unter Umständen – geringfügigen Änderungen über-tragen zu können, muss sie nach jeder Mutation neu über-mittelt werden. Daher die Anforderung der möglichst hohen Übertragungsgeschwindigkeit.

In der nächsten Zukunft wollen wir in den beiden offenen Fragen – des dynamischen Datei-Zugriffes und der Übertra-gungsgeschwindigkeit – einige grundsätzliche Versuche durchführen.