

Karl-Heinz Gosmann

Anwenderhandbuch HP-41C/CV

Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH



Karl-Heinz Gosmann

**Anwenderhandbuch
HP-41C/CV**

Karl-Heinz Gosmann

Anwenderhandbuch HP-41 C/CV

Mit 26 vollständigen Programmen
und deren Auflistung im Bar-Code



Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Gosmann, Karl-Heinz:

Anwenderhandbuch HP-41C/CV: mit 26 vollst.

Programmen u. deren Auflistung in Bar-Code/

Karl-Heinz Gosmann.

ISBN 978-3-528-04215-8 ISBN 978-3-322-93802-2 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-322-93802-2

Das hierin enthaltene Programm-Material ist mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Der Autor übernimmt infolgedessen keine Verantwortung und wird keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Art aus der Benutzung dieses Programm-Materials oder Teilen davon entsteht.

1983

Alle Rechte vorbehalten

© Springer Fachmedien Wiesbaden 1983

Ursprünglich erschienen bei Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig 1983

Die Vervielfältigung und Übertragung einzelner Textabschnitte, Zeichnungen oder Bilder, auch für Zwecke der Unterrichtsgestaltung, gestattet das Urheberrecht nur, wenn sie mit dem Verlag vorher vereinbart wurden. Im Einzelfall muß über die Zahlung einer Gebühr für die Nutzung fremden geistigen Eigentums entschieden werden. Das gilt für die Vervielfältigung durch alle Verfahren einschließlich Speicherung und jede Übertragung auf Papier, Transparente, Filme, Bänder, Platten und andere Medien.

Satz: I. Junge, Düsseldorf

ISBN 978-3-528-04215-8

Vorwort

Die Benutzer von Taschenrechnern werden durch den Trend zu immer leistungsfähigeren Produkten motiviert, stets noch weiterreichende Wünsche zu äußern. Noch sind die letzten Röhrenfernseher und Dampf radios aus der guten Stube nicht verschwunden, da ruft mancher bereits nach der IBM 360 in der Größe einer Streichholzschachtel und mit der Betriebszuverlässigkeit eines Radiergummis!

Ganz so weit sind wir aber noch nicht. Einerseits konnte durch die Minaturisierung und die Großserienherstellung von Bauteilen der Elektronik die Leistungsfähigkeit der Rechner stark anwachsen; besonders deutlich zeigte sich dies im stetigen Vergrößern des verfügbaren Speicherplatzes (RAM-Bereich), aber auch in den „ausgeklügelten“ Programmiermöglichkeiten, wie Speicherarithmetik, indirekte und relative Adressierung. Andererseits wurde als Folge der Miniaturisierung mit Read Only Memories (ROM) eine Verbesserung der Algorithmen erreicht, so daß die heutigen Taschen- und Kleinrechner einen derartig hohen technischen Standard besitzen, wie er vor 10 Jahren selbst von „ausgewachsenen“ Tischcomputern nicht erreicht wurde.

Einer dieser hochkomfortablen Rechner in Taschenformat ist der programmierbare Taschenrechner HP-41C/CV, der durch die Kombination mit zusätzlicher Peripherie zu einem außergewöhnlich leistungsfähigen und flexiblen Computersystem erweitert werden kann. Das einzigartige Tastenfeld des HP-41C/CV erlaubt dem Anwender, die Tasten und deren Funktionen seinen Kenntnissen und persönlichen Erfordernissen anzupassen. Die eingegebenen Daten und Programme bleiben durch einen „Permanent-Speicher“ auch nach dem Abschalten des Rechners gespeichert. Über die Ein-/Ausgabeanschlüsse (bidirektionale Datenanschlüsse) können Peripheriegeräte (z.B. Drucker, Kartenleser, Bar-Code-Leser), sowie Software-Module mit einer Speicherkapazität bis 8K BYTE pro Modul angeschlossen werden.

Ziel dieses Anwenderhandbuches ist es, dem Benutzer ein Arbeitsmittel in die Hand zu geben, um die täglichen Routineberechnungen und die daraus resultierenden Programme zu optimieren. An zahlreichen Beispielen und Aufgabenstellungen aus den Anwendungsbereichen der Natur- und Wirtschaftswissenschaften wird nach einer kurzen Einführung in die Theorie der jeweiligen Problemstellung der Lösungsalgorithmus entwickelt, das Programm dargestellt und ausführlich dokumentiert. Die dabei entwickelten Programmier-techniken haben den Zweck, die Erstellung spezieller, auf die eigene Problemstellung zugeschnittener Programme zu erleichtern. Bei den verwendeten Aufgabenstellungen wurden die mathematischen Kenntnisse möglichst gering gehalten; deshalb kann dieses Anwenderhandbuch von Ingenieuren, Lehrern, Studenten, Schülern der Sekundarstufe II, sowie von allen, die Spaß am Programmieren haben, nutzbringend eingesetzt werden.

Dieses Anwenderhandbuch wendet sich auch an die Benutzer des Rechners, die mit der Bedienung des HP-41C/CV gewisse Schwierigkeiten haben. In Abschnitt I wird deshalb auf das manuelle Rechnen und die Handhabung des Rechners eingegangen. An einer Reihe von Beispielen und Diagrammen werden der Rechneraufbau, die Rechenabläufe und die vier Rechner-Modi gezeigt. Allerdings werden dabei wie auch in den folgenden Abschnitten die Grundregeln für die Bedienung des Rechners als bekannt vorausgesetzt.

Die Abschnitte II und III behandeln die einzelnen Programmiertechniken, sowie die Einführung in die synthetische Programmierung. Abschnitt IV schließlich, weist den Leser anhand von Programmen in die Anwendungsmöglichkeiten des HP-41C/CV-Computersystems ein. Sämtliche Programme liegen in Form von Barcode-Listen vor (Abschnitt V), so daß sie direkt mit dem Bar-Code-Leser in den Rechner eingelesen werden können. In diesem Anwenderhandbuch wurde auf eine ausführliche Beschreibung der Peripheriegeräte verzichtet, da sie den Umfang des Buches sprengen würden.

Dank gebührt Herrn Dipl.-Kfm. Georg Enders für das Korrekturlesen des Manuskriptes, sowie Herrn Klaus Böttner für die Übernahme des Teils der synthetischen Programmierung. Weiter habe ich Fräulein Annegret Patzelt für die Übernahme der Zeichen- und Schreibarbeiten zu danken. Schließlich möchte ich den Mitarbeitern der Firma Helwett-Packert für fruchtbringende Fachdiskussionen und den Mitarbeitern im Verlag Vieweg für gute Zusammenarbeit bei der Herstellung des Buches danken.

Karl-Heinz Gosmann

Büdingen, August 1982

Inhaltsverzeichnis

1.	Manuelles Rechnen	1
1.1	Anzeigenkorrektur und Löschbefehle	1
1.2	HP-41C-Konfiguration	2
1.2.1	Stack-Register	2
1.2.2	LAST X-Register	3
1.2.3	Alpha-Register	4
1.2.4	Hauptspeicher	4
1.2.5	Programmspeicher	5
1.2.6	Datenspeicher	6
1.3	Die Funktionsverzeichnisse	9
1.4	Ausführung von Funktionen	11
1.4.1	Funktionen einer Veränderlichen	12
1.4.2	Funktionen von zwei Veränderlichen	12
1.5	Übungsaufgaben	16
1.6	Alpha-Modus	18
1.7	User-Modus	19
2.	Programmierung	21
2.1	Grundlagen des Programmierens	21
2.1.1	Grundsätzliches	21
2.2	Programmaufbau	21
2.2.1	Lokale Marken	21
2.2.2	Globale Marken	21
2.2.3	Programmzeilen	22
2.2.4	Programmausführung	22
2.3	Programmkorrektur	24
2.4	Programmunterbrechungen	25
2.5	Entwickeln eines Flußdiagrammes	26
2.6	Programmverzweigungen	26
2.6.1	Vergleichsoperationen und bedingte Programmverzweigung	29
2.7	Steuerung von Programmschleifen	35
2.8	Unterprogramme	37
2.8.1	Grenzen bei der Verwendung von Unterprogrammen	40
2.8.2	Standard-Unterprogramm-Routinen	41
2.9	Flags	45
2.9.1	HP-41C/CV Anwender und Systemflags	47
2.10	Indirekte Adressierung	50
3.	Synthetische Programmierung	53
3.1	Interner Aufbau des HP-41C/CV	53
3.1.1	Daten- und Programmregister	53
3.1.2	Statusregister	54
3.1.3	Der RAM-Bereich	55

3.2	Was ist synthetische Programmierung?	55
3.2.1	Die Hex-Code-Tabelle	56
3.2.2	Arbeitsweise des Byte Jumpers	57
3.3	Anwendungsmöglichkeiten	58
3.4	Direktzugriff auf ROMs	59
3.4.1	Speicherung von Daten in ROMs	60
3.4.2	Aufbau des Adresspointers	60
3.5	Programmbeispiel	61
4.	Anwendungen	70
4.1	Anwendungen mit dem Drucker 82143A	70
4.1.1	Vorstellung des Druckers 82143A	70
4.1.2	Plotten von 2 Variablen	71
4.1.3	Biorhythmus	73
4.1.4	Wortratespiel	77
4.1.5	Kalender	80
4.2	Mathematik	82
4.2.1	Sortieren von Daten	82
4.2.2	Primfaktorzerlegung	84
4.2.3	Numerische Integration	85
4.2.4	4 X 4 Matrix	90
4.2.5	Fourier-Analyse	95
4.3	Elektrotechnik	99
4.3.1	Bode-Diagramm von Butterworth- und Tschebyscheff-Filtern	99
4.3.2	Entwurf von Butterworth- und Tschebyscheff-Filtern	103
4.3.3	Entwurf aktiver Filter	111
4.3.4	Eingangsimpedanz einer verlustbehafteten Übertragungsleitung	113
5.	Bar-Codes	118
5.1	Was sind Bar-Codes?	118
5.2	Aufbau des HP-Bar-Code	120
5.2.1	Bar-Code-Typen	121
5.2.2	Bestimmung der Prüfsumme	128
5.3	Erzeugung von Bar-Codes	130
5.4	Bar-Code-Tastenfeld des HP-41C/CV	132
5.5	Programmauflistung in Bar-Code	134
	Literaturverzeichnis	172
	Sachwortverzeichnis	173

1 Manuelles Rechnen

Die Vorstufe zur Programmierung ist das sichere manuelle Rechnen und die Handhabung des Rechners. An einer Reihe von Beispielen und Diagrammen sollen der Rechneraufbau, die Rechenabläufe und die vier Rechner-Modi gezeigt werden. Diese Kenntnisse sind erforderlich, um Programme zu erstellen und so den Rechner für eigene Problemlösungen optimal einsetzen zu können.

1.1 Anzeigenkorrektur und Löschbefehle

Wenn Sie Ihren HP-41C einschalten und Zahlen oder Alphazeichen eingeben, erscheint in der Anzeige ein Unterstreichungszeichen. Dieses Zeichen gibt an, daß Ihre Eingabe noch nicht beendet ist. Bei Fehleingabe einer Zahl oder eines Alphazeichens haben Sie die Möglichkeit, mit der Taste [←] (Korrektur) die Löschung der am weitesten rechts stehenden Ziffer bzw. des am weitesten rechts stehenden Zeichens durchzuführen.

Im Normal-Modus löscht ■ [CLX] den gesamten Inhalt des X-Registers und ersetzt ihn durch Null.

Im Alpha-Modus löscht ■ [CLA] das gesamte Alpha-Register, auch den Teil, der nicht in der Anzeige zu sehen ist.

Erscheint kein Unterstreichungszeichen in der Anzeige (wenn die Zahlen-/Zeicheneingabe abgeschlossen wurde), hat die Taste [←] dieselbe Wirkung wie ■ [CLX] oder ■ [CLA].

Um sämtliche Speicherregister, Programme sowie alle Informationen zu löschen, die das Continuous Memory aufrecht erhält, gehen Sie wie folgt vor:

1. Schalten Sie den Rechner aus.
2. Halten Sie [←] gedrückt und drücken Sie [ON].
3. Lassen Sie [←] los.

In der Anzeige erscheint MEMORY LOST; der HP-41C/CV ist so auf seine Ausgangskonfiguration gesetzt.

1.2 HP-41C-Konfiguration

Software-Module
(ROM)

ROM 31

•
•
•

ROM 2

ROM 1

Erweiterungs-Module
(RAM)

M4 – Port 4

M3 – Port 3

M2 –Port 2

M1 – Port 1

R318

ROO

Datenspeicher
durch SIZE
wählbar

Programm-
speicher

unbenutzter
Speicher

Tasten-
zuordnungen

Peripherie-
Geräte

?

82153A
Bar-Code-Leser

82143A
Thermodrucker

82104A
Kartenleser

.END.

1.2.1 Stack-Register

Die von HP verwendeten Rechenregister-Stapel, Stack-Register genannt, sind wie folgt angeordnet:

Speicher- und
Duplizierregister

T

Speicherregister

Z

Rechen- und
Speicherregister

Y

Anzeige- und
Rechenregister

X-Register

Anzeige

LAST
X-Register

ALPHA-
Register

Bei der Eingabe einer Zahl wird diese im X-Register angezeigt und gespeichert. Durch Drücken von [ENTER↑] wird der Inhalt vom X- in das Y-Register kopiert, wobei der Ursprungswert zur optischen Kontrolle im X-Register bestehen bleibt. Automatisch werden die Inhalte der anderen Stack-Register um eine Stufe nach oben verschoben (automatischer Stack-Lift). Nun kann eine weitere Variable eingegeben werden, die den Inhalt des X-Registers überschreibt. Wird eine der Funktionstasten ([+], [−], [×], [÷]) gedrückt, so wird diese Operation zwischen den Inhalten des X- und Y-Registers ausgeführt. Das Ergebnis steht im X-Register und wird direkt angezeigt.

Außerdem schiebt der Rechner nach Ausführung einer dieser Funktionen die Inhalte der Stack-Register selbständig um eine Position nach unten. Zur bildlichen Veranschaulichung betrachten Sie die Inhalte der Stack-Register bei der Berechnung von $4 \times (3,4 + 2) \times (1,8 \times 5)$:

T											
Z					5,4	5,4					
Y		3,4	3,4		5,4	1,8	1,8	5,4		48,6	
X	3,4	3,4	2	5,4	1,8	1,8	5	9	48,6	4	194,4

Taste 3,4 [ENTER↑] 2 [+] 1,8 [ENTER↑] 5 [×] [×] 4 [×]

Aus diesem Beispiel ist ersichtlich, wie [ENTER↑] zwei aufeinanderfolgend eingegebene Zahlen trennt und wie die Inhalte des Stacks automatisch verschoben werden. Zusätzlich ergibt sich die Möglichkeit, durch die Funktionen [R↓], [R↑], [$x \leftrightarrow y$] gespeicherte Zwischenergebnisse umzuordnen, ohne daß die Zahlen neu eingegeben werden müssen.

Die Besonderheiten des T-Registers

Wie Sie bereits gesehen haben, wurden durch Verknüpfung der beiden Register X und Y die Inhalte der anderen Register um eine Position nach unten verschoben. Demnach wird der Inhalt von T nach Z, von Z nach Y usw. verschoben. Da kein neuer Wert in das T-Register nachrücken kann, wird der Inhalt des T-Registers kopiert und bleibt dadurch gleichzeitig im T-Register erhalten. Diese sogenannte „Stack“-Bewegung kann dazu verwendet werden, eine Konstante in eine Rechnung einzufügen. Dazu ist es erforderlich, zunächst die gewünschte Konstante über das Tastenfeld und dreimaliges Drücken der Enter-Taste in das T-Register zu heben. Die Konstante steht dann über die R↓-Taste zur Verfügung, solange sie benötigt wird.

1.2.2 LAST X-Register

Neben den vier Registern X, Y, Z und T, die den automatischen Stack bilden, verfügt der HP-41C/CV über ein weiteres Register, das sogenannte LAST X-Register. Dort befindet sich jeweils der Wert, der sich vor der Ausführung der letzten Funktion im angezeigten X-Register befand. Wenn Sie diesen Wert in das Anzeigeregister X zurückrufen möchten, drücken Sie ■ [LAST x]. Diese Taste wird häufig beim Korrigieren von Fehlern, wie das versehentliche Drücken einer falschen Funktionstaste, verwendet. Wird eine Zahl öfter benötigt (Konstante), so kann für solche Rechnungen das LAST X-Register verwendet werden. Sie können sich so das erneute Eintasten der Zahl ersparen, indem Sie den Wert aus dem LAST X-Register in die Anzeige (X-Register) zurückrufen.

1.2.3 Alpha-Register

Das Alpha-Register ist ein separates Register, das die Alpha-Zeichen des Alpha-Tastenfeldes aufnehmen kann. Das Alpha-Register kann maximal 24 Alpha-Zeichen enthalten; dabei zählen auch Punkt, Doppelpunkt, Komma und Leerzeichen als ein Zeichen. Befindet sich der Rechner im Alpha-Modus, so kann die Anzeige nur 12 Zeichen des Alpha-Registers gleichzeitig anzeigen (bzw. 11 plus das Unterstreichungszeichen; jedoch zählen hierbei Punkt, Doppelpunkt, Komma nicht dazu, da sie zwischen den anderen Zeichen stehen).

1.2.4 Hauptspeicher

Der Hauptspeicher des HP-41C/CV wird zur Datenspeicherung (Zahlen, Ergebnisse, Konstanten, Alphazeichen etc.), Programmspeicherung und der Speicherung der User-Modus-Tastenzuordnung verwendet. Der Anwender kann die Aufteilung Programm- und Datenspeicher durch die Funktion SIZE, aufgerufen durch [XEQ] [ALPHA] SIZE [ALPHA], selbst bestimmen. Dabei verlangt SIZE die Eingabe einer dreistelligen Zahl (00 bis 318), die dann die Anzahl der zum Datenspeicher zugewiesenen Register festlegt.

In der Grundkonfiguration des HP-41C hat der Anwender auf 63 Register zu je 7 Byte direkten Zugriff. Wenn der Anwender nicht durch SIZE eingreift, setzen sich diese aus 17 Datenspeicher- und 46 Programmspeicherregister zusammen. Das 64. Register enthält eine End-Anweisung, die der Rechner für das Ende seiner Programmausführung benötigt.

Jedes zusätzliche Speichererweiterungs-Modul, das in den Rechner eingesteckt wird, vergrößert den Hauptspeicher um weitere 64 Register. Mit dem Einstecken von bis zu vier Speichererweiterungs-Modulen kann so der Hauptspeicher auf maximal 319 Register $\hat{=}$ 2237 Byte erweitert werden. Es ist wichtig, daß beim Anschluß von Peripherie-Geräten die Speichererweiterungs-Module zuerst in Buchse 1, dann in Buchse 2 usw. eingesteckt werden. Weitere Peripherie-Geräte sollten in die höher nummerierten Buchsen gesteckt werden.

Rechner und zusätzlich . . . Speichererweiterungs-module	höchste Anzahl verfügbarer Daten-speicher-	Anfangskonfiguration Zuweisung als		höchste Anzahl verfügbarer Programm-speicher-register
		Daten-speicher-register	Programm-speicher-register	
Grundgerät	63	17	46	63 (445 Bytes)
1 Modul	127	81	46	127 (893 Bytes)
2 Module	191	145	46	191 (1341 Bytes)
3 Module	255	209	46	255 (1789 Bytes)
4 Module	319	273	46	319 (2237 Bytes)

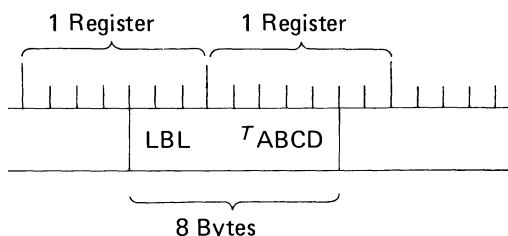
Da der HP-41C über vier Buchsen für Erweiterungsmöglichkeiten verfügt, werden bereits bei voller Ausbaustufe (Erweiterung auf 319 Register) sämtliche Buchsen belegt, so daß keine Peripherie-Geräte mehr angeschlossen werden können.

Die Tabelle auf der vorhergehenden Seite zeigt die Grundkonfiguration des HP-41 C und die Ausbaustufen mit den zugehörigen Wahlmöglichkeiten für die Anzahl der Datenspeicher- und Programmspeicherregister.

Wird der gesamte Hauptspeicher (also die maximale Ausbaustufe) benötigt, so ist es ratsam, einen HP-41 CV (enthält in der Grundkonfiguration 319 Register) oder ein Quadro-Speichererweiterungs-Modul (mit 256 Registern) zu benutzen, da dann vier bzw. drei Anschlüsse für weitere Peripheriegeräte zur Verfügung stehen.

1.2.5 Programmspeicher

Wird ein Teil des Speicherplatzes dem Programmspeicher zugewiesen, so speichert der Rechner in diese Register die Programminformationen ab. Jedes Speicherregister enthält sieben Bytes. Wird eine einzelne vollständige Operation in den Programmspeicher eingegeben, so wird diese als Anweisung oder Zeile bezeichnet. Diese Zeilen werden fortlaufend nummeriert, wobei jedes Programm mit Zeile 1 beginnt. Die Anzahl der Programmzeilen hängt von der Anzahl der Funktionen, Zahlen und Alpha-Ketten ab. Jede Programmzeile kann bis zu 15 Bytes enthalten. Die Bytes, die durch eine Anweisung in einer Programmzeile belegt werden, müssen nicht unbedingt im selben Register enthalten sein. In der folgenden Abbildung belegt z. B. die Anweisung $LBL^T ABCD$ die letzten drei Bytes in einem Register und die ersten fünf Bytes im nächsten Register. Die restlichen verbleibenden Bytes in diesem Register werden durch die nächste Anweisung belegt.



Es ist möglich, daß einige Bytes in einem Register unbelegt bleiben. Dies geschieht dann, wenn Anweisungen, die in einem Register Bytes belegten, gelöscht und Funktionen, Zahlen oder Alpha-Ketten in ein Programm eingefügt werden. Sind bei Einfügen einer Anweisung an der betreffenden Stelle keine unbenutzten Bytes vorhanden, so werden sämtlich folgende Anweisungen um sieben Bytes nach unten im Programm verschoben. Sämtliche im Programmspeicher unbenutzten Bytes können durch die Funktionen [XEQ] [ALPHA] PACK [ALPHA] oder ■ [GTO] [·] [·] gepackt werden. Dabei werden die Anweisungen im Programm nach oben in unbenutzte Bytes geschoben. So werden je nach Anzahl freier Bytes zusätzliche Register zur Programmspeicherung verfügbar. Die Meldung, daß keine freien Programmspeicher mehr verfügbar sind, erfolgt durch TRY AGAIN in der Anzeige. Zunächst hilft dann das vorher erwähnte Packen. Sollte dann der Programmspeicher trotz des Packens voll sein und werden für weitere Programmzeilen zusätzliche Register benötigt, muß mit SIZE die dem Programmspeicher ursprünglich zugewiesene Registeranzahl erhöht werden. Dabei ist aber zu beachten, daß SIZE die Anzahl der Datenspeicherregister festlegt und deshalb mit SIZE_ _ _ deren verringerte Anzahl einzugeben ist. Nach jedem Packen zeigt der Rechner die Anzahl der noch verfügbaren Programmspeicherregister an.

Wenn Sie noch keine Programme gespeichert und auch durch SIZE nicht die ursprüngliche Speicherzuweisung verändert haben, zeigt deshalb der Rechner im PRGM-Modus auf ■ [GTO] [·] [·] in der Anzeige 00 REG 46.

1.2.6 Datenspeicher

Die Speicherregister des HP-41C/CV dienen dem Abspeichern und Zurückrufen von Daten und Alpha-Ketten, die in späteren Berechnungen oder Programmen benötigt werden. Sämtliche Informationen im Speicherregister bleiben durch den Permanent-Speicher auch nach Abschalten des Rechners erhalten. Wird der Versuch unternommen, in ein Register zu speichern oder aus einem Register, das bei einer gegebenen Speicherplatzzuordnung nicht vorhanden ist, Daten zurückzurufen, erscheint die Meldung NONEXISTENT in der Anzeige. Werden mehr Datenregister benötigt, als vorhanden sind, so muß die Zuweisung zu Lasten der Programmspeicherregister verändert werden. Es genügt in diesem Fall durch SIZE_ _ _ die Anzahl der Datenspeicherregister neu festzulegen.

Um eine Zahl, die im X-Register steht, in einen der Datenspeicher zu schreiben, drücken Sie [STO] und geben anschließend die gewünschte Registeradresse (00 bis 99) an. Die Adresse muß aus zwei Ziffern, z. B. 05, 08 oder 45 bestehen. Mit dem HP-41C und dessen Grundkonfiguration können Sie als Registeradresse natürlich nur den Bereich 00 bis 16 wählen. Die Operation wird ausgeführt, nachdem Sie die zweite Ziffer eingegeben haben. Zu beachten ist, daß die ersten 100 Datenregister (00 bis 99) direkt adressiert werden können (man spricht deshalb von Primär-Datenregistern) und die restlichen Datenregister indirekt (siehe 2.10).

Das Zurückrufen von Daten aus den Speicherregistern in das angezeigte X-Register geschieht auf ähnliche Weise wie die Abspeicherung: Um eine Zahl aus einem Primär-Datenregister (00 bis 99) zurückzurufen, drücken Sie [RCL] mit der entsprechenden Registeradresse. Die Adresse muß ebenfalls aus zwei Ziffern, z. B. 05, 08 oder 45 bestehen. Der Rückruf eines Wertes aus einem Datenspeicher verändert den gespeicherten Wert nicht.

Bei Berechnung des Wertes

$$z = 4 \times \left(0,5 + \frac{3 \times \pi}{4} \right) + \frac{3}{5 + \frac{1}{2} \times \left(0,5 + \frac{3 \times \pi}{4} \right)} - 2 \times \left(0,5 + \frac{3 \times \pi}{4} \right)^2 + \frac{7}{0,5 + \frac{3 \times \pi}{4}}$$

ist zu beachten, daß der Term $0,5 + 3 \times \frac{\pi}{4}$ an vier verschiedenen Stellen der Gleichung steht. Es erscheint daher sinnvoll, die Berechnung in zwei wesentlich einfachere Teilrechnungen aufzugliedern.

$$y = 0,5 + \frac{3 \times \pi}{4}$$

$$z = 4 \times y + \frac{3}{5 + \frac{y}{2}} - 2 \times y^2 + \frac{7}{y}$$

Den Zahlenwert y können Sie im Rechner in einem der Datenspeicher aufbewahren und von dort jederzeit zur Weiterverarbeitung wieder in das X-Register zurückrufen.

1. Abspeichern des Zahlenwertes y

■ $[\pi] 3 [x] 4 [\div] 0,5 [+]$ [STO] 00. Der Wert für y (hier = 2,8562), der nicht abgelesen werden muß, steht im Speicher 00.

2. Berechnung von z

[RCL] 00; 2 $[\div]$ 5 $[+]$ $[\frac{1}{x}]$ 3 $[x]$

(In der ersten Zeile kann [RCL] 00 fehlen, da der Wert im X-Register steht)

[RCL] 00; 4 $[x]$ $[+]$

[RCL] 00 ■ $[x^2]$ 2 $[x]$ $[-]$

7 [RCL] 00 $[\div]$ $[+]$

Als Ergebnis erscheint $z = -1,9734$ (falls als Anzeigeformat das Festkommaformat mit 4 Dezimalstellen gewählt wurde).

Um sämtliche Speicher zu löschen, wird die Funktion CLRG ausgeführt. Soll nur ein einzelner Speicher gelöscht werden, so geschieht das durch Einspeichern des Wertes 0. Für einzelne Speichergruppen gelten Sonderregelungen, die hier nicht näher erläutert werden sollen.

Beispiel 1-1

Es soll eine Quadratwurzel $x = \sqrt{a}$ (ohne Benutzung der Taste \sqrt{x}) berechnet werden. Ist x_1 ein erster grob geschätzter Näherungswert für x, dann berechnen Sie den zweiten Näherungswert nach der Vorschrift

$$x_2 = \frac{3a + x_1^2}{3x_1 + \frac{a}{x_1}}$$

Den errechneten Wert x_2 nehmen Sie als neuen Ausgangswert für eine weitere Rechnung usw. Rechnungsmethoden dieser Art, die in der numerischen Mathematik häufig benutzt werden, nennt man Iterationsmethoden bzw. -verfahren. Die Folge $x_1, x_2, x_3 \dots$, die man nach der obigen Vorschrift erhält, konvergiert gegen den Grenzwert $x = \sqrt{a}$.

Für $a = 6,5$ mit dem geschätzten Anfangswert $x_1 = 2$ wird die Rechnung so oft iteriert, bis die gewünschte Genauigkeit erreicht ist.

Speicherplan: $a \rightarrow (01) = 6,5$
 $x \rightarrow (02) = 2$

Anzeigeformat: Festkommaformat mit 9 Dezimalzahlen ■ [FIX] 9

Nachdem a und x_1 eingespeichert wurden, benutzen Sie die Tastenfolge:

[RCL] 01 [RCL] 02 $[\div]$ 3 [RCL] 02 $[x]$ $[+]$ $[\frac{1}{x}]$

3 [RCL] 01 $[x]$ [RCL] 02 ■ $[x^2]$ $[+]$ $[x]$ [STO] 02.

Nach diesem Rechengang steht jetzt im Speicher (02) der Wert von x_2 . Eine Wiederholung des Rechenganges führt dann zu x_3 usw.

Sie erhalten auf diese Weise als erste vier Glieder der Folge:

2,000000000; 2,540540540; 2,549509729; 2,549509757.

Speicherarithmetik

Bei den Rechnern HP-41C/CV werden mathematische Operationen in der Regel zwischen den Werten x im X-Register und y im Y-Register durchgeführt. Zusätzlich ist es jedoch möglich, mathematische Operationen zwischen dem x-Wert im X-Register und dem Inhalt eines Datenspeichers mn direkt durchzuführen. Diese Methode kann zu wesentlichen Verkürzungen der Programme führen, da sie die direkte Bildung von Summen, Differenzen, Produkten und Quotienten in den Speichern möglich macht.

Die Wirkung der vier erweiterten Einspeicherungsbefehle ist wie folgt:

Die Anweisung

[STO] [+] mn

addiert zu dem Wert, der im Speicher mn enthalten ist, den Wert des X-Registers (Anzeige) und speichert das Ergebnis (Summe) im Speicher mn ab,

[STO] [÷] mn

dividiert den Wert, der im Speicher mn enthalten ist, durch den Wert des X-Registers und speichert das Ergebnis (Quotient) im Speicher mn ab.

Entsprechendes gilt für [STO] [−] mn und [STO] [×] mn. Der Wert im X-Register bleibt dabei immer erhalten.

Beispiel 1-2

Von den natürlichen Zahlen 1 bis 6 sollen die Summe, die Summe der Quadrate und die Summe der dritten Potenzen gebildet werden. Zwischensummen und Ergebnisse werden in den Speichern 00, 01 und 02 gebildet. Vorher werden die Speicher mit der Funktion CLRG von möglichen vorherigen Werten gelöscht. Die Befehlsfolge, die mit den sechs Ausgangswerte durchgeführt werden muß, heißt:

1 [STO] [+] 00 [↑] ■ [x²] [STO] [+] 01 [×] [STO] [+] 02

2 [STO] [+] 00 – – –

Nach Ausführung der sechsten Zeile finden Sie die Ergebnisse durch [RCL] 00, [RCL] 01 und [RCL] 02, nämlich 21,91 und 441. Sie werden später sehen, daß diese Methode gerade in einem Programm sehr vorteilhaft ist.

Abspeichern und Rückruf von Daten im Stack-Register

Daten lassen sich auch im Stack-Register abspeichern. Die entsprechende Adresse X, Y, Z, T und L (Last X-Register) wird durch

[STO] [·] [X] bzw. [STO] [·] [Y] usw.

gewählt. Dabei bedeutet [·] die Dezimalpunktaste. Für X, Y, Z, T, L ist es in diesem Fall nicht erforderlich, den Alpha-Modus zu wählen; es genügt, diejenigen Tasten zu drücken, die blau mit den entsprechenden Buchstaben beschriftet sind.

Der Rückruf in die Anzeige erfolgt z. B. durch

[RCL] [·] [Z]

1.3 Die Funktionsverzeichnisse

Der HP-41C verfügt über drei Funktionsverzeichnisse:

Catalog 1 (CAT 1)

Dieses Verzeichnis enthält eine Liste aller globalen Marken und End-Anweisungen der vom Anwender geschriebenen Programme.

Catalog 2 (CAT 2)

Dieses Verzeichnis enthält eine Liste sämtlicher Funktionen und Programme der Peripherie-Geräte, die zusätzlich an den Rechner angeschlossen sind (z. B. Kartenleser, Drucker, Software-Module). Die Liste dieser Funktionen ist nach den jeweiligen Erweiterungen gruppiert.

Catalog 3 (CAT 3)

Dieses Verzeichnis enthält eine alphabetisch geordnete Liste aller Standardfunktionen, die im Rechner integriert sind.

Funktion	Bezeichnung	Funktion	Bezeichnung
+	Addition	CLRG	Löschen sämtlicher Speicherregister
—	Subtraktion	CLΣ	Löschen der Statistik-Register
×	Multiplikation	CLST	Löschen der Stack-Register
/	Division	CLX	Löschen des X-Registers
1/X	1 durch X (Kehrwert)	COPY	Kopieren von Software-Modul-Programmen
10↑X	10 hoch X	COS	Kosinus
ABS	Absolutwert	D-R	Grad-Bogenmaß-Umwandlung
ACOS	Arcus cosinus	DEC	Oktal-Dezimal-Umwandlung
ADV	Papiervorschub	DEG	Grad-Modus
AOFF	Alpha aus	DEL	Löschen von Programmzeilen
AON	Alpha ein	DSE	Dekrement und Sprung, wenn gleich
ARCL	Alpha zurückrufen	END	Programmende
ASHF	Alpha nach links schieben	ENG	Technisches Anzeigeformat
ASIN	Arcus sinus	ENTER↑	Y-Register
ASN	Zuordnen	E↑X	Exponentialfunktion zur Basis e
ASTO	Alpha speichern	E↑X—1	Exponentialfunktion für Argumente nahe 0
ATAN	Arcus tangens	FACT	Fakultät
AVIEW	Alpha betrachten	FC?	Flag gelöscht?
BEEP	Summer	FC?C	Flag gelöscht — Abfrage und Flag löschen
BST	Einzele Schritt zurück		
CAT	Verzeichnisausgabe		
CF	Löschen der Flageingabe		
CHS	Vorzeichenwechsel		
CLA	Löschen des Alpha-registers		
CLD	Löschen der Anzeige (Umkehrung von VIEW bzw. AVIEW)		
CLP	Löschen eines Programmes		

Funktion	Bezeichnung	Funktion	Bezeichnung
FIX	Festkomma-Eingabe	PSE	Pause
FRC	Dezimalteil einer Zahl	R↑	zyklisches Vertauschen nach oben
FS?	Flag gesetzt?	R-D	Bogenmaß-Grad-Umwandlung
FS?C	Flag gesetzt – Abfrage und Flag löschen	R-P	Koordinaten-Umwandlung (rechtwinklig → polar)
GRAD	Neugrad-Modus	RAD	Radian-Modus
GTO	Sprungbefehl	RCL	Zurückrufen
HMS	Umwandlung von Dezimalstunden in Stunden, Minuten, Sekunden	RDN	zyklisches Vertauschen nach unten
HMS+	Addition von Stunden, Minuten, Sekunden	RND	Rundung
HMS–	Subtraktion von Stunden, Minuten, Sekunden	RTN	Rücksprung
HR	Umwandlung von Stunden, Minuten, Sekunden in Dezimalstunden	SDEV	Standardabweichung
INT	ganzzahliger Teil einer Zahl	SCI	Wissenschaftliches Anzeigeformat
ISG	Inkrement und Sprung, wenn größer	SF	Setzen eines Flag
LASTX	Zurückrufen des Last X-Registers	Σ+	Summe plus
LBL	Programmarke	Σ–	Summe minus
LN	Natürlicher Logarithmus	ΣREG	Definieren des Statistikblocks
LN1+X	Natürlicher Logarithmus für Argumente nahe 1	SIN	Sinus
LOG	Dekadischer Logarithmus	SIGN	Vorzeichen von X
MEAN	Mittelwert	SIZE	Speicherregisterzuweisung
MOD	Modulo (Rest)	SQRT	Quadratwurzel
OCT	Dezimal-Oktal-Umwandlung	SST	Einzelschritt vorwärts
OFF	Strom aus	ST+	Registerarithmetik (Addition)
ON	Strom ständig ein	ST–	Registerarithmetik (Subtraktion)
P-R	Koordinaten-Umwandlung (polar → rechtwinklig)	ST/	Registerarithmetik (Division)
PACK	Packen des Programmspeichers	ST*	Registerarithmetik (Multiplikation)
%	Prozent	STO	Speichern
%CH	Berechnung prozentualer Unterschiede (Δ%)	STOP	Stop
PI	Pi, π	TAN	Tangens
PROMPT	Textausgabe	STONE	Tonhöhe des Summers
		VIEW	Betrachten der Registerinhalte
		X=0?	Abfrage ob X gleich Null
		X≠0?	Abfrage ob X ungleich Null
		X<0?	Abfrage ob X kleiner als Null

Funktion	Bezeichnung	Funktion	Bezeichnung
$X \leq 0?$	Abfrage ob X kleiner oder gleich Null	$X \leq Y?$	Abfrage ob X kleiner oder gleich Y
$X > 0?$	Abfrage ob X größer als Null	$X \diamond$	X austauschen mit anzugebenden Registern
$X = Y?$	Abfrage ob X gleich Y	$X < > Y$	X austauschen mit Y
$X \neq Y?$	Abfrage ob X ungleich Y	XEQ	Ausführen
$X < Y?$	Abfrage ob X kleiner als Y	$X \uparrow 2$	X hoch 2 (Quadrat)
		$Y \uparrow X$	Y hoch X (Potenzen)

Wenn Sie ■ [CATALOG] drücken, gefolgt von 1, 2 oder 3, wird das entsprechende Verzeichnis aufgelistet. Durch Drücken einer beliebigen Taste, mit Ausnahme von [ON] und [R/S], wird die Taktfrequenz verlangsamt. [R/S] hält die Auflistung an. Dann kann durch [SST] oder ■ [BST] die nächste bzw. vorherige Zeile des Verzeichnisses in die Anzeige gebracht werden. Durch nochmaliges Drücken von [R/S] wird der Ablauf fortgesetzt.

1.4 Ausführung von Funktionen

Der HP-41C/CV verfügt über 130 Funktionen und Operationen, von denen 68 durch das Drücken einer Funktionstaste unmittelbar ausgeführt werden können. Die restlichen Funktionen werden entweder durch Aufruf in die Anzeige oder durch vorausgegangene Tastenzuordnung im User-Modus ausgeführt. Funktionen, die unmittelbar über eine Taste aufgerufen werden können, werden im folgenden stets in eckige Klammern gesetzt, z. B. [$1/x$]; wo ein Aufruf über [XEQ] bzw. [ASN] erforderlich ist, wird nur der Funktionsname in Großbuchstaben genannt, z. B. SIZE.

Sie drücken [XEQ] und geben dann im Alphamodus die Funktionsbezeichnung ein; z. B.

[XEQ] [ALPHA] OKT [ALPHA]

für die Umwandlung einer Dezimalzahl, die zuvor in das X-Register eingegeben wurde, in die entsprechende Oktalzahl. Nach Ausschalten des Alpha-Modus wird die Funktion sofort ausgeführt, falls kein Parameter erforderlich war. Benötigt die Funktion einen Parameter – dies ist z. B. bei TONE, FC? oder SIZE der Fall –, so verschwindet nach dem Ausschalten des Alpha-Modus XEQ aus der Anzeige und die Funktion wird angezeigt, gefolgt von Unterstreichungszeichen, deren Anzahl die erforderliche Ziffernanzahl des Parameters zeigt.

Eine weitere Möglichkeit, Funktionen aufzurufen, besteht darin, daß mit [ASN] die gewünschte Funktion einer Tastenposition zugeordnet wird; z. B.

■ [ASN] [ALPHA] OKT [ALPHA] [$1/x$]

oder

■ [ASN] [ALPHA] OKT [ALPHA] ■ [ENG]

Der Aufruf von OKT erfolgt dann durch [USER] [$1/x$] bzw. [USER] ■ [ENG]. Im User-Modus wird diese aktivierte Funktion dann direkt über den Tastenbefehl ausgeführt (siehe Abschnitt 1.7). Steht der aufgerufene Funktionsname nicht im Funktionsverzeichnis, so wird NONEXISTENT angezeigt.

Die Anzeige NONEXISTENT kommt ebenfalls zur Anzeige, wenn unzulässigerweise eine Funktion zusammen mit einem Parameter einer Taste zugeordnet wird; z. B.

■ [ASN] [ALPHA] TONE 1 [ALPHA]

oder wenn bei der Eingabe des Funktionsnamens ein Fehler unterläuft, z. B.

■ [ASN] [ALPHA] PROMT [ALPHA]

anstelle von

■ [ASN] [ALPHA] PROMPT [ALPHA]

Eine erfolgte Zuordnung kann natürlich auch wieder aufgehoben werden. In unserem obigen Beispiel wurde die Funktion OKT der Taste [$1/x$] zugeordnet. Dies wird durch

■ [ASN] [ALPHA] [ALPHA] [$1/x$]

rückgängig gemacht. Danach wird mit [$1/x$] auch im User-Modus nicht mehr die Funktion OKT, sondern die Reziprokwertfunktion aufgerufen.

1.4.1 Funktionen einer Veränderlichen

Logarithmen zur Basis e und 10 und die entsprechenden Potenzen können ebenso gebildet werden wie die trigonometrischen Funktionen und ihre Umkehrfunktionen. Dabei verdrängt die Funktion das Argument im X-Register. Bei den trigonometrischen Funktionen muß beachtet werden, daß als Argument das Bogenmaß (RAD), Altgrad (DEG) und Neugrad (GRAD) benutzt werden können. Der Rechner geht von der Eingabe des Winkelargumentes in Altgrad aus, es sei denn, daß Sie durch RAD oder GRAD einen der anderen trigonometrischen Modi vorgeschrieben haben. Dies steht dann als Indikator in der Anzeige und bleibt solange erhalten, bis Sie den Winkel-Modus wieder ändern.

Beispiel 1-3

Der Ausdruck

$$4 \arcsin \frac{\sqrt{1 + 0,25^2}}{2} - \arcsin \frac{5}{12}$$

soll berechnet und von Altgrad in Bogenmaß umgewandelt werden. Tastenfolge:

0,25 ■ [x²] 1 [+] [√x] 2 [÷] ■ [SIN⁻¹] 4 [x] 5 [ENTER↑] 12
[÷] ■ [TAN⁻¹] [-]

Ergebnis: 101,4738

Tastenfolge für die Umwandlung Altgrad in Bogenmaß ist D-R ausgeführt durch:

[XEQ] [ALPHA] D ■ [-] R [ALPHA]

Ergebnis: 1,7711

Die Umwandlung zurück in Altgrad erfolgt durch R-D:

[XEQ] [ALPHA] R ■ [-] D [ALPHA]

1.4.2 Funktionen von zwei Veränderlichen

Bei vielen Rechnungen ist die Potenzbildung (beliebiger Exponent bei positivem Argument) durch einen einfachen Tastendruck eine wesentliche Erleichterung. Dabei bedient

man sich der Funktion $\sqrt[y]{x}$ des Rechners. Soll z. B. die fünfte Wurzel aus 150 gezogen werden, so verwendet man wegen $\sqrt[5]{150} = 150^{1/5}$ die Tastenfolge

150 [ENTER↑] 5 [$\frac{1}{x}$] $\sqrt[y]{x}$

und erhält als Ergebnis 2,7241.

(Falls nicht anders angegeben, wird im folgenden als Anzeigeformat stets Festkommaformat mit 4 Dezimalstellen $\sqrt{\text{FIX}}$ 4 gewählt.)

Beispiel 1-4

$$\frac{4 \times 1,385^3 + 4,26^{\frac{42}{31}}}{\sqrt[3]{14}}$$

4 [ENTER↑] 1,385 [ENTER↑] 3 $\sqrt[y]{x}$ [x] 4,26 [ENTER↑] 42 [ENTER↑]
31 [\div] $\sqrt[y]{x}$ [+] 14 [ENTER↑] 3 [$\frac{1}{x}$] $\sqrt[y]{x}$ [\div]

Ergebnis: 7,3653

Eine weitere sehr wichtige Funktion von zwei Veränderlichen ist die Koordinatentransformation von rechtwinkligen in Polarkoordinaten und umgekehrt. Die Befehle lauten [P→R] (polar to rectangular) für die Zerlegung und [R→P] (rectangular to polar) für die Zusammensetzung der Komponenten.

Beispiel 1-5

Wandeln Sie die rechtwinkligen Koordinaten X=4 und Y=3 in Polarkoordinaten um, wobei der Winkel im Bogenmaß ausgedrückt ist.

Tastenfolge:

[XEQ] [ALPHA] RAD [ALPHA] 3 [ENTER↑] 4 $\sqrt{\text{R} \rightarrow \text{P}}$

Ergebnis: Betrag r = 5,0000 [$x \leftrightarrow y$] : Winkel $\Theta = 0,6435$

Rechner zurückschalten in den Altgrad-Modus: [XEQ] [ALPHA] DEG [ALPHA]

Die Funktion $\Sigma+$ ist ebenfalls eine Funktion von zwei Veränderlichen X und Y. Sie nimmt insofern eine Sonderstellung ein, als bei Betätigung des Summenzeichens $\Sigma+$ gleichzeitig mehrere Summen und Produkte der Inhalte des X- und Y-Registers berechnet werden. Um diese für die verschiedenen statistischen Funktionen benötigten Werte zu erhalten, werden sie automatisch in einen aus sechs Registern bestehenden Datenblock R₁₁ bis R₁₆ gespeichert (Statistikregister).

Wenn Sie jedoch einen anderen Datenblock definieren möchten, geben Sie mit der ΣREG -Funktion die entsprechende Anfangsdatenregisteradresse an; diese Funktion wird mit [XEQ] [ALPHA] $\sqrt{\text{CL} \Sigma}$ REG [ALPHA] aufgerufen. Im einzelnen werden bei Betätigung der Summentaste die Werte X, X², Y, Y², X * Y und N aufsummiert. Diese Werte sind für statistische Untersuchungen von großer Bedeutung. Sie können aber zum Teil auch in anderen Zusammenhängen sehr nützlich sein, wie das nächste Beispiel zeigt.

Beispiel 1-6

Es soll die geometrische Summe \underline{Z} der beiden komplexen Zahlen $\underline{Z}_1 = 40e^{j35^\circ}$ und $\underline{Z}_2 = 60e^{j110^\circ}$ gebildet werden. Die komplexen Zahlen sind in der geometrischen Form

gegeben. Sie müssen zunächst in die arithmetische Form umgewandelt werden, die Komponenten sind dann einzeln zu summieren und anschließend muß wieder die geometrische Endform gebildet werden. Die zugehörigen Gleichungen lauten:

$$\begin{aligned} a_1 &= Z_1 \cos \varphi_1 & a &= a_1 + a_2 \\ b_1 &= Z_1 \sin \varphi_1 & b &= b_1 + b_2 \\ a_2 &= Z_2 \cos \varphi_2 & Z &= \sqrt{a^2 + b^2} \\ b_2 &= Z_2 \sin \varphi_2 & \varphi &= \arctan \frac{b}{a} \end{aligned}$$

Tastenfolge zu Beispiel 1-6

Tastenfolge	Anzeige				Datenregister		
	X	Y	Z	T	R ₁₁ (x)	R ₁₃ (y)	R ₁₆ (n)
35	35						
[ENTER↑]	35.0000	35					
40	40	35					
■ [P→R]	32.7661	22.9431					
[Σ+]	1.0000	22.9431			32.7661	22.9431	1.0000
110	110	22.9431			32.7661	22.9431	1.0000
[ENTER↑]	110.0000	110	22.9431		32.7661	22.9431	1.0000
60	60	110	22.9431		32.7661	22.9431	1.0000
■ [P→R]	-20.5212	56.3816	22.9431		32.7661	22.9431	1.0000
[Σ+]	2.0000	56.3816	22.9431		12.2449	79.3246	2.0000
[RCL] 13	79.3246	56.3816	22.9431		12.2449	79.3246	2.0000
[RCL] 11	12.2449	79.3246	56.3816	22.9431	12.2449	79.3246	2.0000
■ [R→P]	80.2641	81.2248	56.3816	22.9431	12.2449	79.3246	2.0000
[x↔y]	81.2248	80.2641	56.3816	22.9431	12.2449	79.3246	2.0000

Das Ergebnis ist die Größe $\underline{Z} = 80,2641e^{j81,2248^\circ}$ mit dem Betrag 80,2641 und dem Winkel $81,2248^\circ$ oder in vereinfachter Schreibweise $\underline{Z} = 80,2641 \angle 81,2248^\circ$. Bei Betätigung der Summentaste wurden die Inhalte der Stackregister X und Y in den Summenspeichern R₁₁ (für x-Werte) und R₁₃ (für y-Werte) aufsummiert. Im Anschluß daran erscheint im X-Register eine Zahl, die angibt, wieviele Wertepaare bzw. Einzelwerte (wenn y nicht benutzt wird) abgespeichert sind (n wird für weitere Berechnungen in R₁₆ gespeichert).

Vor weiteren Berechnungen mit dem Statistikregister R₁₁ bis R₁₆ ist es ratsam, die Register mit

■ [CLΣ] zu löschen.

Mittelwert

Sie können den Mittelwert (das arithmetische Mittel) der mit [Σ+] eingegebenen Daten berechnen, indem Sie die Funktion MEAN ausführen.

1. Mit den Daten aus den Registern R₁₁ und R₁₆ (Σx, n) wird der Mittelwert der x-Werte berechnet.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad \left(= \frac{R_{11}}{R_{16}} \right) \quad \text{Das Ergebnis } \bar{x} \text{ erscheint in der Anzeige (X-Register).}$$

2. Mit den Daten aus den Registern R_{13} (Σy , n) wird der Mittelwert der y -Werte berechnet.

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad \left(= \frac{R_{13}}{R_{16}} \right)$$

Das Ergebnis \bar{y} erscheint im Y-Register und wird mit der Taste $[x \leq y]$ in die Anzeige gebracht.

Standardabweichung

Mit Hilfe der Funktion SDEV können Sie die Standardabweichung (als Maß für die Streuung um den Mittelwert) der in den Statistik-Registern summierten Werte berechnen.

1. Mit den Daten aus den Registern R_{12} (Σx^2), R_{11} (Σx) und R_{16} (Σn) wird die Stichproben-Standardabweichung s_x nach der Formel

$$s_x = \sqrt{\frac{\Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{n}}{n - 1}}$$

berechnet.

Das Ergebnis s_x steht im X-Register (Anzeige).

2. Mit den Daten aus den Registern R_{14} (Σy^2), R_{13} (Σy) und R_{16} (Σn) wird die Stichproben-Standardabweichung s_y nach der Formel

$$s_y = \sqrt{\frac{\Sigma y^2 - \frac{(\Sigma y)^2}{n}}{n - 1}}$$

berechnet.

Die Standardabweichung s_y steht nach Ausführung der Rechnung im Y-Register und wird mit der Taste $[x \rightarrow y]$ in die Anzeige gebracht.

Beispiel 1-7

Die folgende Aufstellung gibt für sieben Mitarbeiter die jeweils geleisteten Arbeitsstunden pro Woche und die von ihnen getätigten Monatsumsätze an. Wieviel Arbeitsstunden werden durchschnittlich pro Woche geleistet und wie groß ist der durchschnittliche Monatsumsatz?

Mitarbeiter	Stunden/Woche	Umsatz/Monat
1	32	17 000 DM
2	40	25 000 DM
3	45	26 000 DM
4	40	20 000 DM
5	38	21 000 DM
6	50	28 000 DM
7	35	15 000 DM

Zur Berechnung von durchschnittlicher Arbeitszeit und Umsatz

drücken Sie	Anzeige	
■ [CLΣ]	0.0000	löschen der Summationsregister
32 [ENTER↑] 17000 [Σ+]	1.0000	erste Eingabe
40 [ENTER↑] 25000 [Σ+]	2.0000	zweite Eingabe
45 [ENTER↑] 26000 [Σ+]	3.0000	dritte Eingabe
40 [ENTER↑] 20000 [Σ+]	4.0000	vierte Eingabe
38 [ENTER↑] 21000 [Σ+]	5.0000	fünfte Eingabe
50 [ENTER↑] 28000 [Σ+]	6.0000	sechste Eingabe
35 [ENTER↑] 15000 [Σ+]	7.0000	Gesamtzahl der Eingaben
[XEQ] [ALPHA] MEAN		
[ALPHA]	21714.2857	Mittlerer Monatsumsatz
[x↔y]	40.0000	Mittlere Arbeitsstundenzahl pro Woche

Mit den aufsummierten Daten aus diesem Beispiel können Sie jetzt die Standardabweichung als Maß für die Streuung um den jeweiligen Mittelwert berechnen:

drücken Sie	Anzeige	
[XEQ] [ALPHA] SDEV		
[ALPHA]	4820.5908	DM Standardabweichung
[x↔y]	6.0277	Stunden Standardabweichung

Beachten Sie, daß die sieben verwendeten Mitarbeiter als eine Stichprobe aufzufassen sind. Hätten Sie alle Mitarbeiter berücksichtigt, wären die Daten als Grundgesamtheit und nicht als Stichprobe anzusehen.

Nachfolgend ist der Zusammenhang zwischen der Stichproben-Standardabweichung (s) und der Standardabweichung einer Grundgesamtheit (s') gegeben:

$$s' = s \sqrt{\frac{n-1}{n}}$$

Da n (Gesamtzahl der Eingaben) im Register R₁₆ gespeichert sind, können Sie die Standardabweichung der Grundgesamtheit leicht aus der Stichproben-Standardabweichung berechnen. Da der Wert für s = 6.0277 bereits in der Anzeige steht,

drücken Sie	Anzeige	
[RCL] 16	7.0000	Zahl der Eingaben
1 [-]	6.0000	n - 1
[RCL] 16 [÷]	0.8571	
[√] [x]	5.5806	Standardabweichung der Grundgesamtheit (s')

1.5 Übungsaufgaben

Notieren Sie die vollständige Tastenfolge für die jeweilige Aufgabe, bevor Sie mit dem Eintasten beginnen.

Aufgaben:

$$a) \frac{6,5 + 3 \times 1,4^2}{2,6}$$

$$b) \frac{0,65 + \frac{0,86}{\sqrt{1,47 - 0,92}}}{0,0584}$$

$$c) \frac{768 + 3 \times \sqrt{1025}}{2 \times (7,8 + 5 \times 3,1)^2}$$

$$d) \frac{25,8 - \frac{18,7}{1,02 - 0,34}}{(2,1 + 6,8) \times \sqrt{0,746 + 0,132}}$$

$$e) \frac{6 \times 1,34^{1,72} + 5 \times \sqrt[4]{20,63}}{0,65^{(7,21 + 5,43)}}$$

$$f) \frac{4 \times \sqrt[5]{2,38 + 1,41^{3,68}} + 1}{(4,08^2 \times 0,81 + \sqrt{18,3})^2 + 2}$$

$$g) \ln(14,2 - 2,5 \times 8,4^{\frac{1}{3}}) + 2 \times e^{-\sqrt{0,876}}$$

$$h) 10^{14,9} \times \ln \frac{0,41}{8023}$$

$$i) \frac{\pi}{2} \times 7,81^2 \times \left(\sqrt{\left(\frac{7,6}{2}\right)^2 + \frac{1}{3} + 5^4} \right)^{\frac{1}{5}}$$

Ergebnisse zu a) bis i):

$$a) 4,7615$$

$$b) 30,9867$$

$$c) 0,7958$$

$$d) -0,2039$$

$$e) 4767,1819$$

$$f) 0,0211$$

$$g) 2,9947$$

$$h) -7,8493 \cdot 10^{15}$$

$$i) 182,8204$$

j) Berechnen Sie für einen geraden Kreiskegel mit dem Durchmesser $d = 18,4$ dm und der Höhe $h = 12,3$ dm

die Mantelfläche $A_M = \frac{\pi}{2} \times d \times 5 = \frac{\pi}{2} \times d \times \sqrt{\left(\frac{d}{2}\right)^2 + h^2}$

die Oberfläche $A = \frac{\pi}{4} \times d^2 + A_M$

das Volumen $V = \frac{\pi}{12} \times d^2 \times h$

Geben Sie A_M und A in dm^2 und V in dm^3 an.

Ergebnisse: $A_M = 443,9451 \text{ dm}^2$

$$A = 709,8495 \text{ dm}^2$$

$$V = 1090,2080 \text{ dm}^3$$

k) Berechnen Sie für $z_1 = 8$; $z_2 = 4$; $z_3 = 2$

Ergebnisse:

$$s_1 = z_1 - z_2; s_2 = z_1^2 + z_2^2 + z_3^2;$$

$$s_1 = 4$$

$$s_2 = 84$$

$$p = 4096$$

$$P = z_1^2 \times z_2^2 \times z_3^2; q = (z_1/z_2)/z_3;$$

$$q = 1$$

$$r = 1344$$

$$r = s_1 \times s_2 \times q \times \sqrt[6]{p}$$

1.6 Alpha-Modus

Wird der HP-41C/CV durch Drücken der Alpha-Taste oder im Programm-Modus mit AON in den Alpha-Modus geschaltet, so ist das Alpha-Tastenfeld aktiv, d. h., die Tastenoberseiten erhalten eine andere als die aufgedruckte Bedeutung. Dieses Tastenfeld ist auf der Unterseite des Rechners abgebildet. Zeichen und Funktionen, die auf die Oberseite der Tasten aufgedruckt sind, werden im Alpha-Modus so ausgeführt, daß zuvor die ■-Taste gedrückt wird. In der Anzeige wird anstelle des X-Registers das Alpha-Register angezeigt.

Ist für den Rechner gleichzeitig der Programm-Modus und der Alpha-Modus gewählt, so werden eingegebene Zeichen (maximal 15) als Daten in eine Programmzeile geschrieben. Wenn anschließend diese Zeile (Alpha-Kette) im Programm ausgeführt wird, so wird das Alpha-Register gelöscht, und diese Daten werden in das Alpha-Register übernommen.

Anzeige des Alpha-Registers

Im Alpha-Modus werden die ersten 12 Zeichen von links des Alpha-Registers angezeigt. Die restlichen Zeichen des Alpha-Registers (sofern welche bestehen) werden durch die Anzeige geschoben. Werden mehr als 24 Zeichen eingegeben, so ertönt ein Summton als Warnung, daß die Eingabe eines weiteren Zeichens das erste Zeichen aus dem Alpha-Register hinausschiebt und dieses somit verlorengeht.

Um den Inhalt des Alpha-Registers anzuzeigen, führen Sie [ALPHA] ■ [VIEW] [ALPHA] aus (Funktion AVIEW).

Korrektur von Alpha-Ketten

Wenn die Alpha-Eingabe noch nicht beendet ist, so können Sie weitere Alpha-Zeichen durch Drücken der entsprechenden Tasten eingeben. Möchten Sie jedoch weitere Alpha-Zeichen anhängen oder korrigieren, wenn bereits die Alpha-Eingabe beendet wurde (das Unterstreichungszeichen erscheint nicht mehr in der Anzeige), so können Sie die Eingabe durch die Funktion APPEND wieder reaktivieren. Diese Funktion wird im Alpha-Modus mit ■ K aufgerufen. Das Unterstreichungszeichen steht dann wieder in der Anzeige.

Soll ein Programm (Programmzeile mit maximal 15 Zeichen) weitere Zeichen an eine schon im Alpha-Register stehende Alpha-Kette anhängen, so geben Sie mit APPEND im Programm-Modus die entsprechenden Zeichen ein. Die Anzeige dieser Programmzeile zeigt ein ⊢ an. Dieses bedeutet, daß diese Alpha-Kette an die schon im Alpha-Register stehende angehängt wird.

Abspeichern und Zurückrufen von Daten aus dem Alpha-Register

Daten (numerische oder Alphadaten) im Alpha-Register können in jedes Daten- bzw. Stackregister oder ins LAST X-Register mit ASTO abgespeichert werden; ASTO wird mit [ALPHA] ■ [STO] [ALPHA] aufgerufen. Um die am weitesten links stehenden Zeichen aus dem Alpha-Register in ein Datenregister abzuspeichern, rufen Sie ASTO auf und geben anschließend direkt oder indirekt die gewünschte Registeradresse an. Die Funktion ASTO kopiert die sechs am weitesten links im Alpha-Register stehenden Zeichen in das angegebene Datenregister.

Sollen weitere Zeichen aus dem Alpha-Register abgespeichert werden, führen Sie ASHF aus, um die nächsten sechs Zeichen an das linke Ende des Alpha-Registers zu bringen; anschließend folgt ASTO mit der gewünschten Registeradresse. Die wiederholte Ausführung von ASHF und ASTO speichert die nächsten sechs Zeichen aus dem Alpha-Register und

die nochmalige Ausführung speichert die letzten sechs Zeichen. Da jedes Datenregister maximal sechs Zeichen aufnehmen kann, muß nach jedem ASTO eine andere Registeradresse angegeben werden.

Numerische-Daten oder Alpha-Daten, die aus dem Alpha-Register mit ASTO abgespeichert wurden, werden vom Rechner nur als alphanumerische Daten behandelt. Sie können also nicht für mathematische Operationen verwendet werden. Bei Ausführung einer Operation mit alphanumerischen Daten zeigt der Rechner „Alpha DATA“ als Fehlermeldung an.

Um Daten aus einem Register in das Alpha-Register (Anzeige) zurückzurufen, wählen Sie ARCL ([ALPHA] ■ [RCL] [ALPHA]) und geben anschließend direkt oder indirekt die gewünschte Registeradresse an. Die zurückgerufenen Daten werden automatisch an die rechte Seite des bestehenden Inhalts des Alpha-Registers angehängt. Ist die sich ergebene Alpha-Kette länger als 24 Zeichen, so bleiben die 24 am weitesten rechts stehenden Zeichen im Alpha-Register, die übrigen Zeichen gehen verloren.

Beispiel 1-8

Um in der Anzeige (Alpha-Register) Steuer 1,1550 zu erhalten, geben Sie den Wert 1,1550 ins X-Register ein; anschließend das Wort ‚Steuer‘ ins Alpha-Register

[ALPHA] STEUER [ALPHA]

und rufen dann den Wert des X-Registers ins Alpha-Register mit

[ALPHA] ■ [RCL] [·] X.

In der Anzeige (Alpha-Register) erscheint STEUER 1.1550.

1.7 User-Modus

Wenn Programme, Unterprogramme und Funktionen des Rechners und von Peripherie-Geräten den einzelnen Tasten des HP-41C/CV zugeordnet wurden, wird durch Drücken von [USER] diese Tastenzuordnung aktiviert. Sie haben nun die Möglichkeit, durch Tastenfeldmasken und Aufkleber den HP-41C/CV zu Ihrem persönlichen Rechner umzugestalten. Der User-Modus bleibt nach Ausschalten des Rechners erhalten und steht Ihnen nach Einschalten sofort wieder zur Verfügung.

Um eine Funktion einer Taste zuzuordnen, verfahren Sie folgendermaßen:

1. Drücken Sie ■ [ASN] im Normal- oder User-Modus.
2. Drücken Sie [ALPHA], um den Rechner in den Alpha-Modus zu schalten.
3. Tasten Sie die Funktionsbezeichnung ein, die zugeordnet werden soll.
4. Drücken Sie nochmals [ALPHA], um die Alpha-Eingabe zu beenden.
5. Drücken Sie die Taste (oder ■ und die Taste), der Sie die Funktion zuordnen möchten. Halten Sie die Taste kurz gedrückt, so erscheint die Funktionsbezeichnung und der Tasten-Code der neu zugeordneten Taste in der Anzeige.

Jede Funktion, die Sie einer Taste zugeordnet haben, wird im User-Modus bei Drücken dieser Taste direkt ausgeführt. Diese Funktionsausführung ist gleichbedeutend derjenigen, die im Normal-Modus nach dem Aufruf durch [XEQ] [ALPHA] . . . [ALPHA] erfolgt.

Auf gleiche Weise kann einer Taste ein Programm (Programmname, Programmarke, Programmadresse) zugeordnet werden; bei Drücken dieser Taste im User-Modus wird dann das Programm (bzw. der Programmteil ab der entsprechenden Marke) ausgeführt.

Wenn einer Taste keine Funktion oder Programmarke (Programmname) zugeordnet wurde, wird auf Tastendruck auch im User-Modus die auf der Taste angegebene Funktion ausgeführt (Ausnahme: lokale Marken, siehe 2.2.1).

Um zu überprüfen, ob einer Taste eine Funktion oder ein Programm zugeordnet wurde, drücken Sie die entsprechende Taste und halten Sie diese gedrückt, bis Null erscheint (Funktion wird nicht ausgeführt). In der Anzeige erscheint dann die Funktionsbezeichnung bzw. der Programmname, der dieser Taste zugeordnet wurde.

Zuordnungen von Funktionen, die im Funktionsverzeichnis (Catalog) 2 oder 3 aufgeführt sind, benötigen ein Register (sieben Bytes) für jede ungerade Anzahl von Zuordnungen. Beispielsweise benötigt die erste Zuordnung ein Register, die zweite Zuordnung keinen zusätzlichen Speicherplatz, die dritte Zuordnung wieder ein Register und die vierte Zuordnung keinen zusätzlichen Speicherplatz usw.

Die Zuordnung von Programmen, die in Catalog 1 enthalten sind, benötigen keinen Speicherplatz.

2 Programmierung

2.1 Grundlagen des Programmierens

2.1.1 Grundsätzliches

Ein Programm ist nichts weiter als eine Folge von Tastenbefehlen, die im Rechner gespeichert werden. Nachdem Sie die zur Lösung des Problems erforderlichen Tastenfolge bestimmt und in den Programmspeicher eingegeben haben, kann dieses Programm über eine definierte Taste immer wieder benutzt werden. Der Vorteil besteht darin, daß Sie jetzt bei mehrmaligem Abarbeiten weiterer Berechnungen erheblich Zeit einsparen und daß Fehler, die durch falsches Eintasten der Funktionen entstehen, ausgeschlossen werden.

2.2 Programmaufbau

Um ein Programm als Einheit deutlich zu kennzeichnen, wird die Programmadresse mit einer Marke (Label, ■ [LBL]) versehen. Diese Marken können bei dem HP-41 C/CV entweder aus zweistelligen Zahlen (numerische Marken) oder aus Alpha-Zeichen bestehen.

2.2.1 Lokale Marken

Die lokalen numerischen Marken bestehen aus zwei Ziffern, die nach LBL 00 bis 14 (benötigen ein Byte Programmspeicherplatz) und LBL 15 bis 99 (benötigen zwei Byte Programmspeicherplatz) unterschieden werden. Die lokalen Alpha-Marken mit einem einzelnen Buchstaben A bis J und a bis e benötigen ebenfalls zwei Byte Programmspeicherplatz. Diese Marken sollten nicht als Programm-Marken, sondern nur innerhalb eines Programmes verwendet werden, da sie nicht gefunden werden, wenn der Programmzeiger in einem anderen Programm steht. Desweiteren werden sie nicht im Catalog 1 aufgeführt und können nicht von einer beliebigen Stelle im Programmspeicher angesteuert werden.

2.2.2 Globale Marken

Die globalen Alpha-Marken können aus jeder Kombination von bis zu sieben Alpha-Zeichen bestehen (inklusive Ziffern). Zur Kennzeichnung dieser globalen Marken steht in der Anzeige des HP-41C/CV zwischen dem LBL und den weiteren Alpha-Zeichen ein T. Diese globalen Marken benötigen vier Byte Programmspeicherplatz für die ■ [LBL] Anweisung plus ein weiteres Byte für jeden Buchstaben.

Ein Programm sollte grundsätzlich mit einer globalen Marke beginnen, da sie von jedem Punkt des Programmspeichers aus angesteuert werden kann, da sie in Catalog 1 erscheint und da sich nur ein Programm mit einer solchen Marke einer Taste (wirksam im User-Modus) zuordnen läßt. Die globale Marke kann somit als Name des Programmes angesehen werden.

Eingeben eines einfachen Programmes

Um ein Programm in den Rechner einzugeben, drücken Sie zunächst die [PRGM]-Taste. Dadurch wird der HP-41C/CV in den Programm-Modus geschaltet. Durch Drücken der

Tastenfolge ■ [GTO] [.] [.] wird der Rechner auf einen freien Teil des Programmspeichers gesetzt. In der Anzeige wird 00 REG angezeigt, gefolgt von einer zwei- oder dreistelligen Zahl, die die Anzahl der unbesetzten Register im Programmspeicher angibt. Weiterhin überprüft diese Funktion, ob das zuletzt eingegebene Programm mit einer END-Anweisung abgeschlossen wurde. Wenn diese END-Anweisung fehlt, fügt der Befehl [GTO] [.] [.] die Anweisung automatisch ein, so daß das zuletzt eingegebene Programm im Speicher von den Programmen, die danach eingegeben werden, getrennt wird. Zusätzlich wird der Programmspeicher gepackt. Das bedeutet, daß Programmanweisungen nach oben in unbenutzte Bytes geschoben werden, die sich im Programmspeicher befanden (z. B. durch Löschen von Programmzeilen). Auf diese Weise verwaltet der HP-41C/CV automatisch seinen Programmspeicher.

2.2.3 Programmzeilen

Eine Anweisung oder Programmzeile besteht aus einer Tastenfolge, die eine vollständige Operation in einem Programm bildet. Diese Anweisung kann aus einer Funktion, einer Alpha-Kette bis 15 Byte oder einer 10stelligen numerischen Eingabe bestehen. Die Zeilen werden mit dem Eingeben der Anweisungen automatisch mit einer Zeilennummer versehen, die gleichzeitig in der Anzeige erscheint. Jedes einzelne Programm beginnt mit der Zeilennummer 01.

Beispiel:

Die Fläche eines gleichseitigen Dreiecks berechnet sich nach der Formel

$$F_{\Delta} = \frac{a^2}{4} \sqrt{3} \quad (a = \text{Seitenlänge})$$

Drücken Sie: ■ [LBL] [ALPHA] ABC [ALPHA]

■ [x²]

[4]

[÷]

[3]

[√x]

[x]

■ [GTO] [.] [.]

Der Befehl ■ [GTO] [.] [.] , [XEQ] [ALPHA] END [ALPHA] oder [RTN] beendet die Ausführung eines Programmes. Im Programmspeicher ist also ein Rechenablauf zwischen der Programmadresse (Label) und dem END/RTN abgespeichert.

Da bei der Ausführung von CLP immer von der globalen Marke, die nach CLP eingegeben wird, bis zur nächsten END-Anweisung gelöscht wird, empfiehlt es sich, ein Programm grundsätzlich mit einer END-Anweisung abzuschließen.

2.2.4 Programmausführung

Um ein Programm zu starten, wird im Rechner zuerst der Programm-Modus durch Drücken der Taste [PRGM] beendet. Das Programm kann entweder mit Hilfe von [XEQ], gefolgt von der globalen Marke des Programmes, oder nach Zuordnung einer Taste durch ■ [ASN] (im User-Modus) ausgeführt werden. Während der Ausführung eines Programms erscheinen in der Anzeige der PRGM-Indikator und das Zeichen →—.

Verwenden Sie das von Ihnen erstellte Programm ABC, um die Flächenberechnung von zwei gleichseitigen Dreiecken mit den Seitenlängen $a_1 = 4 \text{ cm}$ und $a_2 = 7,65 \text{ cm}$ durchzuführen.

Geben Sie zuerst 4 ein und starten Sie dann das Programm mit der Tastenfolge:

[XEQ] [ALPHA] ABC [ALPHA]

zeigt dann als Ergebnis 6.9282 an.

Die Fläche dieses gleichseitigen Dreiecks ist also $6,9282 \text{ cm}^2$. Mit der Eingabe 7,65 und erneutem Programmablauf erhalten Sie als Ergebnis $25,3410 \text{ cm}^2$.

Durch ■ [ASN] [ALPHA] ABC [ALPHA] [LN] wird die Programmadresse ABC der Taste [LN] zugeordnet. Durch Drücken der [USER]-Taste wird das Programm, das Sie der Taste [LN] zugeordnet haben, wirksam. Beachten Sie, daß eine Programmadresse, die einer Taste zugeordnet werden soll, eine globale Marke sein muß.

Um die Fläche der Dreiecke zu berechnen, geben Sie zuerst 5 ein und drücken Sie dann die Taste [LN], Sie erhalten dann als Ergebnis $10,8253 \text{ cm}^2$, mit 8,4 folgt als Ergebnis $30,5534 \text{ cm}^2$.

Beispiel 2-1

Die hyperbolischen Funktionen berechnen sich nach den Formeln:

$$\sinh x = \frac{e^x - e^{-x}}{2}$$

$$\cosh x = \frac{e^x + e^{-x}}{2}$$

$$\tanh x = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$$

$$\text{Hinweis: } e^{-x} \triangleq \frac{1}{e^x}$$

Als globale Marken verwenden Sie für

sinh x SH
cosh x CH
tanh x TH

Anweisungsliste zu Beispiel 2-1

01*LBL "SH"	11 ENTER↑	21 -
02 FIX	12 1/X	22 ENTER↑
03 ENTER↑	13 +	23 ENTER↑
04 1/X	14 2	24 LASTX
05 -	15 /	25 2
06 2	16 RTN	26 *
07 /	17*LBL "TH"	27 +
08 RTN	18 FIX	28 /
09*LBL "CH"	19 ENTER↑	29 .END.
10 FIX	20 1/X	

Benutzeranleitung

Variable eingeben und das Programm starten durch Drücken der Tastenfolge [XEQ] [ALPHA] SH [ALPHA] für sinh x. Wiederholung der Tastenfolge mit Änderung der Programmadresse für cosh x und tanh x. Durch Drücken z. B. der Tastenfolge ■ [ASN] [ALPHA] SH [ALPHA] [\sqrt{x}] wird das Programm SH der Taste [\sqrt{x}] im User-Modus zugeordnet.

Mit diesen Programmen können Sie z. B. die folgende Wertetabelle ermitteln:

sinh	2,5	6,0502
sinh	1,5	2,1293
cosh	5,9	182,5201
cosh	3,2	12,2866
tanh	1,3	0,8617
tanh	1,9	0,9562

2.3 Programmkorrektur

Positionieren mit ■ [GTO] und ■ [GTO] [·]

Der Befehl ■ [GTO], gefolgt von einer globalen Alpha-Marke setzt den Rechner im Programmspeicher an die betreffende Stelle — unabhängig davon, ob der HP-41C/CV sich im Programm-Modus befindet oder nicht. Die Suche nach dieser Marke beginnt am Ende des Programmspeichers in Richtung Anfang. Der Rechner hält an, sobald er diese aufgerufene Marke gefunden hat. Findet er diese Marke nicht, wird NONEXISTENT angezeigt, und der Rechner steht wieder am vorhergehenden Punkt im Programmspeicher. Wird der Befehl ■ [GTO] [·] gefolgt von einer dreistelligen Zahl eingegeben, so springt der Rechner an diese Zeilennummer in dem Programm, indem er sich augenblicklich befindet. Ist jedoch die Zeilennummer größer als 1000, so muß diese Zahl mit [EEX] gefolgt von den letzten drei Ziffern der gewünschten Zeilennummer eingegeben werden, also ■ [GTO] [·] [EEX]. In der Anzeige erscheint dann GTO. 1 — — —.

Positionieren mit ■ [RTN]

Befindet sich der Rechner nicht im Programm-Modus, so können Sie mit dem Befehl ■ [RTN] den Rechner an die Zeile 00 des gegenwärtigen Programms stellen.

Positionieren mit ■ [CATALOG]

Um den Rechner an eine Programmzeile mit einer globalen Alpha-Marke zu positionieren, drücken Sie ■ [CATALOG] 1 und [R/S]. Sie haben nun die Möglichkeit, mit den Befehlen [SST] oder ■ [BST] sich die nachfolgende oder vorhergehende Alpha-Marke anzusehen. Der Rechner befindet sich jeweils an der Stelle im Programmspeicher, deren globale Marke oder END-Anweisung er gerade anzeigt. Diese beschriebene Art der Positionierung ist die einzige Möglichkeit, in ein Programm zu kommen, das versehentlich ohne globale Marke geschrieben wurde. Soll eine globale Marke in das Programm eingefügt oder die END-Anweisung gelöscht werden, so positionieren Sie den Rechner auf die END-Anweisung des Programms, das keine globale Marke aufweist. Schalten Sie nun den Rechner in den PRGM-Modus (Anzeige END). Mit [BST] oder [GTO] [·] . . . haben Sie jetzt die Möglichkeit, die fehlende globale Marke einzufügen.

Löschen eines gesamten Programms

Programme lassen sich auf zweierlei Arten löschen:

a) dadurch, daß Sie, wie vorstehend beschrieben, mit ■ [CATALOG] den Rechner auf das Programm positionieren, das gelöscht werden soll; mit

[XEQ] [ALPHA] CLP [ALPHA] [ALPHA]

erfolgt dann die Löschung dieses Programmes (von der globalen Marke bis zur zugehörigen END-Anweisung).

b) Eine weitere Möglichkeit besteht darin, ohne vorherige Positionierung die Löschung durch Angabe der globalen Marke des Programmes (Programmname) vorzunehmen. Lautet diese z. B. PROG1, so wird folgendermaßen gelöscht:

[XEQ] [ALPHA] CLP [ALPHA] [ALPHA] PROG1 [ALPHA]

Löschen einzelner Anweisungen

Wenn Sie eine einzelne Zeile im Programm löschen möchten, schalten Sie den Rechner in den Programm-Modus, positionieren den Rechner an die gewünschte Programmzeile und drücken [←]. Möchten Sie jedoch mehrere Programmzeilen löschen (Zeilenblock), so führen Sie die Funktion DEL, gefolgt von einer dreistelligen Zahl, aus. Der Rechner löscht ab der angezeigten Zeile so viele Zeilen, wie angegeben werden, höchstens jedoch bis zur nächsten END-Anweisung. Sämtliche folgenden Zeilennummern werden um die Anzahl der gelöschten Zeilen reduziert.

Einfügen von Anweisungen

Um eine Anweisung in ein Programm einzufügen, positionieren Sie den Rechner auf die Programmzeile, nach der die Anweisung eingefügt werden soll. Wenn Sie die neue Anweisung eingegeben haben, zeigt der Rechner die neue Zeile an, wobei sämtliche nachfolgende Zeilennummern jeweils um eins erhöht werden. Stehen nicht mehr genügend Bytes im Programmspeicher zur Verfügung, packt der Rechner den Programmspeicher und zeigt PACKING und danach TRY AGAIN an. Zeigt der Rechner nach einem weiteren Eingabeversuch abermals TRY AGAIN an, so können keine weiteren Anweisungen mehr eingegeben werden. Möchten Sie jedoch weitere Anweisungen eingeben, so muß eine andere SIZE-Konfiguration gewählt oder andere Programme müssen gelöscht werden.

2.4 Programmunterbrechungen

STOP und [R/S]

Im Programm-Modus kann eine STOP-Anweisung durch Drücken der [R/S]-Taste oder durch Eingeben von [XEQ] [ALPHA] STOP [ALPHA] eingegeben werden. Enthält ein Programm eine dieser Anweisungen, so wird die Ausführung des Programmes an dieser Stelle angehalten. Läuft das Programm nicht, so startet [R/S] das Programm beginnend mit der Zeile, in der der Rechner gerade steht. Der Programmstop dient zur Dateneingabe wie auch zur Ausgabe von Teilergebnissen. Die Funktion [R/S] ist daher eine wichtige Hilfe beim Erstellen übersichtlicher Programme.

PROMPT

Eine PROMPT-Anweisung im Programm hält ein laufendes Programm an und zeigt den Inhalt des Alpha-Registers. Ebenso wie AVIEW zeigt PROMPT nur den Inhalt des Alpha-Registers an, schaltet jedoch den Rechner nicht in den Alpha-Modus. Diese Funktion wird häufig bei der Aufforderung zur Dateneingabe eingesetzt (z. B. ZINS? STO 12).

PSE (Pause)

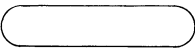

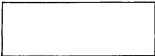

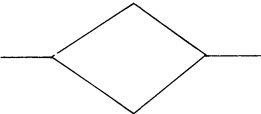
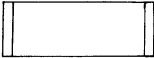
Wenn ein laufendes Programm eine PSE-Anweisung durchführt, hält das Programm für ca. 1 Sekunde an. Während dieser Pause zeigt der Rechner entweder das X-Register oder (wenn sich der Rechner im Alpha-Modus befindet) das Alpha-Register an. Zeigt jedoch die Anzeige den Inhalt eines Registers aufgrund einer VIEW oder AVIEW-Anweisung, verlängert

gert PSE diese Anzeige nur. Bei jeder PSE-Anweisung, die ausgeführt wird, blinkt der PRGM-Indikator einmal. Während der Pause ist das gesamte Tastenfeld aktiv, und es können numerische Daten oder Alphadaten in den Rechner eingegeben werden.

2.5 Entwickeln eines Flußdiagramms

Eine wertvolle Hilfe bei der Entscheidung, wie ein bestimmtes Problem gelöst werden soll, ist die Darstellung des Programmablaufs in Form eines Flußdiagramms. Bei der Entwicklung des Flußdiagramms ist es aufgrund der Übersichtlichkeit noch sehr einfach, Änderungen am Lösungsgang vorzunehmen oder logische Fehler zu erkennen. Wenngleich jede mögliche Darstellung dieser Ablaufdiagramme möglich ist, sollten doch gewisse Konventionen bei der Erstellung berücksichtigt werden.

Dazu gehören folgende Symbole:

	Start-/Stop-Label Start oder Stop eines Programms
	Label mit einer solchen Marke (Label) werden Programmstellen im Rechner markiert
	Anweisung(en) eine Anweisung kann entweder aus dem Setzen oder Löschen eines Flags, aus einer arithmetischen Anweisung oder Speicheranweisung, aus Operationsbefehlen oder aus dem Aufrufen von Funktionen bestehen
	Eingabe Eingabe der im Zuge der Programmentwicklung notwendig werdenden Daten
	Vergleichsoperationen wird die gestellte Bedingung erfüllt, so wird mit dem Ja-Zweig fortgefahren; andernfalls mit dem Nein-Zweig
	Aufruf eines Unterprogramms das Unterprogramm beginnt mit der angegebenen Marke (Label)

Beim Zeichnen des Flußdiagramms wird der Programmablauf als lineare Folge einzelner Schritte dargestellt. Mit Pfeilen wird angedeutet, in welcher Richtung die Ausführung des Programms fortschreitet.

2.6 Programmverzweigungen

Unbedingte Sprünge und Programmschleifen


Die Verwendung der ■ [GTO]-Anweisung als Bestandteil eines Programms kann nur dann im Rechner gespeichert werden, wenn im Anschluß an ■ [GTO] als „Sprungadresse“ eine Marke eingetastet wird.

Wenn der Rechner während der Ausführung eines Programms auf die Anweisung ■ [GTO] 02 trifft, wird die Programmausführung unterbrochen und der Programmspeicher nach dieser Marke nur innerhalb des augenblicklich laufenden Programms abgesucht. Hat der Rechner die Marke (Label) gefunden, setzt er die sequentielle Ausführung des Programms ab dieser Stelle fort. Auf diese Weise können Sie die Programmausführung mit ■ [GTO], gefolgt von einer lokalen Marke, zu einer beliebigen Stelle innerhalb des laufenden Programms verzweigen; mit einer globalen Marke ist dies zu jedem beliebigen Programm des Programmspeichers möglich.

```

01 LBL T EDE
02 ...
03 ...
04 GTO 02
05 ...
06 ...
07 LBL 02
08

```



Die Programmausführung verzweigt zum nächsten LBL 02

Existiert keine Marke der angegebenen Bezeichnung, so wird die Programmausführung angehalten, und der HP-41C/CV meldet NONEXISTENT in der Anzeige.

Die GTO-Anweisung wird häufig zur Programmierung sogenannter „Programmschleifen“ verwendet. Das folgende Programm verwendet eine solche Programmschleife zur Zinseszinsberechnung nach der Formel

$$FV = PV (1 + i)^n,$$

wobei FV = zukünftiger oder Endbetrag der Spareinlage

PV = Anfangswert

i = Periodenzinssatz (als dezimaler Wert einzugeben, 5% = 0,05)

n = Anzahl der Zinsperioden (z. B. Anzahl der Jahre).

Das Programm führt die Berechnung des Kontostandes für aufeinanderfolgende Jahre so lange aus, bis Sie auf dem Tastenfeld [R/S] drücken, bzw. ein Rechner-Überlauf eintritt.

Beispiel 2-2

Anfangswert PV = 1.000,00 DM

Zins i = 5%

Anweisungsliste zu Beispiel 2-2

01 *LBL "ZINS"	09 1	17 "FV="
02 "PV= ?"	10 ST+ 03	18 ACCL X
03 PROMPT	11 RCL 01	19 ACN
04 STO 00	12 +	20 PSE
05 "I= ?"	13 RCL 03	21 ACFF
06 PROMPT	14 YXX	22 GTO 01
07 STO 01	15 RCL 00	23 .END.
08 *LBL 01	16 *	

Benutzeranleitung

Programm eintasten

Programm starten durch Drücken der Tastenfolge

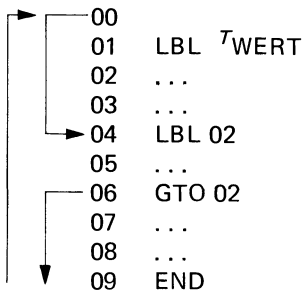
[XEQ] [ALPHA] ZINS [ALPHA]

PV eingeben [R/S]

i eingeben [R/S]

Lokale Marken

Die Suche nach lokalen Marken wird nur im laufenden Programm durchgeführt, d. h. in dem Programm, das der Rechner gerade ausführt oder in dem er sich befindet. Um die lokale Marke zu finden, sucht der Rechner die nachfolgenden Programmzeilen ab. Wird die angegebene Marke nicht vor dem Ende des Programms gefunden, so wird, wie das folgende Bild zeigt, die Suche nach der Marke am Anfang des Programmes fortgesetzt, bis die angegebene Marke gefunden wird. Aufgrund dieses Suchprozesses können lokale Marken mehrmals im selben Programm verwendet werden.



Die Suche nach einer lokalen Marke kann abhängig von der Länge des Programms erhebliche Zeit beanspruchen. Um die Suchzeit zu optimieren, merkt sich der Rechner beim ersten Suchvorgang, wo sich die Marke befindet, so daß die Programmausführung sofort mit der entsprechenden Zeile fortgesetzt werden kann. Dadurch wird die Ausführungszeit erheblich verkürzt.

Ausnahmen bilden die Marken 00 bis 14 (Kurzform-Marken), wenn sie weiter als 112 Bytes von der GTO-Anweisung entfernt stehen. Diese Marken müssen in diesem Fall nach jedem GTO gesucht werden.

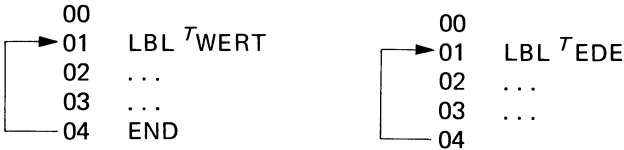
Diese Kurzform-Marken benötigen nur ein Byte Speicherplatz, die dazugehörige GTO-Anweisung zwei Bytes. Lokale Alpha-Marken und numerische Marken benötigen zwei Bytes und die dazugehörige GTO-Anweisung drei Bytes. Um Programmplatz einzusparen, sollten also Kurzform-Marken verwendet werden, jedoch können diese – abhängig von ihrer Entfernung von der GTO-Anweisung – die Rechenzeit verlängern.

Globale Marken

Um eine globale Marke zu finden, sucht der Rechner zuerst alle Marken im Programmspeicher, dann die der Speichererweiterungs-Module und Peripheriegeräte und zuletzt die Standardfunktion des HP-41C/CV ab. Setzt sich eine globale Alpha-Marke aus denselben Buchstaben wie eine der Standardfunktionen zusammen, so interpretiert der Rechner die Buchstabenfolge als Marke. Wird jedoch diese Marke im Programmspeicher nicht gefunden, so wird die Standardfunktion (CATALOG 3) ausgeführt.

Im Programmspeicher beginnt die Suche mit der letzten globalen Marke. Es wird der Programmspeicher nach oben abgesucht, wobei die Anweisungen zwischen den globalen Marken ausgelassen werden, bis der Rechner den Anfang des Programmspeichers erreicht oder die angegebene Marke gefunden hat.

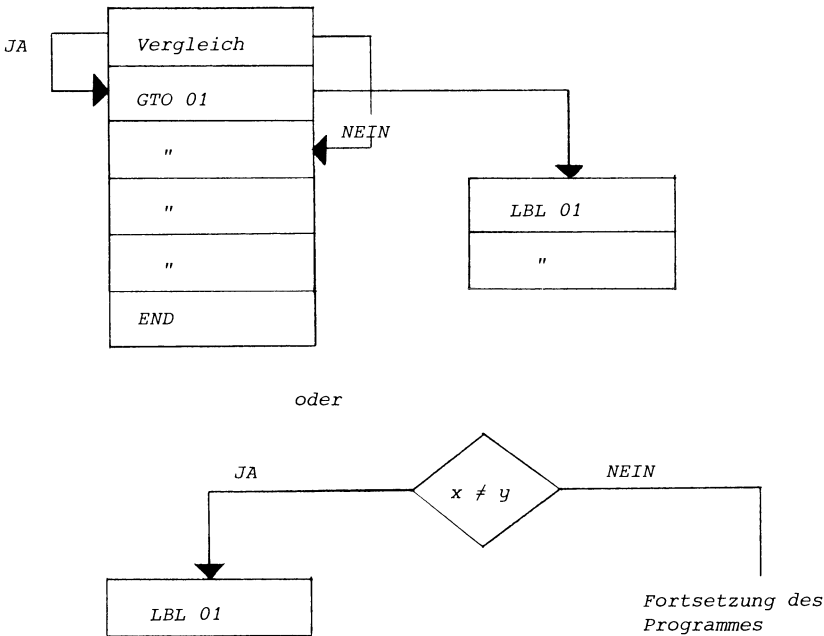
Wird die Marke gefunden, so wird das Programm ab dieser Stelle ausgeführt.



2.6.1 Vergleichsoperationen und bedingte Programmverzweigungen

Der HP-41C/CV besitzt die Fähigkeit, bei der Programmausführung in Abhängigkeit vom Ergebnis eine Entscheidung über den weiteren Verlauf der Berechnung zu treffen. Welcher Zweig gewählt wird, hängt vom jeweiligen Vergleichszustand oder der Flagprüfung ab. In der einfachsten Form ist das ein Vergleich zwischen zwei Größen x und y . Die Frage kann z. B. lauten $x \neq y$? Wird die Frage positiv beantwortet (Bedingung erfüllt), so fährt das Programm mit der sequentiellen Ausführung der Programmschritte fort. Ist die Antwort dagegen nein, so überspringt das Programm den nachfolgenden Schritt.

Ein Beispiel zeigt das folgende Bild.



Der auf den Vergleichsbefehl folgende Programmschritt kann eine beliebige Programm-anweisung sein; in der Regel wird an dieser Stelle ein Sprungbefehl GTO stehen. Der HP-41C/CV verfügt über zehn Vergleichsoperationen, um innerhalb eines Programmes Entscheidungen zu treffen.

Die erste Gruppe vergleicht die Größen im X- und Y-Register. Folgende Vergleiche sind möglich:

$x = y?$; $x > y?$; $x < y?$; $x \leq y?$; $x \neq y?$

Die zweite Gruppe vergleicht die Größe x mit 0.

$x = 0?$; $x > 0?$; $x < 0?$; $x \leq 0?$; $x \neq 0?$

Bei zwei Vergleichsoperationen, nämlich $x = y$ und $x \neq y$, ist es unerheblich, ob es sich bei den Inhalten um numerische Werte oder Alpha-Strings handelt; allerdings müssen die beiden Inhalte, die verglichen werden sollen, vom gleichen Typ sein, d. h. es müssen entweder beide Inhalte numerische Werte sein, oder beide müssen aus Alpha-Zeichen bestehen.

Die dritte Gruppe von Entscheidungen ist abhängig von einem manuell oder durch das Programm gesetzten Signal (Flag siehe Abschnitt 2.9).

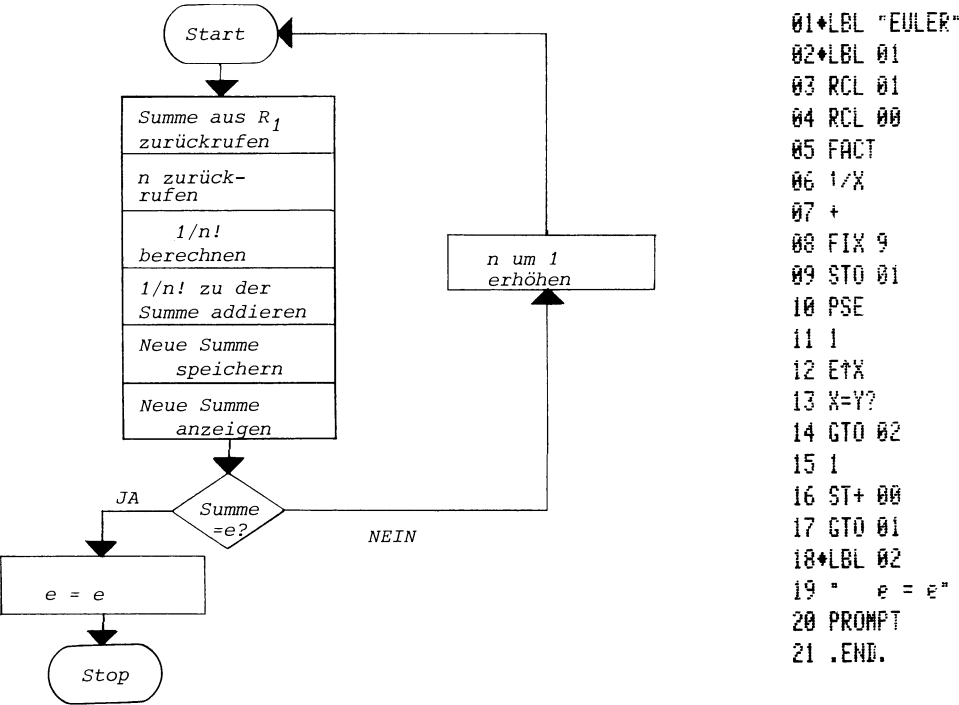
Beispiel 2-3

Der Wert der Eulerschen Zahl e wird auf Tastendruck [1] ■ [e^x] durch den Rechner HP-41C/CV direkt angezeigt. Das folgende Programm berechnet diese Konstante über eine Reihenentwicklung.

$$e = 1/0! + 1/1! + 1/2! + \dots + 1/n!$$

Nach jedem Schleifendurchlauf wird die neue Näherungslösung angezeigt und mit dem im Rechner gespeicherten Wert für e verglichen. Wenn beide Werte gleich sind, verläßt das Programm die Iterationsschleife und hält an.

Anweisungsliste zu Beispiel 2-3



Benutzeranleitung

1 eingeben in das X-Register

Programm eintasten.

Starten des Programmes durch Drücken der Tastenfolge

[XEQ] [ALPHA] EULER [ALPHA]

Anmerkung:

Überprüfen Sie vor dem Programmstart, ob der Speicher R_{00} , in dem die Anzahl n der Schleifendurchläufe geführt wird, gelöscht ist; der Speicher R_{01} muß ebenfalls gelöscht sein.

Beispiel 2-4

Größter gemeinsamer Teiler

Als größter gemeinsamer Teiler der beiden natürlichen Zahlen n und m bezeichnet man die größte Zahl, die sowohl Teiler von n als auch Teiler von m ist. Für $n > m$ gilt $\text{ggT}(n, m) = \text{ggT}(n-m, m)$. Hiermit läßt sich der größte gemeinsame Teiler nach dem Euklidischen Algorithmus ermitteln.

m wird so oft von n subtrahiert, bis der Rest $r_1 < m$ bleibt. Ist $r_1 = 0$, so ist $\text{ggT}(n, m) = m$. Für $r_1 \neq 0$; wird r_1 so oft von m subtrahiert, bis ein Rest $r_2 < r_1$ bleibt. Ist $r_2 = 0$, so ist $\text{ggT}(n, m) = r_1$ usw.

Zur Erläuterung diene das folgende Beispiel für $n = 84$ und $m = 35$:

$84 - 35 = 49 > 35$; $49 - 35 = 14 < 35$; $35 - 14 = 21 > 14$; $21 - 14 = 7 < 14$;
 $7 - 7 = 0$, also $\text{ggT}(84, 35) = 7$

Anweisungsliste zu Beispiel 2-4

01*LBL "GGT"	07 X<Y?
02*LBL 00	08 GTO 00
03 -	09 X<>Y
04 X=0?	10 GTO 00
05 GTO 02	11*LBL 02
06 LASTX	12 LASTX
	13 END

Benutzeranleitung

Nr.	Anweisung	Tasten
1	Programm eingeben	
2	Variable n und m eingeben	n [ENTER] m
3	Programm starten	[XEQ] [ALPHA] GGT [ALPHA]
4	Ergebnis r	

Zahlenbeispiele:

n	m	ggT
84	35	7
374	231	11
452	184	4
1023	581	1
7803	2046	3
95139	54033	93

Beispiel 2-5

Kreis, durch drei Punkte bestimmt

Ein Kreis mit den Mittelpunktskordinaten a und b und dem Radius R wird durch die Gleichung beschrieben

$$(x - a)^2 + (y - b)^2 = R^2.$$

Sind umgekehrt 3 Punkte (x_1, y_1) , (x_2, y_2) und (x_3, y_3) gegeben, so lassen sich die Achsabstände a und b des Mittelpunktes sowie der Radius R des Kreises berechnen.

Es ist

$$2a = \frac{A}{B}$$

mit

$$\begin{aligned} A = & y_1 (x_3^2 - x_2^2 + y_3^2 - y_2^2) \\ & + y_2 (x_1^2 - x_3^2 + y_1^2 - y_3^2) \\ & + y_3 (x_2^2 - x_1^2 + y_2^2 - y_1^2) \end{aligned}$$

und

$$B = y_1 (x_3 - x_2) + y_2 (x_1 - x_3) + y_3 (x_2 - x_1)$$

Entsprechend gilt

$$2b = \frac{x_1^2 - x_3^2 + y_1^2 - y_3^2 + 2a(x_3 - x_1)}{y_1 - y_3}$$

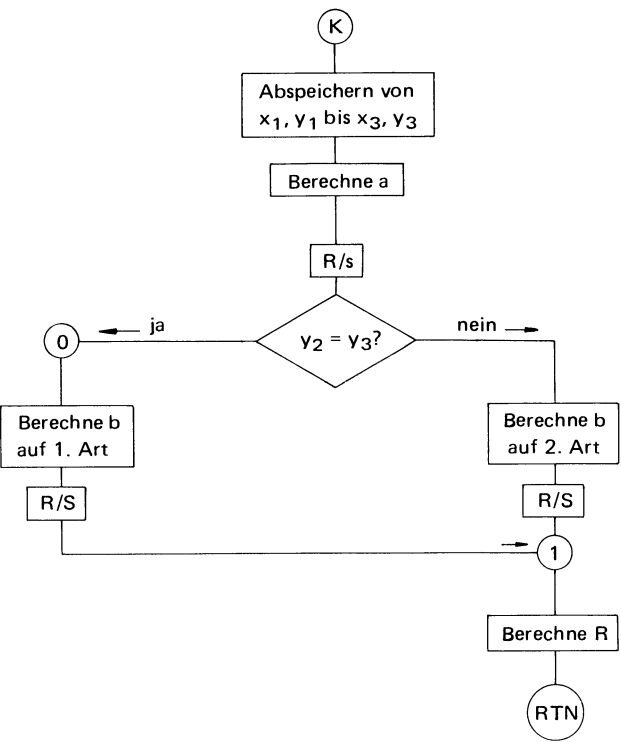
oder

$$2b = \frac{x_2^2 - x_3^2 + y_2^2 - y_3^2 + 2a(x_3 - x_2)}{y_2 - y_3}$$

$$R = \sqrt{(x_1 - a)^2 + (y_1 - b)^2}$$

Für $x_1 = x_2 = x_3$ oder $y_1 = y_2 = y_3$ liegen die Punkte auf einer Geraden, können also nicht durch einen Kreis mit endlichen a, b und R beschrieben werden. Falls aber lediglich $y_1 = y_3$ oder $y_2 = y_3$ ist, muß nur die passende Gleichung für b mit einem Nenner ungleich Null gewählt werden.

Der Ablaufplan hat folgendes Aussehen:



Das Programm berechnet den Mittelpunktabstand a , dann nach Drücken von [R/S] b und den Radius R . Nach der Berechnung können auf Label DE vorgegebene x -Werte des Kreises eingegeben werden. Das Programm berechnet dann die zugehörigen Funktionswerte des Kreises y_1 und y_2 :

$$y_1 = b + \sqrt{R^2 - (x - a)^2}$$

sowie nach [R/S]

$$y_2 = b - \sqrt{R^2 - (x - a)^2}$$

Anweisungsliste zu Beispiel 2-5

01*LBL "KREIS"	09 STO 02	17 *Y2 ?"	25 X12
02 "X1 ?"	10 X12	18 PROMPT	26 STO 09
03 PROMPT	11 STO 03	19 STO 06	27 "Y3 ?"
04 STI 00	12 "X2 ?"	20 X12	28 PROMPT
05 X12	13 PROMPT	21 STO 07	29 STO 10
06 STO 01	14 STO 04	22 "X3 ?"	30 X12
07 "Y1 ?"	15 X12	23 PROMPT	31 STO 11
08 PROMPT	16 STO 05	24 STO 08	32 RCL 07

33 -	73 -	113*LBL 01	153 STOP
34 RCL 09	74 RCL 10	114 RCL 00	154 GTO 01
35 +	75 *	115 RCL 12	155*LBL 02
36 RCL 05	76 +	116 -	156 ARCL X
37 -	77 /	117 X12	157 AVIEW
38 RCL 02	78 2	118 RCL 02	158 RTN
39 *	79 /	119 RCL 13	159*LBL "DE"
40 RCL 01	80 STO 12	120 -	160 ENTER↑
41 RCL 09	81 "P="	121 X12	161 RCL 12
42 -	82 XEQ 02	122 +	162 -
43 RCL 03	83 STOP	123 SORT	163 X12
44 +	84 RCL 06	124 STO 14	164 CH5
45 RCL 11	85 RCL 10	125 "R="	165 RCL 14
46 -	86 X=Y?	126 XEQ 02	166 X12
47 RCL 06	87 GTO 00	127 RTN	167 +
48 *	88 RCL 05	128*LBL 00	168 SORT
49 +	89 RCL 09	129 RCL 01	169 RCL 13
50 RCL 05	90 -	130 RCL 09	170 X<>Y
51 RCL 01	91 RCL 07	131 -	171 +
52 -	92 +	132 RCL 03	172 "Y1="
53 RCL 07	93 RCL 11	133 +	173 XEQ 02
54 +	94 -	134 RCL 11	174 STOP
55 RCL 03	95 RCL 08	135 -	175 LASTX
56 -	96 RCL 04	136 RCL 00	176 CH5
57 RCL 10	97 -	137 RCL 00	177 RCL 13
58 *	98 RCL 12	138 -	178 +
59 +	99 *	139 RCL 12	179 "Y2="
60 RCL 08	100 2	140 *	180 XEQ 02
61 RCL 04	101 *	141 2	181 END
62 -	102 +	142 *	
63 RCL 02	103 RCL 06	143 +	
64 *	104 RCL 10	144 RCL 02	
65 RCL 00	105 -	145 RCL 10	
66 RCL 08	106 /	146 -	
67 -	107 2	147 /	
68 RCL 06	108 /	148 2	
69 *	109 STO 13	149 /	
70 +	110 "B="	150 STO 13	
71 RCL 04	111 XEQ 02	151 "B="	
72 RCL 00	112 STOP	152 XEQ 02	

Das Programm benötigt 15 Daten- und 36 Programmregister

Benutzeranleitung

Nr.	Anweisung	Tasten
1	Datenregister bestimmen	[XEQ] [ALPHA] SIZE [ALPHA] 015
2	Programm eingeben	
3	Programm starten	[XEQ] [ALPHA] KREIS [ALPHA]
4	Eingabe der gefragten Daten	
	$x_1; y_1$	[R/S]
	\cdot	\cdot
	\cdot	\cdot
	$x_3; y_3$	[R/S]
5	Anzeige von $A = \dots$	[R/S]
6	Anzeige von $B = \dots$	[R/S]
7	Anzeige von $R = \dots$	[R/S]
8	Eingabe der x-Werte des Kreises	[XEQ] [ALPHA] DE [ALPHA]
9	Berechnung des zugehörigen Funktionswertes des Kreises y_1	[R/S]
10	Berechnung des zugehörigen Funktionswertes des Kreises y_2	

Es werden die drei Wertepaare eingegeben:

$$x_1 = 3; y_1 = 1$$

$$x_2 = 1; y_2 = 3$$

$$x_3 = 5; y_3 = 3$$

Tastenfolge	Anzeige
[XEQ] [ALPHA] KREIS [ALPHA]	X1?
[3] [R/S]	Y1?
[1] [R/S]	X2?
[1] [R/S]	Y2?
[3] [R/S]	X3?
[5] [R/S]	Y3?
[3] [R/S]	A = 3.0000
[R/S]	B = 3.0000
[R/S]	R = 2.0000

Nach der Berechnung von a, b und R werden über [LBL] DE verschiedene X-Werte eingegeben.

[1] [XEQ] [ALPHA] DE [ALPHA]	$Y_1 = 3.0000$
[R/S]	$Y_2 = 3.0000$

Entsprechend werden drei weitere Wertepaare als Punkte auf einem anderen Kreis eingegeben:

$x_1 = 1;$	$y_1 = 1$	Ergebnis: A = 6,4458 B = -2,0803 R = 6,2566
$x_2 = 3,5;$	$y_2 = -7,6$	
$x_3 = 12;$	$y_3 = 0,8$	

2.7 Steuerung von Programmschleifen

Bei der Lösung von Aufgaben – z. B. Iterationsverfahren, Reihenentwicklungen etc. – kommt es häufig vor, daß der Anfangs- und Endwert vorgegeben und ein bestimmter

Rechenzyklus mehrfach zu durchlaufen ist. Zur Lösung solcher Aufgaben verfügt der HP-41C/CV über zwei Funktionen ISG (increment and skip if greater — Verzweige, falls größer) und DSE (decrement and skip if equal — Verzweige, falls gleich). Beide Funktionen enthalten interne Zähler, die eine Schleifensteuerung unter verschiedenen Bedingungen erlauben. Dieser Zähler kann als Kontrollzahl in jedem Stack- oder Datenregister sowie im LAST X vorgegeben werden. Das Register, das diese Kontrollzahl enthält, wird angegeben, wenn der Rechner nach ISG oder DSE nach einer Eingabe fragt. Die Kontrollzahl hat folgendes Format:

iiii.ffff

wobei iiii dem Anfangswert der Laufvariablen entspricht, der mit dem Befehl ISG bzw. DSE inkrementiert (erhöht) bzw. dekrementiert (vermindert) wird.

fff entspricht dem Endwert der Laufvariablen, mit dem iiii nach jedem ISG bzw. DSE verglichen und entsprechend der Bedingung (größer bzw. gleich) verzweigt wird.

cc entspricht der Schrittweite des Inkrements bzw. Dekrements. Wird keine Schrittweite angegeben, so dekrementiert bzw. inkrementiert der HP-41C/CV automatisch um eins (cc = 01).

Die DSE-Anweisung bewirkt, daß der Rechner die Zahl im Kontrollregister iiii um cc dekrementiert. Gleichzeitig wird überprüft, ob iiii gleich oder kleiner fff ist. Trifft dies zu, so überspringt der Rechner die nächste Programmzeile.

Wird die ISG-Anweisung ausgeführt, so wird die Zahl im Kontrollregister iiii um cc inkrementiert. Gleichzeitig wird überprüft, ob iiii größer als fff ist. Wenn dies der Fall ist, überspringt der Rechner die nächste Programmzeile.

Soll z. B. eine Schleife programmiert werden, die mit dem Zählwerk 8 beginnt, jedesmal um 3 erhöht wird und bis zum Wert 23 laufen soll, so ist in ein beliebiges Register (angenommen 01) der Wert 8,02303 einzutasten. Jedesmal, wenn die Funktion ISG 01 ausgeführt wird, wird zu dem Zählwerk eine 3 hinzuaddiert (8, 11, 14 . . . etc.) und mit dem Wert 23 auf „größer“ verglichen. Der letzte Zählwert wäre also 23, denn beim darauffolgenden Mal würde er 26 annehmen, was größer als 23 ist, und somit eine Verzweigung veranlassen.

Beispiel 2-6

Eine beliebig eingegebene positive Zahl soll etwa im Sekundentakt bis auf Null gezählt werden. Nach Ablauf des Programms steht in der Anzeige eine Null, jedoch im X-Register die vorher eingegebene Zahl. Das Programm zeigt neben der Schleifensteuerung die Anwendung der Funktion [VIEW].

Anweisungsliste zu Beispiel 2-6

```

01 *LEL *SCHL-
02 ENTER↑
03 ENTER↑
04 *LE 01
05 CLA
06 7
07 VIEW Y ————— Tastendruck ■ [VIEW] [.] [Y] ohne Alpha-Modus
08 *LEL 02
09 DSE X ————— Tastendruck [XEQ] [ALPHA] DSE [ALPHA] [.] [X]

```

```

10 GTO 02
11 DSF Y
12 GTO 01
13 VIEW Y
14 ROL Z
15 END

```

Benutzeranleitung

Nr.	Anweisung	Tasten
1	Programm eingeben	
2	Startwert eingeben (z. B. 10)	[10]
3	Programm starten	[XEQ] [ALPHA] SCHL [ALPHA]
4	Im Sekundentakt wird bis auf Null gezählt (Anzeige 0,0000)	

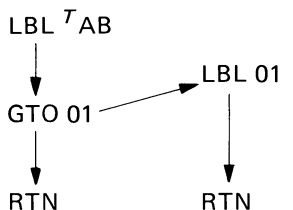
Die Funktion [←] beendet das Anzeigen und bringt den Inhalt des X-Registers (eingegebener Endwert) wieder in die Anzeige.

2.8 Unterprogramme

Es kommt häufig vor, daß sich innerhalb eines Programms eine bestimmte Tastenfolge mehrmals wiederholt. Wenn es sich dabei um identische aufeinanderfolgende Programmschritte handelt, kann dieser Teil als Unterprogramm ausgeführt werden. Ein solches Unterprogramm wird durch die Funktion XEQ, gefolgt von einer globalen oder lokalen Marke, aufgerufen.

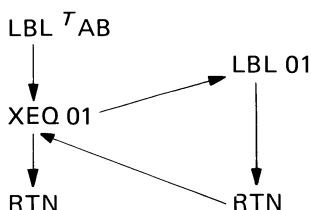
Die XEQ-Anweisung bewirkt ebenso wie GTO, daß die Ausführung eines Programms zu der im Anschluß an XEQ bezeichneten Marke verzweigt. Der Unterschied zu GTO besteht darin, daß der Rechner nach Ausführung des mit dieser Marke gekennzeichneten Unterprogramms beim nächsten RTN oder END nicht anhält, sondern in das Hauptprogramm zurückspringt. Diese Ausführung des Hauptprogrammes wird ab der Anweisung fortgesetzt, die auf den XEQ-Befehl folgt. Das nachstehende Schema zeigt die unterschiedliche Wirkung von GTO und XEQ:

Programmverzweigung



Programmstop

Unterprogramm



Rücksprung ins Hauptprogramm

Wenn Sie anhand des linken Diagramms das Programm AB starten, führt der Rechner die aufeinanderfolgenden Programmanweisungen aus. Bei Erreichen der Anweisung GTO 01 wird die Programmausführung unterbrochen und der Speicher nach der Marke LBL 01 abgesucht. Ab dieser Stelle wird die sequentielle Ausführung aufeinanderfolgender Programm-

schritte fortgesetzt, bis der Rechner auf eine RTN- oder END-Anweisung trifft. Zu diesem Zeitpunkt hält der Rechner an.

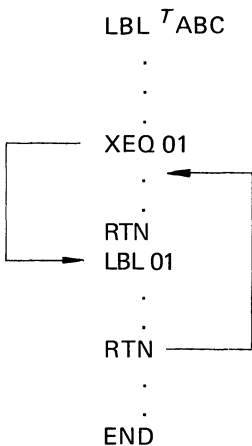
Tritt im Verlauf der Programmausführung die Anweisung XEQ 01 auf, sucht der Rechner ebenfalls den Programmspeicher auf das erste Auftreten von LBL 01 ab und setzt ab dieser Stelle die Ausführung der einzelnen Programmschritte fort. Wenn der Rechner jetzt in der Folge auf eine RTN- oder END-Anweisung trifft, bricht er die Programmausführung nicht ab, sondern setzt sie im Hauptprogramm mit der nächsten auf XEQ 01 folgenden Anweisung fort.

Wie Sie sehen, besteht der einzige Unterschied zwischen dem Unterprogramm und einer normalen Programmverzweigung im anschließenden Rücksprung zum Hauptprogramm nach Ausführung von RTN oder END. Nach einer Programmverzweigung mit GTO hält RTN oder END ein laufendes Programm an; in der Folge von XEQ bewirkt die nächste RTN- oder END-Anweisung den Rücksprung in das Hauptprogramm, wo der Rechner die sequentielle Ausführung der Programmschritte bis zur nächsten RTN- oder END-Anweisung fortsetzt. Sie können die gleiche Routine innerhalb eines Programmes mit GTO als auch mit XEQ beliebig oft verwenden.

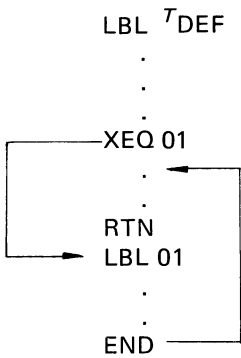
Unterprogramme und das Suchen nach Marken

Es gibt grundsätzlich zwei Arten von Unterprogrammen, die Sie in Ihren Programmen verwenden können.

1. Numerische Marken und lokale Alpha-Marken (A bis J und a bis e) werden für Unterprogramme innerhalb desselben Programmblocks verwendet. Der Rechner sucht den Programmspeicher nach diesen Marken nur innerhalb des augenblicklich laufenden Programms ab. Diese Unterprogramme, die sich innerhalb des Hauptprogrammes befinden, werden mit einer RTN-Anweisung abgeschlossen. Der Grund hierfür liegt darin, daß das Hauptprogramm eine eigene Anfangsmarke hat und mit einer END-Anweisung abgeschlossen wurde. Wenn sich jedoch das Unterprogramm am Ende des Hauptprogrammes befindet, kann es durch die END-Anweisung abgeschlossen werden.

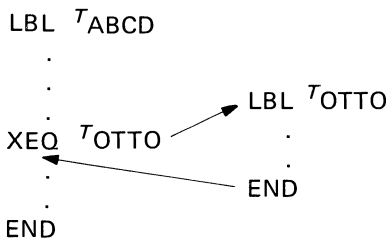


Dieses Unterprogramm hat eine numerische Marke und wird mit RTN abgeschlossen.

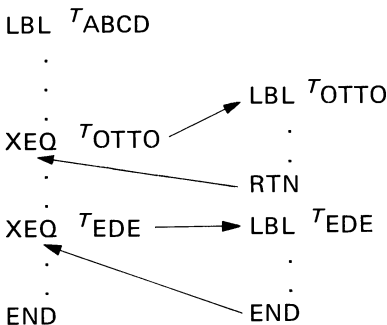


Dieses Unterprogramm hat eine numerische Marke; da es sich jedoch am Ende des Hauptprogrammes befindet, wird es mit END abgeschlossen.

2. Alpha-Marken werden im allgemeinen für Unterprogramme verwendet, die sich außerhalb des Hauptprogrammes befinden. Der Rechner sucht den gesamten Programmspeicher beginnend mit der letzten Alpha-Marke aufsteigend ab. Wird die gesuchte Marke nicht gefunden, so erscheint NONEXISTENT in der Anzeige. Diese Unterprogramme werden gewöhnlich mit einer END-Anweisung abgeschlossen, da sie als selbständige Programme im Programmspeicher stehen müssen.



Dieses Unterprogramm hat eine Alpha-Marke und wird mit END abgeschlossen.

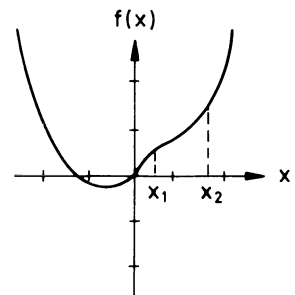


Diese zwei Unterprogramme haben Alpha-Marken. Sie sind aber zu einem einzigen „Programm“ zusammengefaßt. In diesem Fall muß nur das letzte Unterprogramm mit einer END-Anweisung abgeschlossen werden.

Beispiel 2-7

Das folgende Programm berechnet die mittlere Steigung einer Funktion $f(x)$ zwischen den Punkten x_1 und x_2 . Die Funktion in diesem Beispiel lautet

$$f(x) = x^2 - \ln(x^2 + e^{-x})$$



Die Lösung für die mittlere Steigung von $f(x)$ wird wie folgt berechnet:

$$\frac{f(x_2) - f(x_1)}{x_2 - x_1} = \frac{[x_2^2 - \ln(x_2^2 + e^{-x_2})] - [x_1^2 - \ln(x_1^2 + e^{-x_1})]}{x_2 - x_1}$$

Wie aus diesem Ausdruck zu erkennen ist, beinhaltet die Lösung eine zweifache Berechnung des Ausdruckes $x^2 - \ln(x^2 + e^{-x})$. Da die Routine zur Berechnung von $f(x_1)$ einen Großteil der Programmschritte umfaßt, die auch zur Berechnung von $f(x_2)$ verwendet werden, ist es sinnvoll, für diesen Teil beider Routinen ein Unterprogramm vorzusehen.

Wenn das Programm die Anweisung XEQ 01 in Zeile 05 erreicht, wird die Programmausführung mit LBL 01 in Zeile 13 und der Berechnung von $f(x_1)$ fortgesetzt. Wenn der Rechner die END-Anweisung in Zeile 25 erreicht, erfolgt ein Rücksprung in das Hauptprogramm, wo die Ausführung mit der ersten, XEQ 01 folgenden Anweisung fortgesetzt wird. In Zeile 08 wird nach XEQ 01 wiederum die Programmausführung mit LBL 01 in Zeile 13 fortgesetzt. Nachdem der Rechner das mit LBL 01 beginnende Unterprogramm ein zweites Mal durchlaufen hat, erfolgt nach der END-Anweisung in Zeile 25 ein Rücksprung in das Hauptprogramm, wo das Programm mit der ersten Anweisung, die auf die letzte XEQ 01-Anweisung folgt, sequentiell fortgesetzt wird.

Gegeben sind die Wertepaare:

$x_1 = 0$	0,55	1,25	2
$x_2 = 0,5$	1,15	1,75	3

Anweisungsliste zu Beispiel 2-7

01*LSL "GRPH"	09 +	17 LASTX
02 STD 00	10 RCL 00	18 X12
03 X<>Y	11 /	19 +
04 ST- 00	12 RTN	20 LN
05 XEQ 01	13*LBL 01	21 CHS
06 CHS	14 ENTER↑	22 X<>Y
07 X<>Y	15 CHS	23 X12
08 XEQ 01	16 E1X	24 +
		25 .END.

Benutzeranleitung

Eingeben der Wertepaare und anschließend das Programm starten

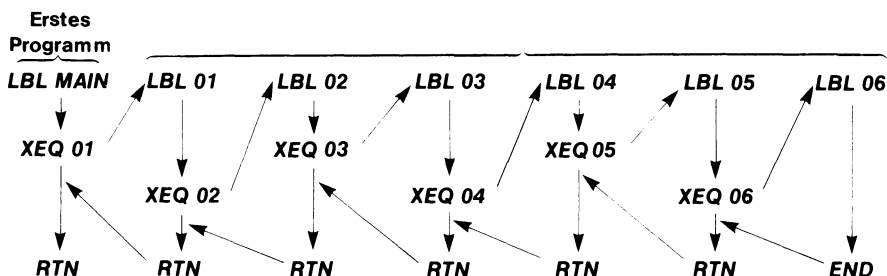
```
[0] [ENTER] [0] [·] [5]
[XEQ] [ALPHA] GRPH [ALPHA]
[0] [·] [5] [5] [ENTER] [1] [·] [4] [5]
[XEQ] [ALPHA] GRPH [ALPHA] etc.
```

Ergebnisse: 0,8097; 0,6623; 1,8804; 4,2168

2.8.1 Grenzen bei der Verwendung von Unterprogrammen

Ein Unterprogramm kann ein zweites Unterprogramm aufrufen, das dann wiederum seinerseits ein Unterprogramm aufrufen kann. Die Verschachtelung solcher Unterprogramme ist

lediglich durch die maximale Anzahl von [RTN]- oder [END]-Anweisungen eingeschränkt, die sich der Rechner intern „merken“ kann. Der HP-41C/CV kann sich bis zu sechs noch auszuführende Rücksprungbefehle merken, kann also aus einer sechsten Unterprogrammebene zum Hauptprogramm zurückkehren.



Wird ein Unterprogramm manuell vom Tastenfeld aus aufgerufen, wird ■ [RTN] gedrückt, oder wird SIZE durchgeführt, gehen alle gespeicherten, noch auszuführende RTN- und END-Rücksprunginformationen verloren.

2.8.2 Standard-Unterprogramm-Routinen

Beispiel 2-8

Unterprogramme zur Löschung von Datenblöcken

Dieses Programm löscht eine beliebige Anzahl von Datenregistern. Die Löschroutine „REG“ beginnt bei R00 und wird bis R_{nn} wirksam. Bevor Sie das Programm starten, wird die Anzahl der zu löschenden Register mit [ENTER↑] ins X-Register eingegeben. Drücken Sie dann:

[XEQ] [ALPHA] REG [ALPHA]

Bei der Löschroutine „REG1“ können Sie den Datenblock, der gelöscht werden soll, frei definieren. Sie geben den Anfangs- und den Endwert dieses Datenblocks im Format AAA.EEE ins X-Register ein und drücken dann:

[XEQ] [ALPHA] REG1 [ALPHA]

(AAA = Anfangswert; EEE = Endwert)

Anweisungsliste zu Beispiel 2-8

01*LBL "REG"	09*LBL "REG1"
02 STO 00	10 0
03 CLX	11*LBL 02
04*LBL 01	12 STO IND Y
05 STO IND 00	13 ISG Y
06 DSE 00	14 GTO 02
07 GTO 01	15 .END.
08 RTN	

Beispiel 2-9

Unterprogramm zum Kopieren von Datenblöcken

Dieses Programm kopiert den Inhalt des gewünschten Datenblocks in einen definierten zweiten Block. Sie geben den Anfangs- und den Endwert des Datenblocks, der kopiert werden soll, im Format AAA.EEE ins X-Register ein. Anschließend drücken Sie [ENTER↑] und geben die Anfangsadresse des zweiten Datenblocks an. Drücken Sie dann:

[XEQ] [ALPHA] DUP [ALPHA]

Anweisungsliste zu Beispiel 2-9

01*LBL "DUP"	06 1
02*LBL 03	07 +
03 RCL IND Y	08 ISG Y
04 STD IND Y	09 GTD 03
05 RDN	10 .END.

Beispiel 2-10

Unterprogramm zur Ermittlung der Speicherbereichsverteilung (SIZE)

Dieses Programm ermittelt Ihnen die Speicherbereichsverteilung (SIZE). Es ist direkt verwendbar für den HP-41C oder für jegliche Konfiguration durch Änderung der Zeile 3.

Erweiterungsmodule:	0	1	2	3	4
Zeile 3:	32	64	128	128	256

Starten des Programmes:

[XEQ] [ALPHA] SZ [ALPHA]

Anweisungsliste zu Beispiel 2-10

01*LBL "SZ"	07 2	13 CHS
02 -1	08 /	14 X=0?
03 256	09 INT	15 GTD 01
04*LBL 01	10 SF 25	16 FSPC 25
05 ST+ Y	11 ARCL IND Y	17 SIGN
06 ABS	12 FC? 25	18 +
		19 END

Beispiel 2-11

Unterprogramm zum Drucken von Überschriften

Mit diesem Programm haben Sie die Möglichkeit, doppelt große Buchstaben zu drucken. In Zeile 04 wird mit Flag 55 gefragt, ob der Drucker angeschlossen ist. Ist dies der Fall, wird mit dem Befehl PRA das Alpha-Register ausgedruckt. Wenn nicht, wird in Zeile 06 Flag 12 direkt gelöscht.

Eingeben von Alpha-Zeichen (z. B. Kreisbogen) und starten des Programms mit
[XEQ] [ALPHA] TITEL [ALPHA]

Anweisungsliste zu Beispiel 2-11

01*LBL "TITEL"	KREISBOGEN :
02 ADV	
03 SF 12	ALPH = 63,6451
04 FS7 55	DELA = 49,1232
05 PRA	DELE = 45,5097
06 CF 12	
07 ADV	TAUG = 28,3718
08 END	TL = 42,8985
	SKE = 96,1264

Beispiel 2-12

Unterprogramm zum Drucken von Text mit Ergebnis

Eingabe von Alpha-Zeichen z. B. FLAECHIN. = in das Alpha-Register und 706,8583 ins X-Register. Nach Starten des Programms mit [XEQ] [ALPHA] TE [ALPHA] erhalten Sie im Alpha-Register

```
FLAECHIN.=706.8583
WIDERSTDM.=2,658.7188
FLAECHENTR.=39,760.7826
WIDERST.=45
```

Anweisungsliste zu Beispiel 2-12

```
01*LBL "TE"
02 ARCL X
03 PRA
04 TONE 0
05 END
```

Mit diesem Programm können Sie beliebige Texte mit Ergebnis ausdrucken. Der Befehl [ARCL] X bewirkt, daß der Wert vom X-Register ins Alpha-Register transferiert und an den bestehenden Alpha-String angefügt wird.

Anwendung im Hauptprogramm

Starten des Programmes

```
LBL T ABCD
.
```

[XEQ] [ALPHA] TE [ALPHA]

```
OBERFLAECHE =
XEQ TE
VOLUMEN =
XEQ TE
.
```

Beispiel 2-13

Unterprogramm zur Druckausgabeformatierung

Mit diesem Unterprogramm haben Sie die Möglichkeit, die Druckausgabe zu formatieren (Text mit Ergebnis, bzw. nur Ergebnis). Die Kontrollzahl für SKPCHR muß jeweils ins X-Register eingegeben werden. Wenn Sie z. B. das Wort „ENDWERT“ eingeben und mit zwei Leerzeichen (Space) versehen, muß die SKPCHR Kontrollzahl 12 betragen, falls Sie die gesamte Breite des Druckerstreifens (24 Zeichen) ausnutzen möchten. Zur Berechnung der Kontrollzahl wurde folgende Formel verwandt:

$$S = 21 - (A + DSP)$$

A = Anzahl der Alphazeichen

DSP = Anzahl der Stellen in der Anzeige $\hat{=}$ FIX-MODE

Die Formel benutzt 21 anstatt 24 Zeichen, da 1 für das Vorzeichen von X, 1 zur Druckformatierung (z. B. 0,61) und 1 für den Dezimalpunkt verwendet werden.

Alpha-Strings mit verschiedenen Längen werden entsprechend mit Leerzeichen (Space) eingegeben, da der Print Buffer diese dann als eine gleichbleibende Länge ansieht.

Anweisungsliste zu Beispiel 2-13

01*LBL "AB"	07 AES	13 RDN
02 CF 29	08 LOG	14 ACX
03 RCL Y	09 INT	15 PRBUF
04 INT	10 -	16 SF 29
05 X=0?	11 ACB	17 RTN
06 ISG X	12 SKPCHR	18 .END.

Druckerausgabe zu Beispiel 2-13

1.0000	2.0000	HAUPTTAN, =	124578.0000
50.0000	0.45789630	RADIUS =	155.3000
250.0000	0.00023569	GAMMA =	11.0000
4568.0000	0.00000046	BOGEN =	100.0000
33457.0000	0.47895260	DELA =	89456.1200
789456.0000		SL =	0.0010

Das linke Bild zeigt die Druckausgabeformatierung ohne Alphazeichen ausgegeben. Wichtig ist, daß im Alpha-Register keine Zeichen stehen. Als Leerzeichen wurde die Kontrollzahl 10 eingegeben ($\hat{=}$ 10 Stellen vor dem Komma). Bei diesem Beispiel wurde ab der Eingabe 0,45789630 das Format FIX8 gewählt.

Im rechten Bild wurde Text mit Ergebnis ausgegeben. Sie können in der gleichen Art und Weise wie bei der Ergebnisausgabe ohne Text vorgehen, nur müssen jeweils in das Alpha-Register die Alpha-Strings eingegeben werden, die gedruckt werden sollen. Bei den folgenden Eingabebeispielen wird vorausgesetzt, daß das Programm auf die Taste [LOG] gelegt wurde; sonst muß das Programm jeweils mit [XEQ] [ALPHA] AB [ALPHA] aufgerufen werden.

Eingabebeispiel zum linken Bild:

```
1 [ENTER↑] 10 [LOG]
50 [ENTER↑] 10 [LOG]
250 [ENTER↑] 10 [LOG]
4568 [ENTER↑] 10 [LOG]
```

Eingabebeispiel zum rechten Bild:

```
[ALPHA] HAUPTTAN. = [ALPHA] 124578 [ENTER↑] 7 [LOG]
[ALPHA] RADIUS    = [ALPHA] 155,3   [ENTER↑] 7 [LOG] (vor = mit [ALPHA]
                                                    [SPACE] [ALPHA]
                                                    2 space eingeben)

[ALPHA] GAMMA     = [ALPHA] 11      [ENTER↑] 7 [LOG] (vor = 3 space eingeben)
[ALPHA] BOGEN     = [ALPHA] 100     [ENTER↑] 7 [LOG] (vor = 3 space eingeben)
.
.
.
```

2.9 Flags

Neben den Vergleichsbefehlen ($x > y$, $x \neq 0$ usw.) können Sie auch sogenannte „Flags“ für die Programmierung von Verzweigungen oder bedingt auszuführenden Operationen verwenden. Diese Flags sind rechnerinterne Einrichtungen, die wie ein Schalter funktionieren und wahlweise gesetzt oder gelöscht sein können. Sie können dann im Rahmen eines Programms das Flag mit einer speziellen Tastenfunktion auf seinen Zustand prüfen, d. h. feststellen, ob es gesetzt ist oder nicht. In Abhängigkeit von der Stellung des Flags können dann innerhalb des Programms Entscheidungen getroffen und Verzweigungen ausgeführt werden. Der HP-41C/CV verfügt über 56 Flags, die vom Anwender gesetzt, gelöscht oder geprüft werden können. Die Flags 30 bis 55 sind jedoch Systemflags, die zwar gesetzt, aber nicht verändert werden können. Wenn Sie Flags setzen (das heißt einschalten) möchten, müssen Sie ■ [SF] (Flag setzen) und anschließend eine zweistellige Flagnummer (00 bis 55) eingeben. So wird beispielsweise Flag 2 mit der folgenden Tastenfolge gesetzt:

■ [SF] 02

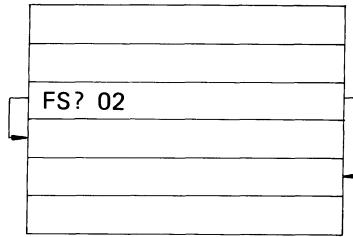
Die Anweisung ■ [CF] (Flag löschen) wird zum Löschen der Flags verwendet. Um Flag 2 zu löschen, drücken Sie:

■ [CF] 02

Sie können bei der Verwendung von Flags mit der Anweisung ■ [FS?] (ist Flag gesetzt?) Bedingungen programmieren, die in Abhängigkeit vom Zustand des entsprechenden Flags erfüllt oder nicht erfüllt sind. Wenn eines der Flags mit ■ [FS?] geprüft wird, führt der Rechner den nachfolgenden Programmbefehl aus, wenn das Flag gesetzt ist (d. h. die Antwort auf die Testfrage „Ja“ lautet). Ist das entsprechende Flag dagegen gelöscht und damit die Bedingung nicht erfüllt (die Antwort auf die Testfrage also „Nein“), überspringt der Rechner die nachfolgende Anweisung, bevor er mit der Ausführung der weiteren Programmschritte fortfährt.

Ist Flag 02 gesetzt?

Falls Ja, Programm-Ausführung mit nachfolgender Anweisung fortsetzen.



Falls Nein, eine Zeile überspringen und anschließend die Programmausführung fortsetzen.

Wird eine Flag-Abfrage manuell vom Tastenfeld ausgeführt, erscheint als Antwort YES (Ja) oder NO (Nein) in der Anzeige.

Drei weitere Flag-Funktionen sind zwar nicht dem Tastenfeld zugewiesen, können aber im User-Modus einer Taste zugeordnet werden. Diese Flag-Funktionen sind:

- FC? Flag prüfen, ob es gelöscht ist
- FS?C Flag prüfen, ob es gesetzt ist und anschließend löschen
- FC?C Flag prüfen, ob es gelöscht ist, und anschließend löschen

Die beiden letztgenannten Prüffunktionen enthalten neben der Prüfung der Bedingung noch eine zusätzliche Funktion. Diese – nämlich [FS?C] (= Flag prüfen, ob gesetzt, und löschen) und [FC?C] (= Flag prüfen, ob gelöscht, und löschen) – löschen das bezeichnete Flag im Anschluß an die Prüfung.

Verwendung von Flags

Wie bei den Vergleichsoperationen wird auch mit Flags die Möglichkeit geschaffen, einzelne Programmzeilen entweder auszuführen oder zu überspringen. Im Gegensatz zu den X-Y und X-0 Vergleichsoperationen, die zwei Werte miteinander vergleichen, geben die Flags Auskunft an den Rechner, ob eine bestimmte Operation oder ein bestimmter Typ von Operation stattgefunden hat oder nicht.

Beispiel 2-14

$$f_1(x) = \sqrt{12,5 + x^2} \quad \text{und} \quad f_2(x) = \frac{5}{\sqrt{12,5 + x^2}}$$

Die Funktionen sollen mit Flags über die Label AB und DE eingegeben werden. Je nach verwendetem Flag sind verschiedene Programmabläufe möglich. Jeweils sei $\sqrt{12,5 + x^2}$ über Label AB und $\frac{5}{\sqrt{12,5 + x^2}}$ über Label DE aufzurufen.

Wird das Programm mit Label DE gestartet, so wird in Zeile 02 Flag 00 gesetzt. Bei der Abfrage in Zeile 08 „Ist Flag 00 gesetzt“ lautet die Antwort ja; das Programm verzweigt dann in Zeile 09 mit dem Befehl GTO 01 zum Label 01 und fährt dort mit dem Programm für $f_2(x)$ fort. Das Programm zur Berechnung von $f_1(x)$ wird mit Label AB gestartet. Lautet die Antwort auf die Frage in Zeile 08 „Ist Flag 00 gesetzt“ dann „Nein“, so wird eine Programmzeile übersprungen und das Programm ab Zeile 10 bis zur nächsten RTN-Anweisung sequentiell abgearbeitet.

Anweisungsliste zu Beispiel 2-14

01*LBL "DE"	07 SGR1	13 RTN	19 ARCL X
02 SF 00	08 FS? 00	14*LBL 01	20 RVIEW
03*LBL "AB"	09 GTO 01	15 1/X	21 CF 00
04 X12	10 "F1="	16 5	22 END
05 12.5	11 ARCL X	17 *	
06 +	12 RVIEW	18 "F2="	

Benutzeranleitung

Nr.	Anweisung	Tasten
1	Programm eingeben	
2	Variable (x) eingeben	
3	Programm starten für f ₁ (x) Ergebnis F1 =	[XEQ] [ALPHA] AB [ALPHA]
4	Variable (x) eingeben	
5	Programm starten für f ₂ (x) Ergebnis F2 =	[XEQ] [ALPHA] DE [ALPHA]

Zahlenbeispiele:

x	f ₁ (x)	f ₂ (x)
2	4,0620	1,2309
5,6	6,6227	0,7550
8	8,7464	0,5717
140	140,0446	0,0357

2.9.1 HP-41C/CV Anwender- und Systemflags

Die folgenden Abkürzungen bedeuten:

- S = gesetzt (set)
- C = gelöscht (clear)
- M = von Continuous Memory aufrechterhalten
- n.a. = nicht anwendbar für den Benutzer

Flag-Nr.	Flag-Name	Beschreibung	Zustand beim Einschalten
0 bis 10	Allgemeine Anwenderflags	Status der Flags 00 bis 04 erscheint in der Anzeige als Indikator.	M
11	Autostart	War das Flag beim Ausschalten des Rechners gesetzt, beginnt die Ausführung des Programms an der Stelle, an der sich der Programmzeiger beim Ausschalten befand.	C

Flag-Nr.	Flag-Namen	Beschreibung	Zustand beim Einschalten
12	doppelt große Buchstaben	Wenn das Flag gesetzt ist, werden sämtliche Buchstaben doppelt so groß wie normal gedruckt (Thermodrucker 82143A)	C
13	Kleinbuchstaben	Wenn das Flag gesetzt ist, werden Kleinbuchstaben gedruckt (Thermodrucker 82143 A).	C
14	Magnetkarten neu überschreiben	Wenn das Flag gesetzt ist, können geschützte Magnetkarten neu überschrieben werden.	C
15 bis 20	zukünftige Peripherie-Flags	Flags für zukünftige Peripherie; können jedoch als Anwender flags benutzt werden.	C
21	Druckersteuerungs-Flag	Wird beim Einschalten an Flag 55 angepaßt. Wenn das Flag gelöscht ist, werden sämtliche Druckeranweisungen in solche für die Anzeige umgesetzt. Ist es gesetzt, versucht der Rechner zu drucken.	C
22	Numerische Eingabe	Wird gesetzt, wenn numerische Daten vom Tastenfeld eingegeben werden.	C
23	Alpha-Zeichen Eingabe	Wird gesetzt, wenn Alpha-Zeichen vom Tastenfeld eingegeben werden.	C
24	Bereichsfehler-ignorier-Flag	Wenn gesetzt, werden Unter- oder Überlauffehlermeldungen (Out of Range) unterdrückt.	C
25	Arithmetik-ignorier-Flag	Wenn das Flag gesetzt ist, werden Fehlermeldungen (z. B. Division durch 0 => Data Error) ignoriert. Nach dem Auftreten des Errors wird das Flag automatisch gelöscht.	C
26	Steuerungs-Flag für akustisches Signal	Wenn das Flag gelöscht ist, wird der akustische Signalgeber unterdrückt.	S
27	User-Modus-Flag	Beim Setzen des Flags wird der User-Modus eingeschaltet.	C
28	Dezimalpunkt-Flag	Wenn das Flag gelöscht ist, erscheint Dezimalkomma (1.413,70).	M
29	Zifferngruppierungs-Flag	Wenn das Flag gelöscht ist, werden die Kommas/Punkte zwischen den Tausendergruppen unterdrückt.	M

Die nächsten Flags des HP-41C/CV sind die sogenannten Systemflags. Nur der Rechner kann sie löschen oder setzen; jedoch können diese Flags im Programm mit FS? und FC? auf ihren Zustand abgefragt werden.

Flag-Nr.	Flag-Name	Beschreibung	Zustand beim Einschalten
30	Katalog-Flag	Wird für die Katalog-Funktion verwendet.	n.a.
31 bis 35	Peripherie-Flags	Wird rechnerintern für Peripheriegeräte benötigt.	n.a.
36 bis 39	Stellenzahlflags	Zusammen verwendet zur Bestimmung der angezeigten Dezimalstellen im FIX, SCI oder ENG.	M
40	FIX-Anzeige-Flag	Wenn gesetzt, wird im FIX-Format angezeigt.	M
41	ENG-Anzeige-Flag	Wenn gesetzt, wird im ENG-Format angezeigt. (Wenn das Flag 40 und 41 gelöscht ist, erscheint das SCI-Format.)	M
42	Grad-Modus-Flag	Wenn das Flag gesetzt ist, ist der Rechner im Grad-Winkel-Modus.	M
43	Rad-Modus-Flag	Wenn gesetzt, ist der Rechner im Bogenmaß-Winkel-Modus. (Wenn Flag 42 und 43 gelöscht sind, ist der Rechner im DEG-Modus.)	M
44	Einschaltungsdauer-Flag	Wenn das Flag gelöscht ist, wird der Rechner nach ca. 10 Minuten abgeschaltet.	n.a.
45	Dateneingabe-Flag	Intern für die Dateneingabe verwendet.	n.a.
46	Tasten-Teilfolge-Flag	Intern für Ausführung von Funktionen verwendet.	n.a.
47	SHIFT-Flag	Intern für den SHIFT-Modus verwendet.	n.a.
48	Alpha-Modus-Flag	Gesetzt, falls der Rechner im Alpha-Modus ist.	C
49	Batterie-Kontroll Flag	Gesetzt, wenn die Batteriespannung zu niedrig ist (Anzeige = BAT-Indikator).	n.a.
50	Meldungs-Flag	Ist gesetzt, wenn eine Fehlermeldung im X- oder im Alpha-Register angezeigt wird.	n.a.
51	SST-Flag	Intern für Einzelschritt-Programmausführung verwendet.	n.a.

Flag-Nr.	Flag-Name	Beschreibung	Zustand beim Einschalten
52	PRGM-Modus	Kontrolle des PRGM-Modus.	C
53	Ein-/Ausgabe Flag	Ist gesetzt, wenn Peripheriegeräte bereit sind (I/O-handshake).	n.a.
54	Pause-Flag	Gesetzt, wenn PAUSE ausgeführt wird.	n.a.
55	Drucker-Anwesenheit-Flag	Arbeitet mit Flag 21 in Übereinstimmung.	C/S

Beispiel 2-15

Flag 11 (Autostart ohne Magnetkarte)

LBL \overline{T} ABC Wenn die Berechnung beendet ist, wird der Rechner durch die Funktion
SF 11 OFF ausgeschaltet. Durch Setzen des Flags 11 in Zeile 2 wird nach erneu-
. tem Einschalten des Rechners das Programm nach dem OFF-Befehl sequen-
. tiell fortgesetzt. Durch den darauffolgenden Befehl GTO \overline{T} ABC verzweigt
. der Rechner wieder zum Programmanfang.
OFF
GTO \overline{T} ABC

Beispiel 2-16

Flag 22 (Numerischer Eingabeflag)

LBL \overline{T} DEG Wird nach Drücken von [R/S] der Wert aus dem Register 00 nicht verän-
MWST = dert (also Eingabeflag 22 nicht gesetzt), so wird das Programm sequentiell
ARCL 00 fortgesetzt. Wird dagegen der Wert aus dem Register 00 geändert (Daten-
└ DM? eingabeflag 22 gesetzt), verzweigt das Programm mit dem Befehl XEQ 01
PROMPT zur Unterprogrammrechenroutine 01.
FS?C22 Vorteil: Durch dieses Eingabeverfahren kann die Rechenzeit optimiert
XEQ 01 werden.
GVST =
:
:

Beispiel 2-17

Flag 47 (SHIFT-Flag)

LBL 01 Bei dieser angegebenen Eingabeschleife besteht die Möglichkeit, die Vor-
PSE taste ■ (SHIFT) zur Programmsteuerung zu nutzen. So wird die im X-Re-
FS?47 gister stehende Zahl als neue Eingabe gewertet, wenn ■ betätigt wird.
SF 22 Zu beachten ist, daß nach Beendigung des Programmablaufes SHIFT in der
FC?C22 Anzeige erhalten bleibt. Durch abermals Drücken der ■-Taste wird diese
GTO 01 gelöscht.

2.10 Indirekte Adressierung

Die indirekte Adressierung ist eine grundlegende Eigenschaft, die einem Computer oder programmierbaren Rechner ein hohes Maß an Leistungsfähigkeit verleiht. Die indirekte Adressierung erlaubt die Durchführung ganzer Programmbereiche gleicher Operationen mit

unterschiedlichsten Datensätzen. Die Daten werden dabei einfach indirekt adressiert, d. h. ihre wirkliche aktuelle Adresse ist in einem anderen Register, dem Indexregister, abgespeichert. In der gleichen Art und Weise können die Daten natürlich auch abgespeichert werden. Nur durch die Änderung der Zahl im Indexregister (Ändern der Adresse) werden sofort andere Datenregister angesprochen.

Der HP-41C/CV kann jedes Register, einschließlich der Stack-Register und des Last X-Registers, als Indexregister benutzen. Mit anderen Worten: Die Adresse des tatsächlich gewünschten Registers (dort, wo der zu verwendende Datensatz abgespeichert ist) läßt sich in jedes andere Register einspeichern. Über dieses Zwischenregister — das Indexregister — läßt sich dann indirekt der gewünschte Datensatz ansprechen. In der Befehlsfolge für das indirekte Speichern oder Rufen eines Datensatzes muß lediglich nach der Taste [STO] oder [RCL] die Shifttaste ■ betätigt werden; in der Anzeige erscheint dann STO IND —, (bzw. RCL IND —). Die beiden markierten Freistellen (—) weisen darauf hin, daß die Adresse des Indexregisters noch einzutasten ist.

Ein Beispiel: Zunächst wird durch 15 [STO] 05 die gewünschte Registeradresse 15 in das indirekte Adreßregister 05 gespeichert. Dann wird der Wert 1450 in die Anzeige (X-Register) eingegeben und durch die Befehlsfolge [STO] ■ (für IND) 05 der Wert von X-Register in das Register 15 abgespeichert. Umgekehrt bringt die Befehlsfolge [RCL] ■ 05 den Inhalt des Registers 15 wieder in die Anzeige.

Falls die Anzeige einen Alpha-String enthält oder ein solcher aufgerufen werden soll, ist dementsprechend [ASTO] bzw. [ARCL] einzutasten. Die indirekte Adressierung arbeitet dabei genauso wie bei den numerischen Inhalten (also über die Shift-Taste). Folgende Tastenfolge ist also zu wählen:

[ALPHA] ■ [STO] ■ — — [ALPHA]

Falls das Register, welches mit [ARCL] angesprochen wird, anstelle eines Alpha-Strings doch nur einen numerischen Wert enthält und das Anzeigeformat auf Scientific oder Engineering Notation steht, dann wird der Zehnerexponent mit einem „E“ in die Anzeige gebracht. 1.450×10^3 wird also zu 1.450E03.

Beim HP-41C/CV beschränkt sich die indirekte Adressierung nicht nur auf die Befehle STO und RCL sondern auf sämtliche Befehle, die eine Adresse oder einen Befehlsindex besitzen. Das bedeutet, daß die Adresse oder der Befehlsindex in einem Zwischenregister, dem Indexregister, enthalten sein können. Enthält z. B. das Register 12 die Zahl 3, so wird mit der Befehlsfolge TONE ■ 12 die Funktion Tone 3 aufgerufen und ausgeführt. Insgesamt können folgende Operationen indirekt verwendet werden:

ARCL	Zurückrufen von Alpha-Strings in die Anzeige
ASTO	Speichern eines Alpha-Strings
CATALOG	Listet den ausgewählten Befehls-Katalog
CF	Löscht den angegebenen Flag
ENG	Schaltet auf die gewünschte Anzeigeform (Engineering Notation)
FC?	Flag-Abfrage, ob gelöscht
FC?C	Flag-Abfrage, ob gelöscht und löschen
FIX	Schaltet auf Normalanzeige mit der gewünschten Stellenzahl
FS?	Flag-Abfrage, ob gesetzt
FS?C	Flag-Abfrage, ob gesetzt und löschen
GTO	Unbedingter Sprung zu einem numerischen Label (00 bis 99)

RCL	Zurückrufen eines Datenregisters
SF	Flag setzen
SCI	Schaltet auf die gewünschte Anzeigeform (Scientific Notation)
STO	Speichern von Daten (zusätzliche Speicherarithmetik)
TONE	Erzeugt ein akustisches Signal mit den Frequenzen 0 bis 9
VIEW	Zeigt den Inhalt des gewünschten Datenregisters; der Inhalt des X-Registers geht dabei nicht verloren
XEQ	Ausführen von . . .
X <> . . .	Austausch des X-Registers mit einem gewünschten Datenregister
Σ REG	Definiert das Anfangsregister des Summations-Register-Blocks

Nachdem Sie erfahren haben, wie indirekte Adressierung angewendet wird, sollen weitere Rechner-Funktionen indirekt in einem Programm verwendet werden.

Funktionen wie TONE oder FIX, die eine zusätzliche Eingabe benötigen, können mittels indirekter Adressierung angegeben, wie die Funktion auszuführen ist. So kann z. B. die im Index-Register gespeicherte Zahl zusammen mit einer Funktion FIX, SCI oder ENG zur Steuerung des Anzeigeformates verwendet werden. Der Inhalt des Index-Registers darf eine beliebige positive oder negative Zahl von 0 bis 9 sein. Die Tastenfolge, z. B. ■ [SCI] ■ — —, ist insbesondere als Anweisung im Rahmen eines gespeicherten Programms von großem Wert; sie kann aber auch manuell über das Tastenfeld ausgeführt werden.

Beispiel 2-18

Indirekte Steuerung des Anzeigeformates

Das nachstehende Programm druckt zu dem Anzeigeformat SCI je ein Beispiel. Es verwendet eine Unterprogrammschleife mit DSE zur automatischen Änderung der Anzahl ausdruckender Dezimalstellen.

Starten des Programms mit [XEQ] [ALPHA] ABC [ALPHA]

Anweisungsliste zu Beispiel 2-18

01*LBL "ABC"	9.00000000+00	***
02 9	8.00000000+00	***
03 STO 00	7.00000000+00	***
04*LBL 01	6.000000+00	***
05 SCI IND 00	5.00000+00	***
06 RCL 00	4.0000+00	***
07 PSE	3.000+00	***
08 PRX	2.00+00	***
09 DSE 00	1.0+00	***
10 GTO 01	9.00000000+00	***
11 GTO "ABC"	8.00000000+00	***
12 END	7.0000000+00	***
	6.000000+00	***
	5.00000+00	***
	4.0000+00	***
	3.000+00	***
	2.00+00	***
	1.0+00	***
	9.00000000+00	***

3 Synthetische Programmierung

Dieses Kapitel soll dem Leser zeigen, was synthetische Programmierung ist und welche Möglichkeiten sie bietet. Das geschieht anhand eines Programmbeispiels, das den Einsatzbereich dieser Art der Programmierung aufzeigt. Das gewählte Programm ist, da zu Demonstrationszwecken geschrieben, im RAM-Speicher des HP-41C/CV allerdings nicht zu benutzen.

3.1 Interner Aufbau des HP-41C/CV

Register-Byte-Bit

Der Zusammenhang zwischen diesen drei Bezeichnungen ist folgender:

$$1 \text{ Register} = 7 \text{ Byte} = 56 \text{ Bit}$$

Der Anwenderspeicher des HP-41C besteht aus 63 Registern in der Grundversion. Der Speicher kann auf die Kapazität des HP-41CV (= 319 Register) erweitert werden.

3.1.1 Daten- und Programmregister

Der Benutzer des Rechners kann die Verteilung des Anwenderspeichers in Daten- und Programmspeicher frei wählen. 1 Datenspeicher entspricht 1 Register. 1 Register im Programmspeicher kann 7 Ein-Byte-Funktionen aufnehmen.

Darstellung der Zahlen in den Datenregistern (incl. Stack)

Zahlen werden immer als 10stellige Mantisse mit 2stelligem Exponenten gespeichert.

Beispiel 3-1

a) 1,23

Interne Darstellung:

0000	0001	0010	0011	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
+	1	2	3										+	

b) 2×10^{-3}

Interne Darstellung:

0000	0010	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	1001	1001	0111
+	2											-	9	7

(Die Zwischenräume zwischen den Halbbytes sind lediglich zum besseren Erkennen gedacht.)

Für die Vorzeichen gilt: 0000 = + und 1001 = -

Bei negativen Exponenten wird das 100er-Komplement des Exponenten gespeichert.

Das gedachte Komma steht immer zwischen der ersten und zweiten Ziffer.

3.1.1 Die Statusregister

Die Register mit den absoluten Adressen 000—00F sind die Statusregister. Die Register 000—004 beinhalten die Stack-Register und das LAST X-Register.

Die Register 005—008 stellen das Alpha-Register dar. Das Register 009 ist ein temporäres Alpha-Register, in ihm stehen Funktionsbezeichnungen, die mit [XEQ] eingegeben werden.

Im Register 00A stehen die ungeshifteten Key-Assignments.

Die Register 00B—00C beinhalten den Addresspointer und die Unterprogrammrücksprung-adressen.

Register 00D enthält die absolute Adresse des ersten Registers des Statistikblocks und die absolute Adresse des ersten Datenspeichers. Byte 3 und die erste Hälfte des Byte 4 sind immer auf 169_{BCD} gesetzt. Abweichungen von dieser Zahl verursachen MEMORY LOST (Master Clear).

Die 56 Bit des Registers 00E stellen die 56 Flags des HP-41C dar.

Flag gesetzt = 1
Flag gelöscht = 0

Im Register 00F letztlich stehen die geshifteten Key-Assignments.

In der folgenden Abbildung ist die Aufteilung der Statusregister dargestellt.

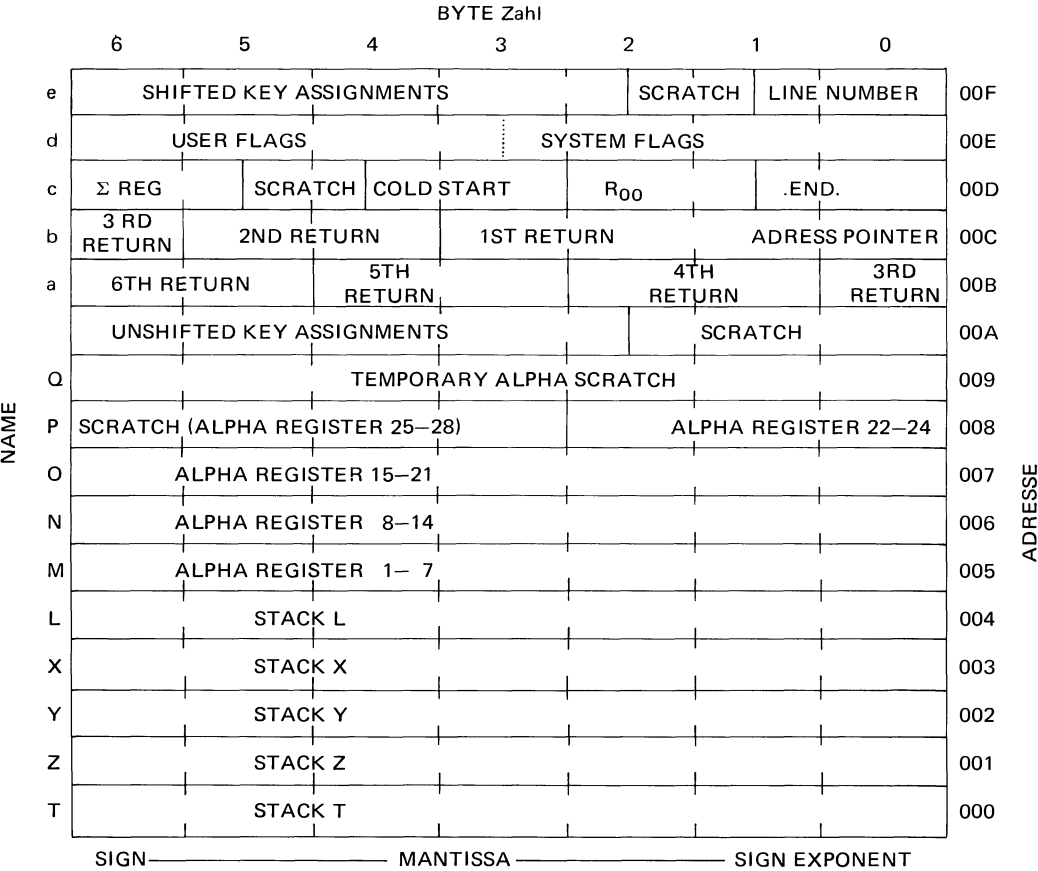


Bild 3-1: Aufteilung der Status-Register

Über folgende absolute Adressen können die Register aufgerufen werden:

000	T	005	M	00A	h
001	Z	006	N	00B	a
002	Y	007	O	00C	b
003	X	008	P	00D	c
004	L	009	Q	00E	d
				00F	e

Hinweis:

Wird in Zusammenhang mit Registern von Adresse gesprochen, so ist die relative Adresse gemeint, so wie sie in einem Programmlisting stehen kann. Bei RCL 00 z. B. ist 00 die relative Adresse im Gegensatz zu einer absoluten Adresse.

3.1.3 Der RAM-Bereich

Ab der absoluten Adresse 0C0 beginnt der RAM-Bereich. Zwischen den Statusregistern und dem RAM-Bereich ist eine Adressierungslücke. Bei der absoluten Adresse 0C0 beginnen die Key-Assignment-Register. Ist kein Key-Assignment vorhanden, so gehört Register 0C0 schon zum Programmspeicher. Im höchsten Register 1FF beginnt der Datenspeicher mit der höchsten relativen Adresse, er setzt sich nach unten hin fort bis zu R₀₀. Von da an beginnt der Programmspeicher, der sich auch weiter nach unten hin fortsetzt, bis er an die eventuell existierenden Key-Assignment-Register stößt. Hinter dem letzten Programm steht ein permanentes .END. . Es fungiert als Trennung zwischen Programm- und Key-Assignment-Registern.

3.2 Was ist synthetische Programmierung?

Bild 3-2 erläutert graphisch, welche drei Ebenen der Codierung der HP-41C/CV kennt. Die erste Ebene ist die Ebene, auf der sich der Benutzer mit dem Rechner „unterhält“. Die zweite Ebene ist die Ebene, auf der der Rechner Mitteilungen von Peripheriegeräten erhält. Der User-Translator (Benutzer-Übersetzer) übersetzt die Mitteilungen des Benutzers in den Code der zweiten Ebene. Schließlich und endlich übersetzt der Machine-Translator (Maschinen-Übersetzer) noch den Code der zweiten Ebene in den Machine-Microcode (Maschinen-Microcode), den Code der dritten Ebene. Der User-Translator kennt nur ganz bestimmte Befehle und läßt die Eingabe anderer Befehle nicht zu. In Abschnitt 3.1.2 wurde z. B. erwähnt, daß man das Register mit der absoluten Adresse 005 über die relative Adresse M ansprechen kann. Den Befehl STO M kennt der User-Translator jedoch nicht. Folglich ist dieser Befehl für den Benutzer, der nur mit Standardbefehlen programmiert, nicht von Bedeutung.

Die Synthetische Programmierung erlaubt es nun dem Benutzer, sich mit dem Rechner auf der zweiten Ebene zu unterhalten und den User-Translator zu umgehen.

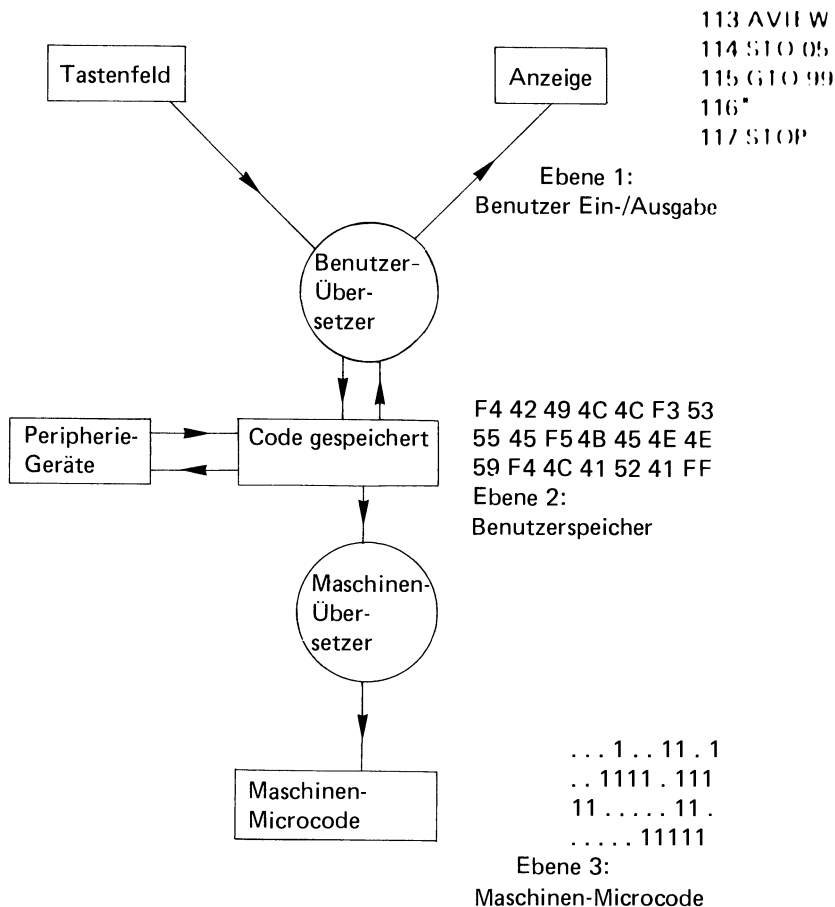
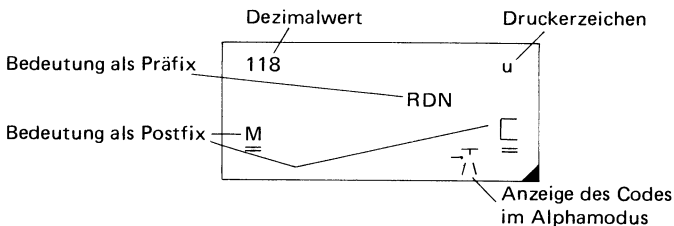


Bild 3-2: Die Ebenen der Codierung im HP-41C/CV

3.2.1 Die Hex-Code-Tabelle

In den Bildern 3-3 und 3-4 ist die Hex-Code-Tabelle abgebildet. Bild 3-3 (S. 68) zeigt die Bytes 00 bis 7 F, Bild 3-4 (S. 69) die Bytes 80 bis FF.

Die Inhalte der einzelnen Felder bedeuten:



Ein schwarzes Dreieck unten in der Ecke bedeutet, daß es sich bei dem Alpha-Zeichen um ein solches handelt, das in der Anzeige nicht darstellbar ist (Ersatzzeichen).

Der linke Postfix erscheint in der Anzeige, der rechte auf dem Drucker. Unterstrichene Postfixe sind solche, die nur in Synthetischer Programmierung möglich sind.

Der Standardbefehl RCL 00 ist ein Ein-Byte-Befehl: 20. Dagegen ist der Standardbefehl RCL 20 ein Zwei-Byte-Befehl: 90 14.

Die Postfixe in der 1. Hälfte der Tabelle sind direkte Adressen, die in der 2. Hälfte indirekte.

Beispiel: RCL 20 ist 90 14 codiert, RCL IND 20 dagegen 90 94.

Um den Befehl STO M einzugeben, muß der Code 91 75 erzeugt werden. Hierzu benötigen Sie einen bestimmten Befehl, der Byte-Jumper genannt wird.

Um den Byte-Jumper zu erzeugen, müssen folgende Schritte ausgeführt werden:


1. Beim HP-41C die Erweiterungsmodule entfernen.
2. MEMORY LOST ausführen.
3. SIZE 062 bei dem HP-41C und SIZE 318 bei dem HP-41CV einstellen.
4. Anschließend die Funktion [x <>] mit [ASN] der Taste [LN] und die Funktion [SIN] der Taste [Σ+] zuordnen.
5. Im Programmmodus CATALOG 1 – Funktion ausführen und direkt [R/S] drücken. Es muß .END. REG 00 in der Anzeige erscheinen.
6. DEL 006 und anschließend DEL 001 ausführen. Es erscheint 4093 DEC in der Anzeige. Mit [BST] bis Zeile 4089 [SIN] zurückgehen und zweimal [←] drücken. ([BST] dauert etwa 5 sec)
7. Anschließend [ALPHA] A [ALPHA] einfügen und [GTO] [·] [·] drücken.
8. Auf der [Σ+]-Taste liegt nun der Byte-Jumper.

Bei dieser Methode schreibt man einen bestimmten Code in die Key-Assignment-Register, nämlich den Code F0 F1 A1 01. Somit liegt der Byte-Jumper im USER-Modus auf der [Σ+]-Taste (Anzeige X ROM 05,01).

3.2.2 Arbeitsweise des Byte-Jumpers


Werden in Programmen Alphazeichen eingegeben, so steht vor dem Code für die einzelnen Zeichen ein Byte der Form Fn (n ist die Länge der Alphakette). Bei Ausführung des Programms veranlaßt das Byte Fn den Rechner, die nächsten n Byte ins Alpha-Register zu kopieren. Der Byte-Jumper ist nichts anderes als die Funktion Fn einer Taste zugeordnet, nämlich die Funktion „Die nächsten n Byte aus dem Programmspeicher sind ins Alpha-Register zu kopieren.“

Die Arbeitsweise des Byte-Jumpers läßt sich am besten an einem Beispiel erläutern:

Eingaben im Programmmodus	Eingaben im Normalmodus	Anzeige
STO 01		01 STO 01
BJ		02 ^T BJ
	PRGM (off)	
	BJ (Byte Jumper)	
	PRGM (on)	02 *
RCL IND 17		03 RCL IND 17
RDN		04 RDN
	GTO.002	02 ^T B 
	←	01 STO 01
	←	00 REG nnn
	SST	01 STO M

Wo kommt der Befehl STO M her? Sehen Sie sich den Code der einzelnen Befehle an:


STO 01	31
T_{BJ}	F2 42 4A

Wenn T_{BJ} in der Anzeige sichtbar ist, so steht der Addresspointer auf dem letzten Halbbyte von 31, also auf der 1. Wird jetzt der Byte-Jumper betätigt, so bedeutet das die Ausführung des Befehls F1. (Hätten Sie statt STO 01 STO 02 genommen, so hätte der Byte-Jumper die Wirkung eines F2 gehabt.) Nach dem Code 31 steht das Byte F2. Das wird logischerweise ins Alpha-Register kopiert. Da F2 im Display nicht darstellbar ist, ergibt es ein , wenn man in den Alphamodus umschaltet. Da der Rechner das F2 jetzt als Alphazeichen behandelt hat, fehlt den Codes 42 und 4A der führende Alphaindikator. Sie werden zu den äquivalenten Befehlen, * und HMS— (siehe Hex-Code-Tabellen Seite 68).

Die Eingabe von RCL IND 17 und RDN führt zu folgendem Registerinhalt:

STO 01	31
	(F2) noch vorhanden, wird aber bei der Zeilennumerierung nicht berücksichtigt
*	42
RCL IND 17	90 91
RDN	75
HMS-	4A

Durch den Befehl GTO.002 wird der Programmspeicher neu geordnet und das F2 wieder als Alphaindikator erkannt. Dadurch wird das Präfix 90 (RCL) zum Alphazeichen, er ist in den „Einzugsbereich“ des F2 geraten. Dem Postfix 91 (IND 17) fehlt nun das Präfix, also wird es seinerseits zum Präfix, und der Ein-Byte-Befehl wird zum dazugehörigen Postfix.

STO 01	31
T_B 	F2 42 90
STO M	91 75
HMS-	4A

Die überflüssigen Befehle können nun gelöscht werden. Auf diese Art und Weise lassen sich alle nur denkbaren Bytekombinationen herstellen.

3.3 Anwendungsmöglichkeiten

Eine Anwendungsmöglichkeit haben Sie schon kennengelernt: Man kann Statusregister genauso wie normale Datenregister adressieren und darauf zugreifen. Eine weitere Anwendung ist das Eingeben von Sonderzeichen ins Alpharegister. Diese Sonderzeichen können im Display nicht dargestellt werden, aber über den Drucker. Man spart dadurch die Funktion ACCHR (accumulate character).

Beispiel 3-1




Ausdruck von Big Deal # 7 auf dem Drucker

Standardprogramm

```
01 ADV
02 CF 13
03 TB
04 ACA
05 SF 13
06 TIG_  (_ = Leerstelle)
07 ACA
08 CF 13
09 TD
10 ACA
11 SF 13
12 TEAL_
13 ACA
14 35
15 ACCHR
16 T7
17 ACA
18 PRBUF
```

Das Programm druckt den Text Big Deal # 7. Es umfaßt 39 Byte.

In Synthetischer Programmierung sieht das Programm so aus:

```
01 TB   Dea  # 7
02 PRA
```

Zeile 01 hat den Code FB 42 69 67 20 44 65 61 6C 20 23 37.

Wenn man in der Hex-Code-Tabelle nachsieht, so erkennt man, daß das genau der Code für die gewünschte Textzeile ist. Das Programm umfaßt in dieser Fassung nur noch 14 Byte!

3.4 Direktzugriff auf ROMs

Sprünge (bedingte und unbedingte) können beim HP-41C/CV nur in Verbindung mit Labels programmiert werden. Es ist nicht möglich, Zeilennummern direkt anzuspringen, da diese Numerierung nur visuell für den Benutzer existiert und im Programmspeicher nirgends gespeichert ist. Dabei ergibt sich folgendes Problem: ROM-Programme haben oft Eingaberoutinen. Ruft man diese Programme als Unterprogramme auf, so bleibt der Rechner stehen und verlangt manuelle Eingaben. Als Unterprogramm sind die ROM-Programme also nicht zu benutzen, abgesehen von einigen Programmen des Mathematik-ROMs. Es muß also gelingen, die Eingaberoutinen zu umgehen und die Aufbereitung der Eingabedaten vom Hauptprogramm vornehmen zu lassen. Der zweite Punkt ist kein Problem, wenn die Struktur des Programms und dessen Algorithmus bekannt ist.

Der erste Punkt ist mit Standardprogrammierung nicht lösbar, wenn hinter der Eingabe kein globales Label steht. Die Synthetische Programmierung bietet hier eine Lösungsmöglichkeit. Im Register b (siehe Diagramm der Statusregister, Abschn. 3.1.2) steht der Addresspointer. Wenn es gelingt, diesen zu manipulieren, ist das Problem gelöst.

3.4.1 Speicherung von Daten in ROMs

In ROMs können nur Programme gespeichert werden. Eine Erweiterung der Datenregister ist nicht möglich. Eine Standardlösung wäre folgendes Programm:

```
LBL DATA
XEQ IND X
RTN
LBL 01
datum1
RTN
LBL 02
datum2
RTN
"
"
"
```

Sie würden ins X-Register eintragen, die wievielte Zahl eingelesen werden soll. Dann rufen Sie das Programm DATA auf und bekommen die gewünschte Zahl im X-Register zurück. Die Anzahl der Daten ist nach dieser Methode jedoch auf 100 beschränkt, da der HP-41C/CV nur 100 lokale Marken (numerische Marken) hat. Die Anzahl der globalen Marken ist auf maximal 64 beschränkt, und zwar aus folgendem Grund:

Globale Labels im ROM werden in folgender Form codiert:

Binär	1010
Hexadezimal	A	6 Bit ROM/ID	6 Bit laufende Labelnummer — 1

Für das Label MONEY (Finanzmodul) ergibt sich:

```
1010000100000001
A 1 0 1
```

MONEY ist also das 2. Label im ROM mit der ID-Nr. 4.

Die maximale Dezimalzahl, die sich mit 6 Bit darstellen läßt, ist 63 — deshalb die Beschränkung in der Anzahl der globalen Marken.

Bleibt als einzige Möglichkeit, Daten in ROMs zu speichern, die Manipulation des Addresspointers.

3.4.2 Aufbau des Addresspointers

Wie bereits bekannt, sind die letzten beiden Bytes des Registers b der Addresspointer. Steht der Addresspointer auf einem RAM-Programm, so ist er anders aufgebaut als im Falle eines ROM-Programms.

Im RAM-Bereich enthalten die drei rechten Halbbytes die absolute Adresse des Registers, auf das der Pointer momentan positioniert ist. Das linke Halbbyte enthält das Byte innerhalb des Registers. Dieses Halbbyte kann von 0 bis 6 variieren, da ja ein Register nur 7 Bytes enthält.

Im ROM-Bereich sieht der Addresspointer dagegen ganz anders aus: Das linke Halbbyte gibt den Buchsencode an, damit der Rechner weiß, in welcher Buchse das ROM steckt. Pro ROM können 8K Byte ROM-Speicher in den Rechner eingesetzt werden.

Die drei rechten Halbbytes des Addresspointers zählen im ROM-Bereich die einzelnen Bytes hoch. Drei Halbbytes können maximal die Zahl 4095_{10} darstellen, so daß es pro Buchse zwei Buchscodes gibt, je nachdem ob sich der Pointer in den ersten oder zweiten 4K Byte des ROMs befindet. Dieser Buchscod bleibt bei unserer Anwendung unverändert. Wir müssen ihn sogar zwischenspeichern, damit der Benutzer nicht darauf achten muß, daß er sein Daten-ROM immer in die gleiche Buchse steckt.

Betrachten Sie die beiden Register b und d. Im Register b steht neben den Unterprogramm-rücksprungadressen auch der Addresspointer. Dieser soll manipuliert werden, d. h. die Bits der beiden rechten Bytes verändert werden. Wie bereits erwähnt, stehen in Register d sämtliche 56 Flags des HP-41C/CV. Jedes Bit entspricht einem Flag, und zwar von links anfangen mit Flag 00 bis ganz rechts zu Flag 55. Indem Sie Flags löschen und setzen, kann jede gewünschte Bitkombination erzeugt werden. Eine Einschränkung bei der Erzeugung dieser Kombination ist jedoch zu beachten: Nicht alle Flags können vom Benutzer gelöscht und gesetzt werden. Ab Flag 30 beginnen die sogenannten System-Flags. Diese Flags ändern sich je nach Zustand des Systems. So ist beispielsweise Flag 55 gesetzt, wenn der Drucker angeschlossen ist. Diese System-Flags können vom Benutzer nur abgefragt werden.

Die Flags 00 bis 29 werden ihrerseits nochmals in zwei Klassen eingeteilt, nämlich in allgemeine User-Flags (Flag 00 bis Flag 10), die vom Benutzer frei verwendet werden können und in spezielle User-Flags (Flag 11 bis Flag 29), die zwar vom Benutzer gesetzt und gelöscht werden können, wobei jedoch darauf zu achten ist, daß diese Flags Einfluß auf das Verhalten des Rechners und der eventuell angeschlossenen Peripherie haben.

Als Beispiel, wie ein Code erzeugt werden kann, soll die folgende Kombination dienen:

SF 00	SF 05
SF 01	SF 07
SF 02	
SF 03	

Waren sämtliche Flags vorher gelöscht, so steht in den beiden linken Halbbytes der Code F5.

Ein Nachteil ergibt sich aus der Reihenfolge, in der die Flags in User- und Systemflags aufgeteilt sind. Der Addresspointer steht rechts im Register b, während die User-Flags links im Register d stehen.

Die nachfolgenden Abschnitte zeigen nun, wie das Problem des Direktzugriffs auf ROMs gelöst wird. Insbesondere wird hier das Problem der Datenspeicherung in ROMs behandelt.

3.5 Programmbeispiel

Es sollen Elemente einer Matrix aus einem ROM eingelesen werden. Die Matrixelemente sind hintereinander als Vektor gespeichert.

Dieses Programm ist für einen Spezialfall geschrieben, d. h. für eine spezielle Datenlänge (Datum + RTN = 4 Byte), für ein spezielles Sp (A_{11}) (= 401), und für ein spezielles d_2 (= 5). Diese Konstanten sind natürlich von Fall zu Fall verschieden.

$Sp(A_{ij}) =$

$Sp(A_{11}) + ((j - 1) + (i - 1) \times d_2) \times L$

L = Länge; d_2 = Dimension von j ; Sp = Speicherplatz

01*LBL "T"	16 INT	35 RT	52 INT	01*LBL "DAT
02 I	19 RCL b	36*LBL 01	53 +	A"
03 ST- Z	20 "*"	37 INT	54 XC> d	02 250
04 -	21 XC> I	38 1.1	55 FS? 06	03 RTN
05 5	22 STO \	39 ST+ Z	56 SF 00	04 360
06 ST+ Z	23 ASSTO L	40 *	57 FS? 23	05 RTN
07 RDN	24 ASHF	41 INT	58 SF 12	06 470
08 +	25 "P+P"	42 XC>Y	59 XC> d	07 RTN
09 4	26 XC> I	43 INT	60 XC> I	08 580
10 *	27 ASCL L	44 1.101	61 "P+P"	09 RTN
11 481	28 SF 10	45 ST+ Z	62 STO \	10 690
12 +	29 GT0 01	46 *	63 "P+P"	11 RTN
13 STO Y	30*LBL 00	47 EI	64 XC> \	12 END
14 256	31 RCL Y	48 ST+ Z	65 STO I	
15 ST/ Z	32 16	49 /	66 FS?C 10	
16 MOD	33 ST/ T	50 FRC	67 GT0 00	
17 XC>Y	34 MOD	51 XC>Y	68 STO b	
			69 .END.	

Erläuterungen der Programmschritte

In das Y-Register muß gespeichert werden, aus der wievielten Zeile und in das X-Register aus der wievielten Spalte das Datum aus der Matrix genommen werden soll. Die Schritte 02 bis 12 berechnen nun nach der im Programmablaufplan angegebenen Formel den Dezimalwert, auf den die rechten drei Halbbyte des Addresspointers gesetzt werden müssen.

In Zeile 13 wird die Zahl ins Y-Register kopiert. (Zu beachten: STO Y bereitet den Stack-Lift vor.)

Die Zeilen 14 bis 18 berechnen die 3. Stelle der Hex-Code-Zahl.

Beispiel:

Für die drei Halbbytes, die angeben, zu welchem Byte gesprungen werden soll, sei der Wert 360_{10} ausgerechnet worden.

Schrittnummer	13	14	15	16	17	18
T	—	—	—	—	—	—
Z	—	360	1,40625	—	—	—
Y	360	360	360	1,40625	104	104
X	360	256	256	104	1,40625	1

Die 1 im X-Register ist die 3. Stelle des Pointers (Tatsächlich ist $360_{10} = 168_{16}$).

Schritt 19 bringt den Code des Registers b ins X-Register. Schritt 20 trägt ein * ins Alpha-register ein. Das * steht im Register M. Buchstaben werden zuerst ins M-Register gespeichert und dann nach N, O und P geschoben, wenn neue Alphazeichen hinzukommen, so daß das Alpha-Register stets von M ausgehend in Richtung P-Register gefüllt wird. Es hätte sich in Schritt 20 auch um ein anderes Alphazeichen handeln können. Schritt 21 vertauscht nun den Code des Addresspointers plus Rücksprungadressen mit dem * im M-Register.

Das * wird in Schritt 22 wieder ins N-Register gespeichert. Somit stehen * und Rücksprung-adressen plus Adresspointer im Alpha-Register direkt nebeneinander. Die ersten 6 Bytes werden nun mit ASTO L ins LAST X-Register gespeichert. ASHF löscht im Alpha-Register diese 6 Bytes. Der Adresspointer steht jetzt allein im Register M. Sie können sich nun den Buchsencode vornehmen und diesen isolieren, da er ja unverändert bleiben muß.

An den Adresspointer wird der Code 00 05 angehängt – warum gerade dieser Code, wird im weiteren Verlauf noch deutlich. Im Register M steht jetzt folgender Code:

00 00 00| 81 0B| 00 05 Code aus Zeile 25

Addresspointer,
als RCL b ausge-
führt wurde. Hier
nur als Beispiel.

X <> M in Zeile 26 bringt diesen Code nun ins X-Register. (Die eckige Klammer im Programmlisting bedeutet M. Sehen Sie dazu in der Hex-Code-Tabelle nach.) Da das letzte Byte auf 05 gesetzt ist, wird die Zahl mit 10^5 multipliziert (das letzte Byte gibt den Exponenten an). Somit steht immer die 4. Stelle des Pointers – das ist der Buchsencode – vor dem Komma im X-Register. Der Buchsencode kann jetzt also auf leichte Art und Weise isoliert werden. ARCL L in Zeile 27 schreibt die Rücksprungadressen wieder ins Alpha-Register. Da ARCL L Bytes an das momentane Alpha-Register anhängt, stehen jetzt vor den Rücksprungadressen noch 2*-Zeichen.

Flag 10 dient zum Testen, ob die Codierungsroutine schon zweimal durchlaufen wurde und wird in Schritt 28 gesetzt. Die Bedeutung von Flag 10 wird später noch klarer.

In Schritt 37 wird jetzt der Buchsencode durch INT abgespalten. Im Y-Register steht immer noch die in Zeile 18 erzeugte Dezimalzahl, die in der dritten Stelle des Addresspointers stehen muß. X- und Y-Register repräsentieren also das zweite Byte des Addresspointers (von rechts gesehen). Nun müssen die Zahlen codiert werden.

Erklärung des Kernstückes der Programme (Schritte 36–59)

Die Zahlen zwischen 0 und 9 und die Zahlen zwischen 10 (A) und 15 (F) müssen voneinander unterschieden werden, denn 0 bis 9 BCD-codiert ergibt 0000 bis 1001, genau das binäre Äquivalent. Die Zahlen 10 bis 15 BCD-codiert ergeben 00010000 bis 00010101, hier ist aber die Darstellung in einem Halbbyte (also: 10 muß 1010, 11 muß 1011 usw.) erforderlich.

Die Zahlen 0 bis 9 müssen folglich in der Codierungsroutine anders behandelt werden, als die Zahlen 10 bis 15.

Eine elegante Lösungsmethode bietet hier folgender Algorithmus:

Multipliziert man eine Zahl zwischen 0 und 9 mit 1,1, so ändert sich der Wert vor dem Komma nicht; multipliziert man dagegen eine Zahl zwischen 10 und 15 mit 1,1, so erhöht sich der Integeranteil um 1. Nimmt man nach der Multiplikation mit 1,1 nur den Integeranteil des Produkts und multipliziert nochmals mit 1,1, so hat sich bei 0 bis 9 vor dem Komma immer noch nichts verändert. Die ursprünglichen Zahlen 10 bis 15 sind durch die zweimalige Multiplikation zu 12, . . . bis 17, . . . geworden.

Diese Tatsache ist sehr angenehm – warum, wird sich gleich herausstellen. Betrachten Sie die Pseudo-Tetraden und ihre Binärdarstellung:

A = 1010
B = 1011
C = 1100
D = 1101
E = 1110
F = 1111

Das linke Bit ist immer gesetzt, und die drei rechten Bits haben die folgenden Werte:

A: 010 = 2	D: 101 = 5
B: 011 = 3	E: 110 = 6
C: 100 = 4	F: 111 = 7

Die Werte dieser drei Bits entsprechen aber genau der Einer-Stelle unserer Zahlen 12 bis 17 (der ursprünglichen Zahlen 10 bis 15).

Sie benötigen jetzt noch ein Unterscheidungsmerkmal, ob es sich um eine Pseudo-Tetrade handelt oder nicht. Dazu ersetzen Sie den Faktor 1,1 in der zweiten Multiplikation durch 1,101. Welchen Effekt hat das?

Nach der ersten Multiplikation sahen die Integeranteile der Zahlen so aus:

0 = 0	8 = 8
1 = 1	9 = 9
2 = 2	10 = 11
3 = 3	11 = 12
4 = 4	12 = 13
5 = 5	13 = 14
6 = 6	14 = 15
7 = 7	15 = 16

Nach der Multiplikation mit 1,101 ergibt sich:

0 = 0	8 = 8,808
1 = 1,101	9 = 9,909
2 = 2,202	10 = 12,111
3 = 3,303	11 = 13,212
4 = 4,404	12 = 14,313
5 = 5,505	13 = 15,414
6 = 6,606	14 = 16,515
7 = 7,707	15 = 17,616

Es ist leicht zu erkennen, daß in der zweiten Stelle hinter dem Komma bei Pseudo-Tetraden eine 1 steht und bei Zahlen zwischen 0 und 9 eine 0. Daran können Sie Pseudo-Tetraden, bei denen die drei rechten Bits schon die richtige Darstellung haben, und Nicht-Pseudo-Tetraden, bei denen das ganze Halbbyte schon die richtige Darstellung besitzt, unterscheiden.

Sie benötigen noch ein zweites Unterscheidungsmerkmal, das alternativ zu dem oben beschriebenen angewandt werden kann. Da die zwei Halbbytes gleichzeitig codiert werden sollen, muß das eine vor, das andere hinter dem Komma im X-Register untergebracht werden. Das weiter oben beschriebene Unterscheidungsmerkmal kann nur bei dem Halbbyte, das hinter dem Komma steht, angewandt werden; für das Halbbyte vor dem Komma benötigen Sie ein anderes Merkmal.

Nehmen Sie nach der zweiten Multiplikation (der mit 1,101) wieder nur den Integeranteil des Produkts und addieren 10 dazu, so ergibt sich für die Zahlen 0 bis 15:

0 = 10	8 = 18
1 = 11	9 = 19
2 = 12	10 = 22
3 = 13	11 = 23
4 = 14	12 = 24
5 = 15	13 = 25
6 = 16	14 = 26
7 = 17	15 = 27

Bei diesem Verfahren wird die 1. bzw. 2. in der Zehner-Stelle als Unterscheidungsmerkmal benutzt.

Beiden Unterscheidungsmerkmalen ist gemeinsam, daß die Ausgangszahl einmal mit 1,1 multipliziert und dann der Integeranteil des Ergebnisses mit 1,101. Somit können beide Verfahren anfangs parallel laufen.

Ein Beispiel für die Anwendung dieser beiden Verfahren sowie das weitere Ausnutzen des Algorithmus wird später erläutert.

Es soll nun gezeigt werden, wie dieser Algorithmus ins Programm übertragen wird.

In Schritt 38 – 40 werden der Buchsencode und die in Zeile 18 erzeugte Dezimalzahl mit 1,1 multipliziert. Sodann wird von beiden Ergebnissen nur der Integeranteil beibehalten und mit 1,101 multipliziert. Zu der Zahl im Z-Register wird 10 addiert, um das zweite Unterscheidungsmerkmal zu erhalten. Diese Zahl wird später vor dem Komma stehen. Die Zahl im Y-Register wird durch 10 dividiert, um den Repräsentanten für das Halbbyte bzw. für die drei rechten Bits direkt hinter dem Komma zu haben. Die Schritte 50–52 verknüpfen diese beiden Zahlen zu einer.

Diese Codierungsroutine soll anhand des Beispiels erklärt werden.

Wie bereits erwähnt, stand der Code 00 00 00 81 0B 00 05 im X-Register. Im Y-Register befand sich die 1, die in Zeile 18 errechnet wurde. Durch INT in Zeile 37 erhalten Sie im X-Register eine 8, den Portcode. Die weiteren Schritte lassen sich am besten wieder in Tabellenform darstellen:

Schrittnummer	38	39	40	41	42	43	44	45
T	—	—	—	—	—	—	—	—
Z	1	1,1	—	—	—	—	8	8,808
Y	8	8	1,1	1,1	8	8	1	1
X	1,1	1,1	8,8	8	1,1	1	1,101	1,101

Schrittnummer	46	47	48	49	50	51	52	53
T	—	—	—	—	—	—	—	—
Z	—	8,808	18,808	—	—	—	—	—
Y	8,808	1,101	1,101	18,808	18,808	0,1101	0,1101	—
X	1,101	10	10	0,1101	0,1101	18,808	18	18,1101

Wie läßt sich die Zahl 18,1101 interpretieren? In der Zehner-Stelle steht eine 1. Demnach war der Buchsencode eine Zahl zwischen 0 und 9, nämlich die 8. In der dritten Stelle hinter dem Komma steht eine 0, also ist das zweite Halbbyte auch eine Zahl zwischen 0 und 9, nämlich die 1 direkt hinter dem Komma.

Ein anderes denkbare Ergebnis wäre 26,2111 gewesen. Hier signalisiert die 2 in der Zehner-Stelle, daß es sich bei der 6 in der Einer-Stelle nur um die Darstellung für die letzten drei Bits des Buchsencodes handelt; es muß noch das 4. Bit gesetzt werden, um auf 14 = E zu kommen (denn das wäre in diesem Falle der Buchsencode gewesen).

Die 1 in der dritten Stelle nach dem Komma sagt aus, daß es sich bei der Zehntel-Stelle auch wieder nur um die Darstellung der letzten drei Bits des Halbbytes handelt. Auch hier muß das 4. Bit noch gesetzt werden, um auf 10 = A zu kommen.

Schritt 54 vertauscht den Inhalt des X-Registers mit dem Inhalt des d-Register. Die Zahl wird somit ins „Flag“-Register gespeichert. Von dieser Umspeicherung werden jedoch nur die Flags 00 – 29, die User-Flags, berührt.

An den beiden folgenden Beispielen soll gezeigt werden, wie die ersten 28 Bits des Registers d nun aussehen:

a) 18,1101

	0000	0001	1000	0001	0001	0000	0001
	Flag 00		Flag 08	Flag 12		Flag 23	Flag 27
		Flag 06					
+		1	8	1	1	0	1

b) 26,2111

	0000	0010	0110	0010	0001	0001	0001
+		2	6	2	1	1	1

Es bleibt nur noch zu prüfen, ob Flag 06 gesetzt ist. Wenn ja, stand eine 2 in der Zehner-Stelle und Flag 08 muß gesetzt werden. Wenn nein, bleiben die Flags 08 bis 11 unverändert. Dann muß geprüft werden, ob Flag 23 gesetzt ist. Wenn ja, stand eine 1 in der Tausendstel-Stelle und Flag 12 muß gesetzt werden.

Die Flags würden nach den Schritten 55 bis 58 folgendermaßen aussehen:

a)

	0000	0001	1000	0001	0001	0000	0001
+		1	8	1	1	0	1
			unser gewünschtes Byte				

b)

	0000	0010	1110	1010	0001	0001	0001
+		2	E	A	1	1	1
			unser gewünschtes Byte				

In Schritt 59 werden X- und d-Register wieder zurückvertauscht. Durch das Vertauschen bleiben die alten Stellungen der Flags erhalten. Das ist sehr wichtig, damit der Benutzer (fast) uneingeschränkt die User-Flags innerhalb seines Programms benutzen kann, denn das Programm ruft T auf.

Die Schritte 60 bis 65 isolieren das gewünschte Byte und hängen es an die sich noch immer im Alpha-Register befindenden Rücksprungsadressen an.

Schritt 60 vertauscht die Rücksprungadressen (mit den 2 *) im M-Register mit der Zahl im X-Register.

Durch das Anhängen eines * wird das gewünschte Byte direkt an die Grenze zum N-Register geschoben.

Die Rücksprungadressen im X-Register werden mit STO N (\ ist das Zeichen für N auf dem Drucker) vor dieses Byte geschrieben. Somit wird der Code des Vorzeichens und des Unterscheidungsmerkmals überschrieben.

In Schritt 63 wird durch Anhängen eines weiteren * auch das gewünschte Byte noch ins N-Register geschoben, so daß dort nun ein *, die Rücksprungadressen und das erste Byte des neuen Addresspointers stehen.

Das N-Register wird in den Schritten 64 – 65 ins M-Register umgespeichert, damit nach dem zweiten Durchgang das gleiche Verfahren verwendet werden kann, um das letzte Byte des Addresspointers an die Rücksprungadressen plus erstes Byte anzuhängen. Außerdem steht das N-Register noch im X-Register. Ist nach dem zweiten Durchgang unser Addresspointer vollständig, müssen die Rücksprungadressen und der Addresspointer nur noch ins b-Register gespeichert werden, und das Programm springt in das Datenprogramm DATA und liest das gewünschte Datum ins X-Register ein. Da die Rücksprungadressen nicht verändert werden, kehrt das Programm nach dem RTN an die Stelle zurück, von der aus das Programm T aufgerufen wird.

In Schritt 66 wird getestet, ob die Codierungsroutine erst einmal oder schon zweimal durchlaufen wurde. Nach einem Durchgang wird das Programm mit Schritt 30 fortgesetzt. Dort werden die Werte für die letzten beiden Halbbytes des Pointers errechnet und auf die beschriebene Art und Weise codiert.

Das Programm benötigt 125 Bytes, benutzt keinen Datenspeicher (!) und verändert nicht die Stellung der Flags, außer von Flag 10. Der Inhalt des Alpha-Registers wird zerstört.

Sollte dieses Programmbeispiel Ihr Interesse an der synthetischen Programmierung geweckt haben und möchten Sie weitere Unterlagen bzw. Informationen über diese Art der Programmierung, so wenden Sie sich an den

CCD-Computerclub Deutschland e. V.
1. Vorsitzender Herr Oliver Rietschel
Postfach 373
2420 Eutin.

Dieses Kapitel sollte dem Leser zeigen, was synthetische Programmierung ist und welche Möglichkeiten sie bietet. Das geschah anhand eines Programmbeispiels, das den Einsatzbereich dieser Art der Programmierung aufzeigte. Das gewählte Programm ist, da zu Demonstrationszwecken geschrieben, im RAM-Speicher des HP 41 C/CV allerdings nicht zu benutzen.

Bild 3-3: Hex-Code Tabelle. Bytes 00 bis 7F

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	00 NULL	01 1	02 2	03 3	04 4	05 5	06 6	07 7	08 8	09 9	0A 10	0B 11	0C 12	0D 13	0E 14	0F 15
1	10 16	11 17	12 18	13 19	14 20	15 21	16 22	17 23	18 24	19 25	1A 26	1B 27	1C 28	1D 29	1E 30	1F 31
2	20 32	21 33	22 34	23 35	24 36	25 37	26 38	27 39	28 40	29 41	2A 42	2B 43	2C 44	2D 45	2E 46	2F 47
3	30 48	31 49	32 50	33 51	34 52	35 53	36 54	37 55	38 56	39 57	3A 58	3B 59	3C 60	3D 61	3E 62	3F 63
4	40 64	41 65	42 66	43 67	44 68	45 69	46 70	47 71	48 72	49 73	4A 74	4B 75	4C 76	4D 77	4E 78	4F 79
5	50 80	51 81	52 82	53 83	54 84	55 85	56 86	57 87	58 88	59 89	5A 90	5B 91	5C 92	5D 93	5E 94	5F 95
6	60 96	61 97	62 98	63 99	64 100	65 101	66 102	67 103	68 104	69 105	6A 106	6B 107	6C 108	6D 109	6E 110	6F 111
7	70 112	71 113	72 114	73 115	74 116	75 117	76 118	77 119	78 120	79 121	7A 122	7B 123	7C 124	7D 125	7E 126	7F 127
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F

Bild 3-4: Hex-Code Tabelle. Bytes 80 bis FF

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
8	128 ♦ DEG 00	129 * RAD 01	130 ✕ GRAD 02	131 ← ENTER 03	132 α STOP 04	133 β RTN 05	134 Γ BEEP 06	135 ↓ CLA 07	136 Δ ASHF 08	137 σ PSE 09	138 ♦ CLRG 10	139 ^ AOFF 11	140 μ AON 12	141 ⚡ OFF 13	142 ↵ PROMPT 14	143 \$ ADV 15
9	144 Ⓚ RCL 16	145 Ω STO 17	146 δ STO+ 18	147 Ⓜ STO- 19	148 α STO* 20	149 Ⓜ STO/ 21	150 ð ISG 22	151 Ø DSE 23	152 ö VIEW 24	153 Ø ΣREG 25	154 Ü ASTO 26	155 Ⓜ ARCL 27	156 œ FIX 28	157 ≠ SCI 29	158 £ ENG 30	159 Ⓜ TONE 31
A	160 XROM 32	161 ! XROM 33	162 " XROM 34	163 # XROM 35	164 \$ XROM 36	165 % XROM 37	166 & XROM 38	167 & XROM 39	168 < SF 40	169 > CF 41	170 * FS?C 42	171 + FC?C 43	172 FS? 44	173 - FC? 45	174 . GTO IND 46	175 / SPARE 47
B	176 Ø SPARE 48	177 1 GTO 00 49	178 2 GTO 01 50	179 3 GTO 02 51	180 4 GTO 03 52	181 5 GTO 04 53	182 6 GTO 05 54	183 7 GTO 06 55	184 8 GTO 07 56	185 9 GTO 08 57	186 : GTO 09 58	187 ; GTO 10 59	188 < GTO 11 60	189 = GTO 12 61	190 > GTO 13 62	191 ? GTO 14 63
C	192 @ GLOBAL 64	193 H GLOBAL 65	194 B GLOBAL 66	195 C GLOBAL 67	196 D GLOBAL 68	197 E GLOBAL 69	198 F GLOBAL 70	199 G GLOBAL 71	200 H GLOBAL 72	201 I GLOBAL 73	202 J GLOBAL 74	203 K GLOBAL 75	204 L GLOBAL 76	205 M GLOBAL 77	206 N X < > 78	207 O LBL 79
D	208 P GTO 80	209 Q GTO 81	210 R GTO 82	211 S GTO 83	212 T GTO 84	213 U GTO 85	214 V GTO 86	215 W GTO 87	216 X GTO 88	217 Y GTO 89	218 Z GTO 90	219 [GTO 91	220 ^ GTO 92	221] GTO 93	222 ↑ GTO 94	223 - GTO 95
E	224 r XEQ 96	225 a XEQ 97	226 b XEQ 98	227 c XEQ 99	228 d XEQ 100	229 e XEQ 101	230 f XEQ 102	231 g XEQ 103	232 h XEQ 104	233 i XEQ 105	234 j XEQ 106	235 k XEQ 107	236 l XEQ 108	237 m XEQ 109	238 n XEQ 110	239 o XEQ 111
F	240 p TEXT 0	241 q TEXT 1	242 r TEXT 2	243 s TEXT 3	244 t TEXT 4	245 u TEXT 5	246 v TEXT 6	247 w TEXT 7	248 x TEXT 8	249 y TEXT 9	250 z TEXT 10	251 aa TEXT 11	252 b TEXT 12	253 c TEXT 13	254 d TEXT 14	255 e TEXT 15
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F

4 Anwendungen

4.1 Anwendungen mit dem Drucker 82143A

4.1.1 Vorstellung des Druckers 82143A

VORSTELLUNG
des
82143A
THERMODRUCKERS.


STANDARD ZEICHENSATZ.


PLOTTEN VON FUNKTIONEN:


BEISPIEL:


DIE BESONDERHEITEN SIND:


SYMBOLE UND SPEZIALTYPEN
Hewlett
Packard

 Lufthansa

 Hewlett-Packard

 CITICORP

 Chevrolet

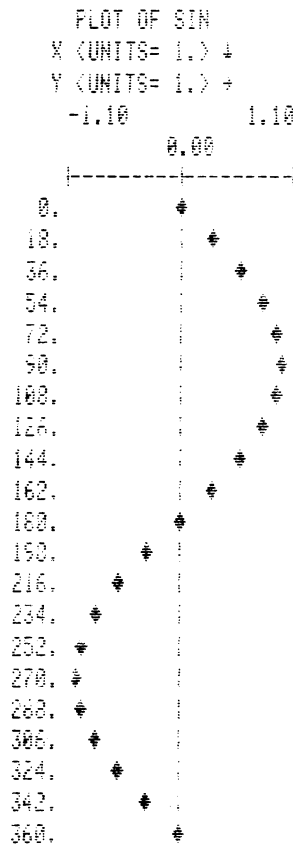
 Rockwell





IN NORMALSCHRIFT
ODER
DOPPELBREIT

x	Σ	←	α	β	Γ
↓	Δ	σ	•	λ	μ
∠	τ	⊗	θ	Ω	δ
Ä	ä	Å	å	Ö	ö
Ø	ø	Æ	æ	≠	£
⊗	!	"	#	\$	
%	&	'	()	*
+	,	-	.	/	0
1	2	3	4	5	6
7	8	9	:	;	<
=	>	?	@	A	B
C	D	E	F	G	H
I	J	K	L	M	N
O	P	Q	R	S	T
U	V	W	X	Y	Z
[\]	↑	_	ˆ
a	b	c	d	e	f
g	h	i	j	k	l
m	n	o	p	q	r
s	t	u	v	w	x
y	z	π	l	→	Σ
†					



4.1.2 Plotten von 2 Variablen

Mit diesem Programm haben Sie die Möglichkeit, zwei unabhängige Variable zu plotten. Diese Variablen (Funktionen) müssen in den Programmspeicher mit einer globalen Marke eingegeben werden.

Anweisungsliste zu 4.1.2

01*LBL "PLOTT"	19 PROMPT	37 XROM "PRAXIS"	55 +
02 RDN	20 STO 05	38*LBL 00	56 INT
03 " F-1?"	21 "XMAX?"	39 RCL 05	57 1 E3
04 PROMPT	22 PROMPT	40 STO 10	58 /
05 ROFF	23 STO 11	41*LBL 01	59 166
06 RSTO 07	24 "XINC?"	42 XEQ IND 08	60 +
07 RDN	25 PROMPT	43 RCL 00	61 STO 02
08 "F-2?"	26 STO 09	44 -	62 RCL 10
09 PROMPT	27 RCL 00	45 RCL 01	63 XEQ IND 07
10 ROFF	28 STO 04	46 RCL 00	64 REGPLOT
11 RSTO 08	29 166	47 -	65 RCL 10
12 "YMIN?"	30 STO 02	48 /	66 RCL 11
13 PROMPT	31 FIX 1	49 166	67 XC=Y?
14 STO 00	32 "X VON "	50 *	68 RTN
15 "YMAX?"	33 ARCL 05	51 R1	69 RCL 09
16 PROMPT	34 "F BIS "	52 CLX	70 ST+ 10
17 STO 01	35 ARCL 11	53 X=Y?	71 RCL 10
18 "XMIN?"	36 FRA	54 1	72 GTD 01
			73 .END.

Das Programm benötigt 13 Daten- und 22 Programmregister.

Benutzeranleitung

Nr.	Anweisung	Tasten
1	Bestimmen der Datenregister	[XEQ] [ALPHA] SIZE [ALPHA] 012
2	Programm eingeben	
3	Programm für die Variablen (Funktionen) eingeben	
4	Programm starten	[XEQ] [ALPHA] PLOTT [ALPHA]
5	Namen der ersten Funktion eingeben	[R/S]
6	Namen der zweiten Funktion eingeben	[R/S]
7	YMIN? für beide Funktionen eingeben	[R/S]
8	YMAX? für beide Funktionen eingeben	[R/S]
9	XMIN? eingeben	[R/S]
10	XMAX? eingeben	[R/S]
11	X-Schrittweise eingeben (x_{inc})	[R/S]

Beispiel zu 4.1.2

Für die Variablen $y_1 = x^2$ und $y_2 = 10\sqrt{x}$ soll ein Plottprogramm erstellt werden. Die Grenzwerte sind:

$$\begin{aligned}
 y_{min} &= 0 & y_{max} &= 100 \\
 x_{min} &= 0 & x_{max} &= 10 \\
 x_{inc} &= 0,5
 \end{aligned}$$

Variable y_1 in den Programmspeicher eingeben:

```
LBL TAB
x2
END
```

Variable y_2 in den Programmspeicher eingeben:

```
LBL TDE
√x
10
x
END
```

Tastenfolge	Anzeige
[XEQ] [ALPHA] PLOTT [ALPHA]	F — 1?
AB [R/S]	F — 2?
DE [R/S]	YMIN?
0 [R/S]	yMAX?
100 [R/S]	XMIN?
0 [R/S]	XMAX?
10 [R/S]	XINC?
0,5 [R/S]	



$y_1 = x^2$ und $y_2 = 10\sqrt{x}$; $x = 0$ bis 10, $x_{inc} = 0,5$



$y = \sin(x + 180)$ und $y = \sin x$; $x = 0$ bis 360, $x_{inc} = 18^\circ$



$y = \sin x$ und $y = \cos x$; $x = 0$ bis 360° , $x_{inc} = 18^\circ$

4.1.3 Biorhythmus

Die Biorhythmus-Theorie basiert auf der Annahme, daß der menschliche Körper über innere Uhren bzw. metabolische Rhythmen mit festen Zykluszeiten verfügt. Man geht heute von der Existenz dreier Zyklen aus, die mit der Geburt des Betreffenden beginnen. Der 23-Tage- oder körperliche Zyklus betrifft physische Faktoren wie Vitalität und Ausdauer. Der 28-Tage- oder seelische Zyklus beschreibt Sensitivität, Intuition und seelischen Zustand. Der 33-Tage- oder geistige Zyklus soll ein Maß für intellektuelle Leistungsfähigkeit und Urteilsvermögen sein.

Für jeden dieser Zyklen werden starke (extrem positiv $\hat{=}$ hoch), schwache (extrem negativ $\hat{=}$ tief) und kritische Tage (Nulldurchgang) ermittelt. Starke Zeiten werden als energiereiche Phasen betrachtet, in denen Sie besonders dynamisch sind. Dagegen bezeichnen schwache Tage Erholungsphasen, in denen Sie eher passiv sind. Von besonderer Bedeutung ist der jeweilige kritische Tag (Nulldurchgang). Um diesen Zeitpunkt geht man von einer erhöhten Unfallgefahr und eine Häufung von Fehlleistungen aus, vor allem bei entsprechenden Bedingungen des körperlichen und seelischen Zyklus.

Anweisungsliste zu 4.1.3

01+LBL "BIO"	17 ASHF	33 CF 21	49 CF 12
02 CF 29	18 ASTO 01	34 AVIEW	50 RCL 00
03 FIX 4	19 ASHF	35 SF 21	51 XEQ 41
04 365.25	20 ASTO 02	36 STO 09	52 STO 08
05 STO 05	21 ASHF	37 PRBUF	53 RCL 07
06 30.6001	22 ASTO 03	38 CLA	54 XEQ 41
07 STO 06	23 AOFF	39 RCL 02	55 STO 07
08 ADV	24 "GEBURSDT.?"	40 ASTO Y	56 ST- 08
09 ADV	25 PROMPT	41 X=1?	57 "GEBURSDT."
10 "BIORHYTHMUS PLOT"	26 STO 07	42 SF 12	58 ACA
11 "17 FUER"	27 "HEUT. DT."	43 ARCL 00	59 RCL 07
12 ACA	28 PROMPT	44 ARCL 01	60 CF 28
13 "NAME ?"	29 STO 08	45 ARCL 02	61 XEQ 48
14 RON	30 "TG. GEPL0T.?"	46 ARCL 03	62 "HEUTDT."
15 PROMPT	31 PROMPT	47 ACA	63 ACA
16 ASTO 00	32 "BERECHNG."	48 PRBUF	64 RCL 07

65 RCL 00	111 DSE 09	157 14	283 *
66 +	112 GTQ 45	158 /	284 -
67 XEQ 48	113 * ENDE *	159 XEQ 02	285 RTN
68 SF 28	114 ADV	160 RCL 03	286+LBL 43
69 FIX 0	115 ADV	161 1 E6	287 10
70 "DUER "	116 ADV	162 /	288 STO 04
71 ARCL 09	117 ADV	163 +	289 1.003
72 "TAGE"	118 ADV	164 RTN	290 STO 00
73 ACA	119 CF 21	165+LBL 41	291+LBL 46
74 PRBUF	120 AVIEW	166 ENTER↑	292 5
75 ADV	121 SF 21	167 INT	293 ST+ 04
76 "DATUM"	122 BEEP	168 STO 01	294 RCL 06
77 ACA	123 RTN	169 -	295 RCL 04
78 '3	124+LBL 40	170 1 E2	296 /
79 SKPCOL	125 STO 00	171 *	297 FRC
80 * TIEF 0"	126 122.1	172 ENTER↑	298 360
81 " " HOCH"	127 -	173 INT	299 *
82 ACA	128 RCL 05	174 STO 02	300 SIN
83 PRBUF	129 /	175 -	301 68
84+LBL 45	130 INT	176 1 E4	302 *
85 RCL 07	131 STO 03	177 *	303 INT
86 RCL 08	132 RCL 05	178 STO 03	304 97
87 +	133 *	179 RCL 01	305 +
88 XEQ 40	134 INT	180 1	306 RCL 00
89 STO 00	135 RCL 00	181 +	307 10
90 FRC	136 -	182 ENTER↑	308 /
91 1 E2	137 CHS	183 1/X	309 +
92 *	138 STO 04	184 7	310 STO IND 00
93 INT	139 RCL 06	185 +	311 ISG 00
94 " "	140 /	186 CHS	312 GTQ 46
95 4	141 INT	187 XEQ 02	313 RTN
96 X>Y?	142 STO 01	188 RCL 06	314+LBL 50
97 XEQ 44	143 RCL 04	189 *	315 RCL 01
98 CLA	144 X<>Y	190 INT	316 RCL 02
99 9	145 RCL 06	191 RCL 03	317 X>Y?
100 X<>Y	146 *	192 RCL 05	318 GTQ 00
101 X<-Y?	147 INT	193 *	319 STO 01
102 "H "	148 -	194 INT	320 X<>Y
103 ARCL X	149 STO 02	195 +	321 STO 02
104 ACA	150 RCL 01	196 RCL 02	322 SF 00
105 XEQ 43	151 1	197 +	323+LBL 00
106 22	152 RCL 02	198 RTN	324 RCL 03
107 STO 04	153 1	199+LBL 02	325 X>Y?
108 XEQ 50	154 -	200 INT	326 GTQ 00
109 1	155 -	201 ST+ 03	327 STO 02
110 ST+ 08	156 RCL 01	202 12	328 X<>Y

249 STO 03	289+LBL 02	329 X<>Y	369 PRBUF
250 GT0 50	290 62	330 -	370 RTN
251+LBL 00	291 ACCOL	331 SKFCOL	371+LBL 01
252 FS?C 00	292 73	332 115	372 "JAN"
253 GT0 50	293 ACCOL	333 ACCOL	373 RTN
254 1.003	294 70	334 95	374+LBL 02
255 STO 00	295 ACCOL	335 STO 04	375 "FEB"
256 SF 01	296 GT0 00	336 R1	376 RTN
257+LBL 23	297+LBL 03	337 R1	377+LBL 03
258 RCL 04	298 68	338 RTN	378 "MAR"
259 RCL IND 00	299 ACCOL	339+LBL 44	379 RTN
260 INT	300 125	340 RCL 00	380+LBL 04
261 FC? 01	301 ACCOL	341 XEQ IND X	381 "APR"
262 GT0 00	302 64	342 RDN	382 RTN
263 98	303 ACCOL	343 RDN	383+LBL 05
264 X<Y?	304+LSL 00	344 AST0 00	384 "MAY"
265 XEQ 33	305 ISG 00	345 STO 04	385 RTN
266 RDN	306 GT0 23	346+LBL 47	386+LBL 06
267+LBL 00	307 FC? 01	347 " "	387 "JUN"
268 X<Y?	308 GT0 00	348 ARCL 00	388 RTN
269 GT0 00	309 RCL 04	349 AST0 01	389+LBL 07
270 X<>Y	310 98	350 ASAF	390 "JUL"
271 -	311 ENTER+	351 AST0 00	391 RTN
272 SKFCOL	312 XEQ 33	352 " "	392+LBL 08
273 3	313+LBL 00	353 ARCL 01	393 "AUG"
274 +	314 PRBUF	354 ASAF	394 RTN
275 ST+ 04	315 RTN	355 DSE 04	395+LBL 09
276 RCL IND 00	316+LBL 33	356 GT0 47	396 "SEP"
277 FRC	317 CF 01	357 RCL 02	397 RTN
278 10	318 RDN	358 ENTER+	398+LBL 10
279 *	319 X<>Y	359 RTN	399 "OCT"
280 GT0 IND X	320 R1	360+LBL 40	400 RTN
281+LBL 01	321 X<Y?	361 XEQ 40	401+LBL 11
282 127	322 GT0 00	362 XEQ IND X	402 "NOV"
283 ACCOL	323+LBL 34	363 "I"	403 RTN
284 9	324 RDN	364 FRC	404+LBL 12
285 ACCOL	325 X<>Y	365 1 22	405 "DEC"
286 15	326 R1	366 *	406 JEND.
287 ACCOL	327 RTN	367 ARCL X	
288 GT0 00	328+LBL 00	368 ACF	

Das Programm benötigt 11 Daten- und 112 Programmregister.

Benutzeranleitung

Nr.	Anweisung	Tasten
1	Bestimmen der Datenregister	[XEQ] [ALPHA] SIZE [ALPHA] 010
2	Programm eingeben	
3	Programm starten	[XEQ] [ALPHA] BIO [ALPHA]
4	NAME? eingeben bis max. 24 Zeilen	ABCD etc. [R/S]
5	Geburtsdatum eingeben im Format MM,TTJJJJ	[R/S]
6	Heutiges Datum eingeben im Format MM,TTJJJJ	[R/S]
7	Anzahl der zu plottenden Tage	[R/S]

Berechnung (Plottroutine)

(Format M = Monat, T = Tage, J = Jahr)

(i $\hat{=}$ geistige Zyklus; p $\hat{=}$ körperliche Zyklus; e $\hat{=}$ seelische Zyklus)

BIORHYTHMUS PLOTT FUER
A. PATZELT
GEBURSDT. JUL25,1933
HEUTDT. AUG28,1981
DAUER 25TAGE

DATUM	TIEF	0	HOCH
28	i	i	P
29		i	P
30	e	i	P
31	e	i	P
01	e	i	P
02	e	i	P
03	e	i	P
04	e	i	P
05	e	i	P
06	e	i	P
07	e	i	P
08	e	i	P
09	e	i	P
10	e	i	P
11	e	i	P
12	e	i	P
13	e	i	P
14	e	i	P
15	e	i	P
16	e	i	P
17	e	i	P
18	e	i	P
19	e	i	P
20	e	i	P
21	e	i	P

BIORHYTHMUS PLOTT FUER
C. NEUMANN
GEBURSDT. OKT10,1948
HEUTDT. DEZ1,1981
DAUER 35TAGE

DATUM	TIEF	0	HOCH
01	i	i	P
02	i	i	P
03	i	i	P
04	i	i	P
05	i	i	P
06	i	i	P
07	i	i	P
08	i	i	P
09	i	i	P
10	i	i	P
11	i	i	P
12	i	i	P
13	i	i	P
14	i	i	P
15	i	i	P
16	i	i	P
17	i	i	P
18	i	i	P
19	i	i	P
20	i	i	P
21	i	i	P
22	i	i	P
23	i	i	P
24	i	i	P
25	i	i	P
26	i	i	P

4.1.4 Wortratespiel

Dieses Programm ist eine Version des Wortespieles „Henker“. Der erste Spieler denkt sich ein aus 12 Zeichen bestehendes Wort aus und gibt es in den Rechner ein. Der zweite Spieler versucht das Wort zu erraten, indem er verschiedene Buchstaben eingibt. Der Rechner gibt zum Erraten des Wortes 7 Fehlversuche vor. Wird ein Buchstabe eingegeben, der im gesuchten Wort enthalten ist, so platziert der Rechner diesen Buchstaben an die entsprechende Stelle im Wort. Dagegen wird bei Eingabe eines nicht im Wort enthaltenen Buchstabens die Anzahl der vorgegebenen Versuche jeweils um eins vermindert und vom Drucker ein spezielles Zeichen zum Plotten des Henkers produziert. Sollten Sie innerhalb der 7 Fehlversuche das Wort erraten haben, ertönt die Fanfare für den Sieg.

Anweisungsliste zu 4.1.4

01*LBL "HENK"	35 GTO 14	69*LBL 04	103*LBL 10
02 FS? 55	36 RDN	70 6	104 RCL IND 15
03 GTO 96	37 6	71 /	105 RCL 16
04 "-"	38 RCL 12	72 FRC	106 X=Y?
05 ASTO 19	39 INT	73 X=0?	107 GTO 11
06*LBL 95	40 Y+X	74 GTO 05	108 SF 06
07 FIX 0	41 ST+ 14	75 ARCL IND 15	109 6
08 CF 21	42*LBL 14	76 GTO 06	110 RCL 15
09 RDN	43 RDN	77*LBL 05	111 INT
10 "WORT?"	44 RDN	78 SF 05	112 Y+X
11 STOP	45 ISG 12	79 ARCL 19	113 ST+ 14
12 ASTO 13	46 GTO 12	80*LBL 06	114 TONE 9
13 ASHF	47*LBL 13	81 LASTX	115*LBL 11
14 .005	48 RCL 12	82 INT	116 ISG 15
15 XEQ 01	49 1	83 ISG 15	117 GTO 10
16 ARCL 13	50 -	84 GTO 04	118 FS? 55
17 6.011	51 INT	85 AVIEW	119 XEQ 98
18 XEQ 01	52 1 E3	86 FS? 55	120 FS?C 06
19 7	53 /	87 XEQ 99	121 GTO 03
20 STO 13	54 STO 12	88 FC?C 05	122 DSE 13
21 CLX	55 SF 06	89 GTO 09	123 GTO 03
22 STO 14	56 FS? 55	90 ASTO 17	124 TONE 8
23 .011	57 XEQ 98	91 ASHF	125 TONE 5
24 STO 12	58*LBL 03	92 ASTO 18	126 6
25 CLA	59 CLA	93 STOP	127 RCL 15
26 ASTO X	60 ARCL 13	94 ASTO 16	128 INT
27 "	61 "F VERSUCHE"	95 CLA	129 Y+X
28 ASTO 17	62 AVIEW	96 ARCL 17	130 1
29*LBL 12	63 CLA	97 ARCL 18	131 -
30 RCL IND 12	64 RCL 12	98 "F "	132 STO 14
31 X=Y?	65 STO 15	99 ARCL 16	133 GTO 03
32 GTO 13	66 RCL 14	100 AVIEW	134*LBL 09
33 RCL 17	67 CF 06	101 RCL 12	135 BEEP
34 X=Y?	68 CF 05	102 STO 15	136 FS? 55

137 SF 21	183 SKPCOL	229 CF 12	275 4
138 ADV	184 GTD 78	230 0	276 SKPCOL
139 STOP	185+LBL 76	231 ACCOL	277 GTD 89
140 GTD "HANG"	186+LBL 74	232 6	278+LBL 83
141+LBL 01	187+LBL 72	233 SKPCOL	279 2
142 STD 15	188 9	234 CF 21	280 SKPCOL
143 ASTD 14	189 SKPCOL	235 RTN	281 505968
144+LBL 02	190 127	236+LBL 87	282 XEQ 97
145 " "	191 ACCOL	237 9	283 4
146 ARCL 14	192 9	238 SKPCOL	284 SKPCOL
147 ASTD 14	193 SKPCOL	239 16909432	285 127
148 ASHF	194 GTD 79	240 XEQ 97	286 ACCOL
149 RCL 15	195+LBL 75	241 16909320	287 4
150 INT	196+LBL 71	242 XEQ 97	288 SKPCOL
151 11	197 6	243 1967112	289 264223
152 -	198 SKPCOL	244 XEQ 97	290 XEQ 97
153 ASTD IND X	199 127	245 GTD 88	291 2
154 ISG 15	200 ACCOL	246+LBL 86	292 SKPCOL
155 GTD 02	201 5	247 6	293 GTD 89
156 CLA	202 SKPCOL	248 SKPCOL	294+LBL 82
157 RTN	203 X<>Y	249 31590496	295 6
158+LBL 97	204 ACCOL	250 XEQ 97	296 SKPCOL
159 ENTER†	205 6	251 1574920	297 6358128
160 ENTER†	206 SKPCOL	252 XEQ 97	298 XEQ 97
161 126	207 GTD 79	253 6	299 1636036
162 MOD	208+LBL 73	254 SKPCOL	300 XEQ 97
163 ACCOL	209 4	255 GTD 89	301 6
164 -	210 SKPCOL	256+LBL 85	302 SKPCOL
165 126	211 127	257 6	303+LBL 89
166 /	212 ACCOL	258 SKPCOL	304 127
167 X=0?	213 4	259 251789827	305 ACCOL
168 GTD 97	214 SKPCOL	260 XEQ 97	306+LBL 88
169 RTN	215 X<>Y	261 49672	307 7
170+LBL 98	216 ACCOL	262 XEQ 97	308 SKPCOL
171 SF 21	217 X<>Y	263 6	309 CLA
172 SF 12	218 SKPCOL	264 SKPCOL	310 ARCL 16
173 0	219 X<>Y	265 GTD 89	311 ACA
174 ACCOL	220 ACCOL	266+LBL 84	312 CF 12
175 90	221 X<>Y	267 4	313 0
176 FS? 06	222 SKPCOL	268 SKPCOL	314 ACCOL
177 70	223+LBL 79	269 8454780	315 6
178 RCL 13	224 127	270 XEQ 97	316 SKPCOL
179 +	225 ACCOL	271 8470404	317 CF 21
180 GTD IND X	226+LBL 78	272 XEQ 97	318 RTN
181+LBL 77	227 14	273 2032132	319+LBL 81
182 20	228 SKPCOL	274 XEQ 97	320 4

321 SKPCOL	327 XEQ 97	333 ACR	339 BLDSPC
322 135521352	328 267395136	334 PRBUF	340 STD 19
323 XEQ 97	329 XEQ 97	335 CF 21	341 GTU 95
324 135274560	330 GTU 88	336 RTN	342 .END.
325 XEQ 97	331*LBL 99	337*LBL 96	
326 135406671	332 SF 21	338 95	

Das Programm benötigt 21 Daten- und 109 Programmregister.

Benutzeranleitung

Nr.	Anweisung	Tasten
1	Datenregister bestimmen	[XEQ] [ALPHA] SIZE [ALPHA] 020
2	Programm eingeben	
3	Programm starten	[XEQ] [ALPHA] HENK [ALPHA]
4	Der erste Spieler gibt ein Wort ein, bis max. 12 Zeichen	[R/S]
5	Der zweite Spieler errät ein Zeichen	[R/S]
6	Wiederholen Sie Schritt 5, bis das Wort erraten wurde oder der Rechner Versuche 0 anzeigt	

Beispiel zu 4.1.4

Geben Sie „FRANKFURT“ ein und erraten Sie dann das Wort.

Tastenfolge	[R/S]	Anzeige
[XEQ] [ALPHA] HENK [ALPHA]		7 Versuche (ca. 3 sec)
FRANKFURT		-----
verschiedene Buchstaben		E
z. B. E	[R/S]	
.	[R/S]	.
.	[R/S]	.
.		.
bis das Wort erraten wurde oder der Rechner Versuche 0 anzeigt		FRANKFURT

_____	_____
E _____	D _____
D _____	J _____
B _____	C _____
F _____	E _____
F _____	E _____
C _____	E _____
F _____	E _____
F _____	E _____
F _____	E _____
S _____	B _____
F _____	J _____
F _____	N _____
I _____	D _____
F _____	N _____
F _____	N _____
H _____	N _____
H FRANKFURT	N NESSELWAN

4.1.5 Kalender

Mit diesem Programm haben Sie die Möglichkeit, den Kalender für die Jahre 1900 bis 2100 auszudrucken.

Anweisungsliste zu 4.1.5

01*LBL "KAL"	42 STO 04	83 ISG 01	124 INT
02 CF 29	43 SF 12	84 GTD 15	125 X<=0?
03 FIX 0	44 XEQ IND 01	85 RTN	126 CF 05
04 "MONAT,JAHR?"	45 RCL 00	86*LBL 13	127 FC? 05
05 PROMPT	46 ACX	87 1	128 GTD 00
06 INT	47 29	88 ST+ 00	129 10
07 LASTX	48 SKPCOL	89 12	130 X?Y?
08 FRC	49 ADV	90 ST- 01	131 "F "
09 1 E4	50 "S"	91 .001	132 RDN
10 *	51 ACA	92 *	133 ARCL X
11 STO 00	52 4	93 ST- 01	134*LBL 00
12 RDN	53 SKPCOL	94 RTN	135 FC?C 05
13 ENTER↑	54 "M"	95*LBL 17	136 "F "
14 ENTER↑	55 ACA	96 RCL 04	137 ARCL 02
15 "ANZ. DER MON.?"	56 SKPCOL	97 1 E3	138 ISG 03
16 PROMPT	57 "D"	98 /	139 GTD 18
17 +	58 ACA	99 RCL 05	140 "F "
18 1	59 SKPCOL	100 1	141 ACA
19 -	60 "M"	101 -	142 ADV
20 .001	61 ACA	102 CHS	143 RCL 05
21 *	62 SKPCOL	103 X<0?	144 INT
22 +	63 "D"	104 SF 05	145 RCL 05
23 STO 01	64 ACA	105 ABS	146 FRC
24*LBL 15	65 SKPCOL	106 +	147 1 E3
25 RCL 01	66 "F"	107 FS?C 05	148 *
26 INT	67 ACA	108 CHS	149 X<=Y?
27 STO 02	68 SKPCOL	109 STO 05	150 RTN
28 RCL 00	69 "S"	110 0	151 GTD 14
29 STO 03	70 ACA	111 ENTER↑	152*LBL 19
30 XEQ 19	71 6	112 124	153 RCL 03
31 STO 05	72 SKPCOL	113 BLDSPEC	154 RCL 02
32 RCL 03	73 ADV	114 STO 02	155 1
33 STO 04	74 CF 12	115*LBL 14	156 +
34 1	75 XEQ 17	116 1.007	157 ENTER↑
35 ST+ 02	76 ADV	117 STO 03	158 1/X
36 RCL 00	77 ADV	118 CLA	159 .7
37 STO 03	78 RCL 01	119 ARCL 02	160 +
38 XEQ 19	79 INT	120*LBL 18	161 CHS
39 RCL 03	80 12	121 ISG 05	162 INT
40 RCL 04	81 X<=Y?	122 SF 05	163 ST+ 03
41 -	82 XEQ 13	123 RCL 05	164 12

165 *	183 18	201*LBL 06	219 18
166 -	184 GTO 00	202 "JUNI"	220 GTO 01
167 30.6001	185*LBL 02	203 26	221*LBL 11
168 *	186 "FEBRUAR "	204 GTO 00	222 "NOVEM"
169 INT	187 14	205*LBL 07	223 14
170 RCL 03	188 GTO 00	206 "JULI"	224 GTO 01
171 365.25	189*LBL 03	207 26	225*LBL 12
172 *	190 "MÄRZ"	208 GTO 00	226 "DEZEM"
173 INT	191 25	209*LBL 08	227 14
174 +	192 GTO 00	210 "AUGUST"	228*LBL 01
175 STO 03	193*LBL 04	211 21	229 "FEBR"
176 7	194 "APRIL"	212 GTO 00	230*LBL 00
177 MOD	195 25	213*LBL 09	231 RCL
178 X=0?	196 GTO 00	214 "SEPTEM"	232 SKPCOL
179 7	197*LBL 05	215 11	233 ADV
180 RTN	198 "MAI"	216 GTO 01	234 RTN
181*LBL 01	199 32	217*LBL 10	235 14
182 "JANUAR "	200 GTO 00	218 "OKTO"	236*LBL 01
			237 .END.

Das Programm benötigt 7 Daten- und 72 Programmregister.

Benutzeranleitung

Nr.	Anweisung	Tasten
1	Datenregister bestimmen	[XEQ] [ALPHA] SIZE [ALPHA] 006
2	Programm eingeben	
3	Programm starten	[XEQ] [ALPHA] KAL [ALPHA]
4	Monat und Jahr im Format MM,JJJJ eingeben	[R/S]
5	Anzahl der Monate eingeben	[R/S]
	Ausdruck des Kalenders	

Beispiel zu 4-1.5

Erstellen Sie einen Kalender ausgehend vom September 1981 für sechs Monate.

Tastenfolge	Anzeige
[XEQ] [ALPHA] KAL [ALPHA]	
09, 1981 [R/S]	MONAT, JAHR?
6 [R/S]	ANZ. DER MON.?

SEPTEMBER 1981	OKTOBER 1981	NOVEMBER 1981
S M D M D F S	S M D M D F S	S M D M D F S
1 1 1 1 21 31 41 51	1 1 1 1 1 1 21 31	1 11 21 31 41 51 61 71
1 61 71 81 91 101 111 121	1 41 51 61 71 81 91 101	1 81 91 101 111 121 131 141
1131 141 151 161 171 181 191	111 121 131 141 151 161 171	1151 161 171 181 191 201 211
1201 211 221 231 241 251 261	1181 191 201 211 221 231 241	1221 231 241 251 261 271 281
1271 281 291 301 1 1 1	1251 261 271 281 291 301 311	1291 301 1 1 1 1 1

DEZEMBER 1981	JANUAR 1982	FEBRUAR 1982
S M D M D F S	S M D M D F S	S M D M D F S
1 1 1 2 3 4 5	1 1 1 1 1 1 2	1 1 1 2 3 4 5 6
6 7 8 9 10 11 12	3 4 5 6 7 8 9	7 8 9 10 11 12 13
13 14 15 16 17 18 19	10 11 12 13 14 15 16	14 15 16 17 18 19 20
20 21 22 23 24 25 26	17 18 19 20 21 22 23	21 22 23 24 25 26 27
27 28 29 30 31 1 1	24 25 26 27 28 29 30	28 1 1 1 1 1
	31 1 1 1 1 1	

4.2 Mathematik

4.2.1 Sortieren von Daten

Mit diesem Programm haben Sie die Möglichkeit, beliebige Datenmengen zu sortieren. Die Anzahl der zu sortierenden Daten wird lediglich durch die Speicherkapazität (Datenregister) des HP-41C/CV begrenzt. Das Programm selbst belegt 4 Datenregister.

Anweisungsliste zu 4.2.1

01*LBL "SORT"	28 CF 29	55 0	82 STO IND 01
02 SF 21	29 FIX 0	56 STO 03	83 GTO 02
03 "WIE VIELE ?"	30 ADV	57*LBL 15	84*LBL 01
04 FIX 0	31 ADV	58 .001	85 FS? 00
05 PROMPT	32*LBL 03	59 ST+ 03	86 GTO 15
06 3	33 "ZAHL -"	60 CF 00	87 RCL 00
07 X>Y?	34 RCL 01	61 RCL 00	88 STO 01
08 GTO 16	35 3	62 RCL 03	89 ADV
09 X<>Y	36 -	63 -	90 ADV
10*LBL 21	37 INT	64 STO 01	91*LBL 04
11 SF 25	38 ARCL X	65 5	92 CF 29
12 ENTER↑	39 "I- ?"	66 STO 02	93 FIX 0
13 ENTER↑	40 PROMPT	67*LBL 05	94 "ZAHL -"
14 3	41 STO IND 01	68 RCL IND 02	95 RCL 01
15 +	42 ISG 01	69 RCL IND 01	96 3
16 STO IND X	43 GTO 03	70 X>Y?	97 -
17 FC? 25	44*LBL 30	71 GTO 00	98 INT
18 GTO 20	45 "J"	72*LBL 02	99 ARCL X
19 RDN	46 ASTO 02	73 1	100 "I- ="
20 3	47 "AENDERN?"	74 ST+ 02	101 AVIEW
21 +	48 RDN	75 ISG 01	102 CLD
22 1000	49 PROMPT	76 GTO 05	103 FIX 4
23 /	50 AOFF	77 GTO 01	104 VIEW IND 01
24 4	51 ASTO X	78*LBL 00	105 CLD
25 +	52 RCL 02	79 SF 00	106 ISG 01
26 STO 00	53 X=Y?	80 STO IND 02	107 GTO 04
27 STO 01	54 GTO "AEN"	81 RDN	108 RTN

109*LBL 16	116 GTO "SORT"	127 100	136 "NR?"
110 "BITTE WIE-"	119*LBL 20	128 X>Y?	137 PROMPT
111 CF 21	120 "XEQ SIZE "	129 "F0"	138 3
112 RVIEW	121 1	130 RDN	139 +
113 PSE	122 +	131 ARCL X	140 "ZAHL = ?"
114 "DERHOLEN"	123 10	132 PROMPT	141 PROMPT
115 RVIEW	124 X>Y?	133 RDN	142 STO IND Y
116 PSE	125 "F0"	134 GTO 21	143 GTO 30
117 SF 21	126 RDN	135*LBL "AEN"	144 .END.

Das Programm benötigt 4 Daten- und 45 Programmregister.

Benutzeranleitung

Nr.	Anweisung	Tasten
1	Programm eingeben	
2	Bestimmen der Datenregister nach Anzahl der zu sortierenden Daten (z. B. für 10)	[XEQ] [ALPHA] SIZE [ALPHA] 014
3	Starten des Programms	[XEQ] [ALPHA] SORT [ALPHA]
4	Daten eingeben	[R/S] . . . [R/S]
5	Wird eine nicht ausreichende Anzahl von Datenregistern bestimmt, so wird nach Eingabe der Anzahl (n) der zu sortierenden Daten vom Rechner die Anzahl der benötigten Datenregister angezeigt. Bestimmen Sie nochmals die Datenregister und führen Sie anschließend Schritt 3 aus.	[XEQ] [ALPHA] SIZE [ALPHA]
6	Sollen nach Eingabe sämtlicher Daten einzelne Daten korrigiert werden, so steht in der Anzeige des Rechners die Frage AENDERN? Geben Sie nun die zu ändernde Nr. ein und anschließend die korrigierte Zahl. Nach Beendigung der Korrekturroutine (werden keine Änderungen vorgenommen ebenfalls [R/S])	J [R/S] [R/S]
7	Anzeige der ersten sortierten Zahl Anzeige der zweiten sortierten Zahl bis (n)	[R/S] [R/S] . . . [R/S]

Beispiel zu 4.2.1

Sortieren Sie folgende Zahlen in aufsteigender Reihenfolge:

150, 14, 1050, 940, 12, 3, 180, 450, 1, 19 ($n = 10$)

Tastenfolge	Anzeige
[XEQ] [ALPHA] SORT [ALPHA]	WIE VIELE?
10 [R/S]	ZAHL 1?
150 [R/S]	ZAHL 2?
14 [R/S]	ZAHL 3?
1050 [R/S]	ZAHL 4?
940 [R/S]	ZAHL 5?
12 [R/S]	ZAHL 6?
3 [R/S]	ZAHL 7?
180 [R/S]	ZAHL 8?
450 [R/S]	ZAHL 9?
1 [R/S]	ZAHL 10?
19 [R/S]	

Anmerkung:

Wird auf die Frage „WIE VIELE?“ eine nicht anwendbare Zahl für (n) vorgegeben (beispielsweise eine negative Zahl, 0 oder 1), so erscheint in der Anzeige des Rechners „BITTE WIEDERHOLEN“.

4.2.2 Primfaktorzerlegung

Die auf Label „PRIM“ eingegebene Zahl ist in kleinste, nicht mehr teilbare Faktoren zu zerlegen, also beispielsweise 15 in 3×5 oder 924 in $2 \times 2 \times 3 \times 7 \times 11$ und so fort. Zur Lösung wird die eingegebene Zahl probeweise durch 2 geteilt. Läßt sich das Ergebnis nicht mehr ohne Rest durch 2 teilen, so wird wiederholt durch 3 geteilt, dann durch 5, durch 7 und durch die weiteren Primzahlen. Nach Berechnung jedes Primfaktors wird R/S gedrückt, bis schließlich 1 erscheint.

ZAHL -1- =	
	1.0000
ZAHL -2- =	
	3.0000
ZAHL -3- =	
	12.0000
ZAHL -4- =	
	14.0000
ZAHL -5- =	
	19.0000
ZAHL -6- =	
	150.0000
ZAHL -7- =	
	180.0000
ZAHL -8- =	
	450.0000
ZAHL -9- =	
	940.0000
ZAHL -10- =	
	1050.0000

Anweisungsliste zu 4.2.2

01*LBL "PRIM"	10 X>Y?	19 ST+ 01	28 RCL 01
02 "ZAHL ?"	11 GTO 01	20 GTO 00	29 STOP
03 PROMPT	12 /	21*LBL 01	30 GTO 00
04 STO 00	13 FRC	22 1	31*LBL 03
05 2	14 X=0?	23 STOP	32 3
06 STO 01	15 GTO 02	24 GTO 01	33 STO 01
07*LBL 00	16 FSC 22	25*LBL 02	34 GTO 00
08 RCL 00	17 GTO 03	26 LASTX	35 STOP
09 RCL 01	18 2	27 STO 00	36 .END.

Das Programm benötigt 2 Daten- und 9 Programmregister.

Benutzeranleitung

Nr.	Anweisung	Tasten
1	Datenregister bestimmen	[XEQ] [ALPHA] SIZE [ALPHA] 002
2	Programm eingeben	
3	Programm starten	[XEQ] [ALPHA] PRIM [ALPHA]
4	Zahl eingeben	[R/S]
5	Jeweils [R/S] drücken, bis eine 1 erscheint	[R/S] . . . [R/S]

Beispiele zu 4.2.2(1)

a) Ermitteln Sie die Primfaktoren von 124.

Tastenfolge	Anzeige
[XEQ] [ALPHA] PRIM [ALPHA]	ZAHL?
124 [R/S]	2
[R/S]	2
[R/S]	31
[R/S]	1

Ergebnis: $124 = 2 \times 2 \times 31$

b) 523 ist eine Primzahl

c) $4807 = 11 \times 19 \times 23$

d) 3623 ist eine Primzahl

e) $125 = 5 \times 5 \times 5$

4.2.3 Numerische Integration

Dieses Programm ermöglicht die numerische Integration von Funktionen, die entweder in expliziter Form gegeben sind, oder deren Funktionswert an einer endlichen Zahl von Stützstellen gleichen Abstands bekannt ist (diskreter Fall). Die Integrale von Funktionen, die in

expliziter Form gegeben sind, werden vom Programm nach der Simpson-Regel berechnet; im anderen Fall wird die Fläche wahlweise nach dem Simpsonschen Verfahren oder nach der Trapez-Regel ermittelt.

Diskreter Fall

x_0, x_1, \dots, x_n seien Punkte gleichen Abstands ($x_j = x_0 + jh, j = 1, 2, \dots, n$), an denen die entsprechenden Funktionswerte $f(x_0), f(x_1), \dots, f(x_n)$ von $f(x)$ bekannt sind. Die Funktion selbst muß in expliziter Form nicht gegeben sein. Nach Eingabe der Schrittweite h und der Funktionswerte $f(x_j), j = 1, 2, \dots, n$ wird das Integral

$$\int_{x_0}^{x_n} f(x) dx$$

durch eines der folgenden Verfahren näherungsweise berechnet:

1. Die Trapez-Regel

$$\int_{x_0}^{x_n} f(x) dx \cong \frac{h}{2} [f(x_0) + 2 \sum_{j=1}^{n-1} f(x_j) + f(x_n)]$$

2. Die Simpson-Regel

$$\int_{x_0}^{x_n} f(x) dx \cong \frac{h}{3} [f(x_0) + 4f(x_1) + 2f(x_2) + \dots + 4f(x_{n-3}) + 2f(x_{n-2}) + 4f(x_{n-1}) + f(x_n)]$$

Um das Simpsonsche Verfahren anwenden zu können, muß n geradzahlig sein. Falls n dagegen ungerade ist, hält der Rechner mit einer Fehleranzeige an, wenn D gedrückt wird.

Explizit gegebene Funktion

Falls $f(x)$ aber in explizierter Form vorliegt, kann sie in den Programmspeicher eingegeben werden und mit Hilfe der Simpsonschen-Regel numerisch integriert werden. Der Benutzer muß den Anfangs- und den Endwert (a, b) des Integrationsintervalls und die Zahl n der Teilintervalle, in die das Intervall (a, b) unterteilt werden soll, bestimmen (n muß dabei eine gerade positive Zahl sein), andernfalls wird „N NICHT GER“ angezeigt. Das Programm berechnet dann

$$x_0 = a, x_j = x_0 + jh, j = 1, 2, \dots, n-1, \text{ und } x_n = b,$$

wobei

$$h = \frac{b-a}{n}$$

ist.

Das Integral $\int_a^b f(x) dx$ wird nach der obigen Simpsonschen Regel bestimmt.

Die Funktion $f(x)$ kann dann unter Verwendung einer globalen Marke in den Programmspeicher eingegeben werden.

Anweisungsliste zu 4.2.3

01*LBL "INTG"	31 ST+ 03	61 FRC	91 RCL 03
02 CLA	32 RCL 03	62 X=0?	92 RCL 06
03 SF 21	33 GTD 04	63 GTD E	93 X=Y?
04 SF 27	34*LBL C	64 RTN	94 GTD 00
05 STOP	35 2	65*LBL b	95 XEQ 06
06*LBL A	36 RCL 00	66 STO 03	96 GTD 03
07 STO 04	37 GTD 00	67 XEQ 02	97*LBL 06
08 RTN	38*LBL D	68 XEQ "FN"	98 RCL 04
09*LBL B	39 RCL 03	69 ASTO 07	99 ST+ 05
10 STO 00	40 XEQ 02	70 AOFF	100 RCL 05
11 STO 06	41 3	71 RCL 01	101 XEQ IND 07
12 0	42 RCL 06	72 XEQ IND 07	102 XEQ 01
13 STO 03	43*LBL 00	73 STO 00	103 RTN
14*LBL 04	44 RCL 01	74 RCL 02	104*LBL "FN"
15 RTN	45 -	75 XEQ IND 07	105 "FN. NAME?"
16*LBL B	46*LBL 05	76 ST+ 00	106 AON
17 STO 01	47 RCL 04	77 RCL 02	107 PROMPT
18 XEQ 01	48 *	78 RCL 01	108 RTN
19 ENTER↑	49 X<>Y	79 STO 05	109*LBL E
20 +	50 /	80 -	110 "N NICHT GER."
21 ST+ 06	51 VIEW X	81 RCL 03	111 PROMPT
22 1	52 RTN	82 /	112 RTN
23 ST+ 03	53*LBL a	83 STO 04	113*LBL 00
24 RCL 03	54 STO 02	84 0	114 3
25 RTN	55 X<>Y	85 STO 06	115 RCL 00
26*LBL B	56 STO 01	86*LBL 03	116 GTD 05
27 STO 01	57 RTN	87 XEQ 06	117*LBL 01
28 XEQ 01	58*LBL 02	88 ST+ 00	118 ENTER↑
29 ST+ 06	59 2	89 2	119 +
30 1	60 /	90 ST+ 06	120 ST+ 00
			121 END

Das Programm benötigt 9 Daten- und 32 Programmspeicher.

Benutzeranleitung

Den HP-41C/CV in den User-Modus schalten.

Nr.	Anweisung	Tasten
1	Datenregister bestimmen	[XEQ] [ALPHA] SIZE [ALPHA] 008
2	Programm eingeben	
3	Programm starten (für den diskreten Fall weiter mit Schritt 4, für explizite Funktion weiter mit Schritt 9)	[XEQ] [ALPHA] INTG [ALPHA]

- | | | |
|----|--|--|
| 4 | Diskreter Fall:
Abstand zwischen den x-Werten ein-
geben | [A] |
| 5 | Funktionswerte für x_j eingeben.
Schritt für $j = 0, 1, \dots, n$ wiederholen | [B] |
| 6 | Flächenberechnung nach der Trapez-
Regel | [C] |
| 7 | Flächenberechnung nach der
Simpson-Regel | [D] |
| 8 | Für eine neue Berechnung weiter
mit Schritt 3 | |
| 9 | Explizit gegebene Funktion:
Funktionseingabe vorbereiten | [GTO] [.] [.] |
| 10 | Laden Sie die Funktion in den Pro-
grammspeicher
(globale Marke) | PRGM
LBL —
.
.
RTN
PRGM |
| 11 | Programm starten | [XEQ] [ALPHA] INTG [ALPHA] |
| 12 | Integrationsgrenzen eingeben (a, b) | a [ENTER] b [SHIFT] A |
| 13 | Zahl der Teilintervalle eingeben
(n geradzahlig) | [SHIFT] [B] |
| 14 | Funktionsname eingeben und Fläche
nach der Simpson-Regel berechnen | [R/S] |
| 15 | Gehen Sie zum Abändern von a, b
oder n zu der entsprechenden Zeile;
für eine neue Berechnung weiter mit
Schritt 3 | |

Beispiele zu 4.2.3

- a) Berechnen Sie, ausgehend von den nachstehend aufgeführten Funktionswerten $f(x_j)$ mit $j = 1, 2, \dots, 8$ einen Näherungswert für das Integral

$$\int_0^2 f(x) dx$$

nach der Trapez- und der Simpson-Regel.

Wählen Sie für $h = 0,25$

j	0	1	2	3	4	5	6	7	8
x_j	0	,25	,5	,75	1	1,25	1,5	1,75	2
$f(x_j)$	2	2,8	3,8	5,2	7	9,2	12,1	15,6	20

Tastenfolge	Anzeige
[XEQ] [ALPHA] INTG [ALPHA]	0,0000
0,25 [A] 2 [B]	
2,8 [B] 3,8 [B]	
5,2 [B] 7 [B]	
9,2 [B] 12,1 [B]	
15,6 [B] 20 [B]	
[C]	16,6750 (Trapez-Regel)
[D]	16,5833 (Simpson-Regel)

- b) Es soll das bestimmte Integral von $f(x) = \sin^2 x$ im Intervall $x = 0$ bis π berechnet werden, also

$$\int_0^{\pi} \sin^2 x \, dx \quad \text{für } n = 10$$

Beachten Sie, daß die x-Werte in Bogenmaß (RAD) erwartet werden.

Schalten Sie den Rechner in Stellung PRGM.

Tasten:

- [GTO] [·] [·]
- [LBL] [ALPHA] DE [ALPHA]
- [XEQ] [ALPHA] RAD [ALPHA]
- [SIN]
- [X²]
- [XEQ] [ALPHA] DEG [ALPHA]
- [RTN]

Schalten Sie den Rechner in den Normal-Modus zurück.

Tastenfolge	Anzeige
[XEQ] [ALPHA] INTG [ALPHA]	0.0000
0 [ENTER] ■ π [SHIFT] [A]	0.0000
10 [SHIFT] [B]	FN NAME?
DE [R/S]	1.5708 (n = 10)

Ergebnis: 1,5708

c) $\int_0^2 x^2 \, dx$ für $n = 6$ Ergebnis: 2,6667

d) $\int_{-1}^8 x^2 \, dx$ für $n = 10$ Ergebnis: 171

e) $\int_1^3 \frac{1}{2x-1} \, dx$ für $n = 20$ Ergebnis: 0,8047

4.2.4 4 × 4 Matrix

Dieses Programm berechnet die Determinante und Inverse einer 4 × 4 Matrix und die Lösung eines Gleichungssystems mit 4 Unbekannten. Die Methode, die in diesem Programm angewandt wurde, ist das Gaußsche Eliminationsverfahren mit partieller Pivotisierung. Das Programm transformiert die eingegebene Matrix A in eine obere Dreiecksmatrix U unter der Annahme, daß A nichtsingulär ist. Die Multiplikatoren, die verwendet werden, um diese Transformation auszuführen, bilden eine untere Dreiecksmatrix L, die Einsen entlang ihrer Diagonalen hat. Wenn die Pivotisierung außer acht gelassen wird (eine Technik der Reihenaustauschung, die die Genauigkeit verbessern kann), ist die Beziehung zwischen diesen Matrizen $U = LA$. Die Originalmatrix A geht dabei verloren. Die ursprünglichen Elemente a_{ij} werden durch die Elemente von U und L ersetzt ($i \leq j$ bei U und $i > j$ bei L). Der zweite Teil des Programms verwendet die transformierten U und L, um die Determinante und Inverse von A zu berechnen und das Gleichungssystem zu lösen.

Gleichungen:

Es sei $A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{bmatrix}$ zur Berechnung

und $A = \begin{bmatrix} a_1 & a_5 & a_9 & a_{13} \\ a_2 & a_6 & a_{10} & a_{14} \\ a_3 & a_7 & a_{11} & a_{15} \\ a_4 & a_8 & a_{12} & a_{16} \end{bmatrix}$ zur Eingabe

Die Determinante von A (Det A) wird nach ihrer Transformierung zu U durch das Produkt der Diagonalelemente gefunden.

$$\text{Det A} = (-1)^K a_{11} a_{22} a_{33} a_{44},$$

wobei K die Anzahl der Reihenaustauschungen ist, die durch die Pivotisierung erfordert werden.

Ein Gleichungssystem mit vier Unbekannten (20 Eingabeparameter) kann geschrieben werden:

$$\begin{aligned} a_{11} x_1 + a_{12} x_2 + a_{13} x_3 + a_{14} x_4 &= b_1 \\ a_{21} x_1 + a_{22} x_2 + a_{23} x_3 + a_{24} x_4 &= b_2 \\ a_{31} x_1 + a_{32} x_2 + a_{33} x_3 + a_{34} x_4 &= b_3 \\ a_{41} x_1 + a_{42} x_2 + a_{43} x_3 + a_{44} x_4 &= b_4 \end{aligned}$$

wobei x_j die Unbekannten und a_{ij} bzw. b_j die Konstanten sind.

In Matrixnotation wird dies zu $Ax = b$, wobei x und b die Reihenvektoren

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} \quad \text{bzw.} \quad \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \end{bmatrix}$$

sind.

Dieses Gleichungssystem wird mit $Ux = Lb$ gelöst, also unter Vernachlässigung der Pivotisierung.

C sei die Inverse von A (also der 4×4 Matrix), so daß $AC = CA = J$, wobei J die 4×4 Einheitsmatrix ist.

Eine Spalte von C wird jeweils folgendermaßen berechnet:

$C^{(j)}$ sei der j-te Spaltenvektor von C, also

$$C^{(j)} = \begin{bmatrix} C_{1j} \\ C_{2j} \\ C_{3j} \\ C_{4j} \end{bmatrix} \quad \text{mit } j = 1, 2, 3, 4.$$

$C^{(j)}$ wird somit durch Lösung der Gleichung $AC^{(j)} = J^{(j)}$ gefunden.

Anweisungsliste zu 4.2.4

01*LBL "4*4"	31 STO 24	61 ST/ 07	91 4
02 FIX 0	32 RCL 05	62 ST/ 08	92 XEQ c
03 CF 29	33 ABS	63 9	93*LBL 00
04 4	34 STO 22	64 STO 25	94 RCL 10
05 STO 00	35 2	65 XEQ d	95 CHS
06*LBL A	36 RCL 06	66 XEQ d	96 ST/ 11
07 1	37 XEQ D	67 XEQ d	97 ST/ 12
08 ST+ 00	38 3	68 2	98 RCL 11
09 "A"	39 RCL 07	69 STO 21	99 RCL 14
10 RCL 00	40 XEQ D	70 STO 23	100 *
11 4	41 4	71 RCL 10	101 ST+ 15
12 -	42 RCL 08	72 ABS	102 RCL 12
13 ARCL X	43 XEQ D	73 STO 22	103 RCL 14
14 "F?"	44 1	74 3	104 *
15 PROMPT	45 RCL 21	75 RCL 11	105 ST+ 16
16 STO IND 00	46 X=Y?	76 XEQ D	106 RCL 11
17 RCL 00	47 GT0 00	77 4	107 RCL 18
18 20	48 XEQ b	78 RCL 12	108 *
19 X=Y?	49 1	79 XEQ D	109 ST+ 19
20 GT0 A	50 XEQ c	80 2	110 RCL 12
21 STOP	51 2	81 RCL 21	111 RCL 18
22*LBL "G0"	52 XEQ c	82 X=Y?	112 *
23 CLD	53 3	83 GT0 00	113 RCL 20
24 FIX 2	54 XEQ c	84 10	114 +
25 SF 29	55 4	85 *	115 STO 20
26 0	56 XEQ c	86 XEQ b	116 RCL 15
27 STO 00	57*LBL 00	87 2	117 ABS
28 1	58 RCL 05	88 XEQ c	118 RCL 16
29 STO 21	59 CHS	89 3	119 ABS
30 STO 23	60 ST/ 06	90 XEQ c	120 X=Y?

121 GTO 00	167 RCL 22	213 *	259 *
122 RCL 15	168 XEQ E	214 RCL 15	260 ST+ 03
123 RCL 16	169 X<>Y	215 *	261 RCL 01
124 STO 15	170 STO IND 25	216 RCL 20	262 RCL 00
125 X<>Y	171 X<>Y	217 *	263 *
126 STO 16	172 RCL 23	218 "DET="	264 ST+ 04
127 RCL 19	173 RCL 22	219 ARCL X	265 RCL 00
128 RCL 20	174 4	220 AVIEW	266 RCL 23
129 STO 19	175 *	221 STOP	267 /
130 X<>Y	176 +	222*LBL "SYS"	268 INT
131 STO 20	177 STO 25	223 "b1?"	269 X=0?
132 .4	178 RDN	224 PROMPT	270 GTO 00
133 XEQ b	179 STO IND 25	225 STO 01	271 STO 25
134*LBL 00	180 RTN	226 "b2?"	272 RCL IND 25
135 RCL 15	181*LBL E	227 PROMPT	273 RCL 02
136 CHS	182 4	228 STO 02	274 STO IND 25
137 ST/ 16	183 *	229 "b3?"	275 X<>Y
138 RCL 19	184 +	230 PROMPT	276 STO 02
139 RCL 16	185 STO 25	231 STO 03	277*LBL 00
140 *	186 CLX	232 "b4?"	278 RCL 12
141 RCL 20	187 RCL IND 25	233 PROMPT	279 RCL 11
142 +	188 RTN	234 STO 04	280 RCL 02
143 STO 20	189*LBL d	235*LBL a	281 *
144 STOP	190 RCL IND 25	236 RCL 00	282 ST+ 03
145*LBL D	191 STO 21	237 10	283 CLX
146 ABS	192 ISG 25	238 STO 23	284 RCL 02
147 RCL 22	193 "A"	239 /	285 *
148 X<>Y?	194 RCL 06	240 FRC	286 ST+ 04
149 RTN	195 XEQ e	241 RCL 23	287 RCL 00
150 RDN	196 RCL 07	242 *	288 FRC
151 STO 22	197 XEQ e	243 INT	289 RCL 23
152 RDN	198 RCL 08	244 X=0?	290 *
153 STO 21	199 XEQ e	245 GTO 00	291 X=0?
154 RTN	200 RTN	246 STO 25	292 GTO 00
155*LBL b	201*LBL e	247 RCL IND 25	293 STO 25
156 ST+ 00	202 RCL 21	248 RCL 01	294 RCL IND 25
157 RCL 24	203 *	249 STO IND 25	295 RCL 03
158 CHS	204 ST+ IND 25	250 X<>Y	296 STO IND 25
159 STO 24	205 ISG 25	251 STO 01	297 X<>Y
160 RTN	206 RTN	252*LBL 00	298 STO 03
161*LBL c	207 RTN	253 RCL 01	299*LBL 00
162 STO 22	208*LBL "DET"	254 RCL 06	300 RCL 16
163 RCL 23	209 RCL 24	255 *	301 RCL 03
164 RCL 22	210 RCL 05	256 ST+ 02	302 *
165 XEQ E	211 *	257 RCL 01	303 ST+ 04
166 RCL 21	212 RCL 10	258 RCL 07	304 RCL 20

305 ST/ 04	331 STO 22	357 STOP	383 STO 04
306 RCL 04	332 RCL 14	358 RTN	384 RTN
307 CHS	333 RCL 13	359*LBL "INV"	385*LBL "UB"
308 STO 21	334 RCL 21	360 XEQ c	386 5
309 RCL 15	335 *	361 I	387 STO 00
310 STO 22	336 ST+ 01	362 STO 01	388*LBL F
311 RCL 19	337 CLX	363 XEQ a	389 RCL 00
312 RCL 18	338 RCL 21	364 XEQ c	390 4
313 RCL 17	339 *	365 I	391 -
314 RCL 21	340 ST+ 02	366 STO 02	392 "A"
315 *	341 RCL 22	367 XEQ a	393 FIX 0
316 ST+ 01	342 ST/ 02	368 XEQ c	394 CF 29
317 CLX	343 RCL 09	369 I	395 ARCL X
318 RCL 21	344 RCL 02	370 STO 03	396 "F="
319 *	345 CHS	371 XEQ a	397 SF 29
320 ST+ 02	346 *	372 XEQ c	398 FIX 2
321 CLX	347 ST+ 01	373 I	399 ARCL IND 00
322 RCL 21	348 RCL 05	374 STO 04	400 AVIEW
323 *	349 ST/ 01	375 XEQ a	401 PSE
324 ST+ 03	350 RCL 01	376 CLX	402 I
325 RCL 22	351 STOP	377 RTN	403 ST+ 00
326 ST/ 03	352 RCL 02	378*LBL c	404 21
327 RCL 03	353 STOP	379 CLX	405 RCL 00
328 CHS	354 RCL 03	380 STO 01	406 X=Y?
329 STO 21	355 STOP	381 STO 02	407 GTO "GO"
330 RCL 10	356 RCL 04	382 STO 03	408 GTO F
			409 .END.

Das Programm benötigt 26 Daten- und 97 Programmregister.

Benutzeranleitung

Nr.	Anweisung	Tasten
1	Datenregister bestimmen	[XEQ] [ALPHA] SIZE [ALPHA] 026
2	Programm eingeben	
3	Programm starten	[XEQ] [ALPHA] ■ 4 ■ x ■ 4 [ALPHA]
	Eingabe a_i : a_1	R/S
	.	.
	.	.
	.	.
	a_{16}	R/S
4	Überprüfen der Matrix	[XEQ] [ALPHA] Ub [ALPHA]
	a_i : a_1	(wenn Sie keine Überprüfung wünschen, drücken Sie R/S)
	.	
	.	
	.	
	a_{16}	

Nr.	Anweisung	Tasten
5	Ermitteln der Determinante Ergebnis: DET =	[XEQ] [ALPHA] DET [ALPHA]
6	Ermitteln der Inversen C ₁ . . . C ₁₆	[XEQ] [ALPHA] INV [ALPHA] R/S . . . R/S
7	Für ein Gleichungssystem Eingabe der Konstanten b ₁ . . . b ₄ Ergebnis: x ₁ = x ₂ = x ₃ = x ₄ =	[XEQ] [ALPHA] SYS [ALPHA] R/S . . . R/S R/S R/S R/S

Beispiel zu 4.2.4

Das folgende Gleichungssystem mit vier Unbekannten ist zu lösen:

$$\begin{array}{rrrrr}
 x_1 & + & x_2 & - & x_3 & + & x_4 & = & -2 \\
 -x_1 & - & x_2 & + & 3x_3 & - & 4x_4 & = & 6 \\
 2x_1 & + & 3x_2 & - & 4x_3 & + & 8x_4 & = & -9 \\
 0,5x_1 & + & 1,5x_2 & + & 0,5x_3 & - & 2x_4 & = & 0
 \end{array}$$

Tastenfolge	Anzeige
[XEQ] [ALPHA] ■ 4 ■ x ■ 4 [ALPHA]	A1?
1 [R/S]	A2?
-1 [R/S]	A3?
2 [R/S]	A4?
0,5 [R/S]	A5?
1 [R/S]	A6?
-1 [R/S]	A7?
3 [R/S]	A8?
1,5 [R/S]	A9?
-1 [R/S]	A10?
3 [R/S]	A11?
-4 [R/S]	A12?
0,5 [R/S]	A13?
1 [R/S]	A14?
-4 [R/S]	A15?
8 [R/S]	A16?

Tastenfolge	Anzeige
–2 [R/S]	20
R/S	2,67
[XEQ] [ALPHA] DET [ALPHA]	DET = 8,00
[XEQ] [ALPHA] INV [ALPHA]	2,5 C1
[R/S]	–1 C2
[R/S]	0,5 C3
[R/S]	0 C4
[R/S]	0,81 C5
[R/S]	–0,13 C6
[R/S]	1,06 C7
[R/S]	0,38 C8
[R/S]	–0,12 C9
[R/S]	0,25 C10
[R/S]	0,38 C11
[R/S]	0,25 C12
[R/S]	–0,88 C13
[R/S]	0,75 C14
[R/S]	–0,38 C15
	–0,25 C16
[XEQ] [ALPHA] SYS [ALPHA]	b1?
–2 [R/S]	b2?
6 [R/S]	b3?
–9 [R/S]	b4?
0 [R/S]	1 $\hat{=}$ X1
[R/S]	–1 $\hat{=}$ X2
[R/S]	2 $\hat{=}$ X3
[R/S]	0 $\hat{=}$ X4

4.2.5 Fourier-Analyse

Jede periodische Funktion kann unter Verwendung der nachfolgenden Formeln als Folge von Sinus- und Kosinusfunktionen dargestellt werden.

$$\begin{aligned}
 f(t) &= \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} \left(a_k \cos \frac{2\pi t_k}{T} + b_k \sin \frac{2\pi t_k}{T} \right) \\
 &= \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} \left(c_k \cos \left(\frac{2\pi t_k}{T} - \Theta_k \right) \right).
 \end{aligned}$$

Dabei bedeuten:

$$a_k = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cos \frac{2\pi t_k}{T} dt, \quad k = 0, 1, 2 \dots$$

$$b_k = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \sin \frac{2\pi t_k}{T} dt, \quad k = 1, 2 \dots$$

$$c_k = (a_k^2 + b_k^2)^{1/2}$$

$$\Theta_k = \arctan \left(\frac{b_k}{a_k} \right)$$

T = Periode der Funktion $f(t)$

Das Programm berechnet die Fourier-Koeffizienten diskreter Funktionen mit Hilfe der obigen Formeln, wenn eine ausreichende Anzahl von Stützstellen gegeben ist. Zu n Punkten gleichen Abstandes berechnet das Programm bis zu zehn aufeinanderfolgende Koeffizientenpaare. Die Koeffizienten können sowohl in kartesischen Koordinaten als auch in Polarform dargestellt werden. Der Wert n sollte zumindest doppelt so groß gewählt werden wie das höchste erwartete Vielfache der Grundfrequenz, das in der zu analysierenden Funktion auftritt.

Anweisungsliste zu 4.2.5

01*LBL "FOUR"	24 SF 29	47 RCL 23	70 GTO 02
02 SF 21	25 PROMPT	48 ENTER↑	71*LBL 07
03 RAD	26*LBL 05	49 DSE 21	72 RCL 21
04 CLRG	27 STO 23	50 GTO 01	73 RCL 22
05 "ANZ.STWERTE?"	28 RCL 22	51 1	74 -
06 PROMPT	29 STO 21	52 ST+ 00	75 -L
07 STO 25	30*LBL 01	53 RCL 25	76 /
08 "ANZ. FREQ?"	31 CLX	54 RCL 00	77 RCL 24
09 PROMPT	32 RCL 00	55 X<=Y?	78 +
10 2	33 XEQ 07	56 GTO 00	79 RTN
11 *	34 RCL 25	57 "RECT?"	80*LBL A
12 STO 22	35 /	58 ACN	81 CF 01
13 "1. KOEFF?"	36 *	59 PROMPT	82 RCL 22
14 PROMPT	37 2	60 ROFF	83 STO 21
15 STO 24	38 *	61 ASTO Y	84*LBL 02
16 1	39 PI	62 "N"	85 XEQ 07
17 STO 00	40 *	63 ASTO X	86 STO 26
18 FIX 0	41 X<>Y	64 X=Y?	87 RCL IND 21
19*LBL 00	42 P-R	65 GTO A	88 DSE 21
20 CF 29	43 ST+ IND 21	66*LBL B	89 RCL IND 21
21 "Y"	44 X<>Y	67 SF 01	90 FS? 01
22 ARCL 00	45 DSE 21	68 RCL 22	91 GTO 03
23 "t=?"	46 ST+ IND 21	69 STO 21	92 2

93 RCL 25	116 "F="	139 GTD 02	162 P-R
94 /	117 FIX 4	140 RTN	163 RCL IND 21
95 *	118 "F"	141*LBL "ST"	164 *
96 X<>Y	119 SF 29	142 CF 02	165 X<>Y
97 LASTX	120 RTN	143 STD 00	166 DSE 21
98 *	121*LBL 03	144 RCL 22	167 RCL IND 21
99*LBL 04	122 X<>Y	145 STD 21	168 *
100 FIX 0	123 R-P	146 CLX	169 +
101 "g"	124 2	147*LBL 06	170 RCL 25
102 XEQ 09	125 RCL 25	148 XEQ 07	171 /
103 ARCL X	126 /	149 X=0?	172 2
104 AVIEW	127 *	150 SF 02	173 *
105 FIX 0	128 FIX 0	151 2	174 +
106 "b"	129 "C"	152 *	175 DSE 21
107 XEQ 09	130 XEQ 09	153 PI	176 GTD 06
108 ARCL Y	131 ARCL X	154 *	177 VIEW X
109 AVIEW	132 AVIEW	155 RCL 00	178 RTN
110 DSE 21	133 FIX 0	156 *	179*LBL 08
111 GTD 02	134 "4"	157 RCL 25	180 CLA
112 RTN	135 XEQ 09	158 /	181 .5
113*LBL 09	136 ARCL Y	159 1	182 .END.
114 CF 29	137 AVIEW	160 FS? 02	
115 ARCL 26	138 DSE 21	161 XEQ 08	

Das Programm benötigt 27 Daten- und 48 Programmregister.

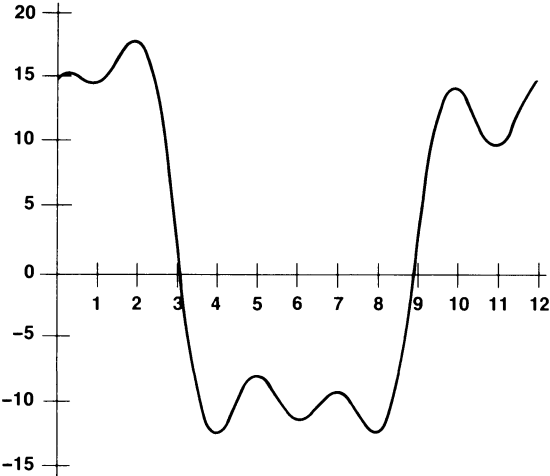
Benutzeranleitung

Nr.	Anweisung	Tasten
1	Bestimmen der Datenregister	[XEQ] [ALPHA] SIZE [ALPHA] 027
2	Programm eingeben	
3	Programm starten	[XEQ] [ALPHA] FOUR [ALPHA]
4	Anzahl der Stützwerte innerhalb einer Periode eingeben	[R/S]
5	Anzahl der gewünschten Frequenzen	[R/S]
6	Ordnung des ersten Koeffizienten	[R/S]
7	Y_n mit $n = 1, 2, \dots, n$ eingeben	[R/S]
8	Schritt 7 wiederholen bis „RECT?“ in der Anzeige erscheint	[R/S]
9	Anzeige der Koeffizienten für $J \leq k \leq (J \text{ und Anzahl der gewünschten Frequenzen in kartesischen Koordinaten})$	[R/S]
	Sollten die Koeffizienten N in Polarkoordinaten ausgegeben werden anschließend werden durch Drücken von [R/S] die aufeinanderfolgenden Koeffizienten angezeigt.	N [R/S]

Nr.	Anweisung	Tasten
10	Berechnen des Wertes der Fourier-Reihe an der Stelle t. Wert für t eingeben	[XEQ] [ALPHA] ST [ALPHA]

Beispiel zu 4.2.5

Es ist eine Fourier-Reihe für die unten gezeigten Wellenformen zu bestimmen. Da 12 Stichproben vorliegen, werden 7 Frequenzen ausgewählt (DC-Term und 6 harmonische Funktionen). Die Koeffizienten sind als Polarkoordinaten darzustellen.



t	f(t)
1	14.758
2	17.732
3	2
4	-12.
5	- 7.758
6	-11
7	- 9.026
8	-12.
9	2
10	14.268
11	10.026
12	15

Tasten	Anzeige
[XEQ] [ALPHA] FOUR [ALPHA]	ANZ. STWERTE?
12 [R/S]	ANZ. FREQ?
7 [R/S]	1. KOEFF?
0 [R/S]	Y1=?
14,758 [R/S]	Y2=?
17,732 [R/S]	Y3=?
2 [R/S]	Y4=?
12 [CHS] [R/S]	Y5=?
7,758 [CHS] [R/S]	Y6=?
11 [CHS] [R/S]	Y7=?
9,026 [CHS] [R/S]	Y8=?
12 [CHS] [R/S]	Y9=?
2 [R/S]	Y10=?
14,268 [R/S]	Y11=?
10,026 [R/S]	Y12=?
15 [R/S]	RECT?
[R/S]	
:	
[R/S]	

Eingesetzt in die Formel

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} \left(a_k \cos \frac{2\pi t_k}{T} + b_k \sin \frac{2\pi t_k}{T} \right),$$

wobei die Terme $a_2 = 3,0000 \text{ E}-8$

$$a_4 = 3,3333 \text{ E}-9$$

$$b_4 = 3,2000 \text{ E}-9$$

$$b_5 = 1,4673 \text{ E}-5$$

$$b_6 = 2,3599 \text{ E}-8$$

wegen ihrer geringen Größe zu vernachlässigen sind.

Somit ergibt sich

$$\begin{aligned} f(t) = & 2 + 14,9998 \cos \frac{2\pi t}{12} + \sin \frac{2\pi t}{12} \\ & + \sin \frac{4\pi t}{12} - 5 \cos \frac{6\pi t}{12} + \sin \frac{6\pi t}{12} \\ & + 3,0002 \cos \frac{10\pi t}{12} \end{aligned}$$

```
a0=4,0000
b0=0,0000
a1=14,9998
b1=1,0000
a2=3,0000E-8
b2=1,0000
a3=-5,0000
b3=1,0000
a4=3,3333E-9
b4=3,2000E-9
a5=3,0002
b5=1,4673E-5
a6=0,0000
b6=2,3599E-8
```

4.3 Elektrotechnik

4.3.1 Bode-Diagramm von Butterworth- und Tschebyscheff-Filtern

Dieses Programm berechnet Dämpfung, Phase und Gruppenlaufzeit für Bode-Diagramme von Butterworth- oder Tschebyscheff-Filtern n-ten Grades. Eine Frequenztransformation erlaubt die Berücksichtigung von vier verschiedenen Filtertypen: Tiefpass, Hochpass, Bandpass und Bandsperre. Das Frequenzinkrement ist entweder linear (Δf additiv) oder logarithmisch (Δf multiplikativ).

Die Pole eines Butterworth-Filters n-ten Grades sind durch den folgenden Ausdruck gegeben:

$$s = \sigma_k + j\omega_k = -\sin \left(\frac{2k-1}{n} \frac{\pi}{2} \right) - j \cos \left(\frac{2k-1}{n} \frac{\pi}{2} \right) \quad (k = 1, \dots, n).$$

Von den Polen des Butterworth-Filters werden die des Tschebyscheff-Filters wie folgt abgeleitet:

Es sei

$$\beta_k = \frac{1}{n} \sinh^{-1} \frac{1}{\epsilon}.$$

Dann sind die neuen Pole gegeben durch

$$s_k = \sigma_k \sinh \beta_k + j \omega_k \cosh \beta_k.$$

Dämpfung, Phase und Gruppenlaufzeit eines Filters sind durch die nachfolgenden Beziehungen gegeben.

Die Netzwerk-Übertragungsfunktion lautet:

$$\begin{aligned} H(j\omega) &= \frac{K}{(j\omega - s_1)(j\omega - s_2) \dots (j\omega - s_n)} \\ &= \frac{K}{(M_1 \angle \Theta_1)(M_2 \angle \Theta_2) \dots (M_n \angle \Theta_n)} \\ &= \frac{K}{M(\omega) \angle \Theta(\omega)}, \end{aligned}$$

wobei K eine Konstante ist, die so gewählt wird, daß

$$|H(j0)| = 1.$$

Für den Betrag der Übertragungsfunktion gilt

$$|H(j\omega)| = \frac{K}{\prod_{i=1}^n \sqrt{\sigma_i^2 + (\omega - \omega_i)^2}},$$

und die Phase ist

$$\arg[H(j\omega)] = -\Theta(\omega) = -\sum_{i=1}^n \tan^{-1} \left(\frac{\omega - \omega_i}{-\sigma_i} \right).$$

Die normalisierte Gruppenlaufzeit beträgt

$$\text{tg} = \frac{d}{d\omega} \{\Theta(\omega)\} = \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_i}{\sigma_i^2 + (\omega - \omega_i)^2}.$$

Anweisungsliste zu 4.3.1

01*LBL "BODE"	21 STO 14	41 +	61 DSE 10
02 RCL 01	22 "0,1-?"	42 RCL 08	62 GTO 08
03 10	23 PROMPT	43 R-P	63 RCL 04
04 /	24 SF 01	44 ST/ 11	64 1
05 10↑X	25 X=0?	45 X<>Y	65 XEQ 09
06 1	26 CF 01	46 ST- 12	66 /
07 -	27*LBL E	47 RCL 08	67 RCL 11
08 SORT	28 0	48 RCL 07	68 LOG
09 STO 01	29 STO 09	49 R-P	69 20
10 1	30 STO 12	50 ST* 11	70 *
11 XEQ 09	31 1	51 P-R	71 RND
12 ST* 02	32 STO 11	52 RCL 13	72 RCL 12
13 ST* 03	33 RCL 00	53 +	73 1
14 ST* 04	34 STO 10	54 RCL 08	74 P-R
15 ST* 05	35 XEQ 07	55 R-P	75 DEG
16 RCL 06	36*LBL 08	56 X↑2	76 R-P
17 *	37 RAD	57 X<>Y	77 CLX
18 STO 15	38 XEQ 06	58 RDN	78 RCL 09
19 "?"	39 RCL 07	59 /	79 "T="
20 PROMPT	40 RCL 13	60 ST+ 09	80 XEQ 05

81 "Z="	109*LBL 00	137*LBL 06	165 ST* 07
82 XEQ 05	110 1/X	138 FS? 00	166 2
83 *MAG="	111 CHS	139 GT0 01	167 ST/ 08
84 XEQ 05	112 GT0 04	140 XEQ 01	168 ST/ 07
85 "F="	113*LBL 01	141 1	169 RTN
86 XEQ 05	114 RCL 04	142 RCL 01	170*LBL 01
87 RCL 05	115 RCL 02	143 1/X	171 RCL 10
88 RCL 04	116 /	144 R-P	172 2
89 FS? 01	117 GT0 04	145 X<>Y	173 *
90 GT0 00	118*LBL 03	146 RDN	174 1
91 RCL 15	119 RCL 04	147 LASTX	175 -
92 +	120 X↑2	148 +	176 RCL 00
93 GT0 03	121 RCL 02	149 LN	177 /
94*LBL 00	122 X↑2	150 RCL 00	178 XEQ 09
95 RCL 06	123 -	151 /	179 4
96 *	124 RCL 04	152 E↑X	180 /
97*LBL 03	125 /	153 LASTX	181 1
98 ST0 04	126 RCL 03	154 CHS	182 P-R
99 X<=Y?	127 /	155 E↑X	183 ST0 07
100 GT0 E	128*LBL 04	156 +	184 X<>Y
101 RTN	129 ST0 13	157 ENTER↑	185 ST0 08
102*LBL 07	130 RTN	158 ENTER↑	186 RTN
103 GT0 IND 14	131*LBL 05	159 LASTX	187*LBL 09
104*LBL 04	132 ARCL X	160 2	188 2
105 XEQ 03	133 RVIEW	161 *	189 *
106 GT0 00	134 STOP	162 -	190 PI
107*LBL 02	135 RDN	163 ST* 08	191 *
108 XEQ 01	136 RTN	164 RDN	192 RTN
			193 .END.

Das Programm benötigt 16 Daten- und 39 Programmregister.

Benutzeranleitung

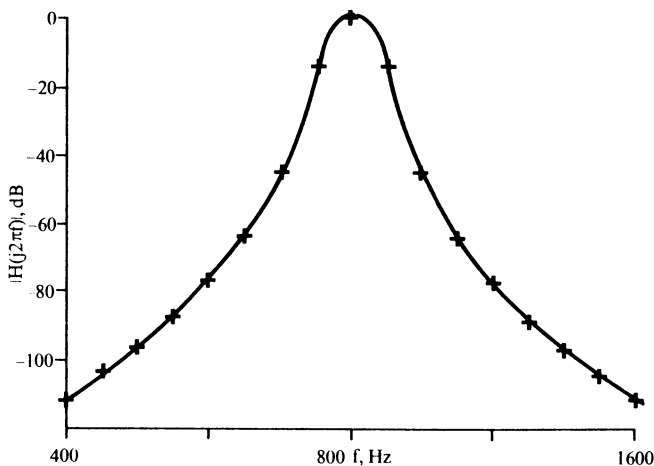
Nr.	Anweisung	Tasten
1	Bestimmen der Datenregister	[XEQ] [ALPHA] SIZE [ALPHA] 016
2	Programm eingeben	
3	Wählen Sie den entsprechenden Filter für Butterworth-Filger für Tschebyscheff-Filter	[SF] 00 [CF] 00
4	Speichern der zutreffenden Daten Filterordnung (N) Welligkeit im Durchfluß (dB) Eckfrequenz (fe) Bandbreite (BW) untere Frequenz (f ₁) obere Frequenz (f ₂) Frequenz-Inkrement (Δ f)	[STO] 00 [STO] 01 [STO] 02 [STO] 03 [STO] 04 [STO] 05 [STO] 06

Nr.	Anweisung	Tasten
5	Programm starten	[XEQ] [ALPHA] BODE [ALPHA]
6	Wählen Sie die Übertragungseigen- schaften	
	Tiefpass	1 [R/S]
	Hochpass	2 [R/S]
	Bandpass	3 [R/S]
	Bandsperre	4 [R/S]
7	Wählen Sie das entsprechende Frequenz-Inkrement	
	linear	0 [R/S]
	logarithmisch	1 [R/S]
8	Drücken Sie jeweils [R/S], um die ent- sprechenden Daten zu erhalten bzw. mit dem nächsten Frequenzschritt fortzufahren.	

Beispiel zu 4.3.1

Tragen Sie das Verhalten eines Butterworth-Bandpass-Filters 6. Grades mit $BW = 100$ und $f_0 = 800$ graphisch auf. Erstellen Sie ein logarithmisches Diagramm und verwenden Sie als Faktor für die Schrittweite (Inkrement) $\sqrt[8]{2}$ von 400 Hz bis 1600 Hz.

Tastenfolge	Anzeige
■ [SF] 00	
6 [STO] 00	
800 [STO] 02	
100 [STO] 03	
400 [STO] 04	
1600 [STO] 05	
2 [ENTER] 8 [1/x] ■ [y^x] [STO] 06	
[XEQ] [ALPHA] BODE [ALPHA]	?
3 [R/S]	0,1 - ?
1 [R/S]	T = 0,0269
[R/S]	α = 161,5365
[R/S]	MAG = - 129,5017
[R/S]	F = 400,0000
[R/S]	T = 0,0365
[R/S]	α = 158,5036
[R/S]	MAG = - 121,5912
[R/S]	F = 436,2031
[R/S]	T = 0,0513
[R/S]	α = 154,5062
[R/S]	MAG = - 112,7274
[R/S]	F = 475,6828
.	.
.	.
.	.



4.3.2 Entwurf von Butterworth- und Tschebyscheff-Filtern

Dieses Programm berechnet Schaltelement-Werte für Butterworth- und Tschebyscheff-Filter zwischen gleichen Abschlußwiderständen. Einzugeben sind der Abschlußwiderstand, das Übertragungsverhalten (z. B. Tiefpass, Hochpass, Bandpass usw.), Dämpfung bei einer Frequenz außerhalb des Durchlaßbereiches und für den Tschebyscheff-Filter die zulässige Welligkeit im Durchlaßbereich.

Vor der Berechnung der Filterelemente muß aus den geforderten Filtereigenschaften (Grenzfrequenz bzw. Mittenfrequenz f_0 , Bandbreite BW) und der Frequenz f_1 mit der gewünschten Dämpfung die normalisierte Frequenz f_n (ω_n) mit folgender Gleichung gebildet werden:

Tiefpass

$$\omega_n = \frac{\omega}{\omega_0}$$

Hochpass

$$\omega_n = \frac{\omega_0}{\omega}$$

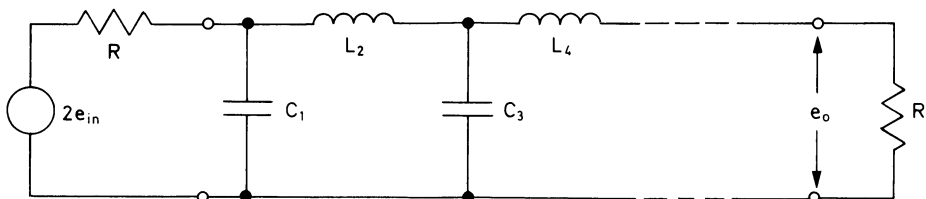
Bandpass

$$\omega_n = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{BW \omega}$$

Bandsperre

$$\omega_n = \frac{\omega BW}{\omega_0^2 - \omega^2}$$

Die Grundform des Filters ist der folgende Tiefpass-Prototyp, dessen Elemente sich nach einem der nachfolgenden Formelsätze berechnen.



Butterworth:

$$C_i = \frac{1}{\pi f_c R} \sin \frac{(2i-1)\pi}{2n}, \quad i = 1, 3, 5, \dots, n-1$$

$$L_i = \frac{R}{\pi f_c} \sin \frac{(2i-1)\pi}{2n}, \quad i = 2, 4, 6, \dots, n$$

wobei

$$n = \text{INT} \left[\frac{1 + \ln(2 \times 10^{\Delta \text{dB}/10} - 1)}{2 \ln(\omega/\omega_0)} \right]$$

Tschebyscheff-Filter:

$$C_i = \frac{G_i}{2\pi f_c R}, \quad i = 1, 3, 5, \dots, n$$

$$L_i = \frac{RG_i}{2\pi f_c}, \quad i = 2, 4, 6, \dots, n-1$$

wobei

$$G_1 = \frac{2a_1}{\gamma}$$

$$G_i = \frac{4a_{i-1}(a_i)}{(b_{i-1})(G_{i-1})}, \quad i = 2, 3, 4, \dots, n$$

$$\gamma = \sinh \left[\frac{\ln \left(\coth \frac{\epsilon}{40 \log e} \right)}{2n} \right]$$

$$a_i = \sin \frac{(2i-1)\pi}{2n}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$b_i = \gamma^2 + \sin^2 \frac{i\pi}{n}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n-1$$

$$\epsilon = (10^{\Delta \text{dB}/10} - 1)^{1/2}$$

Die Filterordnung n wird mit Hilfe des Newtonschen Näherungsverfahrens und der folgenden Formel berechnet.

$$(\omega + \sqrt{\omega^2 - 1})^{2n} + (\omega + \sqrt{\omega^2 - 1})^{-2n} = \frac{4}{\epsilon^2} (10^{\Delta \text{dB}/10} - 1) - 2$$

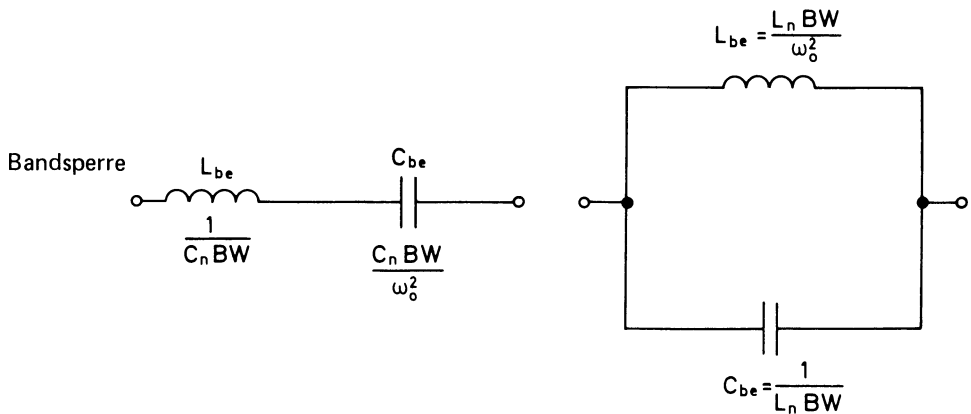
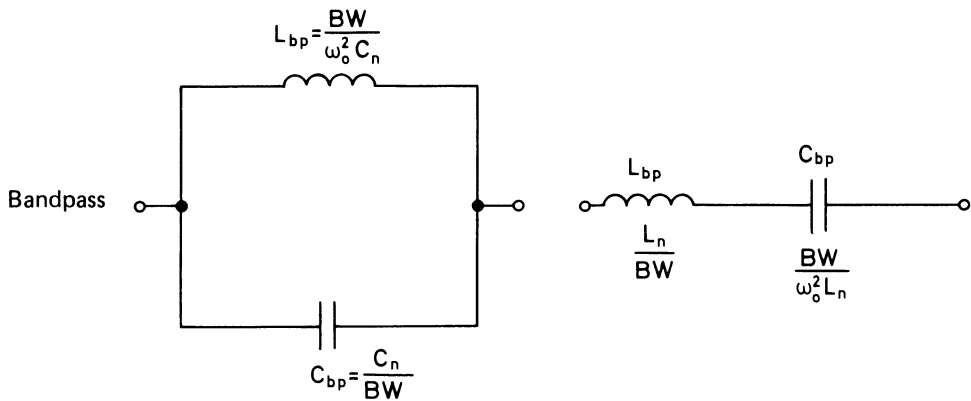
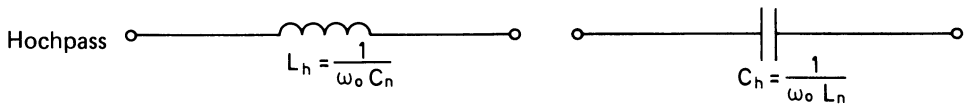
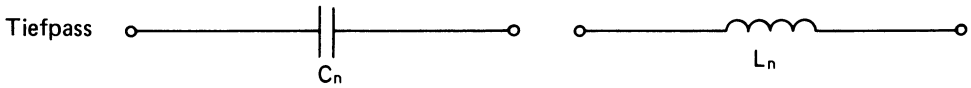
Als ersten Näherungswert für n wird eingesetzt

$$n = \frac{\ln \left[\frac{4}{\epsilon^2} (10^{\Delta \text{dB}/10} - 1) - 2 \right]}{\ln(\omega + \sqrt{\omega^2 - 1})}$$

Nach Beendigung der Näherungsrechnung wird der endgültige Wert für n wie folgt berechnet.

$$n \leftarrow \text{INT}(n + 1)$$

Im Anschluß an die Berechnung der Werte für den Tiefpass werden die Schaltelement-Werte wie folgt mit Hilfe einer Frequenztransformation abgeändert, wenn eine andere Filtercharakteristik gewünscht wird.



Es muß darauf geachtet werden, ob L und C in Reihe oder parallel geschaltet sind.

Anmerkung:

Das Programm gibt fehlerhafte Ergebnisse, wenn die Weitabselektion Δ dB klein ist (d. h. wenn Δ dB-Dämpfung bei ω_o) und nach der Ordnung n des Filters gefragt wird.

Anweisungsliste zu 4.3.2 (Butterworth-Filter)

01*LBL "BUT"	49 RCL 04	97 /	145 FS?C 01
02 ENG 3	50 X<>Y	98 XEQ 06	146 RTN
03 RAD	51 LN	99 GT0 00	147 DSE 10
04 "R=?"	52 ABS	100*LBL 02	148 GT0 00
05 PROMPT	53 /	101 RCL 07	149 RTN
06 STO 05	54 1	102 *	150*LBL 07
07 "FO=?"	55 +	103 1/X	151 STO 06
08 PROMPT	56 2	104 XEQ 06	152 GT0 IND 01
09 XEQ 10	57 /	105 CHS	153*LBL 04
10 STO 07	58 INT	106 GT0 00	154 XEQ 03
11 STOP	59 STO 00	107*LBL 03	155 GT0 00
12*LBL "LP"	60 STO 10	108 SF 01	156*LBL 02
13 1	61 "N="	109 RCL 00	157 XEQ 01
14 GT0 01	62 ARCL X	110 /	158*LBL 00
15*LBL "HP"	63 AVIEW	111 XEQ 06	159 1/X
16 2	64 STOP	112 XEQ 00	160 CHS
17 GT0 01	65*LBL 08	113 ABS	161 GT0 05
18*LBL "BP"	66 RCL 00	114 1/X	162*LBL 01
19 3	67 RCL 10	115 RCL 07	163 RCL 06
20 GT0 01	68 -	116 X↑2	164 RCL 07
21*LBL "BE"	69 1	117 /	165 /
22 4	70 +	118 XEQ 06	166 GT0 05
23*LBL 01	71 STO 09	119 CHS	167*LBL 03
24 STO 01	72 2	120 GT0 00	168 RCL 06
25 3	73 *	121*LBL 04	169 X↑2
26 X>Y?	74 1	122 SF 01	170 RCL 07
27 GT0 00	75 -	123 RCL 00	171 X↑2
28 "BW=?"	76 PI	124 *	172 -
29 PROMPT	77 *	125 RCL 07	173 RCL 06
30 XEQ 10	78 2	126 X↑2	174 /
31 STO 08	79 /	127 /	175 RCL 08
32*LBL 00	80 RCL 00	128 XEQ 06	176 /
33 "F1=?"	81 /	129 XEQ 00	177*LBL 05
34 PROMPT	82 SIN	130 ABS	178 ABS
35 "A=?"	83 2	131 RCL 07	179 STO 02
36 PROMPT	84 *	132 X↑2	180 RTN
37 10	85*LBL 09	133 *	181*LBL 06
38 /	86 STO 06	134 1/X	182 -1
39 10↑X	87 RCL 05	135 XEQ 06	183 RCL 09
40 2	88 -1	136 CHS	184 Y↑X
41 *	89 RCL 09	137*LBL 00	185 *
42 1	90 PSE	138 "L="	186 RTN
43 -	91 Y↑X	139 X<0?	187*LBL 10
44 LN	92 Y↑X	140 "C="	188 2
45 STO 04	93 *	141 ABS	189 *
46 X<>Y	94 GT0 IND 01	142 ARCL X	190 PI
47 XEQ 10	95*LBL 01	143 AVIEW	191 *
48 XEQ 07	96 RCL 07	144 STOP	192 RTN
			193 .END.

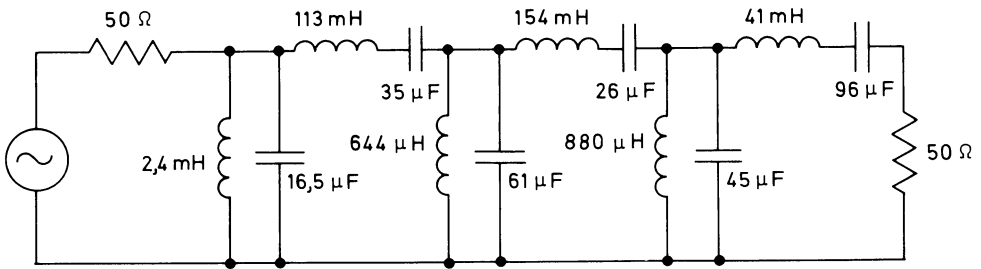
Das Programm benötigt 11 Daten- und 43 Programmregister.

Benutzeranleitung (Butterworth-Filter)

Nr.	Anweisung	Tasten
1	Datenregister bestimmen	[XEQ] [ALPHA] SIZE [ALPHA] 011
2	Programm eingeben	
3	Programm starten, Abschlußwiderstand eingeben, Mittenfrequenz eingeben	[XEQ] [ALPHA] BUT [ALPHA] Variable [R/S] Variable [R/S]
4	Geben Sie den gewünschten Filtertyp an: Tiefpass Hochpass Bandpass Bandsperre	[XEQ] [ALPHA] TP [ALPHA] [XEQ] [ALPHA] HP [ALPHA] [XEQ] [ALPHA] BP [ALPHA] [XEQ] [ALPHA] BS [ALPHA]
5	Geben Sie ein: Bandbreite f_1 Δ dB	Variable [R/S] Variable [R/S] Variable [R/S]
6	Anzeige der Ergebnisse (Es wird erst die Nummer des Bauteiles und anschließend sein Wert angezeigt)	[R/S] [R/S] [R/S] usw.

Beispiel zu 4.3.2 (Butterworth-Filter)

Entwerfen Sie ein Butterworth-Filter mit einer Bandbreite von 100 Hz, Mittenfrequenz 800 Hz und 30 dB Dämpfung bei 900 Hz. Der Abschlußwiderstand R_0 beträgt 50Ω .



Tastenfolge	Anzeige
[XEQ] [ALPHA] BUT [ALPHA]	R = ?
50 [R/S]	FO = ?
800 [R/S]	
[XEQ] [ALPHA] BP [ALPHA]	BW = ?
100 [R/S]	F1 = ?
900 [R/S]	A = ?
30 [R/S]	N = 6.000 EO
[R/S]	1.000 00

Tastenfolge

Anzeige

[R/S]

C = 16.48E-6

[R/S]

L = 2.402E-3

2.000 00

[R/S]

L = 112.5E-3

[R/S]

C = 351.7E-9

3.000 00

[R/S]

C = 61.49E-6

[R/S]

L = 643.6E-6

4.000 00

L = 153.7E-3

[R/S]

C = 257.5E-9

[R/S]

5.000 00

C = 45.02E-6

[R/S]

L = 879.2E-6

[R/S]

6.000 00

L = 41.19E-3

[R/S]

C = 960.8E-9

Anweisungsliste zu 4.3.2 (Tschebyscheff-Filter)

01*LBL "TSCHB"

27 /

53 RCL 05

79 RCL 09

02 ENG 3

28 2

54 X↑2

80 RCL 10

03 RAD

29 -

55 RCL 01

81 RCL 09

04 1

30 STO 12

56 X↑2

82 Y↑X

05 XEQ 12

31 *FILTER ?

57 -

83 STO 05

06 ST* 01

32 PROMPT

58 RCL 05

84 ENTER↑

07 ST* 02

33 STO 07

59 /

85 1/X

08 ST* 05

34 GTO IND 07

60 RCL 02

86 +

09 RCL 03

35*LBL 04

61 /

87 RCL 12

10 10

36 XEQ 03

62*LBL 05

88 -

11 /

37 GTO 00

63 ABS

89 RCL 05

12 10↑X

38*LBL 02

64 STO 08

90 ENTER↑

13 1

39 SF 02

65 ENTER↑

91 1/X

14 -

40 XEQ 01

66 X↑2

92 -

15 SORT

41*LBL 00

67 1

93 /

16 STO 06

42 1/X

68 -

94 RCL 10

17 RCL 04

43 CHS

69 SORT

95 LN

18 10

44 GTO 05

70 +

96 /

19 /

45*LBL 01

71 STO 10

97 2

20 10↑X

46 RCL 05

72 LN

98 /

21 1

47 RCL 01

73 RCL 12

99 -

22 -

48 /

74 LN

100 STO 09

23 4

49 FS?C 02

75 X<>Y

101 LASTX

24 *

50 RTN

76 /

102 ABS

25 RCL 06

51 GTO 05

77 STO 09

103 .01

26 X↑2

52*LBL 03

78*LBL 06

104 X<=Y?

105 GTO 06	148 STO 08	191 X↑2	234 -
106 RCL 09	149 PI	192 /	235 1
107 2	150 2	193 XEQ 11	236 +
108 /	151 /	194 CHS	237 STO 11
109 1	152 RCL 09	195 GTO 00	238 1
110 +	153 /	196*LBL 04	239 -
111 INT	154 SIN	197 RCL 02	240 2
112 STO 09	155 STO 12	198 *	241 *
113 "N="	156 2	199 RCL 01	242 1
114 ARCL X	157 *	200 X↑2	243 +
115 AVIEW	158 RCL 08	201 /	244 PI
116 STOP	159 SORT	202 XEQ 11	245 *
117 1	160 /	203 SF 01	246 2
118 STO 11	161*LBL 10	204 XEQ 00	247 /
119 RCL 03	162 STO 05	205 RCL 01	248 RCL 09
120 40	163 RCL 00	206 X↑2	249 /
121 /	164 -1	207 *	250 SIN
122 1	165 RCL 11	208 1/X	251 STO 12
123 E↑X	166 PSE	209 XEQ 11	252 *
124 LOG	167 Y↑X	210 CHS	253 4
125 /	168 Y↑X	211*LBL 00	254 *
126 ENTER↑	169 *	212 "L="	255 RCL 05
127 +	170 GTO IND 07	213 X<0?	256 /
128 E↑X	171*LBL 01	214 "C="	257 RCL 08
129 1	172 RCL 01	215 ABS	258 RCL 09
130 X<>Y	173 /	216 ARCL X	259 RCL 10
131 +	174 XEQ 11	217 AVIEW	260 -
132 LASTX	175 GTO 00	218 STOP	261 PI
133 1	176*LBL 02	219 FS?C 01	262 *
134 -	177 RCL 01	220 RTN	263 RCL 09
135 /	178 *	221 DSE 10	264 /
136 RCL 09	179 1/X	222 GTO 07	265 SIN
137 STO 10	180 XEQ 11	223 RTN	266 X↑2
138 2	181 CHS	224*LBL 12	267 +
139 *	182 GTO 00	225 2	268 /
140 1/X	183*LBL 03	226 *	269 GTO 10
141 Y↑X	184 RCL 02	227 PI	270*LBL 11
142 ENTER↑	185 /	228 *	271 -1
143 1/X	186 XEQ 11	229 RTN	272 RCL 11
144 -	187 SF 01	230*LBL 07	273 Y↑X
145 2	188 XEQ 00	231 RCL 12	274 *
146 /	189 1/X	232 RCL 09	275 RTN
147 X↑2	190 RCL 01	233 RCL 10	276 .END.

Das Programm benötigt 13 Daten- und 51 Programmregister.

Benutzeranleitung (Tschebyscheff-Filter)

Nr.	Anweisung	Tasten
1	Bestimmen der Datenregister	[XEQ] [ALPHA] SIZE [ALPHA] 013
2	Programm eingeben	
3	Speichern der zutreffenden Daten:	
	Abschlußwiderstand (R_0)	[STO] 00
	Eckfrequenz (f_e)	[STO] 01
	Bandbreite (BW)	[STO] 02
	Welligkeit (Δ dB)	[STO] 03
	Dämpfung (Δ dB)	[STO] 04
	Weitabfrequenz (f_1)	[STO] 05
4	Programm starten	[XEQ] [ALPHA] TSCHEB [ALPHA]
5	Geben Sie den Filtertyp ein:	
	Tiefpass	1 [R/S]
	Hochpass	2 [R/S]
	Bandpass	3 [R/S]
	Bandsperre	4 [R/S]
6	Anzeige der Ergebnisse	
	(Es wird erst die Nummer des Bauteiles	[R/S]
	und anschließend sein Wert angezeigt)	[R/S]
		[R/S]
		usw.

Beispiel zu 4.3.2 (Tschebyscheff-Filter)

Entwerfen Sie ein Tiefpass-Tschebyscheff-Filter mit den folgenden Charakteristiken:

$$R_0 = 50 \, \Omega; f_e = 600 \, \text{Hz};$$

Welligkeit des Durchlässigkeitsbereiches = 3 dB und 30 dB Dämpfung bei 750 Hz.

Tastenfolge	Anzeige
50 [STO] 00	
600 [STO] 01	
3 [STO] 03	
30 [STO] 04	
750 [STO] 05	
[XEQ] [ALPHA] TSCHEB [ALPHA]	Filter?
1 [R/S]	N = 6.000 EO
[R/S]	1.000 00
[R/S]	C = 18.59E-6
[R/S]	2.000 00
[R/S]	L = 10.19E-3
[R/S]	3.000 00
[R/S]	C = 24.44E-6
[R/S]	4.000 00
[R/S]	L = 10.52E-3
[R/S]	5.000 00
[R/S]	C = 23.68E-6
[R/S]	6.000 00
[R/S]	L = 8.001E-3

4.3.3 Entwurf aktiver Filter

Das Programm berechnet die Schaltelement-Werte für die angegebenen Standard-Filter-schaltungen. Der Anwender hat die Grenzfrequenz f_0 oder Mittenfrequenz f , die Verstärkung in Bandmitte A , den Verlustfaktor α und eine Kapazität C vorzugeben. Das Programm gibt daraufhin eine Liste von Schaltelementen aus, mit deren Hilfe sich das gewünschte Filter realisieren lässt.

Verwendete Formeln:

$$a = \frac{1}{Q} = 2\zeta, \text{ wobei } Q \text{ die Güte und } \zeta \text{ der Dämpfungsfaktor ist.}$$

Tiefpass

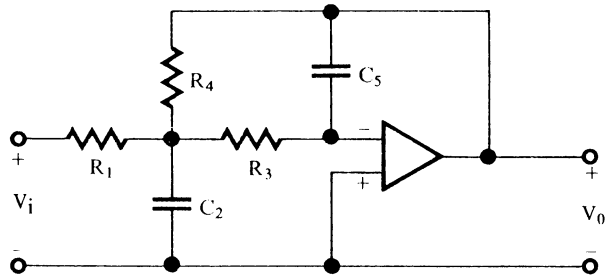
$$C_5 = C$$

$$C_2 = \frac{4C(A+1)}{\alpha^2}$$

$$R_1 = \frac{\alpha}{4A\pi f_0 C}$$

$$R_3 = \frac{\alpha}{4\pi f_0 C(A+1)} \\ = \frac{A}{A+1} R_1$$

$$R_4 = AR_1$$



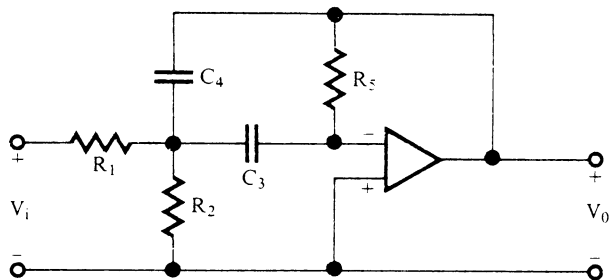
Hochpass

$$C_1 = C_3 = C$$

$$C_4 = \frac{C}{A}$$

$$R_2 = \frac{\alpha}{2\pi f_0 C \left(2 + \frac{1}{A}\right)}$$

$$R_5 = \frac{2A+1}{\alpha 2\pi f_0 C}$$



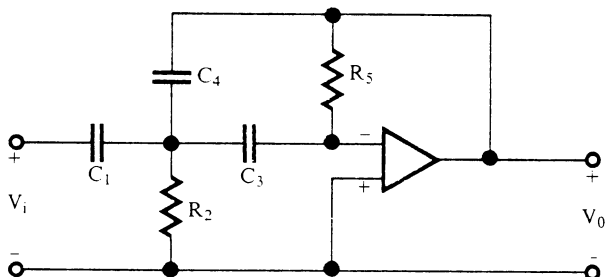
Bandpass

$$C_3 = C_4 = C$$

$$R_1 = \frac{1}{A 2\pi f_0 C}$$

$$R_2 = \frac{1}{\left(\frac{2}{\alpha^2} - A\right) 2\pi f_0 C \alpha}$$

$$R_5 = \frac{2}{\alpha 2\pi f_0 C}$$



Benutzeranleitung

Nr.	Anweisung	Tasten
1	Bestimmen der Datenregister	[XEQ] [ALPHA] SIZE [ALPHA] 006
2	Programm eingeben	
3	Programm starten	[XEQ] [ALPHA] FS [ALPHA]
4	Grenzfrequenz f_0	Variable [R/S]
	Verstärkung A	Variable [R/S]
	Gegenkopplungsfaktor V_F	Variable [R/S]
	Kapazität C	Variable [R/S]
5	Bestimmen des Filtertypes	
	Hochpaß	HP [R/S]
	Tiefpaß	LP [R/S]
	Bandpaß	BP [R/S]
6	Drücken Sie jeweils [R/S] um die entsprechenden Daten zu erhalten	[R/S]

Anweisungsliste zu 4.3.3

01*LBL "FS"	28 4	55 RCL 03	82 +
02 ENG 3	29 *	56 "C5="	83 RCL 02
03 "F0?"	30 RCL 01	57 GTO 05	84 /
04 PROMPT	31 1	58*LBL "HP"	85 RCL 04
05 STO 00	32 +	59 RCL 03	86 /
06 "A?"	33 *	60 "C1=C3="	87 "R5="
07 PROMPT	34 RCL 02	61 XEQ 05	88 GTO 05
08 STO 01	35 X↑2	62 RCL 01	89*LBL "BP"
09 "VF?"	36 /	63 /	90 XEQ A
10 PROMPT	37 "C2="	64 "C4="	91 RCL 01
11 STO 02	38 XEQ 05	65 XEQ 05	92 *
12 "C?"	39 RCL 02	66 XEQ A	93 RCL 02
13 PROMPT	40 2	67 RCL 02	94 *
14 STO 03	41 /	68 X<>Y	95 1/X
15 STOP	42 RCL 01	69 /	96 "R1="
16*LBL "LP"	43 1	70 2	97 XEQ 05
17 RCL 02	44 +	71 RCL 01	98 2
18 2	45 /	72 1/X	99 RCL 02
19 /	46 RCL 04	73 +	100 X↑2
20 RCL 01	47 /	74 /	101 /
21 /	48 "R3="	75 "R2="	102 RCL 01
22 XEQ A	49 XEQ 05	76 XEQ 05	103 -
23 /	50 RCL 01	77 RCL 03	104 RCL 04
24 STO 05	51 RCL 05	78 RCL 01	105 *
25 "R1="	52 *	79 2	106 RCL 02
26 XEQ 05	53 "R4="	80 *	107 *
27 RCL 03	54 XEQ 05	81 1	108 1/X

109 "R2="	116 /	123 STOP	130 *
110 XEQ 05	117 RCL 04	124 RTN	131 RCL 03
111 RCL 03	118 /	125 LBL A	132 *
112 "C3=C4="	119 "R5="	126 2	133 STO 04
113 XEQ 05	120 LBL 05	127 PI	134 RTN
114 2	121 ARCL X	128 *	135 .END.
115 RCL 02	122 RVIEW	129 RCL 00	

Das Programm benötigt 6 Daten- und 35 Programmregister.

Beispiel zu 4.3.3

Entwerfen Sie einen aktiven Hochpass mit folgenden Eigenschaften.

$f_0 = 10 \text{ Hz}$
 $A = 10$
 $V_F = 1$
 $C = 1 \mu\text{F}$

Tastenfolge

Anzeige

[XEQ] [ALPHA] SIZE [ALPHA] 006

[XEQ] [ALPHA] FS [ALPHA]

10 [R/S]

FO?

10 [R/S]

A?

1 [R/S]

VF?

1 [EEX] 6 [CHS] [R/S]

1.000-06

[XEQ] [ALPHA] HP [ALPHA]

$C_1=C_3=1.000 \text{ E-6}$

[R/S]

$C_4=100.0 \text{ E-9}$

[R/S]

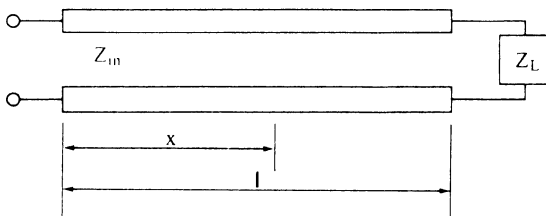
$R_2=7.579 \text{ E3}$

[R/S]

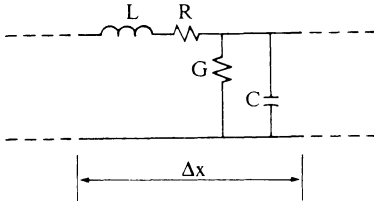
$R_5=334.2 \text{ E3}$

4.3.4 Eingangsimpedanz einer verlustbehafteten Übertragungsleitung

Dieses Programm berechnet die Eingangsimpedanz einer verlustbehafteten Übertragungsleitung, die mit Z_L abgeschlossen ist. Das Programm liefert eine exakte Lösung, wenn die Parameter $R_0 (= \sqrt{L/C})$, R und G gegeben sind. Sind dagegen R_0 der Kupferverlust und der Verlust im Dielektrikum gegeben, ergibt sich das Resultat als Näherungslösung.



Ersatzschaltung



Das Ersatzschaltbild der Übertragungsleitung besteht aus den Elementen L, C, R und G. Die folgenden Gleichungen können abgeleitet werden:

$$R_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$r = \frac{R}{L} = \frac{v R}{R_0}$$

$$g = \frac{G}{C} = v R_0 G$$

$$\omega = 2 \pi f$$

wobei

L = Induktivität pro Längeneinheit

C = Kapazität pro Längeneinheit

R = Widerstand pro Längeneinheit

G = Leitwert pro Längeneinheit

$v = 3 \times 10^8 v_r$

v_r = Phasengeschwindigkeit

f = Frequenz in Hz

Dann gilt:

$$Z_{in} = Z_0 \left(\frac{1 + \Gamma_L e^{-2 \gamma l}}{1 - \Gamma_L e^{-2 \gamma l}} \right)$$

wobei

$$\Gamma_L = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

l = Leitungslänge

Z_L = Abschluß-Impedanz

Z_0 = charakteristische Impedanz (Wellenwiderstand) der Leitung

γ = Fortpflanzungskonstante

Z_0 und γ werden in Abhängigkeit von der Lösungsart unterschiedlich berechnet.

Die genaue Lösung lautet:

$$Z_0 = \operatorname{Re} \{Z_0\} + j \operatorname{Im} \{Z_0\}$$

$$\operatorname{Re} \{Z_0\} = \frac{R_0}{\sqrt{2(g^2 + \omega^2)}} [rg + \omega^2 + \sqrt{(r^2 + \omega^2)(g^2 + \omega^2)}]^{1/2}$$

$$\operatorname{Im} \{Z_0\} = \frac{\pm R_0}{\sqrt{2(g^2 + \omega^2)}} [- (rg + \omega^2) + \sqrt{(r^2 + \omega^2)(g^2 + \omega^2)}]^{1/2}$$

wobei das positive Vorzeichen für $g \geq r$ und das negative Vorzeichen für $g < r$ gilt

$$\gamma = a + j\beta$$

und

$$\alpha = \frac{1}{\sqrt{2v}} [rg - \omega^2 + \sqrt{(r^2 + \omega^2)(g^2 + \omega^2)}]^{1/2}$$

$$\beta = \frac{1}{\sqrt{2v}} [\omega^2 - rg + \sqrt{(r^2 + \omega^2)(g^2 + \omega^2)}]^{1/2}$$

Für die Näherungslösung gilt:

$$\operatorname{Re} \{Z_0\} = R_0 \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{\alpha_c - \alpha_D}{\beta_0} \right) \left(\frac{3\alpha_D + \alpha_c}{\beta_0} \right) \right]$$

$$\operatorname{Im} \{Z_0\} = R_0 \left[\frac{\alpha_D - \alpha_c}{\beta_0} \right]$$

$$\alpha = \alpha_c + \alpha_D$$

$$\beta = \beta_0 \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{\alpha_c - \alpha_D}{\beta_0} \right)^2 \right]$$

wobei

$$\alpha_c = \text{Kupferverlust, Neper/Längeneinheit} = \frac{1}{2} \frac{R}{R_0}$$

$$\alpha_D = \text{Verlust im Dielektrikum, Neper/Längeneinheit} = \frac{1}{2} \text{ GR}$$

$$\beta_0 = \frac{\omega}{v}$$

Anweisungsliste zu 4.3.4

01*LBL "LEITG"	11 1 E10	21 STO 00	31*LBL "EXAKT"
02 FIX 2	12 /	22 2	32 "G?"
03 "R0?"	13 STO 04	23 *	33 PROMPT
04 PROMPT	14 2	24 3	34 "R?"
05 STO 01	15 PI	25 RCL 02	35 PROMPT
06 "VR?"	16 *	26 *	36 RCL 03
07 PROMPT	17 *	27 STO 03	37 *
08 STO 02	18 STO 08	28 /	38 RCL 01
09 "F?"	19 "L?"	29 STO 07	39 /
10 PROMPT	20 PROMPT	30 STOP	40 STO 05

41 RDN	85 STO 00	129 X<>Y	174 -2
42 RCL 01	86 RDN	130 STO 02	175 *
43 *	87 STO 03	131 RCL 05	176 X<>Y
44 ST* 03	88 RCL 00	132 X+2	177 CHS
45 RCL 00	89 RCL 02	133 2	178 X<>Y
46 RCL 05	90 RCL 04	134 /	179 P-R
47 R-P	91 PI	135 1	180 1
48 SQRT	92 *	136 +	181 +
49 STO 05	93 1.5	137 RCL 03	182 R-P
50 X<>Y	94 /	138 RCL 00	183 RCL 07
51 2	95 X<>Y	139 +	184 *
52 /	96 /	140 R-P	185 1/X
53 STO 06	97 STO 06	141 ST* 07	186 X<>Y
54 RCL 00	98 *	142 X<>Y	187 RCL 00
55 RCL 03	99 2	143 STO 04	188 -
56 R-P	100 *	144*LBL "ZIN"	189 CHS
57 SQRT	101 STO 07	145 "ZL?"	190 X<>Y
58 STO 03	102 RCL 00	146 PROMPT	191 P-R
59 X<>Y	103 10	147 STO 05	192 1
60 2	104 LN	148 "ZL?"	193 -
61 /	105 20	149 PROMPT	194 R-P
62 STO 00	106 /	150 STO 06	195 1/X
63 RCL 06	107 RCL 06	151 RCL 04	196 2
64 +	108 /	152 RCL 07	197 *
65 STO 04	109 ST* 03	153 P-R	198 X<>Y
66 RCL 06	110 ST* 00	154 CHS	199 CHS
67 RCL 00	111 RCL 00	155 E+X	200 X<>Y
68 -	112 RCL 03	156 STO 07	201 P-R
69 STO 02	113 -	157 X<>Y	202 1
70 RCL 05	114 ENTER↑	158 100	203 +
71 RCL 03	115 STO 05	159 *	204 R-P
72 /	116 RCL 00	160 PI	205 RCL 01
73 ST* 01	117 3	161 /	206 *
74 RCL 05	118 *	162 STO 00	207 X<>Y
75 RCL 03	119 RCL 03	163 RCL 06	208 RCL 02
76 *	120 +	164 RCL 02	209 +
77 ST* 07	121 *	165 -	210 "ZIN="
78 GTO "ZIN"	122 2	166 RCL 05	211 XEQ 01
79*LBL "APPROX"	123 /	167 RCL 01	212 X<>Y
80 "AD?"	124 CHS	168 /	213 "ZIN="
81 PROMPT	125 1	169 P-R	214*LBL 01
82 "AC?"	126 +	170 1	215 ARCL X
83 PROMPT	127 R-P	171 +	216 AVIEW
84 X<>Y	128 ST* 01	172 R-P	217 STOP
		173 1/X	218 END

Das Programm benötigt 10 Daten- und 45 Programmregister.

Benutzeranleitung

Nr.	Anweisung	Tasten
1	Bestimmen der Datenregister	[XEQ] [ALPHA] SIZE [ALPHA] 009
2	Programm eingeben	
3	Programm starten	[XEQ] [ALPHA] LEITG [ALPHA]
4	Eingabe der Daten	
	R_0 (Ω)	[R/S]
	v_r	[R/S]
	F (Hz)	[R/S]
	L (cm)	[R/S]
5	Für exakte Lösung	[XEQ] [ALPHA] EXAKT [ALPHA]
	G	[R/S]
	R	[R/S]
	Z_L	[R/S]
	αZ_L	[R/S]
	Ergebnis: $\alpha Z_{IN} =$	[R/S]
	Ergebnis: $Z_{IN} =$	
6	Für Näherungslösung	[XEQ] [ALPHA] APPROX [ALPHA]
	αD	[R/S]
	αC	[R/S]
	Z_L	[R/S]
	αZ_L	[R/S]
	Ergebnis: $\alpha Z_{IN} =$	[R/S]
	Ergebnis: $Z_{IN} =$	

Beispiel zu 4.3.4

Eine Übertragungsleitung hat die folgenden Eigenschaften:

$$R = 1,2664 \, \Omega/\text{cm}; \quad G = 0,00004187 \, \text{S}/\text{cm}$$

$$R_0 = 55 \, \Omega; \quad v_r = 0,85$$

Wie groß ist die Eingangs-Impedanz eines 3,5 cm langen Stückes dieser Leitung bei 2 GHz, wenn für die Abschluß-Impedanz $Z_L = 75 \angle -30^\circ$ gilt?

Tastenfolge	Anzeige
[XEQ] [ALPHA] LEITG [ALPHA]	$R_0?$
55 [R/S]	$v_r?$
0,85 [R/S]	F?
2 [EEX] 9 [R/S]	L?
3,5 [R/S]	
[XEQ] [ALPHA] EXAKT [ALPHA]	G?
41,87 [EEX] [CHS] 6 [R/S]	R?
1,2664 [R/S]	$Z_L?$
75 [R/S]	αZ_L
30 [CHS] [R/S]	$\alpha Z_{IN} = 28.48$
[R/S]	$Z_{IN} = 48.01$

5 Bar-Codes

5.1 Was sind Bar-Codes?

In den letzten Jahren ist als eine neue Möglichkeit der Daten-Eingabe der Bar-Code immer weiter entwickelt und verbreitet worden.



Bar-Codes sind nichts anderes als verschlüsselte Informationen in Form gedruckter schwarzer Streifen und weißer Zwischenräume, die sich nur in der Breite unterscheiden.

Betrachtet man die Standardzeichen des ASCII (American Standard Code for Information Interchange)-Zeichensatzes als zweidimensionale Zeichen, so können die Bar-Codes als eindimensionale Zeichen, die in der Länge gestreckt wurden, angesehen werden. Aus dieser Sicht sind Bar-Codes die eindimensionale Version der optischen Zeichenerkennung OCR (Optical Character Recognition), die beispielsweise in Banken bei der Identifizierung von Schecks angewendet wird.

Bar-Codes können mit Hilfe eines optischen Lesestiftes, dem Bar-Code-Leser, erkannt und in den über ein Kabel angeschlossenen Rechner eingegeben werden.

Anwendungsbereiche

In der gewerblichen Wirtschaft hat der Bar-Code eine sehr große Verbreitung gefunden. Die erste und weitestverbreitete Anwendung liegt im kaufmännischen Bereich; Warenverpackungen werden mit Bar-Codes gekennzeichnet und mit einem optischen Lesestift über die Strichcodierung gelesen.

Während des Lesevorganges wird die Artikel-Nummer dekodiert und gleichzeitig geprüft, ob richtig eingelesen wurde. Aus der Artikel-Nummer geht dann die Warenbezeichnung hervor, und der gespeicherte Preis erscheint in der Anzeige des Kassiersystems. Außerdem kann der Lagerbestand in einem Arbeitsgang überprüft und auf neuen Stand gebracht werden.

Ein weiterer großer Anwendungsbereich für Bar-Codes findet sich in der Industrie. So können gekennzeichnete Zubehöerteile schnell und problemlos identifiziert und somit Lagerbewegungen sofort festgehalten werden. Daten zur Prozeßsteuerung können bei Bedarf sehr einfach in den Zentral-Computer eingegeben werden und vieles mehr.

Der große Vorteil dieser Form der Dateneingabe liegt darin, daß Fehler bei der Eingabe weitestgehend ausgeschlossen sind. Außerdem ermöglicht sie auch dem ungeübten Anwender das problemlose Einlesen von Daten in Computer-Systeme.

Das neueste Gebiet für Bar-Code-Anwendungen liegt in der schnellen Daten- und Programmeingabe für Klein- und Taschencomputer-Systeme. Programme in Bar-Code-Form können recht preisgünstig hergestellt und für einen großen Anwenderkreis zugänglich gemacht werden.











Verschiedene Codierungen

Im Laufe der letzten Jahre sind eine Vielzahl von Codierungs-Möglichkeiten für Bar-Codes entwickelt worden.

Zunächst unterscheidet man zwei Arten der Strichcodierung, den „Two-Level-Bar“ und den „Four-Level-Bar“.

Der „Two-Level-Bar“, die einfache Form der Codierung, kennt nur zwei verschiedene Streifenbreiten. Ein breiter Streifen kennzeichnet ein binäres 1-Signal und ein schmaler ein binäres 0-Signal.

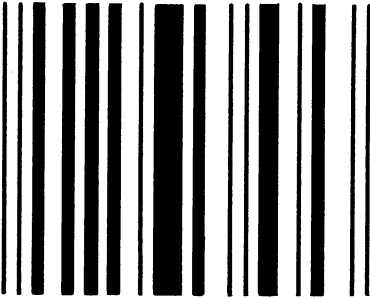
Beispiel

Dezimal	Binär	Bar-Code
0	0 0 0 0	
1	0 0 0 1	
2	0 0 1 0	
3	0 0 1 1	
4	0 1 0 0	
5	0 1 0 1	
6	0 1 1 0	
7	0 1 1 1	
8	1 0 0 0	
9	1 0 0 1	

Die meisten Codierungsschemen gehören zu dieser Klasse des „Two-Level-Bar“, vor allem diejenigen, die speziell für den Personal- und Hobbycomputer-Markt entwickelt wurden.

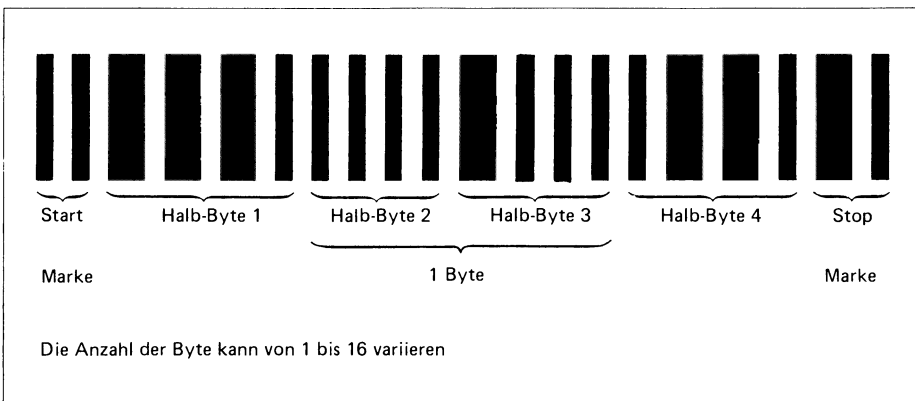
Als typische Vertreter des „Four-Level-Bar“, der vier verschiedene Balkenbreiten kennt, gelten der amerikanische Warencode UPC (Universal Production Code) und der europäische EAN-Code (Europa-Artikel-Nummer). Für diese Art der Strichcodierung ergibt sich eine hohe Informationsdichte.

Beispiel



5.2 Aufbau des HP-Bar-Code

Der von HEWLETT PACKARD speziell für den HP-41C/CV entwickelte Bar-Code gehört zur Klasse des „Two-Level-Bar“. Er kann mit dem optischen Lesestift HP 82153A in den HP-41C/CV eingelesen werden.



Aufbau HP-41 Bar Code

Ein schmaler Streifen ist ein 0-Signal, ein breiter ein 1-Signal. Der breite Streifen ist doppelt so groß wie der schmale, und die Zwischenräume haben die gleiche Breite wie die schmalen Streifen.

Jede Bar-Code-Zeile wird am Anfang und Ende durch eine Start- bzw. Stop-Marke begrenzt. Die Start-Marke besteht aus zwei schmalen Streifen, die Stop-Marke aus einem breiten und einem schmalen Streifen. Diese zusätzlichen Streifen dienen dazu, für den Rechner die Abtastrichtung festzulegen, da der HP-41C/CV-Bar-Code sowohl von links als auch von rechts mit dem Lesestift abgetastet werden kann.

Zwischen den Start- und Stop-Marken steht stets ein ganzzahliges Vielfaches von einem 8-Bit Byte; aber mehr als 16 Byte können nie in einer Bar-Code-Zeile enthalten sein.

Unabhängig davon ob eine Bar-Code-Zeile viel oder wenig Informationen enthält, der Decoder des Bar-Code-Lesers erkennt stets, was er im einzelnen gelesen hat.

5.2.1 Bar-Code-Typen

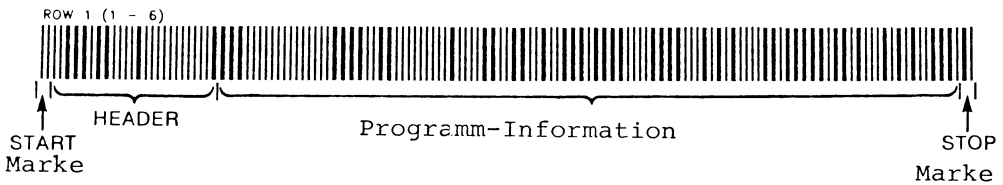
Beim HP-41C/CV und dem HP 82153A Bar-Code-Leser werden vier Typen von Bar-Codes unterschieden:

- * Bar-Code für HP-41C/CV-Programme (Programm-Bar-Code)
- * Bar-Code für numerische und alphanumerische Daten (Daten-Bar-Code)
- * Bar-Code für vollständige Anweisungen (Anweisungs-Bar-Code)
- * Bar-Code für einzelne Tastenfeldfunktionen (Tastenfeld-Bar-Code)

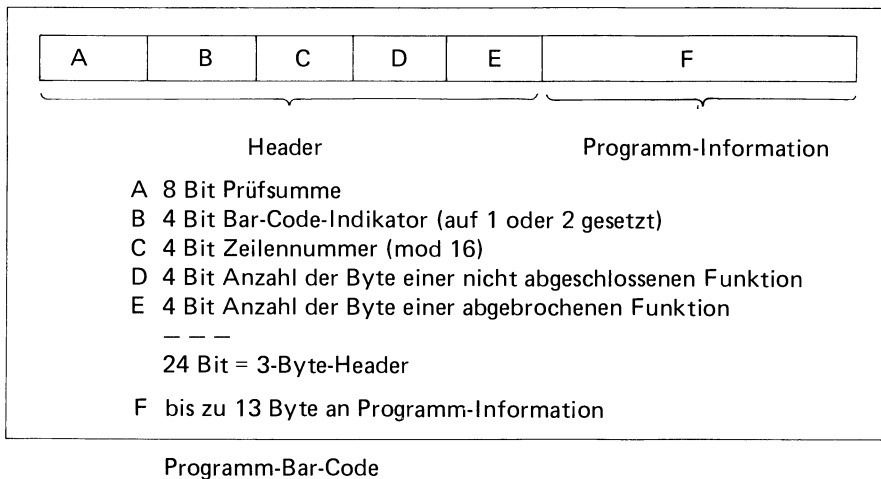
Jede Bar-Code-Zeile schließt einen „Header“ ein, der für den Rechner notwendige Vorabinformationen enthält. So steht u. a. in dem Header, der aus 4 oder sogar aus 24 Bit bestehen kann, eine Prüfsumme, um Fehler beim Einlesen zu erkennen.

Programm-Bar-Code

Der Programm-Bar-Code enthält die notwendigen Informationen, um Programmschritte in den Speicher des HP-41C/CV zu laden. Dabei enthält jede Bar-Code-Zeile die laufenden Programmschritte, denen ein 3-Byte-Header vorangestellt ist.



Es besteht sogar die Möglichkeit, Bar-Code-Programme privat zu schützen. Dann können in den HP-41C/CV eingelesene Programm weder angezeigt noch geändert werden.



In jeder Bar-Code-Zeile steht im ersten Feld A des Headers die Prüfsumme. Sie dient dazu, die eingelesenen Informationen auf ihre Richtigkeit hin zu überprüfen.

Das Feld B enthält einen Indikator, der entweder auf 1 oder 2 gesetzt ist, je nachdem, ob das Programm privat geschützt (2) ist oder nicht (1).

Das dritte, 4 Bit umfassende Feld C spezifiziert die Zeilennummer (mod 16). Diese wird dazu benutzt, um den Anwender beim Abtasten des Bar-Codes auf das Einlesen einer falschen Zeile aufmerksam zu machen. Denn die einzelnen Zeilen eines Bar-Code-Programms müssen in der richtigen Reihenfolge, d. h. aufeinanderfolgend mit Zeile 1 beginnend, eingelesen werden.

Das Feld D gibt die Anzahl der ersten Byte einer Zeile an, die zu einer mehrere Byte umfassenden Funktion gehören, die in der vorhergehenden Zeile begonnen wurde aber noch nicht sämtliche zu dieser vollständigen Funktion gehörenden Byte enthält.

Das Feld E beendet den Header. Es gibt die Anzahl der Byte am Ende der Zeile an, die zu einer aus mehreren Byte bestehenden Funktion gehören, die zwar in dieser Zeile begonnen aber erst in der folgenden Zeile abgeschlossen wird.

Der Rest der Bar-Code-Zeile enthält dann die Programm-Information.

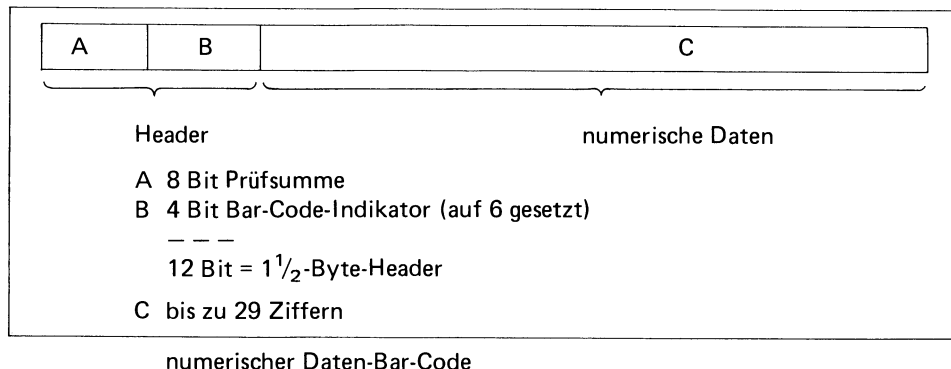
Daten-Bar-Code

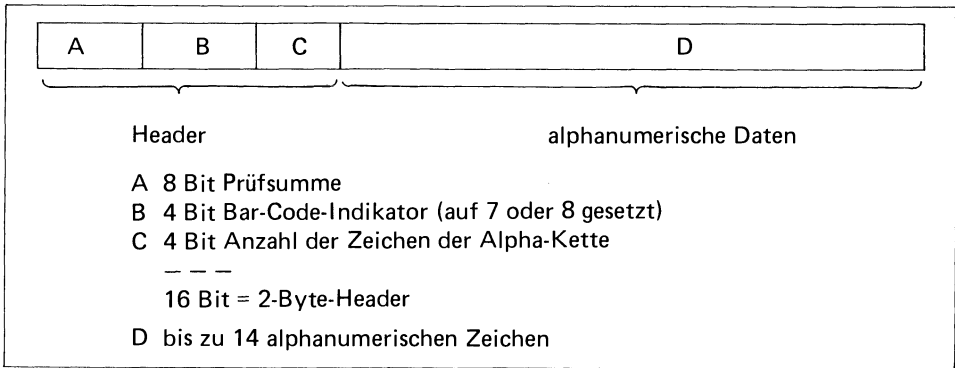
Der Daten-Bar-Code kann entweder eine Zahl oder eine alphanumerischen Zeichenkette enthalten. Dabei kann eine Zahl aus 29 Ziffern bestehen. Im HP-41C/CV werden jedoch alle Zahlen intern in Form einer 10-stelligen Mantisse mit zweistelligem Exponenten zur Basis 10 dargestellt. Eine alphanumerische Zeichenkette kann bis zu 14 Zeichen umfassen.

Standard-Daten

Werden numerische Daten mit einem Bar-Code-Leser gelesen, so werden diese in das X-Register geladen. Alphanumerische Daten dagegen werden entweder an den Inhalt des Alpha-Registers angehängt, oder aber das Alpha-Register wird zunächst gelöscht, und dann erst wird die neue Zeichenkette eingegeben.

Der Header besteht bei numerischen Daten aus 12 Bit, bei alphanumerischen Daten aus 16 Bit.





alphanumerischer Daten-Bar-Code

Das erste Byte (8 Bit) enthält wie schon beim Programm-Bar-Code eine Prüfsumme.

Das Feld B (4 Bit) wird auf 6, 7 oder 8 gesetzt. Dabei bedeutet:

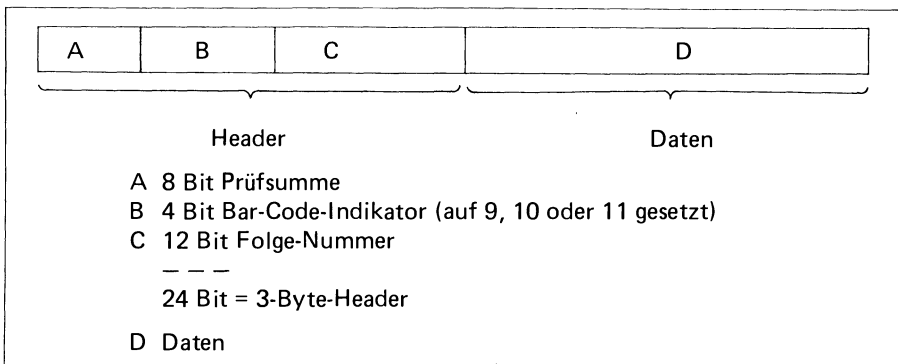
- 6 numerische Dateneingabe
- 7 alphanumerische Dateneingabe
- 8 alphanumerische Dateneingabe, wobei diese an den Inhalt des Alpha-Registers angehängt werden.

Der Header des alphanumerischen Daten-Bar-Code hat vier zusätzliche Bit, in denen die Anzahl der Zeichen der Alpha-Kette angegeben wird.

Folge-Daten

Durch die Bar-Code-Leser-Funktion WNDDTX kann der Benutzer unmittelbar mehrere Werte in eine Reihe von Speicherregistern des HP-41C/CV übertragen. Dabei wird zur Angabe der zu verwendenden Register eine Kontrollzahl in das X-Register eingegeben, auf die sich die WNDDTX-Funktion bezieht.

Um dieser Eingabe-Möglichkeit gerecht zu werden, gibt es für jeden Daten-Bar-Code ein zusätzliches Format.



Bar-Code für Folge-Daten

ersten vier Bit aufgebaut, um Lesefehler in Verbindung mit den Richtungsmarken zu vermeiden. Zu den Tastenfeld-Funktionen, deren Bar-Code aus nur einem Byte besteht, zählen die Zahlen von 0 bis 9, EEX, CHS, der Dezimalpunkt und ←.

Ein-Byte-Tastenfeld-Funktionen		
	a a a a	b b b b
	A	B
Funktion	Wert von A	Wert von B
0	0000	0000
1	1000	0001
2	0100	0010
3	1100	0011
4	0010	0100
5	1010	0101
6	0110	0110
7	1110	0111
8	0001	1000
9	1001	1001
EEX	1101	1011
CHS	0011	1100
.	0101	1010
←	1011	1101

Für die Bar-Codes der restlichen Tastenfeld-Funktionen werden jeweils 2 Byte benötigt. Die Grundlage bildet die folgende Funktions-Tabelle, die bereits von der Synthetischen Programmierung her bekannt ist.

In Verbindung mit dieser Funktions-Tabelle kann der genaue Aufbau des Bar-Code von 2 Byte umfassenden Tastenfeld-Funktionen der folgenden Aufstellung entnommen werden.

Funktions-Tabelle auf Seite 126

Spalten

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	NULL	LBL 00	LBL 01	LBL 02	LBL 03	LBL 04	LBL 05	LBL 06	LBL 07	LBL 08	LBL 09	LBL 10	LBL 11	LBL 12	LBL 13	LBL 14
1	digit 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	*	EEX	(digit entry) CHS	GTO nn	XEQ nn	
2	RCL 00	RCL 01	RCL 02	RCL 03	RCL 04	RCL 05	RCL 06	RCL 07	RCL 08	RCL 09	RCL 10	RCL 11	RCL 12	RCL 13	RCL 14	RCL 15
3	STO 00	STO 01	STO 02	STO 03	STO 04	STO 05	STO 06	STO 07	STO 08	STO 09	STO 10	STO 11	STO 12	STO 13	STO 14	STO 15
4	+	-	*	/	X < Y?	X > Y?	X < = Y?	Σ +	Σ -	HMS +	HMS -	MOD	%	%CH	P - R	R - P
5	LN	X ²	SORT	YX	CHS	e ^X	LOG	10 ^X	e ^{X-1}	SIN	COS	TAN	ASIN	ACOS	ATAN	DEC
6	1/X	ABS	FACT	X ≠ 0?	X > 0?	LN(1 + X)	X < 0?	X = 0?	INT	FRAC	D - R	R - D	HMS	HR	RND	OCT
7	CL	X < > Y	PI	CLST	R ¹	RDN	LASTX	CLX	X = Y?	X ≠ Y?	SIGN	X < = 0?	MEAN	SDEV	AVIEW	CLD
8	DEG	RAD	GRAD	ENTER:	STOP	RTN	BEEP	CLA	ASHF	PSE	CLRG	AOFF	AON	OFF	PROMPT	ADV
9	RCL nn	STO nn	ST + nn	ST - nn	ST* nn	ST/ nn	ISG nn	DSE nn	VIEW nn	Σ REG nn	ASTO nn	ARCL nn	FIX n	SCI n	ENG n	TONE n
10	XROM	XROM	XROM	XROM	XROM	XROM	XROM	XROM	SF nn	CF nn	F ² C nn	FC ² nn	FS ² nn	FC ² nn	GTO/XEQ IND	
11		GTO 00	GTO 01	GTO 02	GTO 03	GTO 04	GTO 05	GTO 06	GTO 07	GTO 08	GTO 09	GTO 10	GTO 11	GTO 12	GTO 13	GTO 14
12	▶	ALPHA LABEL AND END INSTRUCTIONS														
13	▶							GTO nn							X < > nn	LBL nn
14	▶							XEQ nn								
15		TEXT 1	TEXT 2	TEXT 3	TEXT 4	TEXT 5	TEXT 6	TEXT 7	TEXT 8	TEXT 9	TEXT 10	TEXT 11	TEXT 12	TEXT 13	TEXT 14	TEXT 15

Ein
Byte

Zwei
Byte

Drei
Byte

Bis zu
16 Byte

Zeilen

Zeilen

Funktions-Tabelle

Zwei-Byte-Tastefeld-Funktionen

$\underbrace{a \ a \ a \ a}_A \quad \underbrace{b}_B \quad \underbrace{c \ c \ c}_C \quad \underbrace{d \ d \ d \ d \ d \ d \ d \ d}_D$

1. Programmierbare Funktionen (siehe Funktions-Tabelle, S. 126)

Zeile 4 Spalte 0 bis Zeile 9 Spalte 15

Zeile 10 Spalte 8 bis 14

Zeile 12 Spalte 0, 14 und 15

Zeile 13 Spalte 0

Zeile 14 Spalte 0

A = Prüfsumme (4 Bit)

B = 0

C = 000

D = Funktionscode (8 Bit)

z. B. *, Zeile 4 Spalte 2 = 01000010

2. Alpha-Zeichen (Tastatur)

A = Prüfsumme (4 Bit)

B = 0

C = 001

D = 8 Bit ASCII-Code (kann der Hex-Code-Tabelle von S. 69 entnommen werden)

z. B. „A“ = 01000001

3. Indirekte Funktionen

A = 10 (1010)

B = 0

C = 2 (010)

D = 128 (10000000)

4. Nicht programmierbare Funktionen

A = Prüfsumme (4 Bit)

B = 0

C = 4 (100)

	Funktion	Wert	Funktion	Wert
D =	CAT	0	SST	8
	GTO	1	ON	9
	DEL	2	PACK	10
	COPY	3	DELETE	11
	CLP	4	ALPHA	12
	R/S	5	PRGM	13
	SIZE	6	USER	14
	BST	7	ASN	15

5. XROM-Funktionen

A = Prüfsumme (4 Bit)

B = 1

C = f f f

D = g g h h h h h h

f f f g g = ROM Identifizierungs-Nummer

h h h h h h = ROM Funktions-Nummer (siehe Bedienungs-Handbuch des entsprechenden Peripheriegerätes). So hat beispielsweise WNDSCN die ROM Identifizierungsnummer 27 und die ROM Funktionsnummer 5. Damit ist fffgg = 11011 und hhhhhh = 000101.

5.2.2 Bestimmung der Prüfsumme

Jede HP-41C/CV Bar-Code-Zeile enthält am Anfang eine Prüfsumme. Diese umfaßt je nach Bar-Code-Typ 4 oder 8 Bit.

Die Prüfsumme wird nach den folgenden Verfahren gebildet:

Die 8-Bit-Prüfsumme

Die Prüfsumme für jeden HP-41C/CV Bar-Code-Typ, ausgenommen dem Programm-Bar-Code, ist eine lokale Prüfsumme, die für jede Bar-Code-Zeile getrennt berechnet wird.

Für Programm-Bar-Codes wird für jede Zeile eine laufende Prüfsumme ermittelt. Diese setzt sich aus der Summe der Prüfsummen vorangegangener Zeilen und der Prüfsumme der aktuellen Zeile zusammen.

Sei X die laufende Prüfsumme (diese wird am Anfang einer jeden Zeile gelöscht, ausgenommen bei dem Programm-Bar-Code).

Sei N die Anzahl der Bytes in der Bar-Code-Zeile.

Sei Y das Feld, das die Bytes von 2 bis N aufnimmt.

Sei Z eine Hilfsvariable.

Sei I eine Laufvariable bezüglich Y.

Mit diesen Bezeichnungen ergibt sich dann der folgende Algorithmus:

```
BEGIN
  IF NOT PROGRAM BAR CODE THEN X=0
  FOR I=2 TO N DO
    BEGIN
      Z = X MOD 256 + Y (I) MOD 256
      X = Z MOD 256
      IF Z > 255 THEN X=X+1
    END
    Y (I) = X MOD 256
  END
```

Beispiel



Diese Programm-Bar-Code-Zeile besteht aus 16 Byte plus einer Start- und einer Stop-Marke. Die 16 Byte sehen im einzelnen wie folgt aus:

Binär	Dezimal		Bedeutung	
00101000	40	↑	Header	
00010000	16			
00000100	4	↓	Programminformation	
11000110	198			
00000000	0	↓		
11110100	244			
00000000	0			
01010110	86			
01001111	79			
01001100	76			
10011100	156			
00000001	1			
11111001	249			
01000100	68			
01001001	73			
01000001	65			
<hr/>				
Summe (2. bis 16. Byte)	1315			

Nach dem oben beschriebenen Algorithmus ergibt sich als Prüfsumme 40 ($1315 \text{ MOD } 256 + 5$), die auch im ersten Byte enthalten ist.

4-Bit-Prüfsumme

Die 4 Bit große Prüfsumme gibt es bekanntlich nur bei den 2 Byte umfassenden Tastenfeld-Funktionen. Diese Prüfsumme wird jeweils mit Hilfe der Halbbytes (4 Bit) gebildet.

Sei SUM die berechnete Prüfsumme.

Sei Y das Feld, das die 2 Bytes enthält.

Sei I eine Laufvariable bezüglich Y.

Sei K ein Schleifenzähler.

Dann ergibt sich der Algorithmus:

```
BEGIN
  SUM = 0
  I = 1
  BEGIN
    IF K > 1 THEN I = 2
    IF K = 2 THEN J = Y (I) DIV 16
      ELSE J = Y (I) MOD 16
    SUM = SUM MOD 16 + J
    IF SUM > 15 THEN SUM = (SUM MOD 16) + 1
  END
  Y (1) = SUM * 16 + Y (1) MOD 16
END
```

Beispiel



Aufgeschlüsselt ergibt sich für diesen Bar-Code:

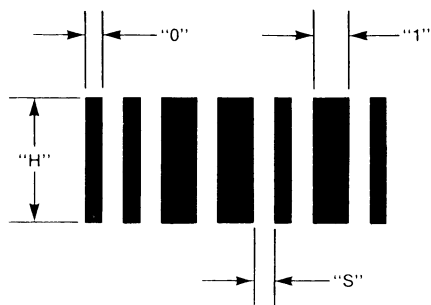
Binär	Dezimal	Bedeutung	
1110	14	Prüfsumme	
0000	0	0000	
0111	7	7. Zeile	} Funktions- tabelle
0111	7	7. Spalte	
Summe (2. bis 4. Halbbyte)		14	

Diese Summe ist auch im ersten Halbbyte enthalten.

5.3 Erzeugung von Bar-Codes

Bei der Erstellung von Bar-Codes mit Hilfe eines Tischcomputers (z. B. HP-85) und eines angeschlossenen Plotters muß vor allem auf einen guten Kontrast zwischen den schwarzen und weißen Streifen geachtet werden. Ist dieser Kontrast nicht vorhanden, z. B. bei schlechten Fotokopien, so wird der Bar-Code beim Abtasten nicht einwandfrei gelesen.

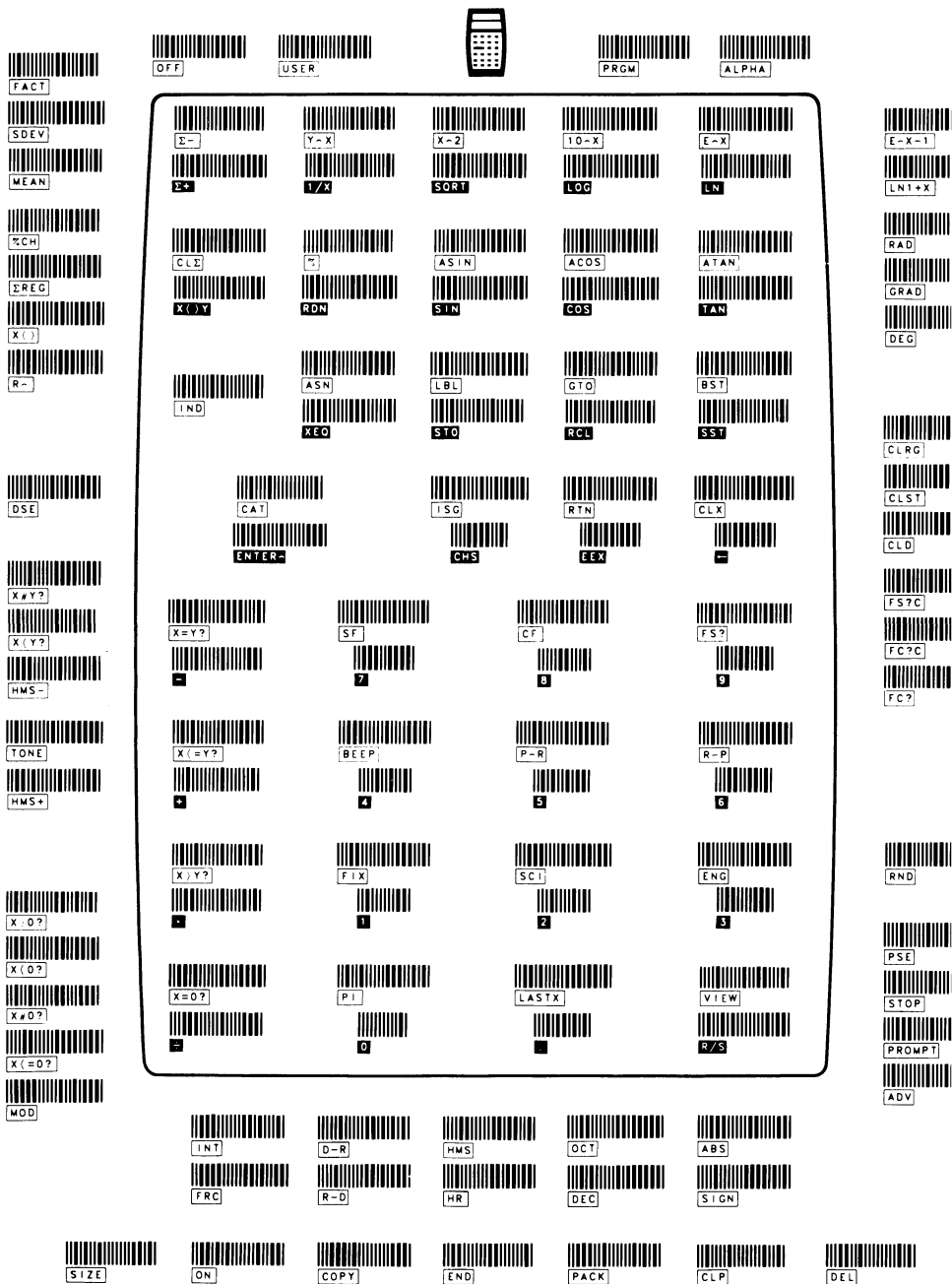
Für die Breite der einzelnen Streifen sollten folgende Richtwerte eingehalten werden:



	Breite	Toleranz	Richtwerte
„S“	$W + .002''$	$W - 0.005''$ 5	$0.022'' \pm 0.003''$
„0“	$W - .002''$	$W - 0.005''$ 5	$0.018'' \pm 0.003''$
„1“	$2W - .002''$	$W - 0.005''$ 5	$0.038'' \pm 0.003''$
„H“			$H > 0.35''$

Bar-Code-Programme können sehr schnell und dennoch zuverlässig in den Rechner eingelesen werden. Diese Art der Eingabe ist weitaus weniger aufwendig als die Eingabe durch Drücken der einzelnen Tasten. Auch der ungeübte Anwender kann sofort Bar-Code-Programme einlesen, ohne vorher irgendeine Funktion ausführen zu müssen.

5.4 Das Bar-Code-Tastenfeld des HP-41C/CV



 OFF
  USER
  ALPHA
  PRGM
  ALPHA

 AON
 AOFF

 ASHF







































































 WNDLNK
 WNDSUB

 WNDOTA
 WNDOTX

 WNDSCN

 WNDTST

 a	 b	 c	 d	 e
 A	 B	 C	 D	 E
 f	 g	 h	 i	 j
 F	 G	 H	 I	 J
 IND	 APPEND	 ASTO	 ARCL	 BST
	 K	 L	 M	 SST
 ~		 X	 S	 CLA
 N		 O	 Z	 -
 -	 7	 8	 9	
 Q	 R	 S	 T	
 +	 4	 5	 6	
 U	 V	 W	 X	
 .	 1	 2	 3	
 Y	 2	=	 9	
 +/="	 0	 .	 A VIEW	
 : "	 SPACE	 ^	 R/S	

 PRXIS

 REGPLOT
 STKPLT

 PRPLOT
 PRPLOT P

 ACX
 ACA

 ACCHR
 SKPCHR

 ACCOL
 SKPCOL

 ACSPEC
 BLDSPEC
 PRBUF

 PRFLAGS
 PRKEYS

 PRSTK
 PR L

 PRX
 PRA

 PRREG
 PRREGX

 PRP
 LIST

5.5 Programmauflistungen in Bar-Code

HYPERBOLISCHE FUNKTIONEN
PRGM REGS NEEDED: 7

ROW 1 (1-8)



ROW 2 (9-16)



ROW 3 (17-24)



ROW 4 (25-29)



ZINSESZINS-BERECHNUNG
PRGM REGS NEEDED: 7

ROW 1 (1-2)



ROW 2 (2-10)



ROW 3 (10-18)



ROW 4 (19-23)



KREISBESTIMMUNG
PRGM REGS NEEDED: 36

ROW 1 (1-2)



ROW 2 (2-10)



ROW 3 (11-17)



ROW 4 (17-24)



ROW 5 (25-33)



ROW 6 (34-46)



ROW 7 (47-59)



ROW 8 (60-72)



ROW 9 (73-82)



ROW 10 (82-93)



ROW 11 (94-106)



ROW 12 (107-115)



ROW 13 (116-126)



ROW 14 (126-137)



ROW 15 (138-150)



ROW 16 (151-157)



KREISBESTIMMUNG
PRGM REGS NEEDED: 36

ROW 17 (158-165)	
ROW 18 (166-173)	
ROW 19 (174-180)	
ROW 20 (181)	

MITTL. STEIGUNG EINES GRAPHEN
PRGM REGS NEEDED: 6

ROW 1 (1-5)	
ROW 2 (5-14)	
ROW 3 (15-24)	
ROW 4 (25)	

LOESCHEN VON DATENBLOECKEN
PRGM REGS NEEDED: 6

ROW 1 (1-6)	
ROW 2 (6-10)	
ROW 3 (11-15)	

KOPIEREN VON DATENBLOECKEN
PRGM REGS NEEDED: 4

ROW 1 (1-5)



ROW 2 (6-10)



ROW 3 (10)



SPEICHERBEREICHsverteilung
PRGM REGS NEEDED: 6

ROW 1 (1-4)



ROW 2 (5-13)



ROW 3 (14-19)



DRUCKFORMATIERUNG
PRGM REGS NEEDED: 5

ROW 1 (1-6)



ROW 2 (6-15)



ROW 3 (15-18)



FUNKTIONEN $f_1(x)$ UND $f_2(x)$
PRGM REGS NEEDED: 7

ROW 1 (1-3)



ROW 2 (3-10)



ROW 3 (10-18)



ROW 4 (18-22)



PRGM. SYNTHETISCHE PROGR.
PRGM REGS NEEDED: 18

ROW 1 (1-7)



ROW 2 (8-15)



ROW 3 (15-23)



ROW 4 (23-29)



ROW 5 (29-38)



ROW 6 (38-44)



ROW 7 (45-54)



ROW 8 (54-60)



ROW 9 (61-66)



ROW 10 (66-69)



PLOTTEN VON ZWEI VARIABLEN
PRGM REGS NEEDED: 22

ROW 1 (1-3)



ROW 2 (3-8)



ROW 3 (9-15)



ROW 4 (15-18)



ROW 5 (19-24)



ROW 6 (24-31)



ROW 7 (32-34)



ROW 8 (34-41)



ROW 9 (42-51)



ROW 10 (52-60)



ROW 11 (61-70)



ROW 12 (71-73)



BIORYTHMUS

PRGM REGS NEEDED: 112

ROW 1 (1-4)



ROW 2 (4-7)



ROW 3 (8-10)



ROW 4 (10-11)



ROW 5 (12-16)



ROW 6 (17-24)



ROW 7 (24-27)



ROW 8 (27-30)



ROW 9 (30-32)



ROW 10 (32-35)



ROW 11 (36-44)



ROW 12 (44-51)



ROW 13 (51-57)



ROW 14 (57-60)



ROW 15 (61-63)



ROW 16 (64-70)



BIORYTHMUS
PRGM REGS NEEDED: 112

ROW 17	(70-73)
ROW 18	(73-78)
ROW 19	(79-81)
ROW 20	(81-83)
ROW 21	(84-91)
ROW 22	(92-101)
ROW 23	(102-107)
ROW 24	(108-113)
ROW 25	(113-120)
ROW 26	(121-127)
ROW 27	(128-140)
ROW 28	(141-153)
ROW 29	(154-161)
ROW 30	(162-171)
ROW 31	(172-182)
ROW 32	(183-192)

BIORYTHMUS
PRGM REGS NEEDED: 112

ROW 33	(193-203)
ROW 34	(204-210)
ROW 35	(211-219)
ROW 36	(220-229)
ROW 37	(230-237)
ROW 38	(238-247)
ROW 39	(248-254)
ROW 40	(254-261)
ROW 41	(261-269)
ROW 42	(269-278)
ROW 43	(278-285)
ROW 44	(286-292)
ROW 45	(293-299)
ROW 46	(300-306)
ROW 47	(306-312)
ROW 48	(313-322)

BIORYTHMUS
PRGM REGS NEEDED: 112

ROW 49	(322-332)
ROW 50	(332-340)
ROW 51	(341-347)
ROW 52	(347-353)
ROW 53	(354-361)
ROW 54	(361-368)
ROW 55	(368-375)
ROW 56	(375-381)
ROW 57	(381-387)
ROW 58	(388-394)
ROW 59	(395-401)
ROW 60	(402-405)
ROW 61	(406)

HENKER
PRGM REGS NEEDED: 109

ROW 1	(1)
ROW 2	(1-3)
ROW 3	(3-8)
ROW 4	(8-14)
ROW 5	(14-17)
ROW 6	(18-25)
ROW 7	(26-33)
ROW 8	(33-43)
ROW 9	(44-52)
ROW 10	(53-60)
ROW 11	(61)
ROW 12	(62-71)
ROW 13	(72-79)
ROW 14	(80-87)
ROW 15	(88-95)
ROW 16	(96-103)

HENKER
PRGM REGS NEEDED: 109

ROW 17 (104-112)	
ROW 18 (113-119)	
ROW 19 (119-125)	
ROW 20 (126-136)	
ROW 21 (137-143)	
ROW 22 (143-151)	
ROW 23 (152-160)	
ROW 24 (161-168)	
ROW 25 (168-175)	
ROW 26 (175-182)	
ROW 27 (183-189)	
ROW 28 (189-195)	
ROW 29 (195-202)	
ROW 30 (202-209)	
ROW 31 (210-216)	
ROW 32 (217-224)	

ROW 33 (224-231)



ROW 34 (231-239)

ROW 35 (239-241)

ROW 36 (241-243)

ROW 37 (243-248)

ROW 38 (249-251)

ROW 39 (251-255)

ROW 40 (255-259)



ROW 41 (259-262)

ROW 42 (263-269)

[illegible]

ROW 43 (269-271)

ROW 44 (271-274)

[illegible]

ROW 45 (274-280)

ROW 46 (281-285)

[illegible]

ROW 47 (285-289)

[illegible]

HENKER
PRGM REGS NEEDED: 109

ROW 49	(296-299)
ROW 50	(299-303)
ROW 51	(304-310)
ROW 52	(311-316)
ROW 53	(316-322)
ROW 54	(322-324)
ROW 55	(324-326)
ROW 56	(326-328)
ROW 57	(328-333)
ROW 58	(333-339)
ROW 59	(340-342)

KALENDER
PRGM REGS NEEDED: 72

ROW 1 (1-4)



ROW 2 (4-7)



ROW 3 (8-15)



ROW 4 (15-17)



ROW 5 (18-26)



ROW 6 (27-36)



ROW 7 (37-45)



ROW 8 (46-53)



ROW 9 (53-59)



ROW 10 (60-66)



ROW 11 (66-73)



ROW 12 (74-82)



ROW 13 (82-89)



ROW 14 (89-95)



ROW 15 (96-105)



ROW 16 (106-114)



KALENDER
PRGM REGS NEEDED: 72

ROW 17 (115-121)	
ROW 18 (121-129)	
ROW 19 (129-136)	
ROW 20 (136-140)	
ROW 21 (141-150)	
ROW 22 (151-160)	
ROW 23 (161-167)	
ROW 24 (167-173)	
ROW 25 (174-182)	
ROW 26 (182-184)	
ROW 27 (185-186)	
ROW 28 (187-190)	
ROW 29 (190-195)	
ROW 30 (195-201)	
ROW 31 (202-206)	
ROW 32 (206-210)	

KALENDER
PRGM REGS NEEDED: 72

ROW 33 (210-214)	
ROW 34 (215-216)	
ROW 35 (217-220)	
ROW 36 (221-224)	
ROW 37 (224-229)	
ROW 38 (229-232)	
ROW 39 (233-237)	

SORTIERPR.
PRGM REGS NEEDED: 45

ROW 1 (1-3)

ROW 2 (3-6)

ROW 3 (7-15)

ROW 4 (16-22)

ROW 5 (22-32)

ROW 6 (33-38)

ROW 7 (39-44)

ROW 8 (44-47)

ROW 9 (47-54)

ROW 10 (55-61)

ROW 11 (62-71)

ROW 12 (72-79)

ROW 13 (80-86)

ROW 14 (87-94)

ROW 15 (94-100)

ROW 16 (100-108)

NUMERISCHE INTEGRATION
PRGM REGS NEEDED: 32

ROW 1 (1-4)



ROW 2 (5-15)



ROW 3 (16-23)



ROW 4 (24-31)



ROW 5 (32-40)



ROW 6 (40-51)



ROW 7 (51-62)



ROW 8 (63-68)



ROW 9 (68-76)



ROW 10 (77-87)



ROW 11 (88-95)



ROW 12 (96-103)



ROW 13 (104-105)



ROW 14 (105-110)



ROW 15 (110-115)



ROW 16 (116-120)



NUMERISCHE INTEGRATION
PRGM REGS NEEDED: 32

ROW 17 (121-120)



ROW 18 (121)



4 x 4 MATRIX
PRGM REGS NEEDED: 97

ROW 1 (1-5)



ROW 2 (6-14)



ROW 3 (14-21)



ROW 4 (22-27)



ROW 5 (28-36)



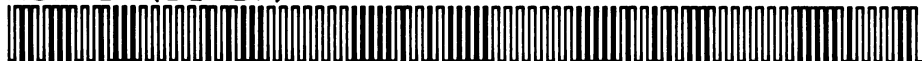
ROW 6 (37-43)



ROW 7 (44-50)



ROW 8 (51-57)



ROW 9 (58-65)



ROW 10 (65-71)



ROW 11 (72-79)



ROW 12 (80-87)



ROW 13 (88-94)



ROW 14 (95-104)



ROW 15 (105-113)



ROW 16 (113-122)



4 x 4 MATRIX
PRGM REGS NEEDED: 97

ROW 17 (123-130)	
ROW 18 (131-138)	
ROW 19 (138-146)	
ROW 20 (147-155)	
ROW 21 (156-163)	
ROW 22 (163-168)	
ROW 23 (168-177)	
ROW 24 (178-187)	
ROW 25 (187-194)	
ROW 26 (195-201)	
ROW 27 (201-208)	
ROW 28 (208-216)	
ROW 29 (216-222)	
ROW 30 (222-226)	
ROW 31 (226-232)	
ROW 32 (232-241)	

4 x 4 MATRIX
PRGM REGS NEEDED: 97

ROW 33	(241-249)
ROW 34	(250-260)
ROW 35	(261-270)
ROW 36	(271-280)
ROW 37	(281-290)
ROW 38	(291-299)
ROW 39	(300-308)
ROW 40	(308-315)
ROW 41	(316-324)
ROW 42	(324-332)
ROW 43	(333-341)
ROW 44	(341-350)
ROW 45	(351-359)
ROW 46	(359-364)
ROW 47	(365-371)
ROW 48	(372-379)

4 x 4 MATRIX
PRGM REGS NEEDED: 97

ROW 49 (380-387)



ROW 50 (388-395)



ROW 51 (396-403)



ROW 52 (403-408)



ROW 53 (409)



FOURIER-ANALYSE
PRGM REGS NEEDED: 48

ROW 1 (1-5)



ROW 2 (5-6)



ROW 3 (7-8)



ROW 4 (9-13)



ROW 5 (13-21)



ROW 6 (21-27)



ROW 7 (28-35)



ROW 8 (36-46)



ROW 9 (46-53)



ROW 10 (54-60)



ROW 11 (61-67)



ROW 12 (67-74)



ROW 13 (75-82)



ROW 14 (83-89)



ROW 15 (89-98)



















ROW 16 (99-105)



FOURIER-ANALYSE
PRGM REGS NEEDED: 48

ROW 17	(106-112)
ROW 18	(113-119)
ROW 19	(119-129)
ROW 20	(129-135)
ROW 21	(135-141)
ROW 22	(141-148)
ROW 23	(148-158)
ROW 24	(159-166)
ROW 25	(167-176)
ROW 26	(176-182)

BODE-DIAGRAMM
PRGM REGS NEEDED: 39

ROW 1 (1-5)	
ROW 2 (6-14)	
ROW 3 (14-22)	
ROW 4 (22-29)	
ROW 5 (30-38)	
ROW 6 (39-49)	
ROW 7 (50-60)	
ROW 8 (61-69)	
ROW 9 (69-79)	
ROW 10 (80-83)	
ROW 11 (83-89)	
ROW 12 (89-99)	
ROW 13 (100-106)	
ROW 14 (107-116)	
ROW 15 (117-128)	
ROW 16 (129-139)	

BODE-DIAGRAMM
PRGM REGS NEEDED: 39

ROW 17 (139-149)



ROW 18 (150-162)



ROW 19 (163-171)



ROW 20 (172-182)



ROW 21 (183-193)



ENTWURF VON BUTTERW.-FILTERN
PRGM REGS NEEDED: 43

ROW 1 (1-4)



ROW 2 (4-10)



ROW 3 (11-15)



ROW 4 (15-19)



ROW 5 (20-26)



ROW 6 (27-32)



ROW 7 (33-37)



ROW 8 (38-48)



ROW 9 (48-59)



ROW 10 (60-69)



ROW 11 (70-82)



ROW 12 (83-94)



ROW 13 (94-103)



ROW 14 (104-111)



ROW 15 (111-119)



ROW 16 (120-128)



ENTWURF VON BUTTERW.-FILTERN
PRGM REGS NEEDED: 43

ROW 17 (129-137)



ROW 18 (138-145)



ROW 19 (145-154)



ROW 20 (154-161)



ROW 21 (162-173)



ROW 22 (174-185)



ROW 23 (186-193)



ROW 24 (193)



ENTWURF VON TSCHEB.-FILTERN
PRGM REGS NEEDED: 51

ROW 1 (1-3)



ROW 2 (4-10)



ROW 3 (11-22)



ROW 4 (23-31)



ROW 5 (31-37)



ROW 6 (37-45)



ROW 7 (46-56)



ROW 8 (57-69)



ROW 9 (70-82)



ROW 10 (83-95)



ROW 11 (96-105)



ROW 12 (106-115)



ROW 13 (116-127)



ROW 14 (128-140)



ROW 15 (141-153)



ROW 16 (154-165)



ENTWURF VON TSCHEB.-FILTERN
PRGM REGS NEEDED: 51

ROW 17 (166-175)



ROW 18 (175-184)



ROW 19 (185-192)



ROW 20 (193-202)



ROW 21 (202-209)



ROW 22 (209-216)



ROW 23 (217-226)



ROW 24 (227-239)



ROW 25 (240-252)



ROW 26 (253-265)



















ROW 27 (266-275)



ROW 28 (276)



AKTIVE FILTER
PRGM REGS NEEDED: 35

ROW 1 (1-4)	
ROW 2 (5-12)	
ROW 3 (12-18)	
ROW 4 (19-26)	
ROW 5 (26-37)	
ROW 6 (37-45)	
ROW 7 (46-53)	
ROW 8 (53-57)	
ROW 9 (58-60)	
ROW 10 (60-65)	
ROW 11 (66-75)	
ROW 12 (75-84)	
ROW 13 (85-89)	
ROW 14 (89-96)	
ROW 15 (97-107)	
ROW 16 (108-112)	

AKTIVE FILTER
PRGM REGS NEEDED: 35

ROW 17 (112-119)



ROW 18 (119-128)



ROW 19 (129-135)



EINGANGSIMP. UEBERTRLEITG.
PRGM REGS NEEDED: 45

ROW 1 (1-3)	
ROW 2 (3-9)	
ROW 3 (10-19)	
ROW 4 (19-30)	
ROW 5 (31-33)	
ROW 6 (34-44)	
ROW 7 (44-56)	
ROW 8 (57-69)	
ROW 9 (70-78)	
ROW 10 (78-80)	
ROW 11 (80-87)	
ROW 12 (88-98)	
ROW 13 (98-109)	
ROW 14 (109-120)	
ROW 15 (121-132)	
ROW 16 (133-144)	

EINGANGSIMP. UEBERTREITG.
PRGM REGS NEEDED: 45

ROW 17 (144-148)



ROW 18 (148-157)



ROW 19 (158-168)



ROW 20 (169-180)



ROW 21 (181-193)



ROW 22 (194-206)



ROW 23 (207-212)



ROW 24 (213-218)



Literaturverzeichnis

- [1] Helmut Alt: Anwendung programmierbarer Taschenrechner, Band 1 Angewandte Mathematik, Finanzmathematik, Statistik, Informatik für UPN-Rechner, Verlag Vieweg, 1981
- [2] Paul Thießen: Programmieren von Taschenrechnern 4, Lehr- und Übungsbuch für die Rechner HP-29C/HP-19C und HP-67/HP-97, Verlag Vieweg, 1981
- [3] Richard Eckert: Die Programmierbaren von HP, Oldenburg Verlag, 1980
- [4] PPC Calculator Journal, 2541W. Camden Place, Santa Ana, California
- [5] W. C. Wickes, Synthetic Programming on the HP-41C, Verlag Heldermann, 1982
- [6] Bedienungshandbuch HP-41C/CV, Part-Nr. 00041-90012
- [7] Software Modul Mathematik, Part-Nr. 00041-15014
- [8] Programm Sammlung HP-41C/CV Elektrotechnik, Part-Nr. 00041-90379
- [9] Bedienungshandbuch HP-Bar-Code-Leser 82153A
- [10] Creating your own Bar-Codes (HP-Corvallis) 82153-90019
- [11] HP-67/HP-97 Elektronik-Paket, Part-Nr. 00097-90059

Sachwortverzeichnis

- 18
- [←] 25
- Ablaufdiagramm 26
- Ablaufschema, UPN-Technik 3
- Abschluß eines Unterprogramms 38, 39
- absolute Adresse 54, 55, 60
- Abtastrichtung für Bar-Codes 120
- ACCHR 58
- Adresse 55
 - , absolute 54, 55, 60
 - , direkte 57
 - , indirekte 57
 - , relative 55
- Adressierung, indirekte 50
- Adressierungslücke 55
- Adresspointer 54, 59, 60, 61
 - , Aufbau 60
- aktive Filter 111, 168
- allgemeine User-Flags 61
- [ALPHA] 18
- Alpha-Kette 18, 123
 - , Korrektur einer 18
 - -Marke, globale 21, 24, 39
 - , globale, Einfügung einer 24
 - , – Sprung zu einer 24
 - lokale 21, 28, 38
 - -Modus 18
 - -Register 2, 4, 18, 54, 122, 124
 - , Anzeige 25
 - , Rückrufen in das 19
 - , Speichern aus dem 18
 - , temporäres 54
 - -Taste 18
 - -Zeichen 127, 56
- Altgrad 12
- Anweisung 22, 26
 - , Einfügen einer 25
 - , Löschen einer 25
- Anweisungs-Bar-Code 124
- Anwenderflags 45, 61
- Anwenderspeicher 53
- Anzeige 2, 4, 56, 57
 - des Alpha-Registers 25
- Anzeigeformat, Steuerung, indirekte 52
- Anzeigekorrektur 1
- Anzeigeregister 1, 2
- AON 18
- ARCL 19
- ASHF 18
- [ASN] 11, 12, 19, 22, 23
- ASTO 18
- [ASTO] ■ 51
- Aufruf eines Unterprogramms 26, 37
- Ausgabe von Daten 25
 - – Teilergebnissen 25
- AVIEW 18
- Bandpass 105, 111
- Bandsperrung 105
- Bar-Code 118, 120, 130, 131
 - , Aufbau 120
 - , Erzeugung 130
 - für Folgedaten 123
 - -Indikator 121, 122, 123, 124
 - -Leser 2, 118
 - , Streifenbreite 130, 131
 - -Tastenfeld 132, 133
 - -Typen 121
 - -Zeile 120
- bedingte Programmverzweigung 29, 45
- bedingter Sprung 26, 59
- Befehl 55
- Benutzerspeicher 56
- Benutzer-Übersetzer 55, 56
- Binärdarstellung von Pseudo-Tetraden 64
- Biorhythmus 73, 141
- Bit 53, 61
- Bitkombination 61
- Bode-Diagramm 99, 162
- Bogenmaß 12
- Buchse 61
- Buchsenencode 60, 61
- Butterworth-Filter 99, 103, 164
- Byte 4, 5, 53, 61
 - -Jumper 57

- CAT 1 9, 21
 - 2 9
 - 3 9, 10, 11, 28
 - [CATALOG] 11, 24
 - [CF] 45
 - [CLA] 1
- CLP 22, 24, 25
- CLRG 7
 - [CLx] 1
 - [CL Σ] 13
- Codierung 55, 56, 119
 - , Ebenen der 55, 56
- DATA 60
- Daten, Rückrufen von 6
 - , Sortieren von 82, 152
 - , Speichern von 6
 - -Bar-Code 122, 123
 - –, alphanumerischer 123
 - –, numerischer 122
 - -ROM 61
- Datenausgabe 25
- Datenblöcke, Kopieren, Unterprogramm 42, 138
 - , Löschen, Unterprogramm 41, 137
- Dateneingabe 25, 26
 - , Aufforderung zur 25
 - mit Bar-Code 119
- Datenspeicher 6, 53
- Datenspeicherregister 4, 58, 60
 - , Anzahl verfügbarer 4
- Datenspeicherung in ROMs 60, 61
- DEG 12
- Dekrement 36
- DEL 25
- Determinante 90
- Dezimal-Oktal Umwandlung 11
- Dezimalwert 56
- direkte Adresse 57
- Direktzugriff auf ROMs 59, 61
- Dreieck, gleichseitiges, Fläche 22
- Druckausgabeformatierung, Unterprogramm 44, 138
- Drucken von Text mit Ergebnis, Unterprogramm 43
 - – Überschriften, Unterprogramm 42
- Drucker 40, 57, 58, 70
- Druckerzeichen 56
- DSE 36
- Duplizierregister 2, 4
- Ebenen der Codierung 55, 56
- Ein-Byte-Befehl 58
- Einfügen einer Anweisung 25
 - – END-Anweisung 22, 24
 - – globalen Marke 24
- Eingabe eines Programms 21
 - von Daten 25, 26
- Eingaberoutinen 59
- Eingangsimpedanz 113, 170
- END, permanentes 55
 - -Anweisung 22, 24, 38, 39, 41
 - –, Einfügen einer 22, 24
 - –, Löschen einer 24
- ENG 52
- [ENTER ↑] 3
- Ermittlung der Speicherbereichsverteilung, Unterprogramm 42
- Erweiterungs-Module 2, 57
- Erzeugung von Bar-Codes 130
- Eulersche Zahl e, Berechnung 30, 135
- FC? 46
- FC? C
- Festkommaformat 13
 - [FIX] 13, 52
- Fläche eines gleichseitigen Dreiecks 22
- Flags 45, 47, 48, 49, 50, 54, 61
 - , Liste 47, 48, 49, 50
 - , Löschen von 45
 - , Prüffunktionen 45, 46
 - , Setzen von 45
 - , Verwendung von 46
- Flagprüfung 29
- Flußdiagramm 26
- Fourier-Analyse 95, 160
- Four-Level-Bar 119
 - [FS?] 45
- FS? C 46
- Funktionen 12
 - , Ausführung von 11
 - eines Veränderlichen 12
 - , hyperbolische 23, 134
 - , indirekte 127
 - , nicht programmierbare 127
 - , programmierbare 127
 - , trigonometrische 12
 - von zwei Veränderlichen 12
 - , XROM- 128
 - , Zuordnung zu Tastenpositionen 11, 19, 20

- Funktionsbezeichnungen 54
- Funktionstabelle 126
- Funktionsverzeichnisse 9
- , Auflistung der 11

- Gleichungssystem mit 4 Unbekannten 90
- Globale Marke 21, 27, 28, 29, 60
- GRAD 12
- größter gemeinsamer Teiler 31, 135
- [GTO] 24, 26, 27
 - — [·] 24
 - — [·] [·] 5, 22
 - — — [EEX] 24

- Halbbyte 60, 61
- Hauptprogramm 37, 38
- , Rücksprung ins 37
- Hauptspeicher 4
- Header 121, 122, 123, 124
- Henker 77, 145
- Hex-Code-Tabelle 56, 68, 69
- Hochpass 105, 111
- hyperbolische Funktionen 23, 134

- Indexregister 51
- indirekte Adresse 57
 - Adressierung 50
 - Funktionen 127
 - Steuerung des Anzeigeformats 52
- Inkrement 36
- Integration, numerische 85, 154
- interne Darstellung von Zahlen 53
- ISG 36

- Kalender 80, 149
- Kartenleser 2
- Key-Assignment 54, 55
 - —, geshiftete 54
 - —, ungeshiftete 54
 - — -Register 55, 57
- komplexe Zahlen, geometrische Summe 13
- Konstanten, Rechner mit 3
- Koordinatentransformation 13
- Kopieren von Datenblöcken, Unterprogramm 42, 138
- Korrektur-Taste [←] 1
- Korrektur von Programmen 24

- Kreis, durch drei Punkte bestimmt 32, 136, 137
- Kurzform-Marke 28

- Label 21, 26, 59
- [LAST x] 3
- Last-X-Register 2, 3, 51, 54
- Laufvariable 36
- [LBL] 21
- Lesestift, optischer 118, 120
- Liste der Flags 47, 48, 49, 50
 - — Funktionen 9, 10, 11
 - — — und Programme der Peripheriegeräte 9
 - — globalen Marken und End-Anweisungen 9
 - — Standardfunktionen 9
- Lokale Marke 21, 27, 28, 38, 60
- Löschen 1
 - des Alpha-Registers 1
 - — Statistikregisters 14
 - — X-Registers 1
 - einer Anweisung 25
 - — END-Anweisung 24
 - eines Programms 22, 24, 25
 - — Speichers 7
 - — Zeilenblocks 25
 - sämtlicher Register 7
 - sämtlicher Speicher 7
- Löschung von Datenblöcken, Unterprogramm 41, 137

- Machine-Microcode 55, 56
 - -Translator 55, 56
- Marke 21
 - , globale 21, 24, 27, 28, 29, 60
 - , —, Einfügung einer 24
 - , —, Sprung zu einer 24, 27
 - , Kurzform- 28
 - , lokale 21, 27, 28, 60
 - , —, Alpha- 21, 28, 38
 - , —, numerische 21, 60
 - , numerische 28, 38
 - , Suche nach 28, 38
- Maschinen-Microcode 55, 56
 - -Übersetzer 55, 56
- Matrix 61, 90, 156
 - , Elemente einer 61

MEAN 14
 MEMORY LOST 1, 54
 Mittelwert 14

 Name eines Programms 21
 Neugrad 12
 nicht programmierbare Funktionen 127
 NONEXISTENT 6, 11, 12, 24, 27, 39
 numerische Integration 85, 154
 – Marke, 28, 38

 Operationen, Ausführung von 11
 optischer Lesestift 118, 120

 [P → R] 13
 PACK 5
 Packen 5, 22
 PACKING 25
 Pause-Anweisung 25
 Peripherie 2, 61
 Peripheriegeräte 2
 Permanent-Speicher 6
 permanentes END 55
 Plotten von 2 Variablen 71, 140
 Positionen 24
 Postfix 56, 57, 58
 Potenzbildung 12, 13
 Präfix 56, 58
 [PRGM] 21
 Primär-Datenregister 6
 Primfaktorzerlegung 84, 153
 Programm, Anhalten 25
 –, Eingeben 21
 –, Löschen 22, 24, 25
 –, Zuordnung 21, 22
 –, – zu Tastenpositionen 19, 20
 – -Bar-Code 121
 – -Modus 21
 Programmablauf 26
 Programmadresse 21
 –, Zuordnung 23
 Programmaufbau 21
 Programmausführung 22
 Programmeingabe mit Bar-Code 119
 programmierbare Funktionen 127
 Programmierung, synthetische 53
 Programmkorrektur 24
 Programmlisting 55
 Programmname 21

 Programmschleifen 27, 32, 36
 –, Steuerung von 36
 Programmschritte 121
 Programmspeicher 5, 21, 22, 53, 55
 –, Packen 22
 –, unbesetzte Register 22
 Programmspeicherregister 4
 –, Anzahl verfügbarer 4, 5
 Programmspeicherverwaltung, automatische 22
 Programmstart 22, 25, 26
 Programmstop 25, 26
 Programmunterbrechung 25
 Programmverzweigung 26, 37
 –, bedingte 29, 45
 –, innerhalb eines laufenden Programms 27
 –, zu jedem beliebigen Programm des Programmspeichers 27
 Programmwiederstart 25
 Programmzeile, Sprung zu einer 24
 Programmzeilen 22
 Programmieren, Grundlagen 21
 Prompt 25
 Prüffunktionen für Flags 45, 46
 Prüfsumme 121, 122, 123, 124, 128
 –, 4-Bit- 129
 –, 8-Bit- 128
 –, Bestimmung der 128
 PSE 25
 Pseudo-Tetrade 64
 –, Binärdarstellung 64

 Quadratwurzelberechnung 7
 Quadro-Speichererweiterungs-Modul 5

 [R ↓] 3
 [R ↑] 3
 [R → P] 13
 RAD 12
 RAM 2, 60
 – -Bereich 55, 60
 [RCL] 6
 – ■ 51
 RCL IND 51
 Rechnerablauf, Speicherung 22
 Rechenregister 2
 REG 13
 Register 2, 3, 5, 6, 8, 53, 55

- , Löschen sämtlicher 7
- relative Adresse 55
- ROM 2, 59, 61
- , Direktzugriff auf 59, 61
- -Bereich
- -Programm 59, 60
- ROMs, Speichern von Daten in 60, 61
- [R/S] 25
- [RTN] 22, 38, 41
- [RTN] 24, 41
- Rücksprungbefehl 41
- Rücksprung ins Hauptprogramm 37
- Schrittweite 36
- SCi 52
- SDEV 15
- [SF] 45
- Shift-Taste 18
- Simpson Regel 86
- SIZE 4, 5, 6, 25, 41, 42
- Software-Module 2
- Sonderzeichen 58
- Sortieren von Daten 82, 152
- Speicher, Löschen sämtlicher 7
- Speicherarithmetik 8
- Speicherbereichsverteilung, Ermittlung, Unterprogramm 42
- Speichererweiterung 4, 5
- Speichererweiterungs-Modul 4
- , Anschluß 4
- Speichern von Daten in ROMs 60, 61
- Speicherregister 2, 4
- Spezielle User-Flags 61
- Sprung, bedingter 26, 59
- , unbedingter 26, 59
- zu einer globalen Alpha Marke 24
- – – Programmzeile 24
- zur Programmzeile 00 24
- Sprungadresse 26, 27
- Stack-Bewegung 3
- Stack-Register 2, 3, 51, 54
- Stack-Register 2, 3, 51, 54
- , Abspeichern in das 8
- , Rückruf aus dem 8
- Standardabweichung 15
- einer Grundgesamtheit 16
- , Stichproben- 15, 16
- Standardfunktionen, Liste aller 9, 10, 11
- Standard-Unterprogramme 41
- Start eines Programms 25, 26
- Start-Marke einer Bar-Code-Zeile 120
- Statistikregister 13, 14, 54
- , Löschen der 14
- Statusregister 54, 55, 58
- Steigung einer Funktion, mittlere 40, 137
- Steuerung von Programmschleifen 36
- [STO] 6
- ■ 51
- [+] mn 8
- [–] mn 8
- [x] mn 8
- [÷] mn 8
- [·] [L] 8
- – [T] 8
- – [X] 8
- – [Y] 8
- – [Z] 8
- IND 51
- STOP 25
- eines Programms 25, 26
- -Anweisung 25
- -Marke einer Bar-Code-Zeile 120
- Strichcodierung 119
- Suche nach Marke 28
- synthetische Programme 53
- Programmierung 53, 55, 139
- –, Anwendungsmöglichkeiten 58
- Systemflags 45, 61
- T-Register 2, 3, 8
- Tastenfeld-Bar-Code 124, 132, 133
- -Funktionen 124, 125
- Tastenzuordnung 11, 19, 20
- , Aufhebung einer 12
- , Überprüfung der 20
- Teiler, größter gemeinsamer 31, 135
- temporäres Alpharegister 43
- Text mit Ergebnis, Drucken Unterprogramm 43
- Thermodrucker 2
- Tiefpass 105, 111
- TONE 52
- Trapez-Regel 86
- trigonometrische Funktionen 12
- –, Umkehrfunktionen der 12
- TRY AGAIN 5, 25
- Tschebyscheff-Filter 99, 103, 166
- Two-Level-Bar 119, 120

Überschriften, Drucken, Unterprogramm 42

Umwandlung Altgrad in Bogenmaß 12

– Bogenmaß in Altgrad 12

unbedingter Sprung 26, 59

Unterprogramm 26, 37, 38, 39, 40, 41, 54, 59, 61

–, Abschluß 38, 39

–, Aufruf 26, 37

–, Grenzen bei der Verwendung 40, 41

Unterprogrammrücksprungsadresse 54, 61

[USER] 19, 23

User-Flags 45, 61

–, allgemeine 61

–, spezielle 61

– Modus 11, 19, 20

– -Translator 55, 56

Vergleichsoperationen 26, 29, 30

Winkelargument 12

Winkel-Modus 12

Wortratespiel 77, 145

[XEQ] 11, 22, 23, 37, 54

X-Register 2, 3, 8, 12, 60, 122, 123

–, Löschen des 1

–, Rückrufen in das 6

–, Speichern aus dem 6

XROM-Funktionen 128

[x \rightarrow y] 3

WNDDTX 123

Y-Register 2, 3, 8

■ [y^x] 13

Z-Register 2, 3, 8

Zahlen, interne Darstellung 53

Zeilenblock, Löschen eines 25

Zeilennummer 22, 59, 121, 122

Zinseszinsberechnung 27, 134

Zuordnung eines Programms 21, 22, 23

[Σ +] 13, 14

Σ REG-Funktion 13

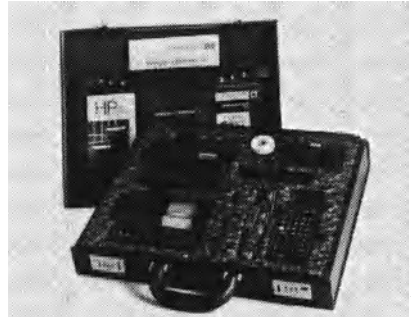
Seminare über die Anwendung der HP-Rechner im gesamten Bundesgebiet.

Software z. B. Lohn und Gehalt, Fibu, Lagerbuchhaltung, Karteiverwaltung, Fakturierung, Textverarbeitung, Statistik, Fensterbau etc.

Zubehör z. B. HP 41 Port Extender, Koffer für das vollständige HP 41-System, Netzteil mit 3fach-Stecker, CT-Ein-/Ausgabe Interface zum Anschluß einer Schreibmaschine am HP 41, HP 85, HP 87 und andere Kleincomputer.

Ausführliche Informationsbroschüren erhalten Sie von Ihrem autorisierten Hewlett-Packard-Vertragshändler oder direkt vom Corvallis Team (Schutzgebühr DM 3,- in Briefmarken).

HEWLETT PACKARD
HP 41 · HP 85 · HP 87



CT-Koffer für das vollständige HP 41-System

Corvallis Team GmbH · Postfach 1125 · 6382 Friedrichsdorf · Telefon (061 72) 79551

VIEWEG

Dieter Lange

Algorithmen der Netzwerkanalyse für programmierbare Taschenrechner (HP-41 C)

Mit 52 Beisp. 1982. VIII, 116 S. DIN C 5 (Anwendung programmierbarer Taschenrechner, Bd. 12). Kart.

In diesem Band werden universelle, für programmierbare Taschenrechner besonders geeignete Verfahren zur Berechnung von Spannungen, Strömen und Widerständen elektrischer Netzwerke behandelt.

Die vorgeschlagenen und an 52 Schaltungsbeispielen gezeigten Algorithmen können als Input für Netzwerkprogramme auf beliebigen Rechnern dienen. Die Realisierung in zwei HP-41C-Programmen wird ausführlich besprochen. Diese Programme sind allgemein in der Weise, daß mit ihnen ausnahmslos alle linearen RLC-Netzwerke mit starren Quellen berechnet werden können.

131.000 Byte.

Betreten Sie Computergebiet - mit Ihrem HP-41.



Der Taschencomputer HP-41 meistert jetzt Aufgaben, die bislang Tischcomputern vorbehalten waren.

Die volle Leistung entwickelt der HP-41 in Verbindung mit dem HP-IL, einem neuen Interface-Konzept von Hewlett-Packard. Über dieses preiswerte Interface können eine ganze Reihe leistungsfähiger Peripheriegeräte und Meßinstrumente gesteuert werden. Dazu gehören das HP 82161A Digitalkassetten-Laufwerk, mit dem auf einer Minikassette mehr als 131.000 Byte gespeichert werden können und der HP 82162A Thermodrucker mit erweiterten Funktionen für formatierten und grafischen Ausdruck.

Eine noch höhere Leistung erhalten Sie mit den HP-IL-kompatiblen Interface-Modulen. Diese ermöglichen den Anschluß von Terminals, elektronischen Geräten und Datenfernübertragungssystemen. Sogar ein Monitor oder ein Fernsehapparat kann als Ausgabeinheit mit dem HP-41 verwendet werden.

Neue Module – neue Möglichkeiten.

Die Leistung des HP-41 läßt sich mit neuen, vielseitigen Modulen noch weiter steigern. Dazu gehören das X-Function-Modul, das X-Memory-Modul und das Time-Modul.

In Verbindung mit dem HP-IL bringt der HP-41 außergewöhnliche Leistungen. Es liegt an Ihnen, wie weit Sie dieses Taschencomputer-System nutzen.

Interessiert? Dann überzeugen Sie sich von dem gesamten Leistungsangebot bei Ihrem nächstgelegenen HP-Vertragshändler. Hewlett-Packard GmbH, Vertriebszentrale, Berner Straße 117, 6000 Frankfurt (M) 56.



**HEWLETT
PACKARD**

Karl-Heinz Gosmann

Anwenderhandbuch zum HP-41C/CV

Dieses Anwenderhandbuch ist für alle Benutzer des HP-41C/CV bestimmt. Sein Ziel ist es, die täglichen Routineberechnungen und deren Programme zu optimieren. Es gibt sichere Antwort in bislang unbeantwortet gebliebenen Fragen. Die Schwierigkeiten mit dem rationellen Einsatz der großen Möglichkeiten dieses Rechners werden nun gelöst.

An einer Reihe von Beispielen und Diagrammen werden der Rechneraufbau, die Rechenabläufe und die vier Rechner-Modi gezeigt. Die Programmier-techniken, einschließlich synthetischer Programmierung, werden ausführlich dargelegt. Die Anwendungsmöglichkeiten des Rechners als professionell nutzbares Computersystem gehen aus einem eigenen Abschnitt deutlich hervor. Alle Programme sind gedruckt und in Bar-Code-Form aufgelistet.

ISBN 978-3-528-04215-8