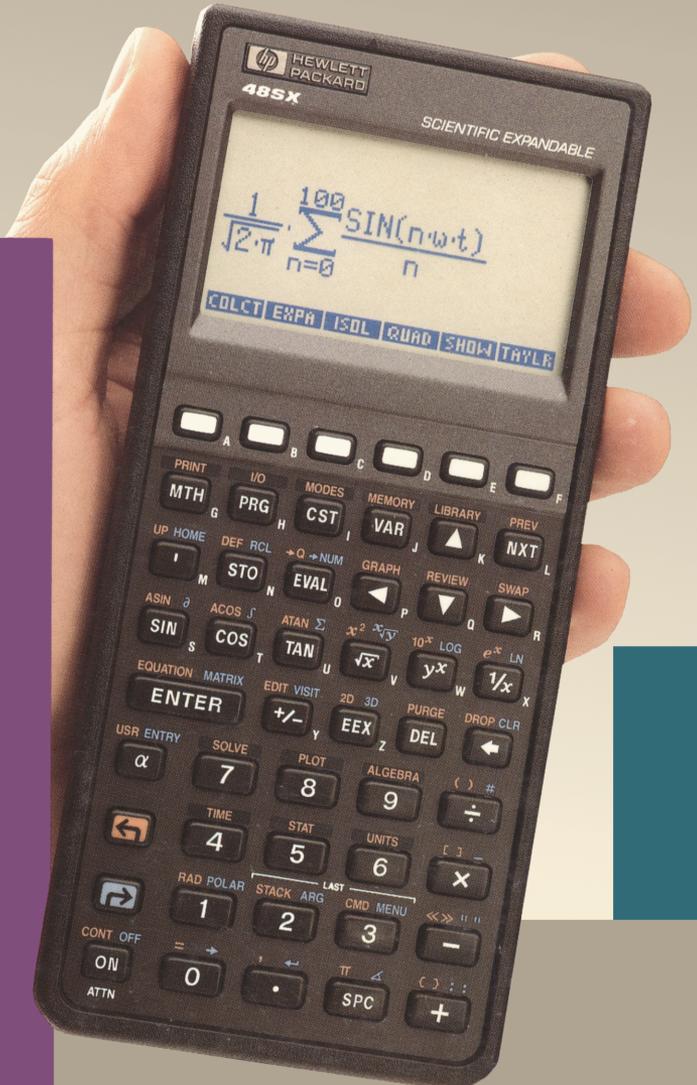


HP 48SX

Erweiterbarer wissenschaftlicher
Taschenrechner



**Benutzerhandbuch
Band I**

bitte
freimachen

Postkarte

Antwort

Hewlett-Packard GmbH
CPO (Dokumentation)
Herrenberger Str. 130
D-7030 Böblingen

Erweiterbarer wissenschaftlicher Taschenrechner HP 48SX

**Benutzerhandbuch
Band I**



Ausgabe 1 April 1990
Bestell-Nr. 00048-90005

Zur Beachtung

Garantiebestimmungen finden Sie auf Seite 731 und 733.

Dieses Handbuch und die darin enthaltenen Beispiele werden "so wie sie sind" zur Verfügung gestellt und können ohne vorherige Ankündigung geändert werden. Hewlett-Packard haftet nicht für irgendwelche Fehler und mittelbare oder unmittelbare Schäden in Zusammenhang mit der Lieferung, Funktionsfähigkeit oder Verwendung dieses Handbuchs oder der darin enthaltenen Beispiele.

◦ Hewlett-Packard Co. 1990. Alle Rechte vorbehalten. Bearbeitung oder Übersetzung dieses Handbuchs ist nur nach vorheriger schriftlicher Genehmigung durch Hewlett-Packard gestattet, soweit nicht durch das Urheberrecht erlaubt.

Die Programme, die Ihren Taschenrechner steuern, sind urheberrechtlich geschützt und alle Rechte sind vorbehalten. Vervielfältigung, Bearbeitung oder Übersetzung dieser Programme ist ebenfalls nur nach vorheriger schriftlicher Genehmigung durch Hewlett-Packard gestattet.

◦ Trustees of Columbia University in the City of New York, 1989. Es wird jeder Einzelperson oder Institution die Erlaubnis erteilt, Kermit-Software zu verwenden, zu kopieren oder weiterzuveräußern, so lange dies nicht der Erzielung eines Gewinns dient und sofern dieser urheberrechtliche Hinweis bewahrt bleibt.

Drucklegende

1. Ausgabe

April 1990

Teile-Nr. 00048-90006

Inhaltsverzeichnis

- 20 **Benutzung dieses Handbuchs**
 - 20 Die einzelnen Teile dieses Handbuchs
 - 21 Für dieses Handbuch geltende Vereinbarungen
 - 21 Weitere Informationen
-

Teil 1: Grundlagen

- 1
 - 24 **Erste Schritte**
 - 25 Ein- und Ausschalten des Taschenrechners
 - 25 Einstellen des Anzeigekontrasts
 - 26 Die Tastatur
 - 28 Entdecken Sie die Leistungsfähigkeit des HP48
 - 43 Einstellen von Uhrzeit und Datum
 - 44 Klassifizierung der Operationen des HP48
 - 46 Wie geht's weiter?

- 2
 - 47 **Die Tastatur und das Display**
 - 47 Aufbau des Displays
 - 48 Der Stack
 - 48 Die Befehlszeile
 - 49 Eintippen von Zahlen
 - 50 Statuszeilen, Indikatoren und Meldungen
 - 52 Aufbau der Tastatur
 - 55 Die Umschalttasten
 - 56 Die Alpha-Tastenbelegung
 - 57 Akzentbuchstaben
 - 58 Die ATTENTION-Taste

58	Eingabe von Begrenzungszeichen
59	Menüs
59	Anzeige von Menüs
61	Umschalten zum letzten Menü
61	Anzeigemodi

3

64	Der Stack und die Befehlszeile
65	Verwendung des Stacks für Berechnungen
65	Eine Übersicht
65	Einwertige Befehle
66	Zweiwertige Befehle
67	Weiterverwendung von Ergebnissen (Kettenrechnung)
67	Vertauschen der Ebenen 1 und 2
68	Löschen des Stacks
68	Wiederverwenden des letzten Arguments
70	Kopieren von Ebene 1
70	Anzeigen und Bearbeiten von Objekten
71	Anschauen und Bearbeiten eines Objekts
72	Anschauen und Bearbeiten des Inhalts einer Variablen
72	Das Menü EDIT
75	Der interaktive Stack
80	Verwenden der Befehlszeile
80	Ansammeln von Daten in der Befehlszeile
81	Eingabemodi
83	Wiederverwenden vorheriger Befehlszeilen
83	Weitere Stackbefehle

4

85	Objekte
86	Reelle Zahlen
86	Komplexe Zahlen
87	Binärzahlen
88	Felder
89	Namen
90	Algebraische Objekte
91	Programme
91	Zeichenketten

	92	Listen
	92	Grafiken
	92	Markierte Objekte
	93	Objekte mit Einheiten
	94	Verzeichnisse
	94	Weitere Objekttypen
	95	Befehle, die Objekte manipulieren
	102	Objekttypen
	102	Bestimmen von Objekttypen
	103	Namen von Variablen nach Objekttyp trennen
	103	Auswerten von Objekten
5		
	106	Der Speicher
	106	Arten von Speichern
	107	Befehle zur Nutzung des Speichers
	108	Löschen des gesamten Speichers
	109	Wenig Speicherplatz
6		
	112	Variablen und das Menü VAR
	114	Erzeugen einer Variablen
	114	Der Befehl STO
	115	Der Befehl DEFINE
	115	Namen von Variablen
	116	Verwenden des Inhalts einer Variablen
	116	Auswerten des Namens einer Variablen
	118	Aufrufen des Inhalts einer Variablen
	118	Ändern des Inhalts einer Variablen
	119	Verwenden von Namen mit und ohne Anführungszeichen
	120	Das Menü VAR und der Katalog REVIEW
	121	Neuordnung des Menüs VAR
	122	Löschen von Variablen
	122	Löschen einzelner Variablen
	122	Löschen von mehr als einer Variablen
	123	Löschen aller Variablen
	123	Rückgängigmachen einer Fehleingabe
	123	Variablenarithmetik

7	126	Verzeichnisse
	126	Begriffe
	128	Anlegen von Unterverzeichnissen
	129	Erzeugen von Variablen in Verzeichnissen und der Zugriff darauf
	129	Erzeugen von Variablen
	130	Zugriff auf Variablen
	130	Wechseln des Verzeichnisses
	130	Umschalten in ein Unterverzeichnis
	131	Umschalten in das übergeordnete Verzeichnis oder das Verzeichnis (HIHOMER)
	131	Löschen von Variablen und Verzeichnissen
	131	Löschen des Inhalts eines Verzeichnisses
	131	Löschen eines Verzeichnisses
	132	Verwenden von Verzeichnisobjekten
8	134	Näheres über algebraische Objekte
	134	Auswerten algebraischer Objekte
	136	Symbolische und numerische Lösungen
	137	Automatische Vereinfachung
	138	Regeln für die Priorität bei Rechenfunktionen
	138	Ausdrücke und Gleichungen
	139	Verwandte Themen

Teil 2: Grundfunktionen

9	142	Elementarmathematische Funktionen
	143	Das Menü MTH (MATH)
	144	Funktionen für die Arithmetik und die Grundrechenarten
	146	Funktionen zur Umwandlung in Brüche
	147	Exponential-, Logarithmus- und Hyperbelfunktionen
	148	Prozentfunktionen
	149	Winkelmodus, trigonometrische Funktionen und π
	149	Wählen des Winkelmodus
	150	Trigonometrische Funktionen
	151	Verwenden von π

	152	Funktionen zum Umrechnen von Winkeln
	154	Symbolische Konstanten
	154	Verwenden symbolischer Konstanten
	155	Verwenden der Zahlenwerte für symbolische Konstanten
	156	Verwenden von Flags zur Interpretation symbolischer Konstanten
	158	Fakultät, Wahrscheinlichkeitsrechnung und Zufallszahlen
	159	Weitere Funktionen für reelle Zahlen
	161	Verwenden symbolischer Argumente für elementarmathematische Funktionen
10	162	Benutzerdefinierte Funktionen
	164	Erzeugen einer benutzerdefinierten Funktion
	164	Ausführen einer benutzerdefinierten Funktion
	165	Verschachteln benutzerdefinierter Funktionen
	167	Die Struktur einer benutzerdefinierten Funktion
11	168	Komplexe Zahlen
	169	Eingabe und Anzeige komplexer Zahlen
	169	Wie komplexe Zahlen angezeigt werden
	171	Eingeben komplexer Zahlen
	173	Zusammensetzen und Zerlegen komplexer Zahlen
	174	Rechnen mit komplexen Zahlen
	174	Vergleich mit Berechnungen für reelle Zahlen
	176	Komplexe Ergebnisse aus reellen Operationen
	177	Komplexe Zahlen in algebraischen Ausdrücken
	177	Algebraische Objekte mit komplexen Zahlen
	178	Verwenden der symbolischen Konstanten i
	178	Weitere Befehle für komplexe Zahlen
	180	Komplexe Zahlen oder Vektoren?
12	183	Vektoren
	184	Darstellung zwei- und dreidimensionaler Vektoren
	184	Darstellung zweidimensionaler Vektoren
	184	Darstellung dreidimensionaler Vektoren

- 186 Eingeben von zwei- und dreidimensionalen Vektoren
- 187 Zusammensetzen und Zerlegen von zwei- und dreidimensionalen Vektoren
- 190 Berechnungen mit zwei- und dreidimensionalen Vektoren
- 198 Weitere Befehle für Vektoren
- 199 Komplexe Zahlen oder Vektoren?

13

- 200 **Umgang mit Einheiten**
- 202 Wie UNITS aufgebaut ist
- 202 Terminologie
- 203 Das UNITS-Katalogmenü
- 204 Erzeugen eines Objektes mit Einheit
- 205 Erzeugen eines Objektes mit Einheit in der Befehlszeile
- 206 Auflisten der Namen von Einheiten
- 207 Objekte mit Einheiten innerhalb algebraischer Objekte
- 208 Vorsätze für Einheiten
- 209 Umwandeln von Objekten mit Einheiten
- 209 Umwandeln von Objekten mit Einheiten im UNITS-Katalogmenü
- 210 Umwandeln von Objekten mit Einheiten durch CONVERT
- 211 Umwandeln von Objekten mit Einheiten im Menü CST
- 212 Umwandlung in SI-Basiseinheiten
- 213 Temperaturumrechnung
- 214 Winkeleinheiten
- 215 Zerlegen von Ausdrücken für Einheiten
- 216 Arithmetik für Objekte mit Einheiten
- 220 Erzeugen von Objekten mit Einheiten im EquationWriter
- 222 Benutzerdefinierte Einheiten
- 223 Weitere Befehle für Objekte mit Einheiten

14	224	Binäre Arithmetik
	224	Einstellen der Wortlänge
	225	Wählen der Basis
	226	Eingeben von Binärzahlen
	226	Berechnungen mit Binärzahlen
	227	Weitere Befehle für Binärzahlen
15	230	Benutzerspezifische Anpassung
	230	Benutzermenüs (CST)
	231	Erzeugen eines Benutzermenüs
	231	Funktionsumfang von Benutzermenüs
	233	Erweitern von Benutzermenüs
	234	Erzeugen eines temporären Menüs
	234	Die Benutzertastatur
	235	Benutzermodi
	235	Umbelegen von Tasten
	238	Löschen der benutzerdefinierten Tastenbelegung
	238	Reaktivieren einer einzelnen Standard-Tastenbelegung
	239	Aufrufen und Bearbeiten von benutzerdefinierten Tastenbelegungen
	239	Andere Operationen zur Anpassung
	239	Das Menü MODES
	241	Systemflags

Teil 3: Leistungsfunktionen

16	244	Der EquationWriter
	246	Wie der EquationWriter aufgebaut ist
	248	Erzeugen einer Gleichung
	256	Abschalten impliziter Klammern
	256	Beispiele zum EquationWriter
	259	Darstellung von algebraischen Objekten und Objekten mit Einheiten im EquationWriter
	260	Bearbeiten von Gleichungen
	260	Bearbeitung mit der Rückschrittaste
	261	Bearbeitung in der Befehlszeile

- 265 Einfügen eines Objektes aus dem Stack
- 267 Ersetzen eines Teilausdrucks durch ein algebraisches Objekt aus dem Stack
- 267 Eine Vorschau auf das Anwendungsprogramm RULES

17

- 270 **HP Solve**
- 274 Die Struktur von HP Solve
- 275 Gleichungen, Ausdrücke und Programme
- 276 Das Menü SOLVE: Angabe der aktuellen Gleichung
- 278 Eingabe einer neuen aktuellen Gleichung
- 280 Der Gleichungskatalog: Auswahl und Bearbeitung bereits existierender Gleichungen
- 285 Das Menü SOLVR: Lösen der aktuellen Gleichung
- 287 Verwendung von $\text{EXPR} =$
- 288 Bestimmen von Näherungswerten
- 288 Lösen von Gleichungen mit PLOT
- 289 Verwenden von HP Solve für Objekte mit Einheiten
- 291 Anpassen des Menüs SOLVR
- 294 Verbinden zweier oder mehrerer Gleichungen
- 294 Verbinden zweier oder mehrerer Gleichungen mit $\text{EQ} +$
- 296 Abspeichern einer Liste mit zwei oder mehr Variablen
- 297 Verwenden von HP Solve zum Ermitteln von Lösungen für Programme
- 299 Wie HP Solve arbeitet
- 299 Wie der Lösungsalgorithmus Anfangsnäherungen verwendet
- 300 Unterbrechen des Lösungsalgorithmus
- 300 Anzeigen von Zwischennäherungen
- 301 Erzeugung des Variablenmenüs
- 301 Interpretation der Lösungen
- 301 Wenn eine Lösung gefunden wurde
- 304 Wenn keine Lösung gefunden wurde

18	305	Grafische Darstellungen und Funktionsanalyse
	308	Die Struktur von PLOT
	311	Gleichungen, Ausdrücke und Programme
	312	Das Menü PLOT: Angabe der aktuellen Gleichung und des Plottyps
	314	Das Menü PLOTR: Festlegen der Plotparameter und Plotten des Graphen
	317	Angabe der unabhängigen Variablen
	318	Anzeigebereiche und Skalierung
	319	Plotten des Graphen
	324	Plotten zweier oder mehrerer Gleichungen
	325	Die Grafikumgebung: Zoomoperationen und Funktionsanalyse
	328	Zoomoperationen
	331	Funktionsanalyse
19	342	Vielfältige Grafik
	343	Möglichkeiten zur Ergänzung und Verfeinerung grafischer Darstellungen
	345	Plotbereich und Anzeigebereich
	346	Angaben von Achsen und Beschriftungen
	346	Festlegen der Auflösung
	347	Die Variable der Plotparameter PPAR
	349	Anzeigekoordinaten
	351	Ändern der Größe von PICT
	353	Plottypen
	354	Der Plottyp FUNCTION
	355	Der Plottyp CONIC
	357	Der Plottyp POLAR
	358	Der Plottyp PARAMETRIC
	359	Der Plottyp TRUTH
	361	Darstellen von Programmen und benutzerdefinierten Funktionen
	362	Grafische Darstellungen mit Einheiten
	362	Grafische Darstellung statistischer Daten
	363	Hinzufügen grafischer Elemente zu PICT
	364	Operationen in der Grafikumgebung zum Hinzufügen grafischer Elemente zu PICT

- 366 Programmierbare Befehle zum Hinzufügen grafischer Elemente zu PICT
- 367 Mit Grafikobjekten im Stack arbeiten
- 368 Stackoperationen in der Grafikumgebung
- 368 Der Befehl PICT: Mit PICT im Stack arbeiten
- 369 Stackbefehle für Grafikobjekte

20

- 373 **Felder**
- 374 Eingeben von Feldern
- 374 Der MatrixWriter
- 377 Eingeben von Feldern über die Befehlszeile
- 378 Darstellung von Vektoren
- 379 Bearbeiten von Feldern
- 382 Arithmetische Operationen mit Feldern
- 382 Arithmetik mit Vektoren
- 383 Arithmetik mit Matrizen
- 384 Arithmetik mit einer Matrix und einem Vektor
- 385 Lösen eines linearen Gleichungssystems
- 386 Komplexe Felder
- 386 Arithmetik mit komplexen Feldern
- 386 Zusätzliche Befehle für komplexe Felder
- 388 Weitere Befehle für Matrizen
- 390 Weitergehende Themen in Bezug auf Matrizen

21

- 393 **Statistik**
- 396 Aktivieren des Anwendungsprogramms STATISTIK
- 398 Festlegen der aktuellen statistischen Matrix
- 399 Eingabe neuer statistischer Daten ($\Sigma+$ und NEW)
- 400 Bearbeiten von Daten
- 400 Verwenden des Katalogs STAT
- 403 Verlassen des Katalogs
- 404 Statistik mit unabhängigen Stichproben
- 404 Statistik mit Stichproben
- 405 Statistik mit Grundgesamtheiten
- 406 Statistik mit verbundenen Stichproben
- 409 Grafische Darstellung
- 410 Zeichnen von Balkendiagrammen
- 412 Zeichnen von Histogrammen

	414	Statistik mit Summen
	415	Teststatistik
22	418	Algebra
	421	Symbolische Lösungen
	421	Isolieren einer Variablen
	423	Lösen quadratischer Gleichungen
	426	Allgemeine Lösungen und Hauptlösungen
	427	Anzeigen verdeckter Variablen
	427	Neuordnen von Termen
	428	Zusammenfassen von Termen
	429	Erweitern von Produkten und Potenzen
	431	Umformungen mit RULES
	431	Die Auswahlumgebung: Bestimmen eines Teilausdrucks
	433	Aktivieren der Umformungen mit RULES
	433	Ausführen einer Umformung mit RULES
	433	Verlassen eines Menüs RULES
	434	Beispiele mit RULES
	444	Zusammenfassende Beispiele
	449	Benutzerdefinierte Umformungen
	450	Die Funktion (wobei)
23	452	Infinitesimalrechnung
	453	Differentiation
	454	Schrittweise Differentiation
	456	Vollständige Differentiation
	456	Differentiation benutzerdefinierter Funktionen
	457	Weiterführendes Thema: Benutzerdefinierte Ableitungen
	458	Summen
	461	Taylorpolynome als Näherungen
	462	Integration
	462	Symbolische Integration
	466	Taylorpolynome als Näherungen für Integranden
	467	Numerische Integration
	471	Verwendung des Stacks für die Integration

24	472	Uhrzeit, Termine und Datumsarithmetik
	474	Die Struktur des Anwendungsprogramms TIME
	475	Einstellen von Datum und Uhrzeit
	476	Einstellen des Datums
	477	Einstellen der Uhrzeit
	477	Ändern der Anzeige von Datum und Uhrzeit
	478	Korrigieren der Uhrzeit
	479	Einstellen von Terminen
	480	Terminerinnerungen
	481	Wiederholen eines Termins
	482	Bestätigen einer Terminerinnerung
	483	Unbestätigte Terminerinnerungen
	484	Eingeben eines Steuerungstermins
	484	Zu wiederholende Termine in zu kurzen Abständen
	485	Überprüfen und Bearbeiten von Terminen
	489	Verwenden von Terminen in Programmen
	491	Datumsarithmetik
	492	Zeitarithmetik

Teil 4: Programmierung

25	504	Grundlagen der Programmierung
	506	Eingabe und Ausführung eines Programms
	506	Ein Programm eingeben
	508	Ausführung eines Programmes
	509	Ein Programm editieren
	510	Verwendung von lokalen Variablen
	516	Programme, die mit Daten im Stack arbeiten
	518	Verwendung von Unterprogrammen
	521	Einzelschrittausführung eines Programms
	522	Einzelschrittausführung beginnend am Anfang des Programms
	524	Einzelschrittausführung einer beliebigen Stelle im Programm
	524	Einzelschrittausführung von Unterprogrammen

26	526	Tests und Bedingte Strukturen
	528	Programmtests
	529	Vergleichsfunktionen
	531	Logische Funktionen
	532	Objekttypen testen
	532	Bedingte Strukturen
	532	Die Struktur IF...THEN...END
	535	Die Struktur IF...THEN...ELSE...END
	536	Die Struktur CASE...END
	538	Bedingte Befehle
	539	Der Befehl IFT (Wenn-dann-Ende)
	539	Die Funktion IFTE
27	540	Aufbau von Programmschleifen
	540	Aufbau von bestimmten Programmschleifen
	541	Die Struktur START...NEXT
	543	Die Struktur START...STEP
	545	Die Struktur FOR...NEXT
	547	Die Struktur FOR...STEP
	549	Aufbau von unbestimmten Programmschleifen
	549	Die Struktur DO...UNTIL...END
	551	Die Struktur WHILE...REPEAT...END
	553	Schleifenzähler (INCR und DECR)
28	555	Flags
	555	Flag-Typen
	556	Setzen, Rücksetzen und Testen von Flags
	558	Aufrufen und Speichern der Flag-Zustände
	559	Aufrufen der Flag-Zustände
	559	Speichern der Flag-Zustände
29	560	Dialogprogramme
	561	Unterbrechung des Programmablaufs für eine Dateneingabe
	562	Der Befehl PROMPT
	564	Der Befehl BEEP
	565	Die Befehle DISP, HALT und FREEZE

	566	Der Befehl INPUT
	575	Kennzeichnen der ausgegebenen Daten
	575	Verwenden von markierten Objekten als ausgegebene Daten
	576	Verwenden von Zeichenketten-Befehlen zur Kennzeichnung ausgegebener Daten
	578	Unterbrechen eines Programms, um Daten anzuzeigen
	578	Verwenden von Menüs in Programmen
	578	Anzeige eines internen Menüs
	579	Benutzerspezifische Menüs in Programmen
	583	Aufbau eines temporären Menüs
	584	Befehle, die eine Tastenadresse liefern
	584	Der Befehl WAIT mit dem Argument 0
	584	Der Befehl WAIT mit dem Argument - 1
	584	Der Befehl KEY
	585	Abschalten des HP48 aus einem Programm
30	586	Fehlerbehandlung
	588	Die Struktur IFERR...THEN...END
	590	Die Struktur IFERR...THEN...ELSE...END
	592	Benutzerdefinierte Fehler
31	593	Weitere Programmierbeispiele
	594	Fibonacci-Zahlen
	594	FIB1 (Fibonacci-Zahlen, Rekursive Version)
	596	FIB2 (Fibonacci-Zahlen, Schleifenversion)
	597	FIBT (Vergleich der Programmausführungszeit)
	600	Anzeigen einer Binärzahl
	600	PAD (Auffüllen mit führenden Leerstellen)
	602	PRESERVE (Sichern und Wiederherstellen des vorherigen Zustands)
	603	BDISP (Binäranzeige)
	607	Medianwert von statistischen Daten
	608	SORT (Ordnen einer Liste)
	610	LMED (Medianwert einer Liste)
	612	MEDIAN (Medianwert von statistischen Daten)
	616	Vollständiges Erweitern und Zusammenfassen
	616	MULTI (Mehrfache Ausführung)

- 618** EXCO (Vollständiges Erweitern und Zusammenfassen)
- 620** Bestimmung des größten oder kleinsten Elementes in einem Feld
- 620** MNX (Bestimmung des kleinsten oder des größten Elementes in einem Feld — Verfahren 1)
- 624** MNX2 (Bestimmung des größten oder des kleinsten Elementes in einem Feld — Verfahren 2)
- 627** Prüfung von Programmargumenten
- 628** NAMES (Enthält die Liste genau zwei Namen?)
- 630** VFY (Überprüfung von Argumenten für Programme)
- 634** Bessel-Funktionen
- 637** Bewegte Darstellung einer Folge von Taylor-Polynomen
- 637** Erzeugen einer Sinuskurve und Umwandlung in ein Grafikobjekt
- 638** Überlagerung einer Folge von Taylor-Polynomen
- 640** Bewegte Darstellung von Taylor-Polynomen
- 642** Anwendung von Statistikdaten und grafischen Darstellungen in Programmen
- 647** Bewegte Darstellung einer Grafik

Teil 5: Drucken, Datenübertragung und Einsteckmodule

- 32** **652** **Drucken**
- 652** Drucken mit einem Drucker HP 82240B
- 654** Druckformate
- 655** Grunddruckbefehle
- 657** Druck einer Textzeichenfolge
- 657** Druck von grafischen Objekten.
- 657** Zweizeiliger Druck
- 657** Einstellen der Verzögerungszeit
- 658** Der Zeichensatz des HP48
- 658** Senden von Escape-Sequenzen und Steuercodes
- 659** Speichern von Daten im Pufferspeicher des Druckers
- 660** Drucken mit einem Infrarotdrucker HP 82240A
- 660** Drucken über den seriellen Anschluß
- 662** Die Variable PRTPAR

33

- 663** **Datenübertragung vom und zum HP48**
- 664** Arten von Daten, die Sie übertragen können
- 665** Das E/A-Menü zur Ein- und Ausgabe von Daten
- 668** Lokaler Modus und Servermodus
- 669** Einstellung der E/A-Parameter
 - 669** Das Menü SETUP
 - 671** Die Variable IOPAR
- 672** Übertragung von Daten zwischen zwei HP48
- 674** Übertragung von Daten zwischen einem Computer und dem HP 48
 - 674** Kabelverbindung
 - 675** Übertragung von Daten
 - 677** Sichern aller Daten im Speicher des HP48
 - 679** Umsetzen von Zeichen (TRANSIO)
 - 681** Mehr zu den Dateinamen
 - 682** Fehler
 - 682** Übertragung im ASCII-Modus und im Binär-Modus
 - 684** Senden von Befehlen an einen Server (PKT)
- 685** Befehle für die serielle Ein- und Ausgabe

34

- 688** **Verwendung von Einsteckkarten und Bibliotheken**
- 688** Speicherarten
- 689** Einbau und Ausbau von Einsteckkarten
- 693** RAM-Karten
 - 693** Vorbereiten der Karte für den Einbau
 - 697** Anwendungen für RAM-Karten
- 698** Verwendung von RAM-Karten zur Erweiterung des Benutzerspeichers (Eingebundener Speicher)
- 699** Verwendung von RAM-Karten für die Sicherung von Daten (Unabhängiger Speicher)
 - 699** Sichern von Objekten in einen unabhängigen Speicher
- 701** Zugreifen auf Sicherungsobjekte
- 702** Sichern von Daten in den Benutzerspeicher (Port 0)
- 703** Sichern des gesamten Speichers
- 704** Freigeben des eingebundenen Speichers
- 706** Verwenden von ROM-Steckkarten und Bibliotheken
- 707** Anbinden einer Bibliothek an ein Inhaltsverzeichnis
- 707** Zugreifen auf Bibliotheksoperationen (Das Menü LIBRARY)
- 709** Weitere Befehle für den Zugriff auf Bibliotheken

Teil 6: Anhänge und Verzeichnisse

- A**
- 712** **Unterstützung, Batterien und Wartung**
 - 712** Unterstützung bei der Arbeit mit dem Taschenrechner
 - 712** Antworten auf häufige Fragen
 - 716** Umgebungsbedingungen
 - 717** Was beim Austausch der Batterien zu beachten ist
 - 718** Batterien wechseln
 - 718** Batterietypen
 - 718** Batterien des Taschenrechners wechseln
 - 720** Batterie der RAM-Karte wechseln
 - 722** Überprüfung der Taschenrechnerfunktion
 - 724** Selbsttest
 - 725** Testen der Tastatur
 - 726** Testen des Port-RAM
 - 728** Schleifentest des IR-Anschlusses
 - 729** Schleifentest des seriellen Anschlusses
 - 731** Begrenzte Ein-Jahres-Garantie
 - 732** Wenn der Taschenrechner repariert oder gewartet werden muß
 - 733** Störsicherheit
- B**
- 735** **Meldungen**
- C**
- 752** **Zeichencodes des HP 48**
- D**
- 755** **Menünummern**
- E**
- 757** **Zusammenstellung der System-Flags des HP 48**
 - 766** **Verzeichnis der Operationen**
 - 881** **Index**

Benutzung dieses Handbuchs

Dieses zweibändige Handbuch ist so aufgebaut, daß Sie es zusammen mit Ihrem technisch-wissenschaftlichen Taschenrechner HP 48SX am besten auf folgende Weise benutzen:

1. Lesen Sie in Kapitel 1 den Abschnitt "Erste Schritte", um sich mit der Funktion, der Leistungsfähigkeit und der Bedienungsfreundlichkeit des HP 48 vertraut zu machen.
2. Lesen Sie den Rest des Kapitels in "Teil 1: Grundlagen", um ein grundlegendes Verständnis für die Operationen des HP 48 zu gewinnen.
3. Benutzen Sie dann das Inhaltsverzeichnis, um andere Themen, für die Sie sich interessieren, aufzufinden.

Die einzelnen Teile dieses Handbuchs

Dieses Handbuch besteht aus fünf Teilen:

- *Teil 1: Grundlagen* enthält grundlegende Informationen für eine effektive Arbeit mit dem HP 48.
- *Teil 2: Grundfunktionen* enthält Kapitel über nützliche Funktionen des HP48 zu Gebieten wie Grundrechenarten, komplexe Zahlen, Vektoren und anwenderspezifische Anpassung des Taschenrechners.
- *Teil 3: Leistungsfunktionen* enthält Kapitel über die eingebauten Anwendungen, die den HP 48 so leistungsfähig machen, wie den EquationWriter, HP Solve und grafische Darstellung.
- *Teil 4: Programmierung* beleuchtet alle Aspekte der Programmierung des HP 48.
- *Teil 5: Drucken, Datenübertragung und Einsteckkarten* beschreibt das Ausdrucken von Daten, die Datenübertragung vom/zum HP 48 und die Verwendung von RAM- und Anwendungsmodulen.

Für dieses Handbuch geltende Vereinbarungen

Wenn Sie dieses Handbuch durcharbeiten, sollten Sie gewisse Vereinbarungen kennen, die durchgängig in beiden Bänden gelten:

- Tasten der Tastatur werden immer in einer besonderen, eingerahmten Schrift dargestellt, z.B. erscheint die Eingabetaste als **ENTER** und die Speichertaste als **STO**.
- Menüfelder, die sich am unteren Rand der Anzeige befinden und sich auf die Tasten in der oberen Reihe der Tastatur beziehen, werden in ihrer besonderen Schrift dargestellt, z.B. **PARTS**, **PROB** und **HYP**.
- Variable werden im Text kursiv dargestellt, z.B. *name*.
- Text, der eine Anzeige im Display wiedergibt, wird in Punktmatrix-Schrift dargestellt, z.B. die Meldung **Memory Clear**.
- Programmierbare Befehle werden in Großbuchstaben dargestellt, z.B. **DUP**, **eval** und **SIN**.

Weitere Informationen

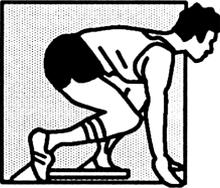
Wenn Sie Fragen zu einer Operation Ihres HP 48 haben, können sie diese im alphabetischen "Index der Operationen" im hinteren Teil von Band 2 nachschlagen. Dort finden Sie den Namen und eine Beschreibung der Operation, deren Ausführung sowie einen Verweis auf die entsprechende Handbuchseite.

Ebenfalls im hinteren Teil von Band 2 finden Sie einen umfassenden Sachindex, der Sie zu Informationen über jedes in diesem Handbuch behandelte Thema führt. Für diejenigen unter Ihnen, die sich intensiv mit der Programmierung Ihres HP 48 befassen wollen, ist bei Ihrem HP-Händler ein *Programmer's Reference Manual* (Teilenummer 00048-90054) erhältlich.

Teil 1

Grundlagen

Erste Schritte



In diesem ersten Kapitel werden Sie anhand eines interessanten Beispiels an die Anwendung Ihres Taschenrechners HP 48 herangeführt. Wenn Sie dieses Beispiel durcharbeiten, werden Sie ein Gefühl für die Leistungsfähigkeit und Bedienungsfreundlichkeit des HP 48 bekommen. Die Hauptpunkte dieses Kapitels sind:

- *Der EquationWriter*, der es Ihnen ermöglicht, Gleichungen in der Form einzugeben und zu betrachten, wie sie in Büchern erscheinen.
- *Symbolische Berechnungen* ermöglichen es Ihnen, sowohl eine allgemeine Lösung für ein Problem als auch konkrete Lösungen für gegebene Werte zu finden.
- *Die Plot-Funktion*, die es Ihnen ermöglicht, mathematische Funktionen und Ausdrücke grafisch darzustellen und durch Untersuchung des Graphen Nullstellen, Schnittpunkte, lokale Extrema, Ableitungen, Steigungen und Flächen unterhalb der Kurve zu finden.
- *HP Solve*, das es Ihnen ermöglicht, numerische Lösungen von Aufgaben zu finden, ohne die Gleichung explizit lösen zu müssen.
- *Der Einheiten-Manager*, der automatisch für die richtige Umrechnung sorgt, wenn Sie Berechnungen mit umrechenbaren Einheiten vornehmen.

Innerhalb des Beispiels in diesem Kapitel finden Sie auch kurze Erläuterungen zum Konzept und der speziellen Terminologie des HP 48. Diese werden Ihnen helfen, eine Grundlage für das Verständnis des Taschenrechners zu entwickeln.

Am Ende des Kapitels schließlich finden Sie Anweisungen zum Einstellen von Uhrzeit und Datum sowie einige zusätzliche Informationen zum Taschenrechner, die Ihnen die richtige Benutzung des restlichen Handbuchs erleichtern sollen.

Ein- und Ausschalten des Taschenrechners

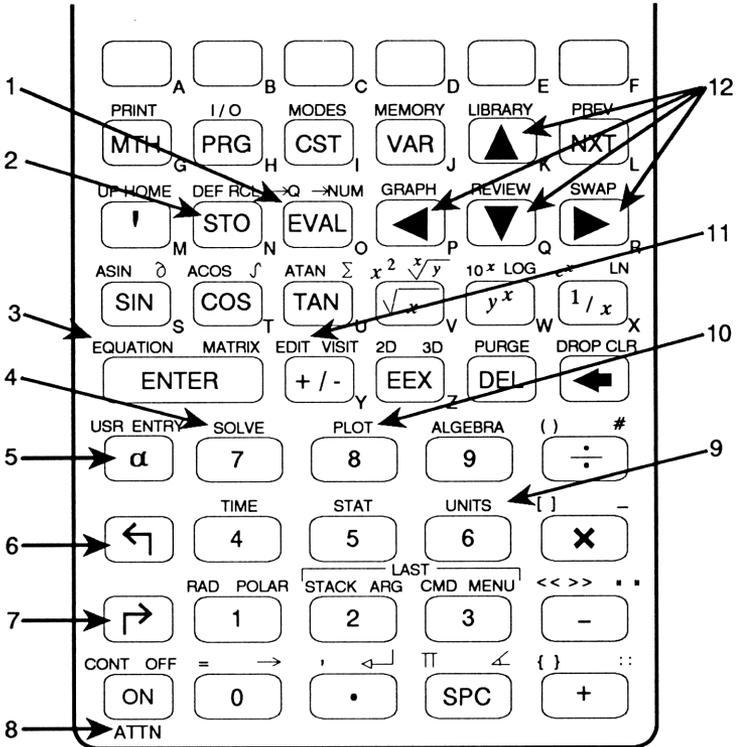
Der HP 48 wird mit drei AAA-Batterien, die bereits werksseitig eingesetzt wurden, ausgeliefert. Wenn Sie Ihren Taschenrechner aus der Verpackung nehmen, ist er schon betriebsbereit. Drücken Sie **[ON]**, um den Taschenrechner einzuschalten. (**[ON]** befindet sich in der linken unteren Ecke der Tastatur.) Um den Taschenrechner auszuschalten, drücken Sie **[↵]** und anschließend **[ON]**. Da der HP 48 über einen *Permanentspeicher* verfügt, gehen die von Ihnen eingegebenen Daten beim Ausschalten nicht verloren. Um die Batterien zu schonen, schaltet sich der Taschenrechner 10 Minuten nach dem letzten Tastendruck selbst ab.

Wenn der Taschenrechner eingeschaltet ist, fungiert **[ON]** als **[ATTN]**-Taste (attention). Mit ihr werden nichtverarbeitete Informationen, die Sie eingegeben haben, gelöscht, und der Taschenrechner wird in die Grundeinstellung zurückversetzt.

Einstellen des Anzeigekontrasts

Wenn der Taschenrechner eingeschaltet ist, können Sie jederzeit den Kontrast der Anzeige durch Niederhalten der Taste **[ON]** und Drücken von **[+]** (dunkler) oder **[-]** (heller) verstellen. Probieren Sie es aus, und stellen Sie den für Sie angenehmsten Kontrast ein.

11.  **EDIT** kopiert ein Objekt zur Bearbeitung in die Befehlszeile.
12. Die vier Cursor-Tasten (, ,  und ) bewegen den Cursor im Display.



Entdecken Sie die Leistungsfähigkeit des HP 48

Arbeiten Sie das folgende Beispiel durch, um einige der Fähigkeiten des HP 48 zu erkunden. Lesen Sie die Anweisungen, drücken Sie die Tasten und beobachten Sie das Display.

Beispiel: Die Firma, bei der Sie angestellt sind, hat Experimente für die Umwandlung von Kunststoffabfällen in Rohöl durchgeführt. Nach monatelanger Arbeit gibt Ihnen das Forschungsteam die folgende Formel:

$$R = \frac{G^2(1 + \sin(PT))}{1.4}$$

wobei gilt:

- R ist der Ausstoß in Gallonen pro Stunde.
- G und P sind Prozeßvariable.
- T ist die Zeit in Stunden.

Analysieren Sie das Modell mit Hilfe Ihres HP 48. Bestimmen Sie während dieser Analyse, wie lange es dauern würde, einen Tank mit einem Volumen von 1.000 Gallonen mit dem produzierten Öl zu füllen. Gegeben ist P mit 4.2 und G mit 12.

1. Schritt: Schalten Sie den Taschenrechner ein. (Ein kurzes Antippen, das für andere Tasten ausreichen würde, genügt für **[ON]** nicht – drücken Sie etwas kräftiger.)

[ON]





Hinweis

Dieses Beispiel setzt voraus, daß vorher keine anderen Daten in Ihren Taschenrechner eingegeben worden sind. Wenn eine oder mehrere der Variablen *R*, *G*, *P*, *T*, *RATE* oder *VOLUME* bereits existieren, wird dieses Beispiel nicht funktionieren. Sie können diese Variablen löschen (siehe Seite 122) oder deren Namen im Beispiel abändern, bevor Sie es dann durchgehen. Wenn die Variablen noch nicht existieren und auch noch keine anderen Daten in den Stack eingegeben worden sind, wird das Beispiel funktionieren. Es kann jedoch sein, daß manche Ihrer Anzeigen etwas anders ausfallen als sie in diesem Handbuch gezeigt werden. Falls Sie Ihr Display löschen wollen, um es genau mit dem hier gezeigten übereinstimmen zu lassen, drücken Sie **CLR** (die blaue Kennzeichnung rechts über der Taste).

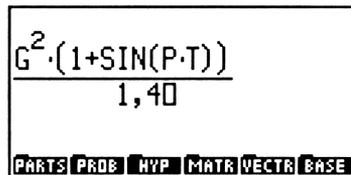
2. Schritt: Aktivieren Sie den EquationWriter. Sie brauchen ihn, um die Formel in der gleichen Form eingeben zu können, wie eine Gleichung in einem Buch erscheint. Bitte erinnern Sie sich daran, daß die linken oberen () Zeichen auf der Tastatur orange und die rechten oberen () Zeichen blau sind. In der nachstehenden Tastenfolge weist ein Druck auf die Taste der Taste **ENTER** die Bedeutung EQUATION zu. Wenn Sie also **EQUATION** ausführen wollen, müssen Sie die Taste und anschließend die mit ENTER beschriftete Taste drücken.

EQUATION



3. Schritt: Geben Sie die rechte Seite der Gleichung für die Produktionsmenge ein. Um Buchstaben eingeben zu können, wird die Taste α gebraucht. Sie aktivieren damit die Alpha-Tastenbelegung. In diesem Handbuch wird die Betätigung von α vor einem Buchstaben (z.B. G) vorausgesetzt und nicht jedes Mal extra angegeben. Wenn Sie also das G aus der nachstehenden Tastenfolge eingeben wollen, drücken Sie zuerst α und dann die Taste α [MTH], neben der rechts das G aufgedruckt ist. Wenn Sie einen Fehler machen, benutzen Sie die Taste \leftarrow , um den Cursor um ein Zeichen nach links zu rücken und dabei das dort stehende Zeichen zu löschen, oder drücken Sie α [ATTN], um den EquationWriter zu verlassen und neu anzufangen.

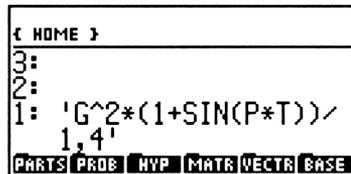
G α y^x 2 \rightarrow \leftarrow $()$ 1 $+$
 α [SIN] P α \times T \rightarrow \rightarrow \div 1.4



The calculator screen displays the mathematical expression $G^2 \cdot (1 + \sin(P \cdot T)) / 1.4$. The expression is entered in two lines: the first line contains $G^2 \cdot (1 + \sin(P \cdot T))$ and the second line contains 1.4 with a division symbol. At the bottom of the screen, a menu bar shows options: PARTS, PROB, HYP, MATR, VECTR, and BASE.

4. Schritt: Geben Sie den Ausdruck in den Stack ein. Wenn Sie einen mathematischen Ausdruck aus dem EquationWriter in den Stack geben, verliert er seine "Buchform" und nimmt eine für Computer üblichere Form an.

α [ENTER]



The calculator screen shows the stack after pressing the alpha key and the enter key. The stack is displayed as follows:

- 3: (empty)
- 2: (empty)
- 1: $G^2 \cdot (1 + \sin(P \cdot T)) / 1.4$

 The expression is now in a linear, computer-readable format. The menu bar at the bottom remains the same: PARTS, PROB, HYP, MATR, VECTR, and BASE.

Der Stack ist einfach eine Folge von numerierten (1:, 2:, 3:, ...) Speicherplätzen. Meistens werden vier Ebenen gleichzeitig angezeigt, der Stack kann jedoch viel mehr Ebenen enthalten. Wenn Sie ein Objekt, d.h. eine gewisse Menge an Information, in den Stack eingeben, wird es auf die Ebene 1 gelegt und schiebt alle anderen Objekte eine Ebene nach oben. Wenn Objekte gelöscht oder in einer Berechnung verwendet werden, werden sie dem Stack entnommen, und die anderen Objekte rutschen entsprechend in neue Ebenen herunter. Die gerade von Ihnen eingegebene Formel gelangte in die Ebene 1 des Stack.

5. Schritt: Nennen Sie den algebraischen Ausdruck $AUSST(OSS)$.

 AUSST 



Wenn Sie einem Objekt (in diesem Fall einem algebraischen Ausdruck) einen Namen geben, speichern Sie dieses Objekt in einer **Variablen**. Sie können dann den Namen benutzen, um das Objekt selbst zu darzustellen.

6. Schritt: Da die Ihnen genannte Formel eine trigonometrische Funktion beinhaltet, müssen Sie einen *Winkelmodus* wählen. Stellen Sie den Radiant-Modus ein.  ist die Taste  mit der Umschalttaste links.

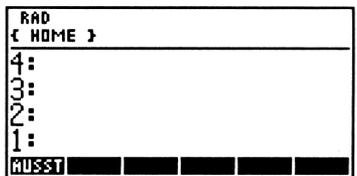


Wenn Sie   drücken, erscheint das Wort RAD im oberen linken Teil des Displays. Es ist einer von mehreren **Indikatoren**, die oben im Display erscheinen können und bestimmte Modi des HP 48 anzeigen. Ein anderer Indikator, α , erscheint, wenn Sie  drücken. Er zeigt an, daß sich der Taschenrechner im Alpha-Eingabemodus befindet.

Der Indikator RAD teilt Ihnen mit, daß Winkel in Radiant interpretiert und ausgedrückt werden. (Wenn Sie den Radiant-Modus wieder verlassen und in den Grad-Modus zurückkehren möchten, drücken Sie einfach nochmals  , und der Indikator wird verschwinden.

7. Schritt: Aktivieren Sie das Menü VAR.

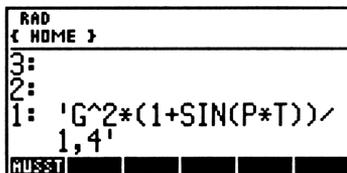




Wenn Sie  drücken, erscheint das Menü VAR am unteren Ende des Displays. Ein **Menu** ist eine zeitweilige Definition der oberen sechs weißen Tasten auf der Tastatur.

8. Schritt: Rufen Sie die Variable *AUSST* in den Stack zurück. *AUSST* ist das erste Menüfeld im Menü VAR, also müssen Sie, um \rightarrow *AUSST* auszuführen, zuerst \rightarrow und dann die erste weiße Taste auf der Tastatur (die Taste, neben der der weiße Buchstabe A steht) drücken.

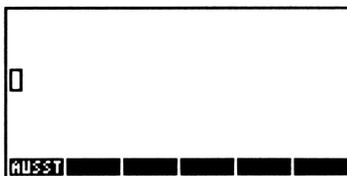
\rightarrow *AUSST*



Benutzen Sie nun den EquationWriter, um das Integral zu erstellen.

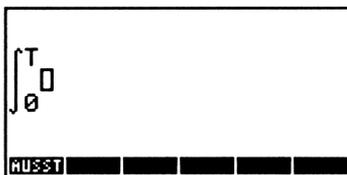
9. Schritt: Aktivieren Sie den EquationWriter.

\rightarrow *EQUATION*



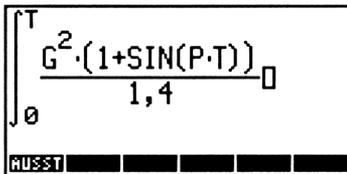
10. Schritt: Setzen Sie die Integrationsgrenzen auf 0 (null) und *T*. \int ist die rechts umgeschaltete Belegung der Taste *COS*.

\rightarrow \int 0 \rightarrow *T* \rightarrow



11. Schritt: Fügen Sie den Integranden in das Integral ein. \rightarrow *RCL* befindet sich oberhalb der Taste *STO* und ruft – in diesem Zusammenhang – das Objekt aus Ebene 1 in den EquationWriter ab. (Es dauert einige Sekunden, bis das Integral angezeigt wird.)

\rightarrow *RCL*



12. Schritt: Fügen Sie die Integrationsvariable T hinzu.

▶ T

$$\int_0^T \frac{G^2 \cdot (1 + \sin(P \cdot T))}{1,4} dT$$

13. Schritt: Integrieren Sie. Die Taste **EVAL** wertet ein Objekt, in diesem Fall ein Integral, aus.

EVAL

$$1: \frac{G^2 \cdot (1 * T + -\cos(P * T))}{1,4} \Big|_{T=0}^{T=T}$$

14. Schritt: Werten Sie es weiter aus, um die Grenzen in das Ergebnis einzusetzen.

EVAL

$$1: \frac{G^2 \cdot (T - \cos(P * T))}{1,4} - \frac{G^2 \cdot (-1)}{1,4}$$

15. Schritt: Aktivieren Sie das Menü ALGEBRA und vereinfachen Sie die Gleichung, indem Sie gleiche Terme zusammenfassen. Die Taste **ALGEBRA** ist die links umgeschaltete Belegung der Taste **9**, **COLCT** ist das erste Feld des Menüs ALGEBRA.

◀ **ALGEBRA** COLCT

$$1: \frac{G^2 \cdot (T - \cos(P * T))}{1,4} + \frac{G^2}{1,4}$$

16. Schritt: Nennen Sie den Ausdruck *VOLUMEN*. Wenn Sie **[SOLVE]** drücken, erscheint im Menü am unteren Rand des Displays **NEW** als drittes Menüfeld. Also müssen Sie, um dieses auszuführen, die dritte weiße Taste auf der Tastatur betätigen. Beachten Sie bitte auch, daß die Buchstaben V, O, L, U, M und E in der nachstehenden Tastenfolge Zeichen der Alpha-Eingabe sind. In diesem Fall brauchen Sie die Taste **[α]** jedoch nicht zu betätigen, denn **NEW** stellt den Taschenrechner automatisch auf den Alpha-Eingabemodus um.

[SOLVE] **NEW** **VOLUMEN** **[ENTER]**

```

Current equation:
VOLUMEN: ',7142857142...
4:
3:
2:
1:
SOLVR ROOT NEW EDEQ STEQ CAT

```

17. Schritt: Speichern Sie die gegebenen Werte für *G* (12) und *P* (4.2).

12 **[ENTER]** **[α]** G **[STO]**

4.2 **[ENTER]** **[α]** P **[STO]**

```

RAD
{ HOME }
4:
3:
2:
1:
SOLVR ROOT NEW EDEQ STEQ CAT

```

Haben Sie gesehen, was mit dem Stack passierte, als Sie den ersten Schritt der obigen Tastenfolge ausführten? Der Stack bewegte sich auf dem Display nach oben und der Text, den Sie eintippten, erschien in der Zeile unterhalb der Ebene 1. Diese Zeile heißt **Befehlszeile**.

18. Schritt: Aktivieren Sie den Gleichungskatalog. Der **Gleichungskatalog** enthält sämtliche algebraischen Objekte, die Sie erstellt und benannt haben (d.h. in einer Variablen gespeichert haben). Als Sie die Ausdrücke für den Ausstoß und die Produktionsmenge benannten, wurden sie automatisch in den Gleichungskatalog aufgenommen. Die Gleichung(en) dieses Katalogs können sie bearbeiten, lösen oder sich grafisch darstellen lassen.

CAT

```

RAD
{ HOME }
▶EQ: 'VOLUMEN'
VOLUMEN: ',714285714...
AUSSTOSS: 'G^2*(1+SI...
PLOT SOLVR EQ+ EDIT →STK VIEW

```

Eine der im Gleichungskatalog aufgeführten Gleichungen heißt *EQ*. *EQ* ist ein Name, die der Rechner automatisch an die **aktuelle Gleichung** vergibt, die Gleichung, die er in den Anwendungen Plot oder HP Solve verwendet. Da der Taschenrechner diesen Namen für bestimmte Zwecke benötigt, wird er **reservierter Variablenname** genannt.

19. Schritt: Erstellen Sie eine Liste mit den Gleichungen für den Ausstoß und die Produktionsmenge, so daß sie beide gleichzeitig graphisch darstellen lassen können.

▼ EQ+ ▼ EQ+

```
{ VOLUMEN AUSSTOSS }
EQ: 'VOLUMEN'
VOLUMEN: '714285714...'
▶AUSSTOSS: 'G^2*(1+SI...'
PLOT SOLVE EQ+ EDIT →STK VIEW
```

Am oberen Rand des Displays erscheint eine Liste, die Sie gerade mit der Taste EQ+ erstellt haben. Sie enthält die Namen der Ausdrücke für den Ausstoß und das Volumen. Eine **Liste** ist ein weiterer Objekttyp des HP 48 und wird von { } eingeschlossen. Wenn Sie den Katalog durch Auswahl einer Anwendung aus dem Menü verlassen, wird diese Liste zur aktuellen Gleichung. (Sie können einen Katalog auch durch Drücken von **ATTN** verlassen.)

20. Schritt: Aktivieren Sie die Plot-Anwendung.

PLOTR

```
Plot type: FUNCTION
EQ: { VOLUMEN AUSSTOS...
Indep: 'X'
x:      -6,5      6,5
y:      -3,1      3,2
ERASE DRAW AUTO BRNG YRNG INDEP
```

Beachten Sie die Statusinformationen über den aktuellen Graphentypen, die aktuelle Gleichung (*EQ*), die unabhängige Variable sowie die Bereiche auf der *x*- und *y*-Achse, die dargestellt werden sollen. Wenn Sie eine Anwendung aktivieren, zeigt der HP 48 normalerweise Statusinformationen bezüglich der aktuellen Werte und Einstellungen für diese Anwendung an.

21. Schritt: Ändern Sie den Abbildungsbereich für die x -Achse auf 0 bis 10 Stunden.

0 [SPC] 10 [XRNG]

```
Plot type: FUNCTION
EQ: ( VOLUME RATE )
Indep: 'X'
x:      0      10
y:     -3,1    3,2
[ERASE] [DRAW] [AUTO] [RANG] [YRNG] [INDEP]
```

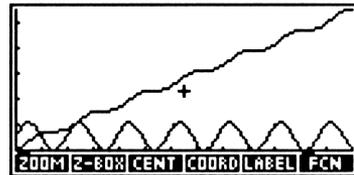
22. Schritt: Legen Sie T als unabhängige Variable fest.

[T] [INDEP]

```
Plot type: FUNCTION
EQ: ( VOLUMEN AUSSTOS...
Indep: 'T'
x:      0      10
y:     -3,1    3,2
[ERASE] [DRAW] [AUTO] [RANG] [YRNG] [INDEP]
```

23. Schritt: Lassen Sie sich die beiden Gleichungen bei automatischer Skalierung der y -Achse anzeigen.

[AUTO]

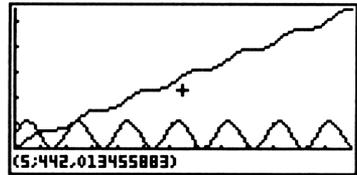


Wenn der Graph erscheint, befinden Sie sich in der **Grafikumgebung**. Der Begriff *Umgebung* wird in diesem Handbuch für die Beschreibung eines besonderen Zustandes des Taschenrechners verwendet, in welchem die Tastatur umdefiniert ist und in dem ausschließlich ganz spezielle Aufgaben ausgeführt werden können. Betrachten Sie einen Moment lang die Grafik. Beachten Sie den regelmäßigen Zyklus des Produktionsausstoßes und den kumulativen Zuwachs der hergestellten Menge.

Bevor Sie nun nach T bei 1.000 Gallonen auflösen, entnehmen Sie dieser Zeichnung ein paar zusätzliche Informationen. Ermitteln Sie beispielsweise die Menge nach 6 Produktionsstunden.

24. Schritt: Lassen Sie sich die Koordinaten des Cursors anzeigen. Die beiden Zahlen in Klammern, die statt der Menüfelder erscheinen, stellen die x - beziehungsweise die y -Koordinate des Cursors dar.

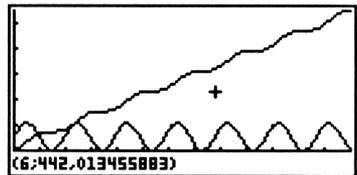
COORD



Diese beiden Zahlen sind 5 (die x -Koordinate) und 442.013455883 (die y -Koordinate).

25. Schritt: Drücken Sie mehrmals auf die Taste \blacktriangleright bis die linke Koordinate des Cursors genau sechs beträgt. Jedes Mal, wenn Sie \blacktriangleright drücken, bewegt sich der Grafik-Cursor und ändert sich der Wert für die x -Koordinate. Möglicherweise werden Sie den Wert 6 genau treffen. Falls den Grafik-Cursor zu weit bewegt haben, können Sie \blacktriangleleft benutzen, um wieder zurückzugehen.

\blacktriangleright \blacktriangleright ...



Die Taste \blacktriangleright ist eine der vier **Cursor-Tasten** (\blacktriangleright , \blacktriangledown , \blacktriangleleft und \blacktriangleup) auf der Tastatur.

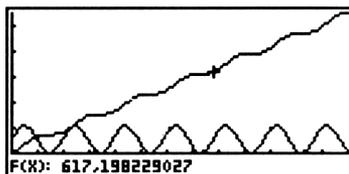
26. Schritt: Geben Sie die Menüfelder in das Display zurück und aktivieren Sie das Menü FCN. Die Funktionen im Menü GRAPHICS FCN erlauben es Ihnen, das Verhalten der angezeigten Funktion zu untersuchen.

\boxplus FCN



27. Schritt: Berechnen Sie die Produktionsmenge nach 6stündiger Produktion. Manche Menüs haben – wie in diesem Fall – mehr als sechs Eingabemöglichkeiten, belegen also mehr als eine Seite. Die Taste **[NXT]** bringt Sie dann zur nächsten Seite eines Menüs. **F(X)**, das sich auf Seite 2 des Menüs FCN befindet, gibt den Funktionswert an der durch den Cursor angezeigten Stelle aus.

[NXT] **F(X)**



Nach sechs Stunden beträgt die Produktionsmenge etwa 617 Gallonen.

28. Schritt: Kehren Sie wieder ins Menü FCN zurück, verlassen Sie die Grafik-Umgebung und aktivieren Sie das Menü VAR.

[ATTN] **[ATTN]** **[VAR]**

```

RAD
{ HOME }
-----
4:
3:
2:
1: F(x): 617,198229027
-----
T PPR P G EQ VOLU
    
```

Das Drücken von **[ATTN]** (**[ON]**) ist der normale Weg, spezielle Anzeigen und Umgebungen zu verlassen.

29. Schritt: Lassen Sie sich den Ausdruck für das Volumen anzeigen, um ihn zu bearbeiten. Die Taste **[←][EDIT]** kopiert ein Objekt zum Bearbeiten in die Befehlszeile.

VOLU **[←][EDIT]**

```

RAD                                ALG PRG
{ HOME }
-----
↓, 714285714286*(-(
COS(P*T)/P)+T)*G^2+
; 714285714286/P*G^2
↑
-----
←SKIP SKIP → ←DEL DEL → INS ▢ ↑STK
    
```

30. Schritt: Wandeln Sie den Ausdruck in eine Gleichung um, indem Sie die linke Seite – d.i. die Variable V für Volumen, die nachher zum Auflösen nach T bei einem V von 1.000 benötigt wird – hinzufügen. [=] ist die nach links umgeschaltete Taste [0].

[▶] V [←] [=] [ENTER]

```

RAD
[ HOME ]
1: 'V=,714285714286*(-
  (COS(P*T)/P)+T)*G^2
  +,714285714286/P*G^
  2'
T PPR% P G EQ VOLU
  
```

31. Schritt: Speichern Sie die bearbeitete Gleichung wieder in *VOLUMEN* ab.

[←] VOLU

```

RAD
[ HOME ]
4:
3:
2:
1: F(x): 617,198229027
T PPR% P G EQ VOLU
  
```

Das Drücken von [←] vor einer Taste des Menüs VAR speichert das Objekt aus Ebene 1 in der betreffenden Variablen ab, wobei deren alter Inhalt überschrieben wird. Das Drücken von [▶] vor einer Taste des Menüs VAR schreibt den Inhalt der betreffenden Variablen in den Stack.

32. Schritt: Aktivieren Sie das Menü SOLVR in HP Solve. HP Solve erlaubt es Ihnen, eine Gleichung nach einer unbekanntem Variablen aufzulösen.

[←] [SOLVE] SOLVR

```

VOLUMEN: 'V=,71428571...
4:
3:
2:
1: F(x): 617,198229027
V P T G [ERR] INREQ
  
```

Beachten Sie, daß am oberen Rand des Display die Gleichung für das Volumen angezeigt wird. Wenn Sie HP Solve aktivieren, wird die aktuelle Gleichung als Bezug angezeigt.

33. Schritt: Da die Werte für P und G bereits bekannt sind, brauchen Sie nur noch den Wert für V anzugeben, um nach T auflösen zu können. Geben Sie 1.000 als Wert für V an.

1000

V: 1000
4:
3:
2:
1: F(x): 617,198229027
<input type="text" value="V"/> <input type="text" value="P"/> <input type="text" value="T"/> <input type="text" value="G"/> <input type="text" value="EXPR="/> <input "="" type="text" value="NREQ="/>

34. Schritt: Lösen Sie jetzt nach der Zeit T auf, die benötigt wird, um 1.000 Gallonen des Endprodukts herzustellen. In HP Solve bewirkt das Drücken von vor einer Menütaste das Auflösen nach dieser Variablen bei gegebenen Werten für die anderen Variablen.

Zero
4:
3:
2: F(x): 617,198229027
1: T: 9,41750334381
<input type="text" value="V"/> <input type="text" value="P"/> <input type="text" value="T"/> <input type="text" value="G"/> <input type="text" value="EXPR="/> <input "="" type="text" value="NREQ="/>

Mit den gegebenen Werten für die Prozessvariablen dauert es etwa 9,4 Stunden, um 1.000 Gallonen Öl herzustellen. (Die Nachricht **Zero** am oberen Rand des Displays bedeutet, daß eine genaue Lösung gefunden wurde.)

35. Schritt: Welches waren die Werte für die Prozessvariablen? Überprüfen Sie die Gleichungen und die Variablen, um dies herauszufinden.

VOLUME: 'V=,714285714...
V: 1000
P: 4,2
T: 9,41750334381
G: 12
<input type="text" value="V"/> <input type="text" value="P"/> <input type="text" value="T"/> <input type="text" value="G"/> <input type="text" value="EXPR="/> <input "="" type="text" value="NREQ="/>

Wenn der Herstellungsprozeß verbessert wird, so daß die Variable "G" einen Wert von 13,7 annimmt, wie lange braucht man dann, um 1.000 Gallonen des Endprodukts herzustellen?

36. Schritt: Geben Sie den neuen Wert für G ein.

13.7

G: 13,7
4:
3:
2: F(x): 617,198229027
1: T: 9,41750334381
<input type="button" value="V"/> <input type="button" value="P"/> <input type="button" value="T"/> <input type="button" value="G"/> <input type="button" value="EXPR"/> <input type="button" value="INTEG"/>

37. Schritt: Lösen Sie nach der geänderten Zeit auf.

Zero
4:
3: F(x): 617,198229027
2: T: 9,41750334381
1: T: 7,45810356588
<input type="button" value="V"/> <input type="button" value="P"/> <input type="button" value="T"/> <input type="button" value="G"/> <input type="button" value="EXPR"/> <input type="button" value="INTEG"/>

Wenn Sie den Herstellungsprozeß in der genannten Weise verbessern, werden etwa 7,46 Stunden für die Herstellung von 1.000 Gallonen benötigt – eine Einsparung von fast 2 Stunden!

Nehmen Sie für den letzten Teil dieses Beispiels an, daß der Tank mit 1.000 Gallonen (amerikanische Gallonen) Inhalt voll ist und daß Sie den gesamten Inhalt eines anderen, 2.500 Liter Öl fassenden Tanks hinzuaddieren wollen. Wie groß ist die Gesamtmenge Öl der beiden Tanks in amerikanischen Gallonen?

38. Schritt: Aktivieren Sie das Menü UNITS VOL. UNITS enthält Untermenüs (genau wie das Menü VOL), die ihrerseits verschiedene Arten von Einheiten enthalten. Diese Einheiten-Menüs können dazu verwendet werden, zu einer Zahl eine Einheit hinzuzufügen (wobei **Objekte mit Einheiten** gebildet werden) und Berechnungen mit unterschiedlichen Einheiten schnell und einfach durchzuführen.

RAD
{ HOME }
4:
3: F(x): 617,198229027
2: T: 9,41750334381
1: T: 7,45810356588
<input type="button" value="M°E"/> <input type="button" value="ST"/> <input type="button" value="CM°E"/> <input type="button" value="WO°E"/> <input type="button" value="FT°E"/> <input type="button" value="IN°E"/>

39. Schritt: Wählen Sie Seite 2 des Menüs, wo sich die Felder für Liter (**L**) und Gallonen (**GAL**) befinden.

[NXT]

RAD	
← HOME →	
4:	F(x): 617,198229027
3:	T: 9,41750334381
2:	T: 7,45810356588
1:	T: 7,45810356588
L GALU GALC GAL QT PT	

40. Schritt: Geben Sie das Volumen zusammen mit der umzuwandelnden Einheit ein.

2500 **L**

RAD	
← HOME →	
4:	F(x): 617,198229027
3:	T: 9,41750334381
2:	T: 7,45810356588
1:	2500_L
L GALU GALC GAL QT PT	

41. Schritt: Geben Sie das Volumen zusammen mit der Einheit ein, in der das Ergebnis ausgegeben werden soll.

1000 **GAL**

RAD	
← HOME →	
4:	T: 9,41750334381
3:	T: 7,45810356588
2:	2500_L
1:	1000_gal
L GALU GALC GAL QT PT	

42. Schritt: Addieren Sie die beiden. Beachten Sie, daß die Umrechnung automatisch vorgenommen wird.

[+]

RAD	
← HOME →	
4:	F(x): 617,198229027
3:	T: 9,41750334381
2:	T: 7,45810356588
1:	1660,4301309_gal
L GALU GALC GAL QT PT	

Das Gesamtvolumen der beiden Öltanks beträgt etwa 1.660,43 amerikanische Gallonen. An dieser Stelle braucht der HP 48 nicht mehr im Radiant-Modus zu bleiben. Drücken Sie also **[←] [RAD]**, um den Indikator **RAD** auszuschalten und in den Grad-Modus zurückzukehren (die Grundstellung). Sie können auch den Stack löschen, indem Sie **[→] [CLR]** drücken.

Einstellen von Uhrzeit und Datum

Stellen Sie, bevor Sie fortfahren, die Systemzeit und das Datum ein:

Aktivieren Sie das Menü TIME SET.

 TIME SET

{ HOME }	01/04/90	10:45:15P
4:		
3:		
2:		
1:		
→DAT	→TIM	A/PM 12/24 M/O

Geben Sie die aktuelle Uhrzeit in der Form *HH.MMSS* (*Stunden/Minuten/ Sekunden*) im 24-Stunden-Format ein. (In diesem Beispiel ist es 5:35 vormittags. Setzen Sie die tatsächliche Uhrzeit ein.)

17.3500 →TIM

{ HOME }	04.01.90	17:35:13
4:		
3:		
2:		
1:		
→DAT	→TIM	A/PM 12/24 M/O

Geben Sie das Tagesdatum in der Form *MM.TTJJJJ* (*Monat/Tag/Jahr*) ein. In diesem Beispiel ist es der 30. Juni 1990. Setzen Sie das tatsächliche Datum ein.)

6.301990 →DAT

{ HOME }	30.06.90	17:36:38
4:		
3:		
2:		
1:		
→DAT	→TIM	A/PM 12/24 M/O

Das Datum und die Uhrzeit, die Sie gerade eingegeben haben, erscheinen in der rechten oberen Ecke des Displays.

Gehen Sie nun, da Datum und Uhrzeit eingestellt sind, ins Menü MTH. (Obwohl die laufende Uhr verschwindet, stehen das aktuelle Datum und die Uhrzeit im Taschenrechner zur Verfügung.)

MTH



Weitere Informationen finden Sie in Kapitel 24 “Uhrzeit, Termine und Datumsarithmetik”.

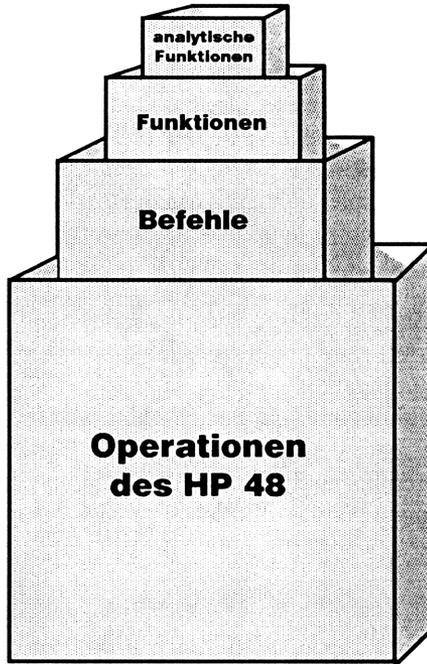
Sie haben nun einen ersten kurzen Überblick über einige der Merkmale des HP 48 gewonnen, und Sie haben die Systemzeit sowie das Datum eingestellt. Es gibt während des Durcharbeitens des restlichen Handbuchs natürlich noch viel mehr von der Leistungsfähigkeit des HP 48 zu entdecken – für den Anfang sind Sie jedoch gut gerüstet. Der weitere Stoff dieses Kapitels wird Ihnen helfen, die anderen Kapitel besser zu verstehen. Lesen Sie zunächst den Rest dieses Kapitels, bevor Sie zu Kapitel 2 weitergehen.

Klassifizierung der Operationen des HP 48

Eine *Operation* ist jede Aktion, die der HP 48 vollziehen kann. Im Beispiel dieses Kapitels haben Sie eine Vielzahl von Operationen ausgeführt – mit jedem Tastendruck eine. Später wird es hilfreich sein, zu wissen, ob eine Operation in ein Programm eingebaut oder in ein algebraisches Objekt integriert werden kann und ob es eine Umkehrung oder eine Ableitung besitzt. Dazu wurden die Operationen in verschiedene Kategorien eingeteilt, die im gesamten Handbuch Verwendung finden:

- **Operation:** jeder in den Taschenrechner eingebaute Prozeß, der durch einen Namen oder eine Taste repräsentiert wird.
- **Befehl:** jede programmierbare Operation.
- **Funktion:** jeder Befehl, der in algebraischen Objekten vorkommen kann.
- **Analytische Funktion:** jede Funktion, zu der der HP 48 eine Umkehrung und eine Ableitung kennt.

Analytischen Funktionen sind eine Untergruppe der Funktionen; die Funktionen sind eine Untergruppe der Befehle, und die Befehle sind eine Untergruppe der Operationen.



SIN ist z.B. eine analytische Funktion: sie hat eine Umkehrung und eine Ableitung, sie kann in ein algebraisches Objekt eingebaut werden, und sie ist programmierbar. SWAP (der Befehl zum Vertauschen der Ebenen 1 und 2 des Stacks) ist jedoch nur ein Befehl – er kann in ein Programm, jedoch nicht in einen algebraischen Ausdruck integriert werden und hat auch keine Ableitung sowie keine Umkehrung. Im Register der Operationen im hinteren Teil von Band 2 können Sie die Klassifizierung jeder einzelnen Operation nachschlagen. Außerdem werden die Aktionen des HP 48 im gesamten Handbuch an den entsprechenden Stellen als Operationen, Befehle, Funktionen oder analytische Funktionen kenntlich gemacht.

Wie geht's weiter?

Jetzt, nach dem Durcharbeiten von Kapitel 1, sind Sie für einen näheren Blick auf den HP 48 gerüstet. Dieses zweibändige Handbuch ist praktischerweise in fünf Teile gegliedert. Lesen Sie zunächst den Rest von *Teil 1: Grundlagen*, um ein tieferes Verständnis für die Grundlagen des HP 48 zu gewinnen. Schlagen Sie anschließend in den betreffenden Kapiteln von *Teil 2: Grundfunktionen*, *Teil 3: Leistungsfunktionen*, *Teil 4: Programmieren* oder *Teil 5: Drucken, Datenübertragung und Einsteckmodule* nach – abhängig von der Art der Aufgaben, die Sie mit Hilfe des HP 48 lösen wollen. Das Inhaltsverzeichnis am Anfang dieses Handbuchs enthält eine Liste aller Kapitel mit ihren Hauptpunkten.

Wenn Sie spezielle Informationen über eine Operation des Taschenrechners benötigen, können Sie jederzeit im Register der Operationen am Schluß von Band 2 nachsehen, wo eine Beschreibung der Operationen und ein Verweis auf die betreffende Handbuchseite gegeben wird. Ebenfalls hinten in Band 2 befindet sich ein umfangreiches Sachregister, das Ihnen beim Auffinden spezieller Themen hilft.

Die Tastatur und das Display



Kapitel 2 gibt Ihnen eine detaillierte Beschreibung der Tastatur und des Displays. Das Verständnis der in diesem Kapitel enthaltenen Informationen ist eine wichtige Grundlage für eine effektive Arbeit mit Ihrem HP 48.

Aufbau des Displays

Das Display ist für die meisten Operationen in drei Abschnitte unterteilt. Diese Anordnung wird *Stackanzeige* genannt.



- Der obere Abschnitt zeigt Meldungen und Statusinformationen an.
- Der mittlere Abschnitt stellt den *Stack* dar und enthält die *Befehlszeile*.

- Im unteren Abschnitt befinden sich die *Menüfelder*, die die derzeitige Funktion der sechs Menütasten in der oberen Reihe der Tastatur angeben.

Der Stack

Der Stack ist eine Folge von Speicherplätzen, auf denen die Daten angeschaut und bearbeitet werden können. Er ist in Ebenen unterteilt: Ebene 1, 2, 3 usw. Generell geben Sie zunächst Daten in den Stack ein und lassen dann Befehle ausführen, die diese Daten verarbeiten.

Die Stackanzeige stellt Ebene 1 dar und so viele weitere Ebenen, wie Platz finden. Wenn Sie Daten eingeben, vergrößert sich der Stack, um mehr Information aufnehmen zu können. Die Zahl der Ebenen ist nur durch die Menge des verfügbaren Speichers begrenzt.

Die Befehlszeile

Die Befehlszeile dient zur Eingabe und Bearbeitung von Text. Wenn Sie mehr als 21 Zeichen eingeben, "rollen" die links stehenden Zeichen aus dem Bild, und es erscheinen drei Auslassungspunkte (. . .), die anzeigen, daß sich "weiter links" noch mehr Daten befinden.

Beispiel: Benutzung des Stacks und der Befehlszeile. Die nachstehende Tastenfolge veranschaulicht, wie der Stack und die Befehlszeile benutzt werden, wenn $\sqrt{15+23}$ berechnet werden soll.

Löschen Sie den Stack.

 CLR

```

┌ HOME ─┘
4:
3:
2:
1:
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE
  
```

Geben Sie 15 in die Befehlszeile ein.

15

```

15↓
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE
  
```

Übertragen Sie den Inhalt der Befehlszeile in Ebene 1.



```

1: 15
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE
  
```

Geben Sie 23 in den Stack ein. Die Eingabe einer zweiten Zahl schiebt die 15 in die Ebene 2.

23 **[ENTER]**

```
2: 15
1: 23
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE
```

Addieren Sie die beiden Zahlen. Die beiden Werte werden aus dem Stack entnommen, und ihre Summe wird in Ebene 1 zurückgegeben.

[+]

```
1: 38
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE
```

Berechnen Sie jetzt die Quadratwurzel des Wertes in Ebene 1.

[√x]

```
1: 6,16441400297
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE
```

Eintippen von Zahlen

Zahlen werden in die Befehlszeile eingetippt. Wenn Sie einen Tippfehler machen, dann benutzen Sie die Taste (**[⌫]**) um ihn zu löschen.

Um eine negative Zahl einzugeben, tippen Sie zuerst die Ziffern und drücken dann **[+/-]**.

Eingeben einer Zahl als Mantisse mit Exponent:

1. Tippen Sie die Mantisse ein. Soll sie negativ sein, dann drücken Sie **[+/-]**, um das Vorzeichen zu ändern.
2. Drücken Sie **[EEX]**.
3. Tippen Sie den Exponenten ein. Soll er negativ sein, drücken Sie **[+/-]**.

Berechnen Sie $10^{-2,3}$.

Geben Sie -2.3 ein.

2.3 **[+/-]**

```
1: 6,16441400297
-2,3
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE
```

Führen Sie die Berechnung aus.

[←] [10^x]

```
2: 6,16441400297
1: 5,01187233627E-3
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE
```

Berechnen Sie $\frac{-8,09 \times 10^{12}}{4,81 \times 10^{-6}}$.

Geben Sie die beiden Zahlen ein.

8.09 $\boxed{+/-}$ $\boxed{\text{EEX}}$ 12 $\boxed{\text{ENTER}}$

4.81 $\boxed{\text{EEX}}$ 6 $\boxed{+/-}$ $\boxed{\text{ENTER}}$

```
2: -8,09E12
1: ,00000481
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE
```

Dividieren Sie die beiden Zahlen.

$\boxed{\div}$

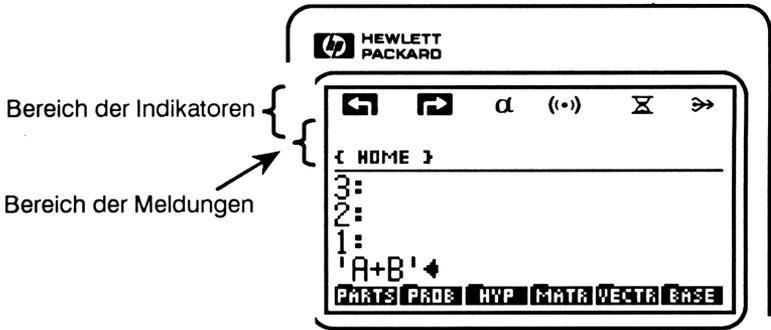
```
1: -1,68191268191E18
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE
```

Statuszeilen, Indikatoren und Meldungen

In den Statuszeilen wird folgendes angezeigt:

- Indikatoren, die den aktuellen Status des Taschenrechners anzeigen.
- Der aktuelle Verzeichnispfad: Wenn Sie den Taschenrechner zum ersten Mal einschalten, ist der aktuelle Verzeichnispfad $\{ \text{HOME} \}$. Verzeichnisse unterteilen den Speicher in Abschnitte, ähnlich den Akten in einem Aktenschrank. Verzeichnisse werden in Kapitel 7 behandelt.
- Meldungen, die das Auftreten eines Fehlers anzeigen oder die Ihnen andere Informationen liefern, mit denen Sie den Taschenrechner noch effektiver nutzen können.

Die ersten sechs Indikatoren in der nachfolgenden Liste erscheinen am äußersten oberen Rand des Displays. Der Bereich der übrigen Indikatoren und der Bereich des Verzeichnispfades werden auch von Meldungen benutzt. Wenn Sie eine Meldung löschen, erscheinen wieder der Verzeichnispfad und die eventuell aktiven Indikatoren.



Indikatoren

Symbol	Bedeutung
	Umschaltung links ist aktiv (Sie haben gedrückt).
	Umschaltung rechts ist aktiv (Sie haben gedrückt).
α	Die Alpha-Tastenbelegung ist aktiv (Sie haben gedrückt).
(••)	Alarm: Sie haben einen Termin, oder es wurde ein schwacher Batteriezustand festgestellt. Die Meldung in den Statuszeilen liefert Ihnen genauere Informationen. (Falls dort keine Meldung erscheint, dann schalten Sie den Taschenrechner aus und wieder ein. Es sollte jetzt eine Meldung über die Ursache des Alarms sichtbar sein.)
	Der Rechner ist gerade belegt und kann z.Z. keine neuen Eingaben verarbeiten. Er kann dann jedoch bis zu 15 Tastendrücke speichern und diese dann abarbeiten, wenn er wieder frei ist.
	Es werden gerade Daten an ein externes Gerät gesendet.

Indikatoren (Fortsetzung)

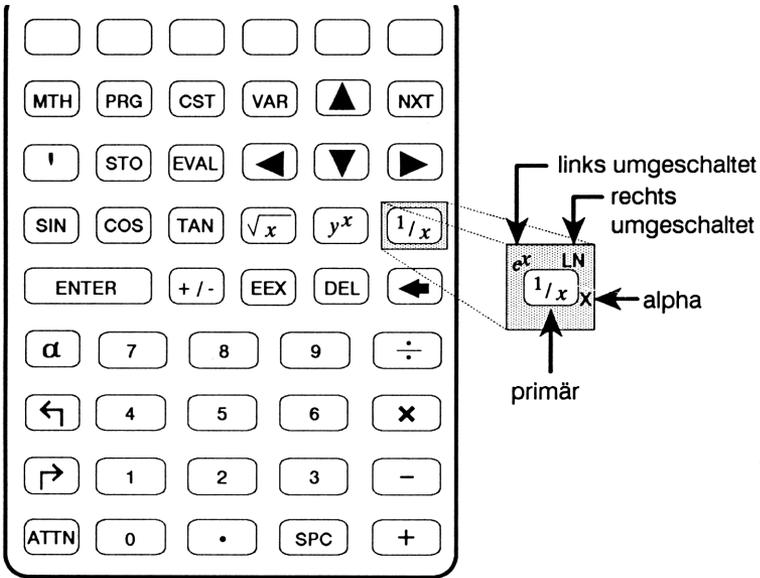
Symbol	Bedeutung
RAD	Der Winkelmodus "Radiant" ist aktiv.
GRAD	Der Winkelmodus "Grad" ist aktiv.
RZZ	Der Modus für Zylinderkoordinaten ist aktiv.
RZZ	Der Modus für Kugelkoordinaten ist aktiv.
HALT	Die Ausführung eines Programms wurde unterbrochen.
1 2 3 4 5	Es wurden die angezeigten benutzerdefinierten Flags gesetzt.
1USR	Die benutzerdefinierte Tastaturbelegung ist für eine Operation aktiv.
USER	Die benutzerdefinierte Tastaturbelegung ist so lange aktiv, bis Sie  [USR] drücken.
ALG	Der algebraische Eingabemodus ist eingeschaltet.
PRG	Der Modus für die Programmeingabe ist eingeschaltet.

Aufbau der Tastatur

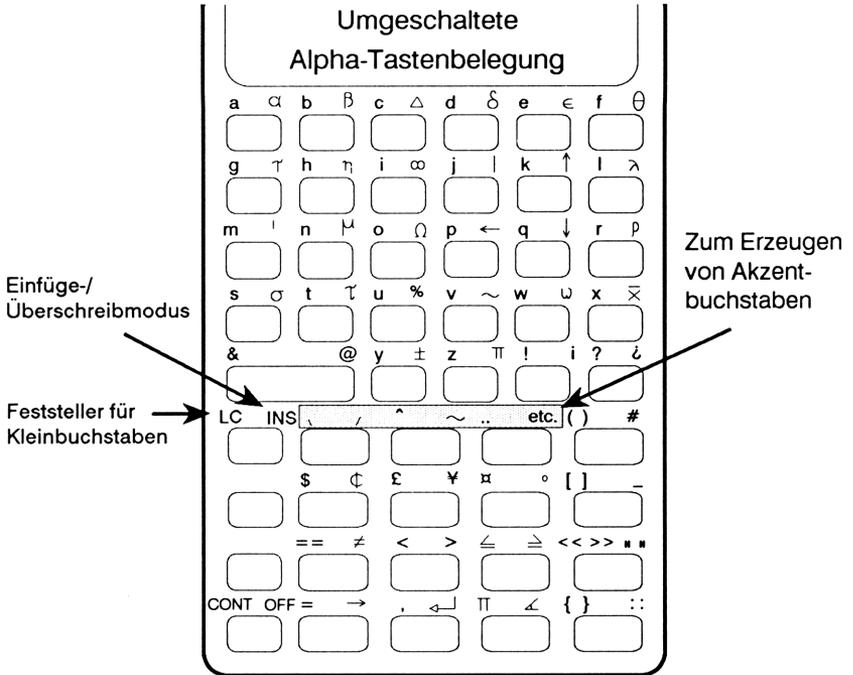
Die Tastatur des HP 48 hat sechs Ebenen, die jeweils eine unterschiedliche Tastenbelegung enthalten:

- *Die Haupttastenbelegung* wird durch den Aufdruck auf der Tastenoberseite wiedergegeben. So gehören z.B. , , ,  und  zur Haupttastenbelegung.
- *Die links umgeschaltete Tastenbelegung* wird durch Drücken von  auf der Haupttastenbelegung eingeschaltet. Die Bedeutung einer links umgeschalteten Taste ist orangefarbig links oberhalb der zugehörigen Haupttaste aufgedruckt. Um beispielsweise ASIN auszuführen, drücken Sie die Taste  und dann die zugeordnete Taste .

- *Die rechts umgeschaltete Tastenbelegung* wird durch Drücken von  eingeschaltet. Die Bedeutung einer rechts umgeschalteten Taste ist blau rechts oberhalb der zugehörige Haupttaste aufgedruckt. Um beispielsweise →NUM auszuführen, drücken Sie die Taste  und dann die zugeordnete Taste **[EVAL]**.
- *Die Alpha-Tastenbelegung* wird durch Drücken der Taste  eingeschaltet. Die Bedeutung einer Alpha-Taste ist weiß rechts von der zugehörigen Haupttaste aufgedruckt. Alpha-Tasten sind nur mit Großbuchstaben belegt. Um beispielsweise ein N zu erzeugen, drücken Sie  und dann die zugehörige Taste **[STO]**. Wenn die Alpha-Tastenbelegung aktiviert ist, behält der Ziffernblock seine numerischen Operationen.
- *Die links umgeschaltete Alpha-Tastenbelegung* wird durch Drücken von  und anschließend  eingeschaltet. Die links umgeschalteten Alpha-Zeichen sind hauptsächlich Kleinbuchstaben sowie einige Sonderzeichen. Um beispielsweise ein n zu erzeugen, drücken Sie nacheinander ,  und **[STO]**. (Die links umgeschalteten Alpha-Zeichen wurden nicht auf die Tastatur aufgedruckt.)
- *Die rechts umgeschaltete Alpha-Tastenbelegung* wird durch Drücken von  und anschließend  eingeschaltet. Die rechts umgeschalteten Alpha-Zeichen sind griechische Buchstaben und andere Sonderzeichen. Um beispielsweise ein λ zu erzeugen, drücken Sie nacheinander ,  und **[NXT]**. (Die rechts umgeschalteten Alpha-Zeichen wurden nicht auf die Tastatur aufgedruckt.)



Um die Tastatur des HP 48 nicht zu sehr zu überfrachten, wurden die meisten der rechts bzw. links umgeschalteten Alpha-Zeichen nicht aufgedruckt. Die nachstehende Abbildung zeigt die rechts und links umgeschaltete Alpha-Tastenbelegung.



Die Umschalttasten

Wenn Sie  (Umschalten links) oder  (Umschalten rechts) drücken, um auf die entsprechenden oberhalb der Haupttasten aufgedruckten Operationen zugreifen zu können, erscheint der Indikator  bzw. , der anzeigt, daß die links bzw. rechts umgeschaltete Tastenbelegung aktiviert ist.

Um die Umschaltung rückgängig zu machen, drücken Sie dieselbe Taste nochmals. Das Drücken der anderen Umschalttaste überschreibt die erste Umschaltung.

Die Alpha-Tastenbelegung

Um die *Alpha-Tastenbelegung* zu aktivieren und den Indikator α einzuschalten, drücken Sie α . Dies aktiviert den Alpha-Eingabemodus für die Eingabe eines Zeichens. So ergeben α und [SIN] nacheinander gedrückt S .

Sie können α gedrückt halten, um mehrere Buchstaben hintereinander einzugeben.

Die primären (nicht umgeschalteten) Belegungen sind rechts unterhalb jeder Taste auf die Tastatur aufgedruckt. Viele Tasten haben zusätzliche rechts und links umgeschaltete Alpha-Belegungen. (Alle Großbuchstaben sind nicht umgeschaltete und die entsprechenden Kleinbuchstaben links umgeschaltete Zeichen.)

Verriegeln des Alpha-Eingabemodus. Wenn Sie α zweimal hintereinander drücken, so bleibt der Alpha-Eingabemodus so lange eingeschaltet, bis Sie wieder α oder [ENTER] drücken.

Verriegeln des Alpha-Eingabemodus für Kleinbuchstaben. Sie können den Alpha-Eingabemodus für Kleinbuchstaben verriegeln, indem Sie α [↵] α drücken. Wenn Sie dann α (oder α α) drücken, werden kleine Alpha-Zeichen generiert, und Sie müssen [↵] drücken, um große Zeichen zu erhalten. Probieren Sie es am besten gleich aus, um die Wirkung zu sehen. ([↵] [DROP] löscht alle nicht benötigten Zeichen, die Sie eingetippt haben, wieder aus dem Display.)



Hinweis

Innerhalb der Tastenfolgen der Beispiele in diesem Handbuch ist die Taste α nicht ausdrücklich aufgeführt. So wird die Tastenfolge zur Eingabe von "HELL α " in den Stack als [→] ["] HELLO [ENTER] dargestellt. Obwohl es in der abgedruckten Tastenfolge nicht angegeben ist, müssen Sie dennoch auf eine der o.a. Arten den Alpha-Eingabemodus aktivieren, bevor Sie die Alpha-Zeichen eingeben.

Akzentbuchstaben

Verwenden Sie eines der Akzentzeichen (‘, ’, ~, ^ und ") oder die Taste **[etc]** zusammen mit einem Buchstaben, um einen Akzentbuchstaben zu erzeugen. Diese sechs Zeichen sind die rechts und links umgeschalteten Haupttasten **[7]**, **[8]** und **[9]** (siehe Abbildung der Tastatur auf 55). Um während der Texteingaben einen Akzentbuchstaben zu erzeugen, tippen Sie zuerst den Buchstaben und dann das Zeichen. Um bei der Textbearbeitung einen Akzent hinzuzufügen, setzen Sie den Cursor rechts neben den Buchstaben und geben dann das Akzentzeichen ein. In jedem der beiden Fälle wird der am nächsten links stehende Buchstabe geändert.

Beispiel: Akzentbuchstaben eingeben. Tippen Sie den Akzentbuchstaben **ÿ** ein.

Tippen Sie den Kleinbuchstaben **y** ein. (Das ist die linke Umschaltung der Taste **[+/-]**.)

y



Tippen Sie das Akzentzeichen ' (Das ist die rechts umgeschaltete Alpha-Belegung der Taste **[7]**.)



Beachten Sie, daß das Akzentzeichen nicht allein erscheint. Es formt vielmehr den ursprünglichen Buchstaben in ein akzentuiertes Sonderzeichen um. Drücken Sie **[ATTN]**, um die Befehlszeile zu löschen.

Die Taste **[etc]** und die Akzentzeichen werden auch zur Erzeugung von bestimmten Sonderzeichen verwendet. Nachstehende Tabelle zeigt die Sonderzeichen, die mit diesen Tasten erzeugt werden können:

mit   etc		mit irgendeinem Akzentzeichen	
aus:	wird:	aus:	wird:
A	À	C	Ç
a	á	c	ç
E	É	D	Ð
e	é	d	ð
O	Ó	F	ƒ
o	ó	f	ƒ

Die ATTENTION-Taste

Wenn der HP 48 eingeschaltet ist, wird **[ON]** zur **[ATTN]** (attention)-Taste. Generell unterbricht **[ATTN]** den aktuellen Vorgang:

- Wenn die Befehlszeile vorhanden ist, löscht **[ATTN]** diese.
- Wenn eine besondere Umgebung aktiviert ist, hebt **[ATTN]** diese auf und stellt die Stackanzeige wieder her.
- Wenn ein Programm abläuft, bricht **[ATTN]** dieses Programm ab.

Eingabe von Begrenzungszeichen

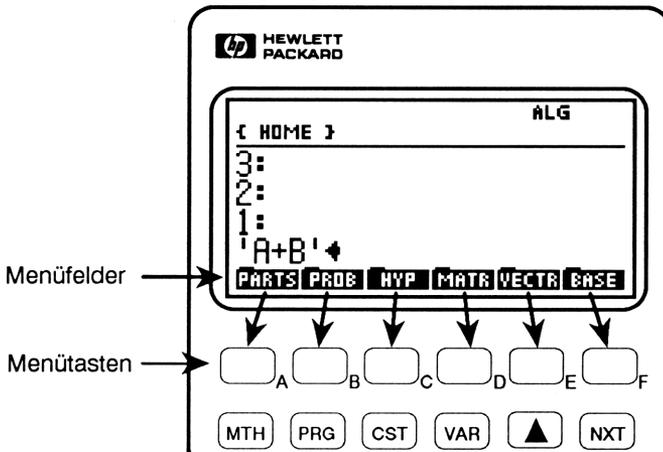
Die Tastatur enthält gewisse "Interpunktionszeichen", die *Begrenzungszeichen* genannt werden. Diese kennzeichnen die verschiedenen Informationsarten, die von Ihnen eingegeben werden können und *Objekte* heißen. So sind beispielsweise die reelle Zahl $4\epsilon, 3$, die Größe $14, 7_F\epsilon i$ (getrennt durch $_$), der algebraische Ausdruck $'A+B+C'$ (begrenzt durch zwei $'$ -Zeichen und der Vektor $[2, 3, 4]$ (begrenzt durch $[]$) verschiedene Objekttypen.

Wenn ein Objekt sowohl ein einleitendes als auch ein abschließendes Begrenzungszeichen besitzt (z.B. die eckigen Klammern um Vektoren), erzeugt die Taste für das Begrenzungszeichen beide Zeichen und positioniert den Cursor so, daß Sie das Objekt dazwischen schreiben können.

Objekte und Begrenzungszeichen werden in Kapitel 4 behandelt.

Menüs

Ein Menü ist ein Satz von Definitionen für die sechs weißen Menütasten am oberen Rand der Tastatur. Die aktuelle Belegung der Tasten wird durch die sechs *Menüfelder* am unteren Rand des Displays angezeigt.



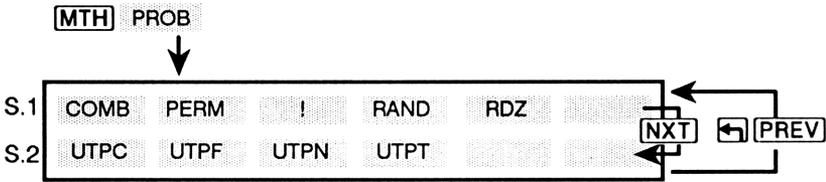
Manche Menüs haben mehrere Sätze von Feldern, sogenannte "Seiten". Sie können mit der Taste **[NXT]** mehrere Menüseiten durchblättern.

Wenn ein Menüfeld einen Strich über der linken Seite trägt, so rufen Sie, wenn Sie es anwählen, ein anderes Menü auf.

Anzeige von Menüs

Viele der Tasten auf der Tastatur des HP 48 rufen Menüs auf. Manche dieser Menüs enthalten mehr als sechs Einträge. Mit **[NXT]** blättern Sie zur nächste Seite mit Feldern und mit **[PREV]** kehren Sie zur vorhergehenden Seite zurück. Mehrmaliges Drücken von **[NXT]** führt Sie schließlich wieder zur ersten Seite. Um von jeder beliebigen Seite wieder unmittelbar zur ersten Seite zurückzukehren, drücken Sie **[PREV]**.

In der folgenden Abbildung des Menüs MTH PROB sehen Sie, wie **NXT** und **PREV** funktionieren:



Beispiel: Ein Menü aus Menüs. Das Menü MTH ist ein Menü, das andere Menüs enthält.

Drücken Sie **MTH** und beachten Sie, daß jedes Feld im Menü einen Strich oberhalb der linken Seite hat und somit ein anderes Menü aufruft.

MTH **PARTS** **PROB** **HYP** **MATR** **VECTR** **BASE**

Drücken Sie eine der Tasten des Menüs MTH und üben Sie die Anwendung von **NXT** und **PREV**.

Mit wenigen Ausnahmen gilt, daß wenn Sie in ein anderes Menü gehen wollen, Sie einfach nur die Tasten für das andere Menü drücken müssen – Sie brauchen nicht erst “herauszugehen” oder “zurückzukehren”, um aus einem Menü in ein anderes gehen zu können. (Die speziellen Menüs, bei denen das ein wenig anders ist, werden in späteren Kapiteln erklärt.)

Beispiel: Benutzung eines Menüs. Berechnen Sie 7!. Die Funktion Fakultät befindet sich im Menü MTH PROB (math probability).

Geben Sie die 7 ein und führen Sie die Funktion aus.

7 **MTH** **PROB** **!** **1:** **5040**
COMB **PERM** **!** **RAND** **RDZ**

Umschalten zum letzten Menü

Bei manchen Gelegenheiten werden Sie hauptsächlich in einem bestimmten Menü arbeiten, aber dennoch Befehle aus anderen Menüs benutzen wollen. Sie müssen beispielsweise kurzzeitig die dritte Seite des Menüs STAT verlassen, um einen Befehl aus der zweiten Seite des Menüs MTH PROB auszuwählen.

Wenn Sie von einem Menü ins andere gehen, speichert der HP 48 das letzte Menü, in dem Sie waren, und seine Seitennummer. Durch Drücken von  **LAST MENU** (über der Taste ) gelangen Sie wieder in dieses Menü. Menüs aus Menüs (wie das Menü MTH) werden nicht als letztes Menü gespeichert.

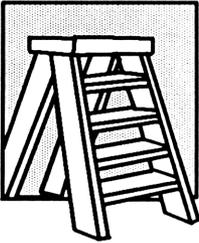
Anzeigemodi

Der *Anzeigemodus* steuert das Format, in dem der HP 48 Zahlen anzeigt. (Unabhängig vom aktuellen Anzeigemodus werden Zahlen immer als vorzeichenbehaftete, 12stellige Mantisse mit einem vorzeichenbehafteten, 3stelligen Exponenten gespeichert.) Die Tasten zum Einstellen des Anzeigemodus befinden sich im Menü MODES ( **MODES**). Ein Kästchen im Menüfeld zeigt an, daß dieser Modus aktiv ist: z.B.  heißt, daß der Standardmodus eingeschaltet ist.

Anzeigemodi

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
 MODES (Seiten 1 und 4)		
STD	STD	<i>Standardmodus:</i> Zeigt Zahlen in höchstmöglicher Genauigkeit an. Alle signifikanten Stellen rechts vom Komma, bis zu 12 Stellen, erscheinen.
FIX	FIX	<i>Festkomma-Modus:</i> Zeigt Zahlen auf die angegebene Anzahl von Dezimalstellen gerundet an. Reelle Zahlen im Stack werden mit Gliederungszeichen (Kommas, wenn das Dezimalzeichen ein Punkt ist, oder Punkten, wenn das Dezimalzeichen ein Komma ist) angezeigt.
SCI	SCI	<i>Wissenschaftlicher Modus:</i> Zeigt eine Zahl als Mantisse (mit einer Stelle vor dem Komma) und Exponent an.
ENG	ENG	<i>Technischer Modus:</i> Zeigt eine Zahl als Mantisse mit einem Exponenten, der ein Vielfaches von drei ist, an.
FM,		Schaltet zwischen Punkt und Komma als Dezimalzeichen hin und her. Ein Kästchen im Menüfeld besagt, daß das Komma Dezimalzeichen ist.

Der Stack und die Befehlszeile



Der Stack ist eine Serie von Ebenen, die jede als Speicherstelle für Daten fungieren. Wenn neue Daten eingegeben werden, werden die alten Daten jeweils eine Ebene höher geschoben. Das Display zeigt meistens vier Ebenen des Stacks gleichzeitig an, es können sich jedoch viel mehr Ebenen im Speicher befinden. Die Zahl der Ebenen im Stack wird nur durch die Menge des verfügbaren Speicherplatzes beschränkt.

Die Befehlszeile ist eng an den Stack gebunden. Sie wird verwendet, um Text einzutippen (oder zu bearbeiten) und dann zu verarbeiten. Das Ergebnis wird dann wieder in den Stack geschrieben.

In diesem Kapitel werden folgende Themen behandelt:

- Verwendung des Stacks für Berechnungen.
- Anschauen und Bearbeiten des Stackinhalts.
- Verwendung der Befehlszeile.

Verwendung des Stacks für Berechnungen

Eine Übersicht

Gewöhnliche Berechnungen werden durchgeführt, indem Objekte in den Stack eingegeben und dann die entsprechenden Funktionen und Befehle ausgeführt werden. Das grundlegende Konzept der Stackoperationen ist folgendes:

- Befehle, die *Argumente* benötigen (Objekte, auf die die Befehle wirken), entnehmen ihre Argumente dem Stack. (Dazu müssen die Argumente schon vorhanden sein, *bevor* der Befehl ausgeführt wird.)
- Die Argumente eines Befehls werden aus dem Stack entfernt, wenn der Befehl ausgeführt wird.
- Die Ergebnisse werden in den Stack zurückgegeben, damit Sie sie für weitere Operationen verwenden können.

Einwertige Befehle

Einwertige Befehle wirken auf das Argument (Objekt) in Ebene 1 und geben das Ergebnis in Ebene 1 zurück.

Beispiel. Benutzen Sie die einwertigen Befehle LN (\rightarrow LN) und INV ($\frac{1}{x}$), um $\frac{1}{\ln 3,7}$ zu berechnen.

Berechnen Sie zunächst $\ln 3,7$. Sie brauchen nicht erst $\boxed{\text{ENTER}}$ zu drücken, bevor Sie den Befehl ausführen.

3.7 \rightarrow LN

1: 1,30833281965
PARTS PROB MYP MATR VECTS BASE

Berechnen Sie den Kehrwert des Ergebnisses.

$\frac{1}{x}$

1: ,764331510286
PARTS PROB MYP MATR VECTS BASE

Zweiwertige Befehle

Zweiwertige Befehle wirken auf die Argumente (Objekte) in den Ebenen 1 und 2 und geben das Ergebnis in Ebene 1 zurück. Der Rest des Stacks *rutscht* eine Ebene herunter, d.h. der vorherige Inhalt von Ebene 3 wandert in Ebene 2. Die arithmetischen Funktionen (+, -, ×, / und ^) und die Prozentberechnungen (% , %CH und %T) sind Beispiele für zweiwertige Befehle.

Beispiele. Die nachstehenden Tastenfolgen zeigen Beispiele für zweiwertige Befehle.

Berechnen Sie $85 - 31$.

85 [ENTER]
31 [-]

1: 54
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE

Berechnen Sie $\sqrt{45} \times 12$.

45 [√x]
12 [×]

1: 80,49844719
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE

Berechnen Sie $\frac{5+9i}{4}$. (Klammern sind die Begrenzungszeichen für komplexe Zahlen.)

[←] () 5 [SPC] 9 [ENTER]
4 [÷]

1: (1,25;2,25)
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE

Berechnen Sie $4,7^{2,1}$

4.7 [ENTER]
2.1 [y^x]

1: 25,7872779682
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE

Berechnen Sie $\sqrt[4]{2401}$.

2401 [ENTER]
4 [→] [√y]

1: 7
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE

Weiterverwendung von Ergebnissen (Kettenrechnung)

Kettenrechnungen enthalten mehr als eine Operation. Der Stack ist für Kettenrechnungen besonders nützlich, denn er speichert Zwischenergebnisse.

Beispiele. Die folgenden Beispiele demonstrieren die Verwendung des Stacks für Kettenrechnungen.

Berechnen Sie $(12 + 3) \times (7 + 9)$.

12 [ENTER] 3 [+]
7 [ENTER] 9 [+]

```
2: 15
1: 16
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE
```

Beachten Sie, daß die beiden Zwischenergebnisse im Stack verbleiben. Multiplizieren Sie diese.

[x]

```
1: 240
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE
```

Berechnen Sie jetzt $23^2 - (13 \times 9) + 5/7$.

Berechnen Sie zunächst 23^2 und das Produkt 13×9 .

23 [←] [x²]
13 [ENTER] 9 [x]

```
2: 529
1: 117
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE
```

Subtrahieren Sie die beiden Zwischenergebnisse und berechnen Sie $5/7$.

[−]
5 [ENTER] 7 [÷]

```
2: 412
1: ,714285714286
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE
```

Addieren Sie die beiden Ergebnisse.

[+]

```
1: 412,714285714
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE
```

Vertauschen der Ebenen 1 und 2

Der Befehl SWAP ([←] [SWAP]) vertauscht die Inhalte der Ebenen 1 und 2. ([▶] führt SWAP aus, wenn die Befehlszeile nicht vorhanden ist.)

SWAP ist für solche Befehle nützlich, bei denen die Reihenfolge wichtig ist, wie $-$ ([−]), $/$ ([÷]), und $^$ ([y^x]).

Beispiel. Verwenden Sie $\left[\leftarrow \right] \text{[SWAP]}$, um $\frac{9}{\sqrt{13+8}}$ zu berechnen.

Berechnen Sie $\sqrt{13+8}$:

13 [ENTER] 8 [+] $\text{[}\sqrt{\text{]}$

```
1: 4,58257569496
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE
```

Geben Sie 9 ein und vertauschen Sie die Ebenen 1 und 2.

9 $\left[\leftarrow \right] \text{[SWAP]}$

```
2: 9
1: 4,58257569496
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE
```

Dividieren Sie die beiden Werte.

$\text{[}\div\text{]}$

```
1: 1,96396101212
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE
```

Löschen des Stacks

Der Befehl DROP ($\left[\leftarrow \right] \text{[DROP]}$) löscht das Objekt in Ebene 1. ($\text{[}\downarrow\text{]}$ führt DROP aus, wenn die Befehlszeile nicht vorhanden ist.) Die verbleibenden Objekte rutschen eine Ebene tiefer.

Der Befehl CLEAR ($\text{[}\rightarrow\text{]} \text{[CLR]}$) löscht den gesamten Stack.

Wiederverwenden des letzten Arguments

LASTARG ($\text{[}\rightarrow\text{]} \text{[LAST ARG]}$) legt die Argumente des zuletzt ausgeführten Befehls auf den Stack, so daß Sie diese erneut verwenden können.

Beispiel. Verwenden Sie $\text{[}\rightarrow\text{]} \text{[LAST ARG]}$, um $\ln 2,3031 + 2,3031$ zu berechnen.

Berechnen Sie zunächst LN 2,3031.

2.3031 $\text{[}\rightarrow\text{]} \text{[LN]}$

```
1: ,83425604152
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE
```

Holen Sie das Argument von LN zurück. ([LAST ARG] ist die blaue, rechts umgeschaltete Belegung der Taste $\text{[}\rightarrow\text{]}$.)

$\text{[}\rightarrow\text{]} \text{[LAST ARG]}$

```
2: ,83425604152
1: 2,3031
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE
```

Addieren Sie die beiden Zahlen.

$\boxed{+}$

1: 3,13735604152
 PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE

Beispiel. LASTARG ist besonders bei komplizierteren Argumenten nützlich. Ein Beispiel dafür ist die folgende Berechnung:

$$\frac{\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}}$$

Geben Sie die beiden Vektoren ein, und berechnen Sie das Kreuzprodukt. Der Befehl CROSS befindet sich im Menü VECTR (innerhalb des Menüs MHT).

$\boxed{\leftarrow} \boxed{[]} 1 \boxed{\text{SPC}} 1$
 $\boxed{\text{SPC}} 1 \boxed{\text{ENTER}}$
 $\boxed{\leftarrow} \boxed{[]} 1 \boxed{\text{SPC}} 2 \boxed{\text{SPC}} 1$
 $\boxed{\text{MTH}} \text{ VECTR CROSS}$

1: [-1 0 1]
 RY2 R42 R44 CROSS DOT ABS

Holen Sie die beiden Vektoren zurück.

$\boxed{\rightarrow} \boxed{\text{LAST ARG}}$

3: [-1 0 1]
 2: [1 1 1]
 1: [1 2 1]
 RY2 R42 R44 CROSS DOT ABS

Berechnen Sie das Skalarprodukt.

$\boxed{\text{DOT}}$

2: [-1 0 1]
 1: 4
 RY2 R42 R44 CROSS DOT ABS

Dividieren Sie das Kreuzprodukt durch das Skalarprodukt.

$\boxed{\div}$

1: [-,25 0 ,25]
 RY2 R42 R44 CROSS DOT ABS

Kopieren von Ebene 1

Der Befehl DUP (**PRG** **STK** **NXT** **DUP**) kopiert den Inhalt von Ebene 1 und schiebt die anderen Stackinhalte eine Ebene nach oben. (Wenn keine Befehlszeile vorhanden ist, können Sie stattdessen auch einfach **ENTER** drücken).

Beispiel. Berechnen Sie $(4,29; 6,78i) + (4,29; 6,78i)^4$.

Geben Sie die erste komplexe Zahl ein.

← **()** 4.29 **SPC** 6.78 **ENTER**

```
1: (4,29;6,78)
  WYZ R42 R44 CROSS DOT ABS
```

Kopieren Sie die Zahl.

ENTER

```
2: (4,29;6,78)
1: (4,29;6,78)
  WYZ R42 R44 CROSS DOT ABS
```

Erheben Sie die komplexe Zahl in die vierte Potenz.

4 **y^x**

```
2: (4,29;6,78)
1: (-2624,23748727;
   -3206,96297064)
  WYZ R42 R44 CROSS DOT ABS
```

Addieren Sie das Ergebnis zur ursprünglichen komplexen Zahl.

+

```
1: (-2619,94748727;
   -3200,18297064)
  WYZ R42 R44 CROSS DOT ABS
```

Anzeigen und Bearbeiten von Objekten

Wie bereits in Kapitel 1 gesagt, sind Objekte die Grundeinheiten, die der HP 48 benutzt und verarbeitet. Man kann nicht immer alle Objekte im Stack gleichzeitig sehen: Bei großen Objekten können Sie nur den Anfang sehen, und Stackinhalte, die in höheren Ebenen liegen und aus dem Display "herausgerollt" sind, sind gar nicht sichtbar.

Es gibt drei Methoden, Objekte anzuschauen und zu bearbeiten:

- Die Taste **▼** erlaubt es, Objekte aus Ebene 1 *in der richtigen Umgebung* anzuschauen und zu bearbeiten. (Mit der Taste **→** **▼** können in einer Variablen gespeicherte Objekte angeschaut und bearbeitet werden.)

- Die Taste  **EDIT** erlaubt es, Objekte *in der Befehlszeile* anzuschauen und zu bearbeiten. (Mit der Taste  **VISIT** können in einer Variablen gespeicherte Objekte angeschaut und bearbeitet werden.)
- Der Interaktive Stack ermöglicht es, alle Ebenen des Stacks anzuschauen und zu bearbeiten.

Wenn ein Objekt in die Befehlszeile kopiert wird, um es anzuschauen oder zu bearbeiten, geschieht folgendes:

- Das Menü EDIT wird angezeigt, das Operationen zur leichteren Bearbeitung großer Objekte enthält.
- Reelle und komplexe Zahlen werden mit höchster Genauigkeit (Standardformat) angezeigt, unabhängig vom derzeitigen Anzeigemodus.
- Programme, Listen, algebraische Ausdrücke, Einheiten, Verzeichnisse und Matrizen werden über mehrere Zeilen verteilt.
- Binärzahlen, Zeichenketten und algebraische Ausdrücke werden ganz angezeigt.

Anschauen und Bearbeiten eines Objekts

- Wenn Sie  **EDIT** drücken, wird das Objekt in Ebene 1 in die Befehlszeile kopiert, wo Sie das gesamte Objekt sehen und nötigenfalls bearbeiten können.
- Wenn Sie  drücken, geschieht das gleiche wie bei  **EDIT** mit zwei Ausnahmen: Matrizen werden in die MatrixWriter-Umgebung und algebraische Objekte sowie Einheiten in die EquationWriter-Umgebung kopiert.
- Wenn Sie  **VISIT** zusammen mit der Nummer einer Stackebene als Argument drücken, wird das Objekt aus dieser Ebene zum Bearbeiten in die Befehlszeile kopiert. Ein Beispiel: 3  **VISIT** kopiert das Objekt aus Ebene 3 in die Befehlszeile.

- Wenn Sie **[↵][▼]** mit der Nummer einer Stackebene als Argument drücken, geschieht das gleiche wie bei **[↵][VISIT]** mit zwei Ausnahmen: Matrizen werden in die MatrixWriter-Umgebung und algebraische Objekte sowie Einheiten in die EquationWriter-Umgebung kopiert.

Drücken Sie **[ENTER]**, um die Bearbeitung abzuschließen und das bearbeitete Objekt an seinen ursprünglichen Platz zurückzulegen. Drücken Sie **[ATTN]**, um die Bearbeitung ohne Änderung abzubrechen.

Anschauen und Bearbeiten des Inhalts einer Variablen

- Wenn Sie **[↵][VISIT]** mit dem Namen einer Variablen als Argument drücken, können Sie den *Inhalt* dieser Variablen in der Befehlszeile bearbeiten. Ein Beispiel: 'EX1' **[↵][VISIT]** kopiert den Inhalt der Variablen *EX1* in die Befehlszeile.
- Wenn Sie **[↵][▼]** zusammen mit dem Namen einer Variablen als Argument drücken, geschieht das gleiche mit zwei Ausnahmen: Matrizen werden in die MatrixWriter-Umgebung und algebraische Objekte sowie Einheiten werden in die EquationWriter-Umgebung kopiert.

Drücken Sie **[ENTER]**, um die Bearbeitung abzuschließen und das bearbeitete Objekt an seinen ursprünglichen Platz zurückzulegen. Drücken Sie **[ATTN]**, um die Bearbeitung ohne Änderung abzubrechen.

Das Menü EDIT

Ist die Befehlszeile vorhanden, wird das Menü EDIT angezeigt, wenn Sie **[↵][EDIT]** drücken. Das Menü Edit wird auch angezeigt, wenn Sie eine der im vorhergehenden Absatz beschriebenen Bearbeitungsoperationen durchführen. Bestimmte Operationen des Menüs EDIT arbeiten wortorientiert. Ein *Wort* ist dabei eine Reihe von Zeichen zwischen Leerzeichen oder Zeilenschaltungen. So setzt beispielsweise **←SKIP** den Cursor auf den Anfang eines *Wortes*.

Bearbeiten Sie das algebraische Objekt, um aus $C^2 C^3$ zu machen.

[←] [EDIT] SKIP→
[←] [←] [DEL] 3 [ENTER]

```

3:                                     'A'
2:                                     52
1:                                     'A+B/C^3'
A

```

Schauen Sie sich die eingegebene Gleichung in der EquationWriter-Umgebung an.

▼

Kehren Sie zum Stack zurück.

[ATTN]

```

3:                                     'A'
2:                                     52
1:                                     'A+B/C^3'
A

```

Bearbeiten Sie den Inhalt der Variablen A mit Hilfe des MatrixWriters.

[A] [→] [▼]
[▶] [▶] [▶] 4 [ENTER]

```

1.4  1  2  3  4
1  1  2  3  4
2
3
4
5
2-1:
EDIT  VEC  ←WID  WID→  GO→  GO↓

```

Speichern Sie den bearbeiteten Vektor und kehren Sie zum Stack zurück.

[ENTER]

```

3:                                     'A'
2:                                     52
1:                                     'A+B/C^3'
A

```

Benutzen Sie jetzt den Stack aus diesem Beispiel, um das Bearbeiten selbständig weiter zu vertiefen. Probieren Sie alle oben beschriebenen Bearbeitungsfunktionen aus.

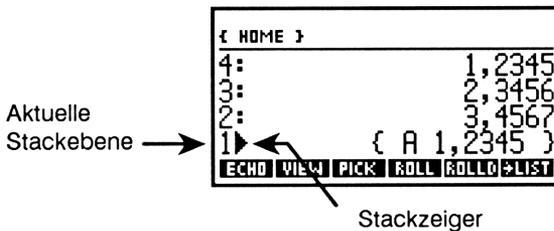
Der Interaktive Stack

Die "normale" Stackanzeige ist ein Fenster, das die Ebene 1 und so viele höheren Ebenen anzeigt, wie hineinpassen. Mit dem *Interaktiven Stack* haben Sie folgende Möglichkeiten:

- Bewegen des Fensters, um den Rest des Stacks zu sehen.
- Objekte in verschiedene Ebenen verschieben und kopieren.
- Kopieren des Inhalts jeder beliebigen Stackebene in die Befehlszeile.
- Objekte aus dem Stack löschen.
- Stackobjekte bearbeiten.
- Stackobjekte in der entsprechenden Umgebung anschauen.

Der Interaktive Stack ist eine besondere Umgebung im HP 48, in der die Tastatur umdefiniert ist und nur spezielle Operationen zur Bearbeitung des Stacks ausgeführt werden können. Sie müssen erst den Interaktiven Stack verlassen, bevor Sie irgendetwas anderen Operationen durchführen können (siehe "Verlassen des Interaktiven Stacks" auf Seite 79.)

Drücken Sie **[▲]** oder **+STK** (im Menü EDIT), um den Interaktiven Stack zu aktivieren. Dieses schaltet den *Stackzeiger* ein, der auf die *aktuelle Stackebene* deutet, und zeigt das Menü für den Interaktiven Stack an. Mit **[▲]** und **[▼]** wird der Stackzeiger im Stack auf und ab bewegt.



Die Operationen im Interaktiven Stack. Wenn Sie den Interaktiven Stack aktivieren, wird die Tastatur des HP 48 umdefiniert und das Menü für den Interaktiven Stack angezeigt. Ist die Befehlszeile vorhanden, wenn Sie den Interaktiven Stack aktivieren, erscheint im Menü nur das Feld **ECHO**.

Die meisten Operationen haben entsprechende programmierbare Befehle, die am Ende dieses Kapitels beschrieben werden.

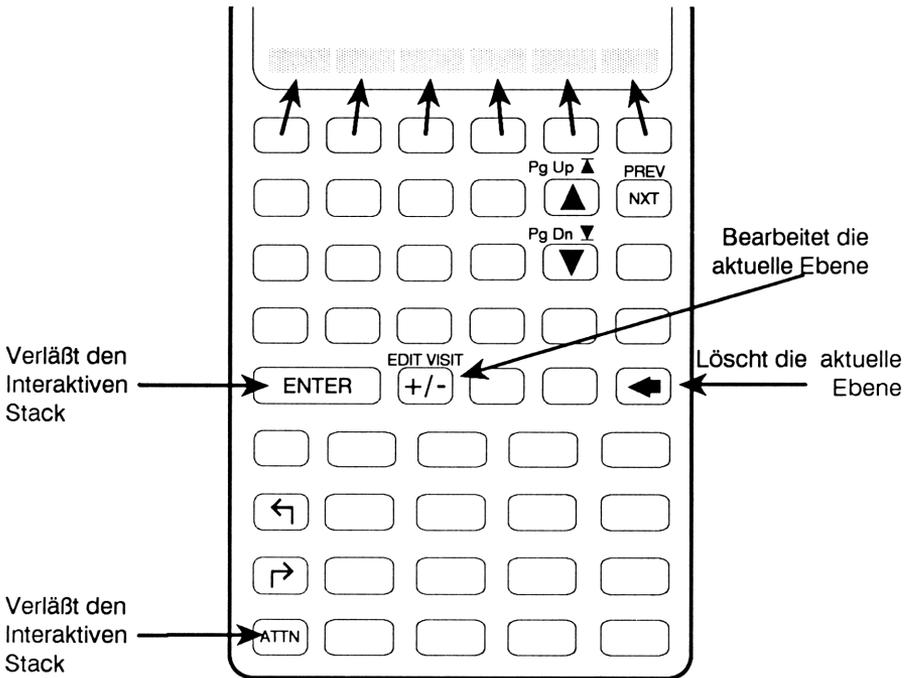
Operationen im Interaktiven Stack

ECHO	Kopiert den Inhalt der aktuellen Stackebene in die Befehlszeile (auf die Position des Cursors).
VIEW	Erlaubt es, das Objekt in der aktuellen Ebene anzuschauen (siehe "Anschauen von Objekten" im Anschluß an diese Tabelle).
→VIEW	Erlaubt es, Objekte in der angegebenen Ebene anzuschauen (siehe "Anschauen von Objekten" weiter unten).
PICK	Kopiert den Inhalt der aktuellen Ebene in Ebene 1 (gleichbedeutend mit n PICK).
ROLL	Bewegt den Inhalt der aktuellen Ebene in Ebene 1 und rollt den Rest des Stacks unterhalb der aktuellen Ebene nach oben (gleichbedeutend mit n ROLL).
ROLLD	Bewegt den Inhalt der Ebene 1 in die aktuelle Ebene und rollt den Rest des Stacks unterhalb der aktuellen Ebene nach unten (gleichbedeutend mit n ROLLD).
→LIST	Erstellt eine Liste mit allen Objekten von Ebene 1 bis zur aktuellen Stackebene (gleichbedeutend mit n →LIST).
DUPN	Kopiert die Ebenen 1 bis zur aktuellen Stackebene (gleichbedeutend mit n DUPN). Ein Beispiel: wenn der Zeiger auf Ebene 3 steht, werden die Ebenen 1, 2 und 3 in die Ebenen 4, 5 und 6 kopiert.
DRPN	Löscht alle Ebenen von 1 bis zur aktuellen Stackebene. Alle darüberliegenden Ebenen rutschen bis zur Ebene 1 herunter (gleichbedeutend mit n DROPN).
KEEP	Löscht alle Stackebenen oberhalb der aktuellen Ebene.

Operationen im Interaktiven Stack (Fortsetzung)

LEVEL	Gibt die aktuelle Stackebene in Ebene 1 ein.
▲	Bewegt den Stackzeiger eine Ebene nach oben. Wird vorher ← gedrückt, bewegt sich der Stackzeiger vier Ebenen nach oben (← PgUp in der nachstehenden Abbildung). Wird vorher → gedrückt, bewegt sich der Stackzeiger zum oberen Ende des Stacks (→ ▲ in der nachstehenden Abbildung).
▼	Bewegt den Stackzeiger eine Ebene nach unten. Wird vorher ← gedrückt, bewegt sich der Stackzeiger vier Ebenen nach unten (← PgDn in der nachstehenden Abbildung). Wird vorher → gedrückt, bewegt sich der Stack zum unten Ende des Stacks (→ ▼ in der nachstehenden Abbildung).
← EDIT	Kopiert das Objekt der aktuellen Ebene zum Bearbeiten in die Befehlszeile. Drücken Sie am Ende der Bearbeitung ENTER (oder ATTN zum Abbrechen).
→ VISIT	Wenn das Objekt in der aktuellen Ebene eine reelle Zahl ist, wird das Objekt aus der durch den ganzzahligen Teil dieser Nummer bezeichneten Ebene zum Bearbeiten in die Befehlszeile kopiert. Wenn das Objekt in der aktuellen Ebene eine Variable ist, wird der Inhalt dieser Variablen in die Befehlszeile kopiert. Drücken Sie ENTER , um die Bearbeitung zu beenden (oder ATTN zum Abbrechen).
+	Löscht das Objekt in der aktuellen Ebene.
NXT	Blättert zur nächsten Seite mit Operationen des Interaktiven Stacks.
ENTER	Der Interaktive Stack wird verlassen.
ATTN	Der Interaktive Stack wird verlassen.

Die undefinierte Tastatur sieht folgendermaßen aus:



Betrachten von Objekten. Innerhalb des Interaktiven Stacks, zeigt Ihnen die Taste VIEW ein Objekt in der entsprechenden Umgebung. Für Objekte, die keine Matrizen, algebraische Ausdrücke oder Einheiten sind, ist VIEW gleichbedeutend mit $\left[\curvearrowright \right]$ EDIT : es kopiert das Objekt aus der aktuellen Stackebene in die Befehlszeile und aktiviert das Menü EDIT . Drücken Sie ENTER , um das Objekt in seine ursprüngliche Ebene zurückzulegen oder ATTN , um die Bearbeitung ohne Änderung abzubrechen.

Wenn das gewünschte Objekt ein algebraisches Objekt oder eine Einheit ist, aktiviert VIEW automatisch den EquationWriter und kopiert das Objekt dort hinein. Wenn das Objekt eine Matrix ist, aktiviert VIEW den MatrixWriter und kopiert das Objekt dort hinein.

$\left[\curvearrowright \right]$ VIEW ermöglicht es Ihnen ebenfalls, Objekte in der entsprechenden Umgebung anzuschauen. Wie auch $\left[\curvearrowright \right]$ VIEW in der normalen Umgebung, benötigt $\left[\curvearrowright \right]$ VIEW entweder die Nummer einer Stackebene oder einen

Namen als Argument. Wenn die aktuelle Ebene des Interaktiven Stacks eine Zahl enthält, setzt **VIEW** das Objekt aus dieser Ebene zum Anschauen in die entsprechende Umgebung. Wenn die aktuelle Ebene einen Namen enthält, setzt **VIEW** den Inhalt der dazugehörigen Variablen zum Anschauen in die passende Umgebung.

Verlassen des Interaktiven Stacks. Wenn Sie fertig sind, drücken Sie **ENTER** oder **ATTN**, um den Interaktiven Stack zu verlassen und sich den veränderten Stack anzeigen zu lassen. Wenn Sie ihn verlassen haben, können Sie alle Änderungen, die Sie im Interaktiven Stack gemacht haben, mit **LAST STACK** rückgängig machen.

Beispiel: Verwenden des Interaktiven Stacks. Benutzen Sie den Interaktiven Stack, um den Inhalt der Befehlszeile gemäß den unten angegebenen Schritten zu bearbeiten:

1. Setzen Sie den Cursor in der Befehlszeile dorthin, wo der Text erscheinen soll.
2. Drücken Sie **EDIT** **STK**. (Wenn die Befehlszeile nur eine Zeile umfaßt, können Sie stattdessen auch **▲** drücken.) Die Befehlszeile und das Menü EDIT verschwinden vorübergehend. An deren Stelle erscheinen der Stack mit dem *Stackzeiger* (**▶**), der auf Ebene 1 steht und die Taste **ECHO**.
3. Verwenden Sie **▲** und **▼**, um den Stackzeiger auf die gewünschte Ebene zu bewegen, und drücken Sie **ECHO**, damit das Objekt in die Befehlszeile kopiert wird.

Geben sie die folgenden Objekte in den Stack ein.

1,2345 **ENTER**
 2,3456 **ENTER**
 3,4567 **ENTER**

```

3:      1,2345
2:      2,3456
1:      3,4567
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE
  
```

Erstellen Sie jetzt eine Liste $\{ A \ 1.2345 \}$. Beginnen Sie zunächst die Liste.

← **{ }** A

```

3:      1,2345
2:      2,3456
1:      3,4567
{A}
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE
  
```

Aktivieren Sie den Interaktiven Stack.



```
3: 1,2345
2: 2,3456
1: 3,4567
ECHO
```

Bewegen Sie den Zeiger auf Ebene 3, und kopieren Sie das Objekt.



```
3: 1,2345
2: 2,3456
1: 3,4567
{A 1,2345
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE
```

Geben Sie die Liste ein.



```
4: 1,2345
3: 2,3456
2: 3,4567
1: { A 1,2345 }
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE
```

Verwenden der Befehlszeile

Die Befehlszeile erscheint, wenn Sie Text eingeben oder bearbeiten (außer bei Verwendung des EquationWriter oder des MatrixWriter).

Ansammeln von Daten in der Befehlszeile

Sie können eine beliebige Zahl von Zeichen in die Befehlszeile eingeben und bis zur Hälfte des verfügbaren Speicherplatzes verwenden. Benutzen Sie Leerzeichen, Zeilenschaltungen () oder Begrenzungszeichen, um für unterschiedliche Objekte bestimmten Text zu trennen. So können Sie beispielsweise 12 34 eintippen und dann drücken, um sie in den Stack einzugeben, oder drücken, um sie einzugeben und die Addition auszuführen.

Wenn die Befehlszeile vorhanden ist, gilt folgendes:

- Zeichen werden normalerweise an der aktuellen Cursorposition *eingefügt*.
- Die Cursortasten , , und sind aktiv. (Manchmal belegt die Befehlszeile mehr als eine Zeile des Displays.) Die rechts umgeschalteten Cursortasten (, , usw.) bewegen den Cursor ganz nach links, ganz nach rechts usw.

- löscht das links vom Cursor stehende Zeichen.
- **[DEL]** löscht das Zeichen an der aktuellen Cursorposition.
- **[EDIT]** zeigt das Menü EDIT an, das zusätzliche Funktionen für die Bearbeitung enthält. (Wenn die Befehlszeile nur eine Zeile umfaßt, zeigt auch dieses Menü an.)
- Wenn die Befehlszeile nur eine Zeile umfaßt, aktiviert den Interaktiven Stack.
- **[ENTER]** verarbeitet den Text in der Befehlszeile, wobei die Daten auf den Stack gelegt und Befehle ausgeführt werden.

Es können auch Befehle zur späteren Ausführung in die Befehlszeile eingegeben werden, wie unten gezeigt.

Beispiel. Berechnen Sie $12 - \log(100)$, wobei der Befehl LOG in die Befehlszeile integriert werden soll.

Tippen Sie folgende Befehlszeile ein:

12 **[SPC]** 100 **[ENTRY]** **[LOG]**

```
12 100 LOG
┌SKIP SKIP┐└DEL DEL┘INS ─┐STK┘
```

Vervollständigen Sie die Berechnung.

[ENTER]

```
1:                                     10
┌SKIP SKIP┐└DEL DEL┘INS ─┐STK┘
```

Eingabemodi

Verschiedene Eingabemodi erleichtern Ihnen das Eintippen unterschiedlicher Objekttypen. Es gibt vier Eingabemodi:

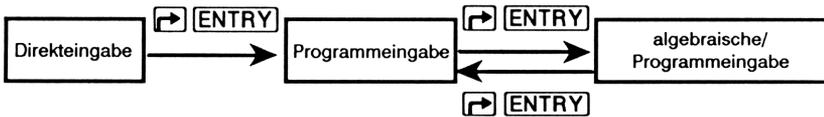
Direkteingabemodus. Der Direkteingabemodus ist die Grundeinstellung. In diesem Modus wird der Inhalt der Befehlszeile sofort eingegeben, wenn Sie eine Funktions- oder Befehlstaste drücken (z.B. , **[SIN]** oder **[STO]**.)

Algebraischer Eingabemodus. (Wird durch den Indikator ALG angezeigt.) Der algebraische Eingabemodus dient in erster Linie zum Eintippen von Namen und algebraischen Ausdrücken für den sofortigen Gebrauch. Er wird durch Drücken von aktiviert. Im algebraischen Eingabemodus fungieren die Befehlstasten als Schreibhilfen (z.B. wird **[SIN]** zu SIN()). Andere Befehle, wie **[STO]** oder **[PURGE]**, werden jedoch direkt ausgeführt.

Programmeingabe-Modus. (Wird durch den Indikator PRG angezeigt.) Der Programmeingabe-Modus dient in erster Linie zur Eingabe von Programmen und Listen. Er wird durch Drücken von $\leftarrow \ll \gg$ oder $\leftarrow \{ \}$ aktiviert. Der Programmeingabe-Modus wird auch zum Bearbeiten der Befehlszeile (\leftarrow EDIT und \rightarrow VISIT) verwendet. In diesem Modus fungieren die Funktions- und Befehlstasten als Schreibhilfen (z.B. wird SIN zu S IH und STO zu S TO). Nur nichtprogrammierbare Operationen, wie ENTER, VAR oder \rightarrow ENTRY, werden direkt ausgeführt.

Algebraischer Programmeingabe-Modus. (Wird durch die Indikatoren ALG und PRG angezeigt.) Der Algebraische Programmeingabe-Modus dient zur Eingabe von algebraischen Objekten in Programme. Er wird automatisch aktiviert, wenn Sie im Programmeingabe-Modus \square drücken. In diesem Modus verhalten sich die Funktions- und Befehlstasten genau wie im algebraischen Eingabemodus (z.B. wird SIN zu S I H ()). Das Drücken einer Befehlstaste (z.B. STO) führt wieder in den Programmeingabe-Modus zurück.

Manuelles Ändern des Eingabemodus. \rightarrow ENTRY schaltet vom Direkteingabe- in den Programmeingabe-Modus und zwischen Programmeingabe- und Algebraischem/Programmeingabe-Modus hin und her.



\rightarrow ENTRY gestattet Ihnen das Ansammeln von Befehlen in der Befehlszeile. So können Sie sich beispielsweise manuell des Programmeingabe-Modus bedienen, um $4 \ 5 \ + \ \sqrt{}$ in die Befehlszeile einzugeben, und dann ENTER drücken, um $\sqrt{9}$ zu berechnen. Diese Taste erleichtert Ihnen außerdem das Bearbeiten von algebraischen Objekten in Programmen.

Wiederverwenden vorheriger Befehlszeilen

Der HP 48 speichert automatisch die vier zuletzt benutzten Befehlszeilen. Um die letzte Befehlszeile zurückzuholen, drücken Sie **⬅ LAST CMD** (oberhalb der Taste **3**). Durch mehrmaliges Drücken der Tasten **⬅ LAST CMD** holen sie andere gespeicherte Befehlszeilen zurück.

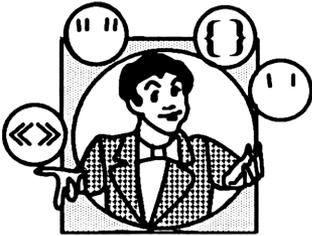
Weitere Stackbefehle

Die folgende Tabelle zeigt zusätzliche Befehle aus dem Menü PRG STK, die programmierbar sind und den Stack bearbeiten.

Befehl/Beschreibung	Beispiel	
	Eingabe	Ausgabe
DEPTH Gibt die Zahl der Objekte im Stack aus.	3: 16 2: 'X1' 1: 2	3: 16 2: 'X1' 1: 2
DROP2 Entfernt die Objekte aus den Ebenen 1 und 2.	3: 12 2: 10 1: 8	3: 12 2: 10 1: 8
DROPN Entfernt die ersten $n + 1$ Objekte aus dem Stack (n steht in Ebene 1).	4: 123 3: 456 2: 789 1: 2	4: 123 3: 456 2: 789 1: 123
DUP Kopiert das Objekt in Ebene 1.	3: 232 2: 543 1: 543	3: 232 2: 543 1: 543
DUP2 Kopiert die Objekte in den Ebenen 1 und 2.	4: 'A' 3: (2, 3) 2: 'A' 1: (2, 3)	4: 'A' 3: (2, 3) 2: 'A' 1: (2, 3)

Befehl/Beschreibung	Beispiel	
	Eingabe	Ausgabe
DUPN Kopiert n Objekte im Stack ab Ebene 2 (n steht in Ebene 1).	6: 5: 4: 123 3: 456 2: 789 1: 3	6: 123 5: 456 4: 789 3: 123 2: 456 1: 789
OVER Liefert eine Kopie des in Ebene 2 stehenden Objektes.	3: 2: 'AB' 1: 1234	3: 'AB' 2: 1234 1: 'AB'
PICK Liefert eine Kopie des in Ebene $n + 1$ stehenden Objektes (n steht in Ebene 1).	4: 123 3: 456 2: 789 1: 3	4: 123 3: 456 2: 789 1: 123
ROLL Verschiebt das Objekt aus Ebene $n + 1$ auf Ebene 1 (n steht in Ebene 1).	5: 555 4: 444 3: 333 2: 222 1: 4	5: 4: 444 3: 333 2: 222 1: 555
ROLLD Rolld den Teil des Stacks zwischen Ebene 2 und Ebene $n + 1$ nach unten (n steht in Ebene 1).	6: 12 5: 34 4: 56 3: 78 2: 90 1: 4	6: 5: 12 4: 90 3: 34 2: 56 1: 78
ROT Rotiert die ersten drei Objekte im Stack (gleichbedeutend mit 3 ROLL).	3: 12 2: 34 1: 56	3: 34 2: 56 1: 12

Objekte



Die Grundeinheiten für Informationen, die der HP 48 verwendet, werden *Objekte* genannt. Der HP 48 kann verschiedene *Typen* von Objekten speichern und verarbeiten. Zum Beispiel können Sie eine reelle Zahl, eine Matrix oder ein Programm als einzelnes Objekt in den Stack eingeben. Die folgende Aufstellung enthält alle Objekttypen, mit denen der HP 48 arbeitet:

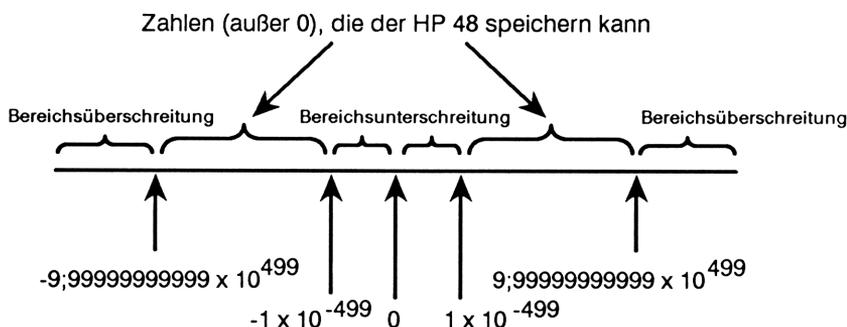
Reelle Zahlen	Programme	Verzeichnisse
Komplexe Zahlen	Zeichenketten	Sicherungsobjekte
Ganzzahlige Binärwerte	Listen	Bibliotheken
Felder	Grafiken	XLIB-Namen
Namen	Markierte Objekte	Eingebaute Funktionen
Algebraische Objekte	Objekte mit Einheiten	Eingebaute Befehle

Viele Operationen des HP 48 sind für alle Objekttypen gleich: So ist beispielsweise die Vorgehensweise beim Speichern von reellen Zahlen, Matrizen oder Programmen immer gleich. Manche Operationen lassen sich jedoch nur auf ein ganz bestimmtes Objekt anwenden: so kann z.B. aus einem Programm nicht die Wurzel gezogen werden.

Dieses Kapitel führt Sie in die verschiedenen Objekttypen des HP 48 ein, zeigt ihre Verwendung anhand von Beispielen und behandelt einige der Befehle zur Bearbeitung von Objekten. In anderen Kapiteln wird auf die einzelnen Objekttypen genauer eingegangen.

Reelle Zahlen

Die Zahlen 12 , $-3,6$ und $4,7E10$ sind Beispiele für reelle Zahlen. Die nachstehende Darstellung zeigt den Bereich der reellen Zahlen, die der HP 48 speichern kann.



Komplexe Zahlen

Eine komplexe Zahl wird durch ein reelles Zahlenpaar dargestellt, das durch Klammern eingeschlossen wird. Komplexe Zahlen können in Rechteck- oder in Polarkoordinaten eingegeben und dargestellt werden:

- Rechteckkoordinaten: $x + iy$, angezeigt als $\langle x, y \rangle$.
- Polarkoordinaten: $(re^{i\theta})$, angezeigt als $\langle r, \angle\theta \rangle$.

Komplexe Zahlen können auch zur Darstellung der Koordinaten eines Punktes in der Ebene verwendet werden.

Beispiel. Addieren Sie die komplexen Zahlen $14 + 9i$ und $8 - 12i$. Ist der Indikator $R\angle Z$ oder $R\angle\angle$ eingeschaltet, dann drücken Sie $\boxed{\rightarrow} \boxed{\text{POLAR}}$, um in den Modus für Rechteckkoordinaten umzuschalten.

Geben Sie die komplexen Zahlen in die Ebenen 1 und 2 ein. Benutzen Sie die Leertaste, um die Real- und Imaginärteile zu trennen.

$\boxed{\leftarrow} \boxed{(\)} 14 \boxed{\text{SPC}} 9 \boxed{\text{ENTER}}$
 $\boxed{\leftarrow} \boxed{(\)} 8 \boxed{\text{SPC}} 12 \boxed{+/-} \boxed{\text{ENTER}}$

```
2: (14;9)
1: (8;-12)
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE
```

Addieren Sie die beiden Werte.

$\boxed{+}$

```
1: (22;-3)
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE
```

Komplexe Zahlen werden in Kapitel 11 behandelt.

Binärzahlen

Die Binärzahlen des HP 48 sind vorzeichenlose, ganze Zahlen, die eine Bitfolge darstellen. Sie werden eingeleitet durch das Zeichen #, das vor der Zahl steht, und falls nötig durch einen der Kleinbuchstaben (h, d, o oder b) abgeschlossen, der die für die eingegebene Zahl gültige Zahlenbasis angibt. Sie können Binärzahlen in hexadezimaler, dezimaler, oktaler oder dualer Darstellung eingeben. Die gewünschte Zahlenbasis wird im Menü BASE, das nach Drücken von $\boxed{\text{MTH}} \boxed{\text{BASE}}$ erscheint, eingestellt.

Beispiel. Berechnen Sie $B17_{16} + 47_8$. Lassen Sie sich das Ergebnis in hexadezimaler Darstellung anzeigen.

Wählen Sie das hexadezimale Zahlensystem, und geben Sie die beiden Zahlen ein. Fügen Sie dem Oktalwert den Kleinbuchstaben o ($\boxed{\alpha} \boxed{\leftarrow} \boxed{O}$) hinzu, um das Zahlensystem anzugeben.

$\boxed{\text{MTH}} \boxed{\text{BASE}} \boxed{\text{HEX}}$
 $\boxed{\rightarrow} \boxed{\#} B17 \boxed{\text{ENTER}}$
 $\boxed{\rightarrow} \boxed{\#} 47o \boxed{\text{ENTER}}$

```
2: # B17h
1: # 27h
HEX DEC OCT BIN STWS RCLWS
```

Addieren Sie die beiden Werte.

$\boxed{+}$

```
1: # B3Eh
HEX DEC OCT BIN STWS RCLWS
```

Drücken Sie DEC , um ins Dezimalsystem zurückzukehren.

Binärzahlen werden in Kapitel 14 behandelt.

Felder

Felder können eindimensional (*Vektoren*) oder zweidimensional (*Matrizen*) sein. Die Begrenzungszeichen für Felder sind eckige Klammern ($[]$). Der MatrixWriter des HP 48 hilft Ihnen bei der Eingabe und Bearbeitung von Matrizen.

Beispiel. Multiplizieren Sie folgende Matrix mit dem angegebenen Vektor.

$$\begin{pmatrix} 1 & -2 & 0 \\ 4 & 5 & -3 \end{pmatrix} \times [2 \ 1 \ 2]$$

Geben Sie den Vektor $[2 \ 1 \ 2]$ ein. Benutzen Sie Leerzeichen, um die einzelnen Komponenten zu trennen.

$\leftarrow [] 2 \text{ [SPC]} 1 \text{ [SPC]} 2 \text{ [ENTER]}$



Benutzen Sie nun den MatrixWriter, um die Matrix einzugeben. Aktivieren Sie zunächst den MatrixWriter.

\rightarrow **MATRIX**



Geben Sie die erste Zeile ein.

1 **[ENTER]**
2 **[+/-] [ENTER]**
0 **[ENTER]**



Beginnen Sie eine neue Zeile, und geben Sie die drei Werte ein. Sie können sie einzelnen oder alle gemeinsam eingeben, indem Sie Leerzeichen dazwischensetzen.

4 \downarrow 4 [SPC] 5 [SPC] 3 [+/-] [ENTER]

```

2:3      1      2      3      4
1      1      -2      0
2      4      5      -3
3
4
5
3-1:
[ENT] [VEC] [←MIO] [MIO→] [GO→] [GO↓]

```

Geben Sie nun die Matrix in Ebene 1 ein.

[ENTER]

```

2:      [ 2 1 2 ]
1: [[ [ 1 -2 0 ]
      [ 4 5 -3 ] ]
[PARTS] [PROB] [MVP] [MATR] [VECTR] [BASE]

```

Führen Sie die Multiplikation aus. Die Matrix muß sich in Ebene 2 und der Vektor in Ebene 1 befinden, vertauschen Sie also die Ebenen. (Das Drücken von \rightarrow bewirkt, wenn keine Befehlszeile vorhanden ist, dasselbe wie \leftarrow [SWAP].)

\rightarrow

```

2: [[ [ 1 -2 0 ] [ 4 5...
1:      [ 2 1 2 ]
[PARTS] [PROB] [MVP] [MATR] [VECTR] [BASE]

```

Multiplizieren Sie.

\times

```

1:      [ 0 7 ]
[PARTS] [PROB] [MVP] [MATR] [VECTR] [BASE]

```

Felder werden in Kapitel 20 behandelt.

Namen

Namen werden zur Identifikation von Variablen verwendet. Wenn Sie einen Namen in den Stack eingeben wollen, ohne daß dieser Name ausgewertet werden soll, dann schließen Sie ihn durch zwei ' ' ein.

Beispiel. Geben Sie die Namen *A1* und *B1* ein, und multiplizieren Sie diese.

Geben Sie die Namen in den Stack ein. Der Indikator ALG erscheint, sobald Sie \square drücken.

\square A1 **ENTER**

\square B1 **ENTER**

```
2:      'A1'
1:      'B1'
-----
PARTS  PROE  HYP  MATR  VECTA  BASE
```

Multiplizieren Sie die beiden Namen.

\square

```
1:      'A1*B1'
-----
PARTS  PROE  HYP  MATR  VECTA  BASE
```

Das Ergebnis ist ein algebraischer Ausdruck, der die beiden Namen enthält. Namen von Variablen werden in Kapitel 6 behandelt.

Algebraische Objekte

Algebraische Objekte werden wie Namen von zwei ' begrenzt. Algebraische Objekte stellen mathematische Ausdrücke dar und haben im Stack die normale "Computerform", wie die beiden folgenden Beispiele zeigen:

```
'PERIODE=2*π*√(LÄNGE/G)'
```

```
'3X(2*X^3+COS(X))'
```

Der EquationWriter hilft Ihnen bei der Eingabe und Bearbeitung von algebraischen Objekten. Er zeigt sie so an, wie sie auch in einem Buch stehen könnten. Hier sehen Sie beispielsweise, wie die o.a. Gleichung PERIODE in der EquationWriter-Umgebung aussehen würde:

$$\text{PERIODE} = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{\text{LÄNGE}}{G}} \square$$

ERASE DRAW AUTO WANG WANG INDEP

Algebraische Objekte werden in Kapitel 8 und der EquationWriter wird in Kapitel 16 behandelt.

Programme

Ein Programm ist eine Folge von Befehlen und anderen Objekten, die durch `⌘` und `ⓧ` als Begrenzungszeichen eingeschlossen wird. Das folgende Programm berechnet z.B. die Fläche, wenn der Radius als reelle Zahl in Ebene 1 steht.

```
⌘ SQ π →NUM * ⓧ
```

Die Begrenzungszeichen verhindern, daß Befehle bei der Eingabe sofort ausgeführt werden. Sie werden stattdessen später, wenn Sie das Programmobjekt auswerten, ausgeführt.

Die Programmierung wird in Teil 4 (Kapitel 25 bis 31) behandelt.

Zeichenketten

Zeichenketten – Folgen von Zeichen – werden normalerweise dazu verwendet, Text innerhalb von Programmen darzustellen. Sie werden von Anführungszeichen begrenzt. Sie können beispielsweise die Zeichenkette "Minor of a Matrix" in den Stack eingeben und dann ausdrucken.

Eine *abgezählte Zeichenkette* ist eine andere Form der Zeichenkette, bei der die Zahl der Zeichen angegeben wird. Abgezählte Zeichenketten werden durch `Ⓢ n` eingeleitet, wobei n eine natürliche Zahl ist. `Ⓢ` zeigt an, daß es sich um eine abgezählte Zeichenkette handelt, und n gibt die Anzahl der zu der Zeichenkette zusammenfassenden Zeichen an. So führt beispielsweise die Eingabe von `Ⓢ 7 ABC DEF GHI` dazu, daß die Zeichenkette "ABC DEF" ausgegeben wird. Der Rest, GHI, wird wie ein Name behandelt, als ob er alleine in den Stack eingegeben worden wäre.

Ein andere Art der Zeichenkette wird durch `Ⓢ #` eingeleitet. Es werden dann alle restlichen Zeichen auf der Befehlszeile in die Zeichenkette aufgenommen.

Listen

Listen sind Folgen von zusammengehörigen Objekten, die durch geschweifte Klammern begrenzt werden, z.B. $\{ \times 0 1 \}$. Listen erlauben es Ihnen, Objekte zu kombinieren, so daß sie wie ein Objekt behandelt werden können.

Grafiken

Grafiken enthalten die Daten für "Bilder" des HP 48. Dazu gehören grafische Darstellungen von mathematischen Daten, benutzerdefinierte Grafiken sowie Darstellungen der Stackanzeige selbst. Sie werden durch bestimmte Zeichenbefehle erzeugt und können in der Grafikumgebung angeschaut werden. Sie können auch in den Stack eingegeben und in Variablen gespeichert werden. Im Stack werden Grafiken folgendermaßen dargestellt:

$$\text{GRAPHIC } n \times m$$

wobei n und m die Breite und Höhe in *Pixeln* ist. (Ein Pixel ist ein Bildpunkt auf dem Display.)

Die Erstellung und Verarbeitung von Grafiken wird in den Kapiteln 18 und 19 behandelt.

Markierte Objekte

Ein markiertes Objekt besteht aus einem Objekt und einer Markierung, die das Objekt benennt. Markierte Objekte werden folgendermaßen eingetippt:

$$: \text{tag} : \text{object}$$

Die Doppelpunkte begrenzen die Markierung. Bei der Anzeige eines markierten Objektes im Display wird der erste Doppelpunkt wegen der besseren Lesbarkeit weggelassen.

Beispiel. Geben Sie die komplexen Zahlen (2,5) und (4,9) mit den Markierungen B1 und B2 ein, und berechnen Sie dann das Produkt.

Geben Sie die markierten Objekte ein.

\rightarrow \square B1 \rightarrow \leftarrow () 2 \leftarrow 5 \rightarrow ENTER
 \rightarrow \square B2 \rightarrow \leftarrow () 4 \leftarrow 9 \rightarrow ENTER

2: B1: (2;5)
 1: B2: (4;9)
 PARTS PROB WVP MATR VECTR BASE

Berechnen Sie das komplexe Produkt.

\times

1: (-37;38)
 PARTS PROB WVP MATR VECTR BASE

Die Markierungen wurden von \times ignoriert.

Markierte Objekte sind besonders zur Benennung des Inhalts einer Variablen oder der Daten, die von einem Programm ausgegeben werden, geeignet (siehe Kapitel 29).

Objekte mit Einheiten

Objekte mit Einheiten bestehen aus einer reellen Zahl mit einer Einheit oder einem Ausdruck mit Einheiten. Das Unterstreichungszeichen () trennt die Einheit von der Zahl: z.B. 2_m und 26,7_kg*m^2/s^2.

Beispiel. Berechnen Sie folgenden Ausdruck:

$$\frac{50,8 \frac{\text{ft}}{\text{s}}}{2,5 \text{ s}}$$

Geben Sie die Objekte 50,8 ft/s und 2,5 s ein.

50.8 \leftarrow UNITS LENG FT
 \leftarrow UNITS TIME \rightarrow S
 2.5 S

2: 50,8_ft/s
 1: 2,5_s
 YR 0 H MIN S HZ

Dividieren Sie die beiden Werte.

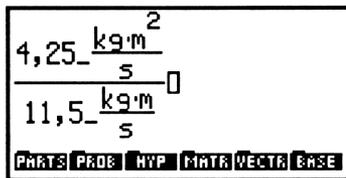
\div

1: 20,32_ft/s^2
 YR 0 H MIN S HZ

Algebraische Ausdrücke können Objekte mit Einheiten enthalten. Hier ein Beispiel:

$$(4,25_kg*m^2/s)/(11,5_kg*m/s)^2$$

Wenn Einheiten in algebraischen Objekten vorkommen, hilft Ihnen der EquationWriter bei deren Eingabe und Bearbeitung. Hier sehen Sie den gleichen Ausdruck wie er vom EquationWriter angezeigt wird:


$$\frac{4,25 \frac{kg \cdot m^2}{s}}{11,5 \frac{kg \cdot m}{s}} \square$$

PARTS PROB NXP MATR VECTR BASE

Objekte mit Einheiten werden in Kapitel 13 behandelt.

Verzeichnisse

Der HP 48 benutzt Verzeichnisse, um hierarchische Strukturen für die von Ihnen gespeicherten Daten zu aufzubauen. Verzeichnisse werden in Kapitel 7 behandelt.

Weitere Objekttypen

Drei Objekttypen betreffen Operationen mit Einsteckkarten (werden in Kapitel 34 behandelt):

- Sicherungsobjekte: Diese entstehen, wenn Sie Objekte in einer einsteckbaren Speicherkarte speichern.
- Bibliotheken: Eine Bibliothek ist ein Verzeichnis von Befehlen und Operationen, die *nicht* im Taschenrechner eingebaut sind. Bibliotheken befinden sich auf Einsteckkarten mit Anwendungsprogrammen oder im eingebauten oder einsteckbaren RAM.
- XLIB-Namen: Diese Objekte befinden sich auf Einsteckkarten mit Anwendungsprogrammen.

Zwei Objekttypen beschreiben den im HP 48 eingebauten Befehlssatz. Man kann sie als eingebaute Programmobjekte betrachten.

- Eingebaute Funktionen: z.B. SIN und LN.
- Eingebaute Befehle: z.B. DUP und DRAW.

Befehle, die Objekte manipulieren

Der HP 48 enthält Befehle zum Zusammenfügen, Trennen und Umwandeln von Objektteilen. Diese Befehle (außer +) befinden sich im Menü PRG OBJ (Program Object) (**PRG** **OBJ**).

Befehl/Beschreibung	Beispiel	
	Eingabe	Ausgabe
+ (+) Kombiniert zwei Zeichenketten oder Listen oder fügt ein Objekt zu einer Zeichenkette oder Liste hinzu.	2: 'A' 1: { 2 3 }	2: 1: { A 2 3 }
	2: "ABC" 1: "DE"	2: 1: "ABCDE"
→ ARRY (→ARR) (Stack to Array): fügt reelle oder komplexe Zahlen zu einem n -elementigen, rechteckigen Vektor oder einer Matrix der Größe n mal m zusammen (n oder $\{n\ m\}$ steht in Ebene 1).	3: 8 2: 9 1: 2 7: 1 6: 2 5: 3 4: 4 3: 5 2: 6 1: { 3 2 }	3: 2: 1: [8 9] 5: 4: 3: 2: 1: [[1 2] [3 4] [5 6]]

Befehl/Beschreibung	Beispiel	
	Eingabe	Ausgabe
C→R (Complex to Real): Teilt eine komplexe Zahl (oder ein komplexes Feld) in zwei reelle Zahlen (oder reelle Felder) auf, die dem Real- bzw. Imaginärteil entsprechen.	2: 1: (2,3)	2: 2 1: 3
DTAG (Delete Tag): Entfernt die Markierung von einem markierten Objekt.	1: A:123	1: 123
EQ→ (Equation to Stack): Trennt den linken und den rechten Teil einer Gleichung voneinander.	2: 1: 'A=B+C' 2: 1: 'B+C'	2: 'A' 1: 'B+C' 2: 'B+C' 1: 0
GET Liest das <i>n</i> te (<i>n</i> in Ebene 1) Element eines Vektors, einer Matrix oder Liste oder das Element $\langle n\ m \rangle$ einer Matrix.	2: [4 5 6] 1: 2 2: [[4 5 6] [7 8 9]] 1: 4 2: [[4 5 6] [7 8 9]] 1: (2 1) 2: (A B C) 1: 2	2: 1: 5 2: 1: 7 2: 1: 7 2: 1: 'B'

Befehl/Beschreibung	Beispiel	
	Eingabe	Ausgabe
GETI Wie GET, außerdem wird auch der Vektor, die Matrix oder die Liste in Ebene 3 und $n + 1$ in Ebene 2 abgelegt, oder das Feld wird in Ebene 3 und die Indizes $\langle n m \rangle$ des nächsten rechts stehenden Elements des Feldes werden in Ebene 2 abgelegt.	3: 2: [4 5 6] 1: 2	3: [4 5 6] 2: 3 1: 5
	3: 2: [[4 5 6] [7 8 9]] 1: 4	3: [[4 5 6] [7 8 9]] 2: 5 1: 7
	3: 2: [[4 5 6] [7 8 9]] 1: (2 2)	3: [[4 5 6] [7 8 9]] 2: (2 3) 1: 8
→LIST (Stack to List): Erstellt eine Liste mit n (n in Ebene 1) Objekten.	3: 'X+Z' 2: 'X' 1: 2	3: 2: 1: ('X+Z' X)
NUM Gibt den zum Zeichen gehörenden Code aus.	1: "R"	1: 65

Befehl/Beschreibung	Beispiel	
	Eingabe	Ausgabe
OBJ → (Object to Stack): Teilt eine komplexe Zahl, ein Feld oder eine Liste in die Elemente auf (wie C→R, ARRAY→ und LIST→); gibt für Felder und Listen auch die Zahl der Elemente oder Dimensionen in Ebene 1 aus. Entfernt bei Zeichenketten die Begrenzungszeichen und führt den Inhalt wie eine Befehlszeile aus (wie STR→). Trennt bei algebraischen Objekten die äußere Funktion und ihre Argumente. Trennt bei Größen die Zahl und die Einheit. Trennt bei markierten Objekten die Markierung und das Objekt.	2:	2: 4
	1: (4,5)	1: 5
	3:	3: 8
	2:	2: 9
	1: [8 9]	1: (2)
	4:	5: 1
	3:	4: 2
	2:	3: 5
	1: [[1 2] [5 6]]	2: 6
	1: (2 2)	
4:	4: 1	
3:	3: 2	
2:	2: 'Y'	
1: (1 2 Y)	1: 3	
1: "5 SQ 2 *"	1: 50	
4:	4: 'A'	
3:	3: 'B'	
2:	2: 2	
1: 'A + B'	1: +	
POS Zeigt die Position eines Objektes in einer Liste oder die Position einer Zeichenkette innerhalb einer anderen an.	2: (A 3 C)	2:
	1: 'C'	1: 3
	2: "ABCDEFGG"	2:
	1: "DE"	1: 4

Befehl/Beschreibung	Beispiel	
	Eingabe	Ausgabe
PUT Ersetzt das n te Element eines Vektors, einer Matrix oder Liste oder das Element $\langle n m \rangle$ einer Matrix durch den Inhalt der Ebene 1 (N oder $\langle n m \rangle$ befindet sich in Ebene 2).	<pre> 3: [4 5 6] 2: 2 1: 7 3: [[4 5 6] [7 8 9]] 2: 4 1: 2 3: (7 8 9) 2: 2 1: 'A' </pre>	<pre> 3: 2: 1: [4 7 6] 3: 2: 1: [[4 5 6] [2 8 9]] 3: 2: 1: (7 A 9) </pre>
PUTI Wie PUT, außerdem wird auch die Liste in Ebene 2 und $n + 1$ in Ebene 1 ausgegeben, oder es wird das Feld in Ebene 2 und $\langle n m \rangle + 1$ in Ebene 1 ausgegeben.	<pre> 3: [4 5 6] 2: 2 1: 7 3: [[4 5 6] [7 8 9]] 2: 4 1: 2 3: (7 8 9) 2: 2 1: 'A' </pre>	<pre> 3: 2: [4 7 6] 1: 3 3: 2: [[4 5 6] [2 8 9]] 1: 5 3: 2: (7 A 9) 1: 3 </pre>

Befehl/Beschreibung	Beispiel	
	Eingabe	Ausgabe
REPL (Replace): Ersetzt einen Teil einer Liste oder Zeichenkette in Ebene 3. Entnimmt das ersetzende Objekte aus Ebene 1 und die Position innerhalb der Liste oder Zeichenketten, an der das Ersetzen beginnen soll, aus Ebene 2. Wie REPL mit Grafikobjekten arbeitet, wird in Kapitel 19 beschrieben.	3: (A B C D) 2: 2 1: (F G)	3: 2: 1: (A F G D)
	3: (A B C) 2: 3 1: (F G)	3: 2: 1: (A B F G)
	3: (A B) 2: 10 1: (F G)	3: 2: 1: (A B F G)
R→C (Real to Complex): Stellt zwei reelle Zahlen oder Felder zu einer komplexen Zahl oder einem komplexen Feld zusammen.	2: -7 1: -2	2: 1: (-7, -2)
SIZE Gibt die Anzahl der Elemente einer Liste, die Anzahl der Zeichen einer Zeichenkette, die Dimensionen eines Feldes und Größe eines Grafikobjektes an.	1: (UX 2 Y)	1: 3
	1: "ABCDEFGH"	1: 7
	1: [[4 5 6] [7 8 9]]	1: (2 3)
	2:	2: #92d
	1: 92 × 64	1: #64d
→STR (Object to String): Wandelt ein Objekt in eine Zeichenkette um.	1: 'A+B'	1: "'A+B' "

Befehl/Beschreibung	Beispiel	
	Eingabe	Ausgabe
SUB (Subset): Teilmenge einer Liste oder Zeichenkette. Die Positionen des Anfangs- und Endelements stehen in den Ebenen 2 und 1.	3: { A B C } 2: , 2 1: 3	3: 2: 1: { B C }
	3: "ABCDEFGH" 2: 3 1: 5	3: 2: 1: "CDE"
→ TAG (Stack to Tag): Fügt zwei Objekte zu einem markierten Objekt zusammen.	2: 123 1: 'Value'	2: 1: Value: 123
→ UNIT (Stack to Unit): Fügt einen Skalar aus Ebene 2 und einen Ausdruck mit einer Einheit aus Ebene 1 zu einem Objekt mit Einheit zusammen.	2: 85 1: 17_m	2: 1: 85_m

GET, GETI, PUT und PUTI nehmen als Argument auch einen Namen anstelle des Feldes an. Hierzu zwei Beispiele: 'A1' 2 GET gibt das zweite Element von A1 aus, 'A2' 2 "ABC" PUT ersetzt das zweite Element von A2 durch "ABC".

Objekttypen

Bestimmen von Objekttypen

Im HP 48 werden 20 Objekttypen verwendet. Jeder Objekttyp wird durch eine natürliche Zahl dargestellt.

Nummern der Objekttypen

Objekt	TYP Nummer	Objekt	TYP Nummer
Reelle Zahl	0	Ganzzahliger Binärwert	10
Komplexe Zahl	1	Grafik	11
Zeichenkette	2	Markiertes Objekt	12
Reelles Feld	3	Objekt mit Einheit	13
Komplexes Feld	4	XLIB-Name	14
Liste	5	Verzeichnis	15
Globaler Name	6	Bibliothek	16
Lokaler Name	7	Ausgelagertes Objekt	17
Programm	8	Eingebaute Funktion	18
Algebraisches Objekt	9	Eingebauter Befehl	19

Der Befehl TYPE (**PRG** OBJ **NXT** TYPE) gibt die Nummer des Objekttyps in Ebene 1 aus.

Der Befehl VTYPE (**PRG** OBJ **NXT** VTYPE) gibt die Nummer des in einer Variablen gespeicherten Objekttyps aus. Der Befehl benutzt den Namen der Variablen als Argument. VTYPE zeigt -1 an, wenn die Variable nicht existiert.

Namen von Variablen nach Objekttyp trennen

Der Befehl TVARS ( **MEMORY** **NXT** TVARS) akzeptiert die Nummer eines Objekttyps als Argument und gibt eine Liste aller Namen von Variablen im aktuellen Verzeichnis aus, die diesen Objekttyp enthalten. So zeigt Ihnen z.B. TVARS mit **S** in Ebene 1 eine Liste aller Namen von Variablen, die ein Programm enthalten. Falls keine Variable mit diesem Objekttyp existiert, schreibt TVARS eine leere Liste in den Stack.

Auswerten von Objekten

Auswerten ist die grundlegende Operation des Taschenrechners, mit der Objekte in Aktion gesetzt werden. Die Auswertung findet häufig implizit in Operationen des Taschenrechners statt, z.B. wenn Befehle ausgeführt werden, Programme ablaufen usw. Objekte im Stack können jedoch auch explizit ausgewertet werden, indem der Befehl EVAL (auf der Tastatur als **EVAL** dargestellt) ausgeführt wird.

Das Ergebnis der Auswertung eines Objektes kann eine Serie nachfolgender Aktionen sein, die weitere Auswertungen beinhalten können. Die untenstehende Tabelle zeigt, was die Auswertung verschiedener Objekte bewirkt.

Obj.-Typ	Wirkung der Auswertung
Lokaler Name	Holt den Inhalt der Variablen in den Stack. Dieser Inhalt kann nötigenfalls durch den Befehl EVAL explizit ausgewertet werden.
Globaler Name	<p>Holt den Inhalt der Variablen in den Stack:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Ein Name wird ausgewertet. ■ Ein Programm wird ausgewertet. ■ Ein Verzeichnis wird zum aktuellen Verzeichnis. ■ Andere Objekte werden in den Stack geschrieben. <p>Wenn keine Variable mit dem angegebenen Namen existiert, wird beim Auswerten der Name in den Stack geschrieben.</p>
Programm	<p>Gibt jedes Objekt des Programms ein:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Namen werden ausgewertet, außer wenn sie durch (□) eingeschlossen sind. ■ Befehle werden ausgeführt. ■ Andere Objekte werden in den Stack geschrieben.
Liste	<p>Gibt jedes Objekt der Liste ein:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Namen werden ausgewertet. ■ Programme werden ausgewertet. ■ Befehle werden ausgeführt. ■ Andere Objekte werden in den Stack geschrieben.

Obj.-Typ	Wirkung der Auswertung
Algebraisches Objekt	Gibt jedes Objekt des algebraischen Ausdrucks ein: <ul style="list-style-type: none"> ■ Namen werden ausgewertet. ■ Befehle werden ausgeführt. ■ Andere Objekte werden in den Stack geschrieben.
Andere Objekte	Schreibt das jeweilige Objekt in den Stack.

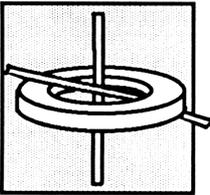
Nehmen Sie an, Sie hätten zwei globale Variable, *TWOPI* und *CIRCUM*, erzeugt:

- *TWOPI* enthält die reelle Zahl 6,28318530718.
- *CIRCUM* enthält das Programm `« TWOPI * ».`

Das Feld `CIRCU` im Menü VAR stellt *CIRCUM* dar. Wenn Sie `CIRCU` drücken, passiert folgendes:

1. Der Name *CIRCUM* wird ausgewertet.
2. Das in der Variablen *CIRCUM* gespeicherte Programm wird ausgewertet.
3. Der Name *TWOPI* (das erste Objekt des Programms) wird ausgewertet.
4. Die in der Variablen *TWOPI* gespeicherte reelle Zahl wird in den Stack zurückgegeben.
5. Der Befehl `*` (multipliziere) wird ausgeführt.

Der Speicher



Jede Operation, die Sie mit Ihrem HP 48 ausführen, benötigt Speicherplatz. Dieses Kapitel behandelt die folgenden Punkte zum Thema Speicher:

- Arten von Speichern
- Befehle zur Nutzung des Speichers
- Zu wenig Speicherplatz.

Arten von Speichern

Der HP 48 besitzt zwei Arten von Speichern:

- *Read-only memory* (ROM) ist ein Speicher, der für spezielle Operationen reserviert ist und der nicht geändert werden kann. Das eingebaute ROM des HP 48 hat eine Größe von 256 KByte und enthält seinen Befehlssatz. Die Größe des ROM läßt sich durch den Einbau von Einsteckkarten mit Anwendungsprogrammen erweitern. Diese Einsteckkarten werden in Kapitel 34 “Verwenden von Einsteckkarten und Bibliotheken” beschrieben.

- *Random-access memory* (RAM) ist der Speicher, dessen Inhalt Sie ändern können. Sie können im RAM Daten speichern, den Inhalt verändern und Daten löschen. Der HP 48 enthält 32 KByte eingebautes RAM. Auch können Sie zur Erweiterung Speicherkarten einsetzen, die ebenfalls in Kapitel 34 beschrieben werden.

RAM wird auch *Benutzerspeicher* genannt, weil dies ein Speicher ist, auf den Sie (der Benutzer) Zugriff haben. Sie verwenden oder bearbeiten den Benutzerspeicher, wenn Sie ein Objekt in den Stack eingeben, ein Objekt in einer Variablen speichern, eine Gleichung oder eine Matrix erstellen, ein Programm laufen lassen usw.

Die nächsten beiden Kapitel “Variable” und “Verzeichnisse” behandeln den Aufbau und die Verwaltung des Benutzerspeichers.

Befehle zur Nutzung des Speichers

Verfügbarer Speicher. Der Befehl MEM ( MEMORY MEM) gibt die Anzahl der freien Bytes im Benutzerspeicher aus.

Speicherbedarf und Prüfsummen von Objekten. Der Befehl BYTES ( MEMORY BYTES) benutzt ein Objekt als Argument und gibt folgendes aus:

- In Ebene 2: die Prüfsumme des Objektes. Die Prüfsumme ist ein dem Objekt eigener ganzzahliger Binärwert. Sie können die Prüfsumme dazu verwenden, um sicherzustellen, daß Sie ein großes Objekt (z.B. ein Programm oder eine Matrix) korrekt eingegeben haben. Hierzu wird die Prüfsumme des abgedruckten Programmes mit der Prüfsumme, die Sie nach dem Eintippen erhalten, verglichen. (Für jedes der Programme in Teil 4 dieses Handbuchs wird am Ende eine Prüfsumme angegeben. Diese dient Ihnen dazu, festzustellen, ob Sie das Programm richtig abgeschrieben haben.)
- In Ebene 1: Die Menge an Speicherplatz in Bytes, die das Objekt belegt. Wenn das Objekt ein Variablenname ist, wird der vom Namen *und* dem Inhalt verbrauchte Speicherplatz ausgegeben. Handelt es sich um ein eingebautes, also im ROM gespeichertes Objekt, wird 2,5 Byte ausgegeben.

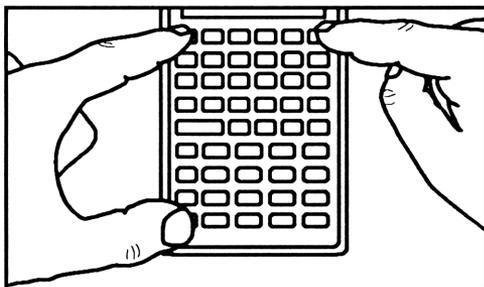
Weitere Speicherbefehle werden in Kapitel 6 “Variable und das Menü VAR” sowie in Kapitel 7 “Verzeichnisse” behandelt.

Löschen des gesamten Speichers

Wenn Sie den Speicher löschen, *gehen alle Daten, die Sie gespeichert haben, verloren*, und es werden alle Modi in ihre Grundeinstellung zurückgesetzt. Daher werden Sie dies wahrscheinlich nicht sehr oft machen – oder zumindest nur nach reiflicher Überlegung.

Zum Löschen des gesamten Speichers gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Drücken Sie folgende drei Tasten gleichzeitig, und halten Sie sie gedrückt: **[ON]**, die äußerst linke Menütaste und die äußerst rechte Menütaste.



2. Lassen Sie zuerst die beiden Menütasten und anschließend **[ON]** los. Der Taschenrechner "piepst" und zeigt dann folgende Meldung an: Try To Recover Memory?.
3. Drücken Sie **[NO]**. Der HP 48 piepst und zeigt Memory Clear an.

Falls erforderlich, können Sie die Löschung rückgängig machen bevor Sie **[ON]** loslassen. Dann müssen Sie **[ON]** weiter gedrückt halten und die zweite Menütaste von links drücken. Sie können auch **[YES]** auf die Frage: Try To Recover Memory? antworten. Der Taschenrechner ist an dieser Stelle keinesfalls in der Lage, sämtliche Daten wieder zurückzuholen. Sie verlieren wahrscheinlich Ihren Stack, die Termine und die selbstdefinierten Tastenbelegungen.

Wenig Speicherplatz

Die Operationen des HP 48 teilen den Speicherplatz mit den von Ihnen erzeugten Objekten. Der normale Betrieb des Taschenrechners wird langsam oder kommt ganz zum Erliegen, falls der Benutzerspeicher voll ist. Wenn ein solcher Zustand eintritt, gibt der HP 48 eine der folgenden Warnungen aus (geordnet nach zunehmender Dringlichkeit):

No Room for Last Stack. Falls nicht genug Speicherplatz zum Sichern einer Kopie des aktuellen Stacks vorhanden ist, wird `No Room for Last Stack` angezeigt, wenn Sie ENTER drücken. Außerdem wird die Operation `LAST STACK` ( `LAST STACK`) blockiert.

Diese Meldung zeigt an, daß der Benutzerspeicher voll zu werden droht. Schaffen Sie Platz, indem Sie nicht benötigte Objekte aus dem Speicher löschen.

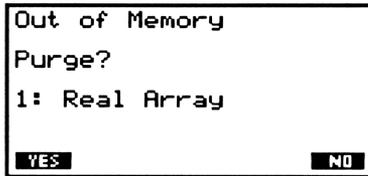
Insufficient Memory. Wenn nicht genügend Speicherplatz vorhanden ist, um eine Operation vollständig auszuführen, wird `Insufficient Memory` angezeigt. Wenn die Operation `LAST ARG` ( `LAST ARG`) aktiviert ist (Flag -55 ist gelöscht), werden die ursprünglichen Argumente wieder in den Stack gelesen. Ist `LAST ARG` abgeschaltet (Flag -55 ist gesetzt) gehen die Argumente verloren.

Löschen Sie nicht benötigte Objekte aus dem Speicher, um diesen Zustand aufzuheben.

No Room to Show Stack. Es kann vorkommen, daß der HP 48 alle laufenden Operationen abschließt und dann nicht genügend freien Speicherplatz für die Anzeige des Stacks hat. In diesem Fall wird `No Room to Show Stack` in der oberen Zeile des Displays angezeigt. In den Zeilen, in denen normalerweise die Stackobjekte angezeigt werden, erscheinen diese Objekte nur noch als Typen wie `Real Number`, `Algebraic` usw.

Der für die Anzeige eines Stackobjekts benötigte Speicherplatz hängt vom Objekttyp ab. Wenn nicht genügend Platz zum Anzeigen des Stacks vorhanden ist, löschen Sie eines oder mehrere Objekte aus dem Speicher oder speichern Sie ein Stackobjekt in einer Variablen, so daß es nicht mehr angezeigt zu werden braucht.

Out of Memory. Im Extremfall gibt es nicht einmal mehr genügend Speicherplatz, um überhaupt irgendetwas zu machen – den Stack oder Menüfelder anzuzeigen, Befehle auszuführen usw. In diesem Fall *müssen* Sie Speicherplatz freimachen, bevor Sie weiterarbeiten können. Es wird ein spezielles Out of Memory-Verfahren eingeleitet, das mit der folgenden Anzeige beginnt:



Sie werden aufgefordert, YES oder NO zu drücken, um das Objekt in Ebene 1 zu löschen bzw. nicht zu löschen. Dieses Objekt wird durch den Objekttyp dargestellt: im obigen Beispiel handelt es sich um ein reelles Feld. Wenn Sie YES drücken, wird das Objekt gelöscht und die Abfrage mit dem neuen Objekt in Ebene 1 fortgesetzt, und zwar so lange, bis der Stack leer ist oder Sie NO drücken. Anschließend werden Sie gefragt, ob der Inhalt von LAST CMD (LAST CMD) gelöscht werden soll. Danach folgen noch weitere Abfragen. Nachstehend sehen Sie die Reihenfolge der Punkte, die zu löschen Sie aufgefordert werden:

1. Stackebene 1
2. der Inhalt von LAST CMD
3. der Inhalt von LAST STACK (falls aktiviert)
4. der Inhalt von LAST ARG (falls aktiviert)
5. die Variable PICT (falls vorhanden)
6. alle benutzerdefinierten Tastaturbelegungen
7. alle Terminerinnerungen
8. der gesamte Stack (falls nicht bereits leer)
9. alle globalen Variablen mit ihren Namen
10. alle externen Objekte mit ihren Markierungen



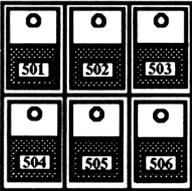
Hinweis

Es ist möglich, daß der Löschvorgang mit der Befehlszeile beginnt und erst *dann* den Stack, den Inhalt von LAST CMD usw. durchgeht. Wenn Sie NO für die Befehlszeile eingeben, wird Ihnen später, wenn Sie das Out of Memory-Verfahren beenden, diese Befehlszeile angezeigt.

Die Abfrage der Variablen (Punkt 9 in der obigen Liste) beginnt mit dem neuesten Objekt des Verzeichnisses *HOME* und fährt dann mit immer älteren Variablen fort. Wenn die betreffende Variable ein leeres Verzeichnis ist, wird dieses durch YES gelöscht. Ist das Verzeichnis nicht leer, bewirkt YES , daß die Variablen dieses Verzeichnisses (von der neuesten zur ältesten) durchgehend gelöscht werden.

Sie können jederzeit versuchen, das Out of Memory-Verfahren durch Drücken von **ATTN** zu beenden. Ist dann ausreichend Speicherplatz vorhanden, wird wieder die normale Anzeige sichtbar. Andernfalls "piepst" der Taschenrechner und setzt den Löschvorgang fort. Nachdem alle Punkte einmal durchgegangen worden sind, versucht der HP 48, den normalen Betrieb wieder aufzunehmen. Wenn dann noch immer nicht genug freier Speicherplatz zur Verfügung steht, wird der ganze Vorgang wiederholt.

Variablen und das Menü VAR



Eine *Variable* ist ein benannter Speicherplatz, der ein Objekt enthält. Im HP 48 werden Variablen (statt numerierter Speicherregister) benutzt, weil sie das Speichern und Wiederauffinden von Informationen anhand sinnvoller Namen erlauben. Sie können beispielsweise die Fallbeschleunigung 9.81 m/s^2 in einer Variablen namens *G* speichern und dann den Namen verwenden, um auf den Inhalt der Variablen zuzugreifen.

Es gibt zwei Arten von Variablen:

- *Globale* Variablen sind normale Variablen, die im Speicher erhalten bleiben, bis Sie sie löschen.
- *Lokale* Variablen sind von Programmen erzeugte Variablen. Sie existieren nur, so lange das Programm abläuft und können außerhalb des Programms nicht verwendet werden.

In diesem Kapitel werden globale Variablen behandelt. Lokale Variablen werden in Kapitel 25 erörtert.

Beispiel: Verwenden von Variablen

Lassen Sie sich das Menü VAR anzeigen. Es ist ursprünglich leer und enthält ein Feld für jede globale Variable, die Sie erzeugen, und für einige reservierte Variablen, die vom HP 48 erzeugt werden. (Es kann sein, daß bei Ihnen das Menü VAR nicht leer ist.)

[VAR]



Um die Variable G zu erzeugen, geben Sie zunächst den Wert und den Namen der Variablen ein.

9.81 [←] [UNITS] SPEED M/S
 [←] [UNITS] TIME [→] S
 [] G [ENTER]



Führen Sie STO (store) aus, um die Variable zu erzeugen und den Wert darin zu speichern. Lassen Sie sich erneut das Menü VAR anzeigen, damit Sie das Menüfeld für die Variable sehen können.

[STO] [VAR]



Der Wert und der Name wurden aus dem Stack entfernt, und das Menü VAR enthält jetzt ein Feld für die Variable G .

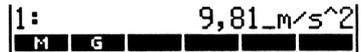
Erzeugen Sie die Variable M mit dem Wert 7. Es erscheint ein Feld für die Variable M .

7 [ENTER]
 [] M [ENTER] [STO]



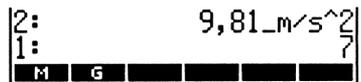
Fragen Sie den Inhalt von G mit Hilfe des Menüs VAR ab.

[→] G



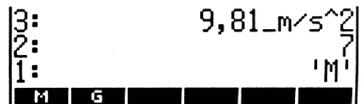
Sie können den Inhalt einer Variablen auswerten, ohne das Menü VAR zu benutzen. Fragen Sie nun den Wert von M ab.

M [ENTER]



Lesen Sie den Namen 'M' in den Stack.

[] M [ENTER]
 oder
 [] M [ENTER]



Löschen Sie nun, da sich der Name im Stack befindet, *M*.

 **PURGE**

2:	9,81_m/s^2
1:	?
G	

Erzeugen einer Variablen

Der Befehl STO

Der Befehl STO liest ein Objekt und einen Namen aus dem Stack und speichert das Objekt in einer Variablen dieses Namens. Wenn es diese Variable nicht gibt, wird sie im aktuellen Verzeichnis erzeugt. (Verzeichnisse werden in Kapitel 7 behandelt. Haben Sie noch kein Verzeichnis erstellt, werden alle Ihre Variablen im Verzeichnis HOME erzeugt.) Existiert die Variable bereits, ersetzt das Stackobjekt den alten Wert.

Sie können in einer Variablen jeden beliebigen Objekttyp speichern.

Beispiel: Erzeugen einer Variablen. Erzeugen Sie die Variable *VCT1*, die den Vektor [1 2 3] enthält.

Geben Sie den Vektor [1 2 3] ein.

 **[]** 1 **[SPC]** 2 **[SPC]** 3 **[ENTER]**

1:	[1 2 3]				
PARTS	PROB	HYP	MATR	VECTR	BASE

Tippen Sie den Namen der Variablen ein, und drücken Sie **[STO]**. Falls er nicht schon angezeigt wird, rufen Sie das Menü VAR auf, um die neue Variable sehen zu können.

 **VCT1** **[STO]**

VCT1	G				
------	---	--	--	--	--

[VAR]

Der Befehl DEFINE

Der Befehl DEFINE wird dazu verwendet, Variablen aus algebraischen Gleichungen zu erzeugen. Wenn Ebene 1 eine Gleichung mit einem gültigen Namen als rechte Seite enthält, speichert DEFINE den Ausdruck auf der rechten Seite der Gleichung in dem Namen auf der linken Seite. Ein Beispiel: Die Tastenfolge 'A=6'  [DEF] speichert 6 in der Variablen A.

Wenn das Flag -3 gesetzt ist, wird die zu speichernde Gleichung, soweit möglich, zu einer Zahl ausgewertet. Ist das Flag -3 rückgesetzt, wird die Gleichung unausgewertet gespeichert. Die Tastenfolge 'A=10+10'  [DEF] beispielsweise erzeugt eine Variable A und speichert darin 10+10, wenn das Flag -3 rückgesetzt ist (Grundeinstellung), oder 20, wenn das Flag -3 gesetzt ist.

Namen von Variablen

Ein Name kann aus bis zu 127 Zeichen mit Buchstaben, Ziffern und den meisten anderen Zeichen bestehen.

Es können höchstens 10 Zeichen in einem Menüfeld angezeigt werden. Ist ein Name zu lang, um in ein Feld zu passen, wird der Anfang des Namens angegeben. Folgende Zeichen dürfen in Namen nicht verwendet werden:

- Zeichen, die Objekte trennen: Begrenzungszeichen (# [] " ' { } () * * : _), Leerschritte, Punkte, Kommas und @.
- Mathematische Symbole (+ - * / ^ √ = < > ≤ ≥ ≠ ∂ ∫ !).

Namen dürfen nicht mit einer Ziffer beginnen. Sie können keine Namen von Befehlen (z.B. SIN, i oder π) für Variable verwenden. Außerdem darf PICT nicht verwendet werden, denn der HP 48 benutzt diesen Namen für die aktuelle Grafik.

Manche Namen sind zwar erlaubt, werden jedoch vom HP 48 für besondere Zwecke eingesetzt. Diese werden *reservierte Variablen* genannt:

- EQ steht für die aktuelle Gleichung, die von HP Solve und Plot verwendet wird.
- CST enthält Daten für benutzerdefinierte ("custom") Menüs.
- ΣDAT enthält die aktuelle statistische Matrix.
- ALRMDAT enthält die Daten eines Termins, der gerade eingegeben oder geändert wird.

- *ΣPAR* enthält eine Liste der Parameter, die von STAT-Befehlen verwendet werden.
- *PPAR* enthält eine Liste der Parameter, die von PLOT-Befehlen verwendet werden.
- *PRTPAR* enthält eine Liste der Parameter, die von PRINT-Befehlen verwendet werden.
- *IOPAR* enthält eine Liste der Parameter, die von E/A-Befehlen verwendet werden.
- *s1, s2, ...* werden von ISOL und QUAD erzeugt, um beliebige Vorzeichen in den Ergebnissen symbolischer Lösungen darzustellen.
- *n1, n2, ...* werden von ISOL erzeugt, um beliebige ganze Zahlen in den Ergebnissen symbolischer Lösungen darzustellen.
- Namen, die mit “der” beginnen, stehen für benutzerdefinierte Ableitungen (“derivatives”).

Sie können diese Namen verwenden, aber denken Sie stets daran, daß bestimmte Befehle diese als implizite Argumente verwenden. Wenn Sie deren Inhalte verändern, könnte es sein, daß jene Befehle nicht einwandfrei ausgeführt werden.

Verwenden des Inhalts einer Variablen

Wenn Sie eine Variable einmal erzeugt haben, gibt es zwei Möglichkeiten, sich deren Inhalt ausgeben zu lassen:

- *Auswerten* des Namens. (Diesen Weg werden Sie normalerweise gehen.)
- *Aufrufen* des Inhalts.

Auswerten des Namens einer Variablen

Den Namen einer Variablen auszuwerten heißt, das in dieser Variablen gespeicherte Objekt auszuwerten. Bei Objekten, die keine Programme, Verzeichnisse oder Namen sind, wird eine Kopie des Objektinhalts in den Stack gelesen. Namen von Variablen können auf zwei Arten ausgewertet werden:

- Sie drücken die entsprechende Taste des Menüs VAR. Ein Beispiel:
  wertet *G* aus und zeigt seinen Inhalt an.

- Sie geben den Namen ein (ohne Anführungszeichen), und drücken **ENTER**. Ein Beispiel: G **ENTER** wertet G aus.

Beispiel: Auswerten des Namens einer Variablen aus dem Menü VAR. Erzeugen Sie die drei folgenden Variablen: A mit 2, B mit 5 und ALG mit dem algebraischen Ausdruck ' $A + B$ '. Werten Sie diese dann über das Menü VAR aus.

Lassen Sie sich das Menü VAR anzeigen, und erzeugen Sie die Variablen.

VAR **ALG** **B** **A** **VCT1** **G**
 2 **ENTER** **□** A **STO**
 5 **ENTER** **□** B **STO**
□ A **+** B **ENTER**
□ ALG **STO**

Werten Sie ALG , B und A aus.

ALG 3: 'A+B'
B 2: 5
A 1: 2
ALG **B** **A** **VCT1** **G**

Die Inhalte der drei Variablen erscheinen jetzt im Stack.

Variablen, die Programme enthalten. Das Auswerten des Namens einer Variablen, die ein Programm enthält, *startet* dieses Programm.

Beispiel: Auswerten einer Variablen, die ein Programm enthält.

Erzeugen Sie die Variable $ADD2$, die das Programm « + + » enthält, und lassen Sie es 3, 4 und 5 addieren.

Erzeugen Sie die Variable.

← **«** **»** **+** **+** **ENTER** **ADD2** **ALG** **B** **A** **VCT1** **G**
□ ADD2 **STO**

Geben Sie nun 3, 4 und 5 in den Stack ein, und werten Sie $ADD2$ aus. Das Programm führt zwei aufeinanderfolgende Additionen aus.

3 **SPC** 4 **SPC** 5 1: 12
 ADD2 **ADD2** **ALG** **B** **A** **VCT1** **G**

Das Menü VAR und der Katalog REVIEW

Das Menü VAR (**VAR**) enthält ein Feld für jede globale Variable, die Sie im aktuellen Verzeichnis erzeugt haben. Es bietet Ihnen die folgenden Möglichkeiten:

- Auswerten des Namens einer Variablen: Drücken Sie einfach die Menütaste.
- Aufrufen des Inhalts einer Variablen: Drücken Sie **▶** und anschließend die Menütaste.
- Ändern des Inhalts einer Variablen: Schreiben Sie den neuen Inhalt in den Stack, drücken Sie **◀** und anschließend die Menütaste. (Wird beschrieben in “Ändern des Inhalts einer Variablen” auf Seite 119.)
- Schreibhilfen für die Namen: Die Menütasten fungieren als Schreibhilfen, wenn sich die Befehlszeile im algebraischen oder Programmeingabe-Modus befindet.
- REVIEW, ein “Katalog” Ihrer Variablen. **◀** **REVIEW** zeigt Ihnen die vollständigen Namen und Inhalte der Variablen auf der aktuellen Seite des Menüs VAR.

Enthält das Menü mehr als sechs Felder, können Sie **NXT** und **◀** **PREV** zum “Blättern” verwenden.

Beispiel: Verwenden des Menüs VAR und des Katalogs REVIEW.

Erzeugen Sie eine Variable namens *OPTION* mit dem Inhalt 6,011991 und lassen Sie sich das Menü VAR anzeigen.

```
6.011991 ENTER  
◻ OPTION STO  
VAR
```

```
OPTIO MODE ALG E A VCT1
```

Rufen Sie den Wert der Variablen auf.

```
▶ OPTIO
```

```
1: 6,011991  
OPTIO MODE ALG E A VCT1
```

Geben Sie den Namen der Variablen ein.

```
◻ OPTIO ENTER
```

```
2: 6,011991  
1: 'OPTION'  
OPTIO MODE ALG E A VCT1
```

Lassen Sie sich den Katalog der Variablen anzeigen.

 **REVIEW**

```
OPTION: 6,011991
ADD2: < 2 + >
ALG: 'A+B'
B: 5
A: 2
VCT1: [ 1 2 3 ]
```

OPTIO	ADD2	ALG	B	A	VCT1
-------	------	-----	---	---	------

Der nächste Tastendruck, den Sie ausführen, löscht die Übersicht, zeigt den Stack wieder an und führt dann den eigentlichen Tastendruck aus.

Neuordnung des Menüs VAR

Gehen Sie, um den Inhalt des Menüs VAR neu zu ordnen, folgendermaßen vor:

1. Erstellen Sie eine Liste mit den Namen der Variablen, und zwar in der Reihenfolge wie sie im Menü VAR erscheinen sollen. In der Liste brauchen nicht alle Namen enthalten zu sein. Die ausgelassenen Namen erscheinen im Menü hinter den Namen in der Liste.
2. Geben Sie den Befehl ORDER ein ( **MEMORY** ORDER).

Eine Möglichkeit, die Liste zu erstellen (Schritt 1), ist der Befehl VARS ( **MEMORY** VARS). VARS gibt eine Liste mit allen Variablen im aktuellen Verzeichnis aus. Sie können die Liste dann überarbeiten.

Löschen von Variablen

Löschen einzelner Variablen

Zum Löschen einer Variablen geben Sie deren Namen ein und drücken  **PURGE**.

Beispiel: Löschen einer Variablen.

Löschen Sie die Variable *OPTION*, die im letzten Beispiel erzeugt wurde (Sie können den Namen eintippen oder die entsprechende Menütaste als Schreibhilfe benutzen):

 **OPTION**  **PURGE**

oder

 **OPTIO**  **PURGE**



Löschen von mehr als einer Variablen

Erstellen Sie eine Liste mit den Namen der zu löschenden Variablen, um mehr als eine Variable gleichzeitig zu löschen.

Beispiel: Gleichzeitiges Löschen mehrerer Variablen. Nehmen Sie an, Sie hätten mehrere Variablen erzeugt, so daß das Menü VAR folgendermaßen aussieht:



Erstellen Sie, um *A*, *B* und *C* zu löschen, eine Liste, die deren Namen enthält. (Beachten Sie, daß  **{ }** die Befehlszeile in den Programmeingabemodus setzt.)

 **{ }** **A** **B**
C **ENTER**

1: **{ A B C }**


Geben Sie den Befehl **PURGE** ein.

 **PURGE**



Löschen aller Variablen

Der Befehl CLVAR (Clear Variables) löscht alle Variablen des aktuellen Verzeichnisses. Da dieser Befehl eine ganze Menge Daten löschen kann, gibt es keine direkte Taste dafür. Jedoch dient **[→] [PURGE]** als Schreibhilfe, die CLVAR in die Befehlszeile schreibt. Drücken Sie **[ENTER]**, um den Befehl ausführen zu lassen.

Rückgängigmachen einer Fehleingabe

Wenn Sie versehentlich eine Variable mit **[STO]** oder **[←] [PURGE]** überschrieben oder gelöscht haben, können Sie diesen Fehler mit **[→] [LAST ARG]** wieder rückgängig machen, bevor Sie irgendwelche anderen Operationen durchführen. Dann werden der ursprüngliche Inhalt und der Name der Variablen in den Stack geschrieben, und Sie können **[STO]** drücken, um die Variable wieder zu speichern.

Variablenarithmetik

Die Befehle zur Variablenarithmetik führen arithmetische Operationen mit dem Inhalt einer Variablen durch, ohne daß der Inhalt in den Stack geholt werden muß. Die Befehle befinden sich im Menü MEMORY Arithmetic (**[→] [MEMORY]**).

Befehle für die Variablenarithmetik

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
[→] [MEMORY]:		
[STO+]	STO+	Addiert zwei Objekte, von denen eines dem Stack entnommen wird und das andere der Inhalt einer Variablen ist, deren Name in Stack steht. Das Resultat wird zum neuen Wert der Variablen.

Befehle für die Variablenarithmetik (Fortsetzung)

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
STO-	STO-	Subtrahiert zwei Objekte im Stack, von denen eines dem Stack entnommen wird und das andere der Inhalt einer Variablen ist, deren Name im Stack steht. Der neue Wert der Variablen ist die Differenz zwischen dem Objekt in Ebene 2 und dem in Ebene 1 benannten Objekt.
STO*	STO*	Multipliziert zwei Objekte, von denen eines dem Stack entnommen wird und das andere der Inhalt einer Variablen ist, deren Name im Stack steht. Das Produkt wird zum neuen Wert der Variablen.
STO/	STO/	Dividiert zwei Objekte im Stack, von denen eines dem Stack entnommen wird und das andere der Inhalt einer Variablen ist, deren Name im Stack steht. Der neue Wert der Variablen ist der Quotient, d.h. das Objekt in Ebene 2 dividiert durch das in Ebene 1 benannte Objekt.
SINV	SINV	Berechnet der Kehrwert des Inhalts der im Stack genannten Variablen. Das Ergebnis ersetzt den ursprünglichen Inhalt der Variablen.
SNEG	SNEG	Negiert den Inhalt der im Stack genannten Variablen. Das Ergebnis ersetzt den ursprünglichen Inhalt der Variablen.

Befehle für die Variablenarithmetik (Fortsetzung)

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
SCON	SCONJ	Konjugiert den Inhalt der im Stack genannten Variablen. Das Ergebnis ersetzt den ursprünglichen Inhalt der Variablen.

Beispiele für Arithmetik mit Variablen

Befehl	Ursprünglicher Inhalt von ABC	Stackinhalt	Neuer Inhalt von ABC
STO+	10	2: 'ABC' 1: 6	16
	10	2: 6 1: 'ABC'	16
STO-	10	2: 'ABC' 1: 3	7
	10	2: 3 1: 'ABC'	-7
STO*	10	2: 'ABC' 1: 5	50
	10	2: 5 1: 'ABC'	50
STO/	20	2: 'ABC' 1: 2	10
	20	2: 5 1: 'ABC'	0,25
SINV	10	1: 'ABC'	0,1
SNEG	10	1: 'ABC'	-10
SCONJ	(-2;,-3)	1: 'ABC'	(-2;3)

Zwei weitere Befehle, INCR und DECR, werden in erster Linie bei der Programmierung verwendet. Siehe auch Kapitel 27.

Verzeichnisse



Verzeichnisse ermöglichen Ihnen das Zusammenfassen von Variablen zu sinnvollen Gruppen. Sie können damit auch selten benutzte Informationen “in der Versenkung verschwinden” lassen und Daten schützen, die nicht versehentlich von Programmen (oder Personen) verändert werden sollen. In diesem Kapitel werden folgende Themen behandelt:

- Das Verzeichniskonzept des HP 48 verstehen
- Unterverzeichnisse anlegen
- Variablen in Verzeichnissen erzeugen und darauf zugreifen
- Verzeichnisse wechseln, löschen und bearbeiten.

Begriffe

Um Verzeichnisse sinnvoll verwenden zu können, sollten Ihnen folgende Grundgedanken vertraut sein:

- Verzeichnisse werden als benannte Variablen gespeichert und im Menü VAR angezeigt. Um sie von den anderen Variablen in diesem Menü unterscheiden zu können, hat jedes Verzeichnis einen Strich über dem linken Teil seines Menüfeldes.

HOME enthält vier Einträge: Zwei davon (*PROG* und *EQUN*) sind Namen von **Unterverzeichnissen**. *HOME* ist das **übergeordnete Verzeichnis** von *PROG* und *EQUN*. Weiter abwärts ist *PROG* das übergeordnete Verzeichnis von *MATH*, und *MATH* ist das übergeordnete Verzeichnis von *ARAY*. Andersherum betrachtet ist *PROG* ein Unterverzeichnis von *HOME*, *MATH* ein Unterverzeichnis von *PROG* und *ARAY* ein Unterverzeichnis von *MATH*.

Der **Pfad** von *EQUN* ist { HOME EQUN }, der Pfad von *ARAY* dagegen ist { HOME PROG MATH ARAY }.

Der Befehl PATH ( MEMORY PATH) gibt den Pfad des aktuellen Verzeichnisses in Form einer Liste der Verzeichnisnamen aus. Wenn beispielsweise *ARAY* das aktuelle Verzeichnis ist und Sie PATH drücken, erscheint { HOME PROG MATH ARAY } in Ebene 1. (Das Auswerten einer Verzeichnisliste kann zum Umschalten in das durch den Pfad angegebene Verzeichnis verwendet werden.)

Anlegen von Unterverzeichnissen

Um ein Unterverzeichnis anzulegen, geben Sie den Verzeichnisnamen ein und drücken **CRDIR**. Der neue Name wird ins Menü VAR aufgenommen; ein Strich über der linken Seite des Menüfeldes zeigt an, daß es sich um ein Verzeichnis handelt.

Beispiel: Anlegen und Verwenden von Verzeichnissen. Legen Sie im Verzeichnis *HOME* zwei Unterverzeichnisse an. Nennen Sie diese *EQUN* und *PROG*.

Falls erforderlich, müssen Sie zunächst  HOME drücken, um *HOME* zum aktuellen Verzeichnis zu machen. (In den Statuszeilen erscheint { HOME }.) Lassen Sie sich dann das Menü VAR anzeigen.

Diese Anzeige zeigt, daß der Stack leer ist und daß *HOME* die Variable *G* enthält. (Es kann sein, daß bei Ihnen der Stack und das Verzeichnis *HOME* anders aussehen.)

Benutzen Sie den Befehl CRDIR (Create Directory), um Unterverzeichnisse anzulegen.

EQUN \leftarrow MEMORY CRDIR
PROG CRDIR VAR

PROG EQUN G

Die Namen der neuen Verzeichnisse werden in das Menü VAR aufgenommen. Ein Strich über der linken Seite jedes Menüfeldes zeigt, daß es sich um Verzeichnisse handelt. Schalten Sie jetzt in das Verzeichnis *EQUN* um. Dieses ist zunächst leer.

EQUN

\leftarrow HOME EQUN \rightarrow

Speichern Sie 'Y=SIN(X)' in eine Variable namens *WAVE*. Ihr Name wird in das Menü VAR hineingeschrieben.

Y \leftarrow = SIN X ENTER
WAVE STO

WAVE

Schalten Sie in das Verzeichnis *HOME* um. (\leftarrow UP wechselt in das nächsthöhere Verzeichnis.)

\rightarrow HOME

PROG EQUN G

oder

\leftarrow UP

Erzeugen von Variablen in Verzeichnissen und der Zugriff darauf

Erzeugen von Variablen

Wenn Sie eine Variable erzeugen, wird diese in das aktuelle Verzeichnis aufgenommen. Existiert der Variablenname bereits in diesem Verzeichnis, dann überschreibt die neue Variable den ursprünglichen Inhalt.

Zugriff auf Variablen

Wenn Sie einen Namen auswerten, sucht der HP 48 das aktuelle Verzeichnis nach diesem Namen ab. Befindet sich der Name nicht darin, sucht der HP 48 das übergeordnete Verzeichnis ab und setzt die Suche nach oben fort, nötigenfalls bis zum Verzeichnis *HOME*. Dies bietet mehrere Vorteile:

- Eine Variable im Verzeichnis *HOME* kann von jedem anderen Verzeichnis aus erreicht werden, sofern es in diesem Pfad keine andere Variable gleichen Namens gibt. Ein Beispiel: Die Variablen *M* und *G* aus dem Diagramm auf Seite 127 können von überall aus erreicht werden. Falls das Verzeichnis *PROG* jedoch eine andere Variable *M* enthält, wird diese Variable verwendet, wenn *PROG*, *MATH* oder *ARRAY* das aktuelle Verzeichnis ist.
- Auf Variablen unterhalb des aktuellen Verzeichnisses kann nicht zugegriffen werden. Für das Diagramm auf Seite 127 heißt dies, daß Sie nicht auf die Variablen im Verzeichnis *PSIC* zugreifen können, wenn *EQU* das aktuelle Verzeichnis ist.
- Sie können Variablennamen doppelt vergeben. Die beiden Variablen *A* im Diagramm auf Seite 127 stehen in keinem Zusammenhang miteinander: Die eine kann von *MATH* und *ARRAY* aus erreicht werden, die andere von *PSIC* aus.

Wechseln des Verzeichnisses

Umschalten in ein Unterverzeichnis

Werten Sie den Namen eines Unterverzeichnisses aus, um dorthin zu wechseln. Sie können beispielsweise so vorgehen:

- Drücken Sie im Menü *VAR* die entsprechende Menütaste.
- Geben Sie den Namen ohne Anführungszeichen ein, und drücken Sie **ENTER**.
- Tippen Sie eine Liste mit dem Pfad zum gewünschten Unterverzeichnis ein, und drücken Sie **EVAL**.

Umschalten in das übergeordnete Verzeichnis oder das Verzeichnis *HOME*

Für den Wechsel in höhere Verzeichnisse stehen zwei Befehle zur Verfügung:

- UPDIR ( **UP**) wechselt in das nächsthöhere Verzeichnis.
- HOME ( **HOME**) wechselt in das Verzeichnis *HOME*.

Ebenso wechselt das Auswerten des Namens irgendeines Verzeichnisses im aktuellen Pfad in dieses Verzeichnis.

Löschen von Variablen und Verzeichnissen

Löschen des Inhalts eines Verzeichnisses

Löschen einzelner Variablen. Um eine bestimmte Variable zu löschen, schreiben Sie deren Namen in den Stack, und drücken Sie ( **PURGE**).

Löschen aller Variablen in einem Verzeichnis. Der Befehl CLVAR löscht alle Variablen des aktuellen Verzeichnisses. (CLVAR hat keine Menütaste; jedoch dient  **PURGE** als Schreibhilfe für CLVAR.) Wenn das aktuelle Verzeichnis ein Unterverzeichnis enthält, das nicht leer ist, erzeugt CLVAR eine Fehlermeldung und läßt dieses Unterverzeichnis als ersten Eintrag im Menü VAR stehen.

Löschen von Variablen mit dem Befehl VARS. Der Befehl VARS ( **MEMORY** VARS) gibt eine Liste mit allen Variablen und Unterverzeichnissen im aktuellen Verzeichnis aus. Diese Liste kann, evtl. in überarbeiteter Form, als Argument für PURGE dienen.

Löschen eines Verzeichnisses

Ein Verzeichnis muß leer sein, bevor Sie es mit PURGE löschen können, es darf also keine Variablen enthalten. Ist ein Verzeichnis leer, können Sie es wie jede andere Variable löschen: Schreiben Sie den Namen in den Stack, und führen Sie PURGE aus. Leere Unterverzeichnisse werden auch mit dem Befehl CLVAR gelöscht.

Ein Verzeichnis, das nicht leer ist, kann gelöscht werden, indem sein Name in den Stack geschrieben und dann PGDIR (\leftarrow MEMORY NXT) (NXT PGDIR) ausgeführt wird. (Seien Sie im Umgang mit diesem Befehl besonders vorsichtig: überzeugen Sie sich davon, daß auch nur wirklich nicht benötigte Daten in dem Verzeichnis stehen, bevor Sie den Befehl ausführen!)

Verwenden von Verzeichnisobjekten

Ein Unterverzeichnis ist eine Variable, die ein *Verzeichnisobjekt* enthält. Das Anlegen eines Unterverzeichnisses mit CRDIR (Create Directory) erfolgt analog zum Erzeugen einer anderen Variablen mit STO. Die Besonderheit liegt darin, daß Sie eine Variable mit einem leeren Verzeichnis als Inhalt erzeugen. Ein Beispiel: \square EQUIN CRDIR legt ein Unterverzeichnis namens *EQUIN* an, indem ein leeres Verzeichnisobjekt in einer Variablen namens *EQUIN* erzeugt wird.

Es gibt zwei Möglichkeiten, ein Verzeichnis in den Stack aufzurufen:

- Drücken Sie \rightarrow und anschließend im Menü VAR die entsprechende Taste für das Verzeichnis.
- Tippen Sie den Namen des Verzeichnisses mit Anführungszeichen ein, und drücken Sie \rightarrow RCL.

Verzeichnisobjekte werden folgendermaßen angezeigt:

```

DIR
Name1      Objekt1
Name2      Objekt2
:
END

```

wobei *Name_n* der Name der Variablen im Verzeichnis und *Objekt_n* der Inhalt dieser Variablen ist. Die Wörter DIR und END sind die “Begrenzungszeichen” für Verzeichnisobjekte. (Sie können ein Verzeichnis dieser Art auch in der Befehlszeile anlegen und bearbeiten.)

Da Unterverzeichnisse Variablen sind, die einen bestimmten Objekttyp enthalten, können sie wie andere Variablen bearbeitet werden. Sie können beispielsweise in den Stack aufgerufen und dann in einem anderen Verzeichnis abgespeichert werden. Hierdurch bietet sich eine Möglichkeit, Unterverzeichnisse zu kopieren oder zu verschieben. *HOME* ist ein besonderes Verzeichnis, das *keine* Variable darstellt. Daher kann sein Inhalt nicht in der gleichen Weise bearbeitet werden, wie dies bei Verzeichnisobjekten möglich ist.

Beispiel: Aufrufen eines Verzeichnisses in den Stack. Ändern Sie den Namen des Verzeichnisses von *EQUN* in *BIO*.

Rufen Sie das Verzeichnis in den Stack auf.

EQUN → RCL

```
1: DIR
   WAVE 'Y=SIN(X)'
   END
PROG EQUN G
```

Speichern Sie es unter dem neuen Namen.

BIO STO

```
BIO PROG EQUN G
```

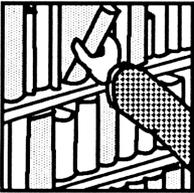
EQUN
← MEMORY NXT NXT PGDIR

```
BIO PROG G
```



Wenn Sie ein Verzeichnis in den Stack aufrufen und dann diese Kopie im Stack verändern, wird das ursprüngliche Verzeichnisobjekt ebenfalls geändert.

Näheres über algebraische Objekte



Algebraische Objekte ermöglichen symbolische Berechnungen mit dem HP 48. Dieses Kapitel behandelt Themen, die Ihnen dabei helfen sollen, das Verhalten algebraischer Objekte zu verstehen:

- Auswerten algebraischer Objekte
- Regeln für die Priorität bei Rechenoperationen
- Ausdrücke und Gleichungen.

Auswerten algebraischer Objekte

Das *Auswerten* führt ein algebraisches Objekt schrittweise an seinen numerischen Wert heran. Ein algebraisches Objekt in der Befehlszeile oder in Ebene 1 wird durch Drücken von **[EVAL]** ausgewertet.

Es ist leichter zu verstehen, was Sie beim Auswerten eines algebraischen Objektes erwarten können, wenn Sie sich klarmachen, daß ein algebraisches Objekt mit einem Programm gleichzusetzen ist (Programme werden in Kapitel 4 vorgestellt). Ein Programm ist einfach eine Folge von Objekten, die durch $\{ \}$ eingeschlossen ist. Ein Programm auswerten heißt: "Schreibe alle Objekte des Programms in den Stack und werte diese aus, falls es sich um Befehle oder Namen ohne Anführungszeichen handelt." Die Vorgehensweise ist beim Auswerten eines algebraischen

Werten Sie nochmals aus, um den Vorgang abzuschließen.

EVAL

1: 3,8242646352
M E R

Symbolische und numerische Lösungen

Im vorigen Beispiel befand sich der HP 48 im Modus für *Symbolische Lösungen*: Wiederholtes Auswerten führte zur zunehmenden Auflösung symbolischer Terme, bis ein numerisches Ergebnis erreicht war. Dies ist die Grundeinstellung des Taschenrechners. Wenn Sie den Modus für *numerische Lösungen* einstellen, werden algebraische Objekte in einem Schritt *direkt zu einer Zahl* ausgewertet. Dieser Modus wird durch Drücken von **←** **MODES** **SYM** (oder durch Setzen des Flags -3) aktiviert. Beachten Sie, daß dieser Modus in erster Linie die Ausführungen von *Funktionen* steuert, algebraische Objekte werden nur indirekt berührt.

Werten Sie das algebraische Objekt aus dem letzten Beispiel im Modus für numerische Lösungen aus.

← **MODES** **SYM**
↓ **√x** **A** **×** **B**
EVAL

1: 3,8242646352
STD FIX SCI ENG SYM BEEP

Das algebraische Objekt wird direkt zu einer Zahl ausgewertet.

Beachten Sie, daß das Auswerten eines algebraischen Ausdrucks mit einer *formalen* Variablen (einer Variablen, die kein Objekt enthält) im Modus für numerische Lösungen zu einem Fehler führt, da diese Variable eine numerische Lösung unmöglich macht. Ein Beispiel: Das Auswerten von 'X-T' mit X gleich 3 und T als formaler Variablen läßt \exists in Ebene 2 und 'T' in Ebene 1 stehen, und es wird folgende Meldung angezeigt:

+ Error:
Undefined Name

Der Befehl \rightarrow NUM. Wenn Sie ein algebraisches Objekt direkt in eine numerische Lösung überführen wollen, während sich der HP 48 im Modus für symbolische Lösungen befindet, dann führen Sie den Befehl \rightarrow NUM mit dem algebraischen Objekt als Argument aus. \rightarrow NUM bewirkt folgendes:

1. Der HP 48 wird in den Modus für numerische Lösungen umgeschaltet (wenn der Modus für symbolische Lösungen aktiviert ist).
2. EVAL wird ausgeführt.
3. Der Modus für symbolische Lösungen wird wieder aktiviert (sofern er vor dem Ausführen von \rightarrow NUM eingeschaltet war).

Automatische Vereinfachung

Manche Funktionen ersetzen, wenn sie ausgewertet werden, bestimmte Argumente oder Kombinationen daraus durch einfachere Formen. Wird beispielsweise '1* \times ' ausgewertet und die Funktion * stellt fest, daß eines der Argumente 1 ist, so wird der Ausdruck durch ' \times ' ersetzt. Im folgenden sind einige Beispiele für die automatische Vereinfachung aufgeführt:

Ursprünglicher Ausdruck	Vereinfachter Ausdruck
'SQ(\sqrt{x})'	' \times '
' $x-x$ '	0
' $x*\text{INV}(y)$ '	' x/y '
' $x^{(-1)}$ '	' $\text{INV}(x)$ '
' $\text{COS}(-x)$ '	' $\text{COS}(x)$ '
' $\text{ABS}(-x)$ '	' $\text{ABS}(x)$ '
' $\text{EXP}(\text{LN}(x))$ '	' x '
' $\text{CONJ}(\text{RE}(x))$ '	' $\text{RE}(x)$ '

Regeln für die Priorität bei Rechenfunktionen

Die Priorität der Operatoren eines algebraischen Objektes bestimmt die Reihenfolge bei der Auswertung von Termen. Operationen mit höherer Priorität werden zuerst ausgeführt. Algebraische Objekte werden bei Operatoren derselben Priorität von links nach rechts ausgewertet. Nachstehend eine Liste der Funktionen des HP 48 in der Reihenfolge der Priorität, von der höchsten (1) zur niedrigsten (11):

1. Ausdrücke in Klammern: Ausdrücke in verschachtelten Klammern werden von innen nach außen ausgewertet.
2. Funktionen wie SIN oder LOG, die Argumente in Klammern benötigen
3. ! (Fakultät)
4. Potenzen (\wedge) und Wurzeln ($\sqrt{\quad}$).
5. Negationen ($-$), Multiplikationen ($*$) und Divisionen (\div)
6. Additionen ($+$) und Subtraktionen ($-$)
7. Vergleichs-Operatoren ($=$, \neq , $<$, $>$, \leq , \geq)
8. Logische Verknüpfungen AND und NOT
9. Logische Verknüpfungen OR und XOR
10. Das linke Argument von | (wobei)
11. gleich (=).

Einige Beispiele:

- ' A^3+B ' erhebt A in die dritte Potenz und addiert dann B zu dieser Zahl, da \wedge eine höhere Priorität als $+$ hat.
- ' $A^{(3+B)}$ ' erhebt A in die Potenz $3+B$, da ein Ausdruck in Klammer eine höhere Priorität als \wedge hat.

Ausdrücke und Gleichungen

Ein *Ausdruck* ist ein algebraisches Objekt, das keine Gleichheits-Funktion (=) enthält. So ist beispielsweise ' $\text{SIN}(X)-\text{ATAN}(2*X)+6*X$ ' ein Ausdruck. Eine *Gleichung* ist ein algebraisches Objekt, das = enthält. So ist beispielsweise ' $\text{SIN}(X)=\text{ATAN}(2*X)+6*X$ ' eine Gleichung.

Wenn das Argument einer Funktion eine Gleichung ist, ist das Ergebnis ebenfalls eine Gleichung, bei der die Funktion auf beide Seiten angewendet wurde. Ein Beispiel: 'X=Y' SIN ergibt 'SIN(X)=SIN(Y)'.

Beim HP 48 bedeutet das Zeichen = im allgemeinen das Gleichsetzen zweier Ausdrücke. Der Befehl DEFINE (DEF) interpretiert = jedoch anders: Er *speichert* den Ausdruck rechts vom Zeichen = im Namen auf der linken Seite.

Verwandte Themen

Dieses Kapitel behandelt nicht alle Aspekte algebraischer Objekte, sie werden im HP 48 auf vielerlei Weise verwendet. Verwandte Themen finden Sie in den nachstehend genannten Abschnitten des Handbuchs:

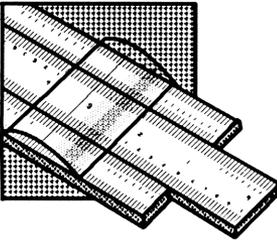
- “Symbolische Konstanten” auf Seite 154 in Kapitel 9.
- “Verwenden symbolischer Argumente für Funktionen der Elementarmathematik” auf Seite 161 in Kapitel 9.
- “Komplexe Zahlen in algebraischen Objekten” auf Seite 177 in Kapitel 11.
- “Einheiten in algebraischen Objekten” auf Seite 207 in Kapitel 13.

Außerdem zeigen Ihnen die Kapitel 17 bis 19, 22, 23 und 25 bis 31 ausführlich, wie algebraische Objekte bei der Anwendung von HP Solve, bei der Erzeugung grafischer Darstellungen in der Algebra, der Infinitesimalrechnung und der Programmierung verwendet werden.

Teil 2

Grundfunktionen

Elementarmathematische Funktionen



Wie schon auf Seite 44 gesagt, sind Funktionen eine Untergruppe der Befehle. Der Unterschied zwischen Funktionen und anderen Befehlen ist der, daß Funktionen in algebraische Objekte integriert werden können. Das bedeutet, daß Funktionen ihre Argumente nicht nur — wie andere Befehle auch — aus dem Stack beziehen können, sondern daß sie auch in algebraischer Syntax als Teil eines algebraischen Ausdrucks ausgeführt werden können.

Beispiel: Ausführen einer elementarmathematischen Funktion bei Verwendung algebraischer Syntax und bei Entnahme der Argumente aus dem Stack. Berechnen Sie den Sinus von 30° mit einem algebraischen Ausdruck. Wiederholen Sie die Berechnung dann mit einem Argument aus dem Stack.

Stellen Sie sicher, daß der DEG-Modus (Grad) eingeschaltet ist.

← [MODES] [NXT] [NXT] DEG

DEG ▢ RAD ▢ GRAD ▢ XYZ ▢ R4Z ▢ R4Z

Aktivieren Sie den algebraischen Eingabemodus, und geben Sie den Ausdruck ein, wobei das Argument in algebraischer Syntax dargestellt werden soll.

\square [SIN] 30 [ENTER]

1: 'SIN(30)'
DEG ■ RAD ■ GRAD ■ XYZ ■ R22 ■ R24

Werten Sie den algebraischen Ausdruck aus.

[EVAL]

1: ,5
DEG ■ RAD ■ GRAD ■ XYZ ■ R22 ■ R24

Wiederholen Sie nun die Berechnung mit einem Argument aus dem Stack.

Geben Sie das Argument in den Stack ein.

30 [ENTER]

2: ,5
1: 30
DEG ■ RAD ■ GRAD ■ XYZ ■ R22 ■ R24

Berechnen Sie den Sinus des Arguments.

[SIN]

2: ,5
1: ,5
DEG ■ RAD ■ GRAD ■ XYZ ■ R22 ■ R24

Beachten Sie also beim Durcharbeiten des restlichen Kapitels, daß die beschriebenen Funktionen auf beide Arten ausgeführt werden können. Das weitere Kapitel beschreibt folgende Punkte:

- Die verschiedenen Gruppen von Funktionen, die reelle Zahlen verarbeiten. Viele dieser Funktionen können auch für andere Objekttypen verwendet werden.
- Die im HP 48 eingebauten, symbolischen Konstanten: π , e , i , MAXR (Maximum Real Number) und MINR (Minimum Real Number).

Das Menü MTH (MATH)

Das Menü MTH ($\overline{\text{MTH}}$) ist ein Menü mit spezielleren mathematischen Menüs. Viele der in diesem Kapitel beschriebenen Funktionen befinden sich entweder auf der Tastatur oder innerhalb der Menüs PARTS, PROB, HYP und VECTR, die Untermenüs von MTH sind. Drücken Sie $\overline{\text{MTH}}$, um die Menüfelder für diese Untermenüs sehen zu können.

Funktionen für die Arithmetik und die Grundrechenarten

Viele der Funktionen für die Arithmetik und die Grundrechenarten befinden sich auf der Tastatur:

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
Einwertige Funktionen:		
$1/x$	INV	Kehrwert
\sqrt{x}	$\sqrt{}$	Quadratwurzel
$\leftarrow x^2$	SQ	Quadrat
$+/-$	NEG	Vorzeichenwechsel: ändert das Vorzeichen der Zahl in der Befehlszeile. Ist keine Befehlszeile vorhanden, führt $+/-$ den Befehl NEG aus (wechselt das Vorzeichen des Argumentes in Ebene 1).
$\leftarrow \rightarrow Q$	$\rightarrow Q$	Wandelt eine Dezimalzahl in einen Bruch als bestmöglichen Näherungswert um.
Zweiwertige Funktionen:		
$+$	$+$	Ebene 2 + Ebene 1
$-$	$-$	Ebene 2 – Ebene 1
\times	$*$	Ebene 2 \times Ebene 1
\div	$/$	Ebene 2 \div Ebene 1
y^x	\wedge	Ebene 2 zur Potenz in Ebene 1. Die algebraische Syntax für den Befehl \wedge lautet: ' y^x '.
$\sqrt[y]{x}$	XROOT	Die xte (in Ebene 1) Wurzel des Wertes in Ebene 2. Die algebraische Syntax für den Befehl XROOT lautet: ' $XROOT(x, y)$ '.

Beispiele. Die nachstehend aufgeführten Tastenfolgen zeigen einige Beispiele für ein- und zweiwertige mathematische Funktionen.

Berechnen Sie $2,7^{1,1 \times 1,6}$. Geben Sie zunächst 2,7 ein.

2.7 [ENTER]

1: 2,7
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE

Berechnen Sie als nächstes $1,1 \times 1,6$.

1.1 [ENTER]

1.6 [x]

2: 2,7
1: 1,76
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE

Potenzieren Sie jetzt.

y^x

1: 5,74381210967
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE

Berechnen Sie $\sqrt[3]{28}$.

28 [ENTER] 3 [↔] [∛]

1: 3,03658897188
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE

Geben Sie die komplexe Zahl (2;4) ein, und negieren Sie diese.

[↩] () 2 [SPC] 4 [ENTER]
+/-

1: (-2;-4)
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE

Vergleichen Sie vorstehendes Ergebnis mit dem, das Sie erhalten, wenn Sie unmittelbar nach Eintippen der 4 [+/-] drücken.

[↩] () 2 [SPC] 4 [+/-] [ENTER]

2: (-2;-4)
1: (2;-4)
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE

Die Funktion *Name* (unausgewertet) wird in algebraischen Ausdrücken verwendet.

∩ [√x] 5 [ENTER]

1: '√5'
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE

Werten Sie den Ausdruck aus.

[EVAL]

1: 2,2360679775
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE

Funktionen zur Umwandlung in Brüche

$\rightarrow Q$ ($\rightarrow Q$) und $\rightarrow Q\pi$ (\leftarrow ALGEBRA \rightarrow $\rightarrow Q\pi$) ermitteln für eine reelle Zahl einen “bestmöglichen” Näherungswert in Form eines Bruchs. Der Bruch wird als algebraischer Ausdruck angezeigt.

Beispiel: Umwandeln einer reellen Zahl in einen Bruch mit $\rightarrow Q$

Wandeln Sie mit $\rightarrow Q$ 7,896 in einen Bruch um.

Tippen Sie die Zahl ein, und führen Sie $\rightarrow Q$ aus.

7.896 \leftarrow $\rightarrow Q$

1: '987/125'
PARTS PROB HYP MMTR VECTR BASE

Die Genauigkeit des Näherungswertes ist abhängig vom eingestellten Anzeigemodus. Wenn der Standardmodus (\leftarrow MODES \rightarrow STD) eingeschaltet ist, dann ist der Näherungswert auf 11 signifikante Stellen genau. Ist der Anzeigemodus n Fix, dann ist der Näherungswert auf n signifikante Stellen genau.

$\rightarrow Q\pi$ ist gleichbedeutend mit $\rightarrow Q$, außer daß π abgespalten wird. $\rightarrow Q\pi$ berechnet zunächst einen Bruch zur ursprünglichen Zahl, dann einen Bruch zur ursprünglichen Zahl dividiert durch π und vergleicht dann die Nenner. Ist der Nenner des ersten Bruchs kleiner, wird dieser Bruch in den Stack ausgegeben; das Ergebnis ist dasselbe wie bei $\rightarrow Q$. Ist jedoch der Nenner des zweiten Bruchs der kleinere, wird dieser Bruch — multipliziert mit π — in den Stack ausgegeben.

Exponential-, Logarithmus- und Hyperbelfunktionen

Exponential- und Logarithmusfunktionen

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
10 ^x	ALOG	Dekadischer Antilogarithmus (Basis 10).
LOG	LOG	Zehnerlogarithmus
e ^x	EXP	Natürlicher Antilogarithmus (Basis e).
LN	LN	Natürlicher Logarithmus (Basis e)

Hyperbelfunktionen

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
[MTH] HYP :		
SINH	SINH	Hyperbolischer Sinus: $(e^x - e^{-x})/2$
ASINH	ASINH	Inverser hyperbolischer Sinus: $\sinh^{-1} x$
COSH	COSH	Hyperbolischer Cosinus: $(e^x + e^{-x})/2$
ACOSH	ACOSH	Inverser hyperbolischer Cosinus: $\cosh^{-1} x$
TANH	TANH	Hyperbolischer Tangens: $\sinh x / \cosh x$
ATANH	ATANH	Inverser hyperbolischer Tangens: $\sinh^{-1}(x/\sqrt{1-x^2})$

Hyperbelfunktionen (Fortsetzung)

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
EXPM	EXPM	$e^x - 1$. Argument x ist in Ebene 1. (EXPM ist nützlich, wenn das Argument von e^x nahe bei 0 liegt.)
LNP1	LNP1	$\ln(x + 1)$. Argument x ist in Ebene 1. (LNP1, <i>ln plus 1</i> , ist nützlich, wenn das Argument von \ln nahe bei 1 liegt.)

Beispiel. Berechnen Sie den hyperbolischen Sinus von 5.

5 [MTH] HYP SINH

|1: 74,2032105778
[SINH] [ASINH] [COSH] [ACOSH] [TANH] [ATAN]

Prozentfunktionen

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
[MTH] PARTS (page 2):		
%	%	A Prozent von B (A ist in Ebene 2, B ist in Ebene 1): $(A \times B)/100$
%CH	%CH	Prozentuale Änderung zwischen A und B in Prozent von A (A ist in Ebene 2, B ist in Ebene 1): $((B - A)/A) \times 100$
%T	%T	Prozent des Gesamtbetrags (der Gesamtbetrag A ist in Ebene 2 und der Wert B ist in Ebene 1): $(B/A) \times 100$

Beispiele. Folgende Beispiele demonstrieren die Prozentfunktionen.

Berechnen Sie 12,5 % von DM 650.

12.5 [ENTER] 650
 [MTH] PARTS [NXT] %

1: 81,25
 MIN MAX MOD % CH T

Berechnen Sie die prozentuale Änderung von 8 nach 8,5.

8 [ENTER] 8.5 %CH

1: 6,25
 MIN MAX MOD % CH T

Wenn 35 von 500 Einheiten bei einer Prüfung durchfallen, wie hoch ist dann die Ausschußquote?

500 [ENTER]
 35 %T

1: 7
 MIN MAX MOD % CH T

Winkelmodus, trigonometrische Funktionen und π

Wählen des Winkelmodus

Der Winkelmodus bestimmt, wie der Taschenrechner Winkel als Argumente interpretiert und wie er die Ergebnisse von Winkelberechnungen ausgibt.

Winkelmodi

Modus	Definition	Indikator
Grad	$1/360$ eines Kreises	keiner
Radian	$1/2\pi$ eines Kreises	RAD
Gon	$1/400$ eines Kreises	GRAD

Es gibt zwei Möglichkeiten, über die Tastatur den Winkelmodus zu ändern:

- Drücken Sie \leftarrow [RAD], um zwischen Radiant- und Grad-Modus (bzw. zwischen Radiant- und Gon-Modus, falls der Gon-Modus vorher im Menü MODES ausgewählt wurde) hin und her zu schalten.
- Verwenden Sie das Menü MODES. Drücken Sie \leftarrow [MODES] [NXT] [NXT], dann DEG, RAD oder GRAD. Ein Kästchen im Menüfeld zeigt den aktuellen Modus an.

Trigonometrische Funktionen

Winkel als Argumente und Ergebnisse werden in Grad, Radiant oder Gon interpretiert bzw. ausgegeben, abhängig vom aktuellen Winkelmodus.

Trigonometrische Funktionen

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
[SIN]	SIN	Sinus
\leftarrow [ASIN]	ASIN	Arcussinus
[COS]	COS	Cosinus
\leftarrow [ACOS]	ACOS	Arcuscosinus
[TAN]	TAN	Tangens
\leftarrow [ATAN]	ATAN	Arcustangens

Beispiel. Berechnen Sie den Sinus von 1,1 Radiant.

Stellen Sie den Radiant-Modus ein, und führen Sie dann die Berechnung durch.

\leftarrow [MODES] [NXT] [NXT] RAD
1.1 [SIN]

1: ,891207360061
DEG RAD GRAD FIX2 R22 R22

Verwenden von π

Die Zahl π kann nicht mit einer endlichen Zahl von Dezimalstellen genau dargestellt werden. Der Taschenrechner verwendet einen 12stelligen Näherungswert (3.14159265359) für π .

Der HP 48 enthält auch eine symbolische Konstante π , die π genau wiedergibt. $\left[\leftarrow \right] \left[\pi \right]$ schreibt ' π ' in den Stack (sofern das Flag -3 gelöscht ist). Im *Radian*-Modus wird diese Konstante von den Funktionen SIN, COS und TAN erkannt und ein exaktes Ergebnis ausgegeben. SIN und COS akzeptieren auch $\pi/2$.

Um π durch den 12stelligen Wert zu ersetzen, drücken Sie $\left[\rightarrow \right] \left[\rightarrow \text{NUM} \right]$. (Weitere Informationen zu diesem Befehl finden Sie im Abschnitt "Symbolische Konstanten" auf Seite 154).

Beispiel. Berechnen Sie $\cos(\pi/2)$ und $\cos(\pi/4)$. (Dieses Beispiel setzt voraus, daß sich der Taschenrechner im Modus für symbolische Lösungen befindet: Das Menüfeld SYM auf der dritten Seite des Menüs MODES ist mit einem Kästchen versehen.)

Schalten Sie nötigenfalls in den Radian-Modus um. Geben Sie dann ' π ' in Ebene 1 ein und dividieren Sie durch 2.

$\left[\leftarrow \right] \left[\text{MODES} \right] \left[\text{NXT} \right] \left[\text{NXT} \right] \left[\text{RAD} \right]$
 $\left[\leftarrow \right] \left[\pi \right] \left[2 \right] \left[\div \right]$

1: $\pi/2$
DEG RAD GRAD HY2 R42 R44

Berechnen Sie den Cosinus.

$\left[\text{COS} \right]$

1: 0
DEG RAD GRAD HY2 R42 R44

Geben Sie jetzt $\pi/4$ ein.

$\left[\leftarrow \right] \left[\pi \right] \left[4 \right] \left[\div \right]$

2: 0
1: $\pi/4$
DEG RAD GRAD HY2 R42 R44

Berechnen Sie nun $\cos(\pi/4)$.

$\left[\text{COS} \right]$

2: 0
1: $\text{COS}(\pi/4)$
DEG RAD GRAD HY2 R42 R44

Der HP 48 behält die symbolische Konstante π bei und gibt einen algebraischen Ausdruck aus.

Verwenden Sie \rightarrow NUM zur Berechnung einer numerischen Lösung.



Schalten Sie durch Drücken von \rightarrow DEG in den Grad-Modus zurück.

Funktionen zum Umrechnen von Winkeln

Zwei der Befehle im Menü MTH VECTR wandeln Werte zwischen dezimalen Graden und Radiant um. Vier andere Befehle im Menü TIME ermöglichen Ihnen Berechnungen im Stunden(Grad)-Minuten-Sekunden-Format (HMS: hours-minutes-seconds).

Im Grad-Modus werden Winkel als Argumente und Ergebnisse in *Dezimalgrad* angegeben.

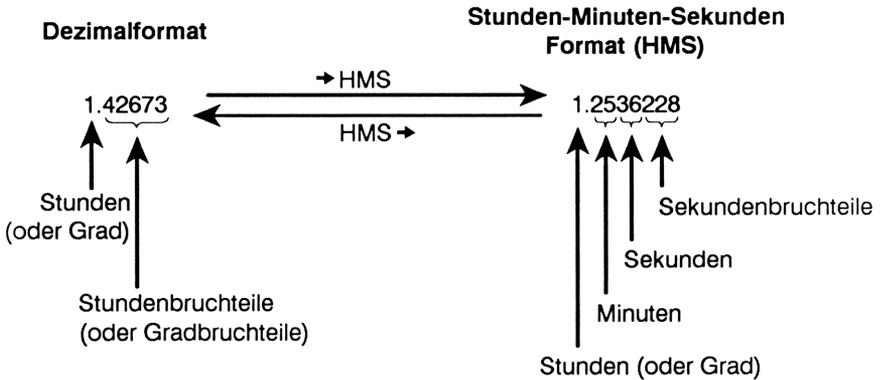
Funktionen zum Umrechnen von Winkeln

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
[MTH] VECTR (Seite 2):		
$D \rightarrow R$	$D \rightarrow R$	Grad in Radiant: wandelt eine Zahl von Dezimalgrad in Radiant um.
$R \rightarrow D$	$R \rightarrow D$	Radiant in Grad: wandelt eine Zahl von Radiant in Dezimalgrad um.
[TIME] (Seite 3):		
\rightarrow HMS	\rightarrow HMS	Dezimal in HMS: wandelt eine Zahl von Dezimalgrad ins HMS-Format um.
HMS \rightarrow	HMS \rightarrow	HMS in dezimal: wandelt eine Zahl vom HMS-Format in Dezimalgrad um.

Funktionen zum Umrechnen von Winkeln (Fortsetzung)

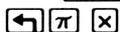
Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
[MTH] VECTR (Seite 2):		
HMS+	HMS+	Addiert zwei Zahlen im HMS-Format.
HMS-	HMS-	Subtrahiert zwei Zahlen im HMS-Format.

Die folgende Darstellung erläutert die Umwandlung in das und aus dem HMS-Format:



Beispiel. Wandeln Sie $1,79\pi$ Radiant in Grad um.

Geben Sie zunächst $1,79\pi$ ein.

1.79 [ENTER]


1: '1,79*π'


Verwenden Sie die Funktion R→D. (Diese Funktion arbeitet unabhängig vom aktuellen Winkelmodus.)

[MTH] VECTR [NXT] R→D

1: 'R→D(1,79*π)'


Verwenden Sie \rightarrow NUM zur Berechnung der numerischen Lösung.

\rightarrow NUM

1: 322,2
 \rightarrow V \rightarrow V2 \rightarrow VE D \rightarrow R R \rightarrow D

Beispiel. Addieren Sie 25,2589 Grad zu 34 Grad, 5 Minuten, 21,22 Sekunden.

Wandeln Sie 25,2589 Grad in das HMS-Format um.

25.2589 \leftarrow TIME NXT NXT \rightarrow HMS

1: 25,153204
 \rightarrow HMS \rightarrow HMS \rightarrow HMS \rightarrow HMS-

Addieren Sie 34 Grad, 5 Minuten and 21,22 Sekunden zum Ergebnis.

34.052122 HMS+

1: 59,205326
 \rightarrow HMS \rightarrow HMS \rightarrow HMS \rightarrow HMS-

Symbolische Konstanten

Verwenden symbolischer Konstanten

Der HP 48 besitzt fünf eingebaute numerische Konstanten: π , e , i , MAXR (Maximum Real Number) und MINR (Minimum Real Number).

Verwenden Sie für i und e Kleinbuchstaben. Die Beispiele auf den Seiten 151 und 156 verdeutlichen die Verwendung von π ; i wird in Kapitel 11 behandelt.

Beispiel. Mit den nachstehenden Tastenfolgen wird $e^{2,5}$ auf zweierlei Weise berechnet: mit e^x und mit e .

Verwenden Sie zunächst die Funktion auf der Tastatur.

2.5 \leftarrow e^x

1: 12,1824939607
 PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE

Geben Sie für die Potenz einen algebraischen Ausdruck ein. (Die Tastendrucke für den Buchstaben e lauten α , dann \leftarrow und dann die Menü-taste, neben der E steht.)

α e y^x 2.5 ENTER

2: 12,1824939607
 1: $e^{2,5}$
 PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE

Führen Sie \rightarrow NUM aus, um den Ausdruck vollständig zu einer Zahl auszuwerten.

\leftarrow \rightarrow NUM

```
2:      12,1824939607
1:      12,1824939607
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE
```

Verwenden der Zahlenwerte für symbolische Konstanten

Sie können Zahlenkonstanten in ihrer symbolischen Form oder als Näherungswerte verwenden. Wenn das Menüfeld SYM im Menü MODES ein Kästchen enthält — dies ist die Grundeinstellung —, ergeben Funktionen mit symbolischen Konstanten wieder symbolische Ergebnisse. Diese Einstellung wird *Modus für symbolische Lösungen* genannt. Wenn Sie die Taste SYM drücken, so daß das Menüfeld kein Kästchen mehr enthält, ist der *Modus für numerische Lösungen* eingeschaltet: Funktionen führen dann zu numerischen Ergebnissen.

Beispiel. Es sei vorausgesetzt, daß der Modus für symbolische Lösungen eingestellt ist (das Menüfeld SYM im Menü MODES enthält ein Kästchen). Vergleichen Sie die Wirkung der Eingabe von π und e im Modus für symbolische und im Modus für numerische Ergebnisse. (Die Tastendrücke für e lauten \square , dann \leftarrow und dann die Menütaste, neben der E aufgedruckt ist.)

Geben Sie π und e im Modus für symbolische Lösungen ein.

\leftarrow π e \square

```
2:      'π'
1:      'e'
STD  FIN  SCI  ENG  SYM  BEEP
```

Geben Sie π und e im Modus für numerische Lösungen ein.

\leftarrow MODES SYM
 \leftarrow π e \square

```
4:      'π'
3:      'e'
2:      3,14159265359
1:      2,71828182846
STD  FIN  SCI  ENG  SYM  BEEP
```

Verwenden von Flags zur Interpretation symbolischer Konstanten

Die Systemflags -2 (symbolische Konstanten) und -3 (numerische Lösungen) bestimmen, ob das Auswerten symbolischer Konstanten zu symbolischen oder numerischen Ergebnissen führt. In der Grundeinstellung sind beide Flags gelöscht.

- In der Grundeinstellung (beide Flags gelöscht) bleibt eine symbolische Konstante beim Auswerten unverändert. Es muß \rightarrow \rightarrow NUM gedrückt werden, damit die Konstante ihren Zahlenwert annimmt.
- Wenn das Flag -3 gesetzt ist, wird die Konstante beim Auswerten durch ihren Zahlenwert ersetzt. (Ist das Flag -3 gesetzt, enthält das Menüfeld SYM kein Kästchen.)
- Wenn das Flag -3 gelöscht und das Flag -2 gesetzt ist, führt das Auswerten einer symbolischen Konstanten zu einem Zahlenwert. (Wird jedoch die Konstante als Argument einer Funktion verwendet, wird ein symbolisches Ergebnis ausgegeben. Mit [EVAL] erhält man dann ein numerisches Ergebnis.)

Der Befehl \rightarrow NUM gibt ein numerisches Ergebnis aus, unabhängig von der Einstellung der Flags.

Beispiel.

Um zu sehen, wie die Einstellung der Flags wirkt, setzen Sie beide zurück, und geben Sie π ein.

2 \rightarrow \rightarrow [MODES] [NXT] CF 1: π
 3 \rightarrow CF [TMEN] [RCLM] [STOP] [RCLF] SF CF
 \leftarrow π

Setzen nun Sie das Flag -2, und drücken Sie \leftarrow π .

2 \rightarrow SF 2: π
 \leftarrow π 1: 3,14159265359
 [TMEN] [RCLM] [STOP] [RCLF] SF CF

Das Drücken von π ergibt ein numerisches Ergebnis.

Geben Sie jetzt den *Ausdruck* π ein.

π \leftarrow π ENTER

```
3:      'π'  
2:      3,14159265359  
1:      'π'  
-----  
TMEN RCLM STOP RCLF SF CF
```

Dividieren Sie das symbolische π durch 2.

2 \div

```
3:      'π'  
2:      3,14159265359  
1:      'π/2'  
-----  
TMEN RCLM STOP RCLF SF CF
```

Da das Flag -3 rückgesetzt ist, erhalten Sie ein symbolisches Ergebnis.

EVAL gibt bei der derzeitigen Einstellung der Flags ein numerisches Ergebnis aus.

EVAL

```
3:      'π'  
2:      3,14159265359  
1:      1,5707963268  
-----  
TMEN RCLM STOP RCLF SF CF
```

Setzen Sie das Flag -2 zurück (drücken Sie 2 \leftarrow \pm/\mp CF), um in die Grundeinstellung zurückzukehren.

Fakultät, Wahrscheinlichkeitsrechnung und Zufallszahlen

Die Befehle für Fakultät, Wahrscheinlichkeitsrechnung und Zufallszahlen befinden sich im Menü MTH PROB (**MTH** **PROB**).

Befehle für die Wahrscheinlichkeitsrechnung

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
MTH PROB :		
COMB	COMB	Zahl der Kombinationen von n (in Ebene 2) Elementen der Ordnung m (in Ebene 1).
PERM	PERM	Zahl der Permutationen von n (in Ebene 2) Elementen der Ordnung m (in Ebene 1).
!	!	Fakultät einer natürlichen Zahl. Bei nichtganzen Zahlen gibt ! $\Gamma(x + 1)$ aus.
RAND	RAND	Gibt die nächste reelle Zahl n ($0 \leq n < 1$) einer Serie von Pseudo-Zufallszahlen aus. Jede Zufallszahl wird zur Ausgangszahl für die nächste.
RDZ	RDZ	Gibt eine Zufallszahl aus. Dabei wird der Wert in Ebene 1 als Ausgangszahl verwendet. Eine Serie von Zufallszahlen kann wiederholt werden, indem mit der selben Ausgangszahl begonnen wird.

Beispiel. Berechnen Sie die Zahl der Kombinationen und Permutationen von 10 Elementen der Ordnung 4.

(MTH) PROB
 10 **(ENTER)** 4 COMB
(→) **(LAST ARG)** PERM

2: 210
 1: 5040
(COMB PERM) ! RAND RDE

Weitere Funktionen für reelle Zahlen

Die Funktionen aus der folgenden Tabelle befinden sich im Menü MTH PARTS (**(MTH)** PARTS).

Befehl/Beschreibung	Beispiel	
	Eingabe	Ausgabe
ABS Betrag	1: -12	1: 12
CEIL Kleinste ganze Zahl größer als oder gleich dem Argument	1: -3,5	1: -3
	1: 3,5	1: 4
FLOOR Größte ganze Zahl kleiner als oder gleich dem Argument	1: 6,9	1: 6
	1: -6,9	1: -7
FP Gebrochener Teil des Arguments.	1: 5,234	1: ,234
	1: -5,234	1: -,234
IP Ganzzahliger Teil des Arguments	1: -5,234	1: -5
	1: 5234	1: 5
MANT Mantisse des Arguments	1: 1,23E12	1: 1,23
MAX Maximum; das größere zweier Argumente	2: 5	1: 5
	1: -6	

Befehl/Beschreibung	Beispiel	
	Eingabe	Ausgabe
MIN Minimum; das kleinere zweier Argumente	2: 5 1: -6	1: -6
MOD Modulo; Rest von A / B $A \text{ MOD } B = A - B \text{ FLOOR } (A / B)$.	2: 6 1: 4	1: 2
RND Rundet Zahlen gemäß dem Argument: für 0 bis 11 auf n Stellen hinter dem Komma; für -1 bis -11 auf n signifikante Stellen; für 12 auf das aktuelle Anzeigeformat	2: 1,2345678 1: 5 2: 1,2345678 1: -5	1: 1,23457 1: 1,2346
SIGN Gibt +1 für positive Argumente, -1 für negative Argumente und 0 für das Argument 0 aus.	1: -2,7	1: -1
TRNC Verkürzt Zahlen ohne Rundung gemäß dem Argument: für 0 bis 11 auf n Stellen hinter dem Komma; für -1 bis -11 auf n signifikante Stellen; für 12 auf das aktuelle Anzeigeformat.	2: 1,2345678 1: 5 2: 1,2345678 1: -5	1: 1,23456 1: 1,2345
XPON Exponent des Arguments	1: 123E45	1: 45

Verwenden symbolischer Argumente für elementarmathematische Funktionen

Funktionen, die reelle Zahlen als Argumente verwenden, akzeptieren gleichermaßen symbolische Argumente. Die obenstehende Tabelle zeigt ein Beispiel für den Befehl `ABS` mit der Zahl `-12`. Wird `ABS` statt dessen mit einem Argument `X` ausgeführt, dann erscheint der Ausdruck `ABS(X)` im Stack. Wenn die Variable `X` dann einen Wert enthält, würde `EVAL` den Ausdruck mit diesem Wert auswerten. *

* Wenn das Flag `-3` gesetzt ist, werten Funktionen, die symbolische Argumente aus dem Stack beziehen, diese — soweit möglich — automatisch zu Zahlen aus, wenn die Funktion ausgeführt wird.

Benutzerdefinierte Funktionen



Der eingebaute Befehlssatz des HP 48 kann um Ihre eigenen *benutzerdefinierten Funktionen* erweitert werden. Eine benutzerdefinierte Funktion hat dieselben Merkmale wie die eingebauten Funktionen:

- Sie akzeptiert Argumente aus dem Stack oder in algebraischer Syntax.
- Sie akzeptiert symbolische Argumente.
- Sie ist differenzierbar.

Beispiel: Differenzierung einer eingebauten und einer benutzerdefinierten Funktion. Teil 1. Berechnen Sie

$$\frac{d}{dx} \tan x$$

(Dieses Beispiel setzt voraus, daß die Variable X im aktuellen Verzeichnis nicht existiert.)

Aktivieren Sie zunächst den Radiant-Modus. Geben Sie dann den algebraischen Ausdruck 'TAN(X)' ein. Der Ausdruck enthält die eingebaute *Funktion* TAN, die ihr symbolisches Argument X in algebraischer Syntax erhält.

[RAD] (falls erforderlich)
 [TAN] X [ENTER]

1: 'TAN(X)'
 PARTS PROE HVP MATR VECTR BASE

Geben Sie den Variablennamen X ein, und differenzieren Sie den Ausdruck nach X .

$\boxed{\text{X}} \boxed{\text{ENTER}}$
 $\boxed{\rightarrow} \boxed{\text{D}}$

$\boxed{1:}$ $\boxed{'1+\text{TAN}(X)^2'}$
 $\boxed{\text{PARTS}} \boxed{\text{PROB}} \boxed{\text{HYP}} \boxed{\text{MATR}} \boxed{\text{VECTR}} \boxed{\text{BASE}}$

Teil 2. Berechnen Sie

$$\frac{d}{dx} \cot x$$

mit

$$\cot x = \frac{1}{\tan x}$$

Der HP 48 besitzt keine eingebaute Cotangensfunktion. Sie können jedoch für den Cotangens eine benutzerdefinierte Funktion erzeugen.

Geben Sie die beschreibende Gleichung für die Cotangensfunktion ein.

$\boxed{\text{COT}} \boxed{\leftarrow} \boxed{(\)} \boxed{X}$
 $\boxed{\rightarrow} \boxed{\leftarrow} \boxed{=}$
 $\boxed{1/x} \boxed{\text{TAN}} \boxed{X} \boxed{\text{ENTER}}$

$\boxed{1:}$ $\boxed{'\text{COT}(X)=\text{INV}(\text{TAN}(X))'}$
 $\boxed{\text{PARTS}} \boxed{\text{PROB}} \boxed{\text{HYP}} \boxed{\text{MATR}} \boxed{\text{VECTR}} \boxed{\text{BASE}}$

Benutzen Sie **DEFINE** zur Erzeugung der benutzerdefinierten Funktion *COT*. Differenzieren Sie dann den Ausdruck ' $\text{COT}(X)$ '.

$\boxed{\leftarrow} \boxed{\text{DEF}}$
 $\boxed{\text{VAR}} \boxed{\text{COT}} \boxed{\leftarrow} \boxed{(\)} \boxed{X} \boxed{\text{ENTER}}$
 $\boxed{\text{X}} \boxed{\text{ENTER}}$
 $\boxed{\rightarrow} \boxed{\text{D}}$

$\boxed{1:}$ $\boxed{'-(1+\text{TAN}(X)^2)/\text{TAN}(X)^2'}$
 $\boxed{\text{COT}} \boxed{\text{PARTS}} \boxed{\text{PROB}} \boxed{\text{HYP}} \boxed{\text{MATR}} \boxed{\text{VECTR}} \boxed{\text{BASE}}$

Sie können jede Variable als Argument für *COT* verwenden: Diese Variable wird dann in der ursprünglichen Definition von *COT* automatisch eingesetzt.

Erzeugen einer benutzerdefinierten Funktion

Mit dem Befehl DEFINE können Sie eine benutzerdefinierte Funktion direkt aus einer Gleichung erzeugen:

1. Geben Sie eine Gleichung ein, die die Funktion definiert. Die Gleichung muß die Form '*Name*(*Argumente*)=*Ausdruck*' haben. Die linke Seite der Gleichung besteht aus dem Namen der Funktion mit anschließend dem symbolischen Argument in Klammern. Die rechte Seite der Gleichung besteht aus dem definierenden Ausdruck für die Funktion.
2. Drücken Sie  [DEF], um die benutzerdefinierte Funktion zu erzeugen.

Beispiel: Erzeugen einer benutzerdefinierten Funktion. Verwenden Sie DEFINE zum Erzeugen von *KMB*, einer benutzerdefinierten Funktion, die die Zahl der Kombinationen *K* von *n* verschiedenen Elementen der Ordnung 1, 2, 3, ... *n* berechnet:

$$K = 2^n - 1$$

Geben Sie die Gleichung für *KMB* ein.

 KMB  () n 
 = 2  n  1
[ENTER]

1: 'KMB(n)=2^n-1'
PARTS PRD HYP MATR VECTR BASE

Führen Sie DEFINE aus. Wählen Sie das Menü VAR, und beachten Sie, daß dieses jetzt die benutzerdefinierte Funktion *KMB* enthält.

 [DEF]
[VAR]

KMB COT

Ausführen einer benutzerdefinierten Funktion

Eine benutzerdefinierte Funktion wird genau wie eine eingebaute Funktion ausgeführt: Sie kann numerische oder symbolische Argumente verwenden, entweder aus dem Stack oder in algebraischer Syntax.

Beispiel: Ausführen einer benutzerdefinierten Funktion. Führen Sie die benutzerdefinierte Funktion *KMB* aus, um folgende Berechnungen durchzuführen.

Berechnen Sie die Gesamtzahl der Möglichkeiten zur Kombination eines oder mehrerer von vier Elementen ($n = 4$).

4

Berechnen Sie mit dem gleichen Wert für n die Kombinationen in algebraischer Syntax.

Berechnen Sie $KMB(Z)$ in algebraischer Syntax, wobei Z eine *formale Variable* ist: eine Variable, die kein Objekt enthält.

Verschachteln benutzerdefinierter Funktionen

Benutzerdefinierte Funktionen können genau wie eingebaute Funktionen wiederum in die definierende Gleichung einer benutzerdefinierten Funktion eingebaut werden.

Beispiel: Verschachteln einer benutzerdefinierten Funktion.

Schreiben Sie eine benutzerdefinierte Funktion zur Berechnung des Verhältnisses der Oberfläche eines Quaders zu seinem Volumen. Die Formel für diese Berechnung lautet:

$$\frac{O}{V} = \frac{2(hb + hl + bl)}{hbl}$$

wobei h , b und l die Höhe, Breite und Länge des Quaders sind.

Teil 1. Erzeugen Sie zunächst eine benutzerdefinierte Funktion *OQUA* zur Berechnung der Oberfläche des Quaders.

Verwenden Sie zum Eintippen der Oberflächengleichung den EquationWriter.

[EQUATION]
 OQUA () h [SPC] b [SPC] l
 [=] 2 () h b
 h l b l

O(h;b;l)=2*(h*b+h*l+b*l)

Geben Sie die Gleichung ein, und erzeugen Sie die benutzerdefinierte Funktion.

[DEF]

OQUA KMB COT

Teil 2. Erzeugen Sie nun eine benutzerdefinierte Funktion *VQUA* zur Berechnung des Verhältnisses von Oberfläche zu Volumen.

Verwenden Sie den EquationWriter zum Eintippen der Gleichung für das Verhältnis.

[EQUATION]
 VQUA () x [SPC] y [SPC] z
 [=] [VAR] VQUA () x
 [SPC] y [SPC] z x y
 z

JA(x;y;z)= $\frac{OQUA(x;y;z)}{x \cdot y \cdot z}$

Geben Sie die Gleichung ein, und erzeugen Sie eine benutzerdefinierte Funktion.

[DEF]

VQUA OQUA KMB COT

Teil 3. Verwenden Sie *VQUA* zur Berechnung des Verhältnisses der Oberfläche zum Volumen für einen Quader von 9 cm Höhe, 18 cm Breite und 21 cm Länge.

Geben Sie Höhe, Breite und Länge ein. Aktivieren Sie dann das Menü VAR, und führen Sie *VQUA* aus.

9 18 21
 VQUA

1: ,428571428571

Beachten Sie, daß *OQUA* mit den Variablen *h*, *b* und *l* definiert wurde und *VQUA* *x*, *y* und *z* als Argumente in der Definition von *VQUA* verwendet. Es spielt keine Rolle, ob die Variablen in den beiden Definitionen übereinstimmen, jede Gruppe von Variablen ist von der anderen unabhängig.

Die Struktur einer benutzerdefinierten Funktion

Eine benutzerdefinierte Funktion ist eigentlich ein *Programm* mit den folgenden Merkmalen:

- Es besteht *ausschließlich aus einer Struktur lokaler Variablen, deren Definition ein algebraischer Ausdruck ist*. Die Syntax lautet:

$$\llcorner \rightarrow \text{Name}_1 \text{Name}_2 \dots \text{Name}_n \\ \text{'Ausdruck' } \ggcorner$$

- Es verwendet eine unbegrenzte Zahl von Argumenten (es kann eine unbegrenzte Zahl von lokalen Variablen verwenden), gibt jedoch nur *ein Ergebnis* in den Stack aus.

Eine Beschreibung der lokalen Variablen und der Strukturen lokaler Variablen finden Sie auf Seite 510 in Kapitel 25: “Grundlagen der Programmierung”.

Beispiel: Die Struktur einer benutzerdefinierten Funktion.

Verwenden Sie *VISIT*, um die Struktur der benutzerdefinierten Funktion *KMB* sehen zu können.

Geben Sie *KMB* in die Befehlszeile, und führen Sie dann *VISIT* aus.

VAR **KMB**
 VISIT

```

<<  → n '2^n-1'
>>
+SKIP +SKIP+ +DEL DEL+ INS  ▣ ↑ETX

```

Sie sehen, daß die Befehlsfolge

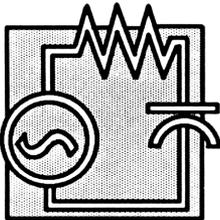
$$\text{'KMB}(n)=2^n-1' \text{ DEFINE}$$

gleichbedeutend damit ist, das Programm

$$\llcorner \rightarrow n \text{'2^n-1' } \ggcorner$$

zu erstellen und in *KMB* zu speichern.

Komplexe Zahlen



In diesem Kapitel werden folgende Themen behandelt:

- Eingeben komplexer Zahlen
- Interpretieren und Steuern des Anzeigeformats für komplexe Zahlen
- Zusammensetzen und Zerlegen komplexer Zahlen
- Rechnen mit komplexen Zahlen
- Verwenden komplexer Zahlen in algebraischen Objekten
- Entscheiden, wann komplexe Zahlen und wann Vektoren zu verwenden sind.

Die meisten Funktionen, die mit reellen Zahlen arbeiten, funktionieren auch bei komplexen Zahlen. Wenn Sie einmal an die Verwendung mathematischer Funktionen mit reellen Zahlen gewöhnt sind, dürften Sie keine Schwierigkeiten mit komplexen Zahlen haben.

Die Beispiele dieses Kapitels setzen voraus, daß der Taschenrechner auf den Grad-Modus eingestellt ist (◀ **MODES** **NXT** **NXT** **DEG**).

Beispiel: Arithmetik mit komplexen Zahlen. Berechnen Sie:

$$\frac{(9 + 4i) + (-4 + 3i)}{(3 + i)}$$

Ist der Indikator $R\angle Z$ oder $R\angle\angle$ eingeschaltet, der anzeigt, daß der Modus für Polarkoordinaten aktiviert ist, dann drücken Sie \rightarrow [POLAR], um den Modus für Rechteckkoordinaten einzuschalten. Geben Sie dann die ersten beiden komplexen Zahlen ein.

\leftarrow [()] 9 [SPC] 4 [ENTER]
 \leftarrow [()] 4 [+/-] [SPC] 3

1: (9,4)
 (-4 3)
 PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE

Sie brauchen nicht [ENTER] zu betätigen, bevor Sie [+] drücken.

[+]

1: (5;7)
 PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE

Dividieren Sie das Ergebnis durch $3 + i$.

\leftarrow [()] 3 [SPC] 1 [\div]

1: (2,2;1,6)
 PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE

Eingabe und Anzeige komplexer Zahlen

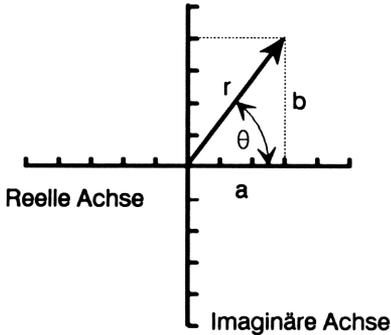
Wie komplexe Zahlen angezeigt werden

Komplexe Zahlen können entweder in Rechteck- oder in Polarform angezeigt werden, je nachdem, ob der HP 48 auf den Modus für Rechteck- oder den Modus für Polarkoordinaten eingestellt ist. (Unabhängig davon, wie komplexe Zahlen angezeigt werden, speichert der HP 48 sie intern in Rechteckform.) In der Rechteckform werden der Real- und der Imaginärteil der komplexen Zahl in Klammern eingeschlossen und durch ein Komma getrennt. * In der Polarform werden Betrag und Phase der komplexen Zahl in Klammern eingeschlossen und durch ein Komma sowie ein Winkelzeichen (\angle) getrennt. Die Polarform wird auf der

* Ist das Komma als Dezimalzeichen eingestellt, werden komplexe Zahlen durch ein Semikolon getrennt.

Grundlage des aktuellen Winkelmodus (Grad, Radiant oder Gon) angezeigt.

Das folgende Diagramm demonstriert, wie komplexe Zahlen im Rechteck- und im Polarmodus angezeigt werden:



Anzeigemodus	
Rechteck	Polar
(a,b)	(r, $\angle\theta$)

Zum Umschalten zwischen Rechteck- und Polarmodus drücken Sie **[\rightarrow] [POLAR]**. Der Indikator $\Re\angle Z$ oder $\Re\angle\angle$ zeigt an, daß der Polarmodus eingeschaltet ist. (Die beiden Indikatoren unterscheiden zwischen Zylinder- und Kugelkoordinaten für dreidimensionale Vektoren. Bei komplexen Zahlen sind diese beiden Modi gleichbedeutend.)

Die interne Rechteckdarstellung aller komplexen Zahlen hat auf angezeigte Zahlen in polarer Notation folgende Auswirkungen:

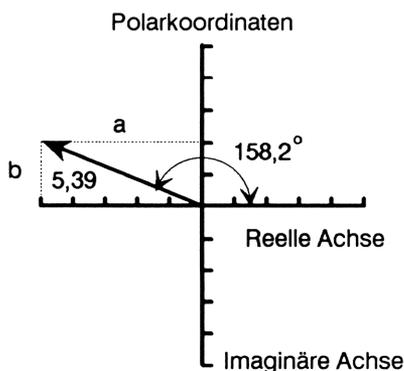
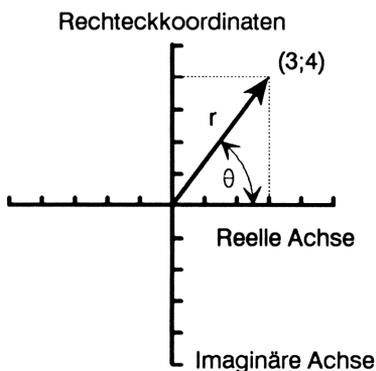
- θ wird auf den Bereich $\pm 180^\circ$ ($\pm\pi$ Radiant, ± 200 Gon) normiert.
- Wenn Sie ein negatives r eintippen, wird der Wert positiv gemacht und gleichzeitig θ um 180° erhöht und normiert.
- Wenn Sie ein r von 0 eingeben, wird θ ebenfalls zu 0.

Eingeben komplexer Zahlen

Es gibt zwei Möglichkeiten, komplexe Zahlen einzugeben:

- Mit Klammern: Diese Methode entspricht der Art, wie komplexe Zahlen angezeigt werden. Sie funktioniert ohne irgendetwas speziellen Flageinstellungen und ist die Methode der Wahl bei der Eingabe komplexer Zahlen im MatrixWriter. Der Real- und der Imaginärteil können innerhalb der Klammern entweder durch ein Leerzeichen (**SPC**), ein Komma (**↵** **␣**) oder, falls das Komma als Dezimalzeichen gewählt wurde, durch ein Semikolon (**↵** **␣**) getrennt werden.
- Mit **↵** **2D**: Bei dieser Methode werden zwei reelle Zahlen aus dem Stack zu einer komplexen Zahl zusammengefaßt. Das Flag -19 muß gesetzt sein. (Weitere Informationen zu **↵** **2D** finden Sie im Abschnitt "Zusammensetzen und Zerlegen komplexer Zahlen" auf Seite 173.)

Beispiel: Eingabe und Anzeige komplexer Zahlen. Im nachstehenden Diagramm ist eine komplexe Zahl in Rechteckform (3,4) und eine andere komplexe Zahl in Polarform (5,39; \sphericalangle 158,2) dargestellt. Geben Sie diese ein, und schalten Sie den Koordinatenmodus um.



Stellen Sie sicher, daß der Winkelmodus DEG sowie der Modus für Rechteckkoordinaten eingeschaltet sind.

\leftarrow [MODES] [NXT] [NXT]
 DEG XYZ

DEG RND GRAD XYZ R2Z RZZ

Geben Sie die komplexe Zahl in Rechteckform mit Klammern und einem Komma ein.

\leftarrow [()] 3 \leftarrow [,] 4 [ENTER]

1: (3;4)
 DEG RND GRAD XYZ R2Z RZZ

Tippen Sie die komplexe Zahl in Polarform mit Klammern ein. (Bei der Eingabe komplexer Zahlen mit Polarkoordinaten brauchen Sie kein Komma oder Leerzeichen zum Trennen der Komponenten einzugeben: das Winkelzeichen fungiert als Trennzeichen.)

\leftarrow [()] 5.39 \rightarrow [Δ] 158.2

1: (5,39∠158,2)
 DEG RND GRAD XYZ R2Z RZZ

Geben Sie die Polarkoordinaten in den Stack ein. Sie werden entsprechend dem aktuellen Koordinatenmodus umgewandelt (in diesem Fall in Rechteckkoordinaten).

[ENTER]

2: (3;4)
 1: (-5,00453860689;
 2,00167263362)
 DEG RND GRAD XYZ R2Z RZZ

Ändern Sie nun den Koordinatenmodus und beobachten Sie, wie sich die Darstellung der komplexen Zahlen verändert.

\rightarrow [POLAR]

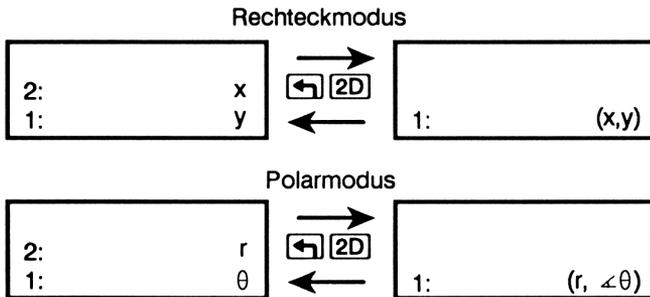
2: (5;∠53,1301023542)
 1: (5,39;∠158,2)
 DEG RND GRAD XYZ R2Z RZZ

Drücken Sie einige Male \rightarrow [POLAR], um sich mit der Umwandlung vertraut zu machen. Mehrmaliges Drücken von \rightarrow [POLAR] hat die gleiche Wirkung wie die Menütasten XYZ und RZZ (oder RZZZ).

Zusammensetzen und Zerlegen komplexer Zahlen

\leftarrow $\boxed{2D}$ setzt eine komplexe Zahl zusammen oder zerlegt diese entsprechend dem Koordinatenmodus:

- Wenn die Ebenen 2 und 1 reelle Zahlen enthalten, und das Flag -19 gesetzt ist, fügt \leftarrow $\boxed{2D}$ daraus eine komplexe Zahl zusammen. Ist der Rechteckmodus eingeschaltet, wird der Realteil aus Ebene 2 und der Imaginärteil aus Ebene 1 entnommen. Wenn der Polarmodus aktiviert ist, wird der Betrag aus Ebene 2 und der Winkel aus Ebene 1 entnommen.
- Enthält Ebene 1 eine komplexe Zahl, so wird diese durch Drücken von \leftarrow $\boxed{2D}$ zerlegt. Der Realteil bzw. der Betrag wird in Ebene 2 und der Imaginärteil bzw. der Winkel in Ebene 1 ausgegeben.



Beispiel. Setzen Sie die komplexe Zahl $(3; -5)$ aus ihren Komponenten im Stack zusammen, und zerlegen Sie diese dann wieder.

Setzen Sie das Flag -19, und stellen Sie sicher, daß der Winkelmodus DEG und der Modus für Rechteckkoordinaten eingestellt sind.

```

19 +/-  → MODES  NXT          DEG  RAD  GRAD  XYZ  R↺  R↻
SF
← MODES  NXT  NXT
DEG  XYZ
  
```

Geben Sie die Komponenten in den Stack ein.

```

3 ENTER 5 +/- ENTER          2:
1:                               -5
DEG  RAD  GRAD  XYZ  R↺  R↻
  
```

Setzen Sie die komplexe Zahl zusammen.

\leftarrow $\boxed{2D}$

1: (3;-5)
DEG \square RAD \square GRAD \square MVE \square R42 \square R43

Zerlegen Sie die komplexe Zahl.

\leftarrow $\boxed{2D}$

2: 3
1: -5
DEG \square RAD \square GRAD \square MVE \square R42 \square R43

Die programmierbaren Befehle für \leftarrow $\boxed{2D}$ lauten: $\rightarrow V2$ bzw. $V\rightarrow$.
(Siehe "Weitere Befehle für komplexe Zahlen" auf Seite 178.)

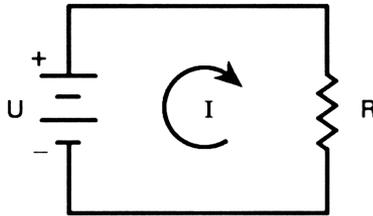
Rechnen mit komplexen Zahlen

Vergleich mit Berechnungen für reelle Zahlen

Da eine komplexe Zahl genauso ein einzelnes Objekt ist, wie eine reelle Zahl ein Objekt ist, sind Berechnungen mit komplexen Zahlen ebenso einfach wie solche mit reellen Zahlen. Die meisten Funktionen, die mit reellen Zahlen arbeiten, funktionieren auch mit komplexen Zahlen. Um beispielsweise zwei komplexe Zahlen zu addieren, geben Sie diese einfach in den Stack ein und drücken $\boxed{+}$; um den Sinus einer komplexen Zahl zu berechnen, geben Sie diese einfach ein und drücken $\boxed{\text{SIN}}$.

Außerdem sind komplexe Zahlen in algebraischen Objekten ebenso erlaubt wie reelle Zahlen. Sie können z.B. den Sinus von (3,4) durch Eingeben von 'SIN ((3,4))' und anschließendes Drücken von $\boxed{\text{EVAL}}$ berechnen.

Beispiel: Ein Stromkreis. Teil 1. Das Ohmsche Gesetz definiert den Zusammenhang zwischen Widerstand (R), Spannung (U) und Strom (I) im nachstehenden Stromkreis wie folgt: $R = U \div I$.

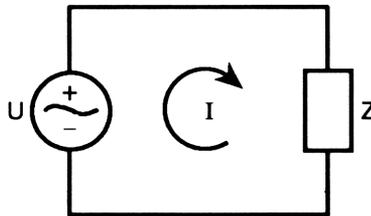


Berechnen Sie den Widerstand bei einer Spannung von 10 Volt und einem Strom von 2 Ampere.

10 [ENTER] 2 [÷]

1: 5
DEG RND GRND WVE R22 R33

Teil 2. Wird der Widerstand im vorstehenden Stromkreis durch eine komplexe Impedanz Z und die Gleichspannung sowie der Gleichstrom durch Wechselgrößen (komplexe Zahlen, die sinusförmigen Strom oder sinusförmige Spannung darstellen) ersetzt, ergibt sich eine Aufgabe, die komplexe Zahlen beinhaltet.



Das Verhältnis gemäß dem Ohmschen Gesetz wird zu $Z = U \div I$. Berechnen Sie die komplexe Impedanz für eine Spannung von $(10, \angle 0)$ und einen Strom von $(2, \angle 30)$.

Stellen Sie sicher, daß der Winkelmodus DEG und der Modus für Polarkoordinaten eingestellt sind.

[←] [MODES] [NXT] [NXT]
DEG RZZ

1: 5
DEG RND GRND WVE R22 R33

Dividieren Sie die Spannung durch den Strom, um die Impedanz zu berechnen.

\leftarrow () 10 \rightarrow Δ 0 **ENTER**
 \leftarrow () 2 \rightarrow Δ 30 \div

2:
 1: (5; \angle -30)
 DEG \square RAD \square GRAD \square MVE \square REC \square RCL

Stellen Sie den Koordinatenmodus auf Rechteckkoordinaten um.

\rightarrow **POLAR**

2:
 1: (4,33012701892; -2,5)
 DEG \square RAD \square GRAD \square MVE \square REC \square RCL

In der Polarform hat die komplexe Impedanz einen Betrag von 5 und einen Phasenwinkel von -30 Grad. Beim Umschalten in die Rechteckform erkennen Sie, daß diese komplexe Zahl eine Widerstandskomponente von 4,33 Ohm und eine Reaktanz von $-2,5$ Ohm enthält. Die negative Phase und die Reaktanz sagen einem Elektroingenieur, daß die Impedanz kapazitiv und nicht induktiv ist.

Komplexe Ergebnisse aus reellen Operationen

Die Fähigkeiten des HP 48 hinsichtlich komplexer Zahlen können die Ergebnisse von Operationen mit reellen Zahlen beeinflussen. Bestimmte Berechnungen, die bei den meisten Taschenrechnern zu Fehlern führen würden, liefern beim HP 48 ein komplexes Ergebnis. So gibt der HP 48 beispielsweise eine komplexe Zahl für die Quadratwurzel aus -4 aus. Ebenso liefert der Arcussinus von 5 ein komplexes Ergebnis.

Sie werden merken, daß der HP 48 für die meisten Berechnungen ein Ergebnis des Typs (reell oder komplex) liefert, das Sie erwarten. Sollten Sie jedoch ein komplexes Ergebnis erhalten, wo Sie eine reelle Lösung erwarten, dann überprüfen Sie Ihr Programm oder die Tastenfolge auf die folgenden Ursachen hin:

- Die Daten, die Sie in den Taschenrechner eingegeben haben, könnten außerhalb des Gültigkeitsbereichs der zu berechnenden Formel liegen.
- Die Formel (oder ihre Ausführung) könnte unrichtig sein.
- Ein Rundungsfehler an einer kritischen Stelle der Formel könnte zu einem ungültigen Ergebnis geführt haben.
- Das komplexe Ergebnis ist für Ihre Aufgabe tatsächlich richtig, auch wenn Sie es nicht erwartet haben.

Komplexe Zahlen in algebraischen Ausdrücken

Algebraische Objekte mit komplexen Zahlen

Die Komponenten einer komplexen Zahl können reelle Zahlen (z.B. in dem Ausdruck ' $X+(1,2)$ ') oder formale Variable (z.B. in dem Ausdruck ' $X+(A,B)$ ') sein. Bei der Eingabe wird die zweite Form automatisch in eine äquivalente Form ' $X+(A+B*i)$ ' gebracht.

Algebraische Ausdrücke mit komplexen Zahlen können in gleicher Weise symbolisch bearbeitet werden wie Ausdrücke mit reellen Zahlen.



Hinweis

Wenn Sie eine komplexe Zahl als Teil eines algebraischen Ausdrucks eingeben, müssen Sie zum Trennen des Real- und des Imaginärteils $\left[\left[\right] \right]$ verwenden. (Wenn das Komma als Dezimalzeichen eingestellt ist, erzeugt $\left[\left[\right] \right]$ ein Semikolon zur Trennung der Komponenten.)

Beispiel: Verwenden komplexer Zahlen in algebraischen

Ausdrücken. Berechnen Sie die beiden Quadratwurzeln der komplexen Zahl $8-6i$. Da die Funktion $\sqrt{(\sqrt{x})}$ nur *ein* Ergebnis liefert, müssen Sie den Befehl ISOL (isoliere) verwenden, um die Gleichung $W^2=8-6i$ nach W aufzulösen.

Geben Sie zunächst den algebraischen Ausdruck ein.

$\left[\left[W \right] \left[y^x \right] \left[2 \right] \left[\left[\right] \right] \left[\left[\right] \right]$
 $\left[\left[\left(\right) \right] \left[8 \right] \left[\left[\right] \right] \left[\left[\right] \right] \left[6 \right] \left[+/- \right]$
 $\left[\text{ENTER} \right]$

$\left[\left[1: \right] \right] \left[W^2=(8;-6) \right] \left[\left[\text{DEG} \right] \left[\text{RND} \right] \left[\text{GRND} \right] \left[\text{MDC} \right] \left[\text{RDC} \right] \left[\text{RAC} \right] \right]$

Geben Sie nun den Namen der zu isolierenden Variablen (W) ein, und führen Sie den Befehl ISOL aus.

$\left[\left[W \right] \left[\text{ENTER} \right] \right]$
 $\left[\left[\left[\right] \right] \left[\text{ALGEBRA} \right] \left[\text{ISOL} \right] \right]$

$\left[\left[1: \right] \right] \left[W=\pm 1*(3;-1) \right] \left[\left[\text{COLCT} \right] \left[\text{EXPR} \right] \left[\text{SOL} \right] \left[\text{CURD} \right] \left[\text{SHOW} \right] \left[\text{TAYLR} \right] \right]$

Die Variable ± 1 steht für \pm . Also heißen die beiden Quadratwurzeln $3-i$ und $-3+i$. (Der Befehl ISOL wird in Kapitel 22 behandelt.)

Verwenden der symbolischen Konstanten i

Komplexe Zahlen können als Ausdrücke eingegeben werden, die die eingebaute symbolische Konstante i enthalten.

Beispiel. Verwenden Sie den EquationWriter zur Eingabe eines Ausdrucks für die komplexe Zahl $2 - 2i\sqrt{3}$. Werten Sie den Ausdruck dann aus, um ein komplexes Ergebnis zu erhalten. (Das Ergebnis setzt voraus, daß der HP 48 auf den Modus für Rechteckkoordinaten eingestellt ist.)

Geben Sie den Ausdruck ein. (Die Tastenfolge für den Kleinbuchstaben i lautet $\boxed{\alpha}$, dann $\boxed{\leftarrow}$ und dann $\boxed{\text{CST}}$.)

$\boxed{\leftarrow}$ $\boxed{\text{EQUATION}}$
2 $\boxed{-}$ 2 $\boxed{\sqrt{x}}$ 3



2-2*i*· $\sqrt{3}$

$\boxed{\text{COLT}} \boxed{\text{EXPR}} \boxed{\text{ISOL}} \boxed{\text{NUMD}} \boxed{\text{SHOW}} \boxed{\text{TAYLR}}$

Verwenden Sie den Befehl $\rightarrow\text{NUM}$, um den Ausdruck auszuwerten. Das Objekt, das Sie erhalten, enthält eine komplexe Zahl.

$\boxed{\rightarrow}$ $\boxed{\rightarrow\text{NUM}}$



1: (2;-3,46410161514)

$\boxed{\text{COLT}} \boxed{\text{EXPR}} \boxed{\text{ISOL}} \boxed{\text{NUMD}} \boxed{\text{SHOW}} \boxed{\text{TAYLR}}$

Weitere Befehle für komplexe Zahlen

Die meisten Befehle, die mit reellen Zahlen arbeiten, funktionieren auch mit komplexen Zahlen (z.B. SIN, INV, \wedge , LN, $\rightarrow\text{Q}$ usw.). Die folgende Tabelle beschreibt zusätzliche Befehle, die besonders für komplexe Zahlen nützlich sind. Hinsichtlich dieser Tabelle gelten folgende Hinweise: $\text{V}\rightarrow$ und $\rightarrow\text{V}2$ befinden sich im Menü MTH VECTR ($\boxed{\text{MTH}}$ $\boxed{\text{VECTR}}$); NEG wird im Programmeingabe-Modus durch Drücken von $\boxed{+/-}$ ausgeführt; $\text{C}\rightarrow\text{R}$, $\text{R}\rightarrow\text{C}$ und $\text{OBJ}\rightarrow$ befinden sich im Menü PRG OBJ ($\boxed{\text{PRG}}$ $\boxed{\text{OBJ}}$); die anderen Befehle befinden sich im Menü MTH PARTS ($\boxed{\text{MTH}}$ $\boxed{\text{PARTS}}$).

Befehl/Beschreibung	Beispiel	
	Eingabe	Ausgabe
ABS Betrag: $\sqrt{x^2 + y^2}$.	1: (3;4)	1: 5
ARG Polarer Winkel einer komplexen Zahl	1: (1;1)	1: 45
CONJ Komplex Konjugierte einer komplexen Zahl	1: (2;3)	1: (2;-3)
C→R Komplex in reell: zerlegt eine komplexe Zahl in zwei reelle Zahlen, die Rechteckkoordinaten x und y	1: (2;3)	2: 2 1: 3
IM Imaginärteil (y) einer komplexen Zahl	1: (4;-3)	1: -3
NEG Kehrt das Vorzeichen des Arguments um	1: (2;-1)	1: (-2;1)
OBJ→ Objekt in Stack: zerlegt ein Objekt (eine komplexe Zahl, ein Feld oder eine Liste) in seine Elemente	1: (4;5)	2: 4 1: 5
RE Realteil (x) einer komplexen Zahl	1: (4;-3)	1: 4
R→C Reell in komplex: setzt zwei reelle Zahlen zu einer komplexen Zahl zusammen (x,y)	2: -7 1: -2	1: (-7;-2)

Befehl/Beschreibung	Beispiel	
	Eingabe	Ausgabe
SIGN Einheitsvektor in der Richtung des komplexen Arguments $(\frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}}, \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}})$	1: (3;4)	1: (,6;,8)
V→ zerlegt eine komplexe Zahl in zwei reelle Zahlen x und y oder r und θ , je nach aktuellem Koordinaten- und Winkelmodus. Das Beispiel setzt den Polar- und den Gradmodus voraus.	1: (3;430)	2: 3 1: 30
→V2 Wenn das Flag -19 gesetzt ist, werden zwei reelle Zahlen zu einer komplexen Zahl (x,y) oder $(r, \angle \theta)$ zusammengesetzt, je nach aktuellem Koordinaten- und Winkelmodus. Das Beispiel setzt den Polar- und den Gradmodus voraus.	2: 6 1: 50	1: (6;450)

Komplexe Zahlen oder Vektoren?

Komplexe Zahlen und zweidimensionale Vektoren sind sich in vielerlei Hinsicht ähnlich. Es ist daher manchmal schwierig, den besseren Objekttyp für ein bestimmtes Problem zu wählen (manchmal sind auch beide Typen gleich gut anwendbar).

Die Hauptvorteile bei der Verwendung komplexer Zahlen liegen darin, daß sie als Elemente von Vektoren und Matrizen zugelassen sind und daß die meisten Operationen für reelle Zahlen auch mit ihnen möglich sind. Die Hauptnachteile bei der Verwendung komplexer Zahlen sind, daß sie auf zwei Dimensionen beschränkt sind und daß Vektoroperationen wie DOT und CROSS auf sie nicht anwendbar sind.

Wenn Sie bei Beginn einer Berechnung die falsche Wahl getroffen haben, ist es ein leichtes, von einem Typ auf den anderen überzugehen.

- Ist das Flag -19 rückgesetzt und haben Sie eine komplexe Zahl in Ebene 1, dann zerlegt \leftarrow [2D] \leftarrow [2D] die komplexe Zahl und setzt die Teile zu einem Vektor zusammen.
- Ist das Flag -19 gesetzt, und haben Sie einen zweidimensionalen Vektor in Ebene 1, dann zerlegt \leftarrow [2D] \leftarrow [2D] den Vektor und setzt die Teile zu einer komplexen Zahl zusammen.

Beispiel: Umrechnung zwischen komplexen Zahlen und Vektoren.

Teil 1. Verwenden Sie \leftarrow [2D] zum Umwandeln der komplexen Zahl (3;4) in einen Vektor.

Stellen Sie den Rechteck- und den Gradmodus ein, und geben Sie dann die komplexe Zahl ein.

\leftarrow [MODES] [NXT] [NXT] DEG XYZ | 1: (3;4) |
 \leftarrow [()] 3 [SPC] 4 [ENTER] | DEG | RAD | GRAD | XYZ | REC | REK |

Zerlegen Sie die komplexe Zahl.

\leftarrow [2D] | 2: 3 |
 | 1: 4 |
 | DEG | RAD | GRAD | XYZ | REC | REK |

Setzen Sie das Flag -19 zurück, so daß \leftarrow [2D] einen Vektor erzeugt.

19 +/- [MODES] | 2: 3 |
 [NXT] CF | 1: 4 |
 | THEN | RCLM | STOP | RCLF | SF | CF |

Setzen Sie die komplexen Komponenten zu einem Vektor zusammen.

\leftarrow [2D] | 1: [3 4] |
 | THEN | RCLM | STOP | RCLF | SF | CF |

Teil 2. Wandeln Sie den Vektor wieder in eine komplexe Zahl um.

Zerlegen Sie den Vektor.

\leftarrow [2D] | 2: 3 |
 | 1: 4 |
 | THEN | RCLM | STOP | RCLF | SF | CF |

Setzen Sie das Flag -19, so daß \leftarrow 2D eine komplexe Zahl erzeugt.

19 +/- SF

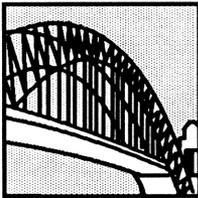
2:	3				
1:	4				
TMEN	RCLM	STOP	RCLF	SF	CF

Setzen Sie die Vektorkomponenten zu einer komplexen Zahl zusammen.

\leftarrow 2D

1:	(3;4)				
TMEN	RCLM	STOP	RCLF	SF	CF

Vektoren



Der HP 48 besitzt umfassende Fähigkeiten zum Umgang mit Vektoren. Dazu gehört eine spezielle Benutzeroberfläche zur Eingabe von zwei-dimensionalen (2D) und dreidimensionalen (3D) Vektoren. Zwei- und dreidimensionale Vektoren werden häufig zur Darstellung von Kräften, Geschwindigkeiten, Beschleunigungen, Drehmomenten und anderen physikalischen Größen verwendet.

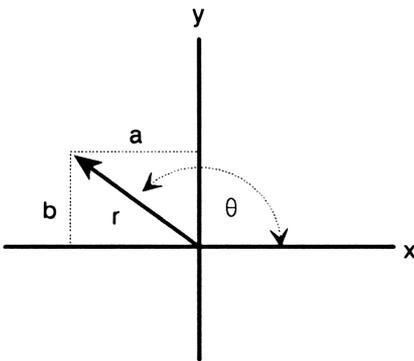
Alle Vektoren sind Feldobjekte. Vektoren im allgemein-mathematischen Sinn werden in Kapitel 20 "Felder" behandelt. Dieses Kapitel befaßt sich hauptsächlich mit zwei- und dreidimensionalen Vektoren und behandelt folgende Themen:

- Interpretieren und Steuern des Anzeigeformats für Vektoren
- Eingeben von Vektoren
- Zusammensetzen und Zerlegen von Vektoren
- Technische und physikalische Berechnungen mit Vektoren
- Entscheiden, wann komplexe Zahlen und wann Vektoren zu verwenden sind.

Darstellung zwei- und dreidimensionaler Vektoren

Darstellung zweidimensionaler Vektoren

Zweidimensionale Vektoren können entweder in Rechteck- oder in Polarform dargestellt werden, je nachdem ob der HP 48 auf den Modus für Rechteckkoordinaten oder den für Polarkoordinaten eingestellt ist. Die nachstehende Darstellung zeigt die beiden Modi für zweidimensionale Vektoren:



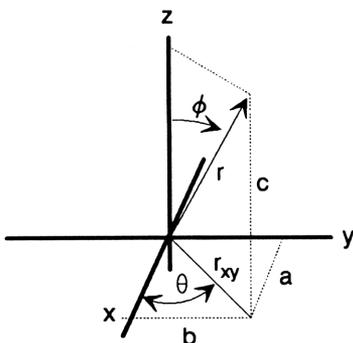
Zweidimensionaler Anzeigemodus

Rechteck	Polar
[a b]	[r ∠θ]

Zum Umschalten zwischen Rechteck- und Polarmodus müssen Sie **[→] [POLAR]** drücken. Der Indikator $R\angle Z$ oder $R\angle\angle Z$ zeigt an, daß der Polarmodus aktiviert ist. (Die beiden Indikatoren unterscheiden zwischen Zylinder- und Kugelkoordinaten bei dreidimensionalen Vektoren. Für zweidimensionale Vektoren sind die beiden Modi gleichbedeutend.)

Darstellung dreidimensionaler Vektoren

Dreidimensionale Vektoren können in Rechteckkoordinaten ($[X Y Z]$), in Zylinderkoordinaten ($[R \angle Z]$) oder in Kugelkoordinaten ($[R \angle \angle]$) angezeigt werden. Die folgende Abbildung illustriert diese drei Formen:



Dreidimensionaler Anzeigemodus

Rechteck	Zylindrisch	Sphärisch
[a b c]	[r _{xy} ∠θ c]	[r ∠θ ∠φ]

Das Menü MTH VECTR (**MTH** VECTR) enthält Befehle zum Umschalten zwischen den drei Koordinatenmodi:

- Rechteckmodus (XYZ■, ohne Indikator)
- Zylindermodus (RZZ■, Indikator RZZ)
- Kugelmodus (RZZ■, Indikator RZZ)

Ein Kästchen in einem der Menüfelder zeigt den aktuellen Modus an.

Die interne Darstellung in Rechteckform aller Vektoren wirkt sich auf angezeigte Vektoren in Polarform (Zylinder- oder Kugelkoordinaten) folgendermaßen aus:

- θ und ϕ werden auf den Bereich $\pm 180^\circ$ ($\pm \pi$ Radiant, ± 200 Gon) normiert.
- Wenn Sie ein negatives r eingeben, wird der Wert positiv gemacht und gleichzeitig wird θ um 180° sowie ϕ um 90° erhöht, und beide werden normiert.
- Ist ϕ 0 oder 180° , wird θ zu 0.
- Wenn Sie ein r von 0 eingeben, werden θ und ϕ ebenfalls zu 0.

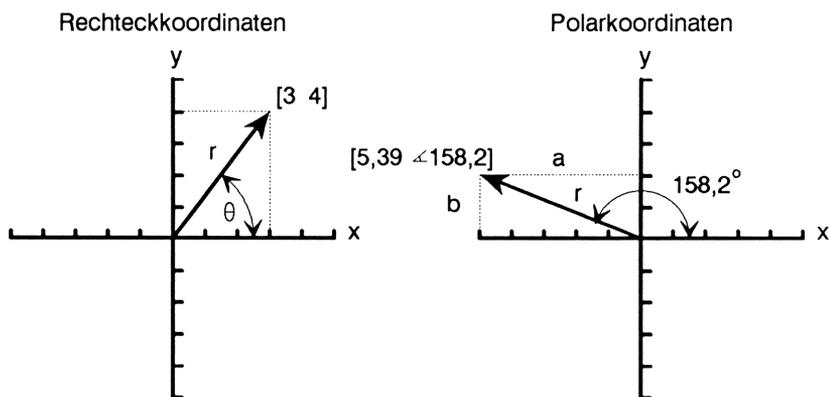
Der HP 48 speichert Vektoren intern in Rechteckform, unabhängig davon, wie sie angezeigt werden.

Eingeben von zwei- und dreidimensionalen Vektoren

Es gibt zwei Möglichkeiten zur Eingabe von zwei- und dreidimensionalen Vektoren:

- Mit eckigen Klammern als Begrenzungszeichen ($[\]$): Diese Methode entspricht der Art, wie Vektoren angezeigt werden. Sie funktioniert ohne besondere Flageinstellungen. Die Elemente werden innerhalb der Klammern durch einen Leerschritt ([SPC]) getrennt.
- Mit $\left[\leftarrow \right] [2D]$ oder $\left[\rightarrow \right] [3D]$: Bei dieser Methode werden drei reelle Zahlen aus dem Stack zu einem Vektor zusammengesetzt. Zum Zusammensetzen eines zweidimensionalen Vektors mit $\left[\leftarrow \right] [2D]$ muß das Flag -19 rückgesetzt sein. (Weitere Informationen zu $\left[\leftarrow \right] [2D]$ und $\left[\rightarrow \right] [3D]$ finden Sie in "Zusammensetzen und Zerlegen von zwei- und dreidimensionalen Vektoren" auf Seite 187.)

Beispiel: Eingabe und Anzeige zweidimensionaler Vektoren. Das folgende Diagramm zeigt einen Vektor in Rechteckform ($[3 \ 4]$) und einen anderen in Polarform ($[5,39 \ \sphericalangle 158,2]$). Geben Sie diese Vektoren ein, und schauen Sie sie sich in beiden Anzeigemodi an.



Stellen Sie den Rechteckmodus und, falls erforderlich, den DEG-Modus ein.

$\boxed{\text{MTH}}$ $\boxed{\text{VECTR}}$ $\boxed{\text{XYZ}}$
falls erforderlich $\left[\leftarrow \right] \boxed{\text{RAD}}$

$\boxed{\text{XYZ}}$ $\boxed{\text{RCL}}$ $\boxed{\text{RCL}}$ $\boxed{\text{CROSS}}$ $\boxed{\text{DOT}}$ $\boxed{\text{ABS}}$

Geben Sie den Vektor in Rechteckform ein.

\leftarrow [] 3 [SPC] 4 [ENTER]

1: [3 4]
XYZ RZZ RZZ CROSS DOT ABS

Tippen Sie den Vektor in Polarform ein. (Bei der Eingabe von Vektoren in Polarform benötigen Sie keinen Leerschritt zum Trennen der Elemente: das Winkelzeichen fungiert als Trennzeichen.)

\leftarrow [] 5.39 \rightarrow \angle 158.2

1: [3 4]
[5,39 \angle 158,2]
XYZ RZZ RZZ CROSS DOT ABS

Geben Sie den Vektor in Polarform in den Stack ein; er wird entsprechend dem aktuellen Anzeigemodus (in diesem Fall der Rechteckmodus) umgewandelt.

[ENTER]

2: [3 4]
1: [-5,00453860689
2,00167263362]
XYZ RZZ RZZ CROSS DOT ABS

Ändern Sie nun den Anzeigemodus, und beachten Sie, wie sich die Darstellung der Vektoren verändert.

\rightarrow [POLAR]

2: [5 \angle 53,1301023542...
1: [5,39 \angle 158,2]
XYZ RZZ RZZ CROSS DOT ABS

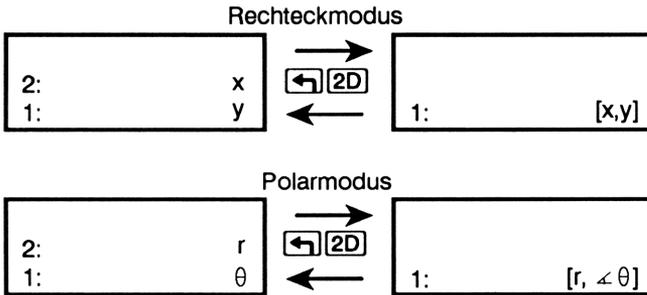
Drücken Sie einige Male hintereinander \rightarrow [POLAR], um sich mit der Umwandlung vertraut zu machen. Mehrfaches Drücken von \rightarrow [POLAR] hat die gleiche Wirkung wie die Menüasten XYZ und RZZ (oder RZZ).

Zusammensetzen und Zerlegen von zwei- und dreidimensionalen Vektoren

\leftarrow [2D] setzt einen zweidimensionalen Vektor zusammen oder zerlegt ihn gemäß dem aktuellen Koordinatenmodus:

- Wenn die Ebenen 2 und 1 reelle Zahlen enthalten und das Flag -19 rückgesetzt ist, setzt \leftarrow [2D] daraus einen zweidimensionalen Vektor zusammen.
- Wenn Ebene 1 einen zweidimensionalen Vektor enthält, zerlegt \leftarrow [2D] diesen.

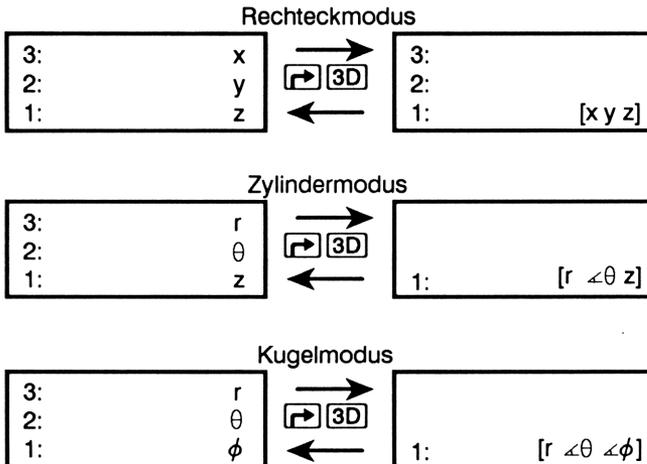
Die folgende Abbildung zeigt die Verwendung von $\left[\leftarrow \right] [2D]$:



Mit $\left[\rightarrow \right] [3D]$ werden dreidimensionale Vektoren entsprechend dem aktuellen Koordinatenmodus zusammengesetzt oder zerlegt:

- Wenn die Ebenen 3, 2 und 1 reelle Zahlen enthalten, setzt $\left[\rightarrow \right] [3D]$ daraus einen dreidimensionalen Vektor zusammen.
- Wenn Ebene 1 einen Vektor mit beliebig vielen Elementen enthält, zerlegt $\left[\rightarrow \right] [3D]$ diesen.

Die folgende Abbildung zeigt die Verwendung von $\left[\rightarrow \right] [3D]$:



Die programmierbaren Befehle zu \rightarrow $\boxed{3D}$ lauten: $V \rightarrow$ und $\rightarrow V3$, und die programmierbaren Befehle zu \leftarrow $\boxed{2D}$ sind $V \leftarrow$ und $\leftarrow V2$. Die Beschreibungen dazu finden Sie in "Weitere Befehle für Vektoren" auf Seite 198.

Beispiel: Zusammensetzen und Trennen eines zweidimensionalen Vektors. Verwenden Sie \leftarrow $\boxed{2D}$ zum Zusammensetzen und anschließenden Zerlegen des zweidimensionalen Vektors [3 5]. (Dieses Beispiel setzt voraus, daß das Flag -19 rückgesetzt ist.)

Stellen Sie den Modus für Rechteckkoordinaten ein.

\boxed{MTH} \boxed{VECTR} \boxed{XYZ}

$\boxed{WV2}$ $\boxed{R22}$ $\boxed{R22}$ \boxed{CROSS} \boxed{DOT} \boxed{ABS}

Geben Sie die reellen Komponenten ein.

3 \boxed{ENTER} 5 \boxed{ENTER}

2: 3
1: 5
 $\boxed{WV2}$ $\boxed{R22}$ $\boxed{R22}$ \boxed{CROSS} \boxed{DOT} \boxed{ABS}

Setzen Sie den Vektor zusammen.

\leftarrow $\boxed{2D}$

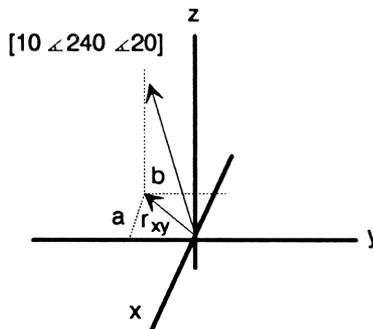
1: [3 5]
 $\boxed{WV2}$ $\boxed{R22}$ $\boxed{R22}$ \boxed{CROSS} \boxed{DOT} \boxed{ABS}

Zerlegen Sie den Vektor in seine Komponenten.

\leftarrow $\boxed{2D}$

2: 3
1: 5
 $\boxed{WV2}$ $\boxed{R22}$ $\boxed{R22}$ \boxed{CROSS} \boxed{DOT} \boxed{ABS}

Beispiel: Zusammensetzen und Zerlegen eines dreidimensionalen Vektors. Verwenden Sie \rightarrow $\boxed{3D}$ zum Zusammensetzen und anschließenden Zerlegen eines sphärischen Vektors:



Beachten Sie, daß beim Zusammensetzen eines zwei- oder dreidimensionalen Vektors die Winkel so normiert werden, daß sie nicht größer als 180 Grad (π Radiant oder 200 Gon) sind. Dadurch wird in diesem Beispiel 240 Grad in -120 Grad umgerechnet.

Stellen Sie den Modus für Kugelkoordinaten und, falls erforderlich, den DEG-Modus ein.

[MTH] VECTR R44
falls erforderlich [◀] [RAD]

WYZ R42 R44 [CROSS] DOT ABS

Geben Sie die zu dem Vektor gehörigen reellen Zahlen ein.

10 [SPC] 240 [SPC] 20 [ENTER]

3:		10
2:		240
1:		20
WYZ R42 R44 [CROSS] DOT ABS		

Setzen Sie den Vektor zusammen. (Beachten Sie, daß 240° in -120° umgewandelt wird.)

[▶] [3D]

1:	[10	◀	-120	◀	20]
WYZ R42 R44 [CROSS] DOT ABS							

Zerlegen Sie den Vektor.

[▶] [3D]

3:		10
2:		-120
1:		20
WYZ R42 R44 [CROSS] DOT ABS		

Durch die Normierung der Winkel hat sich die Stackanzeige gegenüber dem ursprünglichen Zustand geändert.

Berechnungen mit zwei- und dreidimensionalen Vektoren

Da ein Vektor, wie eine reelle Zahl, ein einzelnes Objekt ist, können Sie leicht viele mathematische Funktionen ausführen, in denen die Argumente Vektoren sind. Sie können Vektoren addieren und subtrahieren, Vektoren durch Skalare dividieren oder sie damit multiplizieren, und Sie können spezielle Vektorbefehle wie DOT, CROSS und ABS ausführen. (Die Funktion ABS für den Betrag gibt die Länge des Vektors aus.)

Das nachfolgende Beispiel setzt voraus, daß der DEG-Modus aktiviert ist. Die Tastenfolgen für den richtigen Koordinatenmodus werden an den entsprechenden Stellen aufgeführt.

Beispiel 1: Ermitteln des Einheitsvektors. Ein Einheitsvektor parallel zu einem gegebenen Vektor wird ermittelt, indem man den Vektor durch seine Länge dividiert. Ermitteln Sie den Einheitsvektor für [3 4 5].

Stellen Sie den Modus für Rechteckkoordinaten und, falls erforderlich, den DEG-Modus ein.

[MTH] VECTR XYZ [HY2] [R22] [R24] [CROSS] [DOT] [ABS]
falls erforderlich [←] [RAD]

Geben Sie den Vektor ein.

3 [ENTER] 4 [ENTER] 5 [→] [3D] 1: [3 4 5]
[HY2] [R22] [R24] [CROSS] [DOT] [ABS]

Kopieren Sie den Vektor, und berechnen Sie seine Länge.

[ENTER] [ABS] 2: [3 4 5]
1: 7,07106781187
[HY2] [R22] [R24] [CROSS] [DOT] [ABS]

Dividieren Sie, um den Einheitsvektor zu erhalten, den Vektor durch seine Länge.

[÷] 1: [,424264068712
,565685424949
,707106781186]
[HY2] [R22] [R24] [CROSS] [DOT] [ABS]

Beispiel 2: Ermitteln des Winkels zwischen zwei Vektoren. Der Winkel zwischen zwei Vektoren wird bestimmt durch

$$\text{Winkel} = \arccos \left[\frac{\mathbf{V1} \cdot \mathbf{V2}}{|\mathbf{V1}| |\mathbf{V2}|} \right]$$

Berechnen Sie den Winkel zwischen den Vektoren [3 4 5] und [20 √.30 √.60]. (Dieses Beispiel setzt voraus, daß der Taschenrechner ursprünglich auf den Rechteckmodus eingestellt ist.)

Geben Sie die beiden Vektoren ein. (Beachten Sie die Umwandlung des ersten Vektors in die sphärische Darstellung vor Eingabe des zweiten Vektors.)

3 [ENTER] 4 [ENTER] 5 [→] [3D]
 [MTH] VECTR R↵↵
 20 [ENTER] 30 [ENTER] 60 [→] [3D]

```
2: [ 7,07106781187 25...
1: [ 20 230 260 ]
[MTH] R↵ R↵ R↵ [CROSS] [DOT] [ABS]
```

Berechnen Sie das Skalarprodukt.

[MTH] DOT

```
1: 129,641016151
[MTH] R↵ R↵ R↵ [CROSS] [DOT] [ABS]
```

Holen Sie die Vektoren in den Stack zurück.

[→] [LAST ARG]

```
3: 129,641016151
2: [ 7,07106781187 25...
1: [ 20 230 260 ]
[MTH] R↵ R↵ R↵ [CROSS] [DOT] [ABS]
```

Verwenden Sie die Betragsfunktion, um die Längen beider Vektoren zu ermitteln.

[MTH] ABS [←] [SWAP] [MTH] ABS

```
3: 129,641016151
2: 20
1: 7,07106781187
[MTH] R↵ R↵ R↵ [CROSS] [DOT] [ABS]
```

Multiplizieren Sie die Längen, und dividieren Sie das Skalarprodukt durch das Ergebnis.

[×] [÷]

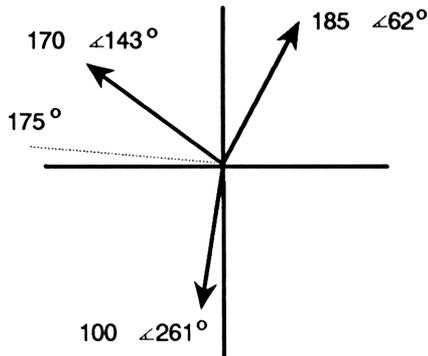
```
1: ,916700416405
[MTH] R↵ R↵ R↵ [CROSS] [DOT] [ABS]
```

Berechnen Sie den Arcuscosinus, um den Winkel zu ermitteln.

[←] [ACOS]

```
1: 23,5516253446
[MTH] R↵ R↵ R↵ [CROSS] [DOT] [ABS]
```

Beispiel 3: Ermitteln der Komponenten eines Vektors in einer bestimmten Richtung. Das folgende Diagramm zeigt drei zweidimensionale Vektoren. Ermitteln Sie deren Summe, und verwenden Sie dann DOT, um die 175° -Komponente zu berechnen.



Wählen Sie den Polarmodus (zylindrisch oder sphärisch, beide sind möglich), und geben Sie die drei Vektoren ein.

```
[MTH] VECTR R↻Z
170 [ENTER] 143 [↵] [2D]
185 [ENTER] 62 [↵] [2D]
100 [ENTER] 261 [↵] [2D]
```

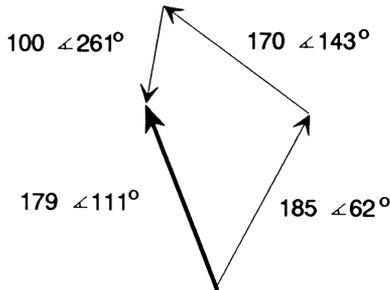
```
3: [ 170 <143 ]
2: [ 185 <62 ]
1: [ 100 <-99 ]
[MTH] R↻Z R↻Z CROSS DOT ABS
```

Addieren Sie sie.

```
[+] [+]
```

```
1: [ 178,937160532
    <111,148894255 ]
[MTH] R↻Z R↻Z CROSS DOT ABS
```

So läßt sich die Summe darstellen:

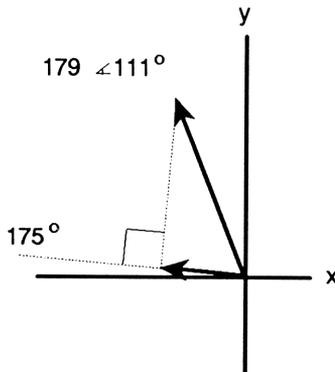


Geben Sie den Einheitsvektor für 175° ein.

1 [ENTER] 175 [↩] [2D]

```
2: [ 178,937160532 <1...
1: [ 1 <175 ]
  WVZ R42 R44 CROSS DOT ABS
```

In der folgenden Abbildung sehen Sie, an welcher Stelle Sie jetzt
angelangt sind:

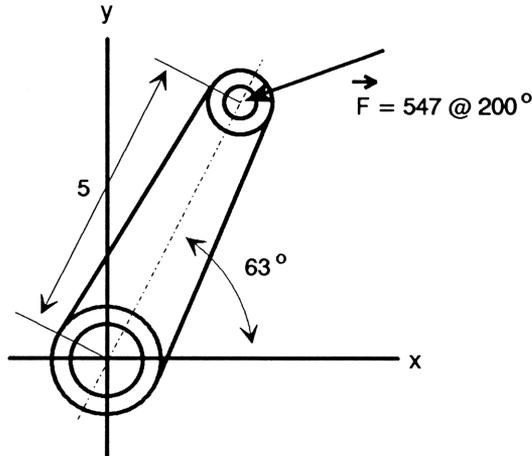


Ermitteln Sie, wie lang die Komponente der Resultierenden entlang der
 175° -Linie ist.

[DOT]

```
1: 78,8585649505
  WVZ R42 R44 CROSS DOT ABS
```

Beispiel 4: Bewegung einer Kurbel. Teil 1. Wie groß sind das Moment im Nullpunkt und die Kraft, die entlang der Kurbelachse wirkt?



Das Moment wird berechnet, indem man das Kreuzprodukt aus den Vektoren des Radius und der Kraft bildet. (Um das Kreuzprodukt zu berechnen, müssen die Vektoren in der gleichen Reihenfolge eingegeben werden, in der sie in der Formel für das Kreuzprodukt erscheinen: $M = r \times F$.)

Stellen Sie den Polarmodus ein, und geben Sie den Radius- und den Kraftvektor ein.

`[MTH] VECTR R↻↻`
`5 [ENTER] 63 [↵] [2D]`
`547 [ENTER] 200 [↵] [2D]`

```
2: [ 5 63 ]
1: [ 547 2-160 ]
[RV2] [R↻] [R↻↻] [CROSS] [DOT] [ABS]
```

Berechnen Sie das Kreuzprodukt. (Beachten Sie, daß das Ergebnis ein dreidimensionaler Vektor ist.)

`CROSS`

```
1: [ 1865,26551477 40
    40 ]
[RV2] [R↻] [R↻↻] [CROSS] [DOT] [ABS]
```

Man erwartet, daß dieser Vektor positiv ist und parallel zur z-Achse liegt. Dies kann durch Kontrolle mit Hilfe der Rechte-Hand-Regel überprüft werden. Schalten Sie, um die Überprüfung zu vereinfachen, in den Rechteckmodus um.

\rightarrow [POLAR]

```
1: [ 0 0 1865,26551477 ]
    ]
R↓Z R↓Z R↓Z CROSS DOT ABS
```

Schreiben Sie nun die ursprünglichen Vektoren in den Stack zurück, und schalten Sie wieder in den Polarmodus um.

\rightarrow [LAST ARG] \rightarrow [POLAR]

```
3: [ 1865,26551477 ∠0... ]
2: [ 5 ∠63 ]
1: [ 547 ∠-160 ]
R↓Z R↓Z R↓Z CROSS DOT ABS
```

Dividieren Sie den Radius durch seine Länge, um den Einheitsvektor zu erhalten.

\leftarrow [SWAP] [ENTER] [ABS] \leftarrow

```
3: [ 1865,26551477 ∠0... ]
2: [ 547 ∠-160 ]
1: [ 1 ∠63 ]
R↓Z R↓Z R↓Z CROSS DOT ABS
```

Berechnen Sie das Skalarprodukt, um den Betrag der Kraft entlang der Kurbel zu erhalten.

[DOT]

```
2: [ 1865,26551477 ∠0... ]
1: [ -400,050474786 ]
R↓Z R↓Z R↓Z CROSS DOT ABS
```

Der negative Betrag zeigt an, daß die Kraft entgegengesetzt der Richtung des Einheitsvektors der Kurbel wirkt.

Teil 2. Um das Beispiel ein wenig abzuwandeln, nehmen Sie an, der Kraftvektor läge nicht in der gleichen Ebene wie die Kurbel. Wenn die Kraft $[547 \angle 200 \angle 87]$ beträgt (der Kraftvektor also aus dem Papier herausragt und mit ihm einen Winkel von 3° bildet), wie groß sind dann das Moment, die Kraft, die entlang der Achse der Kurbel wirkt, und die Schubkraft entlang der z-Achse?

Geben Sie den Radius- und den Kraftvektor ein. (Verwenden Sie den Zylindermodus mit einem z-Wert von 0 für den Vektor des Radius und den Kugelmodus für die Kraft.)

R↓Z
5 [ENTER] 63 [ENTER] 0 \rightarrow [3D]

```
2: [ 5 ∠63 ∠90 ]
1: [ 547 ∠-160 ∠87 ]
R↓Z R↓Z R↓Z CROSS DOT ABS
```

R↓Z
547 [ENTER] 200 [ENTER] 87 \rightarrow [3D]

Berechnen Sie das Kreuzprodukt.

CROSS

```
1: [ 1868,20084977
    -27 4,39422603566
    ]
  XYZ  R42  R44  CROSS  DOT  ABS
```

Dieses Mal liegt das resultierende Moment nicht genau entlang der z-Achse. Schalten Sie in den Rechteckmodus um, und schauen Sie sich die Komponente in Richtung der z-Achse an.

XYZ

```
1: [ 127,537640594
    -64,9836736511
    1862,70923321 ]
  XYZ  R42  R44  CROSS  DOT  ABS
```

Das effektive Moment entlang der Kurbel hat einen Betrag von fast 1863.

Geben Sie nun die ursprünglichen Vektoren in den Stack zurück. Beachten Sie, daß die Berechnung der Schubkraft durch Umschalten in den Rechteckmodus erledigt ist.

→ LAST ARG

```
2: [ 2,2699524987 4,4...
1: [ -513,307428175
    -186,828624883
    28,6277680649 ]
  XYZ  R42  R44  CROSS  DOT  ABS
```

Die Schubkraft (die z-Komponente des Vektors) beträgt etwa 28,6. Beachten Sie, daß sie positiv ist und daß sie ebenso wie der Kraftvektor aus dem Papier herausragt. (Der gleiche Wert hätte mit einem allgemeineren Ansatz durch Berechnen des Skalarprodukts aus dem Einheitsvektor der z-Achse ([0 0 1]) und dem Kraftvektor berechnet werden können.)

Berechnen Sie zum Schluß die Kraft entlang der Kurbel.

↶ SWAP ENTER
ABS ⇨ DOT

```
2: [ 127,537640594 -6...
1: [ -399,502219513
  XYZ  R42  R44  CROSS  DOT  ABS
```

Weitere Befehle für Vektoren

Die nachstehend aufgeführten Befehle interpretieren ihre Argumente und liefern Ergebnisse gemäß dem aktuellen Koordinatenmodus. Sie befinden sich auf Seite 2 des Menüs MTH VECTR (**MTH** VECTR **NXT**).

Befehl/Beschreibung	Beispiel	
	Eingabe	Ausgabe
V → Zerlegt einen Vektor (oder eine komplexe Zahl) in die Komponenten.	1: [8 9]	2: 8 1: 9
	1: [5 290]	2: 5 1: 90
→ V2 Erzeugt, wenn das Flag -19 rückgesetzt ist, einen zweidimensionalen Vektor.	2: 2 1: 20	Rechteck- koordinaten: 1: [2 20] Polar- koordinaten: 1: [2 20]
→ V3 Erzeugt einen dreidimensionalen Vektor.	3: 2 2: 20 1: 5	Rechteck- koordinaten: 1: [2 20 5] Zylinder- koordinaten: 1: [2 20 5] Kugel- koordinaten: 1: [2 20 5]

Weitere Befehle zum Bearbeiten von Vektoren sind →ARRY, GET, GETI, OBJ→, PUT und PUTI. Diese werden in der Tabelle, die auf Seite 95 beginnt, beschrieben.

Komplexe Zahlen oder Vektoren?

Komplexe Zahlen und zweidimensionale Vektoren sind sich in vielerlei Hinsicht ähnlich. Es ist daher manchmal schwierig, den besseren Objekttyp für ein bestimmtes Problem zu wählen (manchmal sind auch beide Typen gleich gut anwendbar). Die Hauptvorteile bei der Verwendung komplexer Zahlen liegen darin, daß sie als Elemente von Vektoren und Matrizen zugelassen sind und daß die meisten Operationen für reelle Zahlen auch mit ihnen möglich sind. Die Hauptnachteile bei der Verwendung komplexer Zahlen sind, daß sie auf zwei Dimensionen beschränkt sind und daß Vektor-Operationen wie DOT und CROSS auf sie nicht anwendbar sind.

Wenn Sie bei Beginn einer Berechnung die falsche Wahl getroffen haben, ist es ein leichtes, von einem Typ auf den anderen überzugehen.

- Ist das Flag -19 rückgesetzt, und haben Sie eine komplexe Zahl in Ebene 1, dann zerlegt  2D  2D die komplexe Zahl und setzt die Teile zu einem Vektor zusammen.
- Ist das Flag -19 gesetzt, und haben Sie einen zweidimensionalen Vektor in Ebene 1, dann zerlegt  2D  2D den Vektor und setzt die Teile zu einer komplexen Zahl zusammen.

Umgang mit Einheiten



Der UNITS-Katalog enthält 147 Einheiten, die mit reellen Zahlen zu *Objekten mit Einheiten* zusammengesetzt werden können. Mit UNITS haben sie folgende Möglichkeiten:

- Einheiten umrechnen: Sie können beispielsweise das Objekt 10_ft in 120_in oder $3,048_m$ umwandeln.
- Einheiten in andere Einheiten zerlegen: Sie können beispielsweise 20_W zerlegen und erhalten $20_N*m/s$.
- Mathematische Operationen an Objekten mit Einheiten ausführen: Sie können z.B. $10_m/s$ zu 10_kph (km/h) hinzuaddieren und erhalten 46_kph .

Ein Beispiel für den Umgang mit Einheiten. Die Zustandsgleichung für ideale Gases lautet

$$pV = nRT$$

p ist der Druck (in Atmosphären), der vom Gas ausgeübt wird

V ist das Volumen des Gases (in Litern)

n ist die Gasmenge (in Mol)

R ist die Gaskonstante für ideale Gase (0,082057

Liter-Atmosphären/Kelvin-Mol)

T ist die Temperatur des Gases (in Kelvin).

Berechnen Sie den Druck, der von 0,305 mol Sauerstoff in 0,950 l bei 150 °C, Verhalten als ideales Gas vorausgesetzt, ausgeübt wird.

Teil 1. Wandeln Sie zunächst die Temperatur in Kelvin um.

Wählen Sie das Menü des UNITS-Katalogs und dort das Untermenü TEMP. Erzeugen Sie das Objekt 150_°C.

UNITS
 TEMP
 150 °C

1: 150_°C

Wandeln Sie in Kelvin um.

K

1: 423,15_K

Teil 2. Führen Sie die Berechnung von p durch.

Multiplizieren Sie T (befindet sich schon in Ebene 1) mit n .

UNITS MASS
 .305 MOL

1: 129,06075_K*mol

Multiplizieren Sie nT mit R .

.082057 UNITS
 VOL L
 UNITS PRESS ATM
 UNITS TEMP K
 UNITS
 MASS MOL

1: 10,5903379628_l*atm

Dividieren Sie durch V .

.95 UNITS VOL L

1: 11,1477241714_atm

Der Druck (in Atmosphären) wird in Ebene 1 ausgegeben.

Teil 3. Drücken Sie Atmosphären in SI-Einheiten aus.

Wählen Sie das UNITS-Befehlsmenü, und wandeln Sie in SI-Einheiten um.

 UNITS
UBASE

1: 1129543,15167_kg/(m
*s^2)
CONV UBASE UVAL UFACT +UNIT

Der Druck, ausgedrückt in SI-Einheiten, wird in Ebene 1 ausgegeben.

Beachten Sie, daß in diesem Beispiel die Temperaturumrechnung von °C in K ausgeführt werde, *bevor* nachfolgende Operationen dem Objekt weitere Einheiten hinzufügen. Die Umrechnung in SI-Einheiten in Teil 3 hätte sonst zu einem unrichtigen Ergebnis geführt. Weitere Informationen über Temperaturumrechnungen finden Sie auf Seite 213.

Wie UNITS aufgebaut ist

UNITS besteht aus zwei Menüs:

- Das UNITS-Katalogmenü: Es enthält alle Einheiten im HP 48 nach Themen geordnet. Mit dem UNITS-Katalogmenü werden Objekte mit Einheiten erzeugt und Umrechnungen zwischen verwandten Einheiten im Katalog vorgenommen.
- Das UNITS-Befehlsmenü: Es enthält Befehle zum Umwandeln von Einheiten und für andere Verwendungsmöglichkeiten von Einheiten mit Objekten.

Terminologie

UNITS stützt sich auf das internationale Einheitensystem (SI). Das Internationale System geht von sieben *Basiseinheiten* aus: m (Meter), kg (Kilogramm), s (Sekunde), A (Ampere), K (Kelvin), cd (Candela) und mol (Mol). Das UNITS-Katalogmenü enthält die sieben Basiseinheiten und 141 *zusammengesetzte* Einheiten, die von den Basiseinheiten abgeleitet sind: z.B. in (Zoll) ist 0,0254 m und Fd_g (Farad) ist 96487 A*s.

Ein *Objekt mit Einheit* besteht aus zwei Teilen: einer *Zahl* (eine reellen Zahl) und einem *Ausdruck für die Einheit* (eine einzelne Einheit oder

zusammengesetzte Einheiten). Die beiden Teile werden durch das Zeichen `_` verbunden: z.B. sind `2_in` (2 Zoll), `X*1_N` (X Newton) und `8,303_gal/h` (8,303 amerikanische Gallonen pro Stunde) Objekte mit Einheiten. Wie andere Objekttypen auch, kann ein Objekt mit Einheiten auf den Stack gelegt oder in einer Variablen abgespeichert werden und in algebraischen Ausdrücken und Programmen verwendet werden.

Durch eine *Einheitenumrechnung* wird die ursprüngliche Einheit durch eine neue, vom Benutzer bestimmte Einheit ersetzt und die Zahl automatisch mit dem entsprechenden Umrechnungsfaktor multipliziert.

Das UNITS-Katalogmenü

Drücken Sie zum Aktivieren des UNITS-Katalogmenüs  **UNITS**. Dadurch wird ein dreiseitiges Menü mit Menüfeldern für “Sachgebiete” angezeigt, von denen jedes, wenn die dazugehörige Taste gedrückt wird, ein Untermenü mit verwandten Einheiten aufruft. Drücken Sie beispielsweise  **UNITS**  **NXT** **PRESS**, um sich das zweiseitige Menü mit Druckeinheiten anzeigen zu lassen.

Die einzelnen Tasten eines jeden Untermenüs funktionieren anders als normale Menütasten. Je nach Tastenbelegung geschieht folgendes:

- Nicht umgeschaltete Taste im Direkteingabemodus: Der HP 48 *erzeugt* ein Objekt mit einer Einheit, die dieser Taste entspricht. Im algebraischen oder Programmeingabe-Modus dient die nicht umgeschaltete Taste als Schreibhilfe, die den entsprechenden Namen der Einheit in die Befehlszeile schreibt.
- Links umgeschaltete Taste im Direkteingabemodus: Der HP 48 *wandelt* das Objekt mit Einheit in der Befehlszeile oder in Stackebene 1 in die der Taste entsprechende Einheit um.
- Rechts umgeschaltete Taste im Direkteingabemodus: Der HP 48 *dividiert durch* die der Taste entsprechende Einheit. Dies ermöglicht das Erzeugen von Ausdrücken mit Einheiten, die einen Nenner besitzen.

Die folgenden Abschnitte behandeln die Erzeugung und Umrechnung von Objekten mit Einheiten. In jedem Abschnitt wird die Verwendung des UNITS-Katalogmenüs ausführlich dargestellt.

Erzeugen eines Objektes mit Einheit

Das UNITS-Katalogmenü bietet eine einfache Methode zum Erzeugen eines Objektes mit einer Einheit. Gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Tippen Sie den numerischen Teil des Objektes ein.
2. Wählen Sie das Untermenü, das die gewünschte Einheit enthält.
3. Betätigen Sie die entsprechende Menütaste.

Beispiel 1: Erzeugen eines Objektes mit Einheiten. Erzeugen Sie das Objekt $3,5_ft^3$.

Wählen Sie das Untermenü VOL aus dem UNITS-Katalogmenü.

 `← UNITS VOL` `M^3 ST CM^3 YD^3 FT^3 IN^3`

Tippen Sie die Zahl ein, und fügen Sie dann die Einheit hinzu.

`3.5 FT^3` `1: 3,5_ft^3`
`M^3 ST CM^3 YD^3 FT^3 IN^3`

Beispiel 2: Erzeugen eines Objektes mit Einheiten. Erzeugen Sie das Objekt $32_kg*m^2/s^2$.

Tippen Sie die Zahl ein, und fügen Sie dann die erste Einheit hinzu.

`32 ← UNITS MASS KG` `1: 32_kg`
`KG G LB OZ SLUG LBT`

Fügen Sie die zweite Einheit hinzu.

`← UNITS AREA M^2` `1: 32_kg*m^2`
`M^2 CM^2 S YD^2 FT^2 IN^2`

Fügen Sie die Einheiten im Nenner hinzu.

`← UNITS TIME` `1: 32_kg*m^2/s^2`
`→ S → S` `YR D H MIN S HR`

Erzeugung von Objekten mit Einheiten im UNITS-Katalogmenü.

Wenn Sie im UNITS-Katalogmenü eine nicht umgeschaltete Menütaste drücken, macht der HP 48 folgendes:

1. Er schreibt ein Objekt in den Stack, das aus der entsprechenden Einheit und dem numerischen Wert 1 besteht.
2. Er führt * aus (multipliziert).

Wenn Sie also, wie in Beispiel 1, 3,5 eingeben und dann $FT^{\wedge}3$ drücken, gibt der HP 48 das Objekt $1_ft^{\wedge}3$ ein, wobei 3,5 in Ebene 2 gelangt, und multipliziert dann, wodurch das Objekt $3,5_ft^{\wedge}3$ erzeugt wird. Wenn Sie im UNITS-Katalogmenü eine rechts umgeschaltete Taste drücken, macht der HP 48 folgendes:

1. Er schreibt ein Objekt in den Stack, das aus der entsprechenden Einheit und dem numerischen Wert 1 besteht.
2. Er führt / aus (dividiert).

In Beispiel 2 erzeugte der HP 48 das Objekt 32_kg , indem er 32 mit 1_kg multiplizierte. Als Sie $M^{\wedge}2$ drückten, gab der HP 48 das Objekt $1_m^{\wedge}2$ in Ebene 1 ein und multiplizierte, wodurch das Objekt $32_kg*m^{\wedge}2$ erzeugt wurde. Als Sie $\rightarrow S$ drückten, gab der HP 48 das Objekt 1_s ein und dividierte, wodurch das Objekt $32_kg*m^{\wedge}2/s$ erzeugt wurde. Als Sie wieder $\rightarrow S$ drückten, dividierte der HP 48 nochmals durch 1_s , wodurch das Endergebnis entstand.

Erzeugen eines Objektes mit Einheit in der Befehlszeile

Um in der Befehlszeile ein Objekt mit Einheit zu erzeugen, gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Tippen Sie die Zahl ein. (Es muß sich um eine reelle Zahl handeln.)
2. Tippen Sie das Zeichen $_$ ($\rightarrow \square$ drücken). Dies aktiviert den algebraischen Eingabemodus.
3. Tippen Sie die Ausdruck mit den Einheiten so ein, wie Sie einen algebraischen Ausdruck eingeben würden. Sie können dabei, falls erforderlich, die Tasten \times , \div und \leftarrow (\square) verwenden. Zum Eingeben des Namens einer Einheit können Sie entweder die entsprechende Menütaste drücken oder den Namen ausschreiben. Beachten Sie, daß bei den Namen von Einheiten die Groß- und Kleinschreibung berücksichtigt werden muß: z.B. muß Hz (Hertz) mit großem H und kleinem z geschrieben werden. (Die Buchstaben in den Menüfeldern sind zur besseren Lesbarkeit alle groß geschrieben. Verwechseln Sie die Darstellung in den Menüfeldern nicht mit den richtigen Namen!)

Beispiel: Erzeugen eines Objektes mit Einheiten in der Befehlszeile. Geben Sie das Objekt mit Einheiten

8_Btu/(ft^2*h*°F) ein.

Tippen Sie die Zahlen und das Zeichen _ und anschließend den Ausdruck für die Einheiten ein. (Für ° müssen Sie [α] [→] [6] drücken.) Geben Sie dann das Objekt ein.

8 [→] []
 Btu [] [←] [()] ft [] y^2
 [] h [] °F
 [ENTER]

1: 8_Btu/(ft^2*h*°F)
 PRMTS PRGR NVP MATR VECTR ERSE

Sie können, wie im vorigen Beispiel, Objekte mit Einheiten erzeugen, indem Sie die Bezeichnungen für Einheiten ausschreiben, so daß Sie nicht immer zwischen Untermenü und dem UNITS-Katalogmenü hin- und herschalten müssen. Sie werden jedoch feststellen, daß insgesamt weniger Tastendrucke erforderlich sind, wenn Sie mit Untermenüs arbeiten und die Menütasten verwenden. Außerdem werden hierdurch Fehler durch falsche Schreibweise oder falsche Verwendung von Groß- und Kleinbuchstaben vermieden.

Auflisten der Namen von Einheiten

Sie können die korrekte Schreibweise jeder Einheit überprüfen, indem Sie die entsprechende Seite des UNITS-Katalogmenüs anwählen und [←] [REVIEW] drücken. In einer temporären Anzeige werden dann alle Einheiten dieser Menüseite aufgelistet.

Beispiel: Auflisten der Namen von Einheiten. Überprüfen Sie die Schreibweise der zur Taste FT*LB im Untermenü UNITS ENRG gehörenden Einheit.

Wählen Sie das Untermenü ENRG, und lassen Sie sich die Namen anzeigen.

[←] [UNITS] [NXT] [ENRG]
 [←] [REVIEW]

J
 erg
 Kcal
 cal
 Btu
 ft*lb
 J ERG KCAL CAL BTU FT*LB

Drücken Sie [ATTN], um die Stackanzeige wieder aufzurufen.

Objekte mit Einheiten innerhalb algebraischer Objekte

Objekte mit Einheiten sind auch innerhalb algebraischer Objekte erlaubt. Außerdem gestattet die Befehlszeile die Eingabe symbolischer statt reeller Zahlen, so daß beispielsweise 'Y_ft' bei der Eingabe in den Stack in $Y * 1_ft$ umgewandelt wird.

In Objekten mit Einheiten gilt folgende Rangordnung für Funktionen:

1. () (höchste Priorität)
2. ^
3. * und /

Also ist $7_m/s^2$ gleich 7 Meter pro Quadratsekunde und $7_m/s^2$ heißt 7 Quadratmeter pro Quadratsekunde.

+ und - sind für die Zahl gestattet. Jedoch hat das Zeichen _ Vorrang vor + und -. Also wird '(4+5)_ft' EVAL zu 9_ft, aber '4+5_ft' EVAL führt zu + Error: Inconsistent Units.

Vorsätze für Einheiten

Vorsätze sind Buchstaben, die Sie vor einer Einheit eintippen können, um die Zehnerpotenz anzugeben: z.B. mA heißt "Milliampere" (Ampere $\times 10^{-3}$). In der nachstehenden Tabelle sind alle zugelassenen Vorsätze aufgeführt:

Vorsätze für Einheiten

Vorsatz	Name	Exponent
E	Exa	+18
P	Peta	+15
T	Tera	+12
G	Giga	+9
M	Mega	+6
k oder K	Kilo	+3
h oder H	Hekto	+2
D	Deka	+1
d	Dezi	-1
c	Zenti	-2
m	Milli	-3
μ	Mikro	-6
n	Nano	-9
p	Piko	-12
f	Femto	-15
a	Atto	-18

(Um μ einzugeben, drücken Sie bitte α \rightarrow [STO] .) Die meisten der vom HP 48 verwendeten Vorsätze stimmen mit der SI-Schreibweise überein. Mit einer Ausnahme: "Deka" wird mit dem HP 48 als "D" und in SI-Schreibweise als "da" dargestellt.



Hinweis

Sie können keine Vorsätze zusammen mit einer eingebauten Einheit verwenden, wenn das Ergebnis einer anderen eingebauten Einheit entsprechen würde. Ein Beispiel: min ist als Zeichen für Millizoll unzulässig, da min eine eingebaute Einheit ist, die "Minuten" bedeutet. Weitere Kombinationen, die eingebauten Einheiten entsprechen sind Pa, da, cd, ph, flam, nmi, mph, kph, ct, pt, ft, au und cu.

Umwandeln von Objekten mit Einheiten

Umwandeln von Objekten mit Einheiten im UNITS-Katalogmenü

Das UNITS-Katalogmenü erlaubt Ihnen die Umwandlung des Objektes mit Einheit in Ebene 1 in jede andere, hinsichtlich der Dimension vereinbare Einheit aus dem Menü. Dazu brauchen Sie einfach nur die der Einheit entsprechende, *links umgeschaltete* Menütaste zu drücken.

Beispiel 1: Umrechnen von Objekten mit Einheiten im UNITS-Katalogmenü. Rechnen Sie 10_{atm} (Atmosphären) in inHg (Zoll Quecksilbersäule) um.

Wählen Sie das UNITS-Katalogmenü und dann das Untermenü PRESS. Erzeugen Sie das Objekt 10_{atm} .

α [UNITS]
 [NXT] [PRESS]
 10 [ATM]

$|1:$ 10_{atm}
 [PH] [ATM] [ENR] [PSI] [TORR] [MMH]

Wandeln Sie in Zoll Quecksilbersäule um.

[NXT] α [INHG]

$|1:$ $299,212598425_{\text{inHg}}$
 [INHG] [INHG] [ENR] [PSI] [TORR] [MMH]

Das neue Objekt wird in Ebene 1 ausgegeben.

Beispiel 2: Umwandeln von Objekten mit Einheiten im UNITS-Katalogmenü. Wandeln Sie $6_ft \cdot lb/s$ in W (Watt) um.

Geben Sie das Objekt mit Einheiten ein.

6 UNITS NXT
ENRG FT*LB
 UNITS TIME S

1: $6_ft \cdot lb/s$
YR D H MIN S HZ

Wählen Sie das Untermenü POWER, und wandeln Sie in Watt um.

UNITS NXT POWR
 W

1: $8,13490768999_W$
W HP

Das neue Objekt wird in Ebene 1 ausgegeben.

Umwandeln von Objekten mit Einheiten durch CONVERT

Sie können den Befehl CONVERT (UNITS CONV) dazu verwenden, *jede* Umwandlung zwischen hinsichtlich der Dimension vereinbaren Objekten durchzuführen. CONVERT verwendet zwei Objekte aus dem Stack: Das Argument in Ebene 2 ist das ursprüngliche Objekt mit Einheiten; das Argument in Ebene 1 ist ein Objekt mit Einheiten, das einen Ausdruck mit den neuen Einheiten enthält. Der numerische Teil dieses Objektes wird ignoriert.

Beispiel: Umwandeln von Objekten mit Einheiten im Stack.

Wandeln Sie $12_ft^3/min$ in qt/h um. Da qt/h nicht im UNITS-Katalogmenü steht, müssen Sie die Umwandlung mit CONVERT vornehmen.

Geben Sie das Objekt mit Einheiten ein.

12 UNITS VOL FT^3
 UNITS TIME MIN

1: $12_ft^3/min$
YR D H MIN S HZ

Geben Sie den Ausdruck für die neuen Einheiten zusammen mit einer beliebigen Zahl in den Stack ein. (Die Zahl wird ignoriert.)

1 LAST MENU NXT QT
 LAST MENU H

2: $12_ft^3/min$
1: $1_qt/h$
YR D H MIN S HZ

Führen Sie die Umwandlung aus.

 UNITS CONV

|1: 21543,8961039_qt/h
CONV UEBERE WUHL UFRCT UNIT

(Beachten Sie die Verwendung von **LAST MENU**), womit das Hauptmenü des UNITS-Katalogs umgangen und direkt das vorhergehende Untermenü angewählt wird.)

Umwandeln von Objekten mit Einheiten im Menü CST

Wenn Sie eine bestimmte Einheitenumrechnung häufiger durchführen müssen, dürfte es für Sie bequemer sein, diese Umwandlung im Menü CST auszuführen; besonders wenn diese Einheiten nicht im UNITS-Katalogmenü stehen. (In Kapitel 15 “Benutzerspezifische Anpassung” wird erklärt, wie Benutzermenüs erstellt werden.) Um Einheitenumrechnungen im Menü CST vorzunehmen, schreiben Sie Objekte mit den gewünschten Einheiten in die Liste des Menüs CST. Die numerischen Teile der Objekte mit Einheiten werden bei der Umwandlung nicht berücksichtigt. Haben Sie einmal die Einheiten ins Menü CST aufgenommen, können Sie Einheitenumrechnungen auf die gleiche Weise wie mit dem UNITS-Katalogmenü durchführen:

1. Wählen Sie das Menü CST (**CST** drücken).
2. Schreiben Sie das Objekt mit Einheiten in den Stack.
3. Drücken Sie die links umgeschaltete, der gewünschten Einheit entsprechende Menütaste.

Das neue Objekt wird in Ebene 1 ausgegeben.

Beispiel: Umrechnen von Objekten mit Einheiten im Menü CST.

Nehmen Sie an, Sie hätten öfters die Umrechnung zwischen kg/m^3 (Kilogramm pro Kubikmeter) und lb/ft^3 vorzunehmen.

Teil 1. Schreiben Sie den Ausdruck für die Einheit ins Menü CST. (Dieses Beispiel setzt voraus, daß die Liste des Menüs CST zu Beginn keine Einträge enthält.)

Erstellen Sie eine Liste, die die beiden Objekte mit Einheiten enthält. Wenn Sie \leftarrow $\{ \}$ drücken, schaltet der HP 48 in den Programm-eingabe-Modus um, so daß Sie die Zeichen $_$ und \wedge mit eingeben müssen.

```

 $\leftarrow$   $\{ \}$ 
1  $\rightarrow$   $\square$   $\leftarrow$  UNITS MASS KG  $\rightarrow$ 
 $\leftarrow$  UNITS VOL M^3  $\rightarrow$  SPC
1  $\rightarrow$   $\square$   $\rightarrow$  LAST MENU LB
 $\rightarrow$   $\rightarrow$  LAST MENU FT^3
 $\rightarrow$  ENTER

```

1: { 1_kg/m^3 1_lb/ft^3 }
 MPB ST CMPE MODE FT# IN#

Speichern Sie die Liste in der Variablen *CST*, und lassen Sie sich das Menü *CST* anzeigen.

```

 $\rightarrow$  MODES MENU

```

KG/M LB/FT

Teil 2. Wandeln Sie $10_lb/ft^3$ in kg/m^3 um.

Geben Sie das Objekt mit Einheiten ein.

```

10 LB/FT

```

1: 10_lb/ft^3
 KG/M LB/FT

Wandeln Sie in Kilogramm pro Kubikmeter um.

```

 $\leftarrow$  KG/M

```

1: 160,18463374_kg/m^3
 KG/M LB/FT

Umwandlung in SI-Basiseinheiten

UBASE (\rightarrow UNITS UBASE) wandelt eine zusammengesetzte Einheit in die entsprechenden SI-Basiseinheiten um. UBASE verwendet als Argument ein Objekt mit Einheiten aus Ebene 1 des Stacks.

Beispiel 1: Umwandlung in SI-Basiseinheiten. Wandeln Sie $8,3_Pa$ (Pascal) in SI-Basiseinheiten um.

Geben Sie das Objekt mit Einheit ein, wählen Sie das UNITS-Befehls-menü, und führen Sie die Einheitenumrechnung durch.

```

 $\leftarrow$  UNITS NXT PRESS
8.3 PA
 $\rightarrow$  UNITS UBASE

```

1: 8,3_kg/(m*s^2)
 CONV UBASE UVAL UFACT UNIT

Beispiel 2: Umwandlung in SI-Basiseinheiten. Wandeln Sie 30_knot in SI-Basiseinheiten um.

Geben Sie das Objekt mit Einheiten ein, wählen Sie das UNITS-Befehlsmenü, und führen Sie die Umwandlung aus.

UNITS SPEED
 30 KNOT
 UNITS UBASE

1: 15,433333333_M/S
 CONV UBASE UOVL UFRCT UNIT

Temperaturumrechnung

Umrechnungen zwischen den vier Temperaturskalen (K, °C, °F, und °R) beinhalten sowohl additive Konstanten als auch Faktoren. Wenn beide Einheiten aus einer einzelnen Temperatureinheit ohne Exponenten und Vorsätze bestehen, führt CONVERT eine *absolute* Temperaturskalenumrechnung mit allen additiven Konstanten durch. Enthält einer der Ausdrücke mit Einheiten einen Vorsatz, einen Exponenten oder eine andere Einheit außer der für die Temperatur, führt CONVERT eine *relative* Temperaturumrechnung durch, die die additive Konstante ignoriert.

Beispiel: Temperaturumrechnung. Teil 1. Wandeln Sie 25_°C in °F um.

Geben Sie das Objekt mit Einheiten ein, und führen Sie die Umrechnung aus.

UNITS NXT TEMP
 25 °C °F

1: 77_°F
 °C °F K °R

Teil 2 Wandeln Sie 20_°C/min in °F/s um.

Erzeugen Sie das Objekt 20_°C/min.

UNITS NXT TEMP
 20 °C
 UNITS TIME MIN

1: 20_°C/min
 YR D H MIN S HZ

Geben Sie ein Objekt ein, das aus den neuen Einheiten und einer beliebigen Zahl besteht.

LAST MENU 1 °F
 LAST MENU S

2: 20_°C/min
 1: 1_°F/s
 YR D H MIN S HZ

Führen Sie die Umrechnung durch.

➔ UNITS CONV

1: ,6_ °F/s
 CONV UNBASE UNVAL UFRAC T+UNIT

Winkleinheiten

Ebene und räumliche Winkel sind *dimensionslos*. Sie können die folgenden dimensionslosen Einheiten als Konstanten in Ausdrücken für Einheiten verwenden, der HP 48 kann jedoch deren Vereinbarkeit hinsichtlich der Dimension nicht überprüfen.

Dimensionslose Einheit	Name der Einheit	Wert
Winkelminuten	arcmin	$1/21600$ des Einheitskreises
Winkelsekunden	arcsec	$1/1296000$ des Einheitskreises
Grad	°	$1/360$ des Einheitskreises
Gon	grad	$1/400$ des Einheitskreises
Radian	r	$1/2\pi$ des Einheitskreises
Steradian	sr	$1/4\pi$ der Einheitskugel

Manche photometrische Einheiten werden mit Hilfe von Steradian ausgedrückt. Diese Einheiten enthalten in ihrem numerischen Wert einen Faktor von $1/4\pi$. Da dieser Faktor dimensionslos ist, kann der HP 48 sein Vorhandensein oder Nichtvorhandensein nicht überprüfen. Daher sollten Sie für Umrechnungen zwischen photometrischen Einheiten, die diesen Faktor enthalten, und solchen ohne diesen Faktor die dimensionslose Einheit sr verwenden. In der nachfolgende Tabelle sind photometrische Einheiten danach sortiert, ob ihre Definition Steradian enthält oder nicht.

Enthalten Steradian	Enthalten keine Steradian
Lumen (lm)	Candela (cd)
Lux (lx)	Footlambert (flamb)
Phot (ph)	Lambert (lamb)
Footcandle (fc)	Stilb (sb)

Zur Umrechnung zwischen photometrischen Einheiten derselben Spalte wird die Einheit sr *nicht* benötigt. Um zwischen photometrischen Einheiten aus verschiedenen Spalten umzurechnen, müssen Sie die Einheit in der linken Spalte durch sr dividieren oder die Einheit in der rechten Spalte mit sr multiplizieren. *Bitte beachten Sie unbedingt diese Hinweise, denn der HP 48 kann nicht kontrollieren, ob die Einheiten vereinbar sind.* Einige Beispiele für vereinbare photometrische Einheiten:

- lm ist vereinbar mit $\text{cd} \cdot \text{sr}$.
- fc / sr ist vereinbar mit flamb .
- $\text{lm} / \text{sr} \cdot \text{m}^2$ ist vereinbar mit lamb .

Zerlegen von Ausdrücken für Einheiten

UFACT ($\boxed{\rightarrow}$ **UNITS** UFACT) klammert eine Einheit aus einem Ausdruck für Einheiten aus. Der neue Ausdruck, der bei dem resultierenden Objekt steht, besteht dann aus der ausgeklammerten Einheit und den verbleibenden SI-Basiseinheiten. UFACT verwendet zwei Argumente aus dem Stack: eines aus Ebene 2 und eines aus Ebene 1. Das Objekt mit Einheiten in Ebene 1 besteht aus einer beliebigen Zahl und der Einheit, die aus dem Objekt in Ebene 2 ausgeklammert werden soll.

Beispiel: Zerlegen von Objekten mit Einheiten. Zerlegen Sie $3,5_kg*m^2/s^2$ so, daß N (Newton) ausgeklammert wird.

Geben Sie die Objekte mit Einheiten ein.

UNITS MASS 3.5 KG
 UNITS AREA M^2
 UNITS TIME
 S S

1: 3,5_kg*m^2/s^2
 VR 0 H MIN S Hz

Geben Sie die auszuklammernde Einheit zusammen mit einer beliebigen Zahl ein.

1 UNITS FORCE N

2: 3,5_kg*m^2/s^2
 1: 1_N
 N OWN GF KIP LBF PDL

Zerlegen Sie das Objekt mit Einheiten in Ebene 2.

UNITS UFACT

1: 3,5_N*m
 CONV UBASE UNVL UFRCT →UNIT

Arithmetik für Objekte mit Einheiten

Der HP 48 gestattet es Ihnen, viele arithmetische Operationen für Objekte mit Einheiten auszuführen, genauso wie Sie diese auf reelle Zahlen anwenden würden. Objekte mit Einheiten können folgendermaßen bearbeitet werden:

- Addieren und subtrahieren
- Multiplizieren und dividieren
- Kehrwert bilden
- Potenzieren
- Verwenden in Prozentberechnungen
- Wertmäßig miteinander vergleichen

Einige weitere mathematische Operationen beeinflussen nur den numerischen Teil des Objektes mit Einheiten.

Beispiel: Multiplizieren und Dividieren von Objekten mit Einheiten untereinander. Multiplizieren Sie 50_ft mit 45_ft, und dividieren Sie dann durch 3,2_d (Tage).

Geben Sie das erste Objekt mit Einheit ein. Geben Sie das zweite Objekt mit Einheit ein, und multiplizieren Sie.

UNITS LENG 1: 2250_ft^2
 50 FT
 45 FT

Geben Sie das dritte Objekt mit Einheit ein, und dividieren Sie.

UNITS TIME 1: 703,125_ft^2/d
 3.2 D

Beispiel: Ermitteln des Kehrwerts eines Objektes mit Einheiten.

Ermitteln Sie die Kehrwert von 11,4_g*cm/s^2.

Geben Sie das Objekt mit Einheiten ein, und ermitteln Sie den Kehrwert.

11.4 UNITS MASS G 1: 8,77192982456E-2_s^2
 UNITS LENG CM 2/(g*cm)
 UNITS TIME
 S S

Beispiel: Potenzieren eines Objektes mit Einheiten. Erheben Sie

2_ft/s in die sechste Potenz. Bilden Sie die Quadratwurzel des Ergebnisses. Ermitteln Sie dann die dritte Wurzel dieses Ergebnisses.

Geben Sie das Objekt mit Einheiten ein, und erheben Sie es dann in die sechste Potenz.

2 UNITS SPEED FT/S 1: 64_ft^6/s^6
 6

Beachten Sie, daß auch die Ausdrücke für die Einheiten in die sechste Potenz erhoben wurden.

Ermitteln Sie nun die Quadratwurzel des Ergebnisses.

 1: 8_ft^3/s^3

Ermitteln Sie die dritte Wurzel des Ergebnisses.

3 \rightarrow $\sqrt[3]{}$

1: 2_ft/s
M/S CM/S FT/S MPH KNOT

Beispiel: Prozentberechnungen für Objekte mit Einheiten. Wieviel Prozent ist $4,2_{\text{cm}}^3$ von 1_{in}^3 ?

Geben Sie die Objekte mit Einheiten in der richtigen Reihenfolge ein, und führen Sie die Berechnung aus.

\leftarrow [UNITS] VOL 1 IN^3
4.2 CM^3
[MTH] PARTS [NXT] %T

1: 25,6299725198
MIN MMR MOD % %CH %T

Bezeichnet der Ausdruck für die Einheiten nur eine Temperatur, wandelt % diese in absolute Temperatur um, führt die Berechnung aus und wandelt dann in die ursprünglichen Einheiten zurück. %CH und %T wandeln die Temperatureinheiten ebenso um, bevor die Berechnung ausgeführt wird.

Beispiel: Vergleichen von Objekten mit Einheiten. Bestimmen Sie, ob 12°C größer ist als 52°F .

Geben Sie die Objekte mit Einheiten in der richtigen Reihenfolge ein, und führen Sie den Vergleich durch.

\leftarrow [UNITS] [NXT] TEMP
12 °C
52 °F
[PRG] TEST [NXT] >

1: 1
°C °F K °R

1 wird in den Stack ausgegeben. Dies zeigt an, daß die Prüfung wahr ist. (12°C entspricht $53,6^{\circ}\text{F}$.)

Trigonometrische Operationen für Objekte mit Einheiten. Sie können die trigonometrischen Operationen SIN, COS und TAN auf Objekte mit Einheiten anwenden, deren Ausdruck für die Einheit einen *ebenen Winkel* bezeichnet. Ebene Winkel werden durch Radiant (r), Grad (°), Gon (grad), Winkelminuten (arcmin) und Winkelsekunden (arcsec) gekennzeichnet. Das Ergebnis ist eine dimensionslose, reelle Zahl.

Beispiel: Trigonometrische Operationen für Objekte mit Einheiten.
Berechnen Sie den Sinus von 45°.

Wählen Sie das Menü UNITS ANGL, geben Sie das Objekt mit Einheiten ein, und führen Sie SIN aus.

UNITS [NXT] [NXT] ANGL
 45 [SIN]

1: ,707106781187
 0 R GRAD MDCM MDCS SE

Berechnen Sie den Tangens von 40 Gon in algebraischer Syntax.

[TAN] 40 [GRAD]
 EVAL

2: ,707106781187
 1: ,726542528005
 0 R GRAD MDCM MDCS SE

Arithmetische Operationen für den numerischen Teil eines Objektes mit Einheiten. Die folgenden Funktionen, die in Kapitel 9 als “Elementarmathematische Funktionen” detailliert dargestellt sind, bearbeiten den numerischen Teil eines Objektes mit Einheiten. Jede Funktion gibt ein Objekt mit Einheiten aus, wobei der Teil des Arguments, der die Einheit bezeichnet, unverändert bleibt:

ABS	IP
CEIL	NEG
FLOOR	RND
FP	TRNC

Die Funktion SIGN, die ebenfalls in Kapitel 9 beschrieben wird, gibt eine *Zahl* aus, die das Vorzeichen der Zahl bezeichnet: +1 für eine positive Zahl, -1 für eine negative Zahl und 0 für die Zahl 0.

Erzeugen von Objekten mit Einheiten im EquationWriter

Der EquationWriter gestattet es Ihnen, algebraische Objekte, die Objekte mit Einheiten enthalten, zu erzeugen. Dabei sehen Sie den Ausdruck für die Einheiten so, als würden Sie diese auf ein Blatt Papier schreiben: Kehrwerte von Einheiten werden in Bruchform und Exponenten als Hochzahlen dargestellt (siehe Seite 254 in Kapitel 16.)

Beispiel: Erzeugen eines Objektes mit Einheiten im EquationWriter.
 Erzeugen Sie folgendes Objekt und verwenden Sie dazu den EquationWriter:

$$32 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$$

Aktivieren Sie den EquationWriter. Tippen Sie die Zahl ein, und beginnen Sie mit dem Ausdruck für die Einheiten.

EQUATION

32



Tippen Sie den Zähler des Ausdrucks für die Einheiten ein.

UNITS POWR



Tippen Sie den Nenner ein.

UNITS M^2

UNITS TEMP



Geben Sie das Objekt in den Stack.



Darstellung eines Objektes mit Einheiten im EquationWriter.

Drücken Sie während sich in Ebene 1 ein Objekt mit Einheiten befindet, dann wird dieses Objekt im EquationWriter angezeigt.

Benutzerdefinierte Einheiten

Nehmen Sie an, Sie müßten häufiger “Woche” als Zeiteinheit verwenden. Die Einheit “Woche” ist im UNITS-Katalogmenü nicht enthalten. Sie können jedoch eine *benutzerdefinierte* Einheit für “Woche” erzeugen, die sich genauso verhält wie eine eingebaute Einheit.

Um eine benutzerdefinierte Einheit zu erzeugen, gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Geben Sie ein Objekt mit Einheiten ein, das den Wert der neuen Einheit in eingebauten oder vorher definierten Einheiten ausdrückt.
2. Speichern Sie das Objekt in einer Variablen, die die neue Einheit benennt.
3. Erzeugen Sie ein Objekt mit Einheiten, das aus einer beliebigen Zahl und der benutzerdefinierten Einheit besteht.

Beispiel: Erzeugen und Verwenden einer benutzerdefinierten Einheit. Teil 1. Verwenden Sie die eingebaute Einheit Δ (Tag) zum Erzeugen der benutzerdefinierten Einheit WOCH.

Geben Sie das Objekt 7_{Δ} ein. Speichern Sie dieses Objekt in der Variablen *WOCHE*, und geben Sie dann eine Liste mit dem Objekt 1_{WOCHE} ein.

```
← [UNITS] TIME 7 D
↓ [WOCHE] [STO]
← [{} ] [VAR] 1 → [ ] [WOCH]
[ENTER]
```

```
|1:          { 1_WOCHE }
|WOCH|
```

Speichern Sie die Liste im Menü CST, und lassen Sie sich dieses anzeigen.

```
→ [MODES] MENU
```

```
|WOCH|
```

Teil 2. Wandeln Sie 14 Tage in Wochen um.

Geben Sie das Objekt mit Einheiten ein. Wählen Sie das Menü CST, und führen Sie die Umrechnung durch.

```
← [UNITS] TIME 14 D
[CST] ← [WOCH]
```

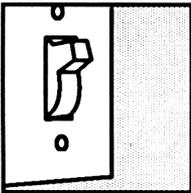
```
|1:          2_WOCHE|
|WOCH|
```

Vorsätze für benutzerdefinierte Einheiten. Sie können eine benutzerdefinierte Einheit mit Vorsätzen versehen. Sollte es jedoch zu Überschneidungen zwischen benutzerdefinierten Einheiten (mit oder ohne Vorsatz) und eingebauten Einheiten kommen, so wird immer zugunsten der *eingebauten* Funktionen entschieden.

Weitere Befehle für Objekte mit Einheiten

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
 UNITS :		
	UVAL	Gibt den numerischen Teil des Objektes mit Einheiten von Ebene 1 in Ebene 1 aus.
	→UNIT	Kombiniert eine Zahl aus Ebene 2 und ein Objekt mit Einheiten aus Ebene 1 zu einem neuen Objekt mit Einheiten in Ebene 1. Der numerische Teil des alten Objektes in Ebene 1 wird dabei ignoriert.

Binäre Arithmetik



Der HP 48 ermöglicht binäre Arithmetik. In diesem Kapitel werden die Befehle und Methoden zur Bearbeitung von Binärzahlen erläutert.

Objekte aus ganzzahligen Binärwerten bestehen aus 1 bis 64 Bit, je nach *Wortlänge*. Sie können im Dezimal- (Basis 10), Hexadezimal- (Basis 16), Oktal- (Basis 8) oder Dualsystem (Basis 2) eingegeben und angezeigt werden. Die *aktuelle Basis* bestimmt, welche Basis zum Anzeigen von ganzzahligen Binärwerten im Stack verwendet wird.

Das Begrenzungszeichen # leitet eine Binärzahl ein. Ein d, h, o oder b hinter der Binärzahl zeigt ihre Basis an: z.B. # 182d, # B6h, # 266o oder # 10110110b.

Einstellen der Wortlänge

Die Wortlänge bezeichnet die Zahl der Bits, die zur Darstellung von Binärzahlen verwendet werden. Die Wortlänge kann zwischen 1 und 64 Bit betragen, die Grundeinstellung ist 64 Bit. Um die Wortlänge einzustellen, tippen Sie eine Zahl zwischen 1 und 64 ein, und führen Sie STWS (**MTH** BASE STWS) aus. (Gebrochene Zahlen werden auf die nächstgelegene ganze Zahl gerundet.) Um sich die aktuelle Wortlänge anzeigen zu lassen, führen Sie RCWS (**MTH** BASE RCWS) aus.

Wenn Sie eine Binärzahl eingeben, die die aktuelle Wortlänge übersteigt, werden bei der Anzeige der Zahl die signifikantesten Bits abgeschnitten. Alle Bits über 64 gehen verloren. Die Bits zwischen der aktuellen Wortlänge und 64 werden “versteckt” und können nach Vergrößern der Wortlänge angezeigt werden. Versteckte Bits werden jedoch in Berechnungen nicht verwendet und gehen verloren, wenn ein Befehl für eine Binärzahl ausgeführt wird.

Die Wortlänge steuert außerdem das Ergebnis, das von arithmetischen Operationen und anderen Befehlen ausgegeben wird. Wenn ein Argument die aktuelle Wortlänge übersteigt, wird es auf die aktuelle Wortlänge abgeschnitten (die signifikantesten Bits gehen verloren), bevor der Befehl ausgeführt wird. Falls erforderlich, werden auch Ergebnisse abgeschnitten.

Wählen der Basis

Ganzzahlige Binärwerte werden im Dezimal-, Hexadezimal-, Oktal- oder Dualsystem angezeigt. Die Grundeinstellung ist das Dezimalsystem. Um die aktuelle Basis zu ändern, lassen Sie sich das Menü MTH BASE (**MTH** **BASE**) anzeigen, und drücken Sie **HEX** (hexadezimal), **DEC** (dezimal), **OCT** (oktal) oder **BIN** (dual). Das Kästchen in einem der Menüfelder zeigt die aktuelle Basis an.

HEX, DEC, OCT und BIN sind programmierbar. Die Einstellungen der Flags –11 und –12 entsprechen der aktuellen Basis. (Weitere Informationen über die Flags –11 und –12 finden Sie in Anhang E.)

Die Wahl der aktuellen Basis hat keinen Einfluß auf die interne Darstellung von ganzzahligen Binärwerten.

Eingeben von Binärzahlen

Eine Binärzahl wird durch das vorausgehende Zeichen # identifiziert.

Beispiel: Eingeben und Anzeigen von Binärzahlen.

Geben Sie die Adresse $24FF_{16}$ ein.

MTH BASE HEX
24FF ENTER

1: # 24FFh
HEX DEC OCT BIN STWS RCWS

Das *Basiszeichen* h zeigt an, daß die Binärzahl im Hexadezimalsystem ausgegeben wird. Sie brauchen das Basiszeichen nicht einzutippen, wenn Sie eine Zahl im aktuellen Zahlensystem eingeben wollen.

Lassen Sie sich jetzt $24FF_{16}$ im Oktalsystem anzeigen.

OCT

1: # 22377o
HEX DEC OCT BIN STWS RCWS

Um eine Zahl einzugeben, die nicht im aktuellen Zahlensystem steht, tippen Sie nach den Ziffern das Basiszeichen ein.

Geben Sie 101101_2 ein, wobei die aktuelle Basis 8 sein soll.

101101b ENTER

2: # 22377o
1: # 55o
HEX DEC OCT BIN STWS RCWS

Die Zahl wird im Stack als Oktalwert angezeigt.

Berechnungen mit Binärzahlen

Beispiel: Subtraktion. Berechnen Sie $46AF_{16} - 33D_{16}$.

Schalten Sie ins Hexadezimalsystem um, und geben Sie die beiden Zahlen ein.

HEX
46AF ENTER
33D ENTER

2: # 46AFh
1: # 33Dh
HEX DEC OCT BIN STWS RCWS

Führen Sie den Befehl  aus.



1: # 4372h


Beispiel: Division. Wenn bei einer Division ein Rest entsteht, wird nur der ganzzahlige Teil des Ergebnisses berücksichtigt.

Dividieren Sie 64d durch 5d.

DEC
  64
  5 

1: # 12d


Der Rest von 4d geht verloren.

Weitere Befehle für Binärzahlen

Nachstehende Tabelle enthält Befehle aus dem Menü MTH BASE ( MTH BASE), die für die Bearbeitung von Objekten aus Binärzahlen nützlich sind. Wenn nicht anders angegeben, wird vorausgesetzt, daß die Wortlänge auf 24 eingestellt ist.

Befehl/Beschreibung	Beispiel	
	Eingabe	Ausgabe
AND Logisches, bitweises UND zweier Argumente	2: # 1100b 1: # 1010b	1: # 1000b
ASR Arithmetic Shift Right: Führt arithmetische Verschiebung um Bit nach rechts aus. Das am wenigsten signifikante Bit geht verloren. Das signifikanteste Bit wird dupliziert.	1: # 1100010b 1: # 800000h	1: # 110001b 1: # C00000h

Befehl/Beschreibung	Beispiel	
	Eingabe	Ausgabe
B→R Binary to Real: Wandelt eine ganze Binärzahl in die entsprechende reelle Zahl um	1: # 755o	1: 493
NOT Gibt das Einerkomplement des Arguments aus. Jedes Bit im Ergebnis ist das Komplement des entsprechenden Bits im Argument	1: # F0F0F0h	1: # F0F0Fh
OR Logisches, bitweises ODER zweier Argumente	2: # 1100b 1: # 1010b	1: # 1110b
R→B Real to Binary: Wandelt eine ganze, reelle Zahl in die entsprechende ganze Binärzahl um	1: 10	1: # 1010b
RL Rotate Left: Die Binärzahl rotiert um ein Bit nach links (im Beispiel ist die Wortlänge = 4)	1: # 1100b	1: # 1001b
RLB Rotate Left Byte: Die Binärzahl rotiert um ein Byte nach links	1: # FFFFh	1: # FFFF00h
RR Rotate Right: Die Binärzahl rotiert um ein Bit nach rechts (im Beispiel ist die Wortlänge = 4)	1: # 1101b	1: # 1110b
RRB Rotate Right Byte: Die Binärzahl rotiert um ein Byte nach rechts	1: # A0B0C0h	1: # C0A0B0h

Befehl/Beschreibung	Beispiel	
	Eingabe	Ausgabe
SL Shift Left: Die Binärzahl wird um ein Bit nach links verschoben	1: # 1101b	1: # 11010b
SLB Shift Left Byte: Die Binärzahl wird um ein Byte nach links verschoben	1: # A0B0h	1: # A0B000h
SR Shift Right: Die Binärzahl wird um ein Bit nach rechts verschoben	1: # 11011b	1: # 1101b
SRB Shift Right Byte: Die Binärzahl wird um ein Byte nach rechts verschoben	1: # A0B0C0h	1: # A0B0h
XOR Logisches, bitweises, Exklusiv- ODER zweier Argumente	2: # 1100b 1: # 1010b	1: # 0110b

Benutzerspezifische Anpassung



In diesem Kapitel werden folgende Punkte behandelt:

- Erzeugen und Verwenden eigener Benutzermenüs
- Definieren eigener Funktionen für die Tastatur (und Aufrufen dieser *Benutzertastatur*).
- Setzen und Löschen der Systemflags. Die Systemflags steuern viele der *Modi* im Taschenrechner.

Benutzermenüs (CST)

Ein Benutzermenü ist ein Menü, das Sie selbst erzeugt haben. Es kann Menüfelder für Operationen, Befehle und andere Objekte, die Sie nach Ihren Bedürfnissen erzeugen oder zusammenfassen, enthalten. Dieses Menü wird angezeigt, wenn Sie **CST** drücken.

Erzeugen eines Benutzermenüs

Wenn Sie **[CST]** drücken, verwendet der HP 48 den Inhalt der *reservierten* Variablen namens *CST*, um das Benutzermenü anzuzeigen. (*CST* wird vom HP 48 reserviert, weil ihr Inhalt den Inhalt des Benutzermenüs bestimmt.) Also führt der Weg zur Erzeugung eines Benutzermenüs über die Erzeugung einer Variablen *CST*, die die Objekte für Ihr Menü enthält. Wie andere Variable auch kann *CST*, zusammen mit dem dazugehörigen Benutzermenü, für jedes einzelne Verzeichnis im Speicher angelegt werden. Zum Erzeugen und Anzeigen eines Benutzermenüs im aktuellen Verzeichnis gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Geben Sie ein Liste ein, die die von Ihnen gewünschten Objekte für dieses Menü enthält.
2. Führen Sie **MENU** (**[▶][MODES]** **MENU**) aus. **MENU** speichert den Inhalt der Liste in *CST* und zeigt das Benutzermenü an.

Wenn Sie ein Benutzermenü erzeugen, es sich aber nicht sofort anzeigen lassen wollen, können Sie alternativ die Benutzermenü-Liste genauso in *CST* speichern, wie Sie eine Liste in irgendeiner Variablen speichern würden: durch Eingeben der Liste in den Stack und Drücken der links umgeschalteten Menütaste für diese Variable. Das Menü **MODES** enthält immer ein Menüfeld für *CST* (**[▶][MODES]** **CST**).

Sie können auch, statt die Liste der Objekte selbst in *CST* zu speichern, wahlweise den Namen einer anderen Variablen, die die Liste enthält, abspeichern. Dies verschafft Ihnen die Möglichkeit, innerhalb eines Verzeichnisses über verschiedene Variable, die unterschiedliche Benutzermenü-Listen enthalten, zu verfügen. Auf diese Weise können Sie leicht von einem Benutzermenü in ein anderes wechseln, indem Sie einfach einen neuen Namen in *CST* speichern.

Funktionsumfang von Benutzermenüs

Objekte in Benutzermenüs haben normalerweise den gleichen Funktionsumfang wie in eingebauten Menüs. Einige Beispiele:

- Namen verhalten sich wie die Menütasten in *VAR*. Ist also *ABC* der Name einer Variablen, wird *ABC* durch **[▶]ABC** ausgewertet. **[▶]** **[▶]ABC** ruft den Inhalt auf und **[◀]ABC** speichert neuen Inhalt in *ABC* ab. Außerdem hat das Menüfeld für den Namen eines Verzeichnisses einen Strich über der linken Seite des Menüfelds: Ein Druck auf die Menütaste schaltet in dieses Verzeichnis um.

- Objekte mit Einheiten verhalten sich wie Einträge im UNITS-Katalog. Sie verfügen beispielsweise auch über die Fähigkeit, Einheiten umzuwandeln (über die links umgeschaltete Menütaste).
- Tasten für Zeichenketten geben diese Zeichenkette aus.

Sie können Sicherungsobjekte in der Liste, die ein Benutzermenü definiert, einbauen, indem Sie den Namen des Sicherungsobjektes mit dem Port, auf dem es sich befindet, markieren. Wenn beispielsweise :2:HANS in der Benutzermenü-Liste vorhanden wäre, würde das Menüfeld HANS das Sicherungsobjekt HANS auf Port 2 darstellen.

Beispiel: Erzeugen und Verwenden eines Benutzermenüs. Erzeugen Sie ein Benutzermenü, das den eingebauten Befehl →TAG, das Objekt mit Einheiten 1_m^3, eine Zeichenkette als Schreibhilfe für VOLUMEN und den Variablennamen CST enthält.

Geben Sie eine Liste der Objekte ein.

← { } PRG OBJ →TAG
 1 → [] m [y^] 3
 → [] VOLUMEN →
 CST [ENTER]

```
1: { →TAG 1_m^3
    "VOLUMEN" CST }
OBJ → EQ → ARR → LIST → STR → TAG
```

Speichern Sie die Liste in CST ab, und lassen Sie sich das Benutzermenü anzeigen.

→ [MODES] MENU

```
→TAG M^3 VOLU CST
```

Wandeln Sie 1075 cm³ in m³ um.

1075 → [] cm [y^] 3 [ENTER]
 ← M^3

```
2:
1: ,001075_m^3
→TAG M^3 VOLU CST
```

Geben Sie die Zeichenkette "VOLUMEN" ein.

→ [] VOLU [ENTER]

```
1: "VOLUMEN"
→TAG M^3 VOLU CST
```

Erzeugen Sie aus den Inhalten der Ebenen 2 und 1 ein markiertes Objekt.

→TAG

```
3
→TAG M^3 VOLU CST
```

Lassen Sie sich den aktuellen Inhalt von *CST* anzeigen.

`CST`

```
2: VOLUMEN: ,001075_m...
1: { →TAG 1_m^3
   "VOLUMEN" CST }
→TAG M^3 VOLU CST
```

Erweitern von Benutzermenüs

Durch Erweitern des grundlegenden Benutzermenüs erhalten Sie folgende Möglichkeiten:

- Sie können Menüfelder anders aussehen lassen als den zugehörigen Namen, Befehl oder die Schreibhilfe.
- Sie können unterschiedliche Aktionen für Tasten definieren, je nachdem ob sie nicht, links oder rechts umgeschaltet verwendet werden.

Bereitstellen verschiedener Menüfelder. Sie können Menüfelder erstellen, die sich von den eigentlichen Objekten unterscheiden. Dazu muß in Ihrer Liste eine innere Liste der Form

```
{ "Menüfeld" Objekt }
```

angelegt werden.

Wenn Sie in *CST* beispielsweise

```
{ →TAG 1_m^3 { "VOL" "VOLUMEN" } { "CUST" CST } }
```

speichern, wird ein Benutzermenü mit derselben Funktion wie im vorherigen Beispiel erzeugt, außer daß die Menüfelder jetzt `→TAG`, `M^3`, `VOL` und `CUST` heißen.

Bereitstellen umgeschalteter Funktionen. Um verschiedene umgeschaltete Aktionen für die Tasten des Benutzermenüs zur Verfügung zu haben, müssen die drei Aktionen (Objekte) innerhalb der inneren Liste in noch einer Liste definiert werden. Die Reihenfolge in dieser zusätzlichen, Liste lautet wie folgt: nicht umgeschaltete, links umgeschaltete, rechts umgeschaltete Aktion. (Wenn Sie umgeschaltete Aktionen definieren wollen, müssen Sie auch die nicht umgeschalteten definieren.) Nehmen Sie beispielsweise an, Sie wollten der Benutzermenütaste `VOL` die folgenden drei Aktionen zuordnen:

- `VOL` wertet ein Programm aus, das den Wert in Ebene 1 in einer Variablen namens *VQUAD* speichert.
- `◀ VOL` wertet ein Programm aus, das das Produkt aus den Werten in den Ebenen 1, 2 und 3 berechnet.
- `▶ VOL` schreibt *VOLUMEN*.

Hier ist die Liste, die als Argument für den Befehl *MENU* dient:

```
{ { "VOL" { « 'VQUAD' STO » « * * » "VOLUMEN" } } }
```

Erzeugen eines temporären Menüs

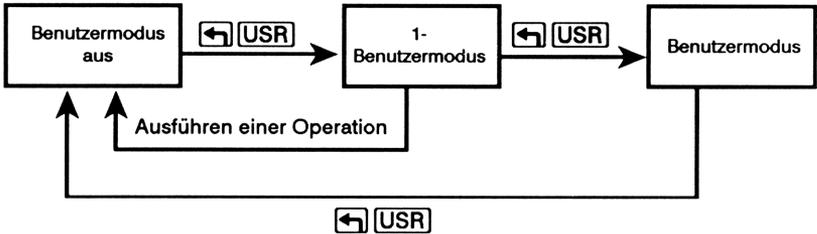
Das Befehl *TMENU* erzeugt ein temporäres Menü, ohne daß der Inhalt der Variablen *CST* überschrieben wird. Temporäre Menüs sind für die Programmierung außerordentlich nützlich. Sie werden in Kapitel 29 behandelt.

Die Benutzertastatur

Der HP 48 erlaubt es Ihnen, jeder Taste der Tastatur (einschließlich der Alpha- und umgeschalteten Tasten) eine alternative Funktion zuzuweisen. Dadurch können Sie die Tastatur Ihren speziellen Bedürfnissen anpassen. Diese angepaßte Tastatur wird *Benutzertastatur* genannt und ist dann aktiviert, wenn sich der Taschenrechner im *Benutzermodus* befindet. Die Befehle zum Erzeugen und Ändern der Benutzertastatur befinden sich im Menü *MODES* (`▶ MODES`).

Benutzermodi

Die Taste  **USR** stellt einen Dreiwegeschalter dar. Bei abgeschaltetem Benutzermodus bewirkt einfaches Drücken die Aktivierung des Einmal-Benutzermodus. Wird sie ein zweites Mal gedrückt, wird der Benutzermodus aktiviert. Durch einen dritten Tastendruck wird der Benutzermodus wieder abgeschaltet.



Im Einmal-Benutzermodus (Indikator **1USR**) ist die Tastatur nur für eine Operation umbelegt. Im Benutzermodus (Indikator **USR**) bleibt die Benutzertastatur so lange aktiviert, bis Sie  **USR** drücken.

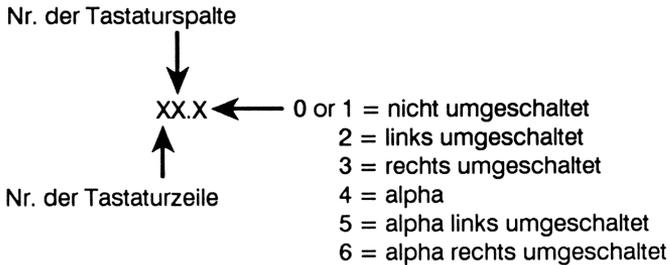
Wenn Sie das Flag **-61** setzen, schaltet  **USR** den Benutzermodus nur an und ab. Die Tastenfolge zum Setzen des Flags **-61** lautet **61**   **MODES**  **SF** .

Umbelegen von Tasten

Die Befehle **ASN** (assign) und **STOKEYS** (store keys) weisen der Tastatur benutzerdefinierte Funktionen zu. **ASN** ( **MODES**  **ASN**) wird für die Umbelegung einer einzigen Taste verwendet, wohingegen **STOKEYS** ( **MODES**  **STOK**) für mehrere Umbelegungen benutzt wird.

Umbelegen einer einzelnen Taste. ASN benötigt zwei Argumente:

- aus Ebene 2 das Objekt, das der Taste zugewiesen werden soll
- aus Ebene 1 die dreistellige Positionsnummer, die definiert, an welcher Stelle der Tastatur sich die Taste befindet. Dies wird in der folgenden Abbildung verdeutlicht:



Wird z.B. ASN ausgeführt, während sich `DUP2` in Ebene 2 und `36.2` in Ebene 1 befinden, wird `DUP2` der Taste zugewiesen, ohne daß die Benutzertastatur sonst beeinflusst wird. (hat die Positionsnummer `36.2`, da sie sich in der dritten Zeile von oben und der sechsten Spalte von links befindet und links umgeschaltet ist.) Ist diese Zuweisung einmal geschehen und befindet sich der Taschenrechner im Einmal-Benutzermodus, dann führt den Befehl `DUP2` aus.

Umbelegen mehrerer Tasten. `STOKEYS` dient dazu, mehrere Tasten gleichzeitig umzubelegen. Es erhält seine Argumente in Form einer Liste mit folgender Syntax:

`{ § Definition1 Position1 Definition2 Position2 ... }`

Dabei gilt:

- `§` (bei Bedarf) gibt an, daß nicht undefinierte Tasten ihre Standardbelegung behalten. Das `§` ist nur dann erforderlich, wenn nicht undefinierte Tasten zuvor mit dem Befehl `DELKEYS` gesperrt wurden.
- *Definition* ist ein beliebiges Objekt. Wird eine Benutzertaste gedrückt, so wird das Objekt ausgeführt.
- *Position* ist die dreistellige Nummer, die die Lage der Taste auf der Tastatur (siehe obenstehendes Diagramm) angibt.

Hat eine Taste einmal ihre neue Belegung erhalten, bleibt diese solange in Kraft, bis die Taste durch die Befehle ASN oder STOKEYS erneut umbelegt wird, oder bis die Belegung mit dem Befehl DELKEYS gelöscht wird.

Beispiel: Belegen der Benutzertastatur. Verwenden Sie den Befehl STOKEYS für die folgende Übung:

- Weisen Sie der Taste A die Variable ABC mit dem Inhalt { A B C } zu.
- Weisen Sie der Taste $\left[\rightarrow \right] \left[\square \right]$ das Programm | * OBJ → DROP * | zu.
- Weisen Sie der Taste $\left[\leftarrow \right] \left[\text{DROP} \right]$ den Befehl DROP2 zu.
- Weisen Sie der Taste h die Zeichenkette (die Schreibhilfe) "HOEHE" zu.

Erzeugen Sie die Variable ABC mit der Liste { A B C } als Inhalt, und lassen Sie sich das Menü VAR anzeigen.

$\left[\leftarrow \right] \left[\{ \} \right] A \left[\text{SPC} \right] B \left[\text{SPC} \right] C \left[\text{ENTER} \right]$ $\left[\text{ABC} \right] \left[\text{CST} \right] \left[\square \right] \left[\square \right] \left[\square \right] \left[\square \right]$
 $\left[\square \right] ABC \left[\text{STO} \right] \left[\text{VAR} \right]$

Geben Sie das Argument für den Befehl STOKEYS ein.

$\left[\leftarrow \right] \left[\{ \} \right] ABC \left[\text{SPC} \right] 11.4$ $2:$
 $\left[\leftarrow \right] \left[\ll \gg \right] \left[\text{PRG} \right] \text{OBJ} \text{OBJ}$ $1: \{ ABC 11,4 \ll \text{OBJ} \rightarrow$
 $\left[\leftarrow \right] \left[\text{DROP} \right] \left[\triangleright \right] \left[\triangleright \right] 75.3$ $\text{DROP} \gg 75,3 \text{ DROP2}$
 $\left[\text{PRG} \right] \text{STK} \left[\text{NXT} \right] \text{DROP2} 55.2$ $55,2 \text{ "HOEHE"} 22,5 \}$
 $\left[\rightarrow \right] \left[\text{"} \right] \text{HOEHE} \left[\triangleright \right] 22.5 \left[\text{ENTER} \right]$ $\left[\text{DUP} \right] \left[\text{DUPE} \right] \left[\text{DUPN} \right] \left[\text{DROPE} \right] \left[\text{DAPN} \right] \left[\square \right]$

Führen Sie STOKEYS aus, und aktivieren Sie die Benutzertastatur.

$\left[\rightarrow \right] \left[\text{MODES} \right] \text{STOK}$ $\left[\text{ASN} \right] \left[\text{STOK} \right] \left[\text{RCLK} \right] \left[\text{DELK} \right] \left[\text{MENU} \right] \left[\text{CST} \right]$
 $\left[\leftarrow \right] \left[\text{USR} \right] \left[\leftarrow \right] \left[\text{USR} \right]$

Rufen Sie nun die Liste { A B C } auf, und zerlegen Sie diese in ihre Komponenten.

A $3:$ 'A'
 $\left[\rightarrow \right] \left[\square \right]$ $2:$ 'B'
 $1:$ 'C'
 $\left[\text{ASN} \right] \left[\text{STOK} \right] \left[\text{RCLK} \right] \left[\text{DELK} \right] \left[\text{MENU} \right] \left[\text{CST} \right]$

Führen Sie DROP2 aus, und schreiben Sie die Zeichenkette "HOEHE" in den Stack.

$\left[\leftarrow \right] \left[\text{DROP} \right]$ $2:$ 'A'
 $\left[\rightarrow \right] \left[\text{"} \right] h \left[\text{ENTER} \right]$ $1:$ "HOEHE"
 $\left[\text{ASN} \right] \left[\text{STOK} \right] \left[\text{RCLK} \right] \left[\text{DELK} \right] \left[\text{MENU} \right] \left[\text{CST} \right]$

Drücken Sie erneut **[↩] [USR]**, um die normale Tastaturfunktion wiederherzustellen.

Löschen der benutzerdefinierten Tastenbelegung

Der Befehl DELKEYS (**[➡] [MODES] [DELK]**) löscht eine oder mehrere Tastenbelegungen. Er akzeptiert eines der folgenden Argumente:

- eine dreistellige Positionsnummer (Beschreibung siehe Seite 236): Diese einzelne Tastenbelegung wird gelöscht.
- eine Liste von Positionen: Jede dieser Tastenbelegungen wird gelöscht.
- ein **S**: Die Standard-Tastenbelegung wird gelöscht.
- eine Null (0): Alle benutzerdefinierten Tastenbelegungen werden gelöscht. Wurden unbelegte Tasten deaktiviert, werden sie durch diesen Befehl wieder aktiviert.

Reaktivieren einer einzelnen Standard-Tastenbelegung

Wird DELKEYS mit dem Argument **S** ausgeführt, haben die Standardtasten keine Funktion während sich der HP 48 im Benutzermodus befindet, und zwar so lange, bis sie undefiniert oder alle benutzerdefinierten Tastenbelegungen gelöscht werden. Während die Standard-Tastenbelegung deaktiviert ist, können Sie einer einzelnen Taste ihre Standardbelegung zurückgeben, indem Sie den Befehl ASN mit einem besonderen Argument, nämlich SKEY, ausführen. Im folgenden sehen Sie die Schritte zur Reaktivierung einer einzelnen Standardtaste:

1. Geben Sie 'SKEY' in den Stack ein.
2. Geben Sie die dreistellige Positionsnummer (siehe Seite 236) der zu reaktivierenden Standardtaste ein.
3. Drücken Sie **[➡] [MODES] [ASN]**.

Ein Beispiel: Das Drücken von **[ASN]** mit 'SKEY' in Ebene 2 und 16.1 in Ebene 1 reaktiviert die Taste **[NXT]**, die dann im Benutzermodus verwendet werden kann.

Sie können diese Vorgehensweise für so viele Standardtasten wiederholen wie Sie möchten. Wenn sich der HP 48 dann im Benutzermodus befindet, stehen Ihnen sowohl Ihre benutzerdefinierten Tasten, als auch die von Ihnen reaktivierten Standardtasten zur Verfügung.

Sie können SKEY auch in die Liste der Tastenbelegungen für den Befehl STOKEYS aufnehmen.

Aufrufen und Bearbeiten von benutzerdefinierten Tastenbelegungen

Der Befehl RCLKEYS ( **MODES** ) gibt eine Liste aller aktuellen benutzerdefinierten Tastenbelegungen, einschließlich des Buchstabens S (wenn Standardtasten im Benutzermodus aktiv sind) in Ebene 1 aus. Zur Bearbeitung der Belegungen führen Sie RCLKEYS aus, bearbeiten die Liste und führen dann STOKEYS aus, um die Tasten neu zu belegen.



Hinweis

Wenn "alte", benutzerdefinierte Tastenbelegungen gelöscht werden, wird von diesen immer eine geringe Menge an Speicherplatz zurückbehalten. Im Laufe der Zeit kann auf diese Weise eine erhebliche Menge an Speicherplatz belegt werden: Jede alte Tastenbelegung belegt zwischen 2,5 und 15 Byte an Speicherplatz. Sie können diesen Speicherplatz für andere Zwecke räumen, indem Sie Ihre Tastenbelegungen *komprimieren*. Die nachstehende Befehlsfolge komprimiert die benutzerdefinierten Tastenbelegungen auf ihre kompakteste Form:

```
RCLKEYS      Ø DELKEYS      STOKEYS
```

Andere Operationen zur Anpassung

Das Menü MODES

Die Seiten des Menüs MODES ( **MODES**) enthalten weitere Operationen zur Anpassung der Art und Weise, wie Ihr Taschenrechner funktioniert. (Wenn ein Menüfeld ein Kästchen enthält, z.B.  ist diese Operation aktiviert.)

MODES Operationen

Tasten	Beschreibung
← MODES :	
SYM	Schaltet zwischen symbolischer (Kästchen im Menüfeld) und numerischer Auswertung hin und her.
BEEP	Schaltet den Piepston bei Fehlern an (Kästchen im Menüfeld) oder ab.
STK	Schaltet die Speicherung des letzten Stacks an (Kästchen im Menüfeld) oder ab. Beeinflußt die Wirkung von ← LAST STACK .
ARG	Schaltet die Speicherung des letzten Arguments an (Kästchen im Menüfeld) oder ab. Beeinflußt die Wirkung von → LAST ARG .
CMD	Schaltet die Speicherung der letzten Befehlszeile an (Kästchen im Menüfeld) oder ab. Beeinflußt die Wirkung von ← LAST CMD .
CNCT	Schaltet zwischen dem Verbinden gezeichneter Punkte (Kästchen im Menüfeld) und der Darstellung nur durch Punkte hin und her.
ML	Schaltet zwischen der mehrzeiligen Darstellung einer mehrzeiligen Ebene 1 (Kästchen im Menüfeld) und der Darstellung in einer Zeile mit Auslassungspunkten hin und her.
CLK	Schaltet die Anzeige der Uhr an (Kästchen im Menüfeld) oder ab.
FM,	Schaltet zwischen dem Punkt als Dezimalzeichen (Kästchen im Menüfeld) und dem Komma als Dezimalzeichen hin und her.

Systemflags

Der HP 48 bietet eine Vielzahl von Modi, die es Ihnen ebenfalls erlauben, seine Arbeitsweise an Ihre Bedürfnisse anzupassen. Die meisten Modi werden durch *Systemflags* gesteuert. Der HP 48 besitzt 64 solcher Systemflags, die von -1 bis -64 durchnummeriert sind. Jedes Flag kann zwei Zustände annehmen: gesetzt (Wert 1) oder rückgesetzt (Wert 0). Die Systemflags und die Modi, die von ihnen gesteuert werden, sind in Anhang E beschrieben.

Die Befehle zum Setzen, Rücksetzen und Überprüfen von Flags befinden sich im Menü MODES (↵ [MODES]). (Ein Duplikat befindet sich im Menü PRG TEST.) Sie verwenden Flagnummern als Argumente. Ein Beispiel: Die Tastenfolge 20 [+/-] ↵ [MODES] [NXT] SF setzt das Systemflag -20.

Überprüfen von Flags

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
↵ [MODES] (Seiten 2 und 3) oder [PRG] TEST (Seite 3):		
SF	SF	Setzt das Flag
CF	CF	Setzt das Flag zurück
FS?	FS?	Gibt "wahr" (1) aus, wenn das Flag gesetzt ist, und "falsch" (0), wenn es rückgesetzt ist.
FC?	FC?	Gibt "wahr" (1) aus, wenn das Flag rückgesetzt ist, und "falsch" (0), wenn es gesetzt ist.
FS?C	FS?C	Überprüft das Flag (gibt "wahr" (1) aus, wenn es gesetzt ist, und "falsch" (0) wenn es rückgesetzt ist), und setzt es dann zurück.
FC?C	FC?C	Überprüft das Flag (gibt "wahr" (1) aus, wenn es rückgesetzt ist, und "falsch" (0) wenn es gesetzt ist), und setzt es dann zurück.

Einstellen der automatischen Alpha-Verriegelung. Normalerweise wird der Alpha-Eingabemodus durch zweimaliges Drücken von $\boxed{\alpha}$ verriegelt. Sie können stattdessen auch die automatische Verriegelung durch einmaliges Drücken von $\boxed{\alpha}$ wählen. Dazu muß das Systemflag – 60 gesetzt werden.

Einstellen des Benutzermodus. Einmaliges Drücken von $\boxed{\leftarrow}$ $\boxed{\text{USR}}$ stellt Ihren Taschenrechner normalerweise für einen Tastendruck auf den Benutzermodus ein. Zweimaliges Drücken verriegelt den Benutzermodus so lange, bis Sie diese Taste wieder drücken. Wenn Sie die Verriegelung bereits nach dem ersten Tastendruck vorziehen, sollten Sie das Flag – 61 setzen.

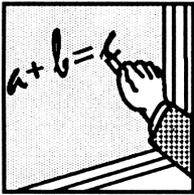
Auswerten symbolischer Konstanten. Symbolische Konstanten (e , i , π , MAXR und MINR) behalten ihre symbolische Form, wenn Sie ausgewertet werden. Wenn Sie möchten, daß sie automatisch in ihre für den HP 48 verwendete numerische Darstellung umgewandelt werden sollen, dann setzen Sie das Flag – 2.

Weitere Verwendungsmöglichkeiten für Systemflags. Die vorstehenden Beispiele zeigen nur einige der Möglichkeiten, wie Sie die Arbeitsweise Ihres HP 48 an Ihre Bedürfnisse anpassen können. Flags können auch dazu benutzt werden, die Anzeige, mathematische Operationen, den Ausdruck, graphische Darstellungen, Zeitfunktionen und verschiedene weitere Operationen zu beeinflussen. Eine vollständige Auflistung aller 64 Systemflags und ihrer Wirkung finden Sie in Anhang E.

Teil 3

Leistungsfunktionen

Der EquationWriter



Der EquationWriter erlaubt es Ihnen, algebraische Ausdrücke und Gleichungen in der Ihnen vertrautesten Form einzugeben und anzuschauen: in der Form, in der sie in Büchern und Zeitschriften abgedruckt sind und in der Sie sie mit Stift und Papier aufschreiben.

Hier ist beispielsweise eine Gleichung aus der Physik:

$$v = v_0 + \int_{t_1}^{t_2} a \, dt$$

Und so würde die Gleichung im Stack aussehen:

$$'v=v_0+\int(t_1,t_2,a,t)'$$

Hier sehen Sie dieselbe Gleichung, wie sie mit dem EquationWriter eingetippt wurde:

$$v = v_0 + \int_{t_1}^{t_2} a dt$$

Beispiel: Der EquationWriter. Verwenden Sie den EquationWriter zum Eintippen der vorstehenden Gleichung.

(Wenn Sie beim Eintippen der Gleichung einen Fehler machen, drücken Sie \square , um den Fehler zu überschreiben. Beachten Sie, daß der HP 48 eventuell einige Sekunden benötigt, bis er die Gleichung wieder anzeigt, nachdem Sie \square gedrückt haben. Im weiteren Verlauf dieses Kapitels werden Sie auch sehen, wie eine Gleichung in der Befehlszeile bearbeitet wird.)

Aktivieren Sie den EquationWriter, und geben Sie die Gleichung bis zum Zeichen f ein.

\leftarrow EQUATION
 $v \leftarrow = v_0 +$

$$v = v_0 +$$

Tippen Sie das Integralzeichen ein.

\rightarrow \int

$$v = v_0 + \int$$

Tippen Sie die untere Grenze ein, und bewegen Sie den Cursor zur oberen Grenze.

t1 

$$v=v_0+\int_{t_1}^{\square}$$

PARTS PROB NYP MATR VECTR BASE

Tippen Sie die obere Grenze ein, und bewegen Sie den Cursor auf den Beginn des Integranden.

t2 

$$v=v_0+\int_{t_1}^{t_2} \square$$

PARTS PROB NYP MATR VECTR BASE

Tippen Sie den Integranden und die Integrationsvariable ein.

a  t

$$v=v_0+\int_{t_1}^{t_2} a dt \square$$

PARTS PROB NYP MATR VECTR BASE

Geben Sie die Gleichung in den Stack ein.

ENTER

1: 'v=v0+∫(t1,t2,a,t)'

PARTS PROB NYP MATR VECTR BASE

Wie der EquationWriter aufgebaut ist

Der EquationWriter ist eine besondere Umgebung, in der die Tastatur umdefiniert und auf spezielle Operationen beschränkt ist. Sie können im EquationWriter keine Berechnungen mit dem Stack durchführen. Tasten, die algebraischen Funktionen zugeordnet sind, schreiben den Namen der Funktion oder das grafische Funktionssymbol in die Gleichung. \sqrt{x} schreibt beispielsweise ein Wurzelzeichen. Sie können sich jedes Menü anzeigen lassen – jedoch sind nur die Tasten, die algebraischen Funktionen entsprechen, aktiviert. Wie die Funktionstasten auf der Tastatur führen auch die Menütasten nicht die dazugehörigen Funktionen aus: sie schreiben einfach nur den Namen der Funktion in die Gleichung.

Andere Tasten auf der Tastatur sind wie folgt definiert:

Operationen im EquationWriter

	Beginn eines Zählers
 oder 	Ende eines Teilausdrucks. (  oder  ) beendet alle nichtabgeschlossenen Teilausdrücke.)
	Ruft die <i>Auswahl-Umgebung</i> des EquationWriters auf.
 	Gibt \langle zum Einleiten eines Klammerausdrucks ein.  (oder ) beendet den Klammerausdruck.
	Gibt das aktuelle Trennzeichen (, oder ;) für mehrere eingeklammerte Argumente von Funktionen oder die Terme komplexer Zahlen ein.
	Löst die Gleichung auf und verläßt den EquationWriter.
	Schreibt die Gleichung in den Stack und beendet dann den EquationWriter.
	Der EquationWriter wird verlassen, ohne daß die Gleichung gespeichert wird.
 	Aktiviert den <i>Rollmodus</i> . Im Rollmodus verschwinden die Menüfelder. Wenn die Gleichung größer als das Display ist, bewegen die Cursortasten das Anzeigefenster in die angegebene Richtung über die Gleichung hinweg. Durch nochmaliges Drücken von   (oder ) werden die Menüfelder wieder angezeigt und der Cursor auf das Ende der Gleichung gesetzt.
 	Gibt die Gleichung zur Bearbeitung in die Befehlszeile aus. (Siehe "Bearbeiten von Gleichungen" auf Seite 260.)

Operationen im EquationWriter (Fortsetzung)

	Gibt die Gleichung als <i>Grafikobjekt</i> in den Stack aus. (Erläuterungen zu Grafikobjekten finden Sie unter "Die Struktur des Anwendungsprogramms PLOT" in Kapitel 18 und "Arbeit mit Grafikobjekten im Stack" in Kapitel 19.)
 	Löscht die Anzeige, ohne daß der EquationWriter verlassen wird.
 	Fügt das Objekt aus Ebene 1 an der Cursorposition in die Gleichung ein. (Siehe "Bearbeiten von Gleichungen" auf Seite 260.)
  	Schaltet den Modus <i>implizite Klammern</i> ab. Erneutes Drücken von    schaltet diesen Modus wieder ein. (Siehe "Abschalten impliziter Klammern" auf Seite 256.)
 	Gibt die Gleichung als Zeichenkette in den Stack aus.

Erzeugen einer Gleichung

Zahlen und Namen. Zahlen und Namen werden in genau derselben Weise eingetippt, in der sie in die Befehlszeile eingetippt werden. Die Menütasten im Menü VAR dienen als Schreibhilfen für Variablenamen.

Addition, Subtraktion und Multiplikation.

- ,  und  ergeben +, - und ·.
- In manchen Situationen ist *implizite* Multiplikation (ohne ) möglich. In folgenden Fällen wird das Multiplikationszeichen (·) automatisch eingesetzt:
 - zwischen einer Zahl und einem Buchstabenzeichen, einer Klammer oder einer vorangestellten Funktion (eine Funktion, deren Argument(e) hinter dem Namen folgen) steht: wenn Sie also beispielsweise 6  drücken

- zwischen einem Buchstabenzeichen und einer vorangestellten Funktion: wenn Sie beispielsweise A \leftarrow x^2 drücken
- zwischen einer rechten und einer linken Klammer
- zwischen einer Zahl oder einem Buchstabenzeichen und dem Bruchstrich, einem Wurzelzeichen oder einem Term für die xte Wurzel: wenn Sie beispielsweise B \blacktriangle drücken.

$2 \cdot X + Y \cdot \text{LOG}(X) + Z \cdot \frac{X+Y}{2}$

PARTS PROB NVP MATR VECTR BASE

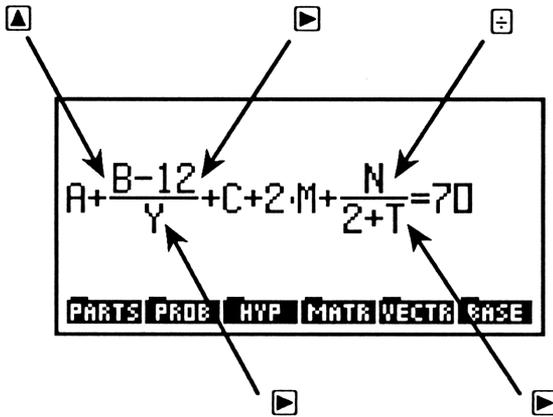
x bei der Eingabe nicht erforderlich

Division und Brüche.

- Hauptmethode:
 1. \blacktriangle beginnt den Zähler.
 2. \blacktriangleright beendet den Zähler (\blacktriangledown funktioniert ebenfalls).
 3. \blacktriangleright beendet den Nenner.

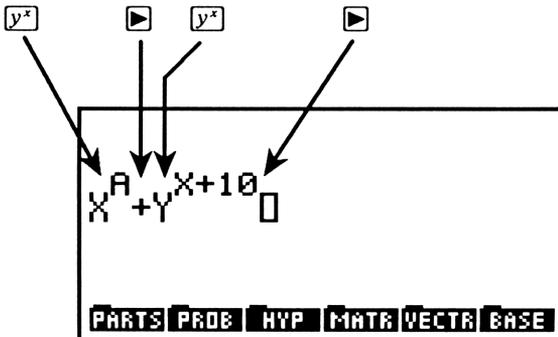
- Anderer Weg für Brüche, deren Zähler aus *einem* Term oder einer Folge von Termen besteht, deren Operatoren eine höhere oder die gleiche Priorität wie / (dividiere) haben:

1. Tippen Sie den Zähler ein, ohne \blacktriangle zu benutzen.
2. \div beginnt den Nenner.
3. \blacktriangleright beendet den Nenner (\blacktriangledown funktioniert ebenfalls).



Exponenten.

1. y^x beginnt den Exponenten.
2. \blacktriangleright beendet den Exponenten (\blacktriangledown funktioniert ebenfalls).



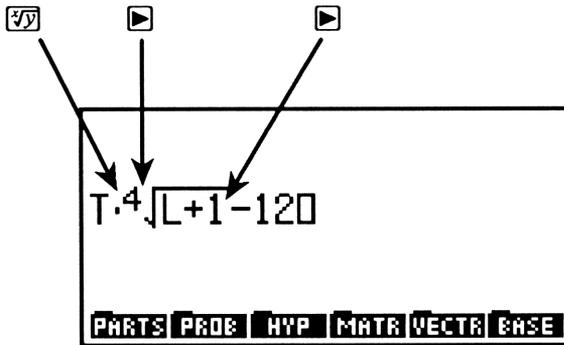
Quadratwurzel und xte Wurzel.

■ Quadratwurzel:

1. \sqrt{x} schreibt das Zeichen $\sqrt{}$ und beginnt den Term.
2. \blacktriangleright beendet den Term.

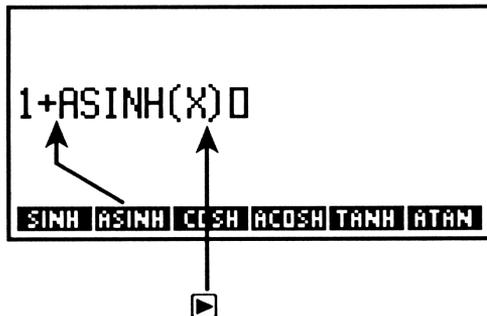
■ xte Wurzel:

1. $\sqrt[x]{y}$ beginnt den Term x außerhalb des Zeichens $\sqrt{}$.
2. \blacktriangleright schreibt das Zeichen $\sqrt{}$ und beginnt den Term y unter dem Zeichen $\sqrt{}$.
3. \blacktriangleright beendet den Term für die x te Wurzel.



Funktionen mit Argumenten in Klammern.

1. Drücken Sie die Funktionstaste oder tippen Sie den Namen zusammen mit \leftarrow $(\)$ ein.
2. \blacktriangleright beendet das Argument und schreibt $\)$.



Terme in Klammern.

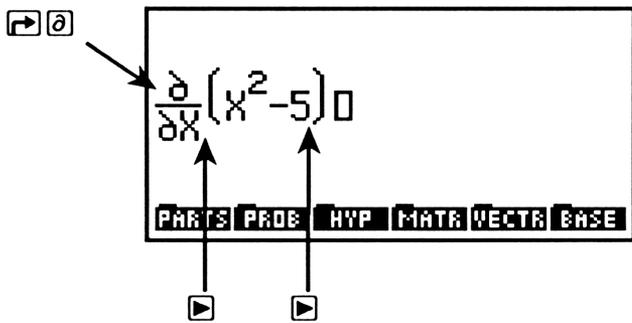
- 1. \leftarrow $(\)$ schreibt $($.
- 2. \rightarrow schreibt $)$.

Zehnerpotenzen.

- 1. Drücken Sie EEX , damit E angezeigt wird.
- 2. Drücken Sie +/- für einen negativen Exponenten. Es wird - angezeigt.
- 3. Tippen Sie die Ziffern des Exponenten ein.
- 4. Jede beliebige Funktion beendet den Exponenten.

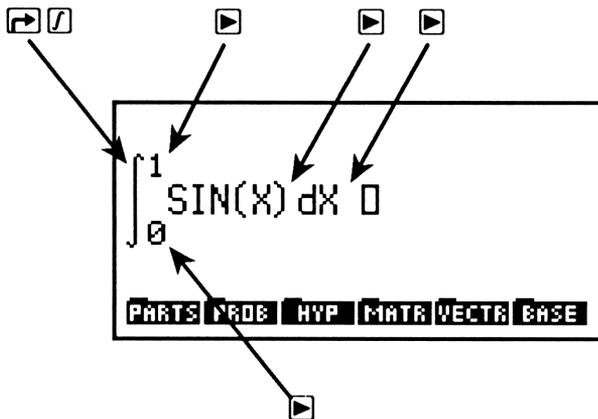
Ableitungen. Zum Eintippen einer Ableitung der Form $\frac{\partial}{\partial x} f(x)$ gehen Sie folgendermaßen vor:

- 1. Drücken Sie \rightarrow ∂ , damit $\frac{\partial}{\partial}$ angezeigt wird.
- 2. Tippen Sie die Differentiationsvariable ein, und drücken Sie \rightarrow . Der EquationWriter beendet den Nenner und zeigt eine geöffnete Klammer an.
- 3. Geben Sie den Ausdruck ein.
- 4. Drücken Sie \rightarrow , um den Ausdruck abzuschließen.



Integrale. Zum Eintippen eines Integrals der Form $\int_{\text{von}}^{\text{bis}} f(x) dx$ gehen Sie folgendermaßen vor:

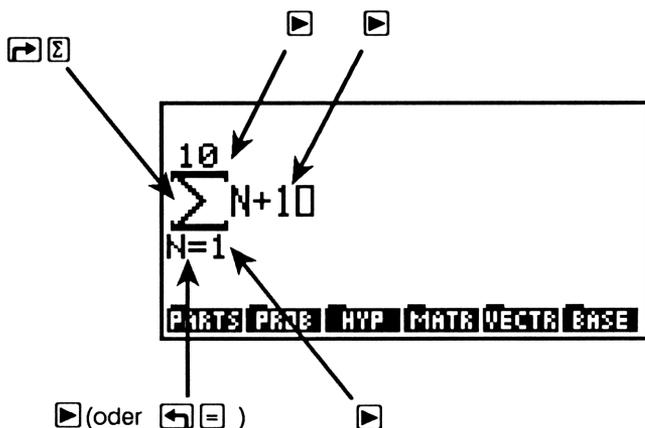
1. Drücken Sie $\left[\rightarrow \right] \left[\int \right]$, um das Symbol \int mit dem Cursor auf der unteren Grenze zu erzeugen.
2. Tippen Sie die untere Grenze ein, und drücken Sie $\left[\rightarrow \right]$.
3. Tippen Sie die obere Grenze ein, und drücken Sie $\left[\rightarrow \right]$.
4. Tippen Sie den Integranden ein, und drücken Sie $\left[\rightarrow \right]$. Der EquationWriter schreibt $\int dx$.
5. Tippen Sie die Integrationsvariable ein.
6. Drücken Sie $\left[\rightarrow \right]$, um das Integral zu vervollständigen.



Summen. Zum Eingeben von Summen der Form $\sum_{x=\text{von}}^{\text{bis}} f(x)$ gehen Sie folgendermaßen vor:

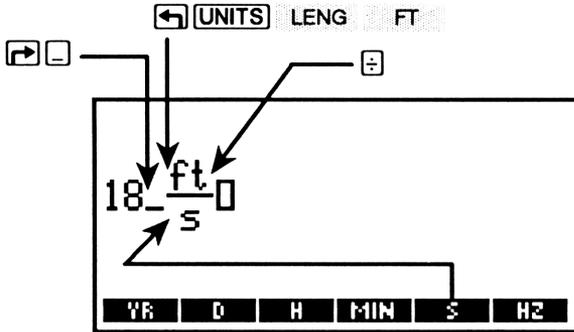
1. Drücken Sie $\left[\rightarrow \right] \left[\Sigma \right]$, damit das Symbol Σ angezeigt wird. Der Cursor befindet sich unterhalb des Zeichens Σ .
2. Tippen Sie den Summationsindex ein.
3. Drücken Sie $\left[\rightarrow \right]$ (oder $\left[\leftarrow \right] \left[= \right]$), um das Zeichen $=$ einzutippen.
4. Tippen Sie die untere Summationsgrenze ein.
5. Drücken Sie $\left[\rightarrow \right]$.
6. Tippen Sie die obere Summationsgrenze ein, und drücken Sie $\left[\rightarrow \right]$.

7. Tippen Sie den Summanden ein.
8. Drücken Sie \blacktriangleright , um die Summe abzuschließen.



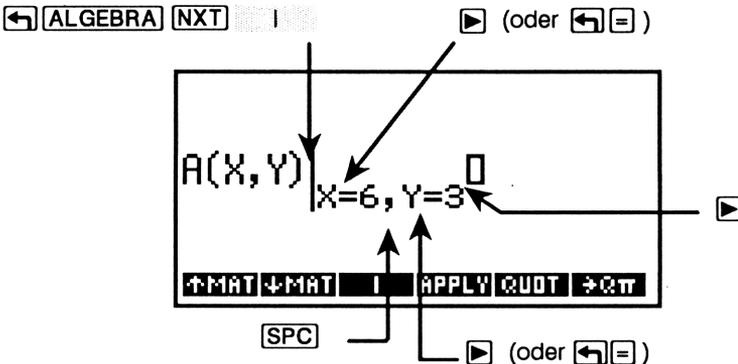
Einheiten. Objekte mit Einheiten (Beschreibung siehe Kapitel 13) können im EquationWriter entwickelt werden:

1. Tippen Sie den numerischen Teil des Objekts mit Einheiten ein.
2. Drücken Sie $\blacktriangleright \square$, um den Einheitenteil des Objekts zu beginnen.
3. Tippen Sie den Ausdruck für die Einheiten ein. Zusammengesetzte Einheiten werden so erzeugt, als seien sie algebraische Ausdrücke: trennen Sie die einzelnen Einheiten durch Drücken von \times oder \div . Sie können die Namen der Einheiten mit einem Tastendruck eintippen, indem Sie die entsprechende Menütaste im UNITS-Katalogmenü drücken.
4. Drücken Sie \blacktriangleright , um den Ausdruck zu beenden.



Die Funktion | (wobei). Eintippen der Funktion | (wobei)
 (Beschreibung siehe Kapitel 22):

1. Tippen Sie einen Ausdruck mit symbolischen Argumenten in Klammern ein.
2. Drücken Sie **ALGEBRA** **NXT** **|**. Es wird **|** angezeigt und der Cursor auf die untere rechte Seite des Symbols gesetzt.
3. Tippen Sie die definierende Gleichung für jedes Argument ein, wobei Sie **▶** oder **◀** für das Zeichen = und **SPC** als Trennzeichen zwischen den einzelnen Gleichungen verwenden.
4. Drücken Sie **▶**, um den Teilausdruck | (wobei) zu beenden.



Abschalten impliziter Klammern

Die Argumente für $\boxed{\div}$, $\boxed{\sqrt{x}}$ und $\boxed{y^x}$ sind normalerweise in "unsichtbare" Klammern eingeschlossen, so daß nur $\boxed{\blacktriangleright}$ (oder $\boxed{\blacktriangledown}$) das Argument beendet. $\boxed{\leftarrow}\boxed{\{ \} }$ schaltet die impliziten Klammern ab (mit einer kurzen Meldung), so daß jede Funktionstaste das Argument beendet. $\boxed{\blacktriangleright}$ hingegen beendet in diesem Modus das Argument nicht. (Wenn Sie implizite Klammern abschalten, nachdem Sie $\boxed{\div}$, $\boxed{\sqrt{x}}$ oder $\boxed{y^x}$ gedrückt, aber das Argument noch nicht eingegeben haben, werden die impliziten Klammern auf diese Argumente *nicht* angewendet.)

Ohne implizite Klammern lassen sich beispielsweise Polynome bequem eingeben, wobei die Exponenten durch Drücken der Taste für die Funktion, die den nächsten Term beginnt, abgeschlossen werden. Nochmaliges Drücken von $\boxed{\leftarrow}\boxed{\{ \} }$ schaltet die impliziten Klammern wieder an. Verlassen und Wiederaufrufen des EquationWriters schaltet die impliziten Klammern ebenfalls wieder ein.

Beispiel 2 auf Seite 257 illustriert das Abschalten impliziter Klammern.

Beispiele zum EquationWriter

Behalten Sie beim Durcharbeiten dieser Beispiele im Gedächtnis, daß Sie das Display zwischen den Beispielen löschen können, ohne den EquationWriter verlassen zu müssen: drücken Sie einfach $\boxed{\rightarrow}\boxed{\text{CLR}}$. Wenn Sie so vorgehen, dann lassen Sie die Tastenfolge $\boxed{\leftarrow}\boxed{\text{EQUATION}}$ zu Beginn jedes neuen Beispiels weg.

Beispiel 1. Tippen Sie folgenden Ausdruck ein:

$$X^3 + 2X^2 - \frac{1}{X}$$

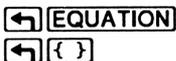
$\boxed{\leftarrow}\boxed{\text{EQUATION}} \times \boxed{y^x} 3 \boxed{\blacktriangleright}$
 $\boxed{+} 2X \boxed{y^x} 2 \boxed{\blacktriangleright} \boxed{-}$
 $1 \boxed{\div} X$

$X^3 + 2X^2 - \frac{1}{X}$

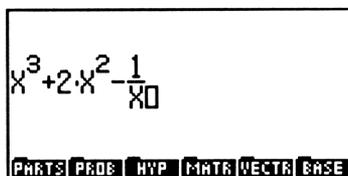
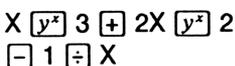
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE

Beispiel 2. Tippen Sie den Ausdruck aus Beispiel 1 ein, diesmal jedoch ohne implizite Klammern.

Aktivieren Sie den EquationWriter, und schalten Sie die impliziten Klammern ab.



Tippen Sie den Ausdruck ein.

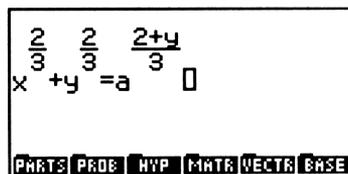
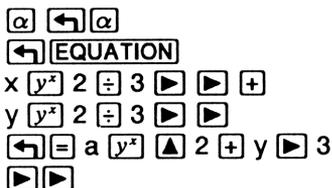


Schalten Sie die impliziten Klammern mit $\leftarrow \{ \}$ wieder ein.

Beispiel 3. Tippen Sie folgende Gleichung ein:

$$x^{\frac{2}{3}} + y^{\frac{2}{3}} = a^{\frac{2+y}{3}}$$

Verriegeln Sie den Alpha-Eingabemodus für Kleinbuchstaben durch Drücken von $\alpha \leftarrow \alpha$. (Wenn Sie jetzt zuerst α und dann ein Buchstabenzeichen drücken, wird dieses als Kleinbuchstabe eingegeben.) Tippen Sie dann die Gleichung ein.



Heben Sie die Verriegelung durch Drücken von $\alpha \leftarrow \alpha$ wieder auf.

Beispiel 4. Tippen Sie folgenden Ausdruck ein:

$$X^2 - 2XY \cos \frac{2\pi N}{2N + 1} + Y^2$$

[←] EQUATION
 X [y^x] 2 [▶] [-]
 2X [x] Y [COS]
 2 [←] [π] [x] N [÷]
 2N [÷] 1 [▶] [▶]
 + Y [y^x] 2 [▶]

X² - 2 · X · Y · COS $\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot N}{2 \cdot N + 1}\right)$ + Y² □
 PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE

Beispiel 5. Tippen Sie folgenden Ausdruck ein:

$$\sqrt[3]{Y} \frac{d}{dX} 2 \cos^2(\pi X)$$

[←] EQUATION
 [∛] 3 [▶] Y [▶]
 [∂] X [▶]
 2 [COS] [←] [π] [x] X [▶]
 [y^x] 2 [▶] [▶]

$\sqrt[3]{Y} \cdot \frac{\partial}{\partial X} (2 \cdot \cos^2(\pi \cdot X)^2)$ □
 PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE

Beispiel 6. Tippen Sie folgenden Ausdruck ein:

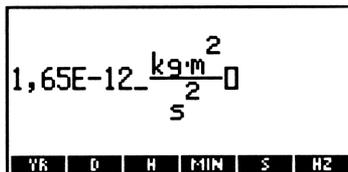
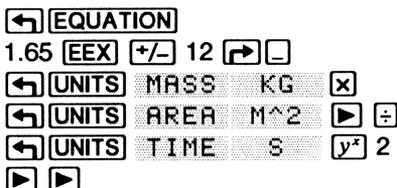
$$\int_0^1 \frac{X^{P-1}}{X^{2M+1} - A^{2M+1}} dx$$

[←] EQUATION
 [∫] 0 [▶] 1 [▶]
 X [y^x] P [-] 1 [▶] [÷]
 X [y^x] 2M [÷] 1 [▶]
 - A [y^x] 2M [÷] 1 [▶] [▶]
 [▶] X [▶]

$\int_0^1 \frac{X^{P-1}}{X^{2 \cdot M + 1} - A^{2 \cdot M + 1}} dx$ □
 PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE

Beispiel 7. Tippen Sie folgenden Ausdruck ein:

$$1,65 \times 10^{-12} \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$$



Darstellung von algebraischen Objekten und Objekten mit Einheiten im EquationWriter

Zur Darstellung von vorher eingegebenen algebraischen Objekten oder Objekten mit Einheiten im EquationWriter gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Geben Sie das Objekt in Ebene 1 ein. (Ist das Objekt in einer Variablen gespeichert, geben Sie deren Namen in Ebene 1 ein).
2. Drücken Sie \blacktriangledown . (Steht der Name einer Variablen in Ebene 1, dann drücken Sie $\blacktriangleright \blacktriangledown$.) Das Objekt wird dann in den EquationWriter übernommen und der Cursor an das Ende des Ausdrucks gesetzt. Ist der Ausdruck größer als das Display, dann drücken Sie \blacktriangleleft **GRAPH** und \blacktriangleleft , damit das Anzeigefenster über den restlichen Ausdruck hinweg rollt.

Beachten Sie, daß der HP 48 — je nach Größe und Komplexität des Objektes — mehr als eine Minute für den Aufbau der Anzeige im EquationWriter benötigen kann.

Bearbeiten von Gleichungen

Es stehen Ihnen für die Bearbeitung im EquationWriter verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung:

- Bearbeitung mit der Rückschritttaste
- Bearbeitung in der Befehlszeile
- Einfügen eines Objektes aus dem Stack in die Gleichung
- Ersetzen eines Teilausdrucks durch ein algebraisches Objekt aus dem Stack.

Bearbeitung mit der Rückschritttaste

Wenn Sie einen Fehler bei der Eingabe eines Ausdrucks in den EquationWriter machen, können Sie jederzeit \leftarrow drücken, um mit dem Cursor zu dem Fehler zurückzugehen. Dabei werden die Zeichen gelöscht. Beachten Sie jedoch, daß das Zurückgehen in einen abgeschlossenen Teilausdruck (ein Teilausdruck, der mit \rightarrow beendet wurde) oder über einen Funktionsnamen hinweg sehr langsam vor sich geht. Die Rückschritttaste wird gewöhnlich nur für falsch getippte Zeichen oder Ziffern sinnvoll sein. Für umfangreichere Veränderungen sollten Sie die Bearbeitung in der Befehlszeile verwenden, die im nächsten Abschnitt beschrieben wird.

Beispiel: Bearbeitung mit der Rückschritttaste. Tippen Sie folgenden Ausdruck ein:

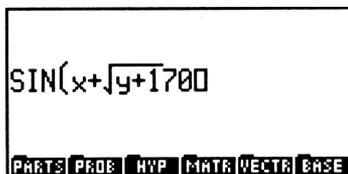
$$\sin(x + \sqrt{y + 180} + z)$$

Aktivieren Sie den EquationWriter und beginnen Sie den Ausdruck. Tippen Sie “versehentlich” 170 statt 180.

\leftarrow EQUATION

SIN x +

\sqrt{x} y + 170



Gehen Sie mit der Rückschrittaste zu \leftarrow zurück, tippen Sie die richtige Zahl ein, und beenden Sie den Teilausdruck.

\leftarrow \leftarrow
80 \rightarrow

SIN(x+ $\sqrt{y+180}$) \square

PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE

Schließen Sie den Ausdruck ab.

\leftarrow z \rightarrow

SIN(x+ $\sqrt{y+180+z}$) \square

PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE

Bearbeitung in der Befehlszeile

Sie können eine ganze Gleichung oder einen Teil davon in der Befehlszeile überarbeiten und sie dann in der geänderten Form zurück in den EquationWriter geben.

Bearbeitung einer ganzen Gleichung. Drücken Sie \leftarrow [EDIT], um die gesamte Gleichung in die Befehlszeile zu schreiben. Wenn die Gleichung mit einem Teilausdruck endet, der Argumente benötigt, müssen diese vor dem Drücken von \leftarrow [EDIT] eingegeben werden.

Beispiel: Bearbeitung in der Befehlszeile. Tippen Sie folgenden Ausdruck ein:

$$\sum_{i=1}^{50} \sin(2\pi^i)$$

Aktivieren Sie den EquationWriter und tippen Sie den Ausdruck ein. Nennen Sie den Reihenindex "versehentlich" H statt I.

\leftarrow [EQUATION]
 \rightarrow Σ
H \rightarrow 1 \rightarrow 50 \rightarrow
[SIN] 2 \leftarrow π \rightarrow y^2

$\sum_{H=1}^{50} \text{SIN}(2 \cdot \pi^H)$ \square

PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE

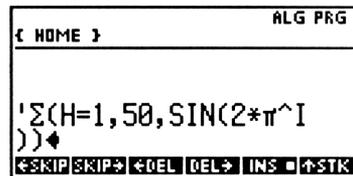
Nehmen Sie an, Sie entdecken an dieser Stelle, daß Sie H in I ändern müssen. Versuchen Sie, \leftarrow [EDIT] zu aktivieren.

\leftarrow [EDIT]



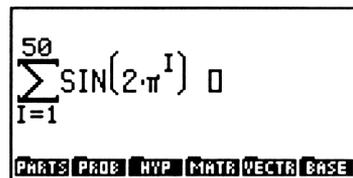
Der EquationWriter zeigt kurz die Meldung *Incomplete Subexpression* und läßt den Cursor am Ende der Gleichung stehen. Tippen Sie den Index I ein, und drücken Sie dann \rightarrow . Jetzt drücken Sie \leftarrow [EDIT]. (Der HP 48 benötigt einige Sekunden für die Ausgabe des Ausdrucks in die Befehlszeile.)

I \rightarrow \leftarrow [EDIT]



Ändern Sie H in I, und geben Sie den Ausdruck in den EquationWriter zurück. (Der HP 48 benötigt dafür etwa 10 Sekunden.)

\uparrow \rightarrow [DEL] I
[ENTER]



Die Auswahl-Umgebung. Die *Auswahlumgebung* ist ein besonderer Teil des EquationWriters, der dazu dient, einen Teilausdruck innerhalb der Gleichung anzugeben. Diese wird durch Drücken von \leftarrow innerhalb des EquationWriters aktiviert. In den folgenden Abschnitten erfahren Sie, wie die Auswahlumgebung zur Auswahl eines Teilausdrucks, der nachträglich bearbeitet werden soll, verwendet wird. Ein *Teilausdruck* besteht aus einer Funktion und ihrem Argument. Die Funktion, die einen Teilausdruck definiert, heißt *Hauptfunktion* dieses Teilausdrucks. Ein Beispiel: In dem Ausdruck 'A+B*C/D', ist * die Hauptfunktion des Teilausdrucks 'B*C', / die Hauptfunktion des Teilausdrucks 'B*C/D' und + die Hauptfunktion des Teilausdrucks 'A+B*C/D'.

Im letzten Abschnitt dieses Kapitels, "Eine Vorschau auf das Anwendungsprogramm RULES", sehen Sie, wie die Auswahlumgebung

zur Auswahl eines Teilausdrucks benutzt wird, der nachträglich durch das Anwendungsprogramm RULES algebraisch umgestellt werden soll.

Bearbeiten eines Teilausdrucks. Mit der Auswahlumgebung können Sie einen Teilausdruck in einer Gleichung angeben, der dann in der Befehlszeile bearbeitet werden soll:

1. Wenn die Gleichung mit einem Teilausdruck endet, dessen Argumente noch nicht eingetippt wurden, dann tippen Sie diese zunächst ein.
2. Drücken Sie \leftarrow . Dies aktiviert das Auswahlmenü und den *Auswahl-Cursor*. Der Cursor hebt zunächst das letzte Objekt in der Gleichung hervor.
3. Benutzen Sie die Cursortasten, um den Auswahl-Cursor auf die Hauptfunktion des Teilausdrucks zu setzen, den Sie bearbeiten wollen. Sie können jederzeit EXPR drücken, um den dazugehörigen Teilausdruck hervorheben zu lassen. (Sie können übrigens auch ein einzelnes Objekt, z.B. einen Namen, als "Teilausdruck" angeben.)
4. Wenn der Auswahl-Cursor an der gewünschten Stelle steht, dann drücken Sie EDIT . Der Teilausdruck wird zur Bearbeitung in die Befehlszeile gegeben.
5. Drücken Sie nach der Bearbeitung ENTER , um den geänderten Teilausdruck wieder an seine Stelle in der ursprünglichen Gleichung zurückzugeben.

Beispiel: Bearbeiten eines Teilausdrucks. Tippen Sie folgenden Ausdruck ein:

$$\tan \frac{4}{x} \int_0^1 x^y dx$$

Aktivieren Sie den EquationWriter und beginnen Sie den Ausdruck. Drücken Sie im Argument für TAN "versehentlich" \otimes statt \ominus .

\leftarrow EQUATION
 TAN 4 \otimes X \rightarrow
 \rightarrow \int 0 \rightarrow 1 \rightarrow

TAN(4X) · \int_0^1 \square
 PARTS PROB HYP MATH VECTR BASE

An dieser Stelle bemerken Sie den Fehler. Sie müssen jedoch die restlichen Argumente des Teilausdrucks für das Integral noch eingeben, bevor Sie das Auswahlmü und den Auswahl-Cursor aktivieren können.

X y^x Y \blacktriangleright \blacktriangleright X

$$\text{TAN}(4X) \cdot \int_0^1 X^Y dX$$

PARTS PROB NWP MATR VECTB BASE

Aktivieren Sie jetzt das Auswahlmü und den Cursor. Bewegen Sie den Cursor dann auf das falsche \cdot .



dann \blacktriangleleft 7 Mal

$$\text{TAN}(4X) \cdot \int_0^1 X^Y dX$$

RULES EDIT EXPR SUB REPL EXIT

Heben Sie den Teilausdruck, dessen Hauptfunktion \cdot ist, hervor.

EXPR

$$\text{TAN}(4X) \cdot \int_0^1 X^Y dX$$

RULES EDIT EXPR SUB REPL EXIT

(Sie können nochmals EXPR drücken, um die Hervorhebung zu löschen.) Drücken Sie für dieses Beispiel jetzt EDIT, um den Teilausdruck zur Bearbeitung in die Befehlszeile zu geben. (EDIT gibt immer den Teilausdruck in die Befehlszeile, unabhängig davon, ob die Hervorhebung für Objekte oder Teilausdrücke eingeschaltet ist.)

EDIT

{ HOME } ALG PRG

$$4 * X$$

SKIP DEL INS STK

Ersetzen Sie * durch /, und drücken Sie **ENTER**. Dadurch wird der überarbeitete Teilausdruck zurück in die Gleichung übernommen. (Der HP 48 benötigt etwa 15 Sekunden, um die Gleichung wieder im EquationWriter darzustellen.)



$$\text{TAN}\left(\frac{4}{X}\right) \cdot \int_0^1 X^Y dX$$

Der Auswahl-Cursor steht jetzt auf dem Bruchstrich. Drücken Sie **EXIT**, um die Auswahl-Umgebung zu verlassen. Nach etwa 10 Sekunden erscheint wieder der normale Cursor am Ende der Gleichung, und es wird das letzte Menü wieder angezeigt.

EXIT

$$\text{TAN}\left(\frac{4}{X}\right) \cdot \int_0^1 X^Y dX \quad \square$$

Einfügen eines Objektes aus dem Stack

Zusätzlich zu der Bearbeitung mit der Rückschritttaste und der Befehlszeile können Sie im EquationWriter ein Objekt aus dem Stack an der aktuellen Cursorposition in eine Gleichung *einfügen*. Folgende Objekte können eingefügt werden:

- ein Name
- eine reelle Zahl
- eine komplexe Zahl
- ein algebraisches Objekt
- eine Zeichenkette

Drücken Sie **→** **RCL**, um ein Objekt aus Ebene 1 in eine Gleichung einzufügen. Das Objekt wird an der Cursorposition eingefügt. Begrenzungszeichen für Namen, algebraische Objekte und Zeichenketten werden automatisch entfernt.

Beispiel: Einfügen eines Objektes aus dem Stack. Teil 1. Geben Sie den Ausdruck 'X^2-Y' ein, und kopieren Sie ihn dann mit der Tastenfolge:

$\boxed{\text{X}} \boxed{y^x} \boxed{2} \boxed{-} \boxed{Y} \boxed{\text{ENTER}} \boxed{\text{ENTER}}$

Teil 2. Geben Sie folgenden Ausdruck mit Hilfe des EquationWriters ein:

$$\int_0^{10} x^2 - y \, dx + \frac{x^2 - y}{2}$$

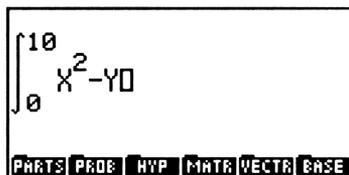
Aktivieren Sie den EquationWriter, und tippen Sie das Integralzeichen und die Integrationsgrenzen ein.

$\boxed{\leftarrow} \boxed{\text{EQUATION}}$
 $\boxed{\int} \boxed{0} \boxed{\rightarrow} \boxed{10} \boxed{\rightarrow}$



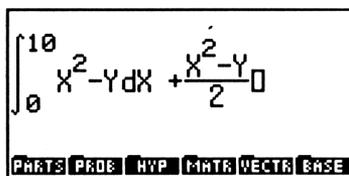
Drücken Sie $\boxed{\rightarrow} \boxed{\text{RCL}}$, um den Integranden in den Ausdruck einzusetzen. Der HP 48 benötigt dafür etwa 5 Sekunden.

$\boxed{\rightarrow} \boxed{\text{RCL}}$



Vervollständigen Sie den Teilausdruck. Tippen Sie dann den restlichen Ausdruck ein, und verwenden Sie hierbei $\boxed{\rightarrow} \boxed{\text{RCL}}$ zum Einsetzen des Terms bei dessen zweitem Auftreten.

$\boxed{\rightarrow} \boxed{\text{X}} \boxed{\rightarrow}$
 $\boxed{+} \boxed{\uparrow} \boxed{\rightarrow} \boxed{\text{RCL}} \boxed{\rightarrow}$
 $2 \boxed{\rightarrow}$



Ersetzen eines Teilausdrucks durch ein algebraisches Objekt aus dem Stack

Zum *Ersetzen* eines Teilausdrucks durch ein algebraisches Objekte, das sich gerade in Ebene 1 des Stacks befindet, gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Wenn die Gleichung mit einem Teilausdruck endet, dessen Argumente noch nicht eingegeben sind, müssen Sie diese zunächst eingeben.
2. Drücken Sie , um das Auswahlmü und den Auswahl-Cursor zu aktivieren.
3. Verwenden Sie die Cursortasten, um den Auswahl-Cursor auf die Hauptfunktion des Teilausdrucks, den Sie ersetzen möchten, zu setzen.
4. Sie können jederzeit **EXPR** drücken, damit der dazugehörige Teilausdruck hervorgehoben wird.
5. Drücken Sie **REPL**. Das algebraische Objekt aus Ebene 1 ersetzt den bezeichneten Teilausdruck.

Eine Vorschau auf das Anwendungsprogramm RULES

In Kapitel 22, “Algebra”, werden Sie detailliert mit dem Anwendungsprogramm RULES Bekanntschaft machen: einer Gruppe von Operationen, die es Ihnen erlauben, algebraische Ausdrücke umzuformen, *ohne ihren Wert zu verändern*. RULES wird aus der Auswahl-Umgebung im EquationWriter aufgerufen.

Nehmen Sie an, Sie wollen folgende Gleichung nach der Variablen x auflösen:

$$ax = bx + c$$

Mit RULES können Sie diese Gleichung so umformen, daß x nur noch einmal vorkommt. Dann können Sie den Befehl ISOL im Menü ALGEBRA aufrufen, um die Gleichung nach x aufzulösen.

Aktivieren Sie den EquationWriter, und tippen Sie den Ausdruck ein.

EQUATION

A X =

B X C

A·X=B·X+C

PARTS PROS NVP MATH VECTB BASE

Aktivieren Sie das Auswahlmenü und den Auswahl-Cursor. Bewegen Sie diesen dann auf das Zeichen =.

dann 5 Mal

A·X=B·X+C

RULES EDIT EXPR SUB REPL EXIT

Wählen Sie das Menü RULES.

RULES

A·X=B·X+C

<T T> DNEG DINV *1 ^1

Bringen Sie den Term $B \cdot X$ auf die linke Seite des Gleichheitszeichens.

T

A·X-B·X=C

<T T> <M M> HF <>

Fassen Sie nun die beiden Terme links vom Gleichheitszeichen zusammen.

(A-B)·X=C

<T T> <M M> <D D>

Nun, da x nur noch einmal in der Gleichung vorkommt, geben Sie diese in den Stack, und wählen Sie das Menü ALGEBRA. Lösen Sie dann nach x auf.

ENTER

← ALGEBRA

X ISOL

|1: 'X=C/(A-B)'
COLT EXPN ISOL QUAD SHOW TAYLR

HP Solve



Mit dem Gleichungslöser HP Solve können Sie Gleichungen mit einer beliebigen Zahl von Variablen numerisch lösen. Dieser Vorgang kann so oft wie nötig wiederholt werden, wobei der Wert einer oder mehrerer Variablen in der Gleichung geändert werden oder die Gleichung nach einer anderen Variablen aufgelöst werden kann. Zusätzlich können Sie jederzeit den aktuellen Wert jeder Variablen aufrufen.

Beispiel: HP Solve. Die Bewegungsgleichung eines beschleunigten Körpers lautet:

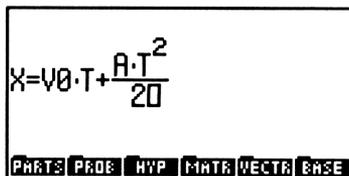
$$x = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

Berechnen Sie den Weg (x) den ein Körper in 4 Sekunden (t) zurücklegt, wenn seine Ausgangsgeschwindigkeit (v_0) 2 m/s beträgt und er mit 3 m/s² (a) beschleunigt wird.

(Dieses Beispiel setzt voraus, daß die Variablen X , $V0$, T und A im aktuellen Verzeichnis noch nicht existieren.)

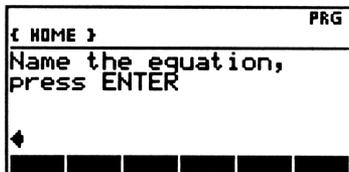
Tippen Sie die Gleichung mit Hilfe des EquationWriters ein.

X T
 A T 2
 2



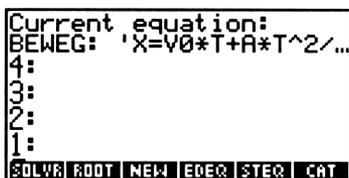
Speichern Sie die Gleichung als *aktuelle Gleichung*.

NEW



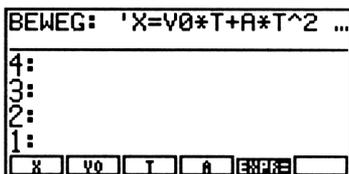
Der HP 48 fordert Sie auf, den Variablennamen einzugeben, und aktiviert die Alpha-Tastenbelegung. Geben Sie den Namen *BEWEG* ein.

BEWEG



Lassen Sie sich das Menü SOLVR anzeigen. Dieses Menü enthält ein Feld für jede Variable der Gleichung und zusätzlich ein Feld zum Auswerten der Gleichung.

SOLVR



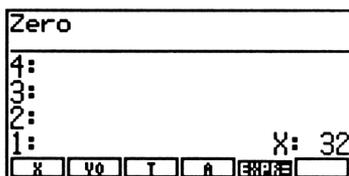
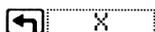
Verwenden Sie das Menü SOLVR, um 4 in *T* zu speichern.

4

T: 4 am oberen Rand des Displays zeigt an, daß 4 in *T* gespeichert wurde. Speichern Sie jetzt 2 in *V0* und 3 in *A*.

2
3

Wenn Sie nach einer Variablen *auflösen* wollen, drücken Sie \leftarrow vor deren Menütaste.



Der zurückgelegte Weg ist 32. Beachten Sie, daß die numerische Lösung mit dem Variablennamen markiert ist. Die Meldung ZERO in den Statuszeilen zeigt an, daß eine Nullstelle (Lösung) gefunden wurde.

Wenn der Gegenstand tatsächlich 40 Meter zurückgelegt hat, bei gleicher Anfangsgeschwindigkeit und Zeit, wie groß war dann seine Beschleunigung?



Beachten Sie, daß in Ebene 2 die Lösung für X aus der vorherigen Berechnung steht; dies ist *nicht* der aktuelle Wert für X . Wenn Sie alle aktuellen Werte sehen möchten, müssen Sie \leftarrow [REVIEW] drücken.



Beispiel: Verwenden von HP Solve mit dem Anwendungsprogramm PLOT. Berechnen Sie T bei $X = 30$ unter Verwendung der vorher gespeicherten Gleichung und der Werte $A = 4$ und $V0 = 2$. Da die Gleichung in T quadratisch ist, könnte es mehr als eine Lösung geben. Verwenden Sie also PLOT, um die Funktion grafisch darzustellen und die entsprechenden Nullstellen zu ermitteln.

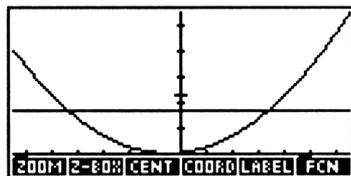
Speichern Sie den neuen Wert für X . Setzen Sie das Flag -30 , damit Sie in der Plotgrafik beide Seiten der Gleichung sehen können. Aktivieren Sie PLOT, wählen Sie FUNCTION als Plottyp, und setzen Sie die Plotparameter "auf ihre Standardeinstellung" zurück. Geben Sie T als unabhängige Variable an.

30 \boxed{X}
 30 $\boxed{+/-}$ $\boxed{\rightarrow}$ **MODES** **NXT** SF
 $\boxed{\leftarrow}$ **PLOT** PTYPE FUNC
 PLOTR **NXT** RESET
 $\boxed{\leftarrow}$ **PREV** $\boxed{0}$ T INDEP

```
Plot type: FUNCTION
BEWEG: 'X=V0*T+A*T^2/...
Indep: 'T'
x:      -6,5      6,5
y:      -3,1      3,2
ERRSE ORAM AUTO WANG WANG INDEP
```

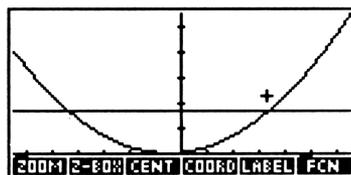
Zeichnen Sie den Graphen bei automatischer Skalierung der vertikalen Achse.

$\boxed{\text{AUTO}}$



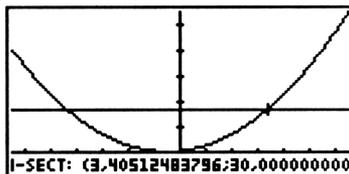
Der HP 48 zeichnet die linke und die rechte Seite der Gleichung. Da die linke Seite der Gleichung X ist und $X = 30$ ist, wird die linke Seite der Gleichung als waagerechte Gerade dargestellt. Die rechte Seite der Gleichung variiert mit T . Eine Lösung existiert dort, wo sich die linke und die rechte Seite schneiden (wo die linke und die rechte Seite gleich sind). Bewegen Sie den Grafik-Cursor in die Nähe des in x -Richtung positiven Schnittpunktes der beiden Kurven. (Siehe Abbildung unten.)

$\boxed{\blacktriangleright}$ (gedrückt halten)



Ermitteln Sie den Schnittpunkt (den Wert für T , der die linke Seite der Gleichung der rechten Seite gleichsetzt).

`FCN` `I SECT`



T beträgt etwa 3,41 (Sekunden).

Kehren Sie zur Stackanzeige zurück. Die Koordinaten des Schnittpunktes befinden sich in Ebene 1.

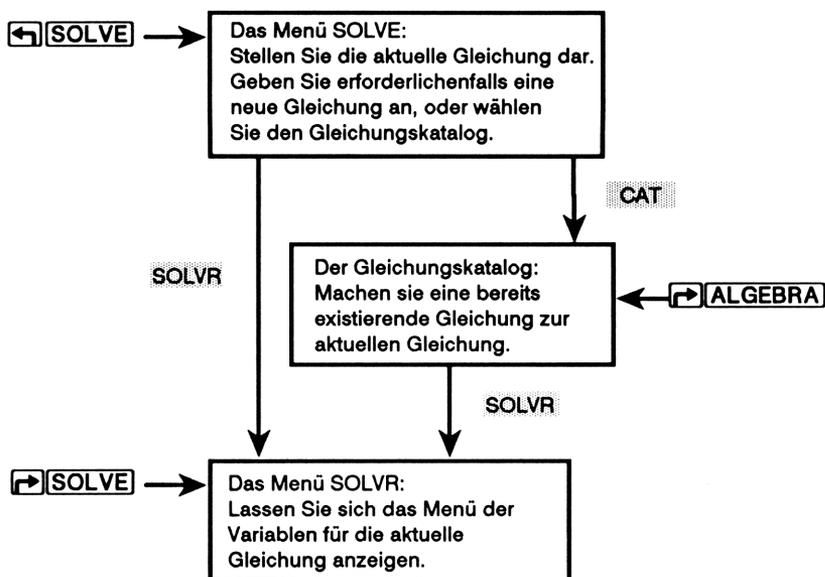
`ATTN` `ATTN`

```
1: I-sect:
  (3,40512483795; 29, ...
ERRS DRW AUTO WRNG WRNG INDR
```

Löschen Sie das Flag -30, indem Sie 30 `+/-` `→` `MODES` `NXT` `CF` drücken.

Die Struktur von HP Solve

HP Solve besteht aus zwei Menüs: dem Menü SOLVE und dem Menü SOLVR sowie der reservierten Variablen EQ , die die *aktuelle Gleichung* enthält, die Gleichung, die gelöst werden soll. Das Menü SOLVE wird zur Darstellung der aktuellen Gleichung oder zur Angabe einer neuen aktuellen Gleichung verwendet. Das Menü SOLVE gewährt Ihnen Zugang zum *Gleichungskatalog*, der zur Auswahl und Bearbeitung bereits existierender Gleichungen dient. Das Menü SOLVR zeigt die Variablen der aktuellen Gleichung. Sie können für jede Variable einen Wert angeben, ihren aktuellen Wert anschauen, oder Sie können nach ihr die Gleichung auflösen.



Gleichungen, Ausdrücke und Programme

HP Solve kann den numerischen Wert einer Variablen in folgenden Objekten ermitteln:

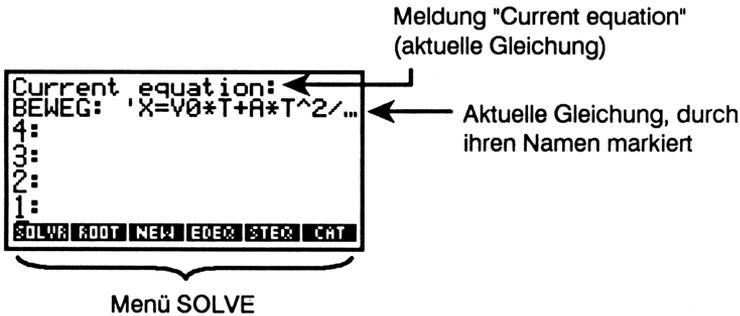
- algebraische Ausdrücke (z.B. ' $A+B+C$ '): Eine Lösung ist eine *Nullstelle* des Ausdrucks, ein Wert für die Unbekannte, bei der der Ausdruck den Wert 0 annimmt.
- Gleichungen: Eine Gleichung besteht aus zwei algebraischen Ausdrücken, die durch $=$ verbunden sind (z.B. ' $A+B=C$ '). Eine Lösung ist ein Wert für die Unbekannte, bei der beiden Seiten den gleichen Zahlenwert annehmen.
- Programme: Eine Lösung ist ein Wert für die Unbekannte, bei der das Programm 0 ausgibt.
- Listen von Ausdrücken, Gleichungen oder Programmen.

Innerhalb des gesamten Kapitels bezeichnet der Ausdruck "Gleichung" alle Objekte, die zum Erzeugen eines Menüs SOLVR verwendet werden: algebraische Ausdrücke und Gleichungen, Programme und Listen von Ausdrücken, Gleichungen oder Programmen.

Das Menü SOLVE: Angabe der aktuellen Gleichung

Drücken Sie \leftarrow [SOLVE], um sich das Menü SOLVE und die zweizeilige Statusmeldung über die aktuelle Gleichung anzeigen zu lassen. Der Meldung können Sie folgendes entnehmen:

- Sie zeigt entweder an, daß es keine aktuelle Gleichung gibt: in diesem Fall werden Hinweise zur Eingabe einer neuen Gleichung gegeben.
- Oder Sie zeigt die aktuelle Gleichung und deren Namen an.



Wenn Sie mit der in den Statuszeilen angezeigten Gleichung arbeiten wollen, können Sie sofort das Menü SOLVR aufrufen. Andernfalls können Sie die Operationen im Menü SOLVE zur Bearbeitung der aktuellen Gleichung, zur Eingabe einer neuen Gleichung oder zur Auswahl einer Gleichung aus dem Gleichungskatalog verwenden.

Das Menü SOLVE

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
↶ SOLVE :		
SOLVR		Aktiviert das Menü mit Variablen der aktuellen Gleichung
ROOT	ROOT	Löst eine Gleichung (in Ebene 3) nach einer Unbekannten (in Ebene 2) unter Verwendung der Näherungen in Ebene 1. ROOT ist besonders nützlich innerhalb von Programmen.
NEW		Entnimmt die Gleichung aus Ebene 1, fordert zur Eingabe eines Variablennamens auf, speichert die Gleichung in dieser Variablen ab und macht die Gleichung in dieser Variablen zur <i>aktuellen Gleichung</i> .
EDEQ		Schreibt die aktuelle Gleichung zum Bearbeiten in die Befehlszeile. ENTER macht die überarbeitete Fassung zur aktuellen Gleichung und speichert diese in die Variable zurück. ATTN bricht die Bearbeitung ab, ohne die Gleichung zu verändern.
STEQ	STEQ	Speichert die Gleichung in Ebene 1 als aktuelle Gleichung.
↷ STEQ	RCEQ	Legt die aktuelle Gleichung in Ebene 1 ab.

Das Menü SOLVE (Fortsetzung)

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
CAT ← REVIEW		Aktiviert den Gleichungskatalog. Zeigt die Statusmeldung wieder an.

Der nächste Abschnitt, "Eingabe einer neuen aktuellen Gleichung", erläutert, wie eine *neue* aktuelle Gleichung erzeugt wird. Im darauffolgenden Abschnitt, "Der Gleichungskatalog: Auswählen und Bearbeiten bereits existierender Gleichungen", wird der Gleichungskatalog beschrieben und erklärt, wie die aktuelle Gleichung aus der Liste von Gleichungen im Katalog ausgewählt wird.

Eingabe einer neuen aktuellen Gleichung

Eine neue aktuelle Gleichung können Sie entweder mit **NEW** oder mit STEQ eingeben. **NEW** hilft Ihnen bei der Eingabe und Benennung einer neuen aktuellen Gleichung durch entsprechende Hinweise. STEQ ist nützlich, um eine Gleichung in der Variablen EQ zu speichern, ohne daß sie einen Namen erhält.

Eingabe einer neuen aktuellen Gleichung mit NEW.

1. Tippen Sie die Gleichung mit Hilfe des EquationWriters oder in die Befehlszeile ein. Bei Verwendung des EquationWriters müssen Sie **ENTER** drücken, damit die Gleichung in Ebene 1 übertragen wird.
2. Drücken Sie **← SOLVE NEW**. Dadurch wird die Alpha-Tastenbelegung aktiviert, und Sie werden aufgefordert, einen Variablennamen einzugeben.
3. Tippen Sie einen Namen für Ihre Gleichung ein, und drücken Sie **ENTER**. Der Variablenname wird in EQ und die Gleichung selbst in der Variablen abgespeichert. (Wenn Sie einfach nur **ENTER** drücken, ohne einen Namen anzugeben, wird die eigentliche Gleichung direkt in EQ abgespeichert.)

Ist die "Gleichung" eine Liste oder ein Programm, fügt **NEW** Ihrer Eingabe automatisch **.EQ** hinzu.* automatisch im Gleichungskatalog gespeichert. (**NEW** fügt noch den "." hinzu, so daß solche Namen leichter lesbar sind.)

Beispiel: Eingabe einer aktuellen Gleichung mit NEW. Die folgende Gleichung berechnet die Schallgeschwindigkeit in Gasen:

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$$

Verwenden Sie **NEW**, um die Gleichung zu benennen und sie zur aktuellen Gleichung zu machen.

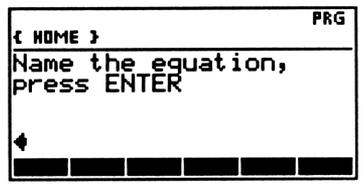
Aktivieren Sie den EquationWriter, und tippen Sie die Gleichung ein. (Für γ müssen Sie **α** **→** **MTH** drücken.)

← **EQUATION**
 v **←** **=** **√x**
 γ **α** **R** **α** **T** **÷** **M**



Geben Sie die Gleichung ein, wählen Sie das Menü SOLVE, und führen Sie **NEW** aus.

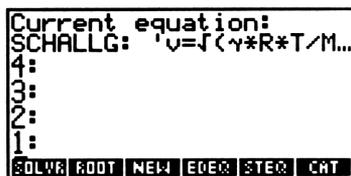
ENTER
← **SOLVE** **NEW**



* Ist ".", als Dezimaltrennzeichen eingestellt, fügt **NEW** **.EQ** hinzu.

Nennen Sie die Gleichung SCHALLG, und machen Sie sie zur aktuellen Gleichung. Sie brauchen nicht α zu drücken, da **NEW** so lange in den Alpha-Eingabemodus umschaltet, bis Sie **ENTER** betätigen.

SCHALLG **ENTER**



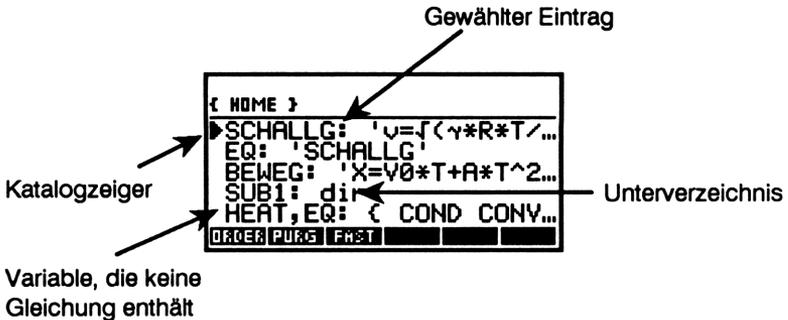
Eingabe einer aktuellen Gleichung mit STEQ. Der Befehl STEQ speichert die Gleichung (oder deren Namen) aus der Stackebene 1 direkt in EQ. Beachten Sie, daß eine unbenannte Gleichung in EQ beim nächsten Mal, wenn Sie eine neue Gleichung in EQ speichern, verloren geht.

Der Gleichungskatalog: Auswahl und Bearbeitung bereits existierender Gleichungen

Der Gleichungskatalog ist eine besondere Umgebung zur Bearbeitung bereits existierender Gleichungen. Im Gleichungskatalog wird die Stackanzeige durch eine Auflistung aller benannten Gleichungen im aktuellen Verzeichnis ersetzt und die Tastatur für den Aufruf spezieller Operationen umdefiniert. Mit diesen Operationen können Sie die aktuelle Gleichung auswählen oder bereits vorhandene Gleichungen kombinieren, bearbeiten, umsortieren oder löschen. Der Gleichungskatalog enthält zusätzlich zu benannten algebraischen Objekten alle Variablen, die mit EQ enden sowie alle Verzeichnisse, für die das aktuelle Verzeichnis das übergeordnete Verzeichnis ist.

HP Solve teilt sich den Gleichungskatalog mit dem Anwendungsprogramm PLOT, das in Kapitel 18 beschrieben wird. Verweise auf PLOT werden Sie innerhalb dieses Kapitels noch mehrfach finden.

Der Gleichungskatalog wird mit \leftarrow **SOLVE** **CAT**, \leftarrow **PLOT** **CAT** oder \rightarrow **ALGEBRA** aktiviert.



Bewegen Sie den Zeiger mit **▲** und **▼** auf die gewünschte Gleichung oder das gewünschte Unterverzeichnis. Die Operationen im Gleichungskatalog beziehen sich immer auf den so gewählten Eintrag.

Operationen im Gleichungskatalog

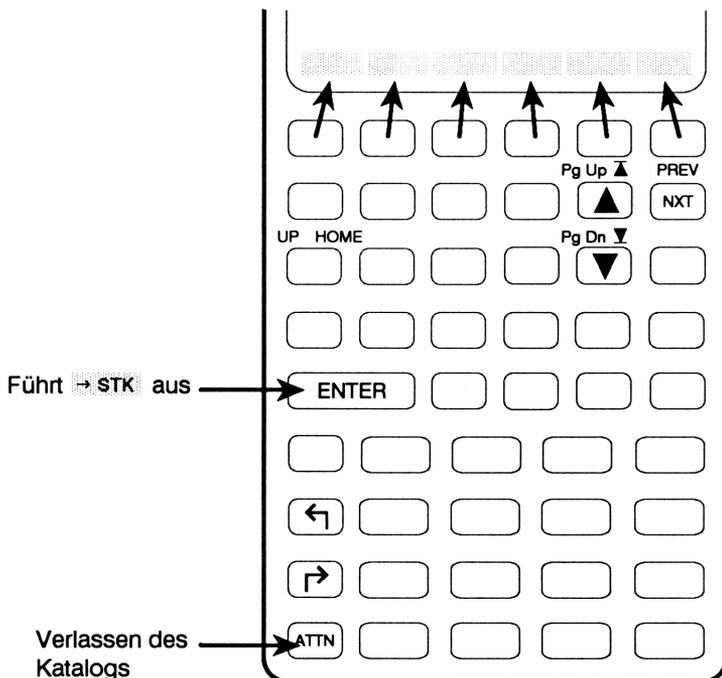
PLOTR	Macht den gewählten Eintrag zur aktuellen Gleichung und zeigt das Menü PLOTR an.
SOLVR	Macht den gewählten Eintrag zur aktuellen Gleichung und zeigt das Menü mit deren Variablen an.
EQ+	Fügt den gewählten Eintrag einer Liste von Gleichungen hinzu oder erzeugt eine solche (siehe Seite 294). (← EQ+ entfernt die letzte Eintragung aus der Liste.)
EDIT	Schreibt den gewählten Eintrag zur Bearbeitung in die Befehlszeile. Drücken Sie nach Beendigung der Bearbeitung ENTER . Mit ATTN wird die Bearbeitung abgebrochen, ohne daß die vorgenommenen Änderungen gespeichert werden.
→STK	Kopiert den gewählten Eintrag in den Stack.

Operationen im Gleichungskatalog (Fortsetzung)

VIEW	Löscht das Display und zeigt <i>nur</i> den gewählten Eintrag ohne dessen Namen an, bis die Taste losgelassen wird. Ist der gewählte Eintrag ein Verzeichnis, schaltet VIEW in dieses Verzeichnis um.
ORDER	Macht den gewählten Eintrag zum ersten Eintrag im Katalog. Wenn Sie eine Liste mit n Gleichungen mit EQ+ erzeugen, macht ORDER diese Gleichungen zu den n ersten Einträgen im Katalog.
PURG	Löscht den gewählten Eintrag aus dem Katalog (und aus dem aktuellen Verzeichnis).
FAST	Das Aktivieren von FAST zeigt die Namen im Katalog (und in Statusmeldungen) ohne deren Inhalt an. (Durch FAST wird das Flag -59 gesetzt. Das gilt auch umgekehrt.) FAST ist nützlich, wenn der Katalog viele umfangreiche Gleichungen enthält, da das Anzeigen solcher Gleichungen sehr zeitraubend ist.
	Bewegt den Katalogzeiger eine Ebene nach oben. Wenn Sie zuvor  drücken, wird der Katalogzeiger eine Seite nach oben bewegt ( PgUp in der nachstehenden Abbildung). Wenn Sie zuvor  drücken, wird der Katalogzeiger an den Anfang des Katalogs gesetzt (  in der nachstehenden Abbildung).
	Bewegt den Katalogzeiger eine Ebene nach unten. Wenn Sie zuvor  drücken, wird der Katalogzeiger eine Seite nach unten bewegt ( PgDn in der nachstehenden Abbildung). Wenn Sie zuvor  drücken, wird der Katalogzeiger ans Ende des Katalogs gesetzt (  in der nachstehenden Abbildung).

Operationen im Gleichungskatalog (Fortsetzung)

ATTN	Dient zum Verlassen des Katalogs.
ENTER	Führt →STK aus (kopiert die gewählte <i>Gleichung</i> in den Stack). Ist der gewählte Eintrag ein <i>Verzeichnis</i> , schaltet der Gleichungskatalog in dieses Verzeichnis um.
↶ UP	Schaltet in den Gleichungskatalog des übergeordneten Verzeichnisses um.
↷ HOME	Schaltet in den Gleichungskatalog des Verzeichnisses <i>HOME</i> um.



Beispiel: Verwenden des Gleichungskatalogs zur Angabe der aktuellen Gleichung. Verwenden Sie den Gleichungskatalog, um BEWEG als aktuelle Gleichung auszuwählen und sich deren Variablenmenü anzeigen zu lassen.

Aktivieren Sie HP Solve und dann den Gleichungskatalog.

 SOLVE CAT

```

{ HOME }
▶SCHALLG: 'v=√(γ*R*T/...
EQ: 'SCHALLG'
BEWEG: 'X=V0*T+A*T^2...'
PLOTR SOLVR EQ+ EDIT →STR VIEW
    
```

Bewegen Sie den Zeiger, falls erforderlich, auf BEWEG. Machen Sie diese zur aktuellen Gleichung, und lassen Sie sich deren Variablenmenü anzeigen.

( falls erforderlich.) SOLVR

```

BEWEG: 'X=V0*T+A*T^2 ...
4:
3:
2:
1:
X V0 T A EXP=
    
```

Beachten Sie, daß der gewählte Eintrag erst in dem Moment zur aktuellen Gleichung wird, in dem Sie SOLVR oder PLOTR drücken.

Verlassen des Katalogs. Das vorstehende Beispiel zeigt, wie man im Gleichungskatalog mit SOLVR den Katalog verläßt, den gewählten Eintrag zur aktuellen Gleichung macht und sich das Menü SOLVR anzeigen läßt. Mit PLOTR (im Gleichungskatalog) verläßt man den Katalog, macht den gewählten Eintrag zur aktuellen Gleichung und läßt sich das Menü PLOTR (Beschreibung siehe Kapitel 18) anzeigen.

Drücken Sie **ATTN**, um den Gleichungskatalog zu verlassen und zum Menü SOLVE (oder PLOT) zurückzukehren, ohne den Inhalt von EQ zu ändern.

Das Menü SOLVR: Lösen der aktuellen Gleichung

Sie können sich das Menü SOLVR (das Menü mit den Variablen der aktuellen Gleichung) auf drei Arten anzeigen lassen:

- durch Drücken von **SOLVR** im Menü SOLVE oder im Gleichungskatalog
- durch Drücken von **→** **SOLVE** in jedem beliebigen Menü.

Das Menü SOLVR enthält folgende Menüfelder:

- eine Menütaste für jede Variable der aktuellen Gleichung. (Weitere Informationen finden Sie im Abschnitt “Wie das Variablenmenü erzeugt wird” auf Seite 301). Die Buchstaben in diesen Menüfeldern sind schwarz vor hellem Hintergrund. Dadurch werden die Variablen in HP Solve von den Variablen im Menü VAR unterschieden.
- die Taste **EXPR=**, die weiter unten in diesem Abschnitt behandelt wird.

Die Menütasten für die Variablen in Gleichungen arbeiten anders als Menütasten in VAR oder CST:

- Nicht umgeschaltet *speichert* die Taste den Wert aus der Befehlszeile oder aus Stackebene 1 in der entsprechenden Variablen.
- Links umgeschaltet *löst* die Taste die Gleichung nach der entsprechenden Variablen auf, wobei das Ergebnis mit einer Markierung in Ebene 1 ausgegeben wird.
- Rechts umgeschaltet *schreibt* die Taste den Wert der entsprechenden Variablen in Ebene 1.

Das Menü SOLVR bleibt so lange unverändert, bis eine neue aktuelle Gleichung aufgerufen wird.

Beispiel: Grundlegende Verwendung von HP Solve. Die Gleichung für einen einfachen Stromkreis lautet

$$U = IR$$

wobei U die Spannung, I der Strom und R der Widerstand in diesem Stromkreis ist. Verwenden Sie HP Solve zur Ermittlung des Wertes für I , wenn U 10 Volt und R 20 Ohm beträgt.

(Dieses Beispiel setzt voraus, daß die Variablen U , I und R im aktuellen Verzeichnis noch nicht existieren.)

Aktivieren Sie HP Solve, und geben Sie dann die Gleichung ein.
Verwenden Sie **NEW**, um die Gleichung *ELEK* zu nennen und sie zur aktuellen Gleichung zu machen.

← SOLVE
U ← I × R
NEW ELEK (ENTER)

```
Current equation:
ELEK: 'U=I*R'
4:
3:
2:
1:
SOLVR ROOT NEW EDER STER CAT
```

Lassen Sie sich das Menü mit den Variablen der aktuellen Gleichung anzeigen.

SOLVR

```
ELEK: 'U=I*R'
4:
3:
2:
1:
U I R EDER STER CAT
```

Geben Sie die bekannten Werte ein, und lösen Sie nach der Unbekannten auf.

10 **U**
 20 **R**
← I

```
Zero
4:
3:
2:
1: I: ,5
U I R EDER STER CAT
```

Die Meldung **ZERO** in den Statuszeilen besagt, daß eine Nullstelle gefunden wurde. (Eine Beschreibung der Meldungen von HP Solve finden Sie in "Interpretation der Lösungen" auf Seite 301.)

Wenn bei dem eben berechneten Wert für I der Widerstand $R = 30$ Ohm ist, wie groß ist dann U ?

Speichern Sie den neuen Wert für R , und lösen Sie dann nach U auf.

30 **R**
← U

```
Zero
4:
3:
2: I: ,5
1: U: 15
U I R EDER STER CAT
```

Rufen Sie jetzt die Werte aller Variablen auf.

 **REVIEW**

```
ELEK: 'U=I*R'  
U: 15  
I: 5  
R: 30
```



Verwendung von **EXPR=**

EXPR= gibt einen oder zwei Werte aus, abhängig von der Art der aktuellen Gleichung:

- Bei einem algebraischen Ausdruck oder einem Programm gibt **EXPR=** das markierte Ergebnis **EXPR: Wert** in Ebene 1 aus.
- Bei einer Gleichung gibt **EXPR=** zwei markierte Ergebnisse aus:
LEFT: Wert links vom Gleichheitszeichen in Ebene 2 und
RIGHT: Wert rechts vom Gleichheitszeichen in Ebene 1.

Überprüfen von Ergebnissen mit **EXPR=.** Eine wichtige Anwendung für **EXPR=** stellt die Überprüfung der von HP Solve gelieferten Lösungen (*Nullstellen*) auf ihre Genauigkeit dar. Für einen Ausdruck gilt: Je näher das durch **EXPR=** ermittelte Ergebnis bei Null liegt, desto wahrscheinlicher ist es, daß HP Solve eine Nullstelle gefunden hat. Für eine Gleichung gilt: Je näher die beiden durch **EXPR=** ermittelten Ergebnisse beieinander liegen, desto wahrscheinlicher ist es, daß HP Solve eine Nullstelle gefunden hat. Weitere Informationen finden Sie in "Interpretation der Lösungen" aus Seite 301.

Beispiel: Verwenden von **EXPR= zum Überprüfen eines Ergebnisses.** Verwenden Sie **EXPR=**, um beide Seiten der Gleichung aus dem vorherigen Beispiel auszuwerten.

Es sei vorausgesetzt, daß **ELEK** immer noch aktuelle Gleichung ist. Aktivieren Sie direkt das Menü **SOLVR**, und werten Sie die Gleichung aus.

 **SOLVE**
EXPR=

```
2: LEFT: 15  
1: RIGHT: 15
```



Die linke und die rechte Seite der Gleichung ergeben jeweils genau 15. Dadurch wird angezeigt, daß HP Solve eine Nullstelle gefunden hat.

Bestimmen von Näherungswerten

Sie können für die unbekannte Variable eine oder zwei Näherungen angeben, bevor Sie sie lösen. Zum Abspeichern einer Näherung muß ein Wert in der Unbekannten gespeichert werden (drücken Sie die nicht umgeschaltete Menütaste). Zwei oder mehr Näherungswerte zum Eingrenzen einer gewünschten Lösung müssen in einer Liste abgespeichert werden. Ein Beispiel: { 0 10 } speichert 0 und 10 als Näherungswerte für die Unbekannte X.

Gute Näherungswerte helfen auf zweierlei Weise:

- Wenn es mehr als eine Lösung gibt, geben Näherungen vor, welche Lösung ermittelt wird.
- Gute Näherungen verkürzen die Zeit, die zur Ermittlung einer Lösung benötigt wird.

Weitere Informationen finden Sie Abschnitt “Wie der Lösungsalgorithmus Anfangsnäherungen verwendet” auf Seite 331.

Lösen von Gleichungen mit PLOT

Mit PLOT ermitteln Sie die Lösung oder Lösungen einer Gleichung, indem Sie direkt mit einer grafischen Darstellung der Gleichung arbeiten. Diese Fähigkeit ist von großem Wert, wenn Sie nicht wissen, wie die Gleichung innerhalb eines bestimmten Wertebereichs aussieht. Probleme können insbesondere in folgenden Fällen auftreten:

- Eine Gleichung hat mehrere Lösungen: HP Solve findet nur eine Lösung. Sie können dann zusätzliche Näherungen angeben, die als Ausgangswerte für Lösungen in anderen Bereichen der Gleichung dienen.
- Die Gleichung kann lokale Minima oder Maxima haben: HP Solve gibt ein lokales Minimum oder Maximum als Lösung an, wenn die von Ihnen angegebenen Näherungen den Lösungsalgorithmus direkt in diesen Bereich einer Gleichung lenken, auch dann, wenn die Gleichung echte Lösungen (Nullstellen) in anderen Bereichen hat.

Mit PLOT können Sie die Gleichung grafisch darstellen und dann eine passende Näherung angeben, indem Sie den speziellen Grafikcursor direkt in den Bereich der Gleichung setzen, in dem sich die gewünschte Lösung befindet.

Weitere Informationen finden Sie im Abschnitt "Funktionsanalyse" auf Seite 331 in Kapitel 18.

Wann ist HP Solve, wann ist PLOT besser geeignet? HP Solve bietet folgende Vorteile:

- Sie können Werte für bekannte Variable einfach abspeichern und dann nach der Unbekannten lösen, und Sie können die Variable, die die Unbekannte sein soll, leicht ändern. (Bei PLOT müssen Sie den Befehl INDEP zur Angabe der unbekannt Variablen verwenden, und Sie müssen den Graphen für jede Änderung der Unbekannten jedes Mal neu erstellen.)
- Sie können die Werte für die Variablen der Gleichung jederzeit anschauen.

PLOT verfügt über folgende Vorteile:

- Sie können sehen, ob eine Gleichung mehrere Lösungen oder lokale Extrema besitzt.
- Sie können die Anwendung direkt durch einfaches Bewegen des Cursors auf eine bestimmte Lösung lenken. Dies ist leichter, als numerische Näherungen eingeben zu müssen.

Verwenden von HP Solve für Objekte mit Einheiten

Die aktuelle Gleichung und jede ihrer Variablen können Objekte mit Einheiten enthalten. Dabei gelten folgenden Richtlinien:

- Bevor mit dem Lösen begonnen werden kann, müssen alle Variablen zueinander passende Einheiten haben, *einschließlich der unbekannt Variablen*. Ein Beispiel: Wenn die Gleichung $Y = X/T$ lautet, und Sie 2_m in X und 3_s in T gespeichert haben, müssen Sie für Y einen Näherungswert mit den Dimensionen *Länge/Zeit* eingeben. Die Lösung wird in den dort angegebenen Einheiten berechnet. Sie könnten also eine Näherung von $1_m/yf$ angeben, dann würde die Lösung in Einheiten von m/yf berechnet werden.
- Wenn eine Variable ein Objekt mit Einheiten enthält, können Sie den numerischen Teil ändern, ohne daß die Einheit davon berührt wird. Ein Beispiel: Wenn X 2_m enthält, speichern die Tastendrucke 6

X

 6_m in X . In einer Liste mit zwei oder drei Näherungswerten muß eine der Näherungen die passenden Einheiten haben. (Wenn

mehr als eine Näherung Einheiten enthält, werden die Einheiten der letzten Näherung und nur die numerischen Teile der anderen Näherungen verwendet.)



Hinweis

Da Sie im Menü der Variablen den numerischen Teil eines Objektes mit Einheiten ändern können, ohne die Einheit zu beeinflussen, müssen Sie Variablen, die Objekte mit Einheiten enthalten, erst löschen, bevor Sie diese in

Gleichungen verwenden, die reine Zahlen enthalten sollen.

Beispiel: Verwenden von HP Solve mit Einheiten. Für die Berechnung der Kapazität C gilt folgende Formel

$$C = \frac{Q}{U}$$

Es sei $Q = 8.9 \times 10^{-6}$ Coulomb und $U = 57$ Volt.

(Dieses Beispiel setzt voraus, daß die Variablen C , Q und U im aktuellen Verzeichnis nicht existieren.)

Geben Sie die Gleichung ein, und geben Sie ihr einen Namen.

C Q U
 KAP
 SOLVR

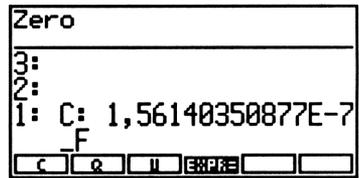
KAP: 'C=Q/U'	
4:	
3:	
2:	
1:	
	<input type="button" value="C"/> <input type="button" value="Q"/> <input type="button" value="U"/> <input type="button" value="ENTER"/>

Geben Sie die bekannten Werte ein, und speichern Sie sie dann.

57
 8.9 6

U: 57_V

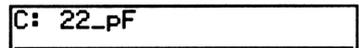
Speichern Sie einen Näherungswert, und lösen Sie nach der Unbekannten.



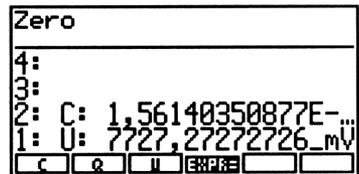
Die Lösung wird in Farad ausgegeben.

Lösen Sie die Aufgabe jetzt für U in Millivolt bei $C = 22$ Pikofarad und $Q = 1.7 \times 10^{-10}$ Coulomb.

Speichern Sie den neuen Wert für Q . Sie brauchen die Einheit nicht hinzuzufügen. Speichern Sie C mit der neuen Einheit.



Speichern Sie eine Näherung für U in Millivolt, und lösen Sie nach der Unbekannten.



Anpassen des Menüs SOLVR

Die Fähigkeiten des Menüs *CST* (Kapitel 15) können Sie auch dem Menü *SOLVR* verleihen. Dabei haben Sie folgende Möglichkeiten:

- Sie können angeben, welche Variablen der Gleichung im Menü *SOLVR* erscheinen sollen und in welcher Reihenfolge
- Sie können Menütasten im Menü *SOLVR* erzeugen, die verschiedene Objekte ausführen. Auf diese Weise können Sie Gleichungen lösen *und* dazugehörige Funktionen ausführen, ohne das Menü *SOLVR* verlassen zu müssen.

Ein angepaßtes Menü SOLVR wird folgendermaßen erzeugt:

1. Erzeugen Sie eine *Solver-Liste* in Ebene 1, die folgendes enthält:
 - die Gleichung
 - eine innere Liste, die das Menüfeld und die Funktion jeder Taste im Menü definiert.

Die Syntax der Solver-Liste lautet wie folgt:

```
{ 'Gleichung' { Tastendefinitionen } }
```

Die Syntax der Unterliste für einzelne Tastendefinitionen wird in Kapitel 15, "Benutzerspezifische Anpassung", detailliert erläutert.

2. Führen Sie `NEW` aus, um die Solver-Liste zu benennen und sie zur aktuellen Gleichung zu machen.

Benennen der Solver-Liste. Sie erinnern sich sicher, daß Variablen, die algebraische Objekte enthalten, automatisch in den Gleichungskatalog eingefügt werden. Um eine Variable aufzunehmen, die *kein* algebraisches Objekt enthält, muß der Variablenname auf *EQ* enden, denn jede Variable, deren Namen auf *EQ* endet, wird automatisch in den Gleichungskatalog aufgenommen.

Um Sie daran zu erinnern, fügt `NEW` dem Namen automatisch `.EQ` hinzu, wenn das Objekt in Ebene 1 eine Liste oder ein Programm ist.

Beispiel: Angabe der Variablen im Menü SOLVR. Die Gleichung

$$I = 2\pi^2 f^2 \rho v a^2$$

berechnet die Intensität einer Schallwelle. Nehmen Sie an, Sie müßten immer den Wert für ρ berechnen und hätten ihn in der entsprechenden Variablen gespeichert, *bevor* Sie diese Gleichung benutzten und wollten daher ρ nicht im Menü SOLVR haben.

Die Solver-Liste

```
{ 'I=2*π^2*f^2*p*v*a^2' { I f v a } }
```

erzeugt, wenn sie in *EQ* gespeichert wird, folgendes Menü SOLVR

```
┌ I ─┐ ┌ F ─┐ ┌ V ─┐ ┌ A ─┐
```

für die Gleichung. ρ ist also in dem Menü nicht enthalten. Um diese Solver-Liste in den Gleichungskatalog aufzunehmen, speichern Sie sie in einer Variablen, die auf *EQ* endet, z.B. *IEQ*.

Beispiel: Aufnehmen eines ausführbaren Objekts in das Menü SOLVR. Nehmen Sie an, Sie wollten den Befehl IP im Menü SOLVR verfügbar haben, damit Sie ganzzahlige Werte in den Variablen des Menüs SOLVR speichern können. Die folgende Solver-Liste erweitert die Solver-Liste aus dem vorigen Beispiel um zwei zusätzliche Tasten: eine unbelegte Taste und eine Taste, die IP (integer part) ausführt.

```
{ 'I=2*π^2*f^2*p*v*a^2' { I f v a { } IP } }
```

Diese Liste erzeugt, wenn Sie in *EQ* gespeichert wird, ein Menü mit Variablen und Funktionen:

```
┌ I ─┐ ┌ F ─┐ ┌ V ─┐ ┌ A ─┐ ┌   ─┐ ┌ IP ─┐
```

Aufnehmen von Programmen in die Solver-Liste. Eine Solver-Liste kann keinen *Namen* eines Programms als Objekt in die Unterliste der Tastendefinitionen aufnehmen, da Namen in der Unterliste wie Variable einer Gleichung behandelt werden. Um ein Programm in das Menü SOLVR aufzunehmen, haben Sie folgende Möglichkeiten:

- Verwenden Sie das Programmobjekt selbst (ohne Namen) als Eintrag in die Unterliste.
- Verwenden Sie wiederum eine Liste als Eintrag in die Unterliste, und zwar mit folgender Syntax:

```
{ "Feld" « Name » }
```

wobei *Feld* das Menüfeld und *Name* der Name des Programms ist.

Verbinden zweier oder mehrerer Gleichungen

Es könnte sein, daß Sie öfter mit zwei oder mehreren zusammenhängenden Gleichungen arbeiten, beispielsweise Gleichungen mit gemeinsamen Variablen. Sie können die SOLVR-Menüs zu einer Gruppe von Gleichungen verbinden, indem Sie eine Liste erstellen, die die Namen dieser Gleichungen enthält, und diese Liste dann zur aktuellen "Gleichung" machen.

Verbinden zweier oder mehrerer Gleichungen mit EQ+

Die Operation `EQ+` im Gleichungskatalog verbindet zwei oder mehrere Gleichungen. Gehen Sie dazu folgendermaßen vor:

1. Setzen Sie den Zeiger im Katalogmenü auf jede Gleichung, die Sie in das temporäre Menü aufnehmen wollen, und drücken Sie `EQ+`. Es wird in den Statuszeilen eine Liste mit allen ausgewählten Gleichungen angezeigt bzw. ergänzt. (`EQ+` entfernt den letzten Eintrag aus der Liste.)
2. Drücken Sie `SOLVR`.

Die Liste wird in `EQ` gespeichert und das Menü `SOLVR` für die erste Gleichung der Liste mit der zusätzlichen Taste `NXEQ` angezeigt. `NXEQ` rotiert die Namen in der Liste. Dabei gelangt jeweils der zweite Name an den Anfang der Liste, so daß die Variablen für diese Gleichung in den Menüfeldern erscheinen.

Beispiel: Verbinden zweier Gleichungen mit EQ+. Teil 1. Erzeugen Sie die beiden Gleichungen $L = \sqrt{R^2 + H^2}$ und $V = \pi * R^2 * H / 3$. Verwenden Sie `NEW`, um sie *MKEGEL* bzw. *VKEGEL* zu nennen, und speichern Sie sie im Gleichungskatalog.

(Dieses Beispiel setzt voraus, daß die Variablen *L*, *R*, *H* und *V* im aktuellen Verzeichnis nicht existieren. Wenn Sie *V* im Beispiel für die Einheiten weiter oben benutzt haben und sich noch im gleichen Verzeichnis befinden, müssen Sie zuerst *V* löschen.)

Tippen Sie die erste Gleichung ein, und speichern Sie diese.

\leftarrow EQUATION
 L \leftarrow = \sqrt{x} \leftarrow ()
 R y^x 2 \rightarrow + H y^x 2
 ENTER
 \leftarrow SOLVE NEW MKEGEL ENTER

```
Current equation:
MKEGEL: 'L=√(R^2+H^2)'
4:
3:
2:
1:
SOLVR ROOT NEW EQEQ STEQ CNT
```

Tippen Sie die zweite Gleichung ein, und speichern Sie diese.

\leftarrow EQUATION
 V \leftarrow = \leftarrow π \times
 R y^x 2 \rightarrow \times H \div 3
 ENTER
 NEW VKEGEL ENTER

```
Current equation:
VKEGEL: 'V=π*R^2*H/3'
4:
3:
2:
1:
SOLVR ROOT NEW EQEQ STEQ CNT
```

Teil 2. Erzeugen Sie mit EQ+ eine Liste, in der beide Gleichungen stehen. Drücken Sie dann SOLVR , um die beiden Gleichungen in EQ zu speichern, und lassen Sie sich das verbundene Menü der Variablen anzeigen.

Setzen Sie den Cursor mit \uparrow oder \downarrow , falls erforderlich, auf die Gleichung VKEGEL . Drücken Sie EQ+ , um die Gleichung in eine Liste zu schreiben.

CRT
 (\uparrow oder \downarrow , falls erforderlich.)
 EQ+

```
( VKEGEL )
VKEGEL: 'V=π*R^2*H/3'
MKEGEL: 'L=√(R^2+H^2)...
KAP: 'C=Q/U'
ELEK: 'U=I*R'
SCHALLG: 'v=√(γ*R*T/...
PLOTB SOLVR EQ+ EDIT →STR VIEW
```

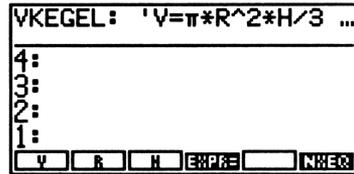
Bewegen Sie den Cursor auf MKEGEL , und drücken Sie EQ+ .

\downarrow EQ+

```
( VKEGEL MKEGEL )
VKEGEL: 'V=π*R^2*H/3'
MKEGEL: 'L=√(R^2+H^2)...
KAP: 'C=Q/U'
ELEK: 'U=I*R'
SCHALLG: 'v=√(γ*R*T/...
PLOTB SOLVR EQ+ EDIT →STR VIEW
```

Wählen Sie das Menü SOLVR. Drücken Sie **NXEQ**, um zwischen den beiden Gleichungsmenüs hin und her zu schalten.

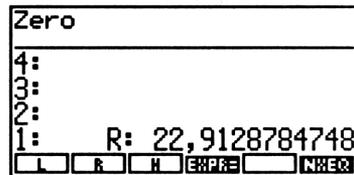
SOLVR NXEQ NXEQ



Teil 3. Ermitteln Sie den Radius eines senkrechten Kreiskegels, dessen Höhe 10 Meter und dessen Mantelfläche 25 Quadratmeter betragen. Ermitteln Sie dann sein Volumen.

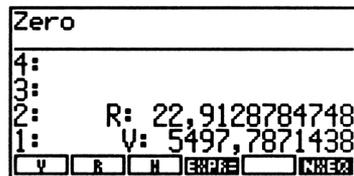
Lassen Sie sich das Menü der Variablen für *MKEGEL* anzeigen. Geben Sie dann die Werte für die bekannten Variablen an, und lösen Sie nach der Unbekannten auf.

NXEQ 10 H
25 L
R



Schalten Sie in das Menü der Variablen für *VKEGEL* um. Sie können gleich nach dem Volumen auflösen, da der Radius und die Höhe bereits in den entsprechenden Variablen abgespeichert sind.

NXEQ R V



Abspeichern einer Liste mit zwei oder mehr Variablen

Die Liste, die Sie mit **EQ+** und **SOLVR** in *EQ* gespeichert haben, hat keinen Namen und geht daher verloren, wenn Sie *EQ* ändern, sofern Sie sie nicht abspeichern. Ein Name für eine Liste, die sich derzeit in *EQ* befindet, wird folgendermaßen vergeben:

1. Geben Sie den Befehl RCEQ (**R** **SOLVE** **S** **STEQ**), um die Liste in Ebene 1 zu schreiben.

2. Geben Sie `NEW` ein, um der Liste einen Namen, der auf EQ endet, zu geben. Jede Liste, deren Namen auf EQ endet, wird in den Gleichungskatalog aufgenommen.

Wenn Sie den Namen vergeben wollen, bevor die Liste in EQ gespeichert wird, gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Erzeugen Sie die Liste im Gleichungskatalog mit `EQ+`.
2. Drücken Sie `→STK`, um die Liste in den Stack zu kopieren.
3. Verlassen Sie den Gleichungskatalog mit `[ATTN]`, und führen Sie `NEW` aus, um der Liste einen Namen zu geben, der auf EQ endet.

Verwenden von HP Solve zum Ermitteln von Lösungen für Programme

HP Solve akzeptiert ein Programm als aktuelle Gleichung. Das Programm darf keine Werte aus dem Stack verwenden und nur ein Ergebnis ausgeben. Die Verwendung eines Programms als aktuelle Gleichung ist nützlich, wenn die Beziehung zwischen Variablen nicht algebraisch dargestellt werden kann. Ein Beispiel: Das Menü MTH PROB enthält den Befehl UTPC (upper tail chi-square distribution: χ^2 -Verteilung) zur Berechnung der Wahrscheinlichkeit, mit der eine χ^2 -Zufallsvariable mit n Freiheitsgraden größer als χ ist. Die Beziehung ist wie folgt:

$$UTP = UTPC(n, \chi^2)$$

wobei UTP die unbekannte Variable ist.

Der Befehl UTPC kann nicht in algebraische Objekte eingebaut werden. Die Beziehung kann jedoch als ein Ausdruck, der gleich 0 gesetzt wird, geschrieben werden:

$$UTP - UTPC(n, \chi^2) = 0$$

Ein Programm zur Berechnung des Werts des Ausdrucks lautet:

```
« UTP N CHI2 UTPC - »
```

Berechnen Sie mit diesem Programm die Wahrscheinlichkeit (UTP) mit χ^2 ($CHI2$) = 6,2 und $N = 5$ Freiheitsgraden.

Geben Sie das Programm ein.

UTP N CHI2

```

< HOME >
3:
2:
1: < UTP N CHI2 UTPC -
>
UTPC UTPF UTPN UTPT
    
```

Geben Sie dem Programm mit einen Namen, und machen Sie es zur aktuellen Gleichung. Beachten Sie, daß automatisch mit ausgibt, da das Objekt ein Programm ist.

CHI

```

Current equation:
CHI,EQ: < UTP N CHI2 ...
4:
3:
2:
1:
SOLVR ROOT NEW EQS: STOR CAT
    
```

Lassen Sie sich das Menü SOLVR anzeigen, und speichern Sie die bekannten Werte. Berechnen Sie die Wahrscheinlichkeit.

SOLVR
 5
 6.2

```

Zero
4:
3:
2:
1: UTP: ,287241683426
UTP N CHI2 EQS:
    
```

Berechnen Sie nun χ^2 bei einem Signifikanzniveau von 0,1 mit 5 Freiheitsgraden:

Das Signifikanzniveau wird in der Variablen *UTP* gespeichert.

.1

```

Zero
4:
3:
2: UTP: ,287241683426
1: CHI2: 9,23635689977
UTP N CHI2 EQS:
    
```

Wie HP Solve arbeitet

Durch Drücken einer links umgeschalteten Menütaste im Menü SOLVR wird der numerische *Lösungsalgorithmus* aktiviert, der schrittweise nach einer Lösung sucht. Er beginnt mit den von Ihnen in der Variablen gespeicherten Näherungen oder denen, die der Taschenrechner selbst vorgibt, und erzeugt dann Paare von Zwischennäherungen, bis er eine Lösung gefunden hat. Der HP 48 zeigt während dieser Zeit `Solving for Var Name` an.

Bei der Suche nach einer Lösung versucht der Lösungsalgorithmus einen Wert für die Unbekannte zu finden, bei dem der Wert der Gleichung zu 0 wird. (Gleichungen werden intern als Ausdrücke der Form '*linke Seite*–*rechte Seite*' behandelt.) Zunächst wird nach zwei Punkten gesucht, an denen der Wert des Ausdrucks entgegengesetzte Vorzeichen besitzt. Wird ein Vorzeichenwechsel ermittelt, versucht der Lösungsalgorithmus den Suchbereich so weit einzuengen, bis er einen Punkt findet, an dem der Wert des Ausdrucks 0 ist.

Wie der Lösungsalgorithmus Anfangsnäherungen verwendet

Sie können einen, zwei oder drei Werte als Näherungen angeben, wobei zwei oder drei Werte als Liste eingegeben werden müssen.

- **Ein Wert:** Die Zahl wird in zwei Werte umgewandelt, indem die Zahl kopiert und einem der Werte eine kleine Abweichung hinzuaddiert wird.
- **Zwei Werte:** Die Zahlen bezeichnen einen Bereich, in dem die Suche begonnen wird. Wenn die beiden Näherungen Werte mit entgegengesetzten Vorzeichen für den Ausdruck liefern, wird eine Nullstelle zwischen den beiden Zahlen normalerweise schnell ermittelt. Wenn die beiden Näherungen Werte gleichen Vorzeichens liefern, dauert die Suche grundsätzlich länger.
- **Drei Werte:** Die erste Zahl sollte Ihre bestmögliche Abschätzung für das Ergebnis sein. Die zweite und dritte Zahl werden wie die beiden Werte im vorhergehenden Absatz verwendet.

Unterbrechen des Lösungsalgorithmus

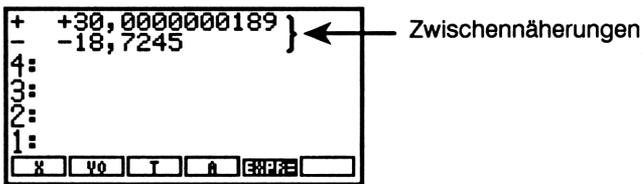
Zum Unterbrechen des Lösungsalgorithmus muß **[ATTN]** gedrückt werden. HP Solve gibt eine Liste mit drei Werten aus: mit dem besten bis dahin gefundenen Wert und mit zwei weiteren Werten, die den untersuchten Bereich angeben. Um die Suche im selben Bereich wieder aufzunehmen, gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Speichern Sie die Liste in der unbekanntenen Variablen durch Drücken der entsprechenden Menütaste.
2. Starten Sie die Berechnung durch Drücken von **[↶]** und der Menütaste.

Soll die Suche in einem anderen Bereich fortgesetzt werden, speichern Sie eine andere Liste ab.

Anzeigen von Zwischennäherungen

Während der HP 48 die Meldung **Solving for** anzeigt, können Sie sich durch Drücken einer beliebigen Taste (außer **[ATTN]**) Paare von Zwischennäherungen sowie das Vorzeichen der Werte der aktuellen Gleichung für jede Näherung anzeigen lassen. Ist die aktuelle Gleichung an dieser Stelle nicht definiert, wird **?** angezeigt.



Die Zwischennäherungen können Ihnen Informationen über den Stand der Suche liefern: ob der Lösungsalgorithmus einen Vorzeichenwechsel ermittelt hat (die Näherungen haben verschiedene Vorzeichen), ob er auf ein lokales Minimum oder Maximum zusteuert (die Näherungen haben das gleiche Vorzeichen) oder ob überhaupt keine Fortschritte zu verzeichnen sind. Im letzteren Fall sollten Sie den Lösungsalgorithmus unterbrechen und mit einer anderen Anfangsnäherung neu beginnen lassen.

Erzeugung des Variablenmenüs

Das Menü der Variablen enthält ein Feld für jede Variable der aktuellen Gleichung. Wenn diese Variable nicht bereits existiert, wird sie erzeugt und ins aktuelle Verzeichnis aufgenommen, sobald Sie einen Wert darin speichern. Enthält eine Variable der aktuellen Gleichung ein algebraisches Objekt (oder einen Namen oder ein Programm), wird die Variable selbst nicht ins Variablenmenü aufgenommen, sondern stattdessen die Variablen des algebraischen Objekts.

Ein Beispiel: Lautet die aktuelle Gleichung 'A=B+C' und enthält B den Ausdruck 'D+TAN(E)', dann sieht das Menü der Variablen so aus:

Beachten Sie, daß bei Gleichungen, die einen *wobei*-Satz (siehe Seite 450 in Kapitel 22, "Algebra"), ein Integral, eine Summe oder eine Ableitung enthalten, auch die *Platzhaltervariable* im Menü SOLVR erscheint. Ein Beispiel: Das Menü für die Gleichung

$$A + B - \int_0^1 2X \, dX = 0$$

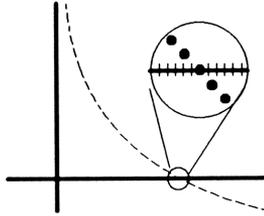
enthält das Menüfeld . Sie können jedoch *nicht* nach dieser Platzhaltervariablen lösen.

Interpretation der Lösungen

Wenn eine Lösung gefunden wurde

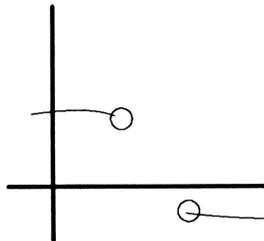
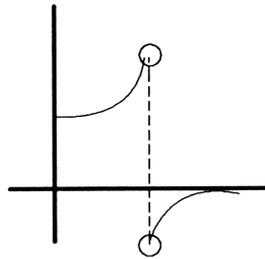
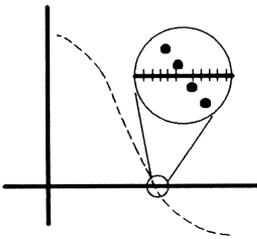
Wurde eine Nullstelle gefunden, gibt HP Solve eine Meldung aus, die diese beschreibt:

- Zero: HP Solve hat einen Punkt gefunden, an dem der Wert des Ausdrucks 0 ist (innerhalb der 12stelligen Genauigkeit des Taschenrechners). Für Gleichungen heißt dies, daß die linke und die rechte Seite gleich sind.



■ **Sign Reversal:** HP Solve hat zwei Punkte gefunden, an denen die Werte für den Ausdruck entgegengesetzte Vorzeichen haben, kann dazwischen aber keinen Punkt ermitteln, an dem der Wert 0 ist. Die Gründe hierfür könnten sein:

- Die beiden Punkte sind benachbart (sie unterscheiden sich um 1 an der 12ten Stelle).
- Der Ausdruck ist zwischen den beiden Punkten nicht reellwertig. HP Solve gibt den Punkt aus, an dem der Wert für den Ausdruck näher bei 0 liegt. Wenn der Ausdruck eine stetige reelle Funktion ist, stellt dieser Punkt die beste Näherung zu einer tatsächlichen Nullstelle dar, die HP Solve ermitteln kann.

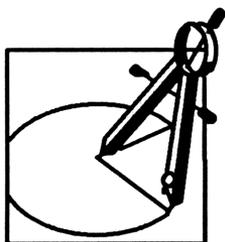


Wenn keine Lösung gefunden wurde

Wenn HP Solve kein Ergebnis ausgeben kann, wird eine Meldung über den Grund dafür angegeben:

- **Bad Guess(es):** Eine oder mehrere Anfangsnäherungen liegen außerhalb des Bereichs der Gleichung. Daher ergab die Gleichung einen Fehler, als sie an dieser Stelle ausgewertet wurde.
- **Constant ?:** Der Ausdruck ergibt für jeden untersuchten Punkt denselben Wert.

Grafische Darstellungen und Funktionsanalyse



Mit dem Anwendungsprogramm PLOT haben Sie folgende Möglichkeiten:

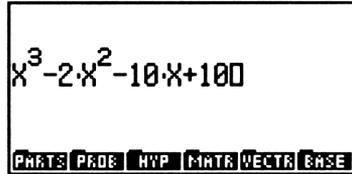
- Sie können mathematische Ausdrücke und Gleichungen grafisch darstellen.
- Sie können anhand der Zeichnung Nullstellen, Schnittpunkte, Steigungen, Extrema und Flächeninhalte berechnen.
- Sie können zwei oder mehr Ausdrücke oder Gleichungen mit einem Befehl darstellen.
- Sie können Streudiagramme, Balkendiagramme und Histogramme statistischer Daten plotten.
- Sie können den Darstellungen weitere Elemente wie Achsbezeichnungen, Punkte, Linien, Kreise und Kästchen hinzufügen.

Ein Beispiel für eine grafische Darstellung. Stellen Sie folgenden Ausdruck dar:

$$x^3 - 2x^2 - 10x + 10$$

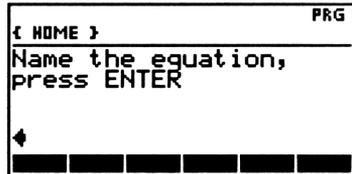
Tippen Sie den Ausdruck mit Hilfe des EquationWriters ein.

EQUATION X 3
 2X 2
 10X 10



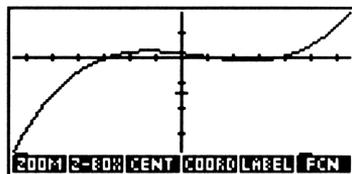
Speichern Sie die Gleichung als *aktuelle* PLOT-Gleichung.

PLOT



Der HP 48 fordert Sie zur Eingabe eines Variablennamens auf und aktiviert die Alpha-Tastenbelegung. Geben Sie den Namen *P1* ein. Setzen Sie die Plotparameter auf ihre Standardwerte zurück, und plotten Sie den Graphen unter Verwendung der automatischen Skalierung für die y-Achse.

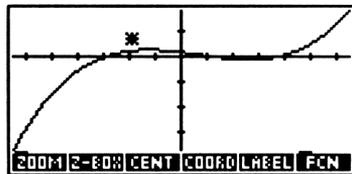
P1
 PLOTR



Der HP 48 zeichnet den Graphen und zeigt dann ein Menü von Operationen an, mit denen Sie die Darstellung bearbeiten können.

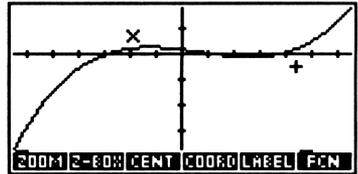
Setzen Sie den *Grafik-Cursor* (+) mit Hilfe der Cursortasten auf die unten gezeigte Stelle im oberen linken Quadranten, und drücken Sie .

Cursor mit und nach links oben bewegen. Dann drücken.



Setzen Sie den Cursor jetzt auf die Stelle unten rechts.

Cursor mit \blacktriangleright und \blacktriangledown nach rechts unten bewegen.



Beachten Sie, daß eine Marke \times an der Stelle, an der Sie \boxtimes drückten, zurückbleibt. Die Marke und der Cursor definieren die Ecken eines Rechtecks. Zoomen Sie nun auf das Rechteck.

Z-BOX



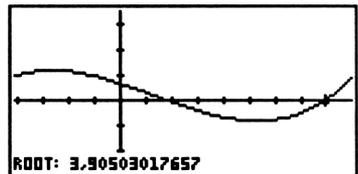
Bewegen Sie den Cursor jetzt in die Nähe der am weitesten rechts liegenden Nullstelle (siehe Cursorposition unten).

(mehrmals \blacktriangleright)



Berechnen Sie die Nullstelle.

FCN ROOT



Beachten Sie, daß sich der Cursor genau auf die Nullstelle setzt und daß die x -Koordinaten der Nullstelle in der linken unteren Ecke des Displays angezeigt werden.

Kehren Sie in das Stackanzeige und das Menü PLOT zurück. Die Nullstelle wird als markiertes Objekt im Stack abgelegt.

ATTN ATTN



Die Struktur von PLOT

Um eine Gleichung von Hand zu plotten, gehen Sie im allgemeinen folgendermaßen vor:

- Sie schreiben die Gleichung, die dargestellt werden soll, auf.
- Sie wählen die unabhängige Variable der Gleichung, z.B. x . Dann legen Sie den Bereich, in dem die unabhängige Variable untersucht werden soll, und die Zahl der Punkte (in gleichmäßigen Abständen), die innerhalb dieses Bereichs ausgerechnet werden sollen, fest. Anhand dieser Informationen plotten Sie eine entsprechend eingeteilte x -Achse. Dann plotten Sie eine y -Achse mit einer Einteilung entsprechend Ihrer Abschätzung der Funktionswerte innerhalb des zu untersuchenden Bereichs.
- Zu jedem Wert für x berechnen Sie den Funktionswert $f(x)$ und plotten den dazugehörigen Punkt $(x, f(x))$.
- Sie verbinden die Punkte durch eine abgerundete Kurve.

PLOT enthält spezielle Datenelemente, die den Schritten der o.g. Vorgehensweise entsprechen:

- Die reservierte Variable EQ enthält die Gleichung, die Sie darstellen wollen. Die Gleichung in EQ wird *aktuelle Gleichung* genannt. Beachten Sie, daß EQ auch von HP Solve verwendet wird, und zwar zum Erzeugen des Menüs SOLVR.
- Die reservierte Variable $PPAR$ enthält Angaben über die unabhängige Variable, die Anzeige- und Plotbereiche, die Zahl der Punkte innerhalb des Plotbereichs sowie über die Achsen.
- Ein Teil des Speichers im HP 48, genannt $PIC1$, entspricht dem Blatt Papier, auf dem der Graph gezeichnet wird.

Diese Datenelemente sind in zwei Menüs und einer speziellen Umgebung zusammengefaßt:

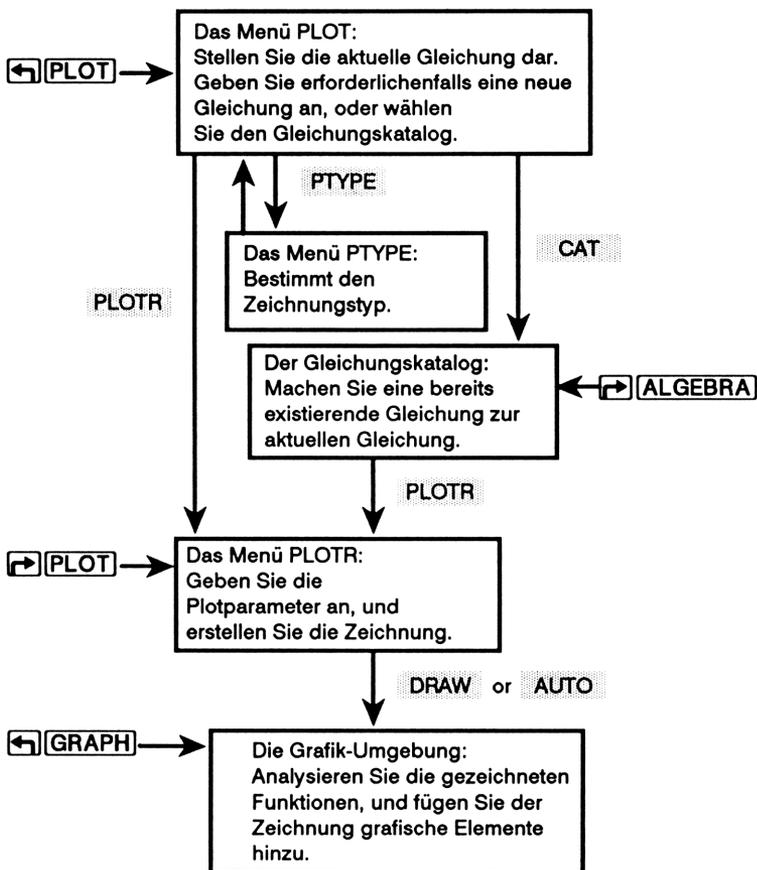
- Das Menü PLOT dient zum Auswählen und Bearbeiten der aktuellen Gleichung. Es wird auch dazu verwendet, den *Plottyp* anzugeben, der bestimmt, wie der HP 48 die Gleichung interpretiert. Eine Gleichung kann beispielsweise einen Kegelschnitt darstellen. In diesem Fall ist CONIC der geeignete Plottyp.
- Das Menü PLOTTR dient zur Festlegung des Inhalts von $PPAR$ und zum Plotten des Diagramms.

- Die *Grafikumgebung* dient zur Darstellung des Graphen, zur Vergrößerung oder Verkleinerung eines Bereichs der Grafik, zur Analyse des mathematischen Verhaltens eines Graphen und zum Hinzufügen grafischer Elemente. In dieser Umgebung zeigt das Display als Fenster einen Ausschnitt von *PICT*. Weiterhin wird die Tastatur für Grafik-Operationen umdefiniert. Wenn der HP 48 eine Grafik fertiggestellt hat, schaltet er automatisch in die Grafik-Umgebung um. Wenn Sie dann die Grafikumgebung wieder verlassen, bleibt *PICT* erhalten: Sie können jederzeit wieder in die Grafik-Umgebung zurückkehren, um *PICT* darzustellen.

In der Grafikumgebung haben Sie keinen Zugriff auf den Stack. Funktionsanalytische Operationen in der Grafikumgebung geben ihre Ergebnisse jedoch in den Stack aus. Zusätzlich können alle Teile von *PICT* als sogenannte *Grafikobjekte* in den Stack übertragen werden. Mit den Befehlen des Menüs PRG DSPL können Sie im Stack mit Grafikobjekten arbeiten und ein Grafikobjekt in *PICT* zurückgeben.

Halten Sie bitte generell folgende Schritte ein, wenn Sie eine Gleichung grafisch darstellen wollen:

1. Speichern Sie die Gleichung mit dem Menü PLOT in *EQ*, und geben Sie erforderlichenfalls den Plottyp an.
2. Legen Sie mit dem Menü PLOTR geeignete Plotparameter fest.
3. Plotten Sie den Graphen.
4. Ist der Graph gezeichnet, können Sie mit den Operationen in der Grafikumgebung Daten daraus entnehmen oder grafische Elemente hinzufügen.



Dieses Kapitel behandelt die Grundlagen der grafischen Darstellung sowie der Analyse mathematischer Funktionen. Sie erfahren, wie die aktuelle Gleichung mit Hilfe des Menüs PLOT angegeben wird, wie mit Hilfe des Menüs PLOTR die Plotparameter der Graphen von Grundfunktionen festgelegt werden und wie Darstellungen von Funktionen in der Grafikumgebung analysiert werden können. In allen Beispielen dieses Kapitels wird der Plottyp FUNCTION verwendet.

In Kapitel 19 werden dann folgende Punkte behandelt:

- weitere Plotparameter im Menü PLOTR
- Speichern von Plotparametern
- die Plottypen FUNCTION, CONIC, POLAR, PARAMETRIC und TRUTH
- Hinzufügen grafischer Elemente zu *PICT*
- statistische Daten darstellen
- die Arbeit mit Grafikobjekten im Stack

Gleichungen, Ausdrücke und Programme

Der HP 48 kann folgende Objekte grafisch darstellen:

- Ausdrücke (z.B. ' X^2-2*X ')
- Gleichungen: Eine Gleichung besteht aus zwei algebraischen Ausdrücken, die durch = verbunden sind (z.B. ' $Y=X^2-2*X$ ')
- Programme (siehe Seite 361 in Kapitel 19)
- Listen von Ausdrücken, Gleichungen oder Programmen (siehe Seite 324)

In diesem Kapitel bezieht sich der Begriff "Gleichung" – falls nicht anders angegeben – auf alle Objekte, aus denen Diagramme erzeugt werden: algebraische Ausdrücke, Gleichungen und Programme sowie Listen von Ausdrücken, Gleichungen oder Programmen.

Das Menü PLOT: Angabe der aktuellen Gleichung und des Plottyps

Um das Menü PLOT zu aktivieren, drücken Sie **[↵] [PLOT]**.

Das Menü PLOT

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
[↵] [PLOT]:		
PLOTR		Aktiviert das Menü PLOTR zum Festlegen der Plotparameter in <i>PPAR</i> und zum Plotten des Graphen.
PTYPE		Zeigt das Menü PTYPE zur Angabe des Plottyps an.
NEW		Entnimmt eine Gleichung aus Ebene 1, fordert zur Eingabe eines Variablennamens auf, speichert die Gleichung in dieser Variablen und macht die Gleichung zur <i>aktuellen Gleichung</i> .
EDEQ		Schreibt die aktuelle Gleichung zur Bearbeitung in die Befehlszeile. [ENTER] macht die überarbeitete Fassung zur aktuellen Gleichung und speichert sie in die Variable zurück. [ATTN] bricht die Bearbeitung ab, ohne die Gleichung zu verändern.
STEQ	STEQ	Macht die Gleichung in Ebene 1 zur aktuellen Gleichung.

Das Menü PLOT (Fortsetzung)

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
 STEQ  REVIEW	RCEQ	Legt die aktuelle Gleichung in Ebene 1 ab. Aktiviert den Gleichungskatalog. Zeigt die Statusmeldung an.

 **[PLOT]** zeigt ebenfalls eine zweizeilige Statusmeldung bezüglich der aktuellen Gleichung an. Der Meldung können Sie folgendes entnehmen:

- Sie zeigt entweder an, daß es keine aktuelle Gleichung gibt. In diesem Fall werden Hinweise zur Eingabe einer neuen Gleichung gegeben.
- Oder sie gibt die aktuelle Gleichung (oder die aktuellen statistischen Daten) und deren Namen in der zweiten und den aktuellen Plottyp in der ersten Zeile an.

```

Plot type: FUNCTION ←
P1: 'X^3-2*X^2-10*X+1...' ←
4:
3:
2:
1:
PLOT: PTYPE NEW EOE: STEQ CAT
    
```

← Meldung "Plot type"

← Aktuelle Gleichung, durch ihren Namen markiert

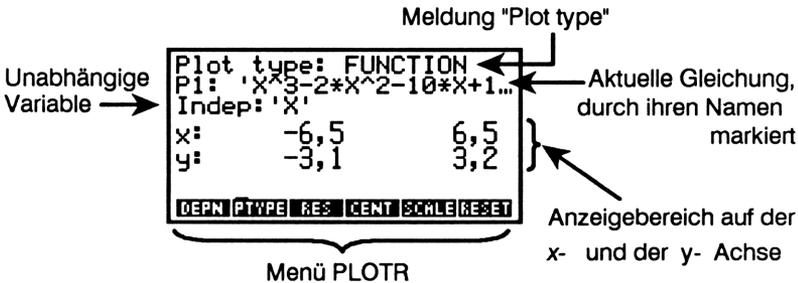
} Menü PLOT

Wenn Sie die in den Statuszeilen angegebene Gleichung (unter Verwendung des aktuellen Plottyps) darstellen lassen wollen, können Sie sofort das Menü PLOTR aktivieren. Ansonsten müssen Sie entweder eine neue Gleichung eingeben oder eine solche aus dem Gleichungskatalog auswählen. Der Abschnitt "Eingabe einer neuen aktuellen Gleichung" auf Seite 278 in Kapitel 17 erläutert, wie eine *neue* aktuelle Gleichung eingegeben wird. Im Abschnitt "Der Gleichungskatalog: Auswahl und Bearbeitung bereits existierender Gleichungen" auf Seite 280 in Kapitel 17 wird der Gleichungskatalog beschrieben und erläutert, wie die aktuelle Gleichung aus der Liste mit Gleichungen im Katalog ausgewählt wird.

Das Menü PLOTR: Festlegen der Plotparameter und Plotten des Graphen

Durch Drücken von \leftarrow [PLOT] PLOTR oder \rightarrow [PLOT] wird das Menü PLOTR angezeigt und es erscheint eine Statusmeldung, die folgende Informationen liefert:

- den *Plottyp* (die Plottypen werden auf Seite 353 in Kapitel 19 erläutert)
- die aktuellen Daten: entweder die *aktuelle Gleichung* oder die *aktuellen statistischen Daten*, sofern diese vorhanden sind
- die *unabhängige Variable* (X ist voreingestellt) und, falls angegeben, den *Plotbereich* (Angabe des Plotbereichs wird auf Seite 345 in Kapitel 19 behandelt)
- den *Anzeigebereich* in horizontaler und vertikaler Richtung. In dieser Meldung bezeichnet \times immer die horizontale und y die vertikale Ausdehnung.



Das Menü PLOTR enthält Befehle zur Festlegung der Plotparameter und zum Plotten des Graphen.

Grundlegende Plotoperationen im Menü PLOTR

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
⏪ PLOT PLOTR:		
ERASE	ERASE	Löscht <i>PICT</i> , wobei ein leeres <i>PICT</i> der gleichen Größe bestehenbleibt.
DRAW	DRAW	Zeichnet den Graphen mit den angegebenen Bereichen für die <i>x</i> - und die <i>y</i> -Achse. DRAW löscht <i>PICT</i> nicht: Das Diagramm wird über den vorherigen Inhalt von <i>PICT</i> gezeichnet. Wenn DRAW aus einem Programm heraus ausgeführt wird, sind die Achsen nicht im Graphen enthalten. (⏪ DRAW führt STEQ aus. ⏩ DRAW führt RCEQ aus.)
AUTO	AUTO	Zeichnet den Graphen mit dem angegebenen Bereich für die <i>x</i> -Achse und skaliert die <i>y</i> -Achse automatisch. Alle vorherigen Diagramme in <i>PICT</i> werden gelöscht. Wenn AUTO aus einem Programm heraus ausgeführt wird, skaliert es nur automatisch die <i>y</i> -Achse, es wird kein Graph gezeichnet.

Grundlegende Plotoperationen im Menü PLOTR (Fortsetzung)

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
XRNG	XRNG	Legt den Anzeigebereich auf der horizontalen Achse durch zwei reelle Argumente fest: x_{\min} und x_{\max} . (→ XRNG zeigt den aktuellen Anzeigebereich der x-Achse an.)
YRNG	YRNG	Legt den Anzeigebereich auf der vertikalen Achse durch zwei reelle Argumente fest: y_{\min} und y_{\max} . (→ YRNG zeigt den aktuellen Anzeigebereich der y-Achse an.)
INDEP	INDEP	Macht den Namen in Ebene 1 zur unabhängigen Variablen. Mit INDEP kann auch der Plotbereich für die unabhängige Variable festgelegt werden (siehe Seite 345 in Kapitel 19). (→ INDEP ruft die aktuelle unabhängige Variable und deren Plotbereich, wenn festgelegt, auf.)
PTYPE		Aktiviert das Menü PTYPE.
CENT	CENTR	Nimmt eine komplexe Zahl (x,y) und macht diese zu den Mittelpunktkoordinaten des Displays. (→ CENT zeigt die aktuellen Mittelpunktkoordinaten an.)

Grundlegende Plotoperationen im Menü PLOT (Fortsetzung)

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
SCALE	SCALE	Verwendet zwei reelle Argumente. Das erste legt die Einteilung der x-Achse fest. Das zweite legt die Einteilung der y-Achse fest. Der angegebene Wert bezieht sich dabei auf eine Länge von 10 Pixeln. (→)SCALE zeigt die Einteilung der x- und der y-Achse an.
RESET		Setzt alle Plotparameter außer dem Plottyp auf ihre Grundeinstellung zurück und löscht PICT, wobei dieses auf seine ursprüngliche Größe (131 Pixel breit und 64 Pixel hoch) zurückgesetzt wird.
← REVIEW		Zeigt die Plotparameter wieder an.

Angabe der unabhängigen Variablen

Bei den Plottypen FUNCTION, POLAR, PARAMETRIC wird nur der Name der *unabhängigen* Variablen zur Erzeugung des Diagramms verwendet. Der voreingestellte Name für die unabhängige Variable ist *X*. Mit INDEP können Sie einen anderen Namen bestimmen, wobei der Name in Ebene 1 als Argument dient. Nehmen Sie beispielsweise an, Sie wollten folgende Gleichung plotten:

$$S=4*T^2+6$$

Um diese Gleichung darstellen zu können, müssen Sie die neue unabhängige Variable *T* angeben. Dazu aktivieren Sie das Menü PLOT und drücken \square T INDEP.

Die Rolle der unabhängigen Variablen beim Erzeugen von Funktionsgraphen wird im Abschnitt "Wie DRAW Punkte zeichnet" auf Seite 322 detailliert dargestellt.

Anzeigebereiche und Skalierung

Angabe den Anzeigebereichs. XRNG (Anzeigebereich der x -Achse) und YRNG (Anzeigebereich der y -Achse) erlauben es Ihnen, die durch PICT dargestellten horizontalen und vertikalen Wertebereiche, genannt *Anzeigebereiche*, anzugeben. In der Grundeinstellung reicht der Anzeigebereich entlang der x -Achse von $-6,5$ bis $6,5$ Einheiten und entlang der y -Achse von $-3,1$ bis $3,2$ Einheiten. Zum Festlegen des Anzeigebereichs entlang der x -Achse auf -10 bis 40 Einheiten wählen Sie das Menü PLOTR und drücken 10 `[+/-]` `[ENTER]` 40 `[XRNG]`.

Beachten Sie, daß der Anzeigebereich für die y -Achse nur angegeben werden muß, wenn Sie den Graphen mit `[DRAW]` plotten wollen. Wenn Sie `[AUTO]` verwenden, wird der Anzeigebereich für die y -Achse automatisch berechnet.

Angabe des Mittelpunktes und der Skalierung. Eine Alternative zur Angabe des Anzeigebereichs ist die *Skalierung* der x - und y -Achsen mit SCALE und die Angabe der Koordinaten für den Mittelpunkt des Displays mit CENTR. Diese Methode ist nützlich, wenn die Skalenteile auf den Achsen aussagekräftige Werte darstellen sollen, beispielsweise ganzzahlige Werte, oder wenn die Skalierung auf beiden Achsen gleich sein soll.

SCALE verwendet als Argumente zwei Zahlen, die die Anzahl der Einheiten je Skalenteil auf jeder Achse darstellen. CENTR verwendet eine komplexe Zahl als Argument, die die Koordinaten eines Punktes in der Zeichnung darstellt, und macht diesen Punkt zum Mittelpunkt des Displays. Ein Beispiel: (40,50) `[CENT]` 2 `[SPC]` 5 `[SCALE]` gibt an, daß die Koordinaten (40,50) im Mittelpunkt des Displays liegen, daß jeder Skalenteil auf der x -Achse 2 Einheiten und jeder Skalenteil auf der y -Achse 5 Einheiten darstellt.

Beachten Sie, daß die Angabe der Mittelpunktkoordinaten und der Achsenskalierung der Bestimmung des Anzeigebereichs gleichkommt, und umgekehrt. In beiden Fällen werden die Angaben als Anzeigebereiche in PPAR gespeichert und als "Anzeigebereiche" in den Statuszeilen angezeigt.

Plotten des Graphen

Automatische Skalierung der y-Achse. Die automatische Skalierung ist ein Hilfsmittel bei der Erstellung eines Graphen, wenn Sie sich über den geeigneten Anzeigebereich der y-Achse im unklaren sind. Für Graphen von Funktionen wertet **AUTO** die Gleichung für 40 Werte aus, die gleichmäßig über den Bereich der unabhängigen Variablen verteilt sind. Dann berechnet es einen geeigneten Anzeigebereich für die y-Achse und führt **DRAW** aus, um den Graphen zu plotten.

Verwenden des angegebenen Bereichs für die y-Achse. Die Operation **DRAW** ist schneller als **AUTO** und kann dann verwendet werden, wenn bereits mit **YRNG** ein geeigneter Anzeigebereich für die y-Achse angegeben wurde.

Beispiel: Plotten eines Graphen mit AUTO. Plotten Sie folgende Gleichung:

$$\frac{x}{x^2 - 6} - 1$$

Tippen Sie die Gleichung mit Hilfe des EquationWriters ein. Nennen Sie sie **P2**.

EQUATION
 X X 2
 6 1

 PLOT
 P2

```

Plot type: FUNCTION
P2: 'X/(X^2-6)-1'
4:
3:
2:
1:
PLOT PTYPE NEW EQOR STEQ CAT
    
```

Wählen Sie das Menü **PLOT**. Wenn Sie das einführende Beispiel dieses Kapitels durchgearbeitet haben, sehen Sie jetzt nachstehende Anzeige. (Bei Ihnen können die Anzeigebereiche der x- und der y-Achse geringfügig anders aussehen, abhängig von den genauen Koordinaten des rechteckigen Bereichs, den Sie für **Z=BOX** im einführenden Beispiel definiert hatten.)

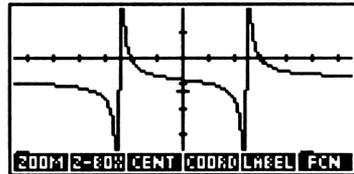
PLOT

```

Plot type: FUNCTION
P2: 'X/(X^2-6)-1'
Indep: 'X'
x:      -1,9          4,4
y: -40,89345  50,942261
ERRR DRAW AUTO WANG WANG INDEP
    
```

Setzen Sie die Plotparameter zurück, und erzeugen Sie ein leeres *PICT* voreingestellter Größe. Plotten Sie den Graphen mit dem voreingestellten Anzeigebereich für die *x*-Achse und bei automatischer Skalierung des Anzeigebereichs für die *y*-Achse. (Die senkrechten Linien im Diagramm stellen die Verbindung der Punkte an Sprungstellen der Funktion dar. Siehe "Durchgehende und nicht durchgehende Diagramme" auf Seite 323.)

[NXT] RESET
[←] [PREV] AUTO



Drücken Sie **[←] [REVIEW]**, um die Statusmeldung des Menüs *PLOT*R mit dem neu berechneten Anzeigebereich für die *y*-Achse zu sehen. (Halten Sie die Taste **[▼]** niedergedrückt, solange die Meldung angezeigt werden soll).

[←] [REVIEW]



Drücken Sie zum Verlassen der Grafikumgebung **[ATTN]**.

Beispiel: Plotten eines Graphen mit DRAW. Plotten Sie folgende Gleichung:

$$y = \sin(x)$$

Stellen Sie einen Anzeigebereich von -5 bis 5 für die *x*-Achse und $-1,1$ bis $1,1$ für die *y*-Achse ein.

Wählen Sie den Radiant-Modus, tippen Sie die Gleichung ein, und speichern Sie diese direkt in *EQ*, ohne sie zu benennen. (**[←] DRAW** führt *STEQ* aus. **[→] DRAW** führt *RCEQ* aus.)

[←] [RAD], falls erforderlich.)
[↑] Y [←] [SIN] X
[→] [PLOT] [←] DRAW



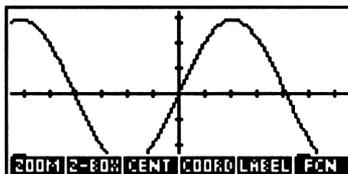
Löschen Sie *PICT*, und stellen Sie die Anzeigebereiche ein.

```
ERASE
5 [+/-] [ENTER] 5 XRNG
1.1 [+/-] [ENTER] 1.1 YRNG
```

```
Plot type: FUNCTION
EQ: 'Y=SIN(X)'
Indep: 'X'
x:      -5      5
y:      -1,1    1,1
ERASE DRAW AUTO WRNG YRNG INDEP
```

Plotten Sie den Graphen.

```
DRAW
```



Drücken Sie **[ATTN]** zum Verlassen der Grafikumgebung.

Beispiel: Plotten eines Graphen mit CENTR und SCALE. Plotten Sie folgende Gleichung:

$$y = 2x$$

Verwenden Sie **SCALE**, um für beide Achsen die gleiche Skalierung einzustellen, damit die Steigung (2) "richtig" aussieht. Setzen Sie den Koordinatenursprung (0,0) mit **CENTR** in den Mittelpunkt des Displays.

Tippen Sie die Gleichung ein, und speichern Sie diese direkt in *EQ*, ohne sie zu benennen. Wählen Sie das Menü **PLOTR**, und geben Sie den Mittelpunkt und die Skalierung an. Stellen Sie die Skalierung auf 5 Einheiten je Skalenteil ein.

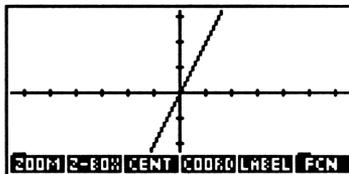
```
[Y] [←] [2] [X]
[PLOT] STER
PLOT R [NXT]
[←] ( ) 0 [←] ( ) 0 CENT
5 [SPC] 5 SCALE
```

```
Plot type: FUNCTION
EQ: 'Y=2*X'
Indep: 'X'
x:      -32,5    32,5
y:      -15,5    16
ERASE DRAW AUTO WRNG YRNG INDEP
```

Beachten Sie, wie die Anzeigebereiche neu berechnet werden, nachdem Sie SCALE gedrückt haben.

Plotten Sie nun den Graphen.

← [PREV] [ERASE] [DRAW]



Drücken Sie [ATTN], um die Grafikumgebung zu verlassen.

Wie DRAW Punkte zeichnet. In diesem Abschnitt wird wieder zwischen Gleichungen, Ausdrücken und Programmen unterschieden, da DRAW beim Plotten von Funktionen Ausdrücke und Programme anders auswertet als Gleichungen.

- Bei Ausdrücken und Programmen wertet DRAW den Ausdruck oder das Programm in EQ für jeden einzelnen aus einer Reihe von Werten für die angegebene unabhängige Variable im angegebenen Bereich aus und zeichnet jeden ermittelten Punkt. Das heißt bei einer unabhängigen Variablen x , daß DRAW jeden Punkt $(x, f(x))$ zeichnet.

Nehmen Sie an, der Ausdruck in EQ sei ' $3*X$ ', der Bereich für die x -Achse reiche von 0 bis 5 und die unabhängige Variable sei X .

DRAW wertet ' $3*X$ ' für eine Reihe von Werten für X aus, wobei eine Reihe von Punkten $(X, 3X)$, beginnend bei $X = 0$, erzeugt wird. Also ist der erste gezeichnete Punkt $(0,0)$ und der letzte gezeichnete Punkt $(5, 15)$. Die Zahl der Punkte für die unabhängige Variable, für die der Ausdruck ausgewertet wird, hängt von der *Auflösung* (Erläuterung auf Seite 346 in Kapitel 19) ab.

- Bei Gleichungen wird der Ausdruck rechts vom Gleichheitszeichen immer geplottet, genau wie oben beschrieben. Die Form der linken Seite der Gleichung und die Einstellung des Flags -30 bestimmen, ob die linke Seite gezeichnet wird. Für die linke Seite können folgende Fälle auftreten:
 - Sie ist eine *formale* Variable (eine Variable, in der kein Wert gespeichert ist). Lassen Sie das Flag -30 *rückgesetzt*, um das Plotten der linken Seite zu unterdrücken und nur die rechte Seite darstellen zu lassen. Ein Beispiel: Nehmen Sie an, Sie wollten ' $Y=3*X$ ' darstellen, wobei die unabhängige Variable X und Y eine formale Variable sei. In diesem Fall lassen Sie das Flag -30

rückgesetzt, um nur den Ausdruck '3*X' plotten zu lassen, wie Sie es oben auch gemacht haben.

- Sie ist eine Variable mit einem sinnvollen Wert – wie z.B. beim Plotten einer SOLVR-Gleichung. Sie können dann wählen, ob die Variable geplottet werden soll oder nicht. Wenn sie geplottet werden soll, *setzen* Sie das Flag -30, um zwei Kurven (x, y) und ($x, f(x)$) zu erhalten. Ein Beispiel: Nehmen Sie an, Sie wollten 'Y=3*X' plotten, wobei X die unabhängige Variable und $Y = 9$ sei. Setzen Sie das Flag -30, damit '3*X' wie oben beschrieben geplottet wird *und* zusätzlich eine gerade Linie bei $Y = 9$ erscheint. (Ein weiteres Beispiel finden Sie im einführenden Beispiel in Kapitel 17.) Wenn Sie die Variable nicht geplottet haben möchten, lassen Sie das Flag -30 rückgesetzt.
- Wenn die linke Seite der Gleichung ein *Ausdruck* ist, wird sie immer geplottet, d.h. es werden zwei Kurven ($x, f(x)$) und ($x, g(x)$) dargestellt, unabhängig vom Zustand des Flags -30. Wenn die Gleichung beispielsweise 'SIN(X)=COS(X)' lautet und die unabhängige Variable X ist, zeichnet DRAW zwei getrennte Kurven: eine für 'SIN(X)' und eine andere für 'COS(X)'.

Die abhängige Variable in Diagrammen von Funktionen. Bei Diagrammen von Funktionen wird die zu diesem Zeitpunkt gültige *abhängige* Variable *ignoriert*. Die Koordinaten gezeichneter Punkte werden einfach durch Auswerten der aktuellen Gleichung für eine Reihe von Werten der unabhängigen Variablen erzeugt.

Durchgehende und nicht durchgehende Diagramme. In der Grundeinstellung verbindet DRAW nach und nach die berechneten Punkte mit geraden Linienstücken. Die Verbindungen werden ohne Rücksicht auf die relative Lage der gezeichneten Punkte hergestellt. Dies kann unerwünscht sein, z.B. bei einer Funktion mit einer Sprungstelle. (Das Beispiel "Plotten eines Graphen mit AUTO" auf Seite 319 zeigt eine Funktion mit mehreren Sprungstellen, bei der aber alle Punkte miteinander verbunden sind.)

Zum Abschalten der durchgehenden Darstellung, drücken Sie **← [MODES] [NXT] [CNC]** (oder setzen Sie das Flag -31). Durch **[CNCT]** wird die durchgehende Darstellung wieder eingeschaltet.

Plotten zweier oder mehrerer Gleichungen

Sie können zwei oder mehr Gleichungen mit nur einem Befehl **DRAW** oder **AUTO** plotten lassen, indem Sie eine Liste erzeugen, die die Gleichungen oder deren Namen enthält. Die Operation **EQ+** im Gleichungskatalog erleichtert die Erzeugung dieser Liste bei Verwendung von Gleichungen aus dem Gleichungskatalog:

1. Setzen Sie im Gleichungskatalog den Zeiger auf jede Gleichung, die Sie in das temporäre Menü aufgenommen haben wollen, und drücken Sie **EQ+**. Es wird eine Liste mit den gewählten Gleichungen in den Statuszeilen angezeigt und ergänzt. (**←** **EQ+** entfernt die letzte Eintragung aus der Liste.)
2. Drücken Sie **PLOTR**. Die (unbenannte) Liste wird automatisch in *EQ* gespeichert.

Sichern einer Liste mit zwei oder mehreren Gleichungen. Die Liste, die Sie mit **EQ+** und **PLOTR** in *EQ* speichern, ist unbenannt und wird daher nicht gesichert, wenn Sie *EQ* später ändern. Um der Liste, die sich momentan in *EQ* befindet, einen Namen zu geben, gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Führen Sie **RCEQ** (**←** **PLOT** **→** **STEQ**) aus, um die Liste in Ebene 1 abzulegen.
2. Führen Sie **NEW** aus, um der Liste einen Namen, der auf *EQ* endet, zu geben. Jede Variable, deren Name auf *EQ* endet, wird in den Gleichungskatalog aufgenommen.

Wenn Sie der Liste einen Namen geben wollen, bevor Sie sie in *EQ* speichern, müssen Sie so vorgehen:

1. Erzeugen Sie die Liste im Gleichungskatalog mit **EQ+**.
2. Drücken Sie **→STK**, um die Liste in den Stack zu kopieren.
3. Verlassen Sie den Gleichungskatalog mit **ATTN**, und führen Sie **NEW** aus, um der Liste einen Namen, der auf *EQ* endet, zu geben.

Die Grafikumgebung: Zoomoperationen und Funktionsanalyse

Wenn Sie **DRAW** oder **AUTO** drücken, aktiviert der HP 48, nachdem der Graph gezeichnet wurde, die *Grafikumgebung* und zeigt das Menü **GRAPHICS** an. Die Grafikumgebung bleibt so lange aktiv, bis Sie diese mit **ATTN** verlassen und zur Stackanzeige zurückkehren. Wenn Sie die Grafikumgebung verlassen, bleibt *PICT* bestehen. Sie können mit **GRAPH** jederzeit in die Grafikumgebung zurückkehren und *PICT* wieder darstellen.

Die Grafikumgebung ist wie der Gleichungskatalog eine besondere Umgebung, in der die Tastatur umdefiniert und auf spezielle Operationen beschränkt wird. Sie haben nur Zugriff auf das Menü **GRAPHICS** und dessen Untermenüs. Außerdem können Sie nicht auf den Stack zugreifen.

Die Operationen in der Grafikumgebung können in drei Kategorien unterteilt werden, die folgenden Zwecken dienen:

- Zoomen, d.h. einen Bereich der Zeichnung vergrößern oder verkleinern
- Funktionsanalyse: Gewinnung mathematischer Daten aus dem Diagramm, z.B. Ermittlung des Flächeninhalts unter einer Kurve
- Hinzufügen grafischer Elemente zum Diagramm

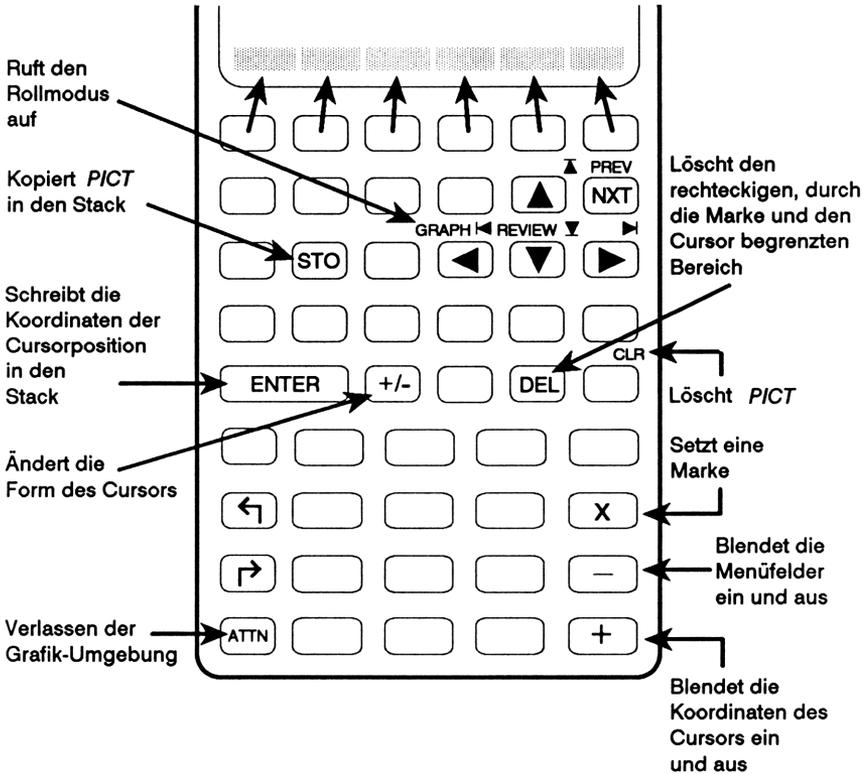
In diesem Abschnitt werden die Zoomoperationen und die Funktionsanalyse erläutert. Das Hinzufügen grafischer Elemente wird in Kapitel 19 auf Seite 363 behandelt.

Operationen zum Zoomen und für die Funktionsanalyse

ZOOM	Zeigt das Menü GRAPHICS ZOOM an, mit dem Sie das Diagramm neu skalieren und zentrieren können.
Z-BOX	Zeichnet den Graphen neu, wobei das Rechteck, dessen gegenüberliegende Ecken durch die Marke und den Cursor definiert sind, das Display ausfüllt.  Z-BOX zeichnet den Graphen neu, wobei der durch die Marke und den Cursor definierte Bereich für x das Display ausfüllt und die y-Achse automatisch skaliert wird.
CENT	Zeichnet den Graphen mit der aktuellen Cursorposition im Mittelpunkt des Displays neu.
COORD	Zeigt die Koordinaten der Cursorposition an, wobei die Menüfelder überschrieben werden. Durch Drücken einer beliebigen Menütaste werden die Menüfelder wieder angezeigt.
LABEL	Fügt <i>PICT</i> Achsenkennzeichnungen hinzu.
FCN	Zeigt das Menü GRAPHICS FCN zur Analyse von Funktionen an (siehe "Funktionsanalyse" auf Seite 331).
MARK	Setzt die Marke. Ist keine Marke vorhanden, wird sie am Cursor erzeugt. Ist die Marke an einer anderen Stelle vorhanden, bewegt MARK sie auf die Cursorposition. Steht die Marke auf der Cursorposition, löscht MARK sie. (Alle Operationen, die eine Marke benötigen, erzeugen sie an der Cursorposition, wenn sie noch nicht vorhanden ist.)
+/-	Schaltet die Cursordarstellung um. In der Grundeinstellung () ist der Cursor immer dunkel. In der anderen Einstellung () ist das Kreuz auf hellem Hintergrund dunkel und auf dunklem Hintergrund hell.

Operationen zum Zoomen und für die Funktionsanalyse (Fortsetzung)

KEYS	Löscht die Menüfelder des Menüs GRAPHICS, wodurch mehr vom Graphen sichtbar wird. Durch Drücken von  oder irgendeiner Menütaste wird das Menü GRAPHICS wieder angezeigt.
   	Bewegt den Grafik-Cursor in die angegebene Richtung. Wird vorher  gedrückt, wird der Cursor an den Rand des Displays bewegt. Befindet sich der Cursor schon am Rand des Displays <i>und</i> ist <i>PICT</i> größer als das Display, wird der Cursor an den Rand von <i>PICT</i> bewegt.
 GRAPH	Aktiviert den Rollmodus. Im Rollmodus sind die Menüfelder gelöscht und, falls <i>PICT</i> größer als das Display ist, rollt das Betätigen der Cursortasten das Anzeigefenster in die angegebene Richtung über <i>PICT</i> hinweg. Drücken Sie erneut  GRAPH , um in die normale Anzeige der Grafikumgebung zurückzukehren.
ENTER	Schreibt die Koordinaten der Cursorposition in den Stack.
	Setzt die Marke (wie MRRK).
	Schaltet die Cursor-Koordinaten ein und aus.
	Schaltet die Menütasten ein und aus.
	Schaltet die Cursor-Darstellung um (wie  .
STO	Kopiert <i>PICT</i> in den Stack.
 REVIEW	Zeigt zeitweilig die Statusmeldung des Menüs PLOTR an. Drücken von  zeigt dann die Zustandsmeldung so lange an, bis die Taste losgelassen wird.
 CLR	Löscht <i>PICT</i> .
ATTN	Dient zum Verlassen der Grafikumgebung.



Zoomoperationen

Mit den Zoomoperationen der Grafikumgebung können Sie einen bestimmten Bereich des Diagramms im Detail betrachten (indem Sie vergrößern) oder mehr vom Diagramm sehen, als zu diesem Zeitpunkt dargestellt wird (indem Sie verkleinern). Mit der Operation **Z-BOX** vergrößern Sie ein Rechteck, das durch die Marke und den Cursor definiert wird. Die Operationen im Menü **ZOOM** gestatten Ihnen das Vergrößern und Verkleinern entlang der x -Achse, der y -Achse oder beider Achsen gleichzeitig.

Das Menü GRAPHICS ZOOM. Drücken Sie in der Grafikumgebung **ZOOM**, um sich das Menü mit den Möglichkeiten zum Zoomen anzeigen zu lassen.

Möglichkeiten zum Zoomen in der Grafikumgebung

X/AUTO	Fordert zur Eingabe eines Zoomfaktors für die x-Achse auf und skaliert die y-Achse automatisch.
X	Fordert zur Eingabe eines Zoomfaktors für die x-Achse auf.
Y	Fordert zur Eingabe eines Zoomfaktors für die y-Achse auf.
XY	Fordert zur Eingabe eines einzigen Zoomfaktors auf, der auf beide Achsen angewendet wird.
EXIT	Dient zum Zurückkehren in das GRAPHICS-Hauptmenü.

Wenn Sie beispielsweise **ZOOM X/AUTO** drücken, sehen Sie folgende Anzeige:

```

{ HOME }                                PRG
-----
x axis zoom w/AUTO.
Enter value (zoom out
if >1), press ENTER
↓

```

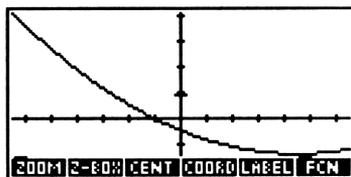
In allen Fällen ändert sich die Skalierung der entsprechenden Achse(n) um den angegebenen Zoomfaktor. Der Graph wird neu gezeichnet, wobei die Cursorposition zum neuen Mittelpunkt wird.

Beispiel: Hinauszoomen. Ermitteln Sie die Zahl der Schnittpunkte mit der x-Achse für folgenden Ausdruck:

$$x^2 - 9x - 10$$

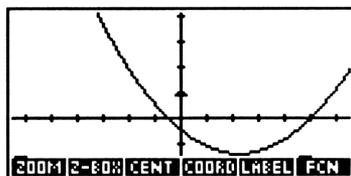
Wählen Sie das Menü PLOT, und speichern Sie die Gleichung in EQ. Setzen Sie dann die Plotparameter zurück. Plotten Sie den Graphen bei automatischer Skalierung.

PLOT
 X y² 9 X
 10 DRAW
 NXT RESET
 NXT AUTO



Der Ausdruck scheint außerhalb des Anzeigebereichs einen zweiten Schnittpunkt mit der x-Achse zu besitzen. Zoomen Sie entlang der x-Achse mit den Zoomfaktor 2.

ZOOM X 2



Der Ausdruck besitzt zwei Schnittpunkte mit der x-Achse.

Rechteck vergrößern. Mit Z-BOX (zoom-to-box) können Sie einen bestimmten Teil des Displays vergrößern:

1. Setzen Sie den Cursor auf eine Ecke des gewünschten Bereichs, und drücken Sie Z-BOX (oder MARK oder) , um die Stelle zu markieren.
2. Setzen Sie den Cursor auf die diagonal gegenüberliegende Ecke.
3. Drücken Sie wieder Z-BOX, um das Diagramm neu zu skalieren und zu plotten.

Wenn die derzeitige Skalierung entlang der y-Achse ausreicht, können Sie auch so vorgehen:

1. Setzen Sie den Cursor auf eine Ecke des gewünschten Bereichs, und drücken Sie Z-BOX (oder MARK oder) , um die Stelle zu markieren.
2. Setzen Sie den Cursor auf die horizontal gegenüberliegende Ecke.
3. Drücken Sie Z-BOX, um den Graphen neu zu plotten und ihn nur entlang der x-Achse neu skalieren zu lassen.

Sie können ebenso einander vertikal gegenüberliegende Ecken markieren, so daß nur entlang der y-Achse neu skaliert wird.

Rechteck vergrößern mit automatischer Skalierung. Wenn Sie in x -Richtung vergrößern möchten, sich hinsichtlich eines geeigneten Maßstabs für die y -Achse aber unsicher sind, können Sie ein Rechteck mit automatischer Skalierung vergrößern:

1. Setzen Sie den Cursor auf eine Ecke des gewünschten Bereichs, und drücken Sie **Z-BOX** (oder **MARK** oder **[X]**), um die Stelle zu markieren.
2. Setzen Sie den Cursor auf die horizontal gegenüberliegende Ecke.
3. Drücken Sie **[↩]Z-BOX**, um das Diagramm neu zu skalieren und zu plotten. Dabei wird der Anzeigebereich der y -Achse *automatisch skaliert*.

Im Beispiel auf Seite 337 wird **Z-BOX** zusammen mit automatischer Skalierung verwendet, um die Nullstellen der Gleichung zu ermitteln.

Funktionsanalyse

Mit dem Menü **GRAPHICS FCN** können Sie das mathematische Verhalten gezeichneter Funktionen untersuchen, indem Sie mit dem Grafik-Cursor einfach den gewünschten Bereich oder Punkt der Funktion angeben und dann die entsprechende Berechnung aus dem Menü heraus durchführen. Folgendes können Sie berechnen:

- Funktionswerte
- Steigungen
- Flächeninhalte unter Kurven
- Nullstellen
- Extrema oder Wendepunkte
- Schnittpunkte zweier Funktionen.

Wenn Sie eine Berechnung durchführen, geschieht folgendes:

- Der Cursor bewegt sich auf die entsprechende Stelle der Funktion (falls dieser Punkt innerhalb des Displays liegt).
- Es wird eine Meldung in der unteren linken Ecke des Displays angezeigt, die das Ergebnis als markiertes Objekt darstellt.
- Das Ergebnis wird als markiertes Objekt im Stack abgelegt.

Sie können sich auch die Ableitung einer geplotteten Funktion darstellen lassen.

Der aktuelle Plottyp muß *FUNCTION* sein und *EQ* muß eine Gleichung, ein Ausdruck oder eine Liste von Ausdrücken oder Gleichungen sein. Sie kann darf kein Programm enthalten.

Wenn Sie zwei oder mehr Gleichungen aus einer Liste in *EQ* (siehe Seite 324) geplottet haben, bearbeiten die Operationen zur Analyse die erste Gleichung in der Liste, falls nicht anders angegeben. Das Menü FCN enthält den Befehl `↵NEQ`, mit dem eine andere Gleichung an den Anfang der Liste gesetzt werden kann.

Das Menü GRAPHICS FCN

Taste	Beschreibung
<code>↵ROOT</code>	Setzt den Cursor auf eine Nullstelle (Schnittpunkt der Funktion mit der <i>x</i> -Achse) und zeigt den Wert der Nullstelle an. Befindet sich die Nullstelle nicht im Anzeigefenster, zeigt <code>↵ROOT</code> kurz die Meldung OFF SCREEN an, bevor der Wert der Nullstelle angegeben wird.
<code>↵ISECT</code>	Wie <code>↵ROOT</code> , wenn nur eine Funktion gezeichnet wurde. Sind zwei oder mehr Funktionen dargestellt, setzt <code>↵ISECT</code> den Cursor auf den nächstgelegenen Schnittpunkt zweier Funktionen und zeigt die Koordinaten (<i>x,y</i>) an. Wenn sich der nächstgelegene Schnittpunkt nicht im Anzeigefenster befindet, zeigt <code>↵ISECT</code> kurz die Meldung OFF SCREEN an, bevor die Koordinaten des Schnittpunktes angegeben werden.
<code>↵SLOPE</code>	Berechnet die Steigung der Funktion für den <i>x</i> -Wert des Cursors und zeigt diese an. Dabei wird der Cursor auf die Stelle der Funktion gesetzt, an der die Steigung berechnet wurde.
<code>↵AREA</code>	Berechnet den Flächeninhalt unterhalb der Kurve zwischen zwei <i>x</i> -Werten, die durch die Marke und den Cursor definiert werden.

Das Menü GRAPHICS FCN (Fortsetzung)

Taste	Beschreibung
EXTR	Bewegt den Cursor auf ein Extremum (lokales Minimum oder Maximum) oder einen Wendepunkt und zeigt die Koordinaten (x,y) an. Wenn sich das nächstgelegene Extremum oder der Wendepunkt nicht innerhalb des Anzeigefensters befindet, zeigt EXTR kurz die Meldung OFF SCREEN an, bevor der Wert angegeben wird.
EXIT	Dient zum Verlassen des Menüs GRAPHICS FCN und zum Zurückkehren in das GRAPHICS-Hauptmenü.
F(X)	Zeigt den Funktionswert für den aktuellen x-Wert des Cursors an und setzt den Cursor auf diese Stelle des Funktionsgraphen.
F'	Stellt die erste Ableitung dar und zeichnet die Stammfunktion neu. Fügt dem Inhalt von EQ den Ausdruck, der die erste Ableitung definiert, hinzu. (Ist EQ eine Liste, wird der Ausdruck durch F' am Anfang der Liste hinzugefügt. Ist EQ keine Liste, erzeugt F' eine solche und fügt den Ausdruck am Anfang der Liste hinzu.)
NXEQ	Rotiert die Liste in EQ, so daß die zweite Gleichung an den Anfang der Liste und die erste Gleichung ans Ende der Liste kommt. Zeigt die Gleichung, die sich dann am Anfang der Liste befindet, an.

Beispiel 1: Funktionsanalyse. Eine Gleichung für die gleichmäßige Beschleunigung lautet:

$$v = v_0 + a_0 t$$

Ermitteln Sie für eine Anfangsgeschwindigkeit $v_0 = 10$ und eine gleichmäßige Beschleunigung $a_0 = 5$ die Geschwindigkeit bei $t = 2$ sowie den zurückgelegten Weg x zwischen $t = 0$ und $t = 10$. (Der zurückgelegte Weg ist gleich der Fläche unterhalb der Kurve, die die Geschwindigkeit über der Zeit darstellt.)

Aktivieren Sie das Menü SOLVE, tippen Sie die Gleichung ein, und speichern Sie diese ohne Namen in EQ. Aktivieren Sie das Menü SOLVR, und speichern Sie die Werte für v_0 und a_0 . Mit dem Menü SOLVR können Sie besonders einfach bekannte Werte für Variablen der aktuellen Gleichung speichern.

STEQ
 SOLVR 10 5

A0: 5
4:
3:
2:
1:
<input type="button" value="V"/> <input type="button" value="V0"/> <input type="button" value="A0"/> <input type="button" value="T"/> <input type="button" value="ERR="/>

Stellen Sie den Anzeigemodus auf 2 Festkommastellen ein, so daß Koordinaten und Ergebnisse aus der Funktionsanalyse in der Grafikumgebung leicht ablesbar sind. Aktivieren Sie dann das Menü PLOTR. Legen Sie, damit Sie ganzzahlige Werte für die Skalenteile der x - und der y -Achse erhalten, die Skalierung mit SCALE auf 1 Einheit je Skalenteil für die x -Achse und auf 25 Einheiten für die y -Achse fest. Hierdurch werden genaue Berechnungen ermöglicht. Legen Sie den Mittelpunkt mit CENT auf (5, 50) fest. Legen Sie zum Schluß T als unabhängige Variable fest.

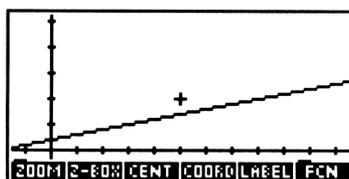
2

 1 25
 5 50

Plot type: FUNCTION
EQ: 'V=V0+A0*T'
Indep: 'T'
x: -1,50 11,50
y: -27,50 130,00
<input type="button" value="ERR="/> <input type="button" value="DRW"/> <input type="button" value="AUTO"/> <input type="button" value="WRNG"/> <input type="button" value="WRNG"/> <input type="button" value="INDEP"/>

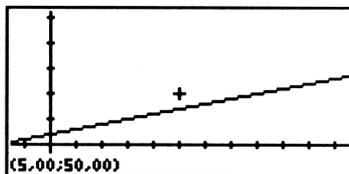
Löschen Sie *PICT*, und plotten Sie dann den Graphen.

ERASE DRAW



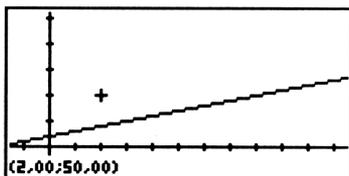
Lassen Sie sich die Koordinaten des Grafik-Cursors anzeigen.

COORD (oder \oplus)



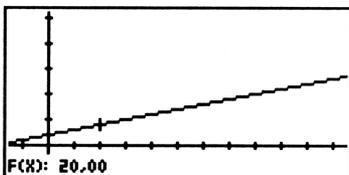
Die x -Koordinate (in diesem Beispiel der Wert für T) beträgt 5,00, halten Sie also die Taste \blacktriangleleft so lange niedergedrückt, bis die x -Koordinate genau 2,00 beträgt. Beachten Sie, daß der Cursor sich langsamer bewegt, wenn die Koordinaten angezeigt werden.

\blacktriangleleft gedrückt halten



Drücken Sie eine beliebige Menütaste (oder \oplus oder \ominus), um sich die Menüfelder wieder anzeigen zu lassen. Aktivieren Sie dann das Menü FCN, und ermitteln Sie den Funktionswert.

\oplus
FCN NXT F(X)



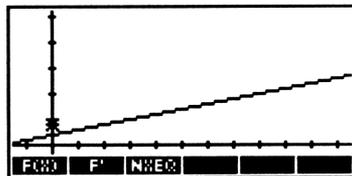
Die Geschwindigkeit beträgt 20 bei $T = 2$.

Berechnen Sie nun den zurückgelegten Weg zwischen $T = 0$ und $T = 10$. Rufen Sie zunächst die Menüfelder wieder auf. Bewegen Sie dann den Cursor auf die y -Achse ($T = 0$), und setzen Sie die Marke.

[+]

[←] gedrückt halten

[X]

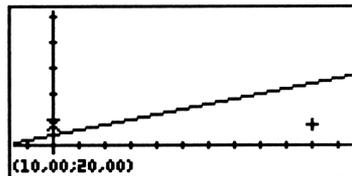


Lassen Sie sich die Koordinaten des Cursors anzeigen, bewegen Sie den Cursor zum rechten Rand des Displays und dann wieder zurück, so lange, bis die x -Koordinate 10,00 ist.

[+]

[→] [▶]

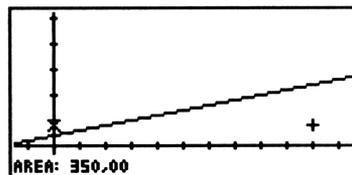
dann [←] gedrückt halten



Lassen Sie sich die Menüfelder wieder anzeigen, und berechnen Sie dann den Flächeninhalt.

[+]

[NXT] AREA



Der zurückgelegte Weg bei $T = 10$ beträgt 350.

Kehren Sie in den Stack zurück, und beachten Sie, daß der Funktionswert und der Flächeninhalt als markierte Objekte im Stack abgelegt wurden.

[ATTN] [ATTN]



Beispiel 2: Funktionsanalyse. Teil 1. Gegeben sei der Ausdruck:

$$x^3 - 2x^2 - x + 2$$

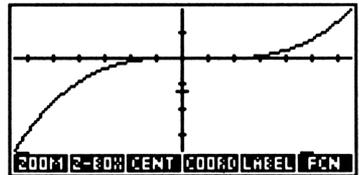
Ermitteln Sie hierfür folgende Größen:

- die Zahl der reellen Nullstellen
- den Wert der am weitesten links liegenden Nullstelle
- die Steigung des Ausdrucks an dieser Nullstelle
- den Wert des Ausdrucks am Schnittpunkt der y-Achse ($x = 0$)
- die Koordinaten des lokalen Minimums.

Aktivieren Sie das Menü PLOT, tippen Sie den Ausdruck ein, und speichern Sie ihn ohne Namen in EQ. Aktivieren Sie das Menü PLOTR, setzen Sie die Plotparameter zurück und plotten Sie dann den Graphen bei automatischer Skalierung des Anzeigebereichs für die y-Achse.

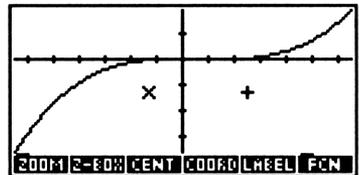
```

[←] PLOT
[1] X [y²] 3 [−] 2 [x] X
[y²] 2 [−] X [+] 2 STEQ
PLOTR [NXT] RESET
[←] [PREV] AUTO
    
```



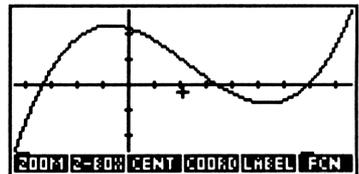
Der interessante Bereich muß vergrößert werden: Setzen Sie also die Marke und den Cursor wie angegeben.

- ◀ gedrückt halten
- [x]
- ▶ gedrückt halten



Vergrößern Sie nun das Rechteck, wobei die y-Achse automatisch skaliert werden soll.

```
[←] Z-BOX
```



Jetzt können Sie erkennen, daß es in diesem Bereich drei reelle Nullstellen gibt.

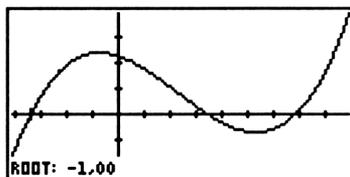
Bewegen Sie den Cursor in die Nähe der äußersten linken Nullstelle.

◀ gedrückt halten



Ermitteln Sie den Wert der Nullstelle.

FCN ROOT



Der Cursor wird auf die Nullstelle gesetzt und der Wert der Nullstelle in der unteren linken Ecke angezeigt.

Berechnen Sie die Steigung der Funktion an der Nullstelle. (Drücken Sie eine beliebige Taste, um sich die Menüfelder wieder anzeigen zu lassen.) Der Wert, den Sie für die Steigung erhalten, kann leicht von dem im nachstehenden Bild abweichen, abhängig von den genauen Koordinaten des rechteckigen Bereichs, den Sie mit ◀ Z-BOX definiert haben.

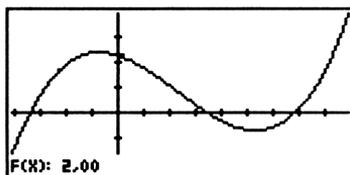
▢ SLOPE



Ermitteln Sie den Funktionswert am Schnittpunkt mit der y-Achse ($x = 0$): Rufen Sie das Menü wieder auf, setzen Sie dann den Cursor auf die y-Achse, und drücken Sie F(X).

+ dann ▶ gedrückt halten

NXT F(X)



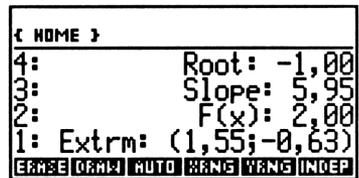
Der Cursor bewegt sich zu der entsprechenden Stelle der Funktion.
 Ermitteln Sie nun die Koordinaten des lokalen Minimums: rufen Sie das Menü wieder auf, bewegen Sie den Cursor auf einen x -Wert in der Nähe des Minimums, und drücken Sie **EXTR**.

- +**
- ▶** gedrückt halten
- NXT** **EXTR**



Verlassen Sie die Grafikumgebung, und beachten Sie, daß die Ergebnisse als markierte Objekte im Stack abgelegt wurden.

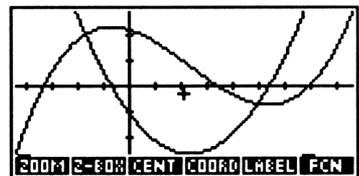
- ATTN** **ATTN**



Teil 2. Lassen Sie sich die Ableitung des Ausdrucks grafisch darstellen, und ermitteln Sie die Koordinaten des Schnittpunktes der Ableitung mit positiven x -Werten und dem ursprünglichen Ausdruck.

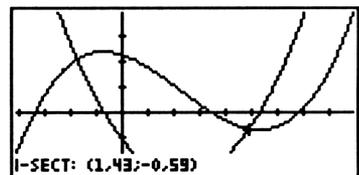
Kehren Sie in die Grafikumgebung zurück, und plotten Sie die Ableitung.

- ↶** **GRAPH** **FCN** **NXT** **F'**



Bewegen Sie den Cursor in die Nähe des gewünschten Schnittpunktes, und führen Sie **ISECT** aus.

- ▶** gedrückt halten
- FCN** **ISECT**



Kehren Sie durch Drücken von **↶** **MODES** **STD** in den normalen Anzeigemodus zurück.

Arbeiten mit schwierigen Darstellungen. Die Beispiele dieses Kapitels führten zu Diagrammen, in denen der Koordinatenursprung im Display sichtbar war, wodurch Sie sich sofort orientieren konnten. Es kann jedoch sein, daß – abhängig vom Ausdruck und dem aktuellen Anzeigebereich – eine oder beide Achsen nicht sichtbar sind. In solchen Fällen sollten Sie **[↩][REVIEW]** drücken, um erkennen zu können, welchen Teil des Graphen Sie gerade sehen. Nehmen Sie beispielsweise an, Sie hätten einen Graphen mit automatischer Skalierung gezeichnet und die x -Achse wäre nicht sichtbar. Wenn Sie dann **[↩][REVIEW]** drücken und der Anzeigebereich 230 bis 410 erscheint, wissen Sie, daß der Teil des Graphen, den Sie gerade betrachten, oberhalb der x -Achse liegt. An dieser Stelle haben Sie jetzt mehrere Möglichkeiten:

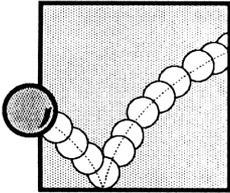
- Wenn Sie die grobe Form der Funktion und deren Lage hinsichtlich der Achsen erkennen wollen, können Sie verkleinern und dadurch mehr von der Funktion sehen. **XAUTO** ist besonders für solche Fälle nützlich.
- Wenn Sie ein spezielles Merkmal der Funktion, wie eine Nullstelle oder ein Extremum, sehen möchten, können Sie die entsprechende Operation im Menü GRAPHICS FCN ausführen, damit die Koordinaten dieses Merkmals in den Stack geschrieben werden. Verlassen Sie dann die Grafikumgebung, und führen Sie CENT aus dem Menü PLOTR aus, um dieses Merkmal beim erneuten Plotten des Graphen sichtbar zu machen. Eine Analyse der Form der Funktion an diesem Merkmal kann eine Vorstellung von der relativen Lage der anderen Merkmale der Kurve geben. Oft sind dann weitere Zoomoperationen erforderlich.

Arbeitsweise der Operationen im Menü GRAPHICS FCN. Die Operationen im Menü GRAPHICS FCN sind mit Befehlen verknüpft, die außerhalb der Grafikumgebung ausführbar sind. (In diesem Abschnitt gilt wieder die normale Unterscheidung zwischen Ausdrücken und Gleichungen.)

Arbeitsweise der Operationen zur Funktionsanalyse

ROOT	Führt ROOT aus (den numerischen Lösungsalgorithmus von HP Solve), um einen Schnittpunkt mit der x -Achse zu finden. Wenn es mehrere Nullstellen (Schnittpunkte) gibt, wird normalerweise diejenige Nullstelle ermittelt, die der aktuellen Cursorposition am nächsten liegt. Bei einer Gleichung wird eine Nullstelle des Ausdrucks auf der rechten Seite der Gleichung ermittelt.
ISECT	Führt ROOT aus: Bei einem einzelnen Ausdruck oder einer Gleichung, deren linke Seite nicht geplottet wurde (Flag -30 rückgesetzt), wirkt ISECT genau wie ROOT. Bei einer Gleichung, deren rechte und linke Seiten geplottet wurden (Flag -30 gesetzt), ermittelt es den nächstgelegenen Schnittpunkt der rechten mit der linken Seite. Bei zwei Ausdrücken ermittelt es den nächstgelegenen Schnittpunkt der Ausdrücke. Bei zwei Gleichungen ermittelt es den nächstgelegenen Schnittpunkt der rechten Seiten.
SLOPE	Führt ∂ aus (differenziert) und wertet dann den ermittelten Ausdruck am x -Wert des Cursors aus.
AREA	Führt \int aus (integriert), wobei die durch die Marke und den Cursor definierten x -Werte als Grenzen dienen.
EXTR	Führt ∂ aus und ermittelt dann den dem Cursor nächstgelegenen x -Wert, der den entstandenen Ausdruck zu Null werden läßt.
F(X)	Wertet den Ausdruck am durch den Cursor markierten x -Wert aus.
F'	Führt ∂ aus, schreibt den entstandenen Ausdruck zusammen mit dem ursprünglichen Ausdruck in eine Liste in EQ und plottet diese Liste.

Vielfältige Grafik



Im vorhergehenden Kapitel wurden die Grundlagen der grafischen Darstellung mathematischer Funktionen behandelt. In allen Beispielen war der Plottyp `FUNCTION`, und es wurde ein begrenzter Satz von Plotparametern erläutert und angewendet. Dieses Kapitel baut auf den in Kapitel 18 vorgestellten Konzepten auf. Es werden folgende Themen behandelt:

- Möglichkeiten zur Ergänzung und Verfeinerung von Zeichnungen:
 - Darstellung eines Teils des Anzeigebereiches
 - Besondere Achsbeschriftungen
 - Festlegen der Auflösung
- Arbeiten mit Anzeigekoordinaten
- Abändern der Größe von `PICT`
- Darstellen der Plottypen `FUNCTION`, `CONIC`, `POLAR`, `PARAMETRIC`, `TRUTH` und statistischer Plottypen
- Grafische Darstellung von Programmen und benutzerdefinierten Funktionen
- Grafische Darstellungen mit Einheiten
- Hinzufügen grafischer Elemente zu `PICT`

Dieses Kapitel behandelt auch Befehle zum Arbeiten mit Grafikobjekten im Stack. Mit diesen Befehlen, die besonders in Programmen

nützlich sind, können Sie selbstgestaltete (auch bewegte) grafische Bilder erzeugen.

Möglichkeiten zur Ergänzung und Verfeinerung grafischer Darstellungen

Mit den folgenden Befehlen des Menüs PLOTR können Sie bestimmte Merkmale einer Zeichnung an Ihre Bedürfnisse anpassen.

Befehle zur Verfeinerung grafischer Darstellungen

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
 PLOT PLOTR:		
INDEP	INDEP	Macht die Variable, deren Name in Ebene 1 steht, zur unabhängigen Variablen. Mit INDEP kann auch der <i>Plotbereich</i> für die unabhängige Variable angegeben werden. ( INDEP liefert den Namen der aktuellen unabhängigen Variable sowie, falls angegeben, deren Plotbereich.
DEPN	DEPND	Macht die Variable, deren Name in Ebene 1 steht, zur abhängigen Variablen. (Diese Angabe wird für die Plottypen CONIC und PLOT benötigt. Siehe Seite 355 und 359.) Mit DEPND kann auch der <i>Plotbereich</i> für die abhängige Variable angegeben werden. ( DEPN liefert den Namen der aktuellen abhängigen Variablen sowie, falls angegeben, deren Plotbereich.)

Befehle zur Verfeinerung grafischer Darstellungen (Fortsetzung)

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
<code>RES</code>	RES	Stellt die <i>Auflösung</i> ein. (<code>RES</code> gibt die aktuelle Auflösung aus.)
<code>AXES</code>	AXES	Legt den Koordinatenursprung gemäß einem komplexen Argument in Ebene 1 fest. Mit AXES können auch Achsbeschriftungen angegeben werden, die von INDEP und DEPND abweichen. (<code>AXES</code> gibt den aktuellen Koordinatenursprung aus.)
<code>DRAX</code>	DRAX	Erzeugt in <i>PICT</i> Koordinatenachsen. (Nicht erforderlich, wenn <code>DRAW</code> oder <code>AUTO</code> von der Tastatur aus ausgeführt wird.)
<code>LABEL</code>	LABEL	Erzeugt in <i>PICT</i> Achsbeschriftungen.
<code>*H</code>	*H	Multipliziert den horizontalen Maßstab mit dem Argument n aus Ebene 1. Vergrößert einen Ausschnitt, falls $n < 1$ ist.
<code>*W</code>	*W	Multipliziert den vertikalen Maßstab mit dem Argument n aus Ebene 1. Vergrößert einen Ausschnitt, falls $n < 1$ ist.

Befehle zur Verfeinerung grafischer Darstellungen (Fortsetzung)

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
 	PDIM	Ändert die Größe von <i>PICT</i> . (  gibt die aktuelle Größe von <i>PICT</i> aus.) Zeigt die Plotparameter wieder an.

Plotbereich und Anzeigebereich

Der Bereich der unabhängigen Variablen, in dem die aktuelle Gleichung ausgewertet wird, heißt *Plotbereich*. Wenn nicht anders angegeben, verwendet der HP 48 den Anzeigebereich der *x*-Achse (durch XRNG angegeben) als Plotbereich. Sie können jedoch mit INDEP einen anderen Plotbereich als den Anzeigebereich der *x*-Achse angeben. Bei den Plottypen CONIC und TRUTH (Seite 355 und 359), die eine Angabe über die *abhängige* Variable benötigen, können Sie mit DEPND für die abhängige Variable einen Plotbereich angeben, der vom Anzeigebereich der *y*-Achse abweicht.

INDEP und DEPND entnehmen dem Stack zwei Zahlen. Ein Beispiel:
 Ø 1Ø INDEP legt den Plotbereich der unabhängigen Variablen auf 0 bis +10 fest. Sie können auch beides, den Variablennamen und den Bereich, durch eine Liste der folgenden Form festlegen:

$$\{ \text{'Name' untere obere} \}$$

wobei *Name* der Variablenname und *untere* bzw. *obere* die untere bzw. die obere Grenze des Plotbereichs definiert. Ein Beispiel:

{ T Ø 1Ø } INDEP legt den Plotbereich der unabhängigen Variablen *T* auf 0 bis +10 fest.

Es gibt zwei Situationen, in denen die Angabe des Plotbereichs nützlich ist:

- Beim Plottyp PARAMETRIC (Seite 358) hängt der Anzeigebereich für die *x*-Achse nicht mit dem passenden Plotbereich für die unabhängige Variable zusammen, so daß Sie den Plotbereich immer mit INDEP angeben sollten (siehe Beispiel Seite 359).

- Beim Plottyp TRUTH (Seite 359) verkürzt die Angabe von Plotbereichen, die kleiner als die Anzeigebereiche der x - und der y -Achse sind, die für den Aufbau der Anzeige benötigte Zeit (siehe Beispiel Seite 360).

Angeben von Achsen und Beschriftungen

Wenn es innerhalb des Plotbereichs Achsen gibt, zeichnen `AUTO` und `DRAW` diese automatisch mit Skalenteilen im Abstand von 10 Pixel. Die Achsen schneiden sich bei $(0,0)$, falls Sie nicht mit `AXES` etwas anderes angeben. `LABEL` zeigt in `PICT` die Namen der unabhängigen und der abhängigen Variablen sowie die Koordinaten der Endpunkte der Achsen (unter Verwendung des aktuellen Anzeigeformats) an.

Mit `AXES` können Sie über eine Liste als Argument Achsbeschriftungen angeben, die von den Namen der unabhängigen und der abhängigen Variablen abweichen. Ein Beispiel: `{ (0,0) "X2" "F(X2)" }`. `AXES` weist der horizontalen Achse die Beschriftung `X2` und der vertikalen Achse die Beschriftung `F(X2)` zu, unabhängig von den Namen der unabhängigen bzw. der abhängigen Variablen. Durch späteres Drücken von `LABEL` werden diese Kennzeichnungen in `PICT` eingefügt.

Festlegen der Auflösung

Der Befehl `RES` (resolution) bestimmt den Abstand zwischen Werten der unabhängigen Variablen, die zur Erzeugung der Grafik verwendet werden. `RES` verwendet entweder ein reelles oder ein binäres Argument. Bei allen Plottypen bestimmt ein reelles Argument den Abstand in benutzerdefinierten Einheiten. Bei den Plottypen `FUNCTION`, `CONIC` und `TRUTH` bestimmt ein binäres Argument den Abstand als Anzahl von Pixel. Auf die Plottypen `POLAR` und `PARAMETRIC` sind binäre Argumente nicht anwendbar. Das reelle Argument `0` oder das binäre Argument `# 0` legt als Abstand die voreingestellten Werte fest, die aus der folgenden Tabelle hervorgehen.

Plottyp	Voreingestellter Abstand
FUNCTION, CONIC und TRUTH	1 Pixel: Es wird in jeder Spalte von Pixeln ein Punkt gezeichnet.
POLAR	2°, 2 Gon oder $\pi/90$
PARAMETRIC	[Bereich der unabhängigen Variablen (in benutzerdefinierten Einheiten)]/130

Eine Erhöhung von RES (weniger Punkte werden erzeugt) führt zur schnelleren Erstellung einer Zeichnung. Die Genauigkeit der Linie, die die gezeichneten Punkte verbindet, verschlechtert sich jedoch dadurch.

Wie RES statistische Darstellungen beeinflusst. Bei statistischen Darstellungen gibt ein reelles Argument benutzerdefinierte Einheiten und ein binäres Argument Pixelzahlen in folgender Weise an:

- Plottyp BAR: RES bestimmt die Breite der Balken.
- Plottyp HISTOGRAM: RES bestimmt die Breite der Rechtecke.
- Plottyp SCATTER: RES ist nicht anwendbar.

Die Variable der Plotparameter PPAR

Der HP 48 verwendet eine reservierte Variable namens *PPAR* zum Speichern der Plotparameter. *PPAR* enthält eine Liste mit folgenden Objekten:

{ (x_{min}, y_{min}) (x_{max}, y_{max}) indep res axes ptype depend }

Inhalt der Liste PPAR

Element	Beschreibung	Standard- einstellung
(x_{\min}, y_{\min})	Eine komplexe Zahl, die die Koordinaten der unteren linken Ecke des Anzeigebereichs angibt	(-6,5; -3,1)
(x_{\max}, y_{\max})	Eine komplexe Zahl, die die Koordinaten der oberen rechten Ecke des Anzeigebereichs angibt	(6,5;3,2)
<i>indep</i>	Unabhängige Variable: der Name der Variablen oder eine Liste mit dem Namen und zwei reellen Zahlen (dem horizontalen Plotbereich)	X
<i>res</i>	Auflösung: Für die Darstellung von Gleichungen eine reelle oder binäre Zahl, die den Abstand zwischen gezeichneten Punkten angibt. Für statistische Daten mehrere unterschiedliche Bedeutungen	0 (in jeder Spalte von Pixeln wird ein Punkt gezeichnet)
<i>axes</i>	Eine komplexe Zahl, die die Koordinaten des Schnittpunktes der Achsen angibt oder eine Liste mit dem Koordinatenursprung und den Beschriftungen (Zeichenfolgen) für beide Achsen	(0;0)
<i>ptype</i> <i>depend</i>	Befehl, der den Plottyp angibt Abhängige Variable: der Name der Variablen oder eine Liste mit dem Namen und zwei reellen Zahlen (dem vertikalen Plotbereich)	FUNCTION Y

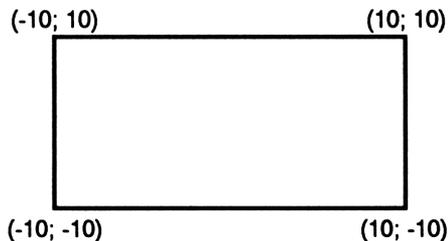
Da *PPAR* eine Variable ist, kann für jedes Verzeichnis ein eigenes *PPAR* angelegt werden.

Zurücksetzen von PPAR. Der Befehl RESET setzt die Parameter in *PPAR* (außer dem Plottyp) auf die Standardeinstellung zurück. RESET löscht außerdem *PICT* und stellt es auf seine voreingestellte Größe ein.

Anzeigekoordinaten

Die Größe von *PICT* (oder irgendeines Grafikobjektes im Stack) und die Lage von Punkten darin werden in Form horizontaler und vertikaler Koordinaten angegeben. Es gibt zwei Systeme von Einheiten für die Koordinaten:

- *Benutzerdefinierte* Koordinaten (bisher einfach "Einheiten" genannt) werden durch eine komplexe Zahl dargestellt. Sie werden entsprechend den ersten beiden Parametern in *PPAR* interpretiert: (x_{\min}, y_{\min}) und (x_{\max}, y_{\max}) . Ein Beispiel: Wenn (x_{\min}, y_{\min}) auf $(-10; -10)$ und (x_{\max}, y_{\max}) auf $(10; 10)$ eingestellt ist, geben die Koordinaten $(-10; 10)$ das obere linke Pixel des Grafikobjekts an. (Grafikobjekte im Stack besitzen keine benutzerdefinierten Koordinaten.)



- *Pixel*koordinaten werden durch eine Liste mit zwei ganzzahligen Binärwerten dargestellt: {#0 #0} gibt das obere linke Pixel an.



Mit zwei Befehlen im Menü PRG DSPL können Sie Koordinaten für einen gegebenen Punkt in das jeweils andere Koordinatensystem umwandeln.

Befehle zur Umwandlung von Koordinaten

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
[PRG] DSPL (page 2):		
PX→C	PX→C	Wandelt Pixelkoordinaten in benutzerdefinierte Koordinaten um. Verwendet als Argument die Liste < #n #m > aus Ebene 1 (wobei #n die Koordinate der Zeile und #m die Koordinate der Spalte darstellt) und gibt (x,y) aus.
C→PX	C→PX	Wandelt benutzerdefinierte Koordinaten in Pixelkoordinaten um. Entnimmt (x,y) aus Ebene 1 und gibt < #n #m > in Ebene 1 aus.

Ändern der Größe von PICT

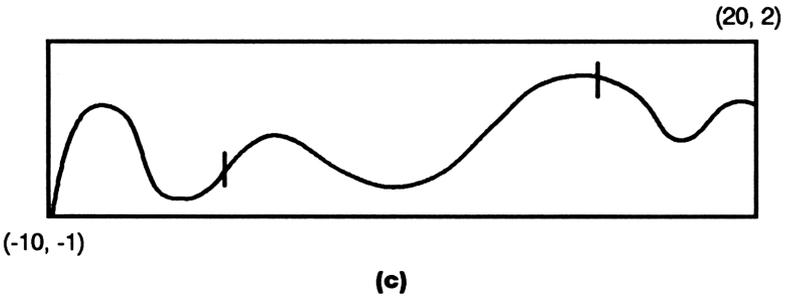
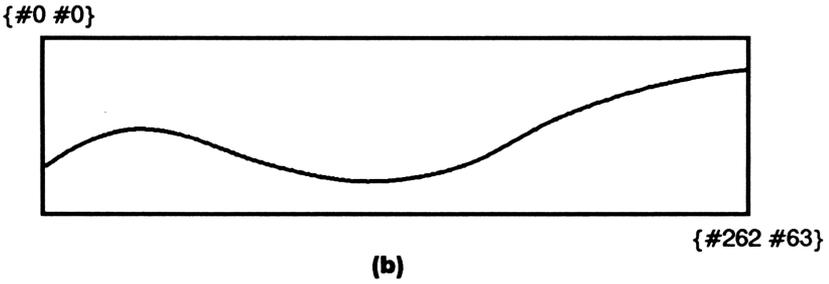
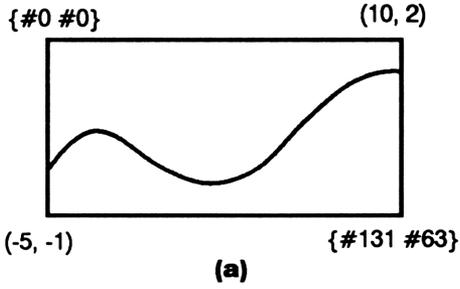
Sie können *PICT* mit dem Befehl *PDIM* (*PICT* dimension) vergrößern. *PDIM* verwendet zwei Argumente: entweder benutzerdefinierte Koordinaten oder Pixelzahlen:

- Koordinaten in benutzerdefinierten Einheiten geben die untere linke Ecke (in Stackebene 2) und die obere rechte Ecke (in Stackebene 1) an.
- Maße in Form von Pixelzahlen geben die horizontale Größe (in Stackebene 2) und die vertikale Größe (in Stackebene 1) an.

Beide Formen des Arguments verändern die Größe von *PICT*, haben jedoch unterschiedliche Auswirkungen auf die Skalierung der Achsen.

Nehmen Sie beispielsweise an, daß *PICT* im Moment die voreingestellte Größe (#131 Pixel breit, #64 Pixel hoch) hat, daß der aktuelle Anzeigebereich für die *x*-Achse -5 bis 10 beträgt, daß der aktuelle Anzeigebereich für die *y*-Achse -1 bis 2 beträgt und daß *PICT* den in Bild (a) auf Seite 352 dargestellten Graphen enthält:

- Wenn `#262 #64 PDIM` ausgeführt wird, verdoppelt sich die Größe von *PICT* in der Horizontalen, die Anzeigebereiche bleiben jedoch unverändert: es verdoppelt sich also der Maßstab der *x*-Achse. Wenn Sie den Graphen neu zeichnen, wird er "gestreckt" (Bild (b)).
- Wenn Sie `<-10, -1> <20, 2> PDIM` ausführen, verdoppelt sich wiederum *PICT* in der Horizontalen (auf #262 Pixel breit und #64 Pixel hoch), der Anzeigebereich für die *x*-Achse wird zu -10 bis 20, und der Anzeigebereich für die *y*-Achse bleibt -1 bis 2. In diesem Fall verändert sich die Skalierung der Achsen *nicht*. Wenn Sie den Graphen jetzt neu zeichnen, werden ihm auf beiden Seiten neue Punkte hinzugefügt (Bild (c)).



Ändern der Größe von PICT

Plottypen

Durch den Plottyp wird angegeben, wie der HP 48 die aktuelle Gleichung (oder die aktuellen statistischen Daten für statistische Plottypen) interpretieren soll. Die Statusmeldung des Menüs PLOT gibt den aktuellen Plottyp an.

Es gibt acht Plottypen:

- fünf Typen zur Darstellung von Gleichungen: FUNCTION, CONIC, POLAR, PARAMETRIC und TRUTH.
- drei Typen zur Darstellung statistischer Daten unter Verwendung der aktuellen statistischen Matrix (dem Inhalt von ΣDAT): SCATTER, HISTOGRAM und BAR.

Der voreingestellte Standardtyp ist FUNCTION. Zum Einstellen des Plottyps aktivieren Sie das Menü TYPE (PTYPE im Menü PLOT oder PLOTR drücken) und betätigen dann die entsprechende Menütaste zum Ausführen des dazugehörigen Befehls.

Plottypen für die aktuelle Gleichung

Typ	Beschreibung
FUNCTION	Plottet Gleichungen, die einen Wert $f(x)$ zu jedem Wert von x liefern.
CONIC	Plottet Kegelschnitte: Kreise, Ellipsen, Parabeln und Hyperbeln.
POLAR	Plottet Ausdrücke, die den Radius für jeden Wert des angegebenen polaren Winkels liefern.
PARAMETRIC	Plottet Gleichungen, die ein komplexes Ergebnis für jeden Wert der angegebenen unabhängigen Variablen liefern.
TRUTH	Plottet Ausdrücke, die den Wert "wahr" (1) oder "falsch" (0) liefern, wie z.B. Gleichungen mit Vergleichsoperationen.

Plottypen für die aktuelle statistische Matrix

BAR	Plottet ein Balkendiagramm mit den Daten aus einer angegebenen Spalte (XCOL) der statistischen Matrix.
HISTOGRAM	Plottet ein Verteilungshistogramm mit den Daten aus einer angegebenen Spalte (YCOL) der statistischen Matrix.
SCATTER	Plottet Punkte, deren Koordinaten aus zwei Spalten (XCOL und YCOL) der statistischen Matrix stammen.

Der Plottyp FUNCTION

Der voreingestellte Plottyp ist FUNCTION. Alle Beispiele in Kapitel 18 verwendeten diesen Plottyp.

Der Plottyp FUNCTION

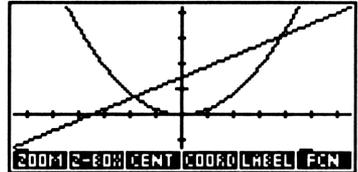
Form der aktuellen Gleichung	Beispiel	gezeichnete Punkte
$f(x)$	$x^3 - 5x^2 - 10x + 20$	$(x, f(x))$
$y = f(x)$	$y = x^2 + x + 4$	Flag -30 rückgesetzt: $(x, f(x))$ Flag -30 gesetzt: $(x, f(x))$ und (x, y)
$f(x) = g(x)$	$x^2 = 2x + 7$	$((x, f(x))$ und $(x, g(x))$

Beispiel: Plotten einer Gleichung. Plotten Sie folgende Gleichung:

$$x^2 = 2x + 7$$

Machen Sie die Gleichung zur aktuellen Gleichung (ohne Namen). Legen Sie als Plottyp FUNCTION fest. Setzen Sie die Plotparameter auf ihre Standardwerte zurück. Plotten Sie dann den Graphen mit automatischer Skalierung.

[←] PLOT
 [□] X [y²] 2
 [←] [=] 2 [X] X [+ 7 STEG
 PTYPE FUNC
 PLOTR [NXT] RESET
 [NXT] [NXT] AUTO



Die x -Werte, an denen sich die beiden Kurven schneiden, sind Nullstellen der Gleichung.

Der Plottyp CONIC

Die Gleichung für einen Kegelschnitt ist für x und y zweiten Grades oder niedriger. Ein Beispiel: Die folgenden Gleichungen sind alle gültige Gleichungen zum Plotten von Kegelschnitten:

$x^2 + y^2 + 4x + 2y - 10 = 0$	Kreis
$5x^2 + 3y^2 - 18 = 0$	Ellipse
$x^2 - 4x + 3y + 2 = 0$	Parabel
$2x^2 - 3y^2 + 3y - 5 = 0$	Hyperbel

Beachten Sie, daß die durch DEPND angegebene Variable verwendet *wird*, wenn es sich um den Plottyp CONIC handelt. Beachten Sie auch, daß automatische Skalierung bei Kegelschnitten nicht angebracht ist. Verwenden Sie stattdessen CENT und SCALE.

Beispiel: Ein Kegelschnitt. Plotten Sie den Kegelschnitt folgender Gleichung:

$$x^2 + y^2 + 4x + 2y - 5 = 0$$

Aktivieren Sie das Menü PLOT, und tippen Sie die Gleichung ein. Speichern Sie die Gleichung (ohne Namen) in EQ. Legen Sie als Plottyp CONIC fest. Stellen Sie die Plotparameter ein. Verwenden Sie **CENT** und **SCALE** zum Plotten eines "runden" Kreises.

```

[→] [PLOT]
[ ] X [y^2] 2 [+]
Y [y^2] 2 [+] 4 [x] X
[+] 2 [x] Y [-] 5 [←] [=] 0
[←] [DRAW]
[NXT] [P]TYPE CONIC
[NXT] [NXT] [ ] X INDEP
[NXT] [ ] Y DEPN
[←] [C] 0 [SPC] 0 CENT
2 [SPC] 2 SCALE
    
```

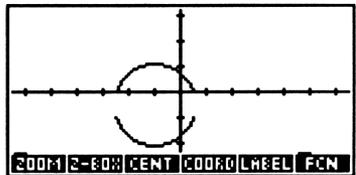
```

Plot type: CONIC
EQ: 'X^2+Y^2+4*X+2*Y-...
Indep: 'X'
Depnd: 'Y'
x:      -13      13
y:      -6,2    6,4
[DEPN] [P]TYPE RES [CENT] [SCALE] [RESET]
    
```

Zeichnen Sie den Kegelschnitt.

```

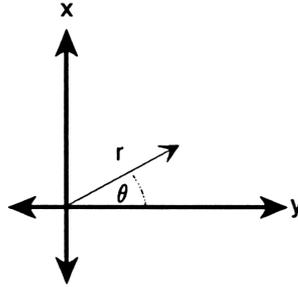
[←] [PREV]
ERASE [DRAW]
    
```



Beim Plottyp CONIC zeichnet der HP 48 die beiden Äste des Kegelschnitts getrennt. Dadurch können im zusammengesetzten Graphen ein oder zwei Sprungstellen auftreten, wie in obigem Beispiel. Die Angabe einer feineren Auflösung (Verkleinern des Abstandes zwischen den gezeichneten Punkten) kann zum Beseitigen solcher Sprungstellen beitragen (siehe "Festlegen der Auflösung" auf Seite 346).

Der Plottyp POLAR

Bei polaren Darstellungen ist der polare Winkel die unabhängige Variable.



Der Plottyp POLAR

Form der Funktion	Beispiel	gezeichnete Punkte
$f(\theta)$	$\cos(\theta) + \sin(\theta)$	$(f(\theta), \theta)$
$r = f(\theta)$	$r = 2\cos(\theta)$	$(f(\theta), \theta)$
$\theta = \textit{konstant}$	$\theta = 0,2\pi$	radiale Linie
$f(\theta) = g(\theta)$	$4\sin(\theta) = r^2$	$(f(\theta), \theta)$ und $(g(\theta), \theta)$

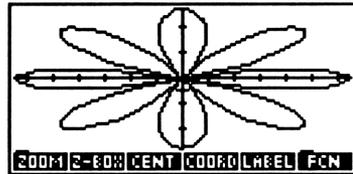
Falls Sie nichts anderes angeben, werden die Zeichnungen für einen vollen Umlauf von θ (0 bis 360 Grad, 2π oder 400 Gon, je nach eingestelltem Winkelmodus) erstellt. Um einen anderen Plotbereich für θ anzugeben, müssen Sie eine Liste als Argument für INDEP erstellen (siehe "Plotbereich und Anzeigebereich" auf Seite 345). Wenn Sie automatische Skalierung verwenden, berechnet der HP 48 einen geeigneten Anzeigebereich für die x- und die y-Achse auf der Grundlage des θ -Bereichs, beachten Sie jedoch, daß die entstehenden Maßstäbe für die x- und die y-Achsen verschieden sein können.

Beispiel: Ein Polarplot. Plotten Sie die polare Gleichung $r = 2 \cos(4\theta)$ für Werte von θ innerhalb des Bereichs von 0° bis 360° .

Stellen Sie den Modus DEG ein. Speichern Sie die Gleichung in *POL*. (Zum Eintippen von θ müssen Sie \square \rightarrow \square \leftarrow \square drücken). Wählen Sie POLAR als Plottyp. Geben Sie θ als unabhängige Variable an. Plotten Sie dann das Diagramm mit automatischer Skalierung.

```

 $\leftarrow$   $\square$  RAD, falls erforderlich
 $\leftarrow$   $\square$  PLOT
 $\square$  R  $\leftarrow$   $\square$  2  $\square$   $\times$  COS 4  $\square$   $\times$   $\theta$ 
NEW POL  $\square$  ENTER
P TYPE POLAR
PLOT R  $\square$   $\theta$  INDEP
AUTO
    
```



In diesem Beispiel erzeugt die automatische Skalierung unterschiedliche x- und y-Achsen, wobei die Grafik in der Vertikalen gestaucht wird.

Der Plottyp PARAMETRIC

In parametrischen Gleichungen werden zwei abhängige Variable (meist x und y), dargestellt über der horizontalen und der vertikalen Achse, als Funktionen einer unabhängigen Variablen (meist t) ausgedrückt. Ein Beispiel: Gegeben seien folgende parametrische Gleichungen

$$x = t^2 - t \quad \text{and} \quad y = t^3 - 3t$$

wobei t die unabhängige Variable sei.

Um diese Gleichungen plotten zu können, müssen sie als ein Ausdruck oder Programm dargestellt werden, wobei ein komplexes Ergebnis $x + yi$ ausgegeben wird:

$$'T^2 - T + i * (T^3 - 3 * T)'$$

Beim Plottyp PARAMETRIC hängt der Anzeigebereich für die x -Achse nicht mit dem passenden Plotbereich für die unabhängige Variable zusammen, so daß Sie den Plotbereich immer mit INDEP angeben sollten (siehe "Plotbereich und Anzeigebereich" auf Seite 345). Wenn Sie automatische Skalierung verwenden, berechnet der HP 48 einen geeigneten Anzeigebereich für die x - und die y -Achse auf der Grundlage des Plotbereiches für die unabhängige Variable.

Beispiel: Eine parametrische Darstellung. Plotten Sie die o.a. Gleichungen mit Werten für t innerhalb des Bereichs von -3 bis $+3$.

Tippen Sie den Ausdruck ein, und speichern Sie diesen. Nennen Sie ihn *PAR*. (Zum Eingeben der imaginären Einheit i müssen Sie α \leftarrow und dann CST drücken.)

1 T y^* 2 T +
 i x \leftarrow (T y^* 3
 - 3 x T
 \leftarrow PLOT NEW
 PAR ENTER

```
Plot type: POLAR
PAR: 'T^2-T+i*(T^3-3*...
4:
3:
2:
1:
PLOT: PTYPE NEW EOE: STEP: CAT
```

Wählen Sie als Plottyp *PARAMETRIC*, und legen Sie die unabhängige Variable sowie deren Plotbereich fest. Zeichnen Sie den Graphen mit automatischer Skalierung.

P T Y^* 2 T +
 i x \leftarrow (T y^* 3
 - 3 x T
 \leftarrow PLOT NEW
 PAR ENTER



Der Plottyp TRUTH

Der Plottyp *TRUTH* wertet Ausdrücke aus, die “wahr” (jede reelle Zahl ungleich Null) oder “falsch” (0) als Ergebnis liefern. Jedes Pixel, für das der Ausdruck “wahr” ergibt, wird *eingeschaltet* und jedes Pixel, für das der Ausdruck “falsch” ergibt, bleibt *unverändert*. Falls nicht anders angegeben, wird der Ausdruck für jedes Pixel des Displays ausgewertet.

Die durch *DEPND* anzugebende Variable wird beim Plottyp *TRUTH* benötigt.

Beispiel: Darstellung von Wahrheitswerten. Stellen Sie die Wahrheitswerte des folgenden Ausdrucks dar:

'Y<COS(X)AND Y>SIN(X)'

Legen Sie den Anzeigebereich für die x -Achse auf $-\pi$ bis $\pi/2$ (Radiant) und für die y -Achse auf $-1,5$ bis $1,5$ fest. Geben Sie, um die für den Aufbau der Anzeige benötigte Zeit zu reduzieren, als Plotbereich $-2,4$ bis $0,85$ (Radiant) für X und $-1,1$ bis $1,2$ für Y an.

Wählen Sie den Radiant-Modus. Tippen Sie den Ausdruck ein, und speichern Sie diesen in EQ. (Um $<$ einzutippen, müssen Sie α \leftarrow und dann $\boxed{2}$ drücken. Für $>$ muß α \rightarrow und dann $\boxed{2}$ gedrückt werden.) Geben Sie den Plottyp an.

\leftarrow **RAD**, falls erforderlich
 $\boxed{1}$ Y < **COS** X \rightarrow
PRG TEST AND
 Y > **SIN** X
 \leftarrow **PLOT** STEQ
 PTYPE TRUTH

```
Plot type: TRUTH
EQ: 'Y<COS(X)AND Y>SI...
4:
3:
2:
1:
PLOT PTYPE NEW EQEQ STEQ CNT
```

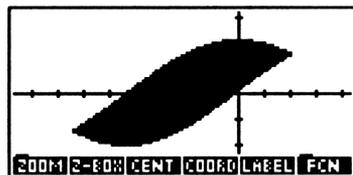
Geben Sie die Anzeigebereiche für die x - und die y -Achse an. Legen Sie die unabhängige und die abhängige Variable sowie deren Plotbereiche fest.

PLOTR
 \leftarrow π $\boxed{+/-}$ \rightarrow **NUM**
ENTER 2 $\boxed{+/-}$ **XRNG**
 1.5 $\boxed{+/-}$ **SPC** 1.5 **YRNG**
 \leftarrow $\{ \}$ X **SPC** 2.4 $\boxed{+/-}$ **SPC** .85
ENTER **INDEP**
 \leftarrow $\{ \}$ Y **SPC** 1.1 $\boxed{+/-}$ **SPC** 1.2
ENTER **NXT** **DEPN**

```
Plot type: CONIC
EQ: 'X^2+Y^2+4*X+2*Y-...
Indep: { X -2,4 ; 0,85 }
Depnd: { Y -1,1 ; 1,2 }
x: -3,141592 1,5707963
y: -1,5 1,5
DEPN PTYPE RES CENT SCALE RESET
```

Erstellen Sie die Grafik. (Der HP 48 benötigt dazu etwa siebeneinhalb Minuten.)

\leftarrow **PREV** **ERASE** **DRAW**



Darstellen von Programmen und benutzerdefinierten Funktionen

Außer Ausdrücken und Gleichungen kann der HP 48 auch bestimmte Programme und benutzerdefinierte Funktionen darstellen:

- Programme, die äquivalent zu Ausdrücken des Typs $f(x)$ (FUNCTION) oder $r(\theta)$ (POLAR) sind. Das Programm darf keinerlei Werte aus dem Stack entnehmen und genau einen (unmarkierten) Wert in den Stack ausgeben. Ein Beispiel: Das Programm

```
« IF 'X<10' THEN '3*X^3-45*X^2+350' ELSE 1000 »
```

plottet:

$$f(x) = \begin{cases} 3x^3 - 45x^2 + 350 & \text{for } x < 10 \\ 1000 & \text{for } x \geq 10 \end{cases}$$

- Programme, die ein einziges komplexes Ergebnis ausgeben (Typ PARAMETRIC). Ein Beispiel: Das Programm

```
« 't^2-2' →NUM 't^3-2t+1' →NUM R→C »
```

stellt folgende parametrischen Gleichungen dar:

$$x = t^2 - 2 \quad \text{und} \quad y = t^3 - 2t + 1$$

- Benutzerdefinierte Funktionen, die als Funktion einer Variablen geschrieben wurden. Ein Beispiel: Wenn Sie die benutzerdefinierte Funktion *COT* (Cotangens) erzeugt haben, können Sie den Ausdruck *COT(X)* plotten lassen, wobei *X* die unabhängige Variable ist.

Beachten Sie, daß die Operationen im Menü GRAPHICS FCN nicht für Darstellungen von Programmen und benutzerdefinierten Funktionen verwendet werden können.

Grafische Darstellungen mit Einheiten

Der HP 48 erlaubt die Darstellung von Gleichungen, die Objekte mit Einheiten enthalten, unter folgenden Voraussetzungen:

- Wenn die unabhängige Variable Einheiten benötigt, damit EQ korrekt ausgewertet werden kann, müssen Sie ein Objekt mit Einheiten in der unabhängigen Variablen speichern, bevor Sie mit dem Plotten beginnen. (Der numerische Teil des Objektes wird ignoriert.)
- Wenn die Auswertung von EQ ein Objekt mit Einheiten ausgibt, wird nur der Zahlenwert des Objektes für die Darstellung verwendet.

Beachten Sie, daß Sie Einheiten nicht mit den Anzeigebereichen für die x - und die y -Achse verbinden können. Wenn also die gewünschte Einheit für den Anzeigebereich der x -Achse m (Meter) ist, findet *keine* Umrechnung statt, falls die unabhängige Variable mit der Einheit ft (Fuß) versehen ist.

Grafische Darstellung statistischer Daten

Statistische Daten werden ähnlich wie mathematische Daten dargestellt, mit folgenden Besonderheiten:

- Die Daten werden aus der reservierten Variablen ΣDAT statt aus EQ bezogen.
- Statt abhängige und die unabhängige Variable in $PPAR$ anzugeben, müssen Sie *Spalten* von statistischen Daten in der reservierten Variablen ΣPAR angeben.

Am einfachsten ist die Darstellung statistischer Daten mit dem Anwendungsprogramm STATISTIK. Siehe Kapitel 21, Abschnitt "Grafische Darstellung".

Sie können statistische Daten auch aus dem Anwendungsprogramm PLOT heraus grafisch darstellen lassen, indem Sie einen der statistischen Plottypen wählen: BAR, HISTOGRAM oder SCATTER. Wenn Sie dies tun, geschieht folgendes:

- Die Statusmeldung im Menü PLOT ändert sich, um den Inhalt von ΣDAT und nicht den von EQ anzuzeigen.
- Die Statusmeldung im Menü PLOTR ändert sich, um den Inhalt von ΣDAT , die durch XCOL und YCOL angegebenen Spalten in ΣDAT sowie das momentan gewählte statistische Modell anzuzeigen.

Verwenden Sie **DRAW** oder **AUTO** zum Plotten des Graphen.

Mit PLOT können Sie Plotparameter für statistische Darstellungen angeben, die Ihnen in STATISTIK nicht zur Verfügung stehen. Einige Beispiele:

- RES erlaubt Ihnen, die Zahl der Klassen in einem Histogramm anzugeben.
- CENTR und SCALE erlauben Ihnen, bei Streudiagrammen Anzeigebereiche anzugeben, die größer als der Bereich der gezeichneten Punkte sind.
- AXES erlaubt Ihnen, Achsbeschriftungen für beide Achsen eines Balkendiagramms anzugeben.

Hinzufügen grafischer Elemente zu PICT

Mit bestimmten Operationen in der Grafikumgebung und den entsprechenden programmierbaren Befehlen im Menü PRG DSPL können Sie der Darstellung in PICT grafische Elemente hinzufügen.

Operationen in der Grafikumgebung zum Hinzufügen grafischer Elemente zu PICT

Hinzufügen grafischer Elemente zu PICT

DOT+	Erlaubt das direkte Zeichnen von Linien: Pixel unter dem Cursor werden eingeschaltet. So lange diese Operation aktiv ist, erscheint im Menüfeld ein ■ (DOT+■) .
DOT-	Erlaubt das direkte Löschen von Linien: Pixel unter dem Cursor werden abgeschaltet, wenn der Cursor über das Display geführt wird. So lange diese Operation aktiv ist, erscheint im Menüfeld ein ■ (DOT-■) .
LINE	Zieht eine Gerade zwischen der Marke und dem Cursor und bewegt die Marke zur Cursorposition.
TLINE	(Toggle line): Schaltet die Pixel auf der Gerade zwischen der Marke und dem Cursor um (je nach Zustand ein oder aus). Bewegt die Marke nicht zur Cursorposition.
BOX	Zeichnet ein Rechteck mit der Marke und dem Cursor als diagonal gegenüberliegende Ecken.
CIRCL	Zeichnet einen Kreis mit der Marke als Mittelpunkt und einem Radius, der vom Abstand des Cursors von der Marke definiert wird.
MARK	Setzt die Marke. Ist keine Marke vorhanden, wird an der Cursorposition eine solche erzeugt. Steht die Marke bereits an einer anderen Stelle, bewegt MARK sie zur Cursorposition. Steht die Marke auf der Cursorposition, löscht MARK sie. (Alle Operationen, die eine Marke benötigen, erzeugen eine solche an der Cursorposition, falls noch keine existiert.)
DEL	Löscht einen rechteckigen Bereich, dessen gegenüberliegende Ecken von der Marke und vom Cursor definiert werden.

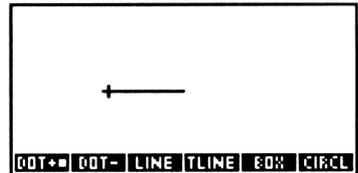
Hinzufügen grafischer Elemente zu PICT (Fortsetzung)

 CLR	Löscht <i>PICT</i> .
	Setzt eine Marke (wie MARK).
DEL	Wie DEL .

Beispiel: Hinzufügen grafischer Elemente zu PICT. Fügen Sie zu *PICT* auf folgende Weise grafische Elemente hinzu:

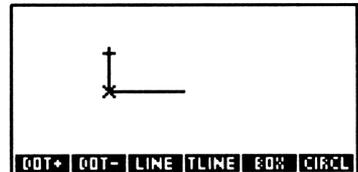
Aktivieren Sie das Menü **PLOTR** und löschen Sie *PICT*. Aktivieren Sie dann die Grafikumgebung und ziehen Sie mit **DOT+** eine horizontale Linie vom Mittelpunkt von *PICT* aus über die Hälfte der Strecke zum linken Rand von *PICT*.

 **PLOT** ERASE
 **NXT** **DOT+**
 gedrückt halten



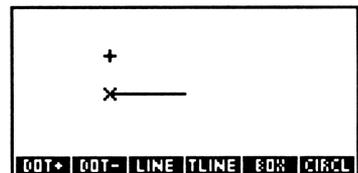
Schalten Sie **DOT+** ab. Plotten Sie dann mit **TLINE** eine vertikale Linie von der aktuellen Cursorposition über die Hälfte der Strecke zum oberen Rand von *PICT*.

DOT+
TLINE
 gedrückt halten
TLINE



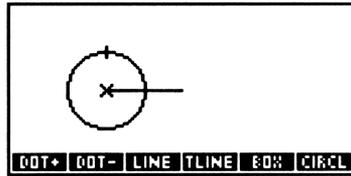
Entfernen Sie die Linie wieder (**TLINE** schaltet die Pixel um).

TLINE



Zeichnen Sie einen Kreis mit Hilfe der bestehenden Marke und der aktuellen Cursorposition.

CIRCLE



Programmierbare Befehle zum Hinzufügen grafischer Elemente zu PICT

Folgende Befehle im Menü PRG DSPL verwenden Koordinaten als Argumente, entweder in benutzerdefinierten Einheiten oder in Form von Pixelzahlen.

Befehle zum Hinzufügen grafischer Elemente

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
PRG DSPL (Seiten 1 und 2):		
LINE	LINE	Zeichnet in <i>PICT</i> eine Linie zwischen den Koordinaten aus Ebene 1 und Ebene 2.
TLINE	TLINE	Wie LINE, jedoch werden die Pixel entlang der Linie umgeschaltet, bei LINE hingegen auf jeden Fall eingeschaltet.
BOX	BOX	Zeichnet in <i>PICT</i> ein Rechteck. Argumente sind die Koordinaten der gegenüberliegenden Ecken.
ARC	ARC	Zeichnet in <i>PICT</i> einen Bogen gegen den Uhrzeigersinn. Benötigt die Koordinaten des Mittelpunktes in Ebene 4, den Radius in Ebene 3, den Anfangswinkel θ_1 in Ebene 2 und den Endwinkel θ_2 in Ebene 1.

Befehle zum Hinzufügen grafischer Elemente (Fortsetzung)

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
PIXON	PIXON	Schaltet das angegebene Pixel in <i>PICT</i> ein.
PIXOF	PIXOFF	Schaltet das angegebene Pixel in <i>PICT</i> aus.
PIX?	PIX?	Gibt 1 aus, wenn das angegebene Pixel eingeschaltet ist. Gibt 0 aus, wenn das angegebene Pixel ausgeschaltet ist.
PX→C	PX→C	Wandelt Pixelkoordinaten $(\#n \#m)$ in benutzerdefinierte Koordinaten (x,y) um.
C→PX	C→PX	Wandelt benutzerdefinierte Koordinaten (x,y) in Pixelkoordinaten $(\#n \#m)$ um.

Mit Grafikobjekten im Stack arbeiten

Wie andere Objekttypen auch, können Grafikobjekte im Stack abgelegt und in Variablen gespeichert werden. Im Stack wird ein Grafikobjekt folgendermaßen angezeigt:

Graphic $n \times m$

wobei n und m die Breite bzw. die Höhe in Form einer Pixelzahl ist.

(Wenn ein Grafikobjekt aus dem Stack in die Befehlszeile übergeben wird, wird es folgendermaßen angezeigt:

GROB $n m h$

wobei n und m die Breite und die Höhe als Pixelzahl und h das Pixelmuster als Folge von Hexadezimalziffern (0—9 und A—F) ist.)

Stackoperationen in der Grafikumgebung

Die folgenden Operationen in der Grafikumgebung verwenden Grafikobjekte aus dem Stack oder legen ein Grafikobjekt im Stack ab.

Stackoperationen in der Grafikumgebung

REPL	Überlagert <i>PICT</i> durch das Grafikobjekt aus Ebene 1. Die obere linke Ecke des Grafikobjekts wird auf die Cursorposition gesetzt.
SUB	Legt ein rechteckiges Grafikobjekt im Stack ab, dessen gegenüberliegende Ecken von der Marke und dem Cursor definiert werden.
STO	Kopiert <i>PICT</i> als Grafikobjekt in den Stack.

Der Befehl PICT: Mit PICT im Stack arbeiten

Der Befehl PICT (**PRG** **DSPL** **PICT**) schreibt den Namen *PICT* in den Stack. Der Name kann als Argument dazu verwendet werden, so auf das Grafikobjekt *PICT* zuzugreifen, als ob es in einer Variablen gespeichert wäre:

- Drücken Sie **PICT** **RCL**, um das Grafikobjekt *PICT* im Stack abzulegen.
- Drücken Sie, mit einem Grafikobjekt in Ebene 1, **PICT** **STO**, damit dieses Grafikobjekt zu *PICT* wird.
- Drücken Sie **PICT** **PURGE** zum Löschen von *PICT*.

Der Name *PICT* kann einigen der Befehle für Grafikobjekte, die im nächsten Abschnitt erläutert werden, als Argument dienen. Ein Beispiel: Der Befehl *SUB* verwendet *PICT* als Argument, wodurch Sie einen Bereich von *PICT* definieren, der als Grafikobjekt in den Stack gelesen werden soll. Dies ist das stackbezogene Äquivalent zur Operation *SUB* in der Grafikumgebung, die im vorherigen Abschnitt erklärt wurde.

Stackbefehle für Grafikobjekte

Das Menü PRG DSPL enthält programmierbare Befehle für die Erzeugung von Grafikobjekten im Stack und die Steuerung der Anzeige. Diese Befehle sind für Programme besonders nützlich. Befehle, die Koordinaten als Argumente benötigen, können diese als Pixelzahlen (in Listenform $\langle \#n \#m \rangle$) oder in benutzerdefinierten Einheiten (in komplexer Form $\langle x,y \rangle$) vom Stack übernehmen.

Stackbefehle für Grafikobjekte

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
PRG DSPL:		
PVIEW	PVIEW	(<i>PICT</i> view): Zeigt <i>PICT</i> mit der angegebenen Koordinate in der oberen linken Ecke des Grafikdisplays an. Ist das Argument eine leere Liste, wird <i>PICT</i> zentriert im Display angezeigt, wobei der Rollmodus aktiviert wird.
SIZE	SIZE	Gibt die Breite und die Höhe des Grafikobjekts aus Ebene 1 in Pixel aus.

Stackbefehle für Grafikobjekte (Fortsetzung)

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
→GRD	→GROB	(To graphics object): Wandelt ein <i>Objekt</i> in ein Grafikobjekt um. Entnimmt das Objekt aus Ebene 2 und n aus Ebene 1, wobei n eine reelle Zahl zwischen 1 und 3 ist, und die die Zeichengröße angibt. Größe 0 und Größe 3 sind gleich, außer für algebraische Objekte und Objekte mit Einheiten, bei denen Größe 0 angibt, daß das sich ergebende Grafikobjekt das Bild aus dem EquationWriter ist. Falls n 1 bis 3 beträgt, ist das resultierende Grafikobjekt eine Zeichenkette aus kleinen ($n=1$), mittleren ($n=2$) oder großen ($n=3$) Zeichen.
BLAN	BLANK	Erzeugt im Stack ein leeres Grafikobjekt der Größe $\#n$ (in Ebene 2) mal $\#m$ (in Ebene 1).
GOR	GOR	(Graphics-object OR): Überlagert das Grafikobjekt in Ebene 3 mit dem Grafikobjekt aus Ebene 1. Die obere linke Ecke des Grafikobjektes in Ebene 1 wird auf die in Ebene 2 angegebenen Koordinaten gesetzt.
GXOR	GXOR	(Graphics-object XOR): Wie GOR, jedoch erscheint das Grafikobjekt aus Ebene 1 auf einem hellen Hintergrund dunkel und auf einem dunklen Hintergrund hell.

Stackbefehle für Grafikobjekte (Fortsetzung)

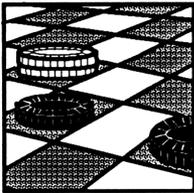
Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
REPL	REPL	(Replace): Wie GOR, jedoch <i>überschreibt</i> das Grafikobjekt in Ebene 1 das Grafikobjekt in Ebene 3 an den Stellen, an denen das Grafikobjekt aus Ebene 1 tatsächlich existiert.
SUB	SUB	(Subset): Trennt einen Teil eines Grafikobjekts heraus und legt es im Stack ab. Benötigt drei Argumente: ein Grafikobjekt (Ebene 3) sowie Koordinaten (Ebenen 2 und 1), die die einander diagonal gegenüberliegenden Ecken des herauszutrennenden Rechtecks definieren.
→LCD	→LCD	(Stack to LCD): Zeigt das Grafikobjekt aus Ebene 1 im <i>Stackdisplay</i> mit dem oberen linken Pixel in der oberen linken Ecke des Displays an. Überschreibt das gesamte Display, außer den Menüfeldern.
LCD→	LCD→	(LCD to stack): Legt ein Grafikobjekt in Ebene 1 ab, das das aktuelle Stackdisplay darstellt.

Stackbefehle für Grafikobjekte (Fortsetzung)

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
FREEZ	FREEZE	“Friert” bis zu drei Bereiche des Displays “ein”, so daß sie nicht verändert werden, bis eine Taste betätigt wird (siehe Seite 565 in Kapitel 29). Wird in Programmen zusammen mit PVIEW verwendet, damit <i>PICT</i> im Stackdisplay so lange bestehen bleibt, bis eine Taste betätigt wird.
TEXT	TEXT	Zeigt das Stackdisplay an.

Referenzprogramme. Die Programme *PIE* und *WALK* in Kapitel 31 verwenden Befehle, die im letzten Abschnitt behandelt wurden. *PIE* verwendet *ARC* und *LINE* zum Zeichnen eines Tortendiagramms. Dann ruft es *PICT* in den Stack auf und benutzt *GOR*, um jedem Sektor des Tortendiagramms eine Kennzeichnung zuzuordnen wird. *WALK* verwendet ein beutzerdefiniertes Bild in einem Programm und benutzt dann *GXOR* innerhalb einer Schleife, um das Bild zu bewegen.

Felder



Der HP 48 besitzt umfassende Fähigkeiten zum Eingeben und Bearbeiten von Feldern. *Felder* sind Objekte, die sowohl Vektoren als auch Matrizen darstellen können. Ein *Vektor* ist ein eindimensionales Feld; eine *Matrix* ist ein zweidimensionales Feld.

In diesem Kapitel werden folgende Themen behandelt:

- Eingeben und Bearbeiten von Feldern mit dem MatrixWriter
- Eingeben von Feldern über die Befehlszeile
- Ausführen arithmetischer Operationen mit Feldern
- Arbeit mit komplexen Feldern.

Vektoren mit zwei oder drei Elementen sind in der Technik besonders nützlich. Diese werden in Kapitel 12, “Vektoren”, behandelt.

Eingeben von Feldern

Hier ein Beispiel für eine 3×3 -Matrix, wie sie im Stack erscheint.

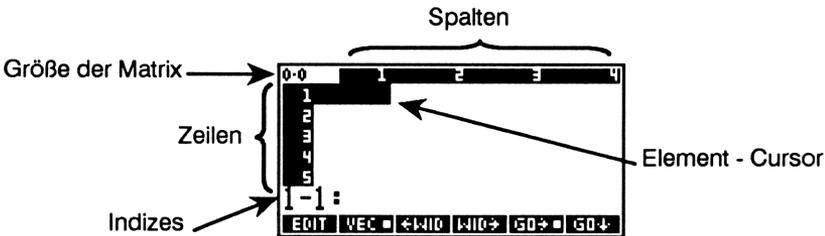
```
[[ [ 1 2 3 ]  
 [ 3 4 5 ]  
 [ 7 8 9 ] ]]
```

Eckige Klammern (`[]`) umschließen sowohl die gesamte Matrix als auch jede einzelne Zeile. Sie können ein Feld bei Verwendung der eckigen Klammern als Begrenzungszeichen direkt in die Befehlszeile eingeben (siehe "Eingeben von Feldern über die Befehlszeile" auf Seite 377). Mit dem MatrixWriter steht Ihnen dazu jedoch eine einfachere Möglichkeit zur Verfügung.

Der MatrixWriter

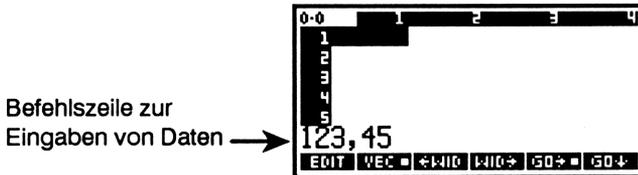
Zum Eingeben einer Matrix mit dem MatrixWriter gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Drücken Sie  **MATRIX**, um sich das Bild und das Menü des MatrixWriters anzeigen zu lassen.



2. Geben Sie die erste Zeile ein:

- Tippen Sie den Wert des Elements mit den Indizes 1-1 ein. Während der Eingabe der Ziffern wird anstelle der Indizes die Befehlszeile angezeigt.



Drücken Sie **[ENTER]**. Der Wert wird in der Zelle gespeichert und der Elementcursor springt auf die nächste Zelle in der Zeile. Ist eine Zahl größer als die Zellenbreite, signalisieren Auslassungspunkte (...) “weitere Ziffern rechts”. Die Zellen sind in der Grundeinstellung 4 Zeichen breit. Mit **←WID** oder **WID→** können Sie die Zellen schmaler oder breiter machen.

- Sie können mehrere Elemente gemeinsam eintippen. Sie müssen durch Leerzeichen getrennt, und die Eingabe muß mit **[ENTER]** abgeschlossen werden.
 - Sie können Elemente bei der Eingabe in die Befehlszeile berechnen lassen. Ein Beispiel: Die Tastenfolge **ε** **[SPC]** **1** **ε** **[ENTER]** würde **ε** in die Matrix eingeben.
 - Drücken Sie zum Abschluß der ersten Zeile **▼** nach der Eingabe des letzten Elements. Dadurch wird die Zahl der Spalten in der Matrix festgelegt und der Cursor auf den Anfang der nächsten Zeile gesetzt.
3. Geben Sie die Daten für die restliche Matrix ein. Sie brauchen nicht wieder **▼** zu drücken; jede weitere Zeile wird automatisch abgeschlossen.
4. Drücken Sie **[ENTER]**, nachdem alle Daten eingegeben wurden, um die Matrix in den Stack zu übertragen. (Beachten Sie die beiden Verwendungsarten für **[ENTER]**: Bei der Dateneingabe überträgt **[ENTER]** Daten aus der Befehlszeile in eine Zelle; werden Indizes anstelle der Befehlszeile angezeigt, so überträgt **[ENTER]** die gesamte Matrix in den Stack.)

Zum Eingeben eines Vektors mit dem MatrixWriter gehen Sie genauso vor, bis Sie die erste (und einzige) Zeile mit Daten beendet haben. Dann

drücken Sie einfach nochmals **[ENTER]**, um den Vektor in den Stack zu übergeben.

Beispiel: Verwenden des MatrixWriters. Geben Sie folgende Matrix ein:

$$\begin{bmatrix} 2 & -2 & 0 \\ 1 & 0 & 3 \\ -3 & 5 & 1 \end{bmatrix}$$

Aktivieren Sie den MatrixWriter.

[→] [MATRIX]



Tippen Sie das erste Element (Element 1-1) ein.

2



Geben Sie den Wert in die Zelle ein.

[ENTER]



Geben Sie den Rest der ersten Zeile ein.

2 **[+/-]** **[SPC]** 0 **[ENTER]**



Beenden Sie die erste Zeile mit ∇ . Geben Sie dann die restliche Matrix ein.



1 [SPC] 0 [SPC] 3 [SPC]
 3 [+/-] [SPC] 5 [SPC] 1 [ENTER]



Übertragen Sie die Matrix in den Stack. (Diese Matrix wird in einem späteren Beispiel verwendet.)

[ENTER]



Eingeben von Feldern über die Befehlszeile

Zum Eingeben eines Vektors über die Befehlszeile gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Tippen Sie die Begrenzungszeichen für Vektoren durch Drücken von $\text{[<]} \text{[]}$ ein.
2. Tippen Sie die Elemente des Vektors getrennt durch jeweils ein Leerzeichen ein.
3. Drücken Sie [ENTER] .

Zum Eingeben einer Matrix über die Befehlszeile gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Tippen Sie die Begrenzungszeichen für die Matrix und die erste Zeile durch zweimaliges Drücken von $\text{[<]} \text{[]}$ ein.
2. Tippen Sie die erste Zeile ein. Haben Sie diese beendet, verwenden Sie [] , um den Cursor über das abschließende Zeilenbegrenzungszeichen hinaus zu bewegen.
3. Oder: Verwenden Sie $\text{[>]} \text{[<]}$ (Zeilenschaltung), um eine neue Zeile im Display zu beginnen.
4. Tippen Sie die restliche Matrix ein. Sie brauchen weitere Zeilen nicht nochmals ausdrücklich zu beenden: die Begrenzungszeichen werden automatisch erzeugt, wenn Sie [ENTER] drücken.

Beispiel: Eingeben einer Matrix über die Befehlszeile. Geben Sie folgende Matrix ein:

$$\begin{bmatrix} 2 & 2 & 1 \\ 1 & 0 & 4 \\ 3 & 5 & 2 \end{bmatrix}$$

Tippen Sie die Begrenzungszeichen und die erste Zeile ein.

\leftarrow $\left[\right]$ \leftarrow $\left[\right]$ 2 [SPC] 2
 [SPC] 1

```
1: [[ 2 -2 0 ]
    [ 1 0 3 ]
    [ -3 5 1 ]]
[[2 2 1]]
PWRTE PRBE HYP MATR VECTR BASE
```

Bewegen Sie den Cursor über das erste $\left[\right]$ hinaus, und tippen Sie die restlichen Werte ein.

\rightarrow \rightarrow \leftarrow 1 [SPC] 0 [SPC] 4
 \rightarrow \leftarrow 3 [SPC] 5 [SPC] 2

```
1: [[ 2 -2 0 ]
    [[2 2 1]
    1 0 4
    3 5 2]]
PWRTE PRBE HYP MATR VECTR BASE
```

Übertragen Sie die Matrix in den Stack.

[ENTER]

```
2: [[ 2 -2 0 ] [ 1 0...
1: [[ 2 2 1 ]
    [ 1 0 4 ]
    [ 3 5 2 ]]]
PWRTE PRBE HYP MATR VECTR BASE
```

Darstellung von Vektoren

Vektoren mit zwei oder drei Elementen (zwei- oder dreidimensionale Vektoren) werden entsprechend dem aktuellen Koordinatenmodus (Rechteck- oder Polar-) und dem aktuellen Winkelmodus (Grad, Radiant oder Gon) angezeigt. Informationen zu dieser Darstellung finden Sie im Abschnitt "Darstellung von zwei- und dreidimensionalen Vektoren" auf Seite 184.

Bearbeiten von Feldern

Zum Bearbeiten einer Matrix, die sich im Augenblick in Ebene 1 des Stacks befindet, müssen Sie **▼** drücken, wobei keine Befehlszeile vorhanden sein darf. Die Matrix wird dann in der MatrixWriter-Umgebung angezeigt. (Wenn Sie eine Matrix in der Befehlszeile statt in der MatrixWriter-Umgebung bearbeiten wollen, müssen Sie **←** **EDIT** drücken, damit die Matrix in die Befehlszeile kopiert und das Menü EDIT angezeigt wird.)

Innerhalb des MatrixWriters bewegen die Cursortasten (**◀**, **▶**, **▲** und **▼**) den Elementcursor von Zelle zu Zelle und die rechts umgeschalteten Cursortasten (**▶◀**, **◀▶** usw.) bewegen den Elementcursor ganz nach links, ganz nach rechts usw. Mit den Operationen im Menü MATRIX können Sie die Matrix bearbeiten.

Operationen im MatrixWriter

Taste	Beschreibung
EDIT	Schreibt den Inhalt der aktuellen Zelle zur Bearbeitung in die Eingabezeile.
VEC	Schaltet bei einzeiligen Feldern zwischen Vektoren- und Matrizeneingabe hin und her. Ist diese Taste "eingeschaltet" (es wird ein Kästchen im Menüfeld angezeigt), werden einzeilige Felder als Vektoren in die Befehlszeile eingegeben (Beispiel: [1 2 3]). Ist sie "abschaltet" (kein Kästchen im Menüfeld), werden einzeilige Felder als Matrizen in die Befehlszeile eingegeben (Beispiel: [[1 2 3]]).
←WID	Macht alle Zellen schmaler, so daß mehr Spalten erscheinen.
WID→	Macht alle Zellen breiter, so daß weniger Spalten erscheinen.
GO→	Stellt den Eingabemodus auf Eingabe von links nach rechts ein. Der Elementcursor bewegt sich nach der Dateneingabe auf die nächste <i>Spalte</i> .

Operationen im MatrixWriter (Fortsetzung)

Taste	Beschreibung
	Stellt den Eingabemodus auf Eingabe von oben nach unten ein. Der Elementcursor bewegt sich nach der Dateneingabe auf die nächste <i>Zeile</i> .
	Fügt an der aktuellen Cursorposition eine Zeile mit Nullen ein.
	Löscht die aktuelle Zeile.
	Fügt an der aktuellen Cursorposition eine Spalte mit Nullen ein.
	Löscht die aktuelle Spalte.
	Kopiert die aktuelle Zelle in Ebene 1 des Stacks.
	Aktiviert den Interaktiven Stack.

Wenn sowohl  als auch  abgeschaltet sind (in keinem der Menüfelder steht ein Kästchen), bewegt sich der Cursor nach der Dateneingabe nicht weiter.

Um rechts von der letzten Spalte eine weitere Spalte einzufügen, setzen Sie den Cursor auf diese Spalte, und geben Sie einen Wert ein. Die restliche Spalte wird mit Nullen aufgefüllt. Analog wird unten eine weitere Zeile angefügt.

Beispiel: Bearbeiten einer Matrix. Ändern Sie die Matrix von Seite 376 in folgender Weise ab:

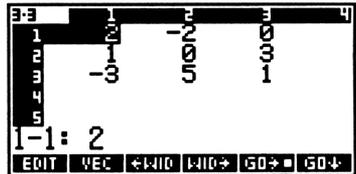
von

$$\begin{bmatrix} 2 & -2 & 0 \\ 1 & 0 & 3 \\ -3 & 5 & 1 \end{bmatrix}$$

in

$$\begin{bmatrix} 2 & -2 & 4 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 3,1 \\ -3 & 5 & 3 & 1 \end{bmatrix}$$

Setzen Sie die Matrix in die MatrixWriter-Umgebung. Die folgenden Tastenfolgen setzen voraus, daß sich die o.a. Matrix in Ebene 1 befindet und daß **GO→** eingeschaltet ist (**GO→■**).



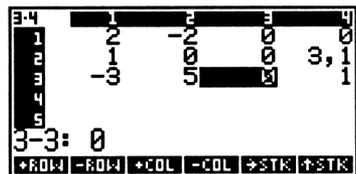
Bearbeiten Sie das Element 2-3:



EDIT ▶ .1 **ENTER**



Fügen Sie zwischen den Spalten 2 und 3 eine weitere Spalte ein, und setzen Sie den Elementcursor auf den Anfang der neuen Spalte.



Stellen Sie den Eingabemodus zur Eingabe von oben nach unten ein. Geben Sie die Werte in die neue Spalte ein.

`NXT` `GO↓`
 4 `SPC` 1 `SPC` 3 `ENTER`

3-4	1	2	3	4	5
1	2	-2	4	0	...
2	-3	5	1	3,1	1
3					
4					
5					

1-4: 0

`EDIT` `REC` `←XIO` `XIO→` `GO→` `GO↓`

Gehen Sie wieder in den Eingabemodus zur Eingabe von links nach rechts zurück, und übergeben Sie die überarbeitete Matrix an den Stack.

`GO→` `ENTER`

2: [[2 2 1] [1 0 ...]
 1: [[2 -2 4 0]
 [1 0 1 3,1]
 [-3 5 3 1]]

`PRTS` `PRD` `HYP` `MATR` `VECTR` `BASE`

Arithmetische Operationen mit Feldern

Arithmetik mit Vektoren

Addition und Subtraktion. Die Vektoren müssen die gleiche Anzahl von Elementen besitzen. Wenn einer der Vektoren komplexe Elemente enthält, ist der resultierende Vektor komplex.

Multiplikation und Division. Sie können einen Vektor durch eine reelle oder eine komplexe Zahl teilen oder ihn damit multiplizieren.

Skalarprodukt, Kreuzprodukt und Betrag. `DOT` gibt das Skalarprodukt zweier Vektoren aus; `CROSS` gibt deren Kreuzprodukt aus. `ABS` gibt, angewendet auf einen Vektor, dessen Länge oder Betrag aus.

Beispiele für die Verwendung von `DOT`, `CROSS` und `ABS` mit Vektoren finden Sie im Abschnitt "Berechnungen mit zwei- und dreidimensionalen Vektoren" auf Seite 190.

Arithmetik mit Matrizen

Berechnen der Inversen einer Matrix. Der Befehl INV ($\boxed{1/x}$) berechnet die Inverse einer quadratischen Matrix.

Beispiel. Berechnen Sie die Inverse der folgenden Matrix:

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 1 & 4 \end{bmatrix}$$

Geben Sie die Matrix über die Befehlszeile ein.

$\boxed{\leftarrow}$ $\boxed{[]}$ $\boxed{\leftarrow}$ $\boxed{[]}$ 1 $\boxed{\text{SPC}}$ 2
 $\boxed{\rightarrow}$ 1 $\boxed{\text{SPC}}$ 4 $\boxed{\text{ENTER}}$

```
1: [[ 1 2 ]
    [ 1 4 ]]
PRGTS PRG# HYP MATR VECTR BASE
```

Berechnen Sie die Inverse.

$\boxed{1/x}$

```
1: [[ 2 -1 ]
    [-,5 ,5 ]]
PRGTS PRG# HYP MATR VECTR BASE
```

Addieren und Subtrahieren von Matrizen. Verwenden Sie die Tasten $\boxed{+}$ und $\boxed{-}$ zum Addieren oder Subtrahieren der Matrizen in Ebene 2 und Ebene 1. Die Matrizen müssen die gleiche Anzahl von Zeilen und Spalten haben.

Multiplikation oder Division von Matrizen und Zahlen. Das Ergebnis wird berechnet, indem man jedes Element des Feldes mit einer reellen oder komplexen Zahl multipliziert oder durch sie dividiert. Für die Division gilt, daß sich der Skalar in Ebene 1 befinden muß.

Multiplizieren von Matrizen. Das Produkt ist die Produktmatrix der beiden Felder. Die Spaltenzahl der Matrix in Ebene 2 muß der Zeilenzahl der Matrix in Ebene 1 gleich sein.

Beispiel. Berechnen Sie die Produktmatrix:

$$\begin{bmatrix} 2 & 2 \\ 4 & 1 \\ 2 & 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 2 & 1 & 4 \\ 3 & 4 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Geben Sie die erste Matrix ein.

MATRIX
 2 2
 4 1 2 3

```
1: [[ 2 2 ]
    [ 4 1 ]
    [ 2 3 ]]
PARTS PROE HYP MATR VECTR BASE
```

Geben Sie die zweite Matrix ein.

MATRIX
 2 2 1 4
 3 4 2 1

```
2: [[ 2 2 ] [ 4 1 ] ...
1: [[ 2 2 1 4 ]
    [ 3 4 2 1 ]]
PARTS PROE HYP MATR VECTR BASE
```

Multiplizieren Sie die Matrizen.

```
1: [[ 10 12 6 10 ]
    [ 11 12 6 17 ]
    [ 13 16 8 11 ]]
PARTS PROE HYP MATR VECTR BASE
```

Arithmetik mit einer Matrix und einem Vektor

Multiplizieren einer Matrix mit einem Vektor. Die Matrix muß in Ebene 2 stehen. Die Zahl der Elemente des Vektors muß gleich der Spaltenzahl der Matrix sein. (Der Vektor wird wie ein Spaltenvektor behandelt.)

Beispiel. Berechnen Sie das folgende Produkt:

$$\begin{bmatrix} 2 & 1 & 3 \\ 4 & 2 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Geben Sie die Matrix ein.

MATRIX
 2 1 3
 4 2 2

```
1: [[ 2 1 3 ]
    [ 4 2 2 ]]
PARTS PROE HYP MATR VECTR BASE
```

Tippen Sie den Vektor ein, und führen Sie die Multiplikation aus.

3 1
 1

```
1: [ 10 16 ]
PARTS PROE HYP MATR VECTR BASE
```

Division eines Vektors durch eine Matrix. Der Vektor muß in Ebene 2 stehen. Die Zahl seiner Elemente muß gleich der Spaltenzahl der Matrix sein. Die Division Vektor/Matrix wird beim Lösen eines linearen Gleichungssystems verwendet.

Lösen eines linearen Gleichungssystems

Zum Lösen eines Systems mit n linearen Gleichungen mit n Variablen, muß der n -elementige Zielvektor durch die *Koeffizientenmatrix* $n \times n$ dividiert werden.

Beispiel. Lösen Sie folgendes System dreier linearer, unabhängiger Gleichungen mit drei Variablen:

$$3x + y + 2z = 13$$

$$x + y - 8z = -1$$

$$-x + 2y + 5z = 13$$

Geben Sie den Zielvektor ein.

\rightarrow MATRIX 13 SPC 1 +/- SPC 13
ENTER ENTER

1: [13 -1 13]
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE

Geben Sie die Koeffizientenmatrix ein.

\rightarrow MATRIX
3 SPC 1 SPC 2 ENTER ▼
1 SPC 1 SPC 8 +/- SPC
1 +/- SPC 2 SPC 5 ENTER
ENTER

2: [13 -1 13]
1: [[3 1 2]
[1 1 -8]
[-1 2 5]]
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE

Dividieren Sie den Vektor durch die Matrix.

÷

1: [2 5 1]
PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE

Die Werte, die die Gleichungen erfüllen, lauten: $x = 2$, $y = 5$ und $z = 1$.

Komplexe Felder

Felder können nur reelle oder komplexe Zahlen enthalten, andere Objekttypen sind nicht zulässig. Ein *komplexes Feld* ist ein Vektor oder eine Matrix mit einem oder mehreren komplexen Elementen.

Arithmetik mit komplexen Feldern

Ist eines der Argumente ein komplexes Feld, ist das Ergebnis auch ein komplexes Feld. Ein Beispiel: Wenn Sie eine reelle Matrix und eine komplexe Matrix addieren, ist das Ergebnis eine komplexe Matrix.

Zusätzliche Befehle für komplexe Felder

Mit Ausnahme der vom Koordinatenmodus abhängigen Befehle ($V \rightarrow$, $\rightarrow V2$ und $\rightarrow V3$) können alle Befehle zur Bearbeitung reeller Felder auch auf komplexe Felder angewendet werden. Zusätzlich werden folgende Befehle für komplexe Felder verwendet.

Befehle zur Bearbeitung komplexer Felder

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
$\boxed{+/-}$	NEG	Gibt ein Feld aus, in dem alle Elemente des Argumentfeldes negiert sind.
$\boxed{\text{PRG}}$ $\boxed{\text{OBJ}}$ (Seite 2):		
$\boxed{R \rightarrow C}$	$R \rightarrow C$	Setzt zwei Felder zu einem komplexen Feld zusammen. Das Feld in Ebene 2 liefert die Realteile; das Feld in Ebene 1 liefert die Imaginärteile.

Befehle zur Bearbeitung komplexer Felder (Fortsetzung)

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
C→R	C→R	Gibt in den Ebenen 1 und 2 Felder aus, die die Imaginär- bzw. die Realteile der Elemente eines komplexen Feldes enthalten.
[MTH] PARTS:		
CONJ	CONJ	Liefert das konjugiert komplexe Feld eines komplexen Feldes.
RE	RE	Liefert ein reelles Feld mit den Realteilen der Elemente eines komplexen Feldes.
IM	IM	Liefert ein reelles Feld mit den Imaginärteilen der Elemente eines komplexen Feldes.

Beispiel: Berechnen eines konjugiert komplexen Feldes. Berechnen Sie die Konjugierte $CONJ(A)$ der Matrix A :

$$A = \begin{bmatrix} 1 + 3i & i \\ 3 & 2 - 4i \end{bmatrix}$$

Aktivieren Sie den MatrixWriter, und geben Sie die komplexen Zahlen ein.

[→] **[MATRIX]**
 [←] [()] 1 [SPC] 3 [ENTER]
 [←] [()] 0 [SPC] 1 [ENTER] [▼]
 3 [ENTER]
 [←] [()] 2 [SPC] 4 [+/-] [ENTER]



Verbreitern Sie die Spalten, um den ganzen Eintrag sehen zu können.

WID→ WID→



Übergeben Sie die Matrix an den Stack.

ENTER



Berechnen Sie die Konjugierte.

MTH PARTS CONJ



Weitere Befehle für Matrizen

Die folgenden Befehle befinden sich im Menü MTH MATR (**MTH** **MATR**).

Befehl/Beschreibung	Beispiel	
	Eingabe	Ausgabe
ABS (Euklidische (Frobenius) Norm) Quadratwurzel aus der Summe der Quadrate der Beträge der Elemente	1: [[2 2] [2 2]]	1: 4
CNRM (Spalten-Norm) Maximalwert (über alle Spalten) der Summen aus den Beträgen aller Elemente in einer Spalte.	1: [[1 2 3] [4 5 6] [7 8 9]]	1: 18

Befehl/Beschreibung	Beispiel	
	Eingabe	Ausgabe
CON (Konstante) Liefert ein reelles oder komplexes Konstantenfeld gemäß dem in einer Liste $\{n\}$ oder $\{n\ m\}$ angegebenen Format.	2: < 2 3 > 1: 7 oder 2: [[1 2 3] [4 5 6]] 1: 7	1: [[7 7 7] [7 7 7]]
DET (Determinante) Berechnet die Determinante einer quadratischen Matrix.	1: [[1 2] [3 4]]	1: -2
IDN (Identity) Erzeugt eine $n \times n$ -Einheitsmatrix (n steht in Ebene 1) oder ersetzt die Elemente der Matrix in Ebene 1 durch die Elemente einer Einheitsmatrix.	1: 2 oder 1: [[1 2] [3 4]]	1: [[1 0] [0 1]]
RDM (Redimension) dimensioniert ein Feld neu. Das neue Format steht in einer Liste in Ebene 1. Die Elemente verbleiben in der gleichen Reihenfolge wie im ursprünglichen Feld.	2: [[1 2 3] [4 5 6] [7 8 9]] 1: < 3 2 >	1: [[1 2] [3 4] [5 6]]
RNRM (Zeilen-Norm) Liefert den Maximalwert (über alle Zeilen) aus den Summen der Beträge aller Elemente in einer Zeile.	1: [[1 2 3] [4 5 6] [7 8 9]]	1: 24
TRN (Transponieren) Ersetzt eine $n \times m$ -Matrix durch eine $m \times n$ -Matrix ersetzt. (Komplexe Einträge werden konjugiert.)	1: [[1 2 3] [4 5 6]]	1: [[1 4] [2 5] [3 6]]

CON, IDN, RDM und TRN können mit Namen statt Feldern als Argumenten arbeiten. Ein Beispiel: Durch 'A1' 7 CON wird das in A1 gespeicherte Feld in ein Konstantenfeld des gleichen Formats umgewandelt.

Weitere Befehle zur Bearbeitung von Matrizen (GET, GETI, OBJ→, PUT und PUTI) werden in der auf Seite 75 beginnenden Tabelle behandelt.

Weitergehende Themen in Bezug auf Matrizen

Verbesserung der Genauigkeit der Lösungen von Gleichungssystemen (der Befehl RSD). Bedingt durch Rundungsfehler während der Berechnung, ist eine berechnete numerische Lösung Z nicht unbedingt die Lösung des ursprünglichen Systems $AX = B$, sondern vielmehr die Lösung des gestörten Systems $(A + \Delta A)Z = B + \Delta B$.

Die Störungen ΔA und ΔB erfüllen $\Delta A \leq \epsilon A$ und $\Delta B \leq \epsilon B$, wobei ϵ eine kleine Zahl und A die Norm von A ist, ein Maß für die Größe analog zur Länge eines Vektors. In vielen Fällen werden ΔA und ΔB kleiner als eins in der 12ten Stelle jedes Elements von A und B sein.

Bei einer berechneten Lösung Z ist der Rest $R = B - AZ$. Also $R \leq \epsilon AZ$. Daher ist der zu erwartende Rest für eine berechnete Lösung gering. Dennoch könnte der Fehler $Z - X$ nicht klein sein, wenn nämlich A schlecht konditioniert ist, d.h. wenn $Z - X \leq \epsilon A A^{-1} Z$ gilt.

Beim HP 48, der mit 15 Stellen rechnet, ist die Zahl der richtigen Stellen größer oder gleich $11 - \log(A - 1) - \log n$. Für viele Anwendungen wird diese Genauigkeit angemessen sein. Wird zusätzliche Genauigkeit gewünscht, kann die berechnete Lösung Z durch *schrittweise Näherung* (auch bekannt als *Rest-Berichtigung*) verbessert werden. Schrittweise Näherung bedeutet das Berechnen von Lösungen für ein Gleichungssystem und anschließendes Verbessern der Genauigkeit, wobei der Rest der Lösung zur Veränderung dieser Lösung verwendet wird.

Für die schrittweise Näherung muß zunächst die Lösung Z des ursprünglichen Systems $AX = B$ berechnet werden.

Dann wird Z als Näherungswert für X , durch $E = X - Z$, angenommen.

E erfüllt jetzt das lineare System $AE = AX - AZ = R$, wobei **R** der Rest für **Z** ist.

Im nächsten Schritt wird der Rest berechnet und $AE = R$ nach **E** gelöst. Die berechnete Lösung, mit **F** bezeichnet, wird als Näherungswert für **E** verwendet und zu **Z** hinzuaddiert, um einen neuen Näherungswert für **X** zu bilden.

Damit **F + Z** ein besserer Näherungswert für **X** sein kann als es **Z** ist, muß der Rest

$$R = B - AZ$$

mit erhöhter Genauigkeit berechnet werden. Die Funktion RSD tut dies.

Dieser Verfeinerungsprozeß kann mehrfach durchgeführt werden, die größte Verbesserung wird jedoch im ersten Durchgang erreicht. Für die Funktion / (dividiere) wird ein solcher Prozeß nicht durchgeführt, wegen des Bedarfs an Speicherplatz, der für die Handhabung mehrerer Kopien des ursprünglichen Feldes benötigt wird.

Hier ein Beispiel für ein Benutzerprogramm, das eine Matrixgleichung löst, einschließlich einer Verfeinerung mit RSD:

```
« → B A « B A / B A 3 PICK RSD A / + » »
```

Dieses Programm entnimmt zwei Felder **B** und **A** als Argumente aus dem Stack (wie /) und gibt in den Stack das Ergebnisfeld **Z** aus, das eine gegenüber der von / gelieferten Lösung verbesserte Näherung für die Lösung **X** ist.

Über- und unterbestimmte Gleichungssysteme. Ein unterbestimmtes lineares Gleichungssystem enthält mehr Variable als Gleichungen und die Koeffizientenmatrix hat weniger Zeilen als Spalten. Das folgende Programm löst ein unterbestimmtes System $AX = B$ mit der Moore-Penrose-Methode ($X = A^T(AA^T)^{-1}B$). Das Programm benötigt als Eingabe den Vektor **B** in Ebene 2 und die Matrix **A** in Ebene 1.

```

« → B A
« A TRN
  B A A TRN * / *
»
»

```

Ein überbestimmtes System enthält weniger Variable als Gleichungen. Das nächste Programm löst ein überbestimmtes System mit der Methode der kleinsten Quadrate ($X = (A^T A)^{-1}A^T B$). Wie im vorigen Programm steht die Eingabe **B** in Ebene 2 und **A** in Ebene 1.

```

« → B A
« A TRN B *
  A TRN A * /
»
»

```

Statistik



Mit dem Anwendungsprogramm STATISTIK können Sie statistische Berechnungen für unabhängige und verbundene Stichproben berechnen. Hierbei haben Sie insbesondere folgende Möglichkeiten:

- Berechnung von Summe, Mittelwert, Maximum und Minimum.
- Berechnung von Standardabweichung und Kovarianz
- Berechnung des Korrelationskoeffizienten
- Kurvenermittlung mit vier Modellen: Linear sowie Logarithmus-, Exponential- und Potenzfunktion
- Summenstatistik
- Wahrscheinlichkeitsverteilungen.

Sie können damit auch Streu- und Balkendiagramme sowie Häufigkeits-histogramme zeichnen.

Ein Beispiel aus der Statistik. In der folgenden Tabelle sind der Verbraucher-Preisindex (VPI), der Hersteller-Preisindex (HPI) und die Arbeitslosenquote (AQ) über einen Zeitraum von 5 Jahren angegeben. Geben Sie die Daten ein und machen Sie folgendes:

- Berechnen Sie Mittelwert, Standardabweichung und Summe der Daten für VPI, HPI und AQ.

- Berechnen Sie die Korrelation und die Kovarianz von VPI und HPI.
- Zeichnen Sie ein Streudiagramm für die Daten.
- Berechnen Sie eine Voraussage für HPI aus einem gegebenen Wert für VPI mit Hilfe eines linearen Modells.

Jahr	VPI	HPI	AQ
1	9,1	9,2	8,5
2	5,8	4,6	7,7
3	6,5	6,1	7,0
4	7,6	7,8	6,0
5	11,5	19,3	5,8

Stellen Sie den Anzeigemodus auf 2 FIX ein, aktivieren Sie STATISTIK und löschen Sie alle vorherigen Statistikdaten.

 **MODES** 2 **FIX**
 **STAT** **CLΣ**

No current data. Enter data point, press $\Sigma+$



Hinweis

In diesem Beispiel benutzen Sie die Taste $\Sigma+$ zum Eingeben der Daten. Sie können für die Eingabe statistischer Daten auch den MatrixWriter verwenden.

Hinweise hierzu finden Sie im Abschnitt "Eingabe neuer statistischer Daten" auf Seite 399.

Tippen Sie die Daten für das Jahr 1 ein. Da statistische Daten in einer Matrix gespeichert werden, müssen zur Kennzeichnung der Werte als Zeile einer Matrix eckige Klammern gesetzt werden.

 **[]** 9.1 **[SPC]** 9.2 **[SPC]** 8.5

[9,1 9,2 8,5]
 $\Sigma+$ **CLΣ** **NEW** **EDITΣ** **STOΣ** **CRt**

Geben Sie die Daten in die statistische Matrix ein.

$\Sigma+$

Σ DATA(1)=[9,10 9,20 8,50
 Σ DATA(2)=

Geben Sie die restlichen Daten ein. Wenn Sie die erste Zeile eingegeben haben, ist die Zahl der Spalten in der Matrix festgelegt, so daß Sie die eckigen Klammern nicht mehr zu benutzen brauchen.

5.8 [SPC] 4.6 [SPC] 7.7 $\Sigma+$
 6.5 [SPC] 6.1 [SPC] 7 $\Sigma+$
 7.6 [SPC] 7.8 [SPC] 6 $\Sigma+$
 11.5 [SPC] 19.3 [SPC] 5.8 $\Sigma+$

Σ DAT(5)=[11,50 19,30...
 Σ DAT(6)=

Berechnen Sie Mittelwert, Standardabweichung und Summe der Spalten.

[NXT] MEAN
 SDEV
 TOT

3: [8,10 9,40 7,00]
 2: [2,27 5,80 1,14]
 1: [40,50 47,00 35,00]
 [TOT] [MEAN] [SDEV] [MAX] [MIN] [SIN]

Schalten Sie für die Arbeit mit verbundenen Stichproben zur nächsten Seite (Seite 3) des Menüs STAT um. Beachten Sie die Meldung am oberen Rand des Displays: Legen Sie, falls erforderlich, die Spalten 1 und 2 als x- bzw. y-Variable fest.

[NXT]
 Falls erforderlich:
 1 XCOL 2 YCOL

Xcol:1 Ycol:2 Mod1:LIN
 3: [8,10 9,40 7,00]
 2: [2,27 5,80 1,14]
 1: [40,50 47,00 35,00]
 [XCOL] [YCOL] [BARPL] [HIST] [SCATR] [LINE]

Schalten Sie zur nächsten Seite (Seite 4) des Menüs um, und stellen Sie sicher, daß das aktuelle Modell linear (LIN) ist. Kehren Sie dann zu Seite 3 von STAT zurück.

[NXT] MODL LIN
 [PREV]

Xcol:1 Ycol:2 Mod1:LIN
 3: [8,10 9,40 7,00]
 2: [2,27 5,80 1,14]
 1: [40,50 47,00 35,00]
 [XCOL] [YCOL] [BARPL] [HIST] [SCATR] [LINE]

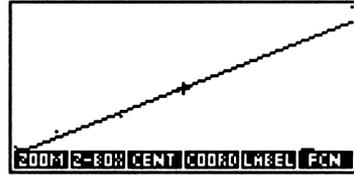
Erstellen Sie ein Streudiagramm für die Daten.

SCATR



Zeichnen Sie die bestangepaßte Gerade für die Daten.

FCN



Berechnen Sie die Kenngröße der linearen Regression; berechnen Sie dann den Korrelationskoeffizienten und die Kovarianz.

ATTN NXT
LR
CORR
COV

```
4: Intercept: -10,43
3: Slope: 2,45
2: 0,96
1: 12,65
LR PREDY PREDY CORR COV MODL
```

Berechnen Sie nun aus den Kenngrößen der linearen Regression eine Vorhersage für HPI (y) bei einem gegebenen VPI von 8,5.

8.5 PREDY

```
4: Slope: 2,45
3: 0,96
2: 12,65
1: 10,38
LR PREDY PREDY CORR COV MODL
```

Stellen Sie den Anzeigemodus von 2 FIX wieder auf die Standardeinstellung zurück: \leftarrow MODES STD .

Aktivieren des Anwendungsprogramms STATISTIK

Drücken Sie \leftarrow STAT, um sich die erste Seite des Menüs STAT anzeigen zu lassen. Falls es bereits *aktuelle statistische Daten* gibt, zeigt eine Meldung im Display die zuletzt eingegebenen Werte an.

Die erste Seite des Menüs STAT enthält Menüfelder zur Eingabe und Bearbeitung von Daten. Die anderen Seiten enthalten Befehle für Berechnungen und zum Zeichnen von Diagrammen.

Befehle zur Eingabe und Bearbeitung von Daten im Menü STAT

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
 STAT :		
	$\Sigma+$	Gibt Daten aus dem Stack in die aktuelle statistische Matrix ein.
 	$\Sigma-$	Löscht den letzten Datenpunkt aus der statistischen Matrix und gibt ihn in den Stack zurück.
	$CL\Sigma$	Löscht die aktuelle statistische Matrix.
		Entnimmt eine Matrix aus Ebene 1, fordert zur Eingabe eines Variablennamens auf, speichert die Matrix in dieser Variablen und macht diese Matrix zur aktuellen statistischen Matrix.
		Schreibt die aktuelle statistische Matrix zur Bearbeitung in die MatrixWriter-Umgebung. Drücken Sie ENTER , wenn Sie die Bearbeitung abgeschlossen haben oder ATTN , wenn Sie die Bearbeitung ohne irgendwelche Änderungen abbrechen wollen.
	$STO\Sigma$	Macht die Matrix in Ebene 1 zur aktuellen statistischen Matrix.
 	$RCL\Sigma$	Legt die aktuelle statistische Matrix in Ebene 1 ab.
		Zeigt den Katalog der Matrizen und Unterverzeichnisse im aktuellen Verzeichnis an.

Wenn Sie diese Operationen ausführen, wird die Meldung über die zuletzt eingegebenen Daten gelöscht. Sie können **⏪ [REVIEW]** drücken, um sie sich wieder anzeigen zu lassen.

Festlegen der aktuellen statistischen Matrix

Statistische Daten werden in Form einer Matrix gespeichert. Die Matrix enthält eine Zeile für jeden Datenpunkt und eine Spalte für jede Variable.

	Var₁	Var₂	...	Var_m
Punkt₁	x_{11}	x_{12}	...	x_{1m}
Punkt₂	x_{21}	x_{22}	...	x_{2m}
⋮	⋮	⋮	⋮	x_{2m}
Punkt_n	x_{n1}	x_{n2}	...	x_{nm}

Die *aktuelle statistische Matrix* enthält die Daten, die von den Befehlen des Menüs STAT verarbeitet werden. Sie wird durch den Inhalt einer reservierten Variablen namens ΣDAT bestimmt. ΣDAT enthält entweder die Matrix selbst oder den Namen einer Variablen, die die Matrix enthält. Da ΣDAT eine Variable ist, können Sie für jedes Verzeichnis im Speicher eine andere aktuelle statistische Matrix erstellen.

Wenn es keine aktuelle Matrix gibt oder wenn Sie andere Daten als die in der aktuellen Matrix verwenden möchten, können Sie eine neue statistische Matrix festlegen, indem Sie neue Daten eingeben, die aktuellen Daten überarbeiten oder eine andere Matrix auswählen. Eine Liste mit den anderen Matrizen befindet sich im Katalog STAT.

Eingabe neuer statistischer Daten ($\Sigma+$ und NEW)

Es gibt zwei Möglichkeiten neue statistische Daten einzugeben:

- Sie können $\Sigma+$ verwenden, um die Daten einzeln einzugeben.
- Sie können die gesamte Matrix erstellen und sie dann mit NEW in ΣDAT abspeichern. Der einfachste Weg, eine Matrix zu erzeugen, führt über den MatrixWriter.

Eingabe von Daten mit den Befehl $\Sigma+$:

1. Drücken Sie $CL\Sigma$, um ΣDAT zu löschen.
2. Tippen Sie die Angaben für den ersten Datenpunkt ein. Besitzt der Punkt mehr als einen Wert, geben Sie die Werte als Vektor (begrenzt durch eckige Klammern) ein. Drücken Sie $\Sigma+$, um die Daten in ΣDAT zu speichern.
3. Zum Eingeben jedes weiteren Punktes geben Sie den Wert (die Werte) ein und drücken $\Sigma+$. Nach dem ersten Datenpunkt brauchen Sie die Werte nicht mehr in Klammern zu setzen.

Eingabe von Daten mit dem MatrixWriter und dem Befehl NEW:

1. Drücken Sie \rightarrow [MATRIX], um den MatrixWriter zu aktivieren. Benutzen Sie ihn zum Eingeben der Daten in eine Matrix. (Die Verwendung des MatrixWriters wird in Kapitel 20 erläutert.) Drücken Sie [ENTER], um die fertige Matrix in den Stack einzugeben.
2. Drücken Sie NEW. Dadurch wird die Alpha-Tastenbelegung aktiviert, und Sie werden zur Eingabe eines Variablennamens aufgefordert.
3. Tippen Sie einen Namen für Ihre Matrix ein, und drücken Sie [ENTER]. Der Variablenname wird in ΣDAT und die Matrix selbst in der Variablen gespeichert. (Wenn Sie bei der Aufforderung einfach [ENTER] drücken, wird die Matrix selbst in ΣDAT gespeichert und kein Variablenname erzeugt.)

Bearbeiten von Daten

Bearbeiten des letzten Datenpunktes. Mit dem Befehl Σ^- kann ein Datenpunkt, den Sie gerade mit Σ^+ in ΣDAT eingegeben haben, geändert werden. Er wird durch Drücken von $\leftarrow \Sigma^+$ ausgeführt. Σ^- entfernt den letzten Punkt aus ΣDAT und schreibt ihn in Ebene 1. Zum Ändern dieses Punktes überarbeiten oder ersetzen Sie ihn und speichern die korrigierten Daten dann mit Σ^+ in ΣDAT .

Bearbeiten eines beliebigen Datenpunktes. Drücken Sie **EDIT**, um den Inhalt von ΣDAT in die MatrixWriter-Umgebung zu schreiben. Drücken Sie, nachdem Sie die Matrix bearbeitet haben, **ENTER**, damit die überarbeitete Fassung zur aktuellen statistischen Matrix wird.

Verwenden des Katalogs STAT

Der Katalog STAT gibt Ihnen die Möglichkeit, eine bereits existierende Matrix zur aktuellen Matrix zu machen. Wie andere Kataloge im HP 48 auch, ist er eine besondere Umgebung, in der die Tastatur undefiniert und auf spezielle Operationen beschränkt ist. Sie können auf keine anderes Menü zugreifen, bevor Sie den Katalog nicht verlassen haben (siehe "Verlassen des Katalogs" auf Seite 403.)

Drücken Sie \leftarrow **STAT** **CAT** zum Aktivieren des Katalogs STAT. Dann sehen Sie einen Katalog, der folgendes beinhaltet:

- Alle Variablen im aktuellen Verzeichnis, die Matrizen enthalten.
- Alle Unterverzeichnisse im aktuellen Verzeichnis.



Bewegen Sie den Zeiger mit **▲** und **▼**, um den gewünschten Eintrag auszuwählen. Der gewählte Eintrag kann mit den Operationen des Katalogs STAT bearbeitet werden:

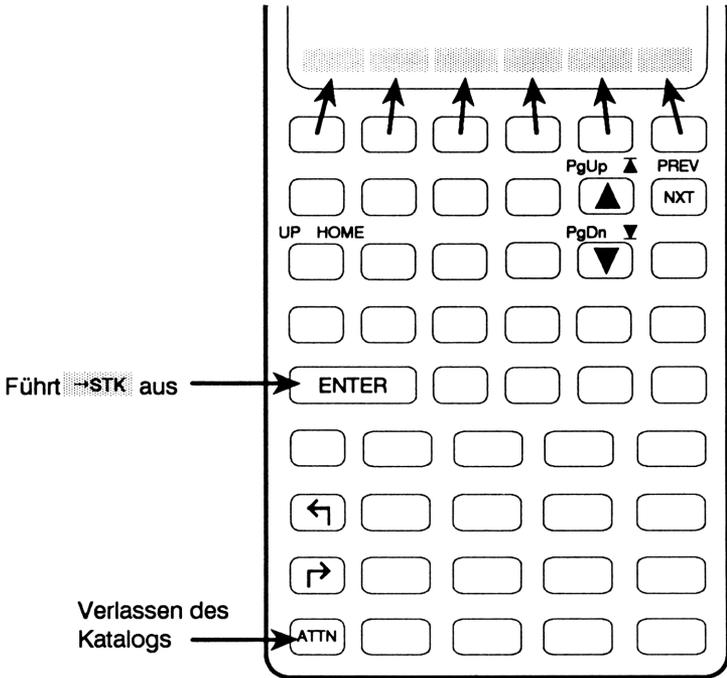
Operationen im STAT-Katalog

I-VAR	Macht den gewählten Eintrag zur aktuellen statistischen Matrix, verläßt den Katalog und zeigt die zweite Seite des Menüs STAT an (zum Berechnen unabhängiger Stichproben).
PLDT	Macht den gewählten Eintrag zur aktuellen statistischen Matrix, verläßt den Katalog und zeigt die dritte Seite des Menüs STAT an (für die grafische Darstellung von Daten).
2-VAR	Macht den gewählten Eintrag zur aktuellen statistischen Matrix, verläßt den Katalog und zeigt die vierte Seite des Menüs STAT an (zum Berechnen verbundener Stichproben).
EDIT	Schreibt den gewählten Eintrag zur Bearbeitung in die MatrixWriter-Umgebung. Wenn Sie die Bearbeitung abgeschlossen haben, drücken Sie [ENTER] , um die Änderungen festzuhalten, oder [ATTN] , um die Bearbeitung ohne Änderung der Matrix abubrechen.
→STK	Kopiert die Matrix in den Stack.
VIEW	Zeigt Ihnen den Inhalt des Eintrages. Ist der Eintrag ein Unterverzeichnis, wird in dieses Unterverzeichnis gewechselt.
ORDER	Setzt die gewählte Matrix an den Anfang des Katalogs.

Operationen im STAT-Katalog (Fortsetzung)

PURG	Löscht den Eintrag (und die dazugehörige Variable).
NXT	Wählt die nächste Seite mit Operationen im Katalog STAT.
← PREV	Wählt die vorhergehende Seite mit Operationen im Katalog STAT.
▲	Bewegt den Katalogzeiger eine Ebene nach oben. Wird vorher ← gedrückt, wird der Katalogzeiger eine Seite nach oben gesetzt (← PgUp in der nachstehenden Abbildung der Tastatur). Wird vorher → gedrückt, wird der Katalogzeiger auf den Anfang des Katalogs gesetzt (→ ▲ in der nachstehenden Abbildung der Tastatur).
▼	Bewegt den Katalogzeiger eine Ebene nach unten. Wird vorher ← gedrückt, wird der Katalogzeiger eine Seite nach unten gesetzt (← PgDn in der nachstehenden Abbildung der Tastatur). Wird vorher → gedrückt, wird der Katalogzeiger ans Ende des Katalogs gesetzt (→ ▼ in der nachstehenden Abbildung der Tastatur).
ENTER	Führt →STK aus (die Matrix wird in den Stack kopiert). Ist der Eintrag ein Unterverzeichnis, wird in dieses Unterverzeichnis gewechselt; Sie erhalten also Zugang zur den dortigen Matrizen.
← UP	Schaltet ins übergeordnete Verzeichnis um.
→ HOME	Schaltet ins Verzeichnis <i>HOME</i> um.
ATTN	Dient zum Verlassen des Katalogs.

Die undefinierte Tastatur sieht folgendermaßen aus:



Verlassen des Katalogs

Im allgemeinen werden Sie den Katalog mit **ATTN** verlassen, um in das Menü STAT zurückzukehren. Auch durch Ausführung von **PLOT**, **1-VAR** oder **2-VAR** verlassen Sie automatisch den Katalog.

Statistik mit unabhängigen Stichproben

Statistik mit Stichproben

Die zweite Seite des Menüs STAT enthält Befehle für die Statistik mit unabhängigen Stichproben. Jeder Befehl gibt einen Vektor mit m Zahlen aus, wobei m die Spaltenzahl der Matrix ist. (Ist $m = 1$, wobei jeder Datenpunkt aus nur einer Zahl besteht, gibt der Befehl eine Zahl aus.) Ein Beispiel: Wenn Sie in ΣDAT eine dreispaltige Matrix haben und $\overline{\text{MEAN}}$ drücken, wird ein dreielementiger Vektor mit dem Mittelwert jeder Spalte in Ebene 1 ausgegeben.

Befehle für die Statistik mit unabhängigen Stichproben

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
\leftarrow STAT (Seite 2):		
$\overline{\text{TOT}}$	TOT	Summe
$\overline{\text{MEAN}}$	MEAN	Mittelwert (Durchschnitt)
$\overline{\text{SDEV}}$	SDEV	Standardabweichung
$\overline{\text{MAX}\Sigma}$	MAX Σ	Maximum
$\overline{\text{MIN}\Sigma}$	MIN Σ	Minimum

Befehle für die Statistik mit unabhängigen Stichproben (Forts.)

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
BINS	BINS	Berechnet Häufigkeiten innerhalb der Spalte der unabhängigen Variablen (XCOL) oder mit ΣDAT . Verwendet als Argumente den minimalen x-Wert (Ebene 3), die Breite jeder einzelnen Klasse in benutzerdefinierten Einheiten (Ebene 2) und die Zahl der Klassen n (Ebene 1). Gibt eine $n \times 1$ -Matrix mit den Häufigkeiten (Ebene 2) und einen zweielementigen Vektor mit den Häufigkeiten außerhalb des angegebenen Bereichs (Ebene 1) aus.

Wenn Sie diese Operationen ausführen, wird die Statusmeldung bezüglich der zuletzt eingegebenen Daten gelöscht. Sie können **◀ [REVIEW]** drücken, um sie sich wieder anzeigen zu lassen.

Statistik mit Grundgesamtheiten

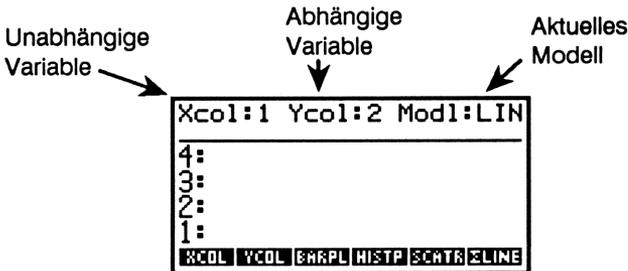
SDEV (Standardabweichung: Seite 2 des Menüs STAT) und COV (Kovarianz: Seite 4 des Menüs STAT) berechnen statistische Kenngrößen für Daten, die eine *Stichprobe* aus der Grundgesamtheit darstellen. Wenn der Inhalt von ΣDAT die Grundgesamtheit selbst darstellt, können Sie statistische Berechnungen für die *Grundgesamtheit* durchgeführt werden, und zwar auf folgende Weise:

1. Berechnen Sie den Mittelwert der Daten (**MEAN**).
2. Führen Sie **$\Sigma +$** aus, um den Datenpunkt für den Mittelwert zu ΣDAT hinzuzufügen.
3. Verwenden Sie dann **SDEV** und **COV**, um die statistischen Kenngrößen der Statistiken für die Grundgesamtheit zu berechnen.
4. Entfernen Sie mit $\Sigma -$ (**◀ $\Sigma +$**) den Datenpunkt für den Mittelwert wieder aus ΣDAT .

Statistik mit verbundenen Stichproben

Die dritte und die vierte Seite des Menüs STAT enthalten Befehle für die Statistik mit verbundenen Stichproben.

Wenn die dritte oder die vierte Seite des Menüs STAT angezeigt wird, erscheinen in der Statusmeldung am oberen Rand des Display die Spaltenangaben für die unabhängige (x) und die abhängige (y) Variable sowie das aktuelle Modell.



Befehle für die Statistik mit verbundenen Stichproben

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
STAT (Seiten 3 und 4):		
	XCOL	Eine Spalte, deren Nummer angegeben wird, wird zur unabhängigen Variablen, indem sie an erster Stelle in ΣPAR gespeichert wird. (XCOL gibt die Nummer der Spalte XCOL in Ebene 1 aus.)
	YCOL	Eine Spalte, deren Nummer angegeben wird, wird zur abhängigen Variablen, indem sie an zweiter Stelle in ΣPAR gespeichert wird. (YCOL gibt die Nummer der Spalte YCOL in Ebene 1 aus.)

Befehle für die Statistik mit verbundenen Stichproben (Forts.)

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
Σ LINE	Σ LINE	Liefert einen Ausdruck, der für das aktuelle Modell die am besten angepaßte Kurve darstellt.
LR	LR	Berechnet für das aktuelle Modell die lineare Regression für die gewählte abhängige und die unabhängige Variable und gibt den Schnittpunkt mit der Ordinate (Ebene 2) und die Steigung (Ebene 1) aus. Speichert diese Werte außerdem in Σ PAR (an dritter und vierter Stelle).
PREDX	PREDX	Verwendet als Argument einen Wert für die abhängige Variable und berechnet einen Vorhersagewert für die unabhängige Variable. (Es muß vorher irgendwann LR ausgeführt worden sein.)
PREDY	PREDY	Verwendet als Argument einen Wert für die unabhängige Variable und berechnet einen Vorhersagewert für die abhängige Variable. (Es muß irgendwann LR ausgeführt worden sein.)
CORR	CORR	Berechnet den Korrelationskoeffizienten entsprechend dem aktuellen Modell.

Befehle für die Statistik mit verbundenen Stichproben (Forts.)

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
COV	COV	Berechnet die empirische Kovarianz entsprechend dem aktuellen Modell.
MODL		Zeigt das Menü für die Auswahl eines Modells an. Das gewählte Modell wird in ΣPAR an fünfter Stelle gespeichert.

Wenn Sie diese Operationen ausführen, wird die Zustandsmeldung (x , y und Modell) gelöscht. Sie können **REVIEW** drücken, um sie sich wieder anzeigen zu lassen.

Für statistische Berechnungen mit verbundenen Stichproben gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Wählen Sie die geeigneten Spalten für die unabhängige und die abhängige Variable (**XCOL**, **YCOL**) aus.
2. Wählen Sie das gewünschte Modell aus dem Menü MODL aus (**MODL**). Sie haben dazu zwei Möglichkeiten:
 - Wählen Sie ein bestimmtes Modell aus: **LIN** (linear, Gerade), **LOG** (Logarithmusfunktion), **EXP** (Exponentialfunktion) oder **PWR** (Potenzfunktion).
 - Lassen Sie das beste Modell berechnen (**BEST**). Der HP 48 wählt das Modell aus, für das der Korrelationskoeffizient den höchsten Betrag besitzt. (Wenn irgendwelche Daten negativ oder Null sind, wird LIN ausgewählt.)
3. Auf Wunsch: Drücken Sie **SCATR**, um ein Streudiagramm der Daten zu zeichnen.
4. Verwenden Sie die vierte Seite des Menüs STAT für Berechnungen mit verbundenen Stichproben. *Sie müssen die lineare Regression (**LR**) berechnen, bevor Sie Vorhersagewerte berechnen lassen (**PREDX** oder **PREDY**).*

Das Beispiel auf Seite 393 zeigt statistische Berechnungen für verbundene Stichproben.

Der HP 48 verwendet die reservierte Variable ΣPAR für statistische Berechnungen mit verbundenen Stichproben. ΣPAR enthält eine Liste mit Parametern, die durch Ausführen von XCOL, YCOL und MODL verändert werden können, wie in der vorstehenden Tabelle gezeigt.

Grafische Darstellung

Die dritte Seite des Menüs STAT enthält Befehle für die grafische Darstellung unabhängiger und verbundener Stichproben.

Wenn die dritte Seite des Menüs STAT angezeigt wird, gibt die Statusmeldung am oberen Rand des Displays die Spalten für die unabhängige (x) und die abhängige (y) Variable sowie das aktuelle Modell an.

Befehle für die grafische Darstellung

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
 STAT (Seite 3):		
XCOL	XCOL	Macht die angegebene Spalte zur unabhängigen Variablen.
YCOL	YCOL	Macht die angegebene Spalte zur abhängigen Variablen.
BARPL	BARPLOT	Zeichnet ein Balkendiagramm der Spalte x. Der Maßstab wird automatisch gewählt.
HISTP	HISTPLOT	Zeichnet ein Häufigkeitshistogramm der Spalte x. Der Maßstab wird automatisch gewählt.
SCATR	SCATRLOT	Zeichnet die Punkte (x,y) aus den angegebenen Spalten x und y und zeichnet, falls gewünscht, die bestangepasste Kurve gemäß dem angegebenen Modell. Der Maßstab wird automatisch gewählt.

Wenn Sie eine dieser Operationen durchführen, wird die Statusmeldung (x , y und Modell) gelöscht. Sie können  **REVIEW** drücken, um sich diese Informationen wieder anzeigen zu lassen. Sie können die Anzeigedauer verlängern, indem Sie **REVIEW** gedrückt halten.

Zeichnen von Balkendiagrammen

BARPLOT (**BARPL**) zeichnet ein Balkendiagramm der angegebenen Spalte aus ΣDAT . Sie geben die Spalte mit XCOL (Seite 3 des Menüs STAT) an. Wird keine Spalte angegeben, wird die erste Spalte aus ΣDAT verwendet. Daten können positiv oder negativ sein, dadurch entstehen Balken oberhalb bzw. unterhalb der x -Achse.

Beispiel. Die Unterlagen einer Tankstelle zeigen folgenden Zusammenhang zwischen der monatlichen Änderung der Benzinpreise und der verkauften Menge über einen Zeitraum von vier Monaten:

Monat	Preis Änder. %	Verkauf Änder. %
1	+3,5	-1,2
2	+9,3	-2,6
3	-6,5	+6,1
4	+2	-0,4

Geben Sie die Daten mit dem MatrixWriter ein, und zeichnen Sie dann Balkendiagramme für die prozentuale Preisänderung und die prozentuale Umsatzänderung.

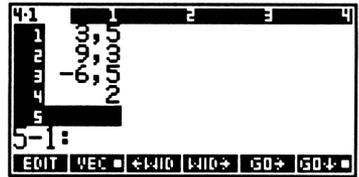
Aktivieren Sie den MatrixWriter.

 **MATRIX**



Geben Sie die Preisänderungen ein.

`GO↓` 3.5 `SPC` 9.3 `SPC`
 6.5 `+/-` `SPC` 2 `ENTER`



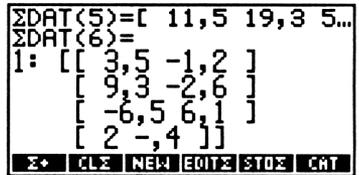
Geben Sie die Umsatzänderungen ein.

`▶` 1.2 `+/-` `SPC` 2.6 `+/-` `SPC`
 6.1 `SPC` .4 `+/-` `ENTER`



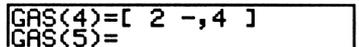
Geben Sie die Matrix in den Stack ein, und aktivieren Sie STATISTIK.

`ENTER` `←` `STAT`



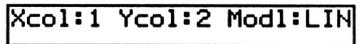
Geben Sie der Matrix einen Namen, und machen Sie diese zur aktuellen Matrix.

`NEW` GAS `ENTER`



Wählen Sie die Spalte mit der prozentualen Preisänderung aus (die erste Spalte in der statistischen Matrix).

`NXT` `NXT` 1 `XCOL`



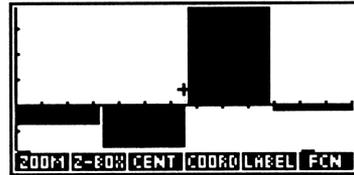
Zeichnen Sie das Balkendiagramm für die prozentuale Preisänderung.

`BARPL`



Wählen Sie die Spalte mit der prozentualen Umsatzänderung aus (die zweite Spalte in der Matrix) und zeichnen Sie ein Balkendiagramm dafür.

ATTN 2 **XCOL** **BARPL**



Wenn Sie statistische Daten grafisch darstellen lassen, wechseln Sie in Wirklichkeit von STATISTIK nach PLOT, also in die Grafikumgebung. Durch Drücken von **ATTN** kehren Sie nach STATISTIK zurück. (Weitere Informationen über die Grafikumgebung finden Sie auf Seite 325.)

Zeichnen von Histogrammen

Sind die statistischen Daten einmal in Σ DAT gespeichert, gibt es zwei Möglichkeiten, Häufigkeitshistogramme darzustellen:

- **HISTPLOT** (**HISTP** auf Seite 3 des Menüs STAT) zeichnet einfach ein Histogramm, das die *relativen* Häufigkeiten zeigt.
- **BINS** (**BINS** auf Seite 2 des Menüs STAT) zeigt die Häufigkeiten als Zahlenwerte, die Sie dann mit **BARPLOT** als Histogramm darstellen können. (Bei **BINS** haben Sie mehr Einflußmöglichkeiten auf die Zeichnung als bei **HISTPLOT**, das Verfahren ist in der Anwendung jedoch ein wenig komplizierter.)

Darstellen von Histogrammen mit HISTPLOT. Wenn die Daten zur Häufigkeit bereits in Σ DAT gespeichert sind, brauchen Sie nur noch **HISTP** zu drücken, dann können Sie das Histogramm sehen. Die Zahl der Klassen beträgt in der Grundeinstellung 13. (Mit dem Befehl **RES** in **PLOT** können Sie die Zahl der Klassen ändern, indem Sie deren Breite verändern: Weitere Informationen dazu finden Sie auf Seite 346.)

Darstellung der Klassen als Zahlenwerte. Mit dem Befehl BINS können Sie die Häufigkeiten als Zahlenwerte sehen, bevor sie grafisch dargestellt werden. Der Befehl benötigt drei Argumente:

- in Ebene 3 den zu verwendenden Minimalwert für x (die untere Grenze des Bereichs)
- in Ebene 2 die Breite jeder Klasse in benutzerdefinierten Einheiten (eine Beschreibung finden Sie im Abschnitt “Anzeigekoordinaten” auf Seite 349)
- in Ebene 1 die Zahl der Klassen.

Der Befehl BINS liefert folgende Informationen:

- in Ebene 2 eine $n \times 1$ -Matrix, wobei n die Zahl der Klassen ist. Der Wert jedes Elements stellt die Häufigkeit von Daten in dieser Klasse dar.
- in Ebene 1 einen Zwei-Elementen-Vektor mit der Zahl der Datenpunkte, die kleiner als der angegebene Minimalwert für x sind, und der Zahl der Datenpunkte, die größer als der Maximalwert für x sind.

Wenn Sie diese Informationen als Histogramm darstellen lassen möchten, gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Entfernen Sie den Vektor in Ebene 1 aus dem Stack (**← DROP**).
2. Speichern Sie die eindimensionale Matrix in ΣDAT , indem Sie **STOE** drücken.
3. Drücken Sie **BARPL**.

Statistik mit Summen

Die fünfte Seite des Menüs STAT enthält Befehle für die Statistik mit Summen. Mit ΣCOL und $YCOL$ (auf der dritten Seite des Menüs STAT) legen Sie x und y fest.

Befehle für die Statistik mit Summen

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
\leftarrow [STAT] (Seite 5):		
ΣX	ΣX	Liefert die Summe der Einträge in Spalte x (unabhängig) von ΣDAT .
ΣY	ΣY	Liefert die Summe der Einträge in Spalte y (abhängig) von ΣDAT .
ΣX^2	ΣX^2	Liefert die Summe der Quadrate der Einträge in Spalte x von ΣDAT .
ΣY^2	ΣY^2	Liefert die Summe der Quadrate der Einträge in Spalte y von ΣDAT .
$\Sigma X*Y$	$\Sigma X*Y$	Liefert die Summe der Produkte der entsprechenden Spalten x und y von ΣDAT .
$N\Sigma$	$N\Sigma$	Liefert die Zahl der Zeilen in ΣDAT .

Teststatistik

Das Menü PROB (probability—Wahrscheinlichkeit) (**MTH** **PROB**) enthält Befehle zur Berechnung von Kombinationen, Permutationen, Fakultäten, Zufallszahlen und *Wahrscheinlichkeitsverteilungen* für verschiedene Tests in der Statistik. Die Wahrscheinlichkeitsverteilungen werden an dieser Stelle behandelt; die anderen Themen werden in Kapitel 9, “Elementarmathematische Funktionen”, erläutert.

Befehle für statistische Tests

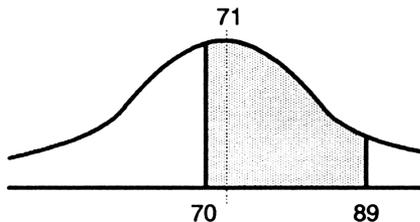
Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
MTH PROB (Seite 2):		
UTPC	UTPC	(Upper-tail chi square distribution) Entnimmt die Freiheitsgrade aus Ebene 2 sowie eine reelle Zahl (x) aus Ebene 1 und gibt die Wahrscheinlichkeit aus, mit der eine χ^2 -verteilte Zufallsgröße größer als x ist.
UTPF	UTPF	(Upper-tail F distribution) Entnimmt die Freiheitsgrade für den Zähler aus Ebene 3, für den Nenner aus Ebene 2 sowie eine reelle Zahl (x) aus Ebene 1 und gibt die Wahrscheinlichkeit aus, mit der eine Snedecorsche F-verteilte Zufallsgröße größer als x ist.

Befehle für statistische Tests (Fortsetzung)

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
UTPN	UTPN	(Upper-tail normal distribution) Entnimmt den Mittelwert aus Ebene 3, die Varianz aus Ebene 2 sowie eine reelle Zahl (x) aus Ebene 1 und gibt die Wahrscheinlichkeit aus, mit der eine normalverteilte Zufallsgröße größer als x ist.
UTPT	UTPT	(Upper-tail t distribution) Entnimmt die Freiheitsgrade aus Ebene 2 sowie eine reelle Zahl (x) aus Ebene 1 und gibt die Wahrscheinlichkeit aus, mit der eine Studentische t-verteilte Zufallsgröße größer als x ist.

Beachten Sie, daß die Freiheitsgrade als Argument für diese Befehle positiv sein müssen. Außerdem werden in den Berechnungen die Freiheitsgrade auf die nächstgelegene ganze Zahl gerundet.

Beispiel: Wahrscheinlichkeiten aus einer Normalverteilung. Die Punktzahlen bei einer Abschlußprüfung ergeben annähernd eine Normalverteilung mit einem Mittelwert von 71 und einer Standardabweichung von 11. Wie groß ist der Prozentsatz an Schülern, die eine Punktzahl zwischen 70 und 89 erhielten?



Berechnen Sie zunächst die Wahrscheinlichkeit, daß ein zufällig ausgewählter Schüler eine Punktzahl besser als 70 erreicht hat. (Die Standardabweichung wird quadriert, damit man die Varianz erhält.)

MTH **PROB** **NXT**

71 **ENTER**

11 **←** **x²**

70 **UTPN**

1: ,536217586697
 UTPC UTPF UTPN UTPT

Führen Sie die gleiche Berechnung jetzt für die Punktzahl 89 durch.

→ **LAST ARG** **←** **DROP**

89 **UTPN**

2: ,536217586697
 1: ,050881752476
 UTPC UTPF UTPN UTPT

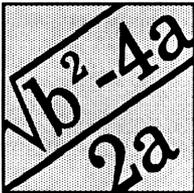
Subtrahieren Sie die beiden Werte.

-

1: ,485335834221
 UTPC UTPF UTPN UTPT

Die Berechnung zeigt, daß 49 % der Schüler eine Punktzahl zwischen 70 und 89 erhalten haben.

Algebra



Mit den in diesem Kapitel beschriebenen Operationen können Sie einen algebraischen Ausdruck oder eine Gleichung in ähnlicher Weise bearbeiten, wie Sie das auf einem Blatt Papier tun würden. Mit diesen Operationen haben Sie folgende Möglichkeiten:

- Symbolisch nach einer Variablen auflösen:
 - ISOL isoliert eine einmal vorkommende Variable.
 - QUAD löst eine quadratische Gleichung nach einer Variablen auf.
- Zusammenfassen und Umstellen von Variablen und Erweitern von Teilausdrücken:
 - Die Befehle COLCT und EXPAN führen umfassende Umstellungen durch, indem sie nach festen Mustern in einem Ausdruck oder einer Gleichung suchen und dann eine geeignete algebraische Regel auf jedes Auftreten eines solchen Musters anwenden.
 - Mit den Operationen in RULES können Sie Ausdrücke oder Gleichungen schrittweise umformen. Dadurch können Sie die Umstellung entsprechend Ihren Bedürfnissen steuern. Der EquationWriter dient als Plattform, von der aus die Operationen in RULES aufgerufen werden.

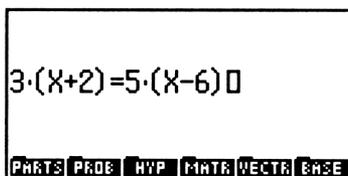
In diesem Kapitel wird der Begriff *algebraisches Objekt* für Ausdrücke und Gleichungen verwendet. Die Begriffe *Ausdruck* und *Gleichung* werden nur dann verwendet, wenn die Unterscheidung zwischen diesen beiden Formen algebraischer Objekte wesentlich ist.

Beispiel: Nach einer Variablen auflösen. Lösen Sie folgende Gleichung nach x auf:

$$3(x + 2) = 5(x - 6)$$

Aktivieren Sie den EquationWriter und tippen Sie die Gleichung ein.

 EQUATION
 3  () X + 2 
 =
 5  () X - 6 

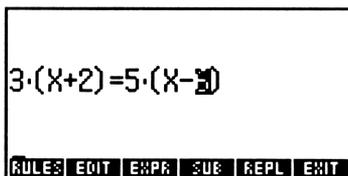


3·(X+2)=5·(X-6) 

PARTS PROB HYP MATR VECTR BASE

Aktivieren Sie das Auswahlmü und den Auswahl-Cursor.



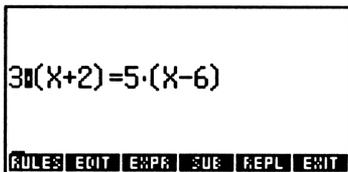


3·(X+2)=5·(X-)

RULES EDIT EXPR SUB REPL EXIT

Bewegen Sie den Auswahl-Cursor auf das Multiplikationszeichen \cdot auf der linken Seite der Gleichung.



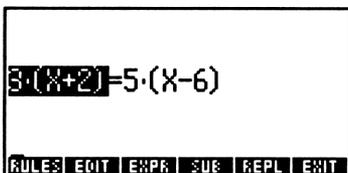


3 (X+2)=5·(X-6)

RULES EDIT EXPR SUB REPL EXIT

Heben Sie den durch \cdot definierten Teilausdruck hervor. Dadurch können Sie sehen, auf welchen Teil der Gleichung sich eine nachfolgende algebraischen Operation beziehen wird.

EXPR



3·(X+2)=5·(X-6)

RULES EDIT EXPR SUB REPL EXIT

Aktivieren Sie das Menü RULES für diesen Teilausdruck, und multiplizieren Sie die Klammer aus (Distributivgesetz).

RULES D→

$$3 \cdot X \cdot 3 \cdot 2 = 5 \cdot (X - 6)$$

Bewegen Sie den Auswahl-Cursor nun auf das Multiplikationszeichen \cdot auf der rechten Seite der Gleichung, und multiplizieren Sie nochmals aus.

▶ (6 Mal) RULES D→

$$3 \cdot X + 3 \cdot 2 = 5 \cdot X - 5 \cdot 6$$

Bewegen Sie den Cursor auf das Gleichheitszeichen $=$, und setzen Sie dann den Term $5 \cdot X$ auf die linke Seite der Gleichung.

◀ (4 Mal) RULES ←T

$$3 \cdot X + 3 \cdot 2 - 5 \cdot X = -(5 \cdot 6)$$

Nun, da sich beide Terme mit X auf der selben Seite der Gleichung befinden, können Sie die Gleichung wieder im Stack ablegen, das Menü ALGEBRA aktivieren und ähnliche Terme zusammenfassen.

ENTER ← ALGEBRA
COLCT

$$1: \quad '6 - 2 * X = -30'$$

Lösen Sie jetzt nach X auf.

X ISOL

$$1: \quad 'X = 18'$$

Symbolische Lösungen

Ein allgemeines Ziel der algebraischen Bearbeitung von Ausdrücken oder Gleichungen ist es, symbolisch nach einer Variablen "aufzulösen", d.h., eine Variable durch die anderen Variablen und Zahlen des Ausdrucks oder der Gleichung auszudrücken. Mit den in diesem Abschnitt beschriebenen Befehlen können Sie nach einer Variablen, die einmal in einem algebraischen Objekt vorkommt, oder nach einer Variablen in einer quadratischen Gleichung auflösen.

Befehle für symbolische Lösungen

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
⏪ [ALGEBRA]:		
ISOL	ISOL	Isoliert für ein algebraisches Objekt in Ebene 2 das erste Auftreten der Variablen in Ebene 1.
QUAD	QUAD	Löst die quadratische Gleichung in Ebene 2 nach der in Ebene 1 angegebenen Variablen auf.
SHOW	SHOW	Löst in dem algebraischen Objekt in Ebene 2 alle impliziten Bezügen auf die in Ebene 1 angegebene Variable auf.

Isolieren einer Variablen

Der Befehl ISOL isoliert eine Variable, die nur an einer Stelle in einem algebraischen Objekt vorkommt, so daß eine Gleichung der Form

$$'Variable=Ausdruck'$$

entsteht, die eine symbolische Lösung für das algebraische Objekt darstellt. Vor der Ausführung des Befehls ISOL muß das algebraische Objekt in Ebene 2 und die zu isolierende Variable in Ebene 1 stehen.

Beispiel: Der Befehl ISOL Isolieren Sie A in nachstehender Gleichung mit Hilfe von ISOL:

$$T = \sqrt{\frac{X+B}{X+A}}$$

Tippen Sie die Gleichung ein.

$\left[\leftarrow \right]$ EQUATION T $\left[\leftarrow \right]$ =
 $\left[\sqrt{x} \right]$ $\left[\blacktriangle \right]$ X $\left[+ \right]$ B $\left[\blacktriangleright \right]$
 X $\left[+ \right]$ A



Geben Sie die Gleichung ein. Geben Sie den Namen der zu isolierenden Variablen an, und geben Sie den Befehl ISOL.

$\left[\text{ENTER} \right]$
 $\left[\right]$ A $\left[\text{ENTER} \right]$
 $\left[\leftarrow \right]$ ALGEBRA ISOL

1: 'A=(X+B)/SQ(T)-X'
 $\left[\text{COLT} \right]$ $\left[\text{EXPR} \right]$ $\left[\text{ISOL} \right]$ $\left[\text{QUAD} \right]$ $\left[\text{SHOW} \right]$ $\left[\text{TAYLR} \right]$

Der Befehl ISOL für Ausdrücke. Wenn Ebene 2 einen Ausdruck (ein algebraisches Objekt ohne =) enthält, wird der Ausdruck wie eine Gleichung der Form ' $\text{Ausdruck}=\square$ ' behandelt. Ein Beispiel: Das Isolieren von x in der Gleichung

$$'A*(B+2*X)-C'$$

liefert folgendes:

$$'X=(C/A-B)/2'$$

Funktionen, die nicht mit ISOL verwendet werden dürfen. Die zu isolierende Variable kann das Argument einer beliebigen Funktion sein, für die der HP 48 eine Umkehrung kennt (in diesem Handbuch als *analytische* Funktionen bezeichnet). Ein Beispiel: Sie können X in algebraischen Objekten isolieren, die $\text{TAN}(X)$ oder $\text{LN}(X)$ enthalten, da TAN und LN Umkehrungen besitzen (ATAN bzw. EXP). Sie können X jedoch nicht in algebraischen Objekten, die $\text{IP}(X)$ enthalten, isolieren. Im Verzeichnis der Operationen sind alle analytischen Funktionen des HP 48 aufgeführt.

Lösen quadratischer Gleichungen

Der Befehl QUAD löst jedes beliebige algebraische Objekt, das hinsichtlich der unbekanntenen Variablen höchstens zweiten Grades ist. Der Befehl wurde nach seiner Fähigkeit zum Lösen algebraischer Objekte zweiten Grades (quadratisch) benannt. Sie können QUAD jedoch auch zum Lösen algebraischer Objekte ersten Grades (linear) verwenden. (Wenn Sie eine Gleichung angeben, die in der zu lösenden Variable *nicht* ersten oder zweiten Grades ist, wandelt QUAD die Gleichung in ein *Näherungspolynom* zweiten Grades um und löst dann diese quadratische Gleichung.)

Vor der Ausführung von QUAD muß das algebraische Objekt in Ebene 2 und die zu lösende Variable in Ebene 1 stehen. Wie ISOL auch, gibt QUAD eine Gleichung nachstehender Form aus:

$$'Variable=Ausdruck'$$

Wenn das algebraische Objekt weitere Variablen enthält, dürfen diese im aktuellen Verzeichnis nicht vorhanden sein, falls Sie möchten, daß diese Variablen in die Lösung als formale (symbolische) Variablen eingehen sollen. Sonst wertet QUAD sie aus.

Beispiel 1: Der Befehl QUAD. Lösen Sie folgenden Ausdruck nach x auf:

$$x^2 - x - 6 = 0$$

(Dieses Beispiel setzt voraus, daß die Variable x im aktuellen Verzeichnis noch nicht existiert.)

Geben Sie den Ausdruck und den Namen der Variablen ein.

\square X \square 2 \square X \square 6
 \square ENTER
 \square X \square ENTER

2: 'X^2-X-6'
 1: 'X'
 EQWTS PRDE WWP MATR VECTS BASE

Geben Sie den Befehl QUAD ein.

\square ALGEBRA \square QUAD

1: 'X=(1+51*5)/2'
 COLCT EXPR ISOL QUAD SHOW TAYLR

QUAD gibt einen Ausdruck mit der Variablen $s1$ aus, die ein beliebiges Vorzeichen (+ oder -) darstellt. ($s1$ wird im nachfolgenden Abschnitt näher erläutert.) Kopieren Sie den Ausdruck. Werten Sie ihn dann für $s1 = 1$ aus. (Zum Eingeben von $s1$ muß erst α \leftarrow , dann SIN und dann 1 gedrückt werden.)

ENTER
 $\text{1} \text{ } \alpha \text{ } s1 \text{ } \text{STO}$
 EVAL

1: 'X=3'
 COLCT EXPN EQOL QUAD SHOW TAYLR

Werten Sie den Ausdruck jetzt für $s1 = -1$ aus.

$\text{1} \text{ } +/\text{-} \text{ } \alpha \text{ } s1 \text{ } \text{STO}$
 $\leftarrow \text{SWAP}$
 EVAL

2: 'X=3'
 1: 'X=-2'
 COLCT EXPN EQOL QUAD SHOW TAYLR

Die beiden Lösungen sind +3 und -2.

Beispiel 2: Lösen einer Gleichung mit mehr als einer Variablen.

Lösen Sie folgenden Gleichung nach x auf.

$$2x^2 - 4x + c = 0$$

(Dieses Beispiel setzt voraus, daß die Variable X im aktuellen Verzeichnis nicht existiert.)

Löschen Sie C , falls erforderlich. Geben Sie dann die Gleichung und den Variablennamen X ein.

$\alpha \text{ } C \text{ } \leftarrow \text{PURGE}$
 $\alpha \text{ } 2 \text{ } \times \text{ } X \text{ } \text{y}^2 \text{ } 2$
 $\text{-} \text{ } 4 \text{ } \times \text{ } X \text{ } \text{+} \text{ } C \text{ } \leftarrow \text{ } = \text{ } 0$
 $\text{ENTER} \text{ } \alpha \text{ } X \text{ } \text{ENTER}$

2: '2*X^2-4*X+C=0'
 1: 'X'
 PARTS PRBS HYP MATR VECTS BASE

Geben Sie den Befehl QUAD, um ein Ergebnis zu erhalten, das C enthält.

$\leftarrow \text{ALGEBRA} \text{ } \text{QUAD}$

1: 'X=(4+s1*sqrt(16-8*C))
 /4'
 COLCT EXPN EQOL QUAD SHOW TAYLR

Kopieren Sie den Ausdruck. Berechnen Sie die Lösungen für $c = 3$.

$\boxed{\text{ENTER}}$
 $3 \boxed{C} \boxed{\text{STO}}$
 $1 \boxed{s1} \boxed{\text{STO}} \boxed{\text{EVAL}}$
 $1 \boxed{+/-} \boxed{s1} \boxed{\text{STO}}$
 $\boxed{\leftarrow} \boxed{\text{SWAP}} \boxed{\text{EVAL}}$

$2: 'X=(1; ,70710678118...$
 $1: 'X=$
 $(1; -,707106781188)'$
 $\boxed{\text{COLT}} \boxed{\text{EXPR}} \boxed{\text{ISOL}} \boxed{\text{QUAD}} \boxed{\text{SHOW}} \boxed{\text{TAYLR}}$

Die Lösungen sind $1 \pm 0,7071i$.

Beispiel 3: Lösen einer Gleichung ersten Grades. Im einführenden Beispiel dieses Kapitels (Seite 419) wurde ISOL dazu verwendet, nachstehende Gleichung nach x aufzulösen:

$$3(x + 2) = 5(x - 6)$$

Lösen Sie nun mit QUAD nach x auf.

Tippen Sie die Gleichung ein.

$\boxed{3} \boxed{\times} \boxed{\leftarrow} \boxed{(\)} \boxed{X} \boxed{+} \boxed{2} \boxed{\rightarrow}$
 $\boxed{\leftarrow} \boxed{=} \boxed{5} \boxed{\times} \boxed{\leftarrow} \boxed{(\)} \boxed{X} \boxed{-} \boxed{6}$
 $\boxed{\text{ENTER}}$

$1: '3*(X+2)=5*(X-6)'$
 $\boxed{\text{PRPTS}} \boxed{\text{PROB}} \boxed{\text{MVP}} \boxed{\text{MATH}} \boxed{\text{VECTB}} \boxed{\text{BASE}}$

Lösen Sie nach x auf.

$\boxed{X} \boxed{\text{QUAD}}$

$1: 'X=18'$
 $\boxed{\text{COLT}} \boxed{\text{EXPR}} \boxed{\text{ISOL}} \boxed{\text{QUAD}} \boxed{\text{SHOW}} \boxed{\text{TAYLR}}$

QUAD oder ISOL? Ein Vergleich zwischen dem letzten Beispiel und dem einführenden Beispiel dieses Kapitels zeigt, daß es effizienter sein kann, QUAD statt ISOL zum Auflösen nach einer Variablen zu verwenden. Der Vorteil bei QUAD ist, daß Sie das algebraische Objekt nicht erst in eine Form zu bringen brauchen, in der die unbekannte Variable nur einmal auftritt. QUAD liefert genaue Ergebnisse jedoch nur für Polynome ersten oder zweiten Grades. In folgenden Fällen müssen Sie ISOL verwenden, wenn Sie exakte Lösungen wünschen:

- Die unbekannte Variable ist dritten oder höheren Grades.
- Die unbekannte Variable tritt als Argument einer nichtlinearen Funktion wie SIN auf.

Allgemeine Lösungen und Hauptlösungen

Die Funktionen des HP 48 liefern immer *ein* Ergebnis: eine *Hauptlösung*. Ein Beispiel: $\sqrt{4}$ liefert immer +2 und $\text{ASIN}(,5)$ liefert immer 30° oder 0,524 Radiant. Da es sein könnte, daß Sie andere Ergebnisse wünschen, wenn Sie eine Variable isolieren oder eine Gleichung lösen, gibt der HP 48 für ISOL und QUAD eine *allgemeine Lösung* aus. Eine allgemeine Lösung enthält eine der beiden oder die beiden folgenden Variablen:

- *s1* stellt ein beliebiges Vorzeichen (+ oder -) dar. Sie können den Ausdruck auswerten, indem Sie entweder +1 oder -1 in *s1* speichern. Weitere beliebige Vorzeichen im Ergebnis werden durch *s2*, *s3* usw. angegeben.
- Die Variable *n1* stellt eine beliebige ganze Zahl (0, 1, 2 usw.) dar. Weitere beliebige ganze Zahlen werden durch *n2*, *n3* usw. angegeben.

Um festzulegen, daß ISOL und QUAD allgemeine Lösungen ausgeben sollen, muß das Flag -1 gesetzt werden. Wenn Sie Hauptlösungen eingestellt haben, wird anstelle beliebiger Vorzeichen immer +1 und anstelle beliebiger ganzer Zahlen immer 0 verwendet.

Beispiel: Allgemeine Lösungen und Hauptlösungen. Verwenden Sie ISOL, um *x* in folgender Gleichung zu isolieren:

$$y = \sin x^2$$

Geben Sie zunächst die Gleichung ein. Kopieren Sie sie dann. Stellen Sie den Radiant-Modus ein. Geben Sie die zu isolierende Variable an, und geben Sie den Befehl ISOL.

\square Y \leftarrow \square SIN
X \square y² 2 \square ENTER \square ENTER
 \leftarrow \square RAD (falls erforderlich)
 \square X \square ENTER
 \leftarrow \square ALGEBRA \square ISOL

1: 'X=s1*J(ASIN(Y)*(-1)
)^n1+pi*n1'
COLT EXPR ISOL QUAD SHOW TAYLR

ISOL liefert eine allgemeine Lösung mit dem beliebigen Vorzeichen $s1$ und der beliebigen ganzen Zahl $n1$. Lassen Sie sich jetzt eine Hauptlösung für denselben Ausdruck ausgeben. Setzen Sie zunächst das Flag -1. Holen Sie sich dann mit SWAP die Kopie der ursprünglichen Gleichung in Ebene 1, geben Sie die Variable ein, und führen Sie ISOL aus.

1	\pm/\mp	\rightarrow	MODES	NXT	SF	2:	'X=s1*J(ASIN(Y)*(-...
	\leftarrow	SWAP				1:	'X=JASIN(Y)'
	X	\leftarrow	ALGEBRA	ISOL			COLET EXPN ISOL QUAC SHOW TAYLR

ISOL gibt eine Hauptlösung mit dem beliebigen Vorzeichen $s1 = +1$ und der beliebigen ganzen Zahl $n = 0$ aus, so daß die Auswertung des Ausdrucks $JASIN(Y)$ ergibt.

Setzen Sie das Flag -1 zurück, so daß der HP 48 allgemeine Lösungen ausgibt.

Anzeigen verdeckter Variablen

Es kann vorkommen, daß Sie nach einer Variablen auflösen möchten, die in einer anderen Variablen gespeichert ist. Der Befehl SHOW schreibt ein algebraisches Objekt in der Weise neu, daß jedes Auftreten einer angegebenen Variablen sichtbar wird. Ein Beispiel: A enthält 'X+1'. Durch 'A*B' 'X' SHOW wird dann '(X+1)*B' ausgegeben.

Sie können zwei oder mehr Namen in einer Liste als Argument für SHOW angeben. In diesem Fall wertet SHOW alle Namen in dem Ausdruck in Ebene 2 aus, die *nicht* in der Liste enthalten sind, so daß das Ergebnis nur die aufgelisteten Namen enthält. Dies ist eine nützliche Hilfe, die Erzeugung grafischer Darstellungen von Gleichungen zu beschleunigen.

Neuordnen von Termen

Mit dem Befehl ISOL können Sie nach einer Variablen auflösen, die nur einmal in einem algebraischen Objekt auftritt. Wenn die Variablen, nach der Sie auflösen möchten, jedoch mehr als einmal vorkommen, müssen Sie die entsprechenden Terme zunächst zusammenfassen. Außerdem kann es erforderlich sein, Teilausdrücke zu erweitern oder Variablen in irgendeiner Weise neu zu ordnen, bevor zusammengefaßt werden kann. Mit den in diesem Abschnitt beschriebenen Operationen können Sie

Teilausdrücke erweitern sowie Variablen zusammenfassen und neu ordnen.

Ein *Teilausdruck* besteht aus einer Funktion und deren Argumenten. Die Funktion, die einen Teilausdruck definiert, wird *Hauptfunktion* dieses Teilausdrucks genannt. Ein Beispiel: In dem Ausdruck 'A+B*C/D' ist * die Hauptfunktion des Teilausdrucks 'B*C', / die Hauptfunktion des Teilausdrucks 'B*C/D' und + die Hauptfunktion des Teilausdrucks 'A+B*C/D'.

Zusammenfassen von Termen und Erweitern von Teilausdrücken

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
 [ALGEBRA]:		
COLCT	COLCT	Vereinfacht das algebraische Objekt in Ebene 1, indem ähnliche Terme zusammengefaßt werden.
EXPR	EXPAN	Schreibt das algebraische Objekt in Ebene 1 neu, wobei Teilausdrücke, die Produkte und Potenzen enthalten, erweitert werden.

Zusammenfassen von Termen

COLCT vereinfacht ein algebraisches Objekt, indem ähnliche Terme "zusammengefaßt" werden. Hierbei geschieht insbesondere folgendes:

- Numerische Teilausdrücke werden zusammengefaßt. Ein Beispiel: '1+2+LOG(10)' COLCT liefert 4.
- Numerische Terme werden zusammengefaßt. Ein Beispiel: '1+X+2' COLCT liefert '3+X'.
- Faktoren (Argumente von *) werden geordnet und gleiche Faktoren zusammengefaßt. Ein Beispiel: Durch 'X^Z*Y*X^T*Y' COLCT wird 'X^(T+Z)*Y^2' ausgegeben.
- Summanden (Argumente von + oder -) werden geordnet und ähnliche Terme, die sich nur in einem Koeffizienten unterscheiden, zusammengefaßt. Ein Beispiel: 'X+X+Y+3*X' COLCT liefert '5*X+Y'.

COLCT wirkt auf die beiden Seiten einer Gleichung getrennt, so daß gleiche Terme auf verschiedenen Seiten der Gleichung nicht zusammengefaßt werden.

Erweitern von Produkten und Potenzen

EXPAN schreibt ein algebraisches Objekt neu, indem es Produkte und Potenzen erweitert. Hierbei geschieht insbesondere folgendes:

- Klammern , die eine Addition enthalten, werden gemäß dem Distributivgesetz ausmultipliziert. Ein Beispiel: ' $A*(B+C)$ ' EXPAN liefert ' $A*B+A*C$ '.
- Potenzen, deren Exponenten aus Summen bestehen, werden ausmultipliziert. Ein Beispiel: ' $A^{(B+C)}$ ' EXPAN liefert ' A^B*A^C '.
- Potenzen mit positiven ganzzahligen Exponenten werden erweitert. Ein Beispiel: ' X^5 ' EXPAN liefert ' $X*X^4$ '. Das Quadrat einer Summe wird erweitert, z.B. wird ' $(X+Y)^2$ ' zu ' $X^2+2*X*Y+Y^2$ '.

EXPAN führt nicht alle möglichen Erweiterungen an einem algebraischen Objekt in einem Durchgang aus. EXPAN arbeitet sich vielmehr an der Hierarchie der Teilausdrücke entlang, wobei es auf jeder Ebene der Hierarchie stoppt, wenn es einen Teilausdruck findet, der erweiterbar ist. Zunächst wird der Teilausdruck auf der höchsten Ebene (das ist das algebraische Objekt selbst) untersucht. Wenn dieses erweiterbar ist, wird es erweitert, und EXPAN stoppt. Wenn nicht, untersucht EXPAN alle Teilausdrücke der zweiten Ebene. Alle geeigneten Teilausdrücke werden erweitert. Dann werden die restlichen Teilausdrücke auf dieser Ebene untersucht. Dieser Prozeß wird durch die Hierarchie hindurch immer solange fortgesetzt, bis eine Erweiterung die weitere Suche unterbricht.

Beispiel: Vollständige Erweiterung. Erweitern Sie folgenden Ausdruck:

$$'A^{(B*(C^2+D))}'$$

Geben Sie den Ausdruck in den Stack ein.

A y^x \leftarrow () B X
 \leftarrow () C y^x 2 + D
 ENTER

1: $A^{(B*(C^2+D))}$
 PARTS PROB NVP MATR VECTR BASE

Erweitern Sie den Ausdruck. Die Hauptfunktion ist das linke \wedge . Da der dazugehörige Teilausdruck (der gesamte Ausdruck selbst) nicht erweitert werden kann, wird die Funktion $*$ auf der zweiten Ebene untersucht. Eines der Argumente im dazugehörigen Teilausdruck ist eine Summe (C^2+D), also wird die Klammer ausmultipliziert.

← ALGEBRA EXPN

1: 'A^(B*C^2+B*D)'
COLCT EXPN ISOL QUO SHOW TAYLR

Erweitern Sie den Ausdruck nochmals. Die Hauptfunktion ist immer noch das linke \wedge , aber jetzt ist das Argument eine Summe, also wird die Klammer ausmultipliziert.

EXPN

1: 'A^(B*C^2)*A^(B*D)'
COLCT EXPN ISOL QUO SHOW TAYLR

Es ist noch eine Erweiterung möglich. Jetzt ist die Hauptfunktion das mittlere $*$. Da es nicht erweitert werden kann, werden die Funktionen auf der zweiten Ebene, die äußeren \wedge , untersucht. Auch sie können nicht erweitert werden, also wird die Funktion auf der dritten Ebene, das mittlere \wedge , untersucht. Das Argument ist eine positive ganze Zahl, also wird die Potenz erweitert.

EXPN

1: 'A^(B*(C*C))*A^(B*D)'
COLCT EXPN ISOL QUO SHOW TAYLR

Der Ausdruck ist nun vollständig erweitert. Nun können Sie ähnliche Terme wieder zusammenfassen, wenn Sie möchten.

COLCT

1: 'A^(B*C^2+B*D)'
COLCT EXPN ISOL QUO SHOW TAYLR

Umformungen mit RULES

Die Umformungen mit RULES sind algebraische Operationen zum Neuordnen, die weniger breit angelegt sind als EXPAN und COLCT. Mit RULES können Sie, in kleinen Schritten, den Weg einer algebraischen Umformung steuern.

Um mit RULES an einem algebraischen Objekt arbeiten zu können, muß dieses zunächst in den EquationWriter geschrieben werden. (Entweder erzeugen Sie das algebraische Objekt im EquationWriter, oder Sie schreiben es in Ebene 1 des Stacks und drücken dann ∇ .) Dann führen Sie die folgenden drei Schritte aus:

1. Geben Sie in der *Auswahlumgebung* den Teilausdruck an, den Sie umformen möchten.
2. Aktivieren Sie das Menü RULES. Die für den Teilausdruck relevanten Umformungen werden angezeigt.
3. Führen Sie die gewünschte Umformung durch.

In diesem Abschnitt gilt eine gegenüber dem letzten Abschnitt erweiterte Definition für "Teilausdrücke", die auch einzelne Objekte einschließt. Ein Beispiel: In der Auswahlumgebung können Sie in dem Ausdruck ' $A+B$ ' A als Teilausdruck angeben.

Die Auswahlumgebung: Bestimmen eines Teilausdrucks

Nachdem Sie den Ausdruck, den Sie umformen möchten, an den EquationWriter übergeben haben, drücken Sie \blacktriangleleft . Dadurch wird die Auswahlumgebung aktiviert und das Auswahlmenü und der *Auswahl-Cursor* angezeigt. Das Objekt in der Gleichung, das momentan hervorgehoben ist, ist das *angegebene Objekt*. Der durch das angegebene Objekt definierte Teilausdruck ist der *angegebene Teilausdruck*.

Operationen im Auswahlmenü

Tasten	Beschreibung
RULES	Aktiviert ein Menü mit für den angegebenen Teilausdruck relevanten Umformungen.
EDIT	Schreibt den angegebenen Teilausdruck zur Bearbeitung in die Befehlszeile. (Weitere Informationen finden Sie im Abschnitt "Bearbeiten eines Teilausdrucks" auf Seite 263 in Kapitel 16.)
EXPR	Hebt den angegebenen Teilausdruck hervor. ( arbeitet genau wie EXPR und kann auch dann ausgeführt werden, wenn ein Umformungsmenü angezeigt wird.)
SUB	Überträgt den angegebenen Teilausdruck in Ebene 1 des Stacks.
REPL	Ersetzt den angegebenen Teilausdruck durch das algebraische Objekt in Ebene 1 des Stacks.
EXIT	Die Auswahlumgebung wird verlassen und der normale Cursor ans Ende der Gleichung gesetzt.
   	Bewegt den Auswahl-Cursor in der angegebenen Richtung auf das nächste Objekt. Wird vorher  gedrückt, wird der Auswahl-Cursor auf das in der angegebenen Richtung am weitesten entfernte Objekt gesetzt.

Bewegen Sie den Auswahl-Cursor mit den Cursortasten von Objekt zu Objekt in dem Ausdruck oder der Gleichung. Sie können jederzeit **EXPR** drücken, um den durch das angegebene Objekt definierten Teilausdruck hervorheben zu lassen. Dadurch können Sie genau sehen, welcher Teilausdruck durch eine nachfolgende Umformung mit **RULES** erfaßt würde.

Aktivieren der Umformungen mit RULES

Nachdem Sie den Teilausdruck angegeben haben, den Sie bearbeiten möchten, drücken Sie **RULES**, um das Menü RULES mit den Umformungen, die auf diesen Teilausdruck anwendbar sind, zu aktivieren. Sie können **RULES** betätigen, wenn entweder das Objekt oder der dazugehörige Teilausdruck hervorgehoben ist.

Ausführen einer Umformung mit RULES

Drücken Sie die entsprechende Menütaste, um eine Umformung durchzuführen. Nachdem die Umformung ausgeführt wurde, hebt der Auswahl-Cursor das neue Hauptobjekt hervor. Zusätzlich wird das für dieses neue Objekt relevante Umformungsmenü angezeigt.

Beachten Sie, daß nicht unbedingt alle Umformungen in einem Menü auf den angegebenen Teilausdruck anwendbar sind. Ist eine Umformung nicht anwendbar, piepst der HP 48 beim Drücken der entsprechenden Menütaste.

Verlassen eines Menüs RULES

Es gibt vier Möglichkeiten, ein RULES-Menü zu verlassen. Drücken Sie eine der folgenden Tasten:

- Eine beliebige Menütaste zeigt das Auswahlmenü wieder an. Der Auswahl-Cursor wird, falls möglich, auf das nächste Objekt in der angegebenen Richtung gesetzt.
- zeigt das Auswahlmenü wieder an, ohne den Auswahl-Cursor zu bewegen.
- Mit **ENTER** verlassen Sie den EquationWriter, und das algebraische Objekt wird im Stack abgelegt.
- Mit **ATTN** verlassen Sie den EquationWriter, und das algebraische Objekt geht verloren.

Beispiele mit RULES



Hinweis

Die nachstehende Tabelle zeigt Objekte oder Ausdrücke in der Form, in der sie in der *Befehlszeile* erscheinen, vor und nach einer Umformung mit RULES. Beachten Sie jedoch, daß Umformungen mit RULES *im EquationWriter* vorgenommen werden. Sie können den neuen Ausdruck durch Drücken von **[ENTER]** in die Befehlszeile übertragen.

Die Tabelle enthält *nicht* alle Muster, auf die eine bestimmte Umformung angewendet werden kann.

Universelle Umformungen. Die folgenden sieben Umformungen sind auf jeden beliebigen Teilausdruck anwendbar. Diese Umformungen sind die letzten sieben Einträge eines jeden RULES-Menüs.

DNEG (doppelte Negation).

vorher	nachher
A	$--A$

DINV (doppelte Inversion).

vorher	nachher
A	$INV(INV(A))$

$\cdot 1$ (Multiplikation mit 1).

vorher	nachher
A $A+B \neq 1$	$A \cdot 1$ $A+B$

1 (in die erste Potenz erheben).

vorher	nachher
A	A^1

$\div 1$ (Division durch 1).

vorher	nachher
A $A+B \neq 1$	$A \div 1$ $A+B$

$+1-1$ (Addition von 1 und Subtraktion von 1).

vorher	nachher
A	$A+1-1$

COLCT (collect). **COLCT** führt eine eingeschränkte Form des Befehls **COLCT** aus dem Menü **ALGEBRA** aus. Es wirkt nur auf den durch das angegebene Objekt definierten Teilausdruck und läßt die Koeffizienten zusammengefaßter Terme als Summen bzw. Differenzen stehen.

vorher	nachher
$(2+3)*X$	$5*X$
$2*X+3*X$	$(2+3)*X$

(Der Befehl **COLCT** im Menü **ALGEBRA** liefert in beiden Fällen $5*X$.)

Verschieben von Termen. $\leftarrow T$ und $T \rightarrow$ werden dazu verwendet, einen *Term* über seinen “nächsten Nachbarn” zur Rechten oder zur Linken hinweg zu verschieben. Ein Term ist hierbei folgendermaßen definiert:

- ein Argument von + oder - (ein Summand) oder
- ein Argument von * oder / (ein Faktor) oder
- ein Argument von =.

Beachten Sie für die nachfolgenden Beispiele, daß diese Operationen Klammern unberücksichtigt lassen. Sie können dies dadurch ändern, daß Sie $*1$ drücken und so den eingeklammerten Teilausdruck zu einem Term machen.

$\leftarrow T$ (Term nach links verschieben). $\leftarrow T$ bewegt den nächsten Nachbarn rechts von der angegebenen Funktion über den nächsten Nachbarn links von der Funktion hinweg.

vorher	nachher
$A+B\leftarrow(C+D)$	$A\leftarrow C+(B+D)$
$A+B\leftarrow(C+D)$	$A+B\leftarrow(D+C)$
$A+(B+C)\leftarrow 1\leftarrow D$	$A\leftarrow D+(B+C)\leftarrow 1$
$A*B\leftarrow C=D$	$A*B\leftarrow C=D$

$\rightarrow T$ (Term nach rechts verschieben). $\rightarrow T$ bewegt den nächsten Nachbarn links von der angegebenen Funktion über den nächsten Nachbarn rechts von der Funktion hinweg.

vorher	nachher
$A+B\rightarrow(D+E)$	$A=-B\rightarrow(D+E)$
$A*B\rightarrow(X+Y)$	$A=INV(B)\rightarrow(X+Y)$

Erzeugen und Verschieben von Klammern.

$\langle \langle \rangle \rangle$ (Nachbarn einklammern). $\langle \langle \rangle \rangle$ setzt die nächsten Nachbarn von + oder * in Klammern. Die Operation wirkt nicht, wenn die angegebene Funktion die erste (oder einzige) Funktion in dem Ausdruck ist, da diese Klammern, wenn auch unsichtbar, bereits vorhanden sind.

vorher	nachher
$A+B\leftarrow C+D$	$A\leftarrow(B+C)+D$

$\langle \ast \rangle$ (Teilausdruck links erweitern). $\langle \leftarrow \rangle$ erweitert den mit der angegebenen Funktion zusammenhängenden Teilausdruck auf den links benachbarten Term. Beachten Sie, daß diese Operation ebenso wie die nachfolgenden drei Operationen dazu führen kann, daß ein zusammengehörendes Klammernpaar verschwindet.

vorher	nachher
$A+B+\langle C+D \rangle +E$	$A+\langle B+C+D \rangle +E$

$\langle \rightarrow \rangle$ (Teilausdruck rechts erweitern). $\langle \rightarrow \rangle$ erweitert den mit der angegebenen Funktion zusammenhängenden Teilausdruck auf den rechts benachbarten Term.

vorher	nachher
$A+\langle B+C \rangle +D+E$	$A+\langle B+C+D \rangle +E$

Vertauschung, Verbindung und Verteilung.

$\langle \leftrightarrow \rangle$ (vertauschen). $\langle \leftrightarrow \rangle$ vertauscht die Argumente der angegebenen Funktion.

vorher	nachher
$A \ast B$	$B \ast A$
$\text{INV}\langle A \rangle \ast B$	$B \ast A$

$\leftarrow A$ (verbinden links).

vorher	nachher
$A+(B+C)$	$A+B+C$
$A*(B/C)$	$A*B/C$
$A^(B*C)$	A^B^C

$A \rightarrow$ (verbinden rechts).

vorher	nachher
$(A+B)+C$	$A+(B+C)$
$(A*B)/C$	$A*(B/C)$
$(A^B)^C$	$A^(B*C)$

$\rightarrow ()$ (verteilen).

vorher	nachher
$-(A+B)$	$-A-B$
$INV(A/B)$	$INV(A)*B$
$IM(A*B)$	$RE(A)*IM(B)+IM(A)*RE(B)$

←D (verteilen links).

vorher	nachher
$(A+B)*C$	$A*C+B*C$
$(A/B)^C$	A^C/B^C

D→ (verteilen rechts).

vorher	nachher
$A*(B+C)$	$A*B+A*C$
$A^(B-C)$	A^B/A^C
$LN(A*B)$	$LN(A)+LN(B)$

←M (Faktoren links zusammenfassen). **←M** faßt Argumente von +, -, * und / zusammen, wenn die Argumente einen gemeinsamen Faktor oder eine gemeinsame einwertige Funktion EXP, ALOG, LN oder LOG haben. Bei gemeinsamen Faktoren gibt ← an, daß mit den Faktoren auf der linken Seite zusammengefaßt werden soll. **←M** faßt auch Summen zusammen, bei denen nur ein Argument ein Produkt ist.

vorher	nachher
$(A*B)*(A*C)$	$A*(B*C)$
$EXP(A)*EXP(B)$	$EXP(A+B)$
$A+A*B$	$A*(1+B)$

$M \rightarrow$ (Faktoren rechts zusammenfassen). $M \rightarrow$ faßt Argumente von +, -, * und / zusammen, wenn die Argumente einen gemeinsamen Faktor haben. \rightarrow gibt an, daß mit den Faktoren auf der rechten Seite zusammengefaßt werden soll. $M \rightarrow$ faßt auch Summen zusammen, bei denen nur ein Argument ein Produkt ist.

vorher	nachher
$(A * C) * (B * C)$ $A * B * 1 * B$	$(A + B) * C$ $(A + 1) * B$

$- \langle \rangle$ (doppelt negieren und ausmultiplizieren). $- \langle \rangle$ ist gleichbedeutend mit $DNEG$ und daran anschließender Ausführung von $\rightarrow \langle \rangle$ auf die entstandene innere Negation.

vorher	nachher
$A + B$ $LOG \langle INV \langle A \rangle \rangle$	$= \langle -A - B \rangle$ $= LOG \langle A \rangle$

$1 / \langle \rangle$ (doppelt invertieren und ausmultiplizieren). $1 / \langle \rangle$ ist gleichbedeutend mit $DINV$ und daran anschließender Ausführung von $\rightarrow \langle \rangle$ auf die entstandene innere Umkehrung.

vorher	nachher
$A * B$ $EXP \langle A \rangle$	$INV \langle INV \langle A \rangle / B \rangle$ $INV \langle EXP \langle -A \rangle \rangle$

Umformen von Potenzen.

L* (Den Logarithmus einer Potenz durch das Produkt mit einem Logarithmus ersetzen).

vorher	nachher
$\text{LOG}(A^B)$	$\text{LOG}(A) \cdot B$

L() (Ein Produkt mit einem Logarithmus durch den Logarithmus einer Potenz ersetzen).

vorher	nachher
$\text{LN}(A) \cdot B$	$\text{LN}(A^B)$

E^ (Ein Produkt von Potenzen durch die Potenz einer Potenz ersetzen).

vorher	nachher
$A \text{LOG}(A \cdot B)$	$A \text{LOG}(A)^B$

E() (Die Potenz einer Potenz durch das Produkt aus Potenzen ersetzen).

vorher	nachher
$\text{EXP}(A)^B$	$\text{EXP}(A \cdot B)$

Addition von Brüchen.

AF (Addieren von Brüchen). **AF** bildet einen gemeinsamen Nenner und faßt Terme über diesen Nenner zusammen. (Sind zwei Brüche bereits gleichnamig, sollten Sie **M→** verwenden.)

vorher	nachher
$A + (B/C)$	$(A*C+B)/C$
$(A/B) - C$	$(A-B*C)/B$

Erweitern trigonometrischer Funktionen.

→DEF (trigonometrische Definition erweitern). **→DEF** ersetzt trigonometrische und hyperbolische Funktionen sowie deren Umkehrfunktionen durch ihre Definitionen in EXP und LN.

(Die folgenden Beispiele setzen den Radiant-Modus voraus.)

vorher	nachher
$\cos(X)$	$(\exp(X*i) + \exp(-(X*i))) / 2$
$\operatorname{ASINH}(U)$	$= \ln(\sqrt{1+U^2} + U)$

TRG* (zum Produkt trigonometrischer Funktionen erweitern). **TRG*** erweitert trigonometrische Funktionen von Summen und Differenzen.

vorher	nachher
$\sin(X+Y)$	$\sin(X)*\cos(Y) + \cos(X)*\sin(Y)$

Automatische Ausführung mehrfacher Umformungen mit RULES.

Wenn Sie vor den nachstehend aufgeführten Tasten zuerst  drücken, wird diese Umformung so oft wiederholt, bis keine weitere Änderung mehr auftritt.

-  und  .
-  und  .
-  und  .
-  und  .
-  und  .

vorher	Operation	nachher
$(A+B+C)*D$	 	$A*D+B*D+C*D$
$A+(B+C+D)$	 	$A+B+C+D$
$A*B*C*B+D*B$	 	$(A+C+D)*B$
$A+B+C+D=E$	 	$B+C+D=E-A=A+(B+C)+D+E$

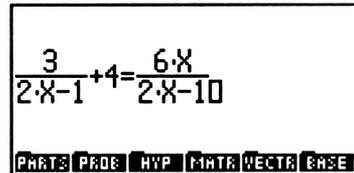
Zusammenfassende Beispiele

Beispiel 1. Lösen Sie folgende Gleichung nach x auf:

$$\frac{3}{2x - 1} + 4 = \frac{6x}{2x - 1}$$

Tippen Sie die Gleichung ein.

 EQUATION
 $3 \div 2X - 1$  $+ 4$  $=$
 $6X \div 2X - 1$



3
 $\frac{3}{2X-1} + 4 = \frac{6X}{2X-1}$
 PARTS PRGM NVP MTR VECTR BASE

Aktivieren Sie das Auswahlm \ddot{u} und den Auswahl-Cursor. Setzen Sie den Cursor auf das Gleichheitszeichen =.



$$\frac{3}{2 \cdot X - 1} + 4 = \frac{6 \cdot X}{2 \cdot X - 1}$$

RULES EDIT EMPL SUB REPL EXIT

Bringen Sie die 4 auf die rechte Seite der Gleichung.



$$\frac{3}{2 \cdot X - 1} = -4 + \frac{6 \cdot X}{2 \cdot X - 1}$$

←T T→ ←M M→ RF ↔

Bringen Sie den Quotienten auf die linke Seite der Gleichung.



$$\frac{3}{2 \cdot X - 1} - \frac{6 \cdot X}{2 \cdot X - 1} = -4$$

←T T→ ←M M→ RF ↔

Fassen Sie nun die beiden Terme links \ddot{u} ber ihrem gemeinsamen Nenner zusammen.



$$\frac{3 - 6 \cdot X}{2 \cdot X - 1} = -4$$

←T T→ ←M M→ ←D D→

Bringen Sie den Nenner auf die rechte Seite der Gleichung.



$$3 - 6 \cdot X = (2 \cdot X - 1) \cdot -4$$

←T T→ ←M M→ ←D D→

Multiplizieren Sie nun die Klammer aus.

$\times D$

$$3-6 \cdot X = 2 \cdot X - 4$$

Bringen Sie den Term mit X auf die linke Seite der Gleichung.

\leftarrow (7 Mal)
RULES $\leftarrow T$

$$3-6 \cdot X - 2 \cdot X - 4 = -(1-4)$$

Legen Sie die Gleichung im Stack ab, aktivieren Sie das Menü ALGEBRA, und fassen Sie ähnliche Terme zusammen.

ENTER \leftarrow ALGEBRA
COLCT

$$3 + 2 \cdot X = 4$$

Lösen Sie nach X auf.

$\square X$ ISOL

$$X = ,5$$

Beispiel 2. Lösen Sie folgende Gleichung nach n auf:

$$\frac{n-5}{6n-6} = \frac{1}{9} - \frac{n-3}{4n-4}$$

Tippen Sie die Gleichung ein.

\leftarrow EQUATION
 $\blacktriangle N \square 5 \blacktriangleright 6N \square 6 \blacktriangleright$
 $\leftarrow \square 1 \square 9 \blacktriangleright \square$
 $\blacktriangle N \square 3 \blacktriangleright 4N \square 4$

$$\frac{N-5}{6N-6} = \frac{1}{9} - \frac{N-3}{4N-4}$$

Aktivieren Sie das Auswahlm \ddot{u} und den Auswahl-Cursor. Setzen Sie den Cursor auf das Subtraktionszeichen - zwischen den beiden rechten Termen.



$$\frac{N-5}{6 \cdot N-6} = \frac{1}{9} - \frac{N-3}{4 \cdot N-4}$$

RULES EDIT EXPF SUB REPL EXIT

Bringen Sie den Term ganz rechts auf die linke Seite der Gleichung.



$$\frac{N-5}{6 \cdot N-6} - \frac{N-3}{4 \cdot N-4} = \frac{1}{9}$$

←T T→ ←M M→ RF ↔

Setzen Sie den Cursor auf das Subtraktionszeichen - im Nenner dieses Terms und fassen Sie Faktoren links zusammen.



$$\frac{N-5}{6 \cdot N-6} + \frac{N-3}{4 \cdot (N-1)} = \frac{1}{9}$$

←T T→ ←M M→ ←0 0→

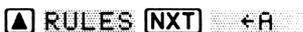
Setzen Sie den Cursor auf das Subtraktionszeichen - im Nenner des ersten Terms auf der linken Seite, und fassen Sie Faktoren links zusammen.



$$\frac{N-5}{6 \cdot (N-1)} + \frac{N-3}{4 \cdot (N-1)} = \frac{1}{9}$$

←T T→ ←M M→ ←0 0→

Setzen Sie den Cursor auf den Bruchstrich dieses Terms, und fassen Sie nach links zusammen.



$$\frac{N-5}{6} + \frac{N-3}{4 \cdot (N-1)} = \frac{1}{9}$$

←T T→ ←M M→ ←0 0→

Setzen Sie den Cursor auf den Bruchstrich des zweiten Terms, und fassen Sie nach links zusammen.

▶ ▶
 RULES NXT ←R

$$\frac{N-5}{6} + \frac{N-3}{N-1} = \frac{1}{9}$$

Setzen Sie den Cursor auf das Additionszeichen + zwischen den beiden Termen, und fassen Sie Faktoren rechts zusammen.

◀ RULES M→

$$\frac{N-5}{6} + \frac{N-3}{N-1} = \frac{1}{9}$$

Setzen Sie den Cursor auf das Gleichheitszeichen =, und verschieben Sie den Term nach rechts.

▶ RULES T→

$$\frac{N-5}{6} + \frac{N-3}{N-1} = (N-1) \left(\frac{1}{9} \right)$$

Legen Sie die Gleichung wieder im Stack ab. Stellen Sie den Anzeigemodus auf 1 FIX ein (damit Sie das Ergebnis der nachfolgenden Operation COLCT leichter sehen können). Erweitern Sie die Terme, und fassen Sie dann ähnliche Terme zusammen.

ENTER
 ← MODES 1 FIX
 ← ALGEBRA
 EXPN COLCT

$$1: \quad '-1,6+0,4*N=-0,1+0,1*N'$$

Lösen Sie nach N auf.

□ N QUAD

$$1: \quad 'N=4,8'$$

Stellen Sie den Anzeigemodus durch Drücken von ← MODES STD wieder auf die Standardeinstellung zurück.

Benutzerdefinierte Umformungen

Wenn die eingebauten Umformungsmöglichkeiten ein algebraisches Objekt nicht in die von Ihnen gewünschte Form bringen, können Sie mit \uparrow MATCH und \downarrow MATCH (\leftarrow ALGEBRA \rightarrow NXT \uparrow MAT oder \downarrow MAT) eine “benutzerspezifische” Umformung angeben. Diese Befehle durchsuchen ein algebraisches Objekt nach einem angegebenen Muster und ersetzen dieses Muster bei jedem Auftreten durch ein neues Muster. Ist ein Austausch erfolgt, wird der neue Ausdruck in Ebene 2 und eine 1 (“wahr”) in Ebene 1 ausgegeben. Wurde kein Austausch vorgenommen, wird der ursprüngliche Ausdruck in Ebene 2 und eine 0 (“falsch”) in Ebene 1 ausgegeben. \uparrow MATCH beginnt die Suche bei den Teilausdrücken auf der untersten Ebene und arbeitet aufwärts; \downarrow MATCH beginnt mit dem Gesamtobjekt und arbeitet abwärts.

\uparrow MATCH und \downarrow MATCH entnehmen dem Stack folgende Argumente:

- aus Ebene 2 das umzuschreibende algebraische Objekt
- aus Ebene 1 eine Liste der Form $\{ 'Muster' 'Ersatzmuster' 'Bedingung' \}$, wobei *'Muster'* der zu suchende Teilausdruck, *'Ersatzmuster'* der neue Teilausdruck und *'Bedingung'* die *bei Bedarf mögliche* Angabe einer zusätzlichen Bedingung ist, die erfüllt werden muß, bevor der Austausch durchgeführt wird.

Um die Angabe eines Musters zu erleichtern, können die Ausdrücke für *'Muster'* und *'Ersatzmuster'* Namen von “Stellvertretern” enthalten, die für *jeden beliebigen* Teilausdruck stehen. Die Stellvertreter in dem Ausdruck für *'Ersatzmuster'* werden durch die Teilausdrücke, für die sie in dem ursprünglichen Ausdruck standen, ersetzt. Eine Stellvertretervariable wird durch ein vorgesetztes Zeichen $\&$ (α \leftarrow ENTER) kenntlich gemacht.

Beispiel: Eine benutzerdefinierte Umformung. Eine Erweiterung des Halbwinkelsatzes für den Sinus lautet:

$$\sin(2z) = 2\sin(z)\cos(z)$$

Es gibt dafür keine eingebaute Umformungsmöglichkeit mit RULES: Erzeugen Sie also ein Programm *HALF*, das die Umformung mit \downarrow MATCH durchführt.

Programm:

Kommentar:

⌘

```
{ 'SIN(2*&wC)'
'2*SIN(&wC)*COS(&wC)' }
↓MATCH
```

Legt das umzuschreibende algebraische Objekt im Stack ab, legt die Liste als Argument im Stack ab und führt ↓MATCH aus. Um & einzugeben, drücken Sie   .

⌘

  HALF 

Legt das Programm im Stack ab und speichert es in *HALF*.

Führen Sie nun *HALF* aus, um den Ausdruck 'SIN(2*(X+1))' umzuformen.

Geben Sie den umzuformenden Ausdruck ein.

 SIN 2   () X  1


1: 'SIN(2*(X+1))'
PARTS PROB NVP MATR VECTR BASE

Aktivieren Sie das Menü VAR, und drücken Sie *HALF*.

 HALF

2: '2*SIN(X+1)*COS(X+...'
1: 1
HALF

Bringen Sie den Ausdruck in Ebene 1, um ihn ganz sehen zu können.

 SWAP

1: '2*SIN(X+1)*COS(X+1...'
)'
HALF

Die Funktion | (wobei)

Die Funktion | ( ALGEBRA  ), sprich “wobei,” weist Variablen, die in teilweise ausgewerteten algebraischen Objekten vorkommen, Zahlenwerte zu. Hierdurch soll eine Möglichkeit zur schrittweisen Auswertung von Integralen und benutzerdefinierten Funktionen geschaffen werden. Ein Beispiel: In Kapitel 23, “Infinitesimalrechnung”, sehen Sie, wie die Auswertung eines Integrals eine symbolische Lösung nachstehender Form liefert:

'*Ausdr* | *Var*=obere Grenze–*Ausdr* | *Var*=untere Grenze

Dabei ist *Ausdr* der integrierte Ausdruck, noch immer in symbolischer Form, und *Var* die Integrationsvariable. Nochmaliges Auswerten setzt die Integrationsgrenzen ein.

Ein weiteres Beispiel: Nehmen Sie an, Sie hätten die benutzerdefinierte Funktion *ABL* erzeugt, indem Sie folgendes ausführten:

```
'ABL(X)=∂X(X^2)' DEFINE
```

Das Auswerten von *ABL*(2) liefert das teilweise ausgewertete Ergebnis

```
'∂X(X)*2*X^(2-1) | (X=2)'
```

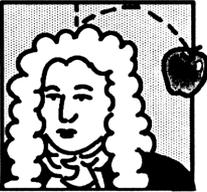
X ist eine lokale Variable und existiert nur, während die benutzerdefinierte Funktion *ABL* ausgeführt wird. Hier schafft die Funktion | also die Möglichkeit, die Differentiation schrittweise ablaufen zu lassen, wobei die "Lebensdauer" der (lokalen) Differentiationsvariablen verlängert wird. Nochmaliges Auswerten liefert das endgültige Ergebnis 4.

| kann auch mit zwei Argumenten aus dem Stack ausgeführt werden: einem Ausdruck in Ebene 2 und einer Liste in Ebene 1, die nachstehende Form hat:

```
{ Name1 Ausdr1 ... Namen Ausdrn }
```

Ein Beispiel: Wenn 'A+B' { A 'C+D' B 7 } | ausgeführt wird, lautet das Ergebnis 'C+D+7'.

Infinitesimalrechnung



Die Befehle des HP 48 für die Infinitesimalrechnung bieten Ihnen bei der Arbeit mit algebraischen Ausdrücken folgende Möglichkeiten:

- schrittweise und vollständige Differentiation
- Bildung von Reihen
- Taylorentwicklung
- symbolische und numerische Integration.

Ein Beispiel aus der Infinitesimalrechnung. Für den Ausdruck:

'SIN(X)'

ist zu berechnen:

- die Ableitung des Ausdrucks
- die Ableitung des Taylorpolynoms fünften Grades für diesen Ausdruck

Werten Sie dann beide Ausdrücke für $X = 0,5$ aus, und vergleichen Sie die Ergebnisse.

(Dieses Beispiel setzt voraus, daß die Variable X im aktuellen Verzeichnis nicht existiert.)

Wählen Sie den Radiant-Modus, und geben Sie die Ableitung des Ausdrucks mit dem EquationWriter ein.

\leftarrow [RAD] (falls erforderlich)
 \leftarrow [EQUATION]
 \rightarrow ∂ X \rightarrow [SIN] X



Bringen Sie den Ausdruck in den Stack, und werten Sie ihn aus.

[ENTER] [EVAL] [EVAL]



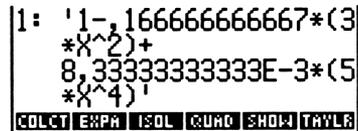
Geben Sie nun den ursprünglichen Ausdruck, die Polynomvariable (X) und den Grad des Polynoms ein. Ermitteln Sie dann das Taylorpolynom.

\square [SIN] X [ENTER]
 X [ENTER]
 5 \leftarrow [ALGEBRA] TAYL
 [EVAL]



Ermitteln Sie die Ableitung des Taylorpolynoms nach X .

X [ENTER] \rightarrow ∂



Werten Sie beide Ausdrücke für $X = 0,5$ aus.

.5 X [STO]
 [EVAL] \leftarrow [SWAP] [EVAL]



Das Taylorpolynom ist auf drei Dezimalstellen genau.

Differentiation

Der HP 48 kann entweder eine *schrittweise* oder eine *vollständige* Differentiation eines algebraischen Ausdrucks vornehmen.

Schrittweise Differentiation

Wenn ∂ die Argumente in *algebraischer* Syntax erhält, wird ein Ausdruck schrittweise differenziert. Direkt in die Befehlszeile eingetippt, hat der Ausdruck folgende Syntax:

$$' \partial \text{Var} \langle \text{Ausdruck} \rangle '$$

wobei *Var* die Differentiationsvariable und *Ausdruck* der zu differenzierende Ausdruck ist.

Ableitungen mit dem EquationWriter eintippen. Mit dem EquationWriter können Sie eine Ableitung in einer grafischen Form eingeben, die leicht lesbar und gut verständlich ist. Auf Seite 252 in Kapitel 16 werden die Regeln zum Eintippen einer Ableitung mit dem EquationWriter erläutert.

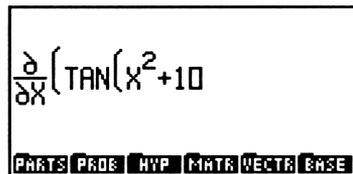
Beispiel: Schrittweise Differentiation. Berechnen Sie schrittweise den Ausdruck

$$\frac{d}{dx} \tan(x^2 + 1)$$

(Dieses Beispiel setzt voraus, daß die Variable *X* im aktuellen Verzeichnis nicht existiert.)

Wählen Sie den Winkelmodus Radiant. Aktivieren Sie den EquationWriter, und tippen Sie die Ableitung ein.

 **RAD** (if necessary)
 **EQUATION**
 **X** 
 **TAN** **X**  **2**   **1**



Werten Sie den Ausdruck aus.

 **EVAL**



Das Ergebnis enthält noch immer eine Ableitung, wodurch die Kettenregel der Differentiation deutlich wird:

$$\frac{d}{dx} \tan(x^2 + 1) =$$

$$\frac{d}{d(x^2 + 1)} \tan(x^2 + 1) \times \frac{d}{dx} (x^2 + 1) =$$

$$(1 + \tan^2(x^2 + 1)) \times \frac{d}{dx} (x^2 + 1)$$

Es wurde die Ableitung der Tangensfunktion bestimmt.

Berechnen Sie als nächstes die Ableitung von $x^2 + 1$.

EVAL

Das Ergebnis stellt die Ableitung einer Summe dar:

$$\frac{d}{dx} (x^2 + 1) = \frac{d}{dx} x^2 + \frac{d}{dx} 1$$

Die Ableitung von 1 ist 0, so daß der Term verschwindet.

Berechnen Sie als nächstes die Ableitung von x^2 .

EVAL

Das Ergebnis spiegelt nochmals die Kettenregel wider:

$$\frac{d}{dx} x^2 = \frac{d}{dx} (x)^2 \times \frac{d}{dx} (x)$$

Es wurde die Ableitung von x^2 bestimmt.

Berechnen Sie die letzte Ableitung.

EVAL

Vollständige Differentiation

Um einen Ausdruck in einem Schritt vollständig auszuwerten, muß der Befehl ∂ mit zwei Argumenten ausgeführt werden:

- in Ebene 2 der zu differenzierende Ausdruck
- in Ebene 1 die Differentiationsvariable

Beispiel: Vollständige Differentiation. Berechnen Sie folgenden Ausdruck in einem Schritt:

$$\frac{d}{dx} \tan(x^2 + 1)$$

Geben Sie den Ausdruck und dann die Differentiationsvariable ein.

\square **TAN** X
 \square x^2 2 \square + 1
ENTER
 \square X **ENTER**

```
2:      'TAN(X^2+1)'  
1:      'X'  
PARTS PROE NVP MATR VECTR BASE
```

Differenzieren Sie den Ausdruck.

\square ∂

```
1: '(1+TAN(X^2+1)^2)*(  
2*X)'  
PARTS PROE NVP MATR VECTR BASE
```

Differentiation benutzerdefinierter Funktionen

Benutzerdefinierte Funktionen sind differenzierbar. (Siehe Beispiel auf Seite 162 in Kapitel 10, "Benutzerdefinierte Funktionen".)

Weiterführendes Thema: Benutzerdefinierte Ableitungen

Wenn ∂ auf eine Funktion des HP 48 angewendet wird, für die keine eingebaute Ableitung zur Verfügung steht, gibt ∂ eine neue Funktion aus, deren Name "der" (für "derivative"), gefolgt vom Namen der ursprünglichen Funktion ist. Die neue Funktion besitzt dieselben Argumente wie die ursprüngliche Funktion und zusätzlich die Ableitungen dieser Argumente. Ein Beispiel: Die Definition für % im HP 48 umfaßt keine Ableitung. Wenn Sie '%(X, Y)' nach Z ableiten, erhalten Sie:

```
'der%(X, Y, ∂Z(X), ∂Z(Y))'
```

Jedes Argument der Funktion % führt zu zwei Argumenten in der Funktion %. In diesem Beispiel wird das Argument X zu den Argumenten X und $\partial Z(X)$ und das Argument Y wird zu den Argumenten Y und $\partial Z(Y)$.

Sie können auch differenzieren, indem Sie eine benutzerdefinierte Funktion erzeugen, die die Ableitung darstellt. Hier eine Ableitung für %:

```
« → x y dx dy '(x*dy+y*dx)/100' » 'der%' STO
```

Mit dieser Definition können Sie eine korrekte Ableitung für die Funktion % erhalten. Ein Beispiel:

```
'%(X, 2*X)' 'X' ∂ COLCT
```

gibt ',04*X' aus.

Ebenso gilt: Wenn ∂ auf eine formale benutzerdefinierte Funktion (ein Name gefolgt von Argumenten in Klammern, für den im Benutzerspeicher keine benutzerdefinierte Funktion existiert) angewendet wird, gibt ∂ eine formale Ableitung mit dem Namen "der" gefolgt vom Namen der ursprünglichen benutzerdefinierten Funktion aus. Ein Beispiel: Durch Differenzieren der formalen benutzerdefinierten Funktion 'f(x1, x2, x3)' nach x wird folgendes ausgegeben:

```
'derf(x1, x2, x3, ∂x(x1), ∂x(x2), ∂x(x3))'
```

Summen

Mit der Funktion Σ können Sie den Wert einer endlichen Reihe berechnen. Direkt in die Befehlszeile eingegeben, hat die Summe folgende algebraische Syntax:

$$' \Sigma \langle \text{Index}=\text{Anfangsglied}, \text{Endglied}, \text{Differenz} \rangle '$$

Eintippen von Summen mit dem EquationWriter. Mit dem EquationWriter können Sie eine Summe in einer grafischen Form eintippen, die leicht lesbar und gut verständlich ist. Auf Seite 253 in Kapitel 16 werden die Regeln für das Eintippen von Summen mit dem EquationWriter erläutert.

Beispiel 1: Berechnen der Summe einer endlichen Reihe.

Berechnen Sie:

$$\sum_{n=1}^{50} \frac{(-1)^n n}{2^n}$$

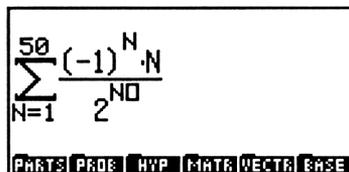
Aktivieren Sie den EquationWriter, und tippen Sie das Zeichen Σ ein. Tippen Sie den Summationsindex und das Anfangsglied ein. Tippen Sie das Endglied ein.





Tippen Sie den Summanden ein.





Berechnen Sie die Summe.

[EVAL]

1: -,2222222222221
 [DEL] [EXP] [EOL] [QUAD] [SHOW] [TUPLE]

Das Ergebnis wird in Ebene 1 ausgegeben.

Beispiel 2: Auswerten einer Reihe zur Untersuchung der Konvergenz. Gegeben sei folgende geometrische Reihe:

$$\sum_{n=1}^{\infty} r^n - 1$$

Teil 1. Werten Sie die Reihe für $r = 0,5$ aus, um herauszufinden, ob sie konvergiert oder divergiert.

Setzen Sie das Systemflag -21 , so daß Zahlen, die größer als MAXR (*maximum real number*) sind, einen Fehler durch Bereichsüberschreitung ausgeben. Aktivieren Sie dann den EquationWriter, und tippen Sie das Summenzeichen und den Summationsindex mit dem Anfangsglied ein.

21 **[+/-]** **[>]** **[MODES]** **[NXT]** **[SF]**
[<] **[EQUATION]**
[>] **[Σ]**
 N **[>]** 1 **[>]**

$\sum_{N=1}$
 [PARTS] [PROB] [HYP] [MTR] [VECTR] [BASE]

Tippen Sie das Endglied für den Summationsindex ein. Da der HP 48 Unendlich nicht darstellen kann, sollten Sie eine große Zahl einsetzen. Tippen Sie den Summanden ein.

500 **[>]**
 R **[y^x]** N **[=]** 1

500 $\sum_{N=1}^{} R^{N-1}$
 [PARTS] [PROB] [HYP] [MTR] [VECTR] [BASE]

Geben Sie den Ausdruck ein, und kopieren Sie ihn dann zweimal: Er wird in diesem Beispiel nochmals benötigt. Speichern Sie den Wert 0,5 in R, und berechnen Sie die Summe. (Die Berechnung dauert etwa 20 Sekunden.)

[ENTER] **[ENTER]** **[ENTER]**
 .5 **[R]** **[STO]**
[EVAL]

1: 2
 [PARTS] [PROB] [HYP] [MTR] [VECTR] [BASE]

Ändern Sie das Endglied jetzt auf 1000, und berechnen Sie die Summe. (Die Berechnung dauert etwa 45 Sekunden.)

► ◀ EDIT
 ► (7 times) DEL 10 ENTER
 EVAL

```

2:
1:
-----
PRG1 PRG2 PRG3 PRG4 PRG5 PRG6 PRG7 PRG8
  
```

Die Berechnungen lassen vermuten, daß die Reihe gegen 2 konvergiert.

Teil 2. Werten Sie die Reihe für $r = 100$ aus, um abzuschätzen, ob sie konvergiert oder divergiert.

Schreiben Sie die übriggebliebene Kopie des Ausdruck in Ebene 1, speichern Sie 100 in R , und berechnen Sie die Summe.

▲
 ▲ ▲ ROLL ATTN
 100 R STO
 EVAL

```

^ Error:
Overflow
4:
3: 1,0101010101E498
2: 100
1: 250
-----
PRG1 PRG2 PRG3 PRG4 PRG5 PRG6 PRG7 PRG8
  
```

Es tritt ein Fehler durch Bereichsüberschreitung auf, der die Vermutung nahelegt, daß die Reihe divergiert.

Berechnen von Summen mit Hilfe des Stacks. Im vorangegangenen Abschnitt wurde dargestellt, wie eine Summe durch Auswerten eines algebraischen Ausdrucks berechnet wird. Sie können eine Summe auch durch Ausführen der Funktion Σ mit den nachstehend aufgeführten Argumenten berechnen:

- der Summationsindex in Ebene 4
- das Anfangsglied in Ebene 3
- das Endglied in Ebene 2
- der Summand in Ebene 1.

Taylorpolynome als Näherungen

Mit dem Befehl TAYLR (\leftarrow ALGEBRA TAYLR) können Sie ein Taylorpolynom für einen algebraischen Ausdruck berechnen. Der Ausdruck wird für $x = 0$ ausgewertet (Maclaurinsche Reihe). TAYLR verwendet drei Argumente aus dem Stack:

1. aus Ebene 3 den Ausdruck
2. aus Ebene 2 die Reihenvariable
3. aus Ebene 1 den Grad des Polynoms.

Beispiel: Berechnen eines Taylorpolynoms. Berechnen Sie das Taylorpolynom dritten Grades für folgenden Ausdruck:

$$\frac{1}{\sqrt{1+x^3}}$$

Geben Sie den Ausdruck sowie die Variable und den Grad des Polynoms ein.

$\left[\frac{1}{\sqrt{x}} \right]$ $\left[\left(\right) \right]$
 $\left[1 \right]$ $\left[+ \right]$ $\left[X \right]$ $\left[y^2 \right]$ $\left[3 \right]$
 $\left[\text{ENTER} \right]$
 $\left[\left(\right) \right]$ $\left[X \right]$ $\left[\text{ENTER} \right]$
 $\left[3 \right]$ $\left[\text{ENTER} \right]$

```

3:      '1/√(1+X^3)'
2:      'X'
1:      3
PARTS PROB WVP MATR VECTR BASE

```

Aktivieren Sie das Menü ALGEBRA, und führen Sie die Näherungsberechnung aus. (Die Berechnung dauert etwa 30 Sekunden.)

\leftarrow ALGEBRA
TAYLR

```

1:      '1-3/3!*X^3'
COLT EXPN ISOL QUAD SHOW TAYLR

```

Werten Sie nochmals aus, um die Berechnung abzuschließen.

EVAL

```

1:      '1-,5*X^3'
COLT EXPN ISOL QUAD SHOW TAYLR

```

Verlegen des Auswertungspunktes. Wenn Sie am Verhalten einer Funktion in einem bestimmten, von Null verschiedenen Bereich interessiert sind, wird Ihnen das Taylorpolynom nützlicher sein, wenn Sie den Punkt, in dem die Funktion ausgewertet werden soll, in diesen Bereich verlegen. Auch in Fällen, in denen die Funktion an der Stelle Null nicht differenzierbar ist, müssen Sie den Auswertungspunkt von Null

weg verlegen. Auch wenn TAYLR die Funktion und ihre Ableitungen immer für Null auswertet, können Sie dennoch den Auswertungspunkt verschieben, und zwar durch Ändern der Variablen in dem Ausdruck (Koordinatenverschiebung). Ein Beispiel: Nehmen Sie an, die Funktion sei ein Ausdruck mit der Variablen X und Sie wollten das Taylorpolynom an der Stelle $X = 2$ berechnen. Gehen Sie nun folgendermaßen vor, um den Auswertungspunkt durch Ändern der Variablen zu verlegen:

1. Löschen Sie Y .
2. Speichern Sie ' $Y+2$ ' in X .
3. Werten Sie die Originalfunktion aus, um die Variable von X in Y zu ändern.
4. Ermitteln Sie das Taylorpolynom für $Y = 0$.

Schreiben Sie die Funktionen nun wieder nach X um.

1. Löschen Sie X .
2. Speichern Sie ' $X-2$ ' in Y .
3. Werten Sie die neue Funktion aus, um Y in X zu ändern.

Integration

Der HP 48 kann eine *symbolische* Integration für viele Ausdrücke mit bekannten Stammfunktionen ausführen. Wenn es dem HP 48 nicht gelingt, durch symbolische Methoden zu einer Lösung zu kommen, können Sie ein Ergebnis *abschätzen*, indem Sie *numerische* Integration durchführen.

Symbolische Integration

Symbolische Integration bedeutet die Berechnung eines Integrals durch Ermitteln einer bekannten Stammfunktion und Einsetzen der angegebenen Integrationsgrenzen. Soll das Integral direkt in die Befehlszeile eingetippt werden, lautet die algebraische Syntax wie folgt:

$$\int \langle \text{untere Grenze, obere Grenze, Integrand, Var} \rangle$$

wobei Var die Integrationsvariable ist.

Eintippen eines Integrals mit Hilfe des EquationWriters. Mit dem EquationWriter können Sie ein Integral in einer grafischen Form eingeben, die leicht lesbar und gut verständlich ist. Auf Seite 253 in Kapitel 16 werden die Regeln für das Eintippen eines Integrals mit dem EquationWriter erläutert.

Die Auswertung eines Integrals in algebraischer Syntax gibt in folgenden Fällen ein Ergebnis in Ebene 1 aus:

- Wenn das Ergebnis ein *geschlossener* Ausdruck ist (wenn darin kein Integralzeichen vorkommt), war die symbolische Integration erfolgreich.
- Wenn das Ergebnis immer noch ein Integralzeichen enthält, können Sie versuchen, den Ausdruck umzuformen und erneut auszuwerten. Wenn durch Umformen kein geschlossenes Ergebnis erreicht werden kann, müssen Sie die Lösung durch numerische Integration abzuschätzen versuchen.

Ein geschlossenes Ergebnis hat folgende Form:

$$' \text{Ergebnis} \mid \text{Var}=b\text{-Ergebnis} \mid \text{Var}=a '$$

wobei *Ergebnis* das Integral, *Var* die Integrationsvariable, *b* die obere und *a* die untere Grenze ist. (Die Funktion \mid (wobei) wird in Kapitel 22, "Algebra", auf Seite 450 erläutert.)

Drücken Sie erneut $\boxed{\text{EVAL}}$, um die Integrationsgrenzen in die Integrationsvariable einzusetzen. Dadurch wird der Vorgang abgeschlossen.

Beispiel: Symbolische Integration. Berechnen Sie:

$$\int_0^y (x^2 + 1) dx$$

(Dieses Beispiel setzt voraus, daß die Variable *Y* im aktuellen Verzeichnis nicht existiert.)

Aktivieren Sie den EquationWriter, und tippen Sie das Integrationszeichen \int sowie die Grenzen ein. Tippen Sie den Integranden und die Integrationsvariable ein.

← EQUATION

↗

0 ▶ Y ▶

X y^2 2 ▶ + 1

▶ X

Werten Sie den Ausdruck aus.

EVAL

Das Ergebnis liegt in geschlossener Form vor. Werten Sie nun erneut aus, um die Integrationsgrenzen in die Integrationsvariable einzusetzen.

EVAL

Wie der HP 48 symbolisch integriert. Der HP 48 führt symbolische Integration durch, indem er *Muster vergleicht*. Der HP 48 kann folgendes integrieren:

- alle eingebauten Funktionen, deren Stammfunktionen durch andere eingebaute Funktionen ausgedrückt werden können: so ist beispielsweise SIN integrierbar, da die Stammfunktion COS eine eingebaute Funktion ist. Die Argumente dieser Funktionen müssen linear sein.
- Summen, Differenzen und Negationen eingebauter Funktionen, deren Stammfunktionen durch andere eingebaute Funktionen ausgedrückt werden können: z.B. 'SIN(X)-COS(X)'.
- Ableitungen aller eingebauten Funktionen: so ist beispielsweise 'INV(1+X^2)' integrierbar, da es sich um die Ableitung der eingebauten Funktion ATAN handelt.
- Polynome, deren Grundterm linear ist: so ist beispielsweise 'X^3+X^2-2*X+6' integrierbar, da X ein linearer Term ist. '(X^2-6)^3+(X^2-6)^2' ist nicht integrierbar, denn X^2-6 ist nicht linear.

- bestimmte Muster, die aus Funktionen zusammengesetzt sind, deren Ableitung durch andere eingebaute Funktionen ausgedrückt werden können: so gibt '1/(COS(X)*SIN(X))' beispielsweise 'LN(TAN(X))' aus.

Beispiel: Symbolische Integration. Berechnen Sie

$$\int_0^y (x^2+1)^2 dx$$

(Dieses Beispiel setzt voraus, daß die Variable Y im aktuellen Verzeichnis nicht existiert.)

Aktivieren Sie den EquationWriter, und tippen Sie dann das Integralzeichen, die Grenzen, den Integranden sowie die Integrationsvariable ein.

[←] [EQUATION]
 [→] [∫]
 0 [▶] Y [▶]
 [←] [()] X [y^x] 2 [▶] [+] 1
 [▶] [y^x] 2 [▶] [▶] X

Berechnen Sie das Integral.

[EVAL]

Der HP 48 kommt nicht weiter, da der Term (X^2+1) nicht linear ist.

Versuchen Sie den Ausdruck durch Erweitern und Zusammenfassen umzuformen.

[←] [ALGEBRA]
 EXPR EXPR EXPR
 COLCT

Werten Sie jetzt den umgeschriebenen Ausdruck aus.

[EVAL]

Setzen Sie die Integrationsgrenzen ein, um die Berechnung abzuschließen.

EQW **1:**

1: '2*(Y^3/3)+Y^5/5+Y'
COLCT EXPN ISOL CURD SHOW TAYLR

Taylorpolynome als Näherungen für Integranden

Der Befehl TAYLR kann dazu verwendet werden, Polynome als Näherungen für Ausdrücke zu berechnen, die sonst nicht integrierbar sind.

Beispiel: Taylorpolynom als Näherung für den Integranden.

Berechnen Sie

$$\int_0^y e^{x^2} dx$$

Der Ausdruck e^{x^2} ist nicht mit einer der bisher in diesem Kapitel vorgestellten Methoden integrierbar. Sie können jedoch für diesen Ausdruck ein Taylorpolynom berechnen lassen, und dann das Polynom integrieren. Berechnen Sie für dieses Beispiel das Polynom vierten Grades.

Geben Sie den Ausdruck und die Laufvariable ein. Aktivieren Sie das Menü ALGEBRA, tippen Sie den Grad des Polynoms ein, und starten Sie dann die Berechnung. Die Berechnung dauert etwa 15 Sekunden. Vervollständigen Sie dann die Auswertung.

EQW **←** **e^x** **X** **y²** **2**

ENTER

EQW **X** **ENTER**

4 **←** **ALGEBRA**

TAYLR **EQW**

1: '1+X^2+,5*X^4'
COLCT EXPN ISOL CURD SHOW TAYLR

Da sich der Integrand bereits im Stack befindet, werden Sie für die Berechnung des Integrals Stackargumente verwenden. (Hinweise zur Verwendung von Stackargumenten für die Integration finden Sie auf Seite 471.) Tippen Sie die untere und die obere Grenze ein, und verschieben Sie den Integranden in Ebene 1.

0 **ENTER** **Y** **ENTER**

▲

▲ **▲** **ROLL**

ATTN

3: **0**
2: **'Y'**
1: '1+X^2+,5*X^4'
COLCT EXPN ISOL CURD SHOW TAYLR

Geben Sie die Integrationsvariable ein, und integrieren Sie den Ausdruck. Vervollständigen Sie dann die Auswertung.

\square X [ENTER]

\rightarrow \int

[EVAL]

1: 1,5*(Y^5/5)+Y^3/3+Y
 [COLT] [EXPR] [ISOL] [CURC] [SHOW] [TABLB]

Die Näherung für das Integral wird in Ebene 1 ausgegeben. Beachten Sie, daß die Genauigkeit dieser Näherung geringer wird, wenn Y wächst.

Numerische Integration

Durch numerische Integration erhalten Sie eine Näherung für ein bestimmtes Integral, wenn mit symbolischer Integration kein geschlossenes Ergebnis ermittelt werden kann. Die numerische Integration ist ein iterativer, numerischer Prozeß, der einen Näherungswert liefert.

Gehen Sie bei einer numerischen Integration folgendermaßen vor:

1. Geben Sie einen Genauigkeitsfaktor für den Integranden an. Der Genauigkeitsfaktor bestimmt die akzeptable Toleranz für die letzten Durchläufe des numerischen Prozesses. Mit Ausnahme einiger seltener Fälle ist dieser Faktor der prozentuale Fehler des Ergebnisses. Der Genauigkeitsfaktor wird durch das Anzeigeformat festgelegt.
 - Drücken Sie \leftarrow [MODES].
 - Wählen Sie für den Anzeigemodus n FIX. Ein Beispiel: Durch Drücken von 4 [FIX] wird ein Genauigkeitsfaktor von 0,0001 (0,01 %) festgelegt.
2. Geben Sie das Integral ein.
3. Drücken Sie \rightarrow [NUM].

Beispiel: Numerische Integration. Berechnen Sie folgendes Integral mit numerischer Integration:

$$\int_0^2 e^{x^2} dx$$

Geben Sie einen Genauigkeitfaktor von 0,0001 an.

Legen Sie den Genauigkeitsfaktor fest. Aktivieren Sie den EquationWriter, und tippen Sie dann das Integralzeichen sowie die Integrationsgrenzen ein. Tippen Sie den Integranden und die Integrationsvariable ein.

⬅️ **MODES** 4 **FIX**
 ⬅️ **EQUATION**
 ➡️ \int 0 ➡️ 2 ➡️
 ⬅️ e^x X y^x 2 ➡️
 ➡️ X

The calculator screen displays the integral $\int_0^2 \text{EXP}(X^2) dX$. The status bar at the bottom shows: STO, FIX, SCI, ENG, EMM, BEEP.

Berechnen Sie den Näherungswert. (Der HP 48 benötigt für die Berechnung etwa 25 Sekunden.)

➡️ **→NUM**

1: 16,4526

The calculator screen shows the result 16,4526. The status bar at the bottom shows: STO, FIX, SCI, ENG, EMM, BEEP.

(Im vorhergehenden Beispiel haben Sie eine Näherung für das gleiche Integral mit einem Taylorpolynom für den Integranden berechnet. Das Auswerten dieses Integrals für $Y = 2$ gibt die falsche Lösung 5,53 aus.)

Der Genauigkeitsfaktor und die Integrationsunsicherheit. Die numerische Integration berechnet das Integral der Funktion $f(x)$ durch Berechnen eines gewichteten Mittels der Funktionswerte für viele Werte von x (Stützstellen) innerhalb des Integrationsintervalls. Die Genauigkeit des Ergebnisses hängt von der Anzahl der Stützstellen ab. Im allgemeinen gilt: je größer die Zahl der Stützstellen, desto höher die Genauigkeit. Es gibt jedoch zwei Gründe, die Genauigkeit des Integrals von vornherein zu begrenzen:

1. Die Zeit, die zur Berechnung des Integrals benötigt wird, verlängert sich, wenn die Zahl der Stützstellen erhöht wird.
2. Es gibt in jedem berechneten Wert für $f(x)$ inhärente Ungenauigkeiten:
 - empirisch ermittelte Konstanten in $f(x)$ könnten ungenau sein. Ein Beispiel: Wenn $f(x)$ empirisch ermittelte Konstanten enthält, die nur bis auf zwei Dezimalstellen genau sind, hat es wenig Sinn, das Integral mit der vollen (12stelligen) Genauigkeit des Taschenrechners berechnen zu lassen.
 - Wenn $f(x)$ das Modell eines physikalischen Systems darstellt, könnte es in diesem Modell Ungenauigkeiten geben.
 - Der Taschenrechner erzeugt selbst bei jeder Berechnung von $f(x)$ Rundungsfehler.

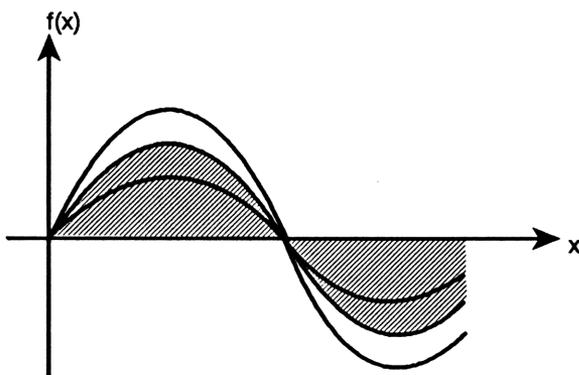
Um die Genauigkeit des Integrals indirekt zu begrenzen, geben Sie den *Genauigkeitsfaktor* der *Funktion* an, der folgendermaßen definiert ist:

$$\text{Genauigkeitsfaktor} \geq \left| \frac{\text{wahrer Wert für } f(x) - \text{berechneter Wert für } f(x)}{\text{berechneter Wert für } f(x)} \right|$$

Der Genauigkeitsfaktor ist Ihre Abschätzung für den Fehler in jedem berechneten Wert für $f(x)$ als Dezimalbruch. Der Genauigkeitsfaktor wird angegeben, indem der Anzeigemodus auf n FIX eingestellt wird. Ein Beispiel: Wenn Sie den Anzeigemodus auf 2 FIX festlegen, beträgt der Genauigkeitsfaktor 0,01 oder 1%. Wenn Sie den Anzeigemodus auf 5 FIX festlegen, beträgt der Genauigkeitsfaktor 0,00001 oder ,001%.

Der Genauigkeitfaktor hängt folgendermaßen mit der *Integrationsunsicherheit* (ein Maß für die Genauigkeit des *Integrals*) zusammen:

$$\text{Integrationsunsicherheit} \leq \text{Genauigkeitfaktor} \times \int |f(x)| dx$$



Der schraffierte Bereich ist der Wert des Integrals. Der Bereich zwischen der unteren und der oberen Kurve ist die Integrationsunsicherheit. Sie ist die gewichtete Summe der Fehler für jede Berechnung von $f(x)$. Sie können erkennen, daß an jedem Punkt x die Integrationsunsicherheit proportional zu $f(x)$ ist.

Der Algorithmus für die numerische Integration verwendet eine iterative Methode, wobei die Zahl der Stützstellen bei jedem Durchgang verdoppelt wird. Am Ende jedes Durchgangs berechnet er sowohl das Integral als auch die Integrationsunsicherheit. Dann vergleicht er den während des Durchgangs berechneten Wert des Integrals mit den bei den

vorangegangenen beiden Durchgängen berechneten Werten. Ist die Differenz zwischen einem dieser drei Werte und den anderen beiden kleiner als die Integrationsunsicherheit, stoppt der Algorithmus. Der aktuelle Wert für das Integral wird in Ebene 1 ausgegeben und die Integrationsunsicherheit in der Variablen *IERR* gespeichert.

Es ist sehr unwahrscheinlich, daß die Fehler in jeder der drei Berechnungen des Integrals (d.h., die Differenzen zwischen dem tatsächlichen Integral und den berechneten Werten) größer ist als der Unterschied zwischen den Näherungswerten selbst. *Also ist der Fehler im letzten Wert fast sicher kleiner als die Integrationsungenauigkeit.*

Beispiel: Der Genauigkeitsfaktor und der Integrationsfehler.

Bestimmte Probleme in der Nachrichtentechnik erfordern die Berechnung des folgenden Integrals (auch *Integralsinus* genannt):

$$Si(t) = \int_0^t \frac{\sin x}{x} dx$$

Ermitteln Sie $Si(2 \text{ Grad})$.

Da die Funktion $f(x) = \sin x/x$ ein rein mathematischer Ausdruck ohne empirisch abgeleitete Konstanten ist, stellt der durch den Taschenrechner verursachte Rundungsfehler die einzige Einschränkung in der Genauigkeit der Funktion dar. Daher ist es zumindest analytisch nicht sinnlos, einen Genauigkeitsfaktor von 1×10^{-11} festzulegen.

Stellen Sie den Winkelmodus auf Grad (DEG) ein. Stellen Sie den Anzeigemodus auf die Standardeinstellung ein. Aktivieren Sie den EquationWriter. Tippen Sie das Integralzeichen und die Integrationsgrenzen ein. Tippen Sie den Integranden und die Integrationsvariable ein.

← [RAD] (falls erforderlich)

← [MODES] STD

← [EQUATION]

→ [] 0 [] 2 []

[SIN] X [] ÷ [] X [] X

Legen Sie das Integral im Stack ab, und kopieren Sie es zum späteren Gebrauch. Berechnen Sie das Integral.

[ENTER] [ENTER]

→ [→NUM]

Schauen Sie nach, wie groß die Integrationsunsicherheit ist.

[VAR] IERR

```

2:      3,49042222032E-2
1:      3,490422336E-13
IERR:

```

Die Integrationsunsicherheit ist nur hinsichtlich der letzten Stelle des Integrals von Bedeutung. Die Berechnung dauert etwa 5 Sekunden. Wenn Sie mit einer weniger genauen Lösung vorliebnehmen, können Sie diese Zeit verkürzen. Versuchen Sie es mit einem Genauigkeitsfaktor von 0,001.

Stellen Sie den Anzeigemodus auf 3 FIX ein, holen Sie das Integral in Ebene 1, und integrieren Sie dann.

[←] **MODES** 3 **FIX**
[↑] **[↑]** **[↑]** **ROLL** **ATTN**
[→] **→NUM**

```

3:      0,035
2:      3,490E-13
1:      0,035
STO  FIX  SCI  ENG  SWM  BEEP

```

Schauen Sie nach, wie groß die Integrationsunsicherheit ist.

[VAR] IERR

```

4:      0,035
3:      3,490E-13
2:      0,035
1:      3,490E-5
IERR:

```

Die Integrationsunsicherheit ist jetzt erheblich größer. Sie ist jedoch im Vergleich zum Wert des Integrals immer noch verhältnismäßig gering, und die Berechnung dauert nur eine Sekunde.

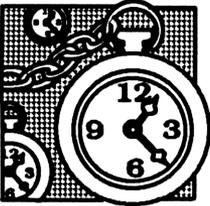
Verwendung des Stacks für die Integration

Um symbolische Integration im Stack durchzuführen, muß der Befehl \int mit folgenden Argumenten ausgeführt werden:

- in Ebene 4 die untere Grenze
- in Ebene 3 die obere Grenze
- in Ebene 2 der Integrand
- in Ebene 1 die Integrationsvariable.

Um im Stack numerische Integration durchführen zu können, muß zunächst der Modus für numerische Lösungen eingestellt werden (setzen Sie das Flag -3). Die sonstige Vorgehensweise ist wie oben beschrieben.

Uhrzeit, Termine und Datumsarithmetik



Das Anwendungsprogramm TIME bietet Ihnen die folgenden Möglichkeiten:

- die Uhr des Taschenrechners einzustellen
- Termine einzugeben und zu überprüfen
- mit Datum und Uhrzeit Berechnungen auszuführen

Ein Beispiel für TIME. Ihr Chef hat Ihnen soeben ein Projekt zugewiesen und möchte in 30 Tagen einen Statusbericht von Ihnen bekommen. Stellen Sie das aktuelle Datum und die Uhrzeit ein (10. Dezember 1990, 10:45 vormittags (AM)). Berechnen Sie dann das Datum, an dem Ihr Bericht fällig ist.

Stellen Sie den Anzeigemodus auf 6 FIX ein. Aktivieren Sie das Menü TIME SET.

← MODES 6 FIX
← TIME SET

{ HOME }	13.06.90	08:33:34
4:		
3:		
2:		
1:		
→UNIT	→TIME	←PM
	12.24	M.0

Stellen Sie das aktuelle Tagesdatum ein.

10.121990 →DAT

```
{ HOME }      10.12.90  08:34:58
4:
3:
2:
1:
→DAT →TIM  R/PM 12/24  M/MO
```

Stellen Sie die aktuelle Uhrzeit ein.

10.45 →TIM

```
{ HOME }      10.12.90  10:45:00
4:
3:
2:
1:
→DAT →TIM  R/PM 12/24  M/MO
```

Schreiben Sie zunächst das aktuelle Datum in Ebene 1, um dann das Fälligkeitsdatum für Ihren Bericht zu ermitteln.

← TIME NXT DATE

```
1:      10,121990
DATE→DAYS DATE TIME TSTR TICKS
```

Tippen Sie die Anzahl der Tage ein, und berechnen Sie das Datum.

30
DATE→

```
1:      9,011991
DATE→DAYS DATE TIME TSTR TICKS
```

Ihr Bericht ist fällig am 9.011991 (9. Januar 1991). Stellen Sie jetzt eine Terminerinnerung für 9:00 AM am 9. Januar ein.

Aktivieren Sie das Menü TIME ALRM.

← TIME ALRM

```
{ HOME }      10.12.90  10:52:09
Enter alarm, press SET
MON 10.12.90  00:00:00
→DATE→TIME R/PM EXEC RPT SET
```

Stellen Sie Datum und Uhrzeit für den Termin ein. (Das Datum hierfür befindet sich bereits in Ebene 1.)

>DATE
9>TIME

```
{ HOME }      10.12.90  10:53:38
Enter alarm, press SET
WED 09.01.91  09:00:00
→DATE→TIME R/PM EXEC RPT SET
```

Geben Sie eine Meldung für die Terminerinnerung ein.

EXEC **BERICHT**

```
( HOME )      10.12.90  10:54:28
Enter alarm, press SET
WED 09.01.91  09:00:00
BERICHT
DATE TIME W/PM EXEC RPT SET
```

Speichern Sie den Termin in der Systemliste der Termine.

SET

```
( HOME )      10.12.90  11:00:50
Next alarm:
WED 09.01.91  09:00:00
BERICHT
SET NOSET ALARM WCK WCKA CAT
```

Die Struktur des Anwendungsprogramms TIME

Die erste Seite des Menüs TIME enthält Felder für grundlegende Zeitoperationen: Einstellen oder Korrigieren der Uhrzeit und Einstellen, Bestätigen oder Überprüfen von Terminen. Die zweite und die dritte Seite enthalten Befehle für die Datums- und Zeitarithmetik.

Drücken Sie **TIME**, um sich die erste Seite des Menüs TIME anzeigen zu lassen. Zusätzlich zum Menü TIME zeigt der HP 48 das Tagesdatum und die aktuelle Uhrzeit in den Statuszeilen sowie den nächstfälligen Termin, falls vorhanden, an. Sie können jederzeit **REVIEW** drücken, um sich den nächstfälligen Termin anzeigen zu lassen.

Normalerweise werden Datum und Uhrzeit nur in Zusammenhang mit der Funktion TIME angezeigt. Zur dauernden Anzeige von Datum und Uhrzeit drücken Sie bitte **MODES** **NXT** **CLK**. Mit Hilfe von **CLK** können Sie Datum und Uhrzeit ein- bzw. ausblenden.

Erste Seite des Menüs TIME

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
 TIME :		
		Aktiviert das Menü SET zum Einstellen von Datum und Uhrzeit.
		Aktiviert das Menü ADJST zum Korrigieren der Uhrzeit.
		Aktiviert das Menü ALRM zum Eingeben eines Termins. Das Menü ALRM enthält auch Befehle zum Verwenden von Terminen in Programmen.
	ACK	Bestätigt den ältesten schon überfälligen Termin.
	ACKALL	Bestätigt alle schon überfälligen Termine.
		Aktiviert den Terminkatalog zum Überprüfen und Bearbeiten vorhandener Termine.

Einstellen von Datum und Uhrzeit

Um das Datum und die Uhrzeit einzustellen, aktivieren Sie das Menü TIME ( **TIME**) und drücken . Dadurch wird das Menü TIME SET aktiviert.

Das Menü TIME SET

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
← [TIME] SET :		
→DAT	→DATE	Stellt die Zahl in Ebene 1 als aktuelles Datum ein.
→:TIM	→TIME	Stellt die Zahl in Ebene 1 als aktuelle Uhrzeit ein.
A/PM		Schaltet die Einstellung der Uhr zwischen AM und PM (vor- bzw. nachmittags) um.
12/24		Schaltet zwischen der 12- und der 24-Stunden-Darstellung um.
M/D		Schaltet zwischen der Monat/Tag/Jahr- und der Tag.Monat.Jahr-Darstellung um.

Einstellen des Datums

Zum Einstellen des Tagesdatums gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Beachten Sie die aktuelle Darstellung des Datums. Wenn das Datum Schrägstriche enthält (z.B. 11/21/89), ist die aktuelle Darstellung Monat/Tag/Jahr. Wenn das Datum Punkte enthält (z.B. 21.11.90), ist die aktuelle Darstellung Tag.Monat.Jahr.
2. Tippen Sie das aktuelle Datum als sieben- oder achtstellige Zahl gemäß dem aktuellen Format ein. Ein Beispiel: 5. Januar 1991 wäre 1.051991 in der Darstellung Monat/Tag/Jahr (MM.TTJJJJ) bzw. 5.011991 in der Darstellung Tag.Monat.Jahr (TT.MMMJJJJ). Sie brauchen das Jahr nicht anzugeben, wenn es sich um das aktuell durch den Taschenrechner angezeigte Jahr handelt.
3. Drücken Sie →DAT, um das Datum einzustellen.

Einstellen der Uhrzeit

Um die Uhrzeit einzustellen, gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Beachten Sie die aktuelle Darstellung für die Uhrzeit: **A** oder **P** hinter der Uhrzeit zeigt 12-Stunden-Darstellung an.
2. Tippen Sie die richtige Uhrzeit als Zahl der Form **SS.MMSS** gemäß dem aktuellen Format ein. Ein Beispiel: 1:16:47 PM wird eingetippt als 1.1647 (in der 12-Stunden-Darstellung) bzw. als 13.1647 (in der 24-Stunden-Darstellung). (Beachten Sie, daß wenn der Taschenrechner auf das 12-Stunden-Format eingestellt ist, auch eine im 24-Stunden-Format eingegebene Uhrzeit akzeptiert wird.)
3. Drücken Sie **→TIM**, um die Uhr zu stellen.
4. Nur für 12-Stunden-Darstellung: Drücken Sie, falls erforderlich, **A/P** zum Umschalten zwischen AM und PM.

Ändern der Anzeige von Datum und Uhrzeit

Zum Umschalten zwischen der Monat/Tag/Jahr- und der Tag/Monat/Jahr-Anzeige muß **M/D** gedrückt werden. Zum Umschalten zwischen der 12- und der 24-Stunden-Anzeige muß **12/24** gedrückt werden.

Beispiel: Einstellen von Uhrzeit und Datum. Stellen Sie Uhrzeit und Datum auf 10:08 AM, 20. April 1990 ein. Verwenden Sie die 24-Stunden- und die Tag/Monat/Jahr-Anzeige (drücken Sie falls nötig **12/24** und **M/D**).

Aktivieren Sie das Menü TIME SET.

← TIME SET

{ HOME }	10.12.90	10:55:59
4:		
3:		
2:		
1:		
→DAT	→TIM	A/P
12/24	M/D	

Stellen Sie die Uhrzeit (drücken Sie falls nötig **A/P**, um auf AM umzuschalten) und das Datum ein.

10.08 **→TIM**
20.041990 **→DAT**

{ HOME }	20.04.90	10:08:00
----------	----------	----------

Korrigieren der Uhrzeit

Zum Korrigieren der Uhrzeit aktivieren Sie das Menü TIME und drücken **ADJUST**. Dadurch wird das Menü TIME ADJUST aktiviert.

Das Menü TIME ADJUST

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
 TIME ADJUST:		
HR+	CLKADJ	Stellt die Uhr um eine Stunde vor.
HR-		Stellt die Uhr um eine Stunde zurück.
MIN+		Stellt die Uhr um eine Minute vor.
MIN-		Stellt die Uhr um eine Minute zurück.
SEC+		Stellt die Uhr um eine Sekunde vor.
SEC-		Stellt die Uhr um eine Sekunde zurück.
CLKR		Addiert (oder subtrahiert) die angegebene Zahl von <i>Uhrzyklen</i> zu der Uhrzeit, wobei 8192 Uhrzyklen 1 Sekunde entsprechen. CLKADJ wird zur Einstellung der Uhr des Taschenrechners durch Programme verwendet.

Einstellen von Terminen

Mit dem HP 48 können Sie zwei Arten von Terminen (Alarmen) einstellen: *Terminerinnerungen* und *Steuerungstermine*. Sie unterscheiden sich durch die *ausgeführte Aktion*:

- Wenn eine Terminerinnerung fällig wird, wird die Meldung, die Sie bei der Eingabe des Termins als Zeichenkette eingegeben haben (falls dies erfolgt ist), angezeigt. Es ist außerdem ein akustisches Signal (eine Reihe von Piepstönen) zu hören (etwa 15 Sekunden lang oder so lange, bis Sie den Termin durch Drücken einer Taste bestätigen).
- Wenn ein Steuerungstermin fällig wird, führt er ein Objekt (normalerweise ein Programm) aus, das Sie beim Einstellen des Termins eingegeben haben.

Wenn Sie einen Termin einstellen, wird er in den Terminkatalog aufgenommen. Im Terminkatalog können Sie vorhandene Termine überprüfen und bearbeiten.

Zum Einstellen eines Termins aktivieren Sie das Menü TIME und drücken `ALRM`.

Die erste Seite des Menüs TIME ALRM

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
 <code>TIME</code> <code>ALRM</code> :		
<code>>DATE</code>		Stellt die Zahl in Ebene 1 als Termindatum ein.
<code>>TIME</code>		Stellt die Zahl in Ebene 1 als Terminuhrzeit ein.
<code>A/PM</code>		Schaltet die Terminuhrzeit zwischen AM und PM hin und her.

Die erste Seite des Menüs TIME ALRM (Fortsetzung)

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
<code>EXEC</code>		Speichert das Objekt in Ebene 1 als auszuführende Aktion für den Termin. Wenn das Objekt eine Zeichenkette ist, wird der Termin als Terminerinnerung behandelt, wobei der Inhalt der Zeichenkette als Meldung angezeigt wird. Ist das Objekt <i>keine</i> Zeichenkette, ist der Termin ein Steuerungstermin und das Objekt wird ausgeführt, wenn der Termin fällig wird. (<code>▶ EXEC</code> holt das aktuelle Objekt in den Stack.)
<code>RPT</code>		Aktiviert das Menü RPT zum Einstellen eines Wiederholungsintervalls.
<code>SET</code>		Stellt den soeben erstellten Termin endgültig ein und speichert ihn in der Terminliste.

Terminerinnerungen

Zum Einstellen einer Terminerinnerung gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Tippen Sie das Datum des Termins gemäß der aktuellen Darstellung ein, und drücken Sie `>DATE`. (Sie brauchen das Datum nicht anzugeben, wenn es sich um das aktuelle Datum handelt.)
2. Tippen Sie die Uhrzeit des Termin gemäß der aktuellen Darstellung ein, und drücken Sie `>TIME`.
3. Bei Bedarf: Tippen Sie eine Meldung (eine Zeichenkette) ein, und drücken Sie `EXEC`.
4. Bei Bedarf: Stellen Sie das Wiederholungsintervall ein (wird im nächsten Abschnitt beschrieben).

5. Drücken Sie **SET**, um den Termin einzustellen und ihn in der Liste der Systemtermine zu speichern. Der HP 48 kehrt automatisch zum Hauptmenü **TIME** zurück, und zeigt den nächstfälligen Termin an.

Wiederholen eines Termins

Sie können mit dem Menü **ALRM RPT** einen Termin nach einem festgelegten Intervall wiederholen lassen. Die Befehle im Menü **ALRM RPT** entnehmen eine reelle Zahl n aus Ebene 1. Nachdem der Befehl ausgeführt wurde, wird automatisch das Menü **TIME ALRM** wieder angezeigt.

Das Menü RPT

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
\leftarrow TIME ALRM RPT :		
WEEK		Stellt das Wiederholungsintervall auf n Wochen ein.
DAY		Stellt das Wiederholungsintervall auf n Tage ein.
HOUR		Stellt das Wiederholungsintervall auf n Stunden ein.
MIN		Stellt das Wiederholungsintervall auf n Minuten ein.
SEC		Stellt das Wiederholungsintervall auf n Sekunden ein.
NONE		Löscht das Wiederholungsintervall und kehrt zum Menü TIME ALRM zurück.

Beispiel: Einstellen eines zu wiederholenden Termins. Stellen Sie einen Termin für eine wöchentliche Mitarbeiterbesprechung um 10:30 AM beginnend am 2. Dezember 1991 ein.

Aktivieren Sie das Menü TIME ALRM, und stellen Sie Uhrzeit, Datum und Meldung für den Termin ein.

```

[←] [TIME] ALRM
10.30 >TIME
02.121991 >DATE
[→] [ ]
BESPRECHUNG EXEC
    
```

```

[ HOME ]      20.04.90  11:03:30
Enter alarm, press SET
MON 02.12.91  10:30:00
BESPRECHUNG
[←] [TIME] [ALRM] [EXEC] [RPT] [SET]
    
```

Aktivieren Sie das Menü RPT, und legen Sie als Wiederholungsintervall eine Woche fest.

```

RPT
1 WEEK
    
```

```

[ HOME ]      20.04.90  11:05:43
Enter alarm, press SET
MON 02.12.91  10:30:00
BESPRECHUNG
Rpt=1 week(s)
[←] [TIME] [ALRM] [EXEC] [RPT] [SET]
    
```

Das Menü ALRM wird wieder angezeigt. Geben Sie den Termin ein.

```

SET
    
```

```

[ HOME ]      20.04.90  11:09:18
Next alarm:
WED 09.01.91  09:00:00
BERICHT
[←] [RPT] [ALRM] [EXEC] [RPT] [SET]
    
```

Der nächstfällige Termin wird wieder angezeigt.

Bestätigen einer Terminerinnerung

Wenn ein Termin fällig ist, ist das akustische Signal für etwa 15 Sekunden in kurzen Abständen hörbar, und es wird die Terminmeldung angezeigt. Zum Bestätigen eines aktuellen Termins drücken Sie eine beliebige Taste während das Signal hörbar ist. Durch das Bestätigen eines Termins geschieht folgendes:

- Das akustische Signal ertönt nicht mehr.
- Der Indikator (↔) wird aus dem Display gelöscht.
- Die Meldung verschwindet nach kurzer Verzögerung.
- Wenn es sich um einen sich wiederholenden Termin handelt, wird er neu angesetzt.

Unbestätigte Terminerinnerungen

Wenn ein Termin nicht innerhalb von 15 Sekunden bestätigt wird, hört das akustische Signal auf, wird die Meldung aus dem Display gelöscht und der Termin ist "überfällig". Der Indikator (↻) bleibt erhalten, um Sie an den überfälligen Termin zu erinnern. Überfällige Termine werden folgendermaßen bestätigt:

1. Drücken Sie **←** **TIME**. Der älteste überfällige Termin wird im Display angezeigt (Datum, Uhrzeit und Meldung).
2. Drücken Sie **ACK**, um den Termin zu bestätigen und ihn aus dem Display sowie aus der Terminliste zu löschen.
3. Wenn es mehr als einen bereits fällig gewesenen Termin gibt, wird dann der darauffolgende überfällige Termin angezeigt. Drücken Sie wieder **ACK**, um den Termin zu löschen. Sind keine überfälligen Termine mehr vorhanden, wird der Indikator (↻) abgeschaltet (vorausgesetzt, daß er nicht aus anderen Gründen sichtbar bleibt), und es wird der nächstfällige Termin angezeigt.

Sie können auch **ACKA** drücken, um *alle* bereits überfälligen Termine mit einem Tastendruck zu löschen.

Speichern bestätigter, nicht zu wiederholender Terminerinnerungen. Normalerweise werden bestätigte, nicht zu wiederholende Terminerinnerungen aus der Terminliste gelöscht. Wenn Sie solche Terminerinnerungen *sichern* möchten, sollten Sie das Systemflag -44 setzen.

Beachten Sie, daß das Anhäufen einer umfangreichen Liste (mehr als 20) bereits überfälliger Termine die Operationen des Taschenrechners beeinflussen kann. Daher wird es besser sein, die Größe der Terminliste im Auge zu behalten.

Löschen unbestätigter, zu wiederholender Terminerinnerungen. Normalerweise werden unbestätigte, zu wiederholende Termine neu angesetzt. Wenn diese Art von Terminen nach ihrer Fälligkeit gelöscht werden sollen, müssen Sie das Systemflag -43 setzen.

Abschalten des akustischen Signals. Um zu verhindern, daß das akustische Signal bei Fälligkeit einer Terminerinnerung ertönt, muß das Flag – 57 gesetzt werden.

Eingeben eines Steuerungstermins

Ein *Steuerungstermin führt ein Objekt* (normalerweise ein Programm oder ein Name, der ein Programm enthält) am angegebenen Datum zur angegebenen Uhrzeit *aus*, statt eine Meldung anzuzeigen. Ein Steuerungstermin wird folgendermaßen eingegeben:

1. Stellen Sie Datum und Uhrzeit für den Termin auf die gleiche Weise ein, wie dies bei normalen Terminen geschieht.
2. Geben Sie das auszuführende Objekt ein, und drücken Sie **EXEC**.
3. Drücken Sie **SET**, um den Steuerungstermin einzugeben.

Wird ein Steuerungstermin fällig, wird eine Kopie des *Terminindex* in Ebene 1 ausgegeben und das angegebene Objekt ausgeführt. Der Terminindex ist eine reelle Zahl, die den Termin aufgrund seiner chronologischen Rangordnung in der Terminliste identifiziert. Der Terminindex wird von programmierbaren Befehlen für Termine verwendet (siehe Seite 489).

Bestätigen und Speichern von Steuerungsterminen. Ein fälliger Steuerungstermin wird *immer* als bestätigt betrachtet. Ein Steuerungstermin (zu wiederholend oder nicht) der fällig wird, bleibt *immer* in der Terminliste gespeichert. Daher haben die Flags –43 und –44 keine Auswirkung auf Steuerungstermine.

Zu wiederholende Termine in zu kurzen Abständen

Es ist möglich, daß ein zu wiederholender Termin ein so kurzes Wiederholungsintervall besitzt, daß er schneller neu angesetzt und ausgeführt wird, als Sie ihn aus der Terminliste löschen können. Dies kann dann vorkommen, wenn Sie versehentlich einen zu wiederholenden Termin auf sehr kurze Abstände eingestellt haben. Es kann auch in Fällen vorkommen, in denen Sie den HP 48 dazu verwenden, in kurzen Abständen Messungen durchzuführen.

Sie können sich in einer solchen Situation behelfen, indem Sie die Tasten **ON** und **4** gleichzeitig drücken. Dadurch wird der Taschenrechner in einen Zustand versetzt, in dem die Neuansetzung des nächstfälligen

Termins unterdrückt wird (vermutlich ist dies dann der in kurzen Abständen zu wiederholende Termin). Wenn dieser Termin dann fällig wird, oder wenn die nächste Taste gedrückt wird, wird dieser Zustand aufgehoben, so daß weitere Termine nicht berührt werden.

Beachten Sie folgendes:

- Da dieser Zustand durch einen Tastendruck gelöscht wird, sollten Sie warten, bis der Termin fällig wird, bevor Sie irgendwelche Tasten betätigen.
- Wenn Sie zu einem späteren Zeitpunkt den in kurzen Abständen zu wiederholenden Termin wieder aktivieren möchten, müssen Sie ihn bearbeiten, damit er wieder angesetzt werden kann. Dies wird einfach durch Einstellen einer neuen Anfangszeit erreicht.

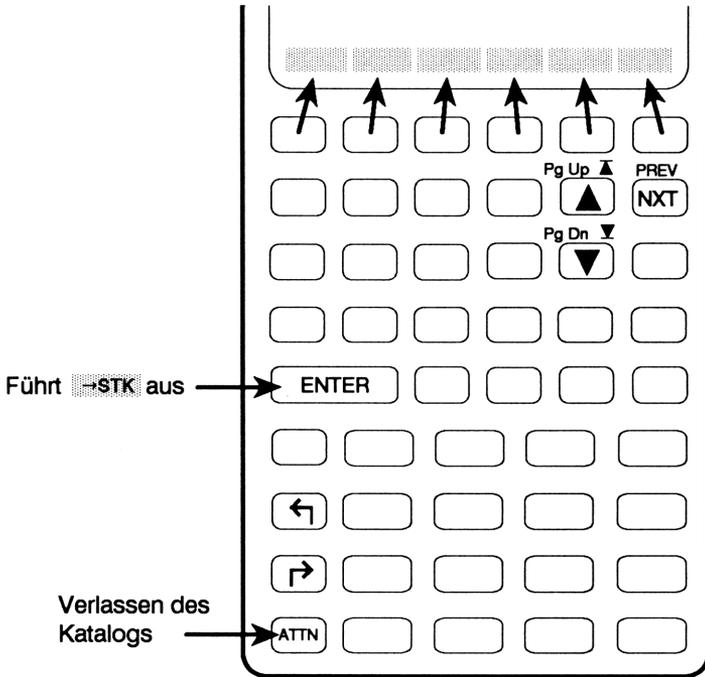
Überprüfen und Bearbeiten von Terminen

Zum Überprüfen des aktuellen Terminplans und Bearbeiten bereits vorhandener Termine, muß der Terminkatalog aktiviert werden: Drücken Sie dazu  [TIME]  oder  [TIME]. Es wird die Terminliste angezeigt, in der das Zeichen  auf den nächstfälligen Termin zeigt. (Wenn sich in der Liste keine Termine befinden, zeigt der HP 48 die Meldung `Empty catalog an.`)

Der Terminkatalog ist eine besondere Umgebung, in der die Tastatur undefiniert und auf spezielle Operationen beschränkt ist. Sie können auf kein anderes Menü zugreifen, so lange Sie den Katalog nicht verlassen haben. Außerdem können Sie dann nicht mit dem Stack arbeiten. Mit der Taste  bewegen Sie den Zeiger () in der Liste nach unten (zeitlich gesehen vorwärts) und mit  wird der Zeiger in der Liste nach oben (zeitlich gesehen rückwärts) bewegt. Die Operationen im Terminkatalog wirken auf den gewählten Eintrag.

Operationen im Terminkatalog

Tasten	Beschreibung
PURG	Löscht den gewählten Eintrag aus der Terminliste.
EXECS	Schaltet zwischen der Anzeige von Uhrzeit und Datum jedes Termins und der Anzeige nur der auszuführenden Aktion für jeden Termin hin und her.
EDIT	Entfernt den gewählten Eintrag zur Bearbeitung aus der Terminliste und verläßt den Katalog.
→STK	Kopiert den gewählten Termin in den Stack.
VIEW	Zeigt alle Informationen über den gewählten Termin an.
▲	Bewegt den Katalogzeiger eine Ebene nach oben. Wird vorher ← gedrückt, wird der Katalogzeiger eine Seite nach oben bewegt (← PgUp in der nachstehenden Abbildung der Tastatur); wird vorher → gedrückt, wird der Katalogzeiger an den Anfang des Katalogs gesetzt (→ ▲ in der nachstehenden Abbildung der Tastatur).
▼	Bewegt den Katalogzeiger eine Ebene nach unten. Wird vorher ← gedrückt, wird der Katalogzeiger eine Seite nach unten bewegt (← PgDn in der nachstehenden Abbildung der Tastatur); wird vorher → gedrückt, wird der Katalogzeiger an das Ende des Katalogs gesetzt (→ ▼ in der nachstehenden Abbildung der Tastatur).
ENTER	Kopiert den gewählten Eintrag in den Stack (wie →STK).
ATTN	Dient zum Verlassen des Katalogs.



Beispiel: Bearbeiten eines Termins. Im vorhergehenden Beispiel haben Sie einen Termin für montags 10:30 eingegeben. Der Termin wurde auf 9:30 des gleichen Tages verlegt. Bearbeiten Sie die Terminerinnerung entsprechend dieser Änderung.

Aktivieren Sie den Terminkatalog im Anwendungsprogramm TIME.

TIME CAT

{ HOME }	20.04.90	11:45:55
▶ 09.01	09:00	BERICHT
02.12	10:30	BESPREC...
PURG	EXEC	EDIT ▶STK VIEW

Drücken Sie so lange **▼**, bis **▶** auf den gewünschten Termin zeigt. (Die Lage der Termine innerhalb der Liste ist abhängig von den speziellen Daten, die Sie in den vorigen Beispielen verwendet haben.)

▼ ...

```

( HOME )      20.04.90  11:48:41
 09.01  09:00  BERICHT
▶02.12  10:30  BESPREC...

PURG ████ EXEC EDIT ▶STX VIEW
    
```

Schauen Sie den Termin an, um zu überprüfen, ob es der ist, den Sie bearbeiten möchten.

VIEW

```

( HOME )      20.04.90  11:51:48

MON 02.12.91  10:30:00
BESPRECHUNG
Rpt=1 week(s)

PURG ████ EXEC EDIT ▶STX VIEW
    
```

Bearbeiten Sie den Termin.

EDIT

```

( HOME )      20.04.90  10:20:15
Enter alarm, press SET
MON 02.12.91  10:30:00
BESPRECHUNG
Rpt=1 week(s)
DATE TIME W:PM EXEC RPT SET
    
```

Stellen Sie eine neue Uhrzeit für den Termin ein.

9.30 **>TIME SET**

```

( HOME )      20.04.90  11:56:25
Next alarm:
WED 09.01.91  09:00:00
BERICHT

SET NOJET ALARM ACK ACKM CAT
    
```

Es wird der nächstfällige Termin angezeigt.

Beachten Sie, daß wenn Sie **EDIT** drücken, der gewählte Termin aus der Terminliste *entfernt* und erst dann wieder dort eingetragen wird, wenn Sie **SET** drücken. Er wird jedoch bis dahin in der reservierten Variablen *ALRMDAT* gespeichert.

Verwenden von Terminen in Programmen

Die folgenden Befehle dienen zur programmierten Steuerung von Terminen. Ein Termin wird im Stack durch eine Liste angegeben, die folgende Form hat:

{ Datum Uhrzeit Aktion Wiederholung }

wobei *Datum* und *Uhrzeit* das Datum und die Zeit für den Termin, *Aktion* die auszuführende Aktion und *Wiederholung* das Wiederholungsintervall in *Uhrzyklen* (1 Zyklus entspricht 1/8192 Sekunde) ist.

Programmierbare Befehle für Termine

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
← TIME ALRM (Seite 2):		
STOAL	STOALARM	Speichert den Termin in Ebene 1 in der Terminliste und gibt dessen Terminindex n in Ebene 1 aus. Die Argumente von STOAL können eine der folgenden vier Formen haben: { Datum }; { Datum Uhrzeit }; { Datum Uhrzeit Aktion }; { Datum Uhrzeit Aktion Wiederholung }.
RCLAL	RCLALARM	Entnimmt einen Terminindex n aus Ebene 1 und gibt den entsprechenden Termin in Ebene 1 aus.
DELAL	DELALARM	Entnimmt einen Terminindex n aus Ebene 1 und löscht den entsprechenden Termin aus der Terminliste. Wenn $n = 0$ ist, werden <i>alle</i> Termine aus der Terminliste gelöscht.

Programmierbare Befehle für Termine (Fortsetzung)

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
FINDER	FINDALARM	<p>Gibt den Terminindex n des ersten Termins, der nach der in Ebene 1 angegebenen Zeit fällig wird, in Ebene 1 aus: Ist das Argument in Ebene 1 eine Liste der Form $\{ \text{Datum Uhrzeit} \}$, wird der erste Termin, der nach diesem Datum und dieser Uhrzeit fällig wird, ausgegeben; ist das Argument in Ebene 1 eine reelle Zahl <i>Datum</i>, wird der erste Termin, der nach Mitternacht dieses Tages fällig wird, angezeigt; ist das Argument in Ebene 1 gleich 0, wird der zuletzt fällig gewesene Termin angezeigt.</p>

Datumsarithmetik

Mit vier Befehlen auf Seite 2 des Menüs TIME kann Datumsarithmetik durchgeführt werden.

Die Befehle für Datumsarithmetik

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
 TIME (page 2):		
DATE+	DATE +	Gibt ein vergangenes oder zukünftiges Datum in Zahlenform aus (TT.MMJJJJ oder MM.TTJJJJ), wenn ein Datum in Ebene 2 und die Anzahl der Tage in Ebene 1 angegeben wird.
DDAYS	DDAYS	(Delta days) Gibt die Anzahl der Tage zwischen den Daten in den Ebenen 2 und 1 an.
DATE	DATE	Gibt das aktuelle Datum in Zahlenform (TT.MMJJJJ oder MM.TTJJJJ) aus.
TSTR	TSTR	(Timestring) Gibt ein beliebiges, gültiges Datum in Form einer Zeichenkette aus, wenn das Datum in Zahlenform in Ebene 2 und die Uhrzeit in Zahlenform in Ebene 1 steht.

Beispiel: Bestimmen eines zukünftigen Datums. Am 15. Juli 1991 haben Sie eine 120-Tage-Option auf ein Stück Land erworben. Bestimmen Sie das Ablaufdatum.

Aktivieren Sie Seite 2 des Menüs TIME.

 TIME NXT

DATE+ DDAYS DATE TIME TSTR TDCRS

Geben Sie das bekannte Datum ein. Tippen Sie die Zahl der Tage ein, und berechnen Sie dann das Ablaufdatum.

15.071991 [ENTER]
120 [DATE+]

1: 12,111991
[DATE+][DDAYS][DATE][TIME][TEST][TICKS]

Beispiel: Berechnen der Zahl der Tage zwischen zwei Daten.

Ermitteln Sie die Zahl der Tage zwischen dem 20. April 1982 und dem 2. August 1986.

Aktivieren Sie Seite 2 des Menüs TIME, und geben Sie das erste Datum ein. Geben Sie das zweite Datum ein, und berechnen Sie die Zahl der Tage.

[←] [TIME] [NXT]
20.041982 [ENTER]
2.081986 [DDAYS]

```
{ HOME }      20.04.90  10:11:46
4:
3:
2:
1:           1.565,000000
[DATE+][DDAYS][DATE][TIME][TEST][TICKS]
```

Zeitarithmetik

Mit den Befehlen auf Seite 3 des Menüs TIME und dem Befehl TICKS auf Seite 2 können Sie Zeitarithmetik durchführen.

HMS bezieht sich auf die Darstellung *Stunden-Minuten-Sekunden* (hours-minutes-seconds) *H.MMSSs*. Hierbei gilt:

- *H* sind null oder mehr Stellen, die die Zahl der Stunden darstellen.
- *MM* sind zwei Stellen, die die Zahl der Minuten darstellen.
- *SS* sind zwei Stellen, die die Zahl der Sekunden darstellen.
- *s* sind null oder mehr Stellen, die Bruchteile einer Sekunde darstellen.

(Beachten Sie, daß *H* auch *Grad* in Winkelberechnungen heißen kann: siehe "Funktionen zur Umrechnung von Winkeln" auf Seite 152 in Kapitel 9.)

Die Befehle für Zeitarithmetik

Tasten	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
← TIME (pages 2 and 3):		
TIME	TIME	Gibt die aktuelle Uhrzeit in Zahlenform aus.
TICKS	TICKS	Gibt die Systemzeit als ganze Binärzahl in Einheiten von 1/8192 Sekunde aus.
→HMS	→HMS	Wandelt eine reelle Zahl, die die Zeit in Dezimalform darstellt, in HMS um.
HMS→	HMS→	Wandelt eine reelle Zahl im Format HMS in ihre Dezimalform um.
HMS+	HMS+	Addiert zwei Zahlen in HMS, wobei die Summe in HMS ausgegeben wird.
HMS-	HMS-	Subtrahiert zwei Zahlen in HMS, wobei die Differenz in HMS ausgegeben wird.

Beispiel: Umwandeln von dezimaler Darstellung in HMS. Wandeln Sie 5,27 Stunden in HMS um.

Aktivieren Sie die dritte Seite des Menü TIME.

← **TIME** **NXT** **NXT**

→HMS **HMS+** **HMS→** **HMS-** **----** **----**

Tippen Sie die Uhrzeit in dezimaler Darstellung ein, und führen Sie die Umwandlung durch.

5.27 **→HMS**

1: 5,161200
→HMS **HMS+** **HMS→** **HMS-** **----** **----**

Die Lösung ist als 5 Stunden, 16 Minuten, 12 Sekunden zu interpretieren.

Beispiel: Addition in HMS. Addieren Sie 5 Stunden 50 Minuten und 4 Stunden 30 Minuten.

Aktivieren Sie die dritte Seite des Menüs TIME, und addieren Sie die beiden Zeiten.

← TIME NXT NXT

5.5 ENTER

4.3 HMS+

1: 10,200000
+HMS HMS+ HMS- HMS-

Die Lösung wird als 10 Stunden 20 Minuten interpretiert.

Der Befehl TICKS. Mit dem Befehl TICKS kann in Programmen die abgelaufene Zeit berechnet werden. *FIBT* auf Seite 599 zeigt die Verwendung des Befehls TICKS.

Unterstützung durch Hewlett-Packard

Informationen über die Verwendung des Taschenrechners.

Wenn Sie Fragen über die Verwendung des Taschenrechners haben, sollten Sie zunächst das Inhaltsverzeichnis, das Register und den Abschnitt "Antworten auf häufige Fragen" in Anhang A zu Rate ziehen. Falls das Handbuch keine befriedigende Antwort enthält, können Sie sich mit dem Reparaturzentrum in Frankfurt in Verbindung setzen:

Reparaturzentrum Frankfurt
Berner Straße 117
6000 Frankfurt 56
Tel. (069) 5 00 06-0

Kundendienst. Wenn Sie den Eindruck haben, daß Ihr Taschenrechner nicht ordnungsgemäß funktioniert, sollten Sie die Hinweise zur Fehlersuche und die Informationen zum Kundendienst in Anhang A konsultieren. Wenn Sie sich in den Vereinigten Staaten befinden und Ihr Taschenrechner wartungsbedürftig sein, dann können Sie ihn per Post an das Corvallis Service Center schicken:

Hewlett-Packard
Corvallis Service Center
1030 N.E. Circle Blvd.
Corvallis, OR 97330, U.S.A.
(503) 757-2002

Inhaltsverzeichnis

Seite 20 **Benutzung dieses Handbuchs**

Teil 1: Grundlagen

Seite 24 **1: Erste Schritte**
 47 **2: Die Tastatur und das Display**
 64 **3: Der Stack und die Befehlszeile**
 85 **4: Objekte**
 106 **5: Der Speicher**
 112 **6: Variablen und das Menü VAR**
 126 **7: Verzeichnisse**
 134 **8: Näheres über algebraische Objekte**

Teil 2: Grundfunktionen

Seite 142 **9: Elementarmathematische Funktionen**
 162 **10: Benutzerdefinierte Funktionen**
 168 **11: Komplexe Zahlen**
 183 **12: Vektoren**
 200 **13: Umgang mit Einheiten**
 224 **14: Binäre Arithmetik**
 230 **15: Benutzerspezifische Anpassung**

Teil 3: Leistungsfunktionen

Seite 244 **16: Der EquationWriter**
 270 **17: HP Solve**
 305 **18: Grafische Darstellungen und Funktionsanalyse**
 342 **19: Vielfältige Grafik**
 373 **20: Felder**
 393 **21: Statistik**
 418 **22: Algebra**
 452 **23: Infinitesimalrechnung**
 472 **24: Uhrzeit, Termine und Datumsarithmetik**



Bestellnummer

00048-90003

00048-90006 Deutsch

Printed in West Germany 07/90