

# hp 48gII grafikfähiger Taschenrechner

---

## Benutzerhandbuch



i n v e n t

2. Ausgabe

HP Artikel-Nr. F2226-90002

## Hinweis

**REGISTRIEREN Sie IHRES PRODUKT AN : [www.register.hp.com](http://www.register.hp.com)**

**FÜR DIESES HANDBUCH UND ALLE DARIN ENTHALTENEN BEISPIELE WIRD KEINE GEWÄHR ÜBERNOMMEN. ÄNDERUNGEN SIND VORBEHALTEN. HEWLETT-PACKARD ÜBERNIMMT WEDER AUSDRÜCKLICH NOCH STILLSCHWEIGEND IRGENDWELCHE HAFTUNG FÜR DIE IN DIESEM HANDBUCH ENTHALTENEN INFORMATIONEN EINSCHLIESSLICH, ABER NICHT BESCHRÄNKT AUF DIE FUNKTIONSFÄHIGKEIT DES GERÄTS NOCH DESSEN NICHTVERLETZUNG EIGNUNG FÜR EINEN BESTIMMTEN ZWECK.**

**HEWLETT-PACKARD HAFTET NICHT FÜR DIREKTE ODER INDIREKTE SCHÄDEN IM ZUSAMMENHANG MIT ODER ALS FOLGE DER LIEFERUNG, BENUTZUNG ODER LEISTUNG DER PROGRAMME ODER DER VERWENDUNG DIESES HANDBUCHS UND DER DARIN ENTHALTENEN BEISPIELE.**

© Copyright 2003 Hewlett-Packard Development Company, L.P.

Die Vervielfältigung, Adaptierung oder Übersetzung dieses Handbuchs ist, wenn sie nicht durch die Urheberrechtsgesetze zulässig sind, ohne die vorherige schriftliche Genehmigung von Hewlett-Packard untersagt.

Hewlett-Packard Company  
4995 Murphy Canyon Rd,  
Suite 301  
San Diego, CA 92123

---

## Druckgeschichte

2. Ausgabe

Dez. 2003

# Inhaltsverzeichnis

---

## **Kapitel 1 – Einführung, 1-1**

### **Grundlegende Operationen, 1-1**

- Batterien, 1-1
- Ein- und Ausschalten des Taschenrechners, 1-2
- Einstellen des Displaykontrastes, 1-2
- Inhalt des Taschenrechnerdisplays, 1-3
- Menüs, 1-3
- Das Menü TOOL, 1-4
- Einstellen von Datum und Uhrzeit, 1-4

### **Einführung in die Tastatur des Taschenrechners, 1-5**

#### **Auswählen der Taschenrechnermodi, 1-7**

- Betriebsmodus, 1-7
- Zahlenformat und Dezimalpunkt oder -komma, 1-11
  - Standardformat, 1-12
  - Festes Format für Dezimalzahlen, 1-12
  - Wissenschaftliches Format, 1-13
  - Technisches Format, 1-14
  - Dezimalkomma und Dezimalpunkt, 1-15
- Winkelmaß, 1-16
- Koordinatensystem, 1-17

#### **Auswählen der CAS-Einstellungen, 1-17**

- Erklärung der CAS-Einstellungen, 1-19

#### **Auswählen der verschiedenen Display-Modi, 1-20**

- Auswählen der Schriftart für die Anzeige, 1-21
- Auswählen der Eigenschaften des Zeileneditors, 1-21
- Auswählen der Eigenschaften des Stacks, 1-22
- Auswählen der Eigenschaften für den EquationWriter (EQW), 1-23

#### **Referenz, 1-24**

## **Kapitel 2 – Einführung in den Taschenrechner, 2-1**

### **Objekte des Taschenrechners, 2-1**

#### **Bearbeiten der Ausdrücke im Stack, 2-1**

- Erstellen von arithmetischen Ausdrücken, 2-1

- Erstellen von algebraischen Ausdrücken, 2-4
- Verwenden des EquationWriters (EQW) zum Erstellen von Ausdrücken, 2-5**
  - Erstellen von arithmetischen Ausdrücken, 2-5
  - Erstellen von algebraischen Ausdrücken, 2-8
- Strukturieren der Daten im Taschenrechner, 2-9**
  - Das Verzeichnis HOME, 2-9
  - Unterverzeichnisse, 2-10
- Variablen, 2-10**
  - Eingeben von Variablennamen, 2-11
  - Erstellen von Variablen, 2-12
    - Algebraischer Modus, 2-12
    - RPN-Modus, 2-13
  - Überprüfen des Inhalts von Variablen, 2-15
    - Algebraischer Modus, 2-15
    - RPN-Modus, 2-15
    - Drücken der Nach-Rechts-Taste und anschließend der entsprechenden Softmenütastenbeschriftungen, 2-15
    - Auflisten des Inhalts aller Variablen auf dem Bildschirm, 2-16
  - Löschen von Variablen, 2-16
    - Verwenden der Funktion PURGE im Stack im algebraischen Modus, 2-16
    - Anwenden der Funktion PURGE im Stack im RPN-Modus, 2-17
- Die Funktionen UNDO und CMD, 2-18**
- CHOOSE boxes und Soft MENU, 2-18**
- Referenz, 2-21**

## **Kapitel 3 – Berechnungen mit reellen Zahlen, 3-1**

- Beispiele für Berechnungen mit reellen Zahlen, 3-1**
  - Verwenden von Zehnerpotenzen bei der Dateneingabe, 3-5
- Funktionen mit reellen Zahlen im Menü MTH, 3-6**
  - Verwenden der Menüs des Taschenrechners, 3-7
  - Hyperbolische Funktionen und ihre Inversen, 3-7
- Operationen mit Einheiten, 3-9**
  - Das Menü UNITS, 3-9
  - Verfügbare Einheiten, 3-11
  - Zuordnen von Einheiten zu Zahlen, 3-11

Vorzeichen für Einheiten , 3-12  
Operationen mit Einheiten, 3-13  
Konvertierung von Einheiten , 3-15  
**Physikalische Konstanten im Taschenrechner**, 3-15  
**Definieren und Verwenden von Funktionen**, 3-18  
**Referenz**, 3-20

## **Kapitel 4 – Berechnungen mit komplexen Zahlen**, 4-1

**Definitionen**, 4-1  
**Einstellen des Modus COMPLEX am Taschenrechner**, 4-1  
Eingeben von komplexen Zahlen, 4-2  
Polare Darstellung von komplexen Zahlen, 4-2  
**Einfache Operationen mit komplexen Zahlen**, 4-4  
**Die CMPLX-Menüs**, 4-4  
Menü CMPLX über das Menü MTH, 4-4  
Menü CMPLX auf der Tastatur, 4-6  
**Auf komplexe Zahlen angewendete Funktionen**, 4-6  
**Funktion DROITE: Gleichung einer Geraden**, 4-7  
**Referenz**, 4-8

## **Kapitel 5 – Algebraische und arithmetische Operationen**, 5-1

**Eingabe von algebraischen Objekten**, 5-1  
**Einfache Operationen mit algebraischen Objekten**, 5-2  
Funktionen im Menü ALG, 5-4  
**Operationen mit transzendenten Funktionen**, 5-6  
Erweitern und zusammenfassen mit Hilfe der log-exp Funktionen, 5-6  
Erweitern und zusammenfassen anhand trigonometrischer Funktionen,  
5-6  
**Funktionen im Menü ARITHMETIC**, 5-7  
**Polynome**, 5-8  
Funktion HORNER, 5-9  
Variable VX, 5-9  
Funktion PCOEF, 5-9  
Funktion PROOT, 5-10  
Funktionen QUOT und REMAINDER, 5-10  
Funktion PEVAL, 5-10

## **Fraktionen, 5-11**

- Funktion SIMP2, 5-11
- Funktion PROPFRAC, 5-11
- Funktion PARTFRAC, 5-11
- Funktion FCOEF, 5-12
- Funktion FROOTS, 5-12

## **Step-by-Step Operationen mit Polynomen und Fraktionen, 5-13**

### **Referenz, 5-14**

## **Kapitel 6 – Lösung für Gleichungen, 6-1**

### **Symbolische Lösung algebraischer Gleichungen, 6-1**

- Funktion ISOL, 6-1
- Funktion SOLVE, 6-3
- Funktion SOLVEVX, 6-4
- Funktion ZEROS, 6-5

### **Menü numerischer Löser, 6-6**

- Polynomgleichungen, 6-6
  - Lösungen zu einer Polynomgleichung berechnen, 6-7
  - Erzeugen von Polynom-Koeffizienten, wenn die Wurzeln des Polynoms bekannt sind, 6-8
  - Erstellen eines algebraischen Ausdrucks für das Polynom, 6-8
- Finanzmathematische Berechnungen, 6-9
- Lösen von Gleichungen mit einer Unbekannten über NUM.SLV, 6-10
  - Funktion STEQ, 6-10

### **Lösungen zu simultanen Gleichungen mit MSLV, 6-11**

### **Referenz, 6-13**

## **Kapitel 7 –Operationen mit Listen, 7-1**

### **Erstellen und speichern von Listen, 7-1**

### **Operationen mit Zahlenlisten, 7-1**

- Änderung des Vorzeichens, 7-1
- Addition, Subtraktion, Multiplikation, Division, 7-2
- Auf Listen anwendbare Funktionen, 7-3

### **Listen von komplexen Zahlen, 7-4**

### **Listen von algebraischen Objekten, 7-4**

### **Das Menü MTH/LIST, 7-5**

**Die Funktion SEQ**, 7-6  
**Die Funktion MAP**, 7-7  
**Referenz**, 7-7

## **Kapitel 8 – Vektoren**, 8-1

### **Eingabe von Vektoren**, 8-1

Eingabe von Vektoren in den Stack, 8-1  
Speichern von Vektoren in Variablen im Stack, 8-2  
Eingabe von Vektoren mit Hilfe des MatrixWriters (MTRW), 8-2

### **Einfache Operationen mit Vektoren**, 8-5

Änderung des Vorzeichens, 8-5  
Addition, Subtraktion, 8-6  
Multiplikation und Division mit einem Skalar, 8-6  
Funktion Absoluter Wert, 8-7

### **Das Menü MTH/VECTOR**, 8-7

Magnitude (Größenordnung), 8-7  
Skalarprodukt, 8-8  
Kreuzprodukt, 8-8

### **Referenz**, 8-9

## **Kapitel 9 – Matrizen und lineare Algebra**, 9-1

### **Eingaben von Matrizen in den Stack**, 9-1

Verwendung des MatrixWriters, 9-1  
Die Matrix direkt in den Stack eingeben, 9-2

### **Operationen mit Matrizen**, 9-3

Addition und Subtraktion, 9-4  
Multiplikation, 9-4  
Multiplikation mit einem Skalar, 9-4  
Matrix-Vektor Multiplikation, 9-5  
Matrix Multiplikation, 9-5  
Glied-für-Glied Multiplikation, 9-6  
Die Identitätsmatrix, 9-6  
Die Umkehrmatrix, 9-6

### **Charakterisieren einer Matrix (Das Matrixmenü NORM)**, 9-7

Funktion DET, 9-7  
Funktion TRACE, 9-8

### **Lösungen für lineare Systeme, 9-8**

Verwendung des numerischen Lölers für lineare Systeme, 9-8

Lösung mit der Umkehrmatrix, 9-10

Lösung durch "teilen" der Matrix, 9-11

**Referenz, 9-11**

### **Kapitel 10 – Grafiken, 10-1**

**Optionen für grafische Darstellungen im Rechner, 10-1**

**Plotten eines Ausdrucks  $y=f(x)$ , 10-2**

**Erstellen einer Wertetabelle für eine Funktion, 10-4**

**Schnelle 3D Plots, 10-6**

**Referenz, 10-9**

### **Kapitel 11 –Calculus Anwendungen, 11-1**

**Das Menü CALC (Calculus), 11-1**

**Grenzwerte und Ableitungsfunktionen, 11-1**

Funktion *lim*, 11-2

Funktionen DERIV und DERVX, 11-2

**Stammfunktionen und Integrale, 11-3**

Funktionen INT, INTVX, RISCH, SIGMA und SIGMAVX, 11-3

Bestimmte Integrale, 11-4

**Unendliche Reihen, 11-4**

Funktionen TAYLR, TAYLRO und SERIES, 11-5

**Referenz, 11-7**

### **Kapitel 12 – Multivariate Calculus Anwendungen, 12-1**

**Partielle Ableitung, 12-1**

**Mehrfachintegrale, 12-2**

**Referenz, 12-3**

### **Kapitel 13 –Anwendungen der Vektorrechnung, 13-1**

**Der del-Operator, 13-1**

**Gradient, 13-1**

**Divergenz, 13-2**

**Rotation, 13-2**

**Referenz, 13-3**

## **Kapitel 14 – Differentialgleichungen, 14-1**

**Das Menü CALC/DIFF, 14-1**

**Lösung für lineare und nichtlineare Gleichungen, 14-1**

Die Funktion LDEC, 14-2

Die Funktion DESOLVE, 14-3

Die Variable ODETYPE, 14-4

**Laplace-Transformationen, 14-5**

Laplace-Transformation und Inverse im Rechner, 14-5

**Fouriersche Reihe, 14-6**

Funktion FOURIER, 14-7

Fouriersche Reihe für eine quadratische Funktion, 14-7

**Referenz, 14-8**

## **Kapitel 15 – Wahrscheinlichkeitsverteilungen, 15-1**

**Das Untermenü MTH/PROBABILITY.. – Teil 1, 15-1**

Fakultäten, Kombinationen und Permutationen, 15-1

Zufallszahlen, 15-2

**Das Menü MTH/PROBABILITY.. – Teil 2, 15-3**

Die Normalverteilung, 15-3

Die Studentsche t-Verteilung, 15-4

Die Chi-Quadrat-Verteilung, 15-4

Die F-Verteilung, 15-4

**Referenz, 15-5**

## **Kapitel 16 – Statistische Anwendungen, 16-1**

**Dateneingabe, 16-1**

**Berechnen von Statistiken mit Einzel-Variablen, 16-2**

**Ermitteln von Häufigkeitsverteilungen, 16-3**

**Daten an eine Funktion  $y=f(x)$  angleichen, 16-5**

**Ermitteln von zusätzlichen Summenstatistiken, 16-6**

**Zufallsfehlerbereiche, 16-7**

**Überprüfen der Hypothese, 16-10**

**Referenz, 16-12**

## **Kapitel 17 – Zahlen mit unterschiedlicher Basis, 17-1**

**Das Menü BASE, 17-1**  
**Schreiben nichtdezimaler Zahlen, 17-1**  
**Referenz, 17-2**

**Beschränkte Garantie – G-1**  
**Service, G-3**  
**Hinweise und Bestimmungen, G-4**

# Kapitel 1

## Einführung

Dieses Kapitel soll Grundkenntnisse zur Bedienung Ihres Taschenrechners vermitteln. Die Übungen dienen dazu, Sie mit der grundlegenden Bedienung und den wichtigsten Einstellungen des Taschenrechners vertraut zu machen, bevor Sie mit den eigentlichen Berechnungen beginnen.

## Grundlegende Operationen

Die folgenden Übungen sind dazu gedacht, Sie mit der Hardware des Taschenrechners vertraut zu machen.

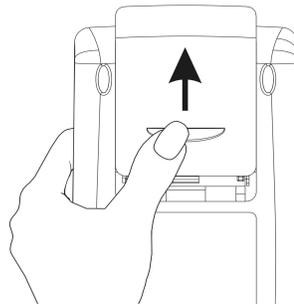
### Batterien

Für den Taschenrechner werden 3 AAA(LR03)-Batterien zur Hauptstromversorgung und eine CR2032 Lithiumbatterie für das Sichern des Speichers benötigt.

Bevor Sie den Taschenrechner in Betrieb nehmen, setzen Sie die Batterien wie folgt ein:

#### So installieren Sie die Hauptbatterien

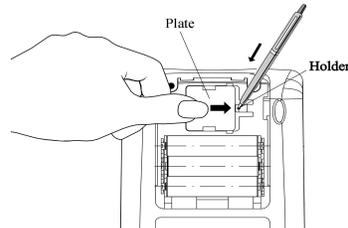
- Stellen Sie sicher, daß der Rechner ausgeschaltet ist.** Schieben Sie die Abdeckung des Batteriefachs wie abgebildet nach oben.



- Legen Sie 3 neue AAA(LR03)-Batterien in das Hauptfach. Stellen Sie sicher, dass jede Batterie in der angegebenen Richtung eingelegt wird.

#### So installieren Sie die Batterie für das Backup des Speichers

- Stellen Sie sicher, daß der Rechner ausgeschaltet ist.** Drücken Sie die Halterung nach unten. Schieben Sie den Deckel in die angegebene Richtung, und heben Sie ihn an.



- b. Setzen Sie eine neue CR2032-Lithiumbatterie ein. Stellen Sie sicher, dass die positive (+) Seite nach oben zeigt.
- c. Setzen Sie den Deckel wieder ein, und schieben Sie ihn an die ursprüngliche Position.

Nachdem Sie die Batterien installiert haben, drücken Sie [ON], um den Taschenrechner einzuschalten.

**Warnung:** Sobald das Symbol für eine niedrige Batterieladung angezeigt wird, müssen Sie die Batterien so schnell wie möglich austauschen. Wechseln Sie jedoch nicht die Backup-Batterie und die Hauptbatterien und gleichzeitig aus, um einen Datenverlust zu vermeiden.

### Ein- und Ausschalten des Taschenrechners

Die Taste befindet sich auf der Tastatur links unten. Drücken Sie diese Taste einmal, um den Taschenrechner einzuschalten. Um den Taschenrechner auszuschalten, drücken Sie die rote Nach-Rechts-Taste (die erste Taste in der zweiten Reihe von unten) und anschließend die Taste . Beachten Sie, dass sich in der rechten oberen Ecke der Taste eine rote Markierung OFF als Hinweis auf den Befehl OFF befindet.

### Einstellen des Displaykontrastes

Der Displaykontrast kann mit den Tasten und bei gleichzeitig gedrückter Taste eingestellt werden.

Durch gleichzeitiges Drücken der Tasten (Hold) und wird das Display dunkler eingestellt.

Durch gleichzeitiges Drücken der Tasten (Hold) und wird das Display heller eingestellt.

## Inhalt des Taschenrechnerdisplays

Schalten Sie den Taschenrechner erneut ein. Im oberen Teil des Displays werden zwei Zeilen mit den Einstellungen des Taschenrechners angezeigt. Die erste Zeile enthält folgende Zeichen:

RAD XYZ HEX R= 'X'

Informationen über die Bedeutung dieser Angaben erhalten Sie in Kapitel 2 der Bedienungsanleitung.

In der zweiten Zeile werden die Zeichen

{ HOME }

angezeigt, die das Verzeichnis HOME als aktuelles Verzeichnis für die Dateien im Speicher des Taschenrechners ausweisen.

Am unteren Rand des Displays befinden sich die Beschriftungen

000 000 000 000 000 000

Diese sind den *Softmenütasten* F1 bis F6 zugeordnet:

F1 F2 F3 F4 F5 F6

Die sechs Beschriftungen am unteren Rand des Bildschirms ändern sich je nach dem angezeigten Menü. Doch die Softmenütaste **F1** ist stets der ersten angezeigten Beschriftung zugeordnet, **F2** der zweiten Beschriftung usw.

## Menüs

Die sechs den Tasten **F1** bis **F6** zugeordneten Beschriftungen sind Teil eines Menüs mit unterschiedlichen Funktionen. Da der Taschenrechner nur insgesamt 6 Softmenütasten besitzt, werden jeweils nur 6 Beschriftungen auf einmal angezeigt. Ein Menü kann jedoch mehr als sechs Einträge besitzen. Eine Gruppe von 6 Einträgen wird als Menüseite bezeichnet. Um zur nächsten Menüseite zu gelangen (falls vorhanden), drücken Sie die Taste **NXT** (NeXT = nächstes Menü). Auf der Tastatur ist dies die dritte Taste von links in der dritten Reihe von unten.

## Das Menü TOOL

Die Softmenütasten für die Standardeinstellung, die als Menü TOOL bezeichnet wird, sind den Operationen zum Ändern von Variablen zugeordnet (siehe den Abschnitt über Variablen in diesem Kapitel):

		EDIT (Bearbeiten) des Inhalts einer Variablen (weitere Informationen über das Bearbeiten finden Sie in Kapitel 2 dieser Anleitung und in Anhang L der Bedienungsanleitung)
		VIEW (Anzeigen) des Inhalts von Variablen
		ReCaLL (Abrufen) des Inhalts von Variablen
		STOre (Speichern) des Inhalts von Variablen
		PURGE (Löschen) einer Variablen
		CLEAR (Löschen) des Displays oder Stacks

Diese sechs Funktionen bilden die erste Seite des Menüs TOOL. Eigentlich besitzt dieses Menü acht Einträge, aufgeteilt auf zwei Seiten. Die zweite Seite ist verfügbar, wenn Sie die Taste  (NeXT = nächstes Menü) drücken. Dies ist die dritte Taste von links in der dritten Reihe der Tastatur.

In diesem Fall sind nur den ersten beiden Softmenütasten Befehle zugeordnet. Diese Befehle lauten:

		CASCMD: Der Befehl CAS CoMmanD, der verwendet wird, um einen Befehl aus dem CAS-Modul durch Auswahl aus einer Liste zu starten
		HELP: Die Hilfefunktion, in der die im Taschenrechner vorhandenen Befehle beschrieben sind

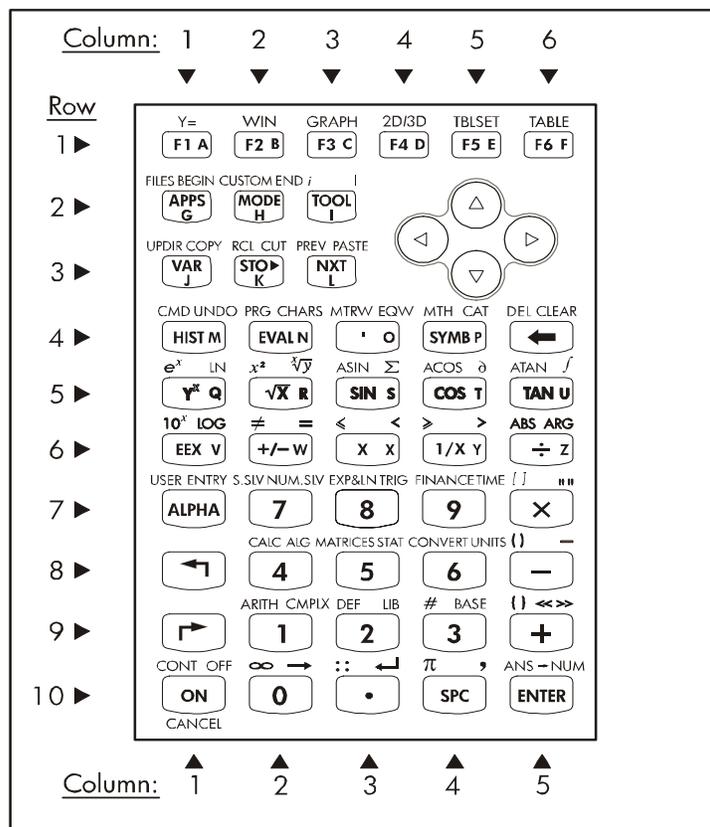
Wenn Sie die Taste  drücken, wird das ursprüngliche Menü TOOL wieder angezeigt. Eine weitere Möglichkeit, zum Menü TOOL zurückzukehren, besteht im Drücken der Taste  (die dritte Taste von links in der zweiten Reihe von oben der Tastatur).

## Einstellen von Datum und Uhrzeit

Informationen über das Einstellen von Uhrzeit und Datum finden Sie in Kapitel 1 der Bedienungsanleitung für den Taschenrechner.

## Einführung in die Tastatur des Taschenrechners

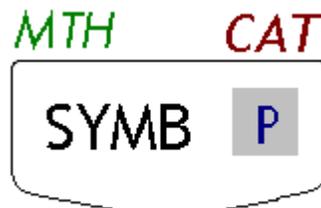
In der folgenden Abbildung ist die Tastatur des Taschenrechners mit nummerierten Zeilen und Spalten dargestellt. Jede Taste besitzt drei, vier oder fünf Funktionen. Die Hauptfunktion der Taste entspricht der auf der Taste hervorgehobenen Beschriftung. Außerdem können die grüne Nach-Links-Taste, Taste (8, 1), die rote Nach-Rechts-Taste, Taste (9, 1) und die blaue ALPHA-Taste, Taste (7, 1), mit anderen Tasten kombiniert werden, um die auf der Tastatur angezeigten alternativen Funktionen zu aktivieren.



Beispielsweise sind der Taste , Taste (4,4), die folgenden sechs Funktionen zugeordnet:

- |   |  |
|---|--|
|    | Hauptfunktion zum Starten des Menüs SYMB (SYMBolic)  |
|     | Tastenkombination mit Nach-Links-Taste zum Starten des Menüs MTH (Mathematik)  |
|     | Tastenkombination mit Nach-Rechts-Taste zum Starten der Funktion CATalog (Katalog)   |
|     | Tastenkombination    ALPHA-Taste zum Einfügen des Großbuchstabens P |
|    | Kombination von ALPHA- und Nach-Links-Taste zum Einfügen des Kleinbuchstabens p  |
|    | Kombination von ALPHA- und Nach-Rechts-Taste zum Einfügen des Symbols $\pi$  |

Von den sechs dieser Taste zugeordneten Funktionen werden nur die ersten vier auf der Tastatur selbst angezeigt. Die Abbildung auf der nächsten Seite enthält diese vier Beschriftungen für die Taste . Beachten Sie, dass durch Farbe und Position der Beschriftungen auf der Taste, und zwar **SYMB**, **MTH**, **CAT** und **P**, bestimmt wird, bei welcher Funktion es sich um die Hauptfunktion (**SYMB**) handelt und welche der drei weiteren Funktionen der jeweiligen Tastenkombination zugeordnet ist: Nach-Links-Taste  (**MTH**), Nach-Rechts-Taste  (**CAT**) und  (**P**).

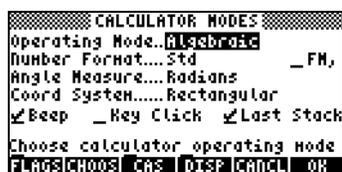


Ausführliche Informationen über die Verwendung der Tastatur des Taschenrechners finden Sie in Anhang B der Bedienungsanleitung für den Taschenrechner.

## Auswählen der Taschenrechnermodi

In diesem Abschnitt wird vorausgesetzt, dass Sie nun mindestens mit der Verwendung von Auswahl- und Dialogfeldern vertraut sind (wenn dies nicht der Fall ist, schauen Sie bitte in Anhang A der Bedienungsanleitung für den Taschenrechner nach).

Drücken Sie die Taste **MODE** (zweite Taste von links in der zweiten Reihe von oben), um die folgende Eingabemaske CALCULATOR MODES (Taschenrechner-Modi) anzuzeigen:



Drücken Sie die Softmenütaste **MODE** (**F6**), um zum normalen Display zurückzukehren. Es folgen einige Beispiele für das Auswählen verschiedener Taschenrechnermodi.

## Betriebsmodus

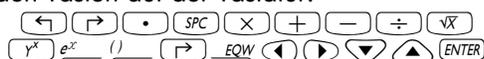
Der Taschenrechner bietet zwei verschiedene Betriebsmodi: den Modus *Algebraic* (algebraisch) und den Modus *Reverse Polish Notation* (RPN). Der Modus *Algebraic* ist der Standardmodus (wie in der obigen Abbildung gezeigt), doch Anwender früherer Taschenrechner von HP sind eventuell mit dem RPN-Modus besser vertraut.

Um einen Betriebsmodus auszuwählen, rufen Sie zunächst die Eingabemaske CALCULATOR MODES auf, indem Sie die Taste **MODE** drücken. Das Feld *Operating Mode* (Betriebsmodus) wird hervorgehoben. Wählen Sie nun den Modus *Algebraic* oder *RPN*, indem Sie die Taste **+/-** (zweite Taste von links in der fünften Reihe von unten) oder die Softmenütaste **MODE** (**F2**) drücken. Wenn Sie die letzte Methode wählen, verwenden Sie die Nach-Unten- und Nach-Ober-Taste **▲** **▼** zur Auswahl des entsprechenden Modus und drücken anschließend die Softmenütaste **MODE**, um den Vorgang abzuschließen.

Um den Unterschied zwischen diesen beiden Betriebsmodi zu veranschaulichen, berechnen wir den folgenden Ausdruck in beiden Modi:

$$\sqrt{\frac{3.0 \cdot \left(5.0 - \frac{1}{3.0 \cdot 3.0}\right)}{23.0^3} + e^{2.5}}$$

Um diesen Ausdruck in den Taschenrechner einzugeben, verwenden wir zunächst den *EquationWriter*  $\left[ \rightarrow \right]$  *EQW*. Beachten Sie außer den numerischen Tasten die folgenden Tasten auf der Tastatur:



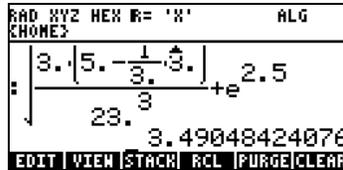
Beim EquationWriter handelt es sich um einen Anzeigemodus, in dem Sie mathematische Ausdrücke unter Verwendung einer expliziten mathematischen Notation, z. B. mit Brüchen, Ableitungen, Integralen, Wurzeln usw., erstellen können. Verwenden Sie zur Eingabe des oben angegebenen Ausdrucks mit dem EquationWriter folgende Tastenkombinationen:



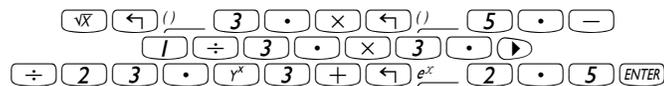
Nach Drücken der Taste  $\left[ \text{ENTER} \right]$  wird folgender Ausdruck angezeigt:

$$\sqrt{(3. * (5. - 1 / (3. * 3.)) / 23. ^3 + \text{EXP}(2.5))}$$

Durch erneutes Drücken von  $\left[ \text{ENTER} \right]$  wird folgender Wert ausgegeben (akzeptieren Sie bei einer entsprechenden Meldung die Aktivierung des Modus Approx. (Rundungswerte), indem Sie  $\left[ \text{MODE} \right]$  drücken):



Sie können den Ausdruck aber auch ohne den EquationWriter wie folgt direkt eingeben:



Sie erhalten das gleiche Ergebnis.

Ändern Sie nun den Modus in RPN, indem Sie zunächst die Taste **MODE** drücken. Wählen Sie den RPN-Modus entweder mit der Taste **+/-** oder durch Drücken der Softmenütaste **MODE**. Drücken Sie die Softmenütaste **EXIT** (**F6**), um den Vorgang abzuschließen. Im RPN-Modus wird das Display wie folgt dargestellt:



Beachten Sie, dass das Display unterschiedliche Ausgabebenen aufweist, die von unten nach oben mit 1, 2, 3 usw. beschriftet sind. Dies wird als *Stack* des Taschenrechners bezeichnet. Die verschiedenen Ebenen werden als *Stack-Ebenen* bezeichnet, also Stack-Ebene 1, Stack-Ebene 2 usw.

Im Grunde bedeutet RPN nur, dass eine Operation, z. B.  $3 + 2$ , nicht mit



in den Taschenrechner eingegeben wird, sondern dass zuerst die Operanden in der richtigen Reihenfolge und anschließend der Operator wie folgt eingegeben werden:

**3** **ENTER** **2** **ENTER** **+**

Wenn Sie die Operanden eingeben, befinden sich diese auf unterschiedlichen Ebenen des Stacks. Durch die Eingabe von **3** **ENTER** wird die Zahl 3 auf Stack-Ebene 1 abgelegt. Durch die anschließende Eingabe von **2** **ENTER** wird die Zahl 3 eine Stack-Ebene nach oben in Stack-Ebene 2 verschoben. Wenn Sie schließlich die Taste **+** drücken, wird der Taschenrechner angewiesen, den Operator bzw. das Programm **+** auf die Objekte auf Stack-Ebene 1 und 2 anzuwenden. Das Ergebnis 5 wird dann auf Stack-Ebene 1 platziert.

Wir führen zunächst einige weitere einfache Operationen durch, bevor wir uns dem komplizierteren Ausdruck zuwenden, der zuvor für den algebraischen Modus verwendet wurde:

$$123/32$$

**1** **2** **3** **ENTER** **3** **2** **÷**

$$4^2$$

**4** **ENTER** **2** **y<sup>x</sup>**

$$^3\sqrt{(\sqrt{27})}$$

**2** **7** **ENTER** **√x** **3** **↔** **√y**

Beachten Sie die Position von y und x in den letzten beiden Operationen. Bevor die Taste **y<sup>x</sup>** gedrückt wird, ist y die Basis der Exponentialoperation (Stack-Ebene 2), während der Exponent x (Stack-Ebene 1) ist. Analog hierzu ist in der Quadratwurzeloperation y (Stack-Ebene 2) die Zahl unter dem Wurzelzeichen, und x (Stack-Ebene 1) stellt die Wurzel dar.

Probieren Sie folgendes Beispiel mit 3 Faktoren aus:  $(5 + 3) \times 2$

**5** **ENTER** **3** **ENTER** **+**

Berechnet zunächst  $(5 + 3)$ .

**2** **x**

Schließt die Berechnung ab.

Berechnen wir nun den weiter oben dargestellten Ausdruck:

$$\sqrt{\frac{3 \cdot \left(5 - \frac{1}{3 \cdot 3}\right)}{23^3} + e^{2.5}}$$

- 3 ENTER Geben Sie 3 in Ebene 1 ein  
5 ENTER Geben Sie 5 in Ebene 1 ein. 3 wird in Ebene 2 zwei verschoben  
3 ENTER Geben Sie 3 in Ebene 1 ein. 5 wird in Ebene 2 und 3 in Ebene 3 verschoben  
3 × Geben Sie 3 und das Multiplikationszeichen ein. 9 wird in Ebene 1 angezeigt  
1/x  $1/(3 \times 3)$ , letzter Wert auf Ebene 1; 5 auf Ebene 2, 3 auf Ebene 3  
−  $5 - 1/(3 \times 3)$  belegt nun Ebene 1. 3 ist auf Ebene 2  
×  $3 \times (5 - 1/(3 \times 3))$  belegt nun Ebene 1.  
2 3 ENTER Geben Sie 23 auf Ebene 1 ein. 14,66666 wird in Ebene 2 verschoben.  
3 Y<sup>x</sup> Geben Sie 3 ein, berechnen Sie  $23^3$  auf Ebene 1. 14,666 befindet sich auf Ebene 2.  
÷  $(3 \times (5 - 1/(3 \times 3))) / 23^3$  auf Ebene 1  
2 • 5 Geben Sie 2,5 in Ebene 1 ein  
←  $e^x$   $e^{2.5}$  ist auf Ebene 1, auf Ebene 2 wird der vorangegangene Wert angezeigt.  
+  $(3 \times (5 - 1/(3 \times 3))) / 23^3 + e^{2.5} = 12,18369$ , in Ebene 1.  
√x  $\sqrt{((3 \times (5 - 1/(3 \times 3))) / 23^3 + e^{2.5})} = 3,4905156$ , in Ebene 1.

Um zwischen den Modi ALG und RPN zu wählen, können Sie auch Systemflag 95 mit folgender Tastenkombination setzen/löschen:



## Zahlenformat und Dezimalpunkt oder -komma

Durch das Ändern des Zahlenformats können Sie die Anzeige reeller Zahlen im Taschenrechner anpassen. Sie werden diese Funktion bei Operationen mit

Zehnerpotenzen oder zum Begrenzen der Dezimalstellen in einem Ergebnis äußerst nützlich finden.

Um ein Zahlenformat auszuwählen, öffnen Sie zunächst die Eingabemaske CALCULATOR MODES durch Drücken der Taste **(MODE)**. Verwenden Sie anschließend die Nach-Unten-Taste **▼**, um die Option *Number format* (Zahlenformat) auszuwählen. Der Standardwert ist *Std* oder Standardformat. Im Standardformat werden Fließkommazahlen ohne feste Dezimalstelle und mit der maximalen Genauigkeit des Taschenrechners (12 signifikante Stellen) angezeigt. Weitere Informationen über reelle Zahlen finden Sie in Kapitel 2 dieser Bedienungsanleitung. Berechnen Sie zur Veranschaulichung dieses und weiterer Zahlenformate die folgenden Übungsbeispiele:

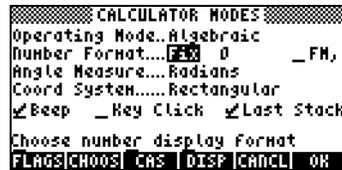
- **Standardformat:**

Dies ist der am häufigsten verwendete Modus, da in diesem die Zahlen in der vertrautesten Notation angezeigt werden. Drücken Sie die Softmenütaste **▣**, wobei *Number format* (Zahlenformat) auf *Std* gesetzt ist, um zum Display des Taschenrechners zurückzukehren. Geben Sie die Zahl 123,4567890123456 (mit 16 signifikanten Stellen) ein. Drücken Sie die Taste **(ENTER)**. Die Zahl wird auf die maximalen 12 signifikanten Stellen gerundet und wie folgt angezeigt:

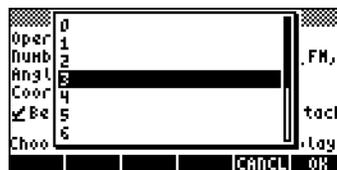


- **Festes Format für Dezimalzahlen:**

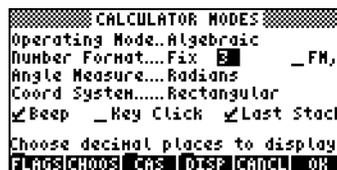
Drücken Sie die Taste **(MODE)**. Verwenden Sie anschließend die Nach-Unten-Taste **▼**, um die Option *Number format* auszuwählen. Drücken Sie die Softmenütaste **▣** (**(F2)**), und wählen Sie mit der Nach-Unten-Taste **▼** die Option *Fix* aus.



Drücken Sie die Nach-Rechts-Taste  $\blacktriangleright$ , um die Null vor der Option *Fix* hervorzuheben. Drücken Sie anschließend die Softmenütaste  $\mathbb{[2ND]}$  und wählen Sie mit der Nach-Oben- und Nach-Unten-Taste  $\blacktriangle$   $\blacktriangledown$  3 Dezimalstellen aus.



Drücken Sie die Softmenütaste  $\mathbb{[2ND]}$ , um die Auswahl abzuschließen:



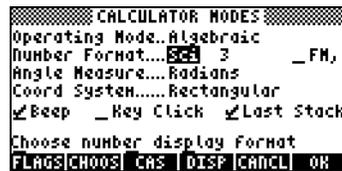
Drücken Sie die Softmenütaste  $\mathbb{[2ND]}$ , um zum Display des Taschenrechners zurückzukehren. Die Zahl wird nun wie folgt angezeigt:



Beachten Sie, dass die Zahl gerundet und nicht abgeschnitten ist. Somit wird die Zahl 123,4567890123456 in dieser Einstellung als 123,457 und nicht als 123,456 angezeigt, da die Ziffer nach 6 > 5 ist.

- **Wissenschaftliches Format**

Zum Einstellen dieses Formates drücken Sie zunächst die Taste **MODE**. Verwenden Sie anschließend die Nach-Unten-Taste **▼**, um die Option *Number format* auszuwählen. Drücken Sie die Softmenütaste **MODE** (**F2**), und wählen Sie mit der Nach-Unten-Taste **▼** die Option *Scientific* (wissenschaftlich) aus. Belassen Sie die Zahl 3 vor *Sci*. (Diese Zahl kann auf dieselbe Weise geändert werden, wie wir das feste Format von Dezimalstellen im vorherigen Beispiel geändert haben.)



Drücken Sie die Softmenütaste **MODE**, um zum Display des Taschenrechners zurückzukehren. Die Zahl wird nun wie folgt angezeigt:

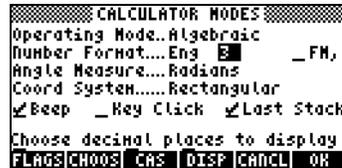


Bei dem Ergebnis 1,23E2 handelt es sich um die Darstellung des Taschenrechners von Zehnerpotenzen, d. h.  $1,235 \times 10^2$ . In dieser so genannten wissenschaftlichen Notation stellt die *Sci* vorangestellte Ziffer 3 (wie vorher gezeigt) die Anzahl der signifikanten Stellen nach dem Komma dar. Die wissenschaftliche Darstellung umfasst immer eine Ganzzahl, wie oben gezeigt. Deshalb ist in diesem Fall die Anzahl der signifikanten Stellen vier.

- **Technisches Format**

Das technische Format ähnelt sehr dem wissenschaftlichen Format, mit der Ausnahme, dass die Zehnerpotenzen ein Vielfaches von drei sind. Zum Einstellen dieses Formates, drücken Sie die Taste **MODE**. Verwenden Sie anschließend die Nach-Unten-Taste **▼**, um die Option *Number format* (Zahlenformat) auszuwählen. Drücken Sie die Softmenütaste **MODE** (**F2**), und wählen Sie mit der Nach-Unten-Taste **▼** die Option *Engineering*

(technisch) aus. Behalten Sie die Zahl 3 vor *Eng* bei. (Diese Zahl kann auf dieselbe Weise geändert werden, wie wir dies im Zahlenformat *Fixed* mit den Dezimalstellen in einem vorangegangenen Beispiel durchgeführt haben.)



Drücken Sie die Softmenütaste , um zum Display des Taschenrechners zurückzukehren. Die Zahl wird nun wie folgt angezeigt:



Da diese Zahl drei Ziffern vor dem Komma enthält, wird sie im technischen Format mit vier signifikanten Stellen und der Zehnerpotenz Null angegeben. Daher wird beispielsweise die Zahl 0,00256 wie unten angezeigt:

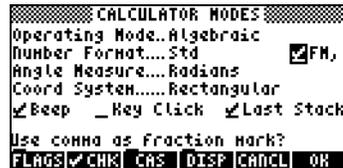


- **Dezimalkomma und Dezimalpunkt**

Dezimalpunkte in Gleitkommazahlen können durch ein Komma ersetzt werden, wenn der Benutzer mit dieser Notation besser vertraut ist. Um Dezimalpunkte durch Kommas zu ersetzen, ändern Sie in der Eingabemaske CALCULATOR MODES die Option *FM* wie folgt in Kommas (beachten Sie, dass wir das *Zahlenformat* in *Std* geändert haben):

- Drücken Sie die Taste . Drücken Sie anschließend einmal die Nach-Unten-Taste , und die Nach-Rechts-Taste , um die Option *\_FM* zu

markieren. Um Kommas auszuwählen, drücken Sie die Softmenütaste  (d. h. die Taste  $F2$ ). Die Eingabemaske wird wie folgt angezeigt:



- Drücken Sie die Softmenütaste , um zum Display des Taschenrechners zurückzukehren. Die Zahl 123,4567890123456, die Sie bereits zuvor eingegeben haben, wird nun wie folgt angezeigt:



## Winkelmaß

Trigonometrische Funktionen erfordern beispielsweise Argumente, die Flächenwinkel darstellen. Der Taschenrechner enthält drei *Angle Measure*-Modi (Winkelmaß) zum Arbeiten mit Winkeln, und zwar:

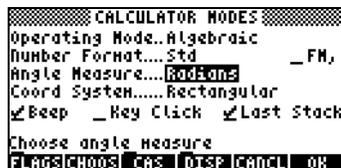
- *Degrees*: 360 Grad ( $360^\circ$ ) ergeben einen vollständigen Umfang.
- *Radians*:  $2\pi$ -Radianen ( $2\pi^r$ ) ergeben einen vollständigen Umfang.
- *Grades*: 400 Zentesimalgrad ( $400^g$ ) ergeben einen vollständigen Umfang.

Das Winkelmaß wirkt sich auf die trigonometrischen Funktionen wie SIN, COS, TAN und damit verbundene Funktionen aus.

Um den Winkelmaßmodus zu ändern, gehen Sie wie folgt vor:

- Drücken Sie die Taste  $MODE$ . Drücken Sie anschließend zweimal die Nach-Unten-Taste . Wählen Sie nun den *Angle Measure*-Modus entweder durch Drücken der Taste  $+/-$  (zweite Taste von links in der fünften Reihe von unten) oder durch Drücken der Softmenütaste  ( $F2$ ) aus. Verwenden Sie bei der zweiten Methode die Nach-Unten- und Nach-

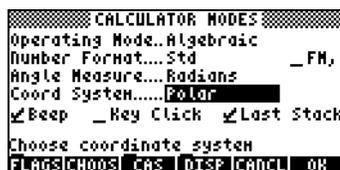
Oben-Taste  $\triangle$   $\nabla$  zur Auswahl des gewünschten Modus, und drücken Sie anschließend die Softmenütaste  $\text{MODE}$  ( $F6$ ), um den Vorgang abzuschließen. Im folgenden Beispiel ist der Modus *Radians* ausgewählt:



## Koordinatensystem

Das Koordinatensystem wirkt sich auf die Darstellung von Vektoren und komplexen Zahlen aus. Weitere Informationen über komplexe Zahlen und Vektoren finden Sie in Kapitel 4 bzw. 8 dieser Anleitung. Im Taschenrechner stehen drei Koordinatensysteme zur Verfügung: Rechtwinklig (RECT), zylindrisch (CYLIN) und sphärisch (SPHERE). So ändern Sie das Koordinatensystem:

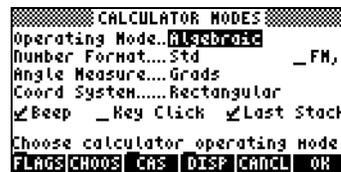
- Drücken Sie die Taste  $\text{MODE}$ . Drücken Sie anschließend dreimal die Nach-Unten-Taste  $\nabla$ . Wählen Sie nun den Modus *Coord System* aus, indem Sie die Taste  $\text{+/-}$  (zweite Taste von links in der fünften Reihe von unten) oder die Softmenütaste  $\text{MODE}$  ( $F2$ ) drücken. Verwenden Sie bei der zweiten Methode die Nach-Unten- und Nach-Oben-Taste  $\triangle$   $\nabla$  zur Auswahl des gewünschten Modus, und drücken Sie anschließend die Softmenütaste  $\text{MODE}$  ( $F6$ ), um den Vorgang abzuschließen. Auf dem unten abgebildeten Bildschirm ist beispielsweise der Koordinatenmodus *Polar* ausgewählt:



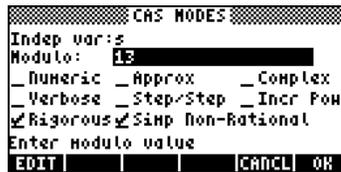
## Auswählen der CAS-Einstellungen

CAS steht für Computer Algebraic System (algebraisches Computersystem). Dies ist das mathematische Herzstück des Taschenrechners, in dem die Operationen mit mathematischen Symbolen und Funktionen programmiert sind. Das CAS-Modul bietet eine Reihe von Einstellungen, die an die Art der gewünschten Operation angepasst werden können. So zeigen Sie die optionalen CAS-Einstellungen an:

- Drücken Sie die Taste **MODE**, um die Eingabemaske CALCULATOR MODES aufzurufen.



- Um die CAS-Einstellungen zu ändern, drücken Sie die Softmenütaste **2nd**. Die Standardwerte der CAS-Einstellungen sind unten dargestellt:



- Um zwischen den einzelnen Optionen der Eingabemaske CAS MODES zu navigieren, verwenden Sie die Pfeiltasten: **←** **→** **↓** **↑**.
- Um eine der obigen Einstellungen auszuwählen oder die Auswahl aufzuheben, wählen Sie zuerst den Unterstrich vor der gewünschten Option aus und verwenden die Softmenütaste **2nd**, bis die gewünschte Einstellung vorgenommen wurde. Sobald eine Option ausgewählt wurde, wird über dem Unterstrich ein Häkchen angezeigt (im obigen Beispiel bei den Optionen *Rigorous* und *Simp Non-Rational*). Nicht ausgewählte Optionen weisen kein Häkchen über dem Unterstrich vor der Option auf (im obigen Beispiel die Optionen *\_Numeric*, *\_Approx*, *\_Complex*, *\_Verbose*, *\_Step/Step*, *\_Incr Pow* in der Zeile *Edit*).

- Nachdem Sie in der Eingabemaske CAS MODES alle gewünschten Optionen ausgewählt (bzw. die Auswahl aufgehoben) haben, drücken Sie die Softmenütaste . Damit kehren Sie zur Eingabemaske CALCULATOR MODES zurück. Um an dieser Stelle zum normalen Display des Taschenrechners zurückzukehren, drücken Sie erneut die Taste .

### Erklärung der CAS-Einstellungen

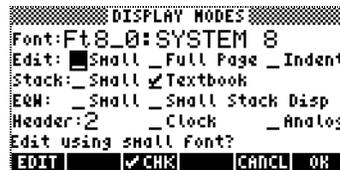
- Indep var: Die unabhängige Variable für CAS-Anwendungen. Normalerweise  $VX = 'X'$ .
- Modulo: Für Operationen der modularen Arithmetik enthält diese Variable den Modulo-Wert des arithmetischen Ringes (siehe Kapitel 5 im Benutzerhandbuch für den Taschenrechner).
- Numeric: Wenn festgelegt, erzeugt der Taschenrechner bei Berechnungen ein Ergebnis im numerischen oder Fließkommaformat.
- Approx: Wenn festgelegt, werden für Berechnungen im Näherungsmodus numerische Ergebnisse verwendet. Wenn nicht ausgewählt, ist das CAS-Modul im Modus *Exact*, in dem in Berechnungen symbolische Ergebnisse ausgegeben werden.
- Complex: Wenn festgelegt, sind Berechnungen mit komplexen Zahlen aktiviert. Wenn nicht ausgewählt, ist das CAS-Modul im Modus *Real*, d. h., in der Standardeinstellung erfolgen Berechnungen mit reellen Zahlen. Informationen über Berechnungen mit komplexen Zahlen finden Sie in Kapitel 4.
- Verbose: Wenn festgelegt, werden bei bestimmten CAS-Operationen ausführliche Information bereitgestellt.
- Step/Step: Wenn festgelegt, werden die Ergebnisse für bestimmte CAS-Berechnungen schrittweise angezeigt. Dies bietet sich zum Anzeigen der Zwischenschritte in Summenberechnungen, Ableitungen, Integralen, Polynomoperationen (z. B. bei der Polynomdivision durch Linearfaktoren) und Matrixoperationen an.
- Incr Pow: Wenn festgelegt, werden die Faktoren des Polynoms in aufsteigender Reihenfolge der Potenzen unabhängiger Variablen angezeigt.
- Rigorous: Wenn festgelegt, vereinfacht der Taschenrechner nicht die Funktion für den absoluten Wert  $|X|$  durch  $X$ .

- Simp Non-Rational: Wenn festgelegt, versucht der Taschenrechner, irrationale Ausdrücke so weit wie möglich zu vereinfachen.

## Auswählen der verschiedenen Display-Modi

Durch die Auswahl der einzelnen Anzeigemodi kann das Display des Taschenrechners Ihren Wünschen angepasst werden. So zeigen Sie die möglichen Display-Einstellungen an:

- Drücken Sie die Taste **MODE**, um die Eingabemaske CALCULATOR MODES zu aktivieren. Drücken Sie in der Eingabemaske CALCULATOR MODES die Softmenütaste **DISP** (**F4**), um die Eingabemaske DISPLAY MODES anzuzeigen.



- Verwenden Sie die Pfeiltasten **←** **→** **↓** **↑**, um zwischen den einzelnen Optionen der Eingabemaske DISPLAY MODES zu navigieren.
- Um eine der obigen Einstellungen, die ein Häkchen erfordern, auszuwählen oder die Auswahl aufzuheben, markieren Sie zunächst den Unterstrich vor der gewünschten Option, und betätigen Sie die Softmenütaste **✓** **DISP**, bis die gewünschte Einstellung erreicht ist. Sobald eine Option ausgewählt wurde, wird über dem Unterstrich ein Häkchen angezeigt (im obigen Beispiel in der Zeile *Stack* die Option *Textbook*). Nicht ausgewählte Optionen weisen kein Häkchen über dem Unterstrich vor der gewünschten Option auf (z. B. die Optionen *\_Small*, *\_Full page* und *\_Indent* bei *Edit*: Linie oben).
- Um die Schriftart für das Display auszuwählen, markieren Sie das Feld vor der Option *Font*: in der Eingabemaske DISPLAY MODES, und verwenden Sie die Softmenütaste **DISP** (**F2**).

- Nachdem Sie in der Eingabemaske DISPLAY MODES alle gewünschten Optionen ausgewählt (bzw. die Auswahl aufgehoben) haben, drücken Sie die Softmenütaste **OK**. Damit kehren Sie zur Eingabemaske CALCULATOR MODES zurück. Um an dieser Stelle zum normalen Display des Taschenrechners zurückzukehren, drücken Sie erneut die Taste **OK**.

### Auswählen der Schriftart für die Anzeige

Drücken Sie zunächst die Taste **MODE**, um die Eingabemaske CALCULATOR MODES zu starten. Drücken Sie in der Eingabemaske CALCULATOR MODES die Softmenütaste **F4** (**F4**), um die Eingabemaske DISPLAY MODES anzuzeigen. Das Feld *Font:* ist markiert und die Option *Ft8\_0:system 8* ist ausgewählt. Dies ist der Standardwert für die Anzeigeschriftart. Wenn Sie die Softmenütaste **F2** (**F2**) drücken, wird eine Liste aller im System vorhandenen Schriftarten angezeigt, wie unten dargestellt:



Die vorhandenen Optionen sind die drei Standardschriftarten *System Fonts* (Größe 8, 7 und 6) und *Browse* (Suchen). Mit dieser Option können Sie den Speicher des Taschenrechners nach weiteren Schriftarten durchsuchen, die Sie eventuell selbst erstellt oder auf den Taschenrechner heruntergeladen haben.

Üben Sie das Ändern der Schriftart in die Schriftgrößen 7 und 6. Drücken Sie die Softmenütaste **OK**, um die Auswahl zu übernehmen. Nachdem Sie eine Schriftart ausgewählt haben, drücken Sie die Softmenütaste **OK**, um zur Eingabemaske CALCULATOR MODES zurückzukehren. Um an dieser Stelle zum normalen Display des Taschenrechners zurückzukehren, drücken Sie die Softmenütaste **OK** erneut, und beachten Sie, wie sich die Anzeige des Stacks entsprechend der neuen Schriftart ändert.

### Auswählen der Eigenschaften des Zeileneditors

Drücken Sie zunächst die Taste  $\text{MODE}$ , um die Eingabemaske CALCULATOR MODES zu aktivieren. Drücken Sie in der Eingabemaske CALCULATOR MODES die Softmenütaste  $\text{DISP}$  ( $F4$ ), um die Eingabemaske DISPLAY MODES anzuzeigen. Drücken Sie einmal die Nach-Unten-Taste  $\nabla$ , um zur Zeile *Edit* zu gelangen. Diese Zeile weist drei Eigenschaften auf, die geändert werden können. Wenn diese Eigenschaften ausgewählt (mit einem Häkchen versehen) sind, sind folgende Effekte aktiviert:

- |                   |   |
|-------------------|---|
| <i>_Small</i>     | Die Schriftgröße wird verkleinert   |
| <i>_Full page</i> | Ermöglicht das Verschieben des Cursors an das Zeilenende                  |
| <i>_Indent</i>    | Automatischer Zeileneinzug des Cursors, wenn eine Zeilenschaltung erfolgt |

Anweisungen zur Verwendung des Zeileneditors finden Sie in Kapitel 2 dieser Bedienungsanleitung.

### **Auswählen der Eigenschaften des Stacks**

Drücken Sie zunächst die Taste  $\text{MODE}$ , um die Eingabemaske CALCULATOR MODES zu aktivieren. Drücken Sie in der Eingabemaske CALCULATOR MODES die Softmenütaste  $\text{DISP}$  ( $F4$ ), um die Eingabemaske DISPLAY MODES anzuzeigen. Drücken Sie einmal die Nach-Unten-Taste  $\nabla$ , um zur Zeile *Edit* zu gelangen. Diese Zeile weist drei Eigenschaften auf, die geändert werden können. Wenn diese Eigenschaften ausgewählt (mit einem Häkchen versehen) sind, sind folgende Effekte aktiviert:

- |                  |  |
|------------------|--|
| <i>_Small</i>    | Die Schriftart wird verkleinert. Hierdurch wird der Umfang der auf dem Bildschirm angezeigten Informationen erhöht. Beachten Sie, dass durch diese Auswahl die Auswahl für die Anzeige der Schriftart des Stacks überschrieben wird. |
| <i>_Textbook</i> | Zeigt mathematische Ausdrücke in grafischer mathematischer Notation an.  |

Um diese Einstellungen zu veranschaulichen, geben Sie im EquationWriter im algebraischen oder RPN-Modus das folgende bestimmte Integral ein:

Wenn weder *\_Small* noch *\_Textbook* ausgewählt ist, wird diese Eingabe im algebraischen Modus wie folgt dargestellt:

Wenn nur die Option *\_Small* ausgewählt ist, wird die Eingabe wie folgt dargestellt:

Wenn jedoch die Option *\_Textbook* ausgewählt (Standardwert) ist, wird die Eingabe unabhängig davon, ob die Option *\_Small* ausgewählt ist, wie folgt dargestellt:

### Auswählen der Eigenschaften für den EquationWriter (EQW)

Drücken Sie zunächst die Taste **MODE**, um die Eingabemaske CALCULATOR MODES zu aktivieren. Drücken Sie in der Eingabemaske CALCULATOR MODES die Softmenütaste (**F4**), um die Eingabemaske DISPLAY MODES anzuzeigen. Drücken Sie dreimal die Nach-Unten-Taste , um zur Zeile EQW (EquationWriter = Gleichungseditor) zu gelangen. Diese Zeile weist zwei Eigenschaften auf, die geändert werden können. Wenn diese Eigenschaften ausgewählt (mit einem Häkchen versehen) sind, sind folgende Effekte aktiviert:

- \_Small*                      Verkleinert die Schriftart während der Verwendung des Gleichungseditors
- \_Small Stack Disp*        Zeigt nach der Verwendung des Gleichungseditors eine kleine Schriftart im Stack an

Ausführliche Anweisungen zur Verwendung des Gleichungseditors (EQW) finden Sie in diesem Handbuch an anderer Stelle.

Wenn für das oben als Beispiel dargestellte Integral  $\int_0^{\infty} e^{-X} dX$  in der Eingabemaske DISPLAY MODES in der Zeile EQW die Option *\_Small Stack Disp* ausgewählt wird, wird die Eingabe wie folgt dargestellt:



## Referenz

Weitere Informationen über die in diesem Kapitel behandelten Themen finden Sie in Kapitel 1 und Anhang C der Bedienungsanleitung für den Taschenrechner.

## Kapitel 2

### Einführung in den Taschenrechner

In diesem Kapitel werden eine Anzahl von Basisoperationen des Rechners erläutert, einschließlich der Anwendung des EquationWriters und der Manipulation von Datenobjekten im Rechner. Studieren Sie die Beispiele in diesem Kapitel genau, um die Möglichkeiten des Rechners für zukünftige Anwendungen genau zu begreifen.

### Objekte des Taschenrechners

Einige der am häufigsten verwendeten Objekte sind: *reals* (reelle Zahlen, dargestellt mit Dezimalzeichen, z. B. -0,0023, 3,56), *integers* (Ganzzahlen, ohne Dezimalzeichen, z. B. 1232, -123212123), *complex numbers* (komplexe Zahlen, als geordnete Paare dargestellt, (z. B. 3,-2)), *lists* (Listen) usw. Eine Beschreibung der Objekte des Taschenrechner finden Sie in den Kapiteln 2 und 24 der Bedienungsanleitung.

### Bearbeiten der Ausdrücke im Stack

Dieser Abschnitt enthält Beispiele für das Bearbeiten von Ausdrücken direkt im Display oder im Stack des Taschenrechners.

### Erstellen von arithmetischen Ausdrücken

Für dieses Beispiel verwenden wir den algebraischen Modus und ein festes Format mit 3 Dezimalstellen für das Display. Wir geben den folgenden arithmetischen Ausdruck ein:

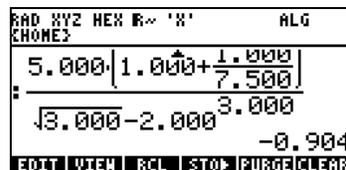
$$5.0 \cdot \frac{1.0 + \frac{1.0}{7.5}}{\sqrt{3.0} - 2.0^3}$$

Um diesen Ausdruck einzugeben, verwenden Sie folgende Tastenkombination:



Der resultierende Ausdruck lautet:  $5 \cdot (1 + 1/7,5) / (\sqrt[3]{3-2^3})$ .

Drücken Sie die Taste **ENTER**, um den Ausdruck wie folgt anzuzeigen:



Beachten Sie, dass bei der Einstellung EXACT des CAS-Moduls (siehe Anhang C in der Bedienungsanleitung) und der Eingabe von Ganzzahlen das Ergebnis als Formel angezeigt wird, z. B.:



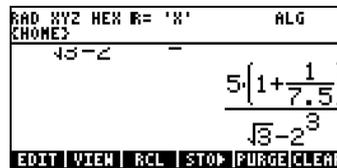
Bevor ein Ergebnis ausgegeben wird, werden Sie gebeten, den Modus in *Approx* (Rundungswerte) zu ändern. Übernehmen Sie die Änderung, um folgendes Ergebnis zu erhalten (angezeigt im Dezimalmodus *Fix* mit drei Dezimalstellen – siehe Kapitel 1):



Wenn in diesem Fall der Ausdruck direkt in den Stack eingegeben wird, versucht der Taschenrechner einen Wert zu berechnen, sobald Sie die Taste **ENTER** drücken. Wird der Ausdruck aber in Apostrophe eingegeben, gibt der Taschenrechner den Wert entsprechend der Eingabe aus. Beispiel:



Das Ergebnis wird wie folgt angezeigt:



Um den Ausdruck zu berechnen, können wir die Funktion EVAL wie folgt verwenden:

**EVAL** **↵** **ANS** **↵** **ENTER**

Wenn das CAS-Modul auf *Exact* gesetzt ist, werden Sie gebeten, das Ändern der CAS-Einstellung in *Approx* zu bestätigen. Wenn dies erfolgt ist, erhalten Sie das gleiche Ergebnis wie zuvor.

Eine andere Möglichkeit zum Berechnen des zuvor in Anführungszeichen eingegebenen Ausdrucks besteht im Verwenden der Option **→NUM**.

Wir geben nun den oben verwendeten Ausdruck ein, während der Taschenrechner im RPN-Modus ist. Wir setzen das CAS-Modul auf *Exact* und das Display auf *Textbook* und das Zahlenformat auf Standard. Die Tastenkombination zur Eingabe des Ausdrucks zwischen Anführungszeichen ist die gleiche wie zuvor, d. h.

**'** **5** **×** **↵** **()** **/** **+** **/** **÷** **7** **.** **5** **▶** **÷**  
**↵** **()** **√x** **3** **-** **2** **y<sup>x</sup>** **3** **ENTER**

Dies ergibt die folgende Ausgabe:



Drücken Sie die Taste  $\text{ENTER}$  erneut, um zwei Kopien des Ausdrucks zur Berechnung im Stack zu behalten. Zunächst berechnen wir den Ausdruck mit der Funktion  $\text{EVAL}$  und anschließend mit der Funktion  $\rightarrow\text{NUM}$ :  $\text{EVAL}$ .

Dieser Ausdruck enthält Symbolelemente, da das Ergebnis Fließkommakomponenten und  $\sqrt{3}$  enthält. Anschließend verwenden wir eine andere Position [mit  $\text{▶}$ ] im Stack und führen die Berechnung mit der Funktion  $\rightarrow\text{NUM}$ , d. h.,  $\text{▶}$   $\text{▶}$   $\rightarrow\text{NUM}$  durch.

Das letzte Ergebnis ist rein numerisch, so dass die Ergebnisse im Stack unterschiedlich dargestellt werden, obwohl sie den gleichen Ausdruck darstellen. Um sicherzustellen, dass die beiden Ergebnisse gleich sind, subtrahieren wir den einen Wert vom anderen und berechnen diese Differenz mit der Funktion  $\text{EVAL}$ :  $\text{—}$   $\text{EVAL}$ . Das Ergebnis ist Null (0).

Weitere Informationen über das Bearbeiten arithmetischer Ausdrücke im Display oder Stack finden Sie in Kapitel 2 der Bedienungsanleitung.

## Erstellen von algebraischen Ausdrücken

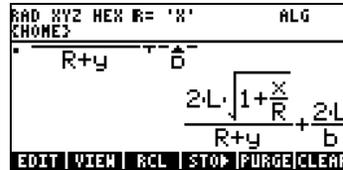
Algebraische Ausdrücke enthalten nicht nur Zahlen, sondern auch Namen von Variablen. Als Beispiel geben wir folgenden algebraischen Ausdruck ein:

$$\frac{2L\sqrt{1+\frac{x}{R}}}{R+y} + 2\frac{L}{b}$$

Wir setzen den Betriebsmodus des Taschenrechners auf *Algebraic*, CAS auf *Exact* und das Display auf *Textbook*. Um diesen algebraischen Ausdruck einzugeben, verwenden wir folgende Tastenkombination:

$\text{⏏}$   $\text{2}$   $\text{×}$   $\text{ALPHA}$   $\text{L}$   $\text{×}$   $\text{√x}$   $\text{↵}$   $\text{(}$   $\text{1}$   $\text{+}$   $\text{ALPHA}$   $\text{↵}$   $\text{X}$   $\text{÷}$   $\text{ALPHA}$   $\text{R}$   $\text{▶}$   $\text{÷}$   $\text{↵}$   
 $\text{(}$   $\text{ALPHA}$   $\text{R}$   $\text{+}$   $\text{ALPHA}$   $\text{↵}$   $\text{Y}$   $\text{▶}$   $\text{+}$   $\text{2}$   $\text{×}$   $\text{ALPHA}$   $\text{L}$   $\text{÷}$   $\text{ALPHA}$   $\text{↵}$   $\text{B}$

Drücken Sie  $\text{ENTER}$ , um folgendes Ergebnis zu erhalten:



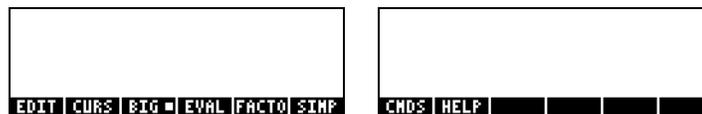
Die Eingabe dieses Eindrucks im RPN-Modus ist mit der Eingabe im Modus *Algebraic* identisch.

Weitere Informationen über die Bearbeitung arithmetischer Ausdrücke im Display oder Stack finden Sie in Kapitel 2 der Bedienungsanleitung.

## Verwenden des EquationWriters (EQW) zum Erstellen von Ausdrücken

Der EquationWriter ist ein äußerst leistungsstarkes Tool, mit dem Sie nicht nur Gleichungen eingeben und anzeigen, sondern auch Funktionen ändern und auf einen Teil der Gleichung oder die ganze Gleichung anwenden können.

Der EquationWriter wird durch Drücken der Tastenkombination  $\boxed{\rightarrow}$  *EQW* aufgerufen (die dritte Taste in der vierten Reihe von oben). Das Display wird anschließend wie folgt dargestellt. Drücken Sie die Taste  $\boxed{NXT}$ , um die zweite Menüseite anzuzeigen.



Mit den sechs Softmenütasten für den EquationWriter werden die Funktionen EDIT, CURS, BIG, EVAL, FACTOR, SIMPLIFY, CMDS und HELP aktiviert. Ausführliche Informationen über diese Funktionen finden Sie in Kapitel 3 der Bedienungsanleitung.

## Erstellen von arithmetischen Ausdrücken

Die Eingabe von arithmetischen Ausdrücken in den EquationWriter ist fast mit der Eingabe von arithmetischen Ausdrücken in Anführungszeichen in den

Stack identisch. Der Hauptunterschied besteht darin, dass die in den EquationWriter eingegebenen Ausdrücke wie im Stil von „textbook“ und nicht zeilenweise eingegeben werden. Probieren Sie beispielsweise die Eingabe folgender Tastenkombination auf dem Bildschirm des EquationWriters aus:

$\boxed{5} \boxed{\div} \boxed{5} \boxed{+} \boxed{2}$

Das Ergebnis ist der Ausdruck

The calculator display shows the fraction  $\frac{5}{5+2}$ . Below the display is a menu bar with the following options: EDIT, CURS, BIG, EVAL, FACTO, SIMP. A cursor, represented by a left-pointing arrow, is positioned at the end of the denominator '2'.

Der Cursor wird als ein nach links gerichteter Pfeil angezeigt. Der Cursor zeigt die derzeitige Bearbeitungsposition an. Geben Sie beispielsweise an der oben abgebildeten Cursorposition Folgendes ein:

$\boxed{\times} \boxed{\leftarrow} \boxed{\frac{1}{3}} \boxed{5} \boxed{+} \boxed{1} \boxed{\div} \boxed{3}$

Der bearbeitete Ausdruck wird wie folgt dargestellt:

The calculator display shows the fraction  $\frac{5}{5+2 \cdot \left(5+\frac{1}{3}\right)}$ . Below the display is a menu bar with the following options: EDIT, CURS, BIG, EVAL, FACTO, SIMP. A cursor, represented by a left-pointing arrow, is positioned at the end of the inner denominator '3'.

Angenommen, Sie möchten den Ausdruck im Nenner in der Klammer ändern, also  $(5+1/3)$  durch  $(5+\pi^2/2)$  ersetzen. Zunächst verwenden wir die Löschtaste ( $\leftarrow$ ), um den Ausdruck  $1/3$  zu löschen, und ersetzen anschließend diesen Bruch durch  $\pi^2/2$ :

$\boxed{\leftarrow} \boxed{\leftarrow} \boxed{\leftarrow} \boxed{\leftarrow} \boxed{\pi} \boxed{\frac{\square}{\square}} \boxed{2}$

Nun wird das Display wie folgt dargestellt:

$$\frac{5}{5+2 \cdot (5+\pi^2)}$$

Um den Nenner 2 in den Ausdruck einzufügen, müssen wir den gesamten Ausdruck  $\pi^2$  markieren. Hierzu drücken wir einmal die Nach-Rechts-Taste (▶). An dieser Stelle fügen wir folgende Tastenkombination ein:

$$\div \quad 2$$

Der Ausdruck wird nun wie folgt dargestellt:

$$\frac{5}{5+2 \cdot \left(5+\frac{\pi^2}{2}\right)}$$

Angenommen, Sie möchten dem gesamten Ausdruck den Bruch  $1/3$  hinzufügen, d. h., Sie möchten folgenden Ausdruck eingeben:

$$\frac{5}{5+2 \cdot \left(5+\frac{\pi^2}{2}\right)} + \frac{1}{3}$$

Zunächst müssen wir den gesamten ersten Ausdruck entweder mit der Nach-Rechts-Taste (▶) oder der Nach-Oben-Taste (▲) markieren und diesen Vorgang mehrmals wiederholen, bis der gesamte Ausdruck markiert ist, also siebenmal. Das Ergebnis sieht wie folgt aus:

$$\frac{5}{5+2 \cdot \left(5+\frac{\pi^2}{2}\right)}$$



$$\frac{2}{\sqrt{3}} \cdot x + e^{-\lambda} \cdot \ln\left(\frac{x+2 \cdot \Delta y}{\theta \cdot \frac{1}{3^4}}\right)$$

EDIT CURS SIG EVAL FACTO SIMP

In diesem Beispiel haben wir mehrere lateinische Kleinbuchstaben verwendet, z. B.  $x$  (ALPHA  $\leftarrow$  X), mehrere griechische Buchstaben, z. B.  $\lambda$  (ALPHA  $\rightarrow$  NI), aber auch eine Kombination aus lateinischen und griechischen Buchstaben, nämlich  $\Delta y$  (ALPHA  $\rightarrow$  C ALPHA  $\leftarrow$  Y). Beachten Sie, dass Sie die Tastenkombination (ALPHA  $\leftarrow$ ), gefolgt vom einzugebenden Buchstaben, verwenden müssen, um einen lateinischen Kleinbuchstaben einzugeben. Sie können stattdessen auch stets mithilfe des Menüs CHARS ( $\rightarrow$  CHARS) Sonderzeichen eingeben, wenn Sie die erforderliche Tastenkombination nicht auswendig lernen möchten. In Anhang D der Bedienungsanleitung finden Sie eine Auflistung häufig verwendeter Tastenkombinationen mit (ALPHA  $\rightarrow$ ).

Weitere Informationen über das Ändern, Berechnen, Vereinfachen von algebraischen Ausdrücken und die Verwendung von Klammern in algebraischen Ausdrücken finden Sie in Kapitel 2 der Bedienungsanleitung.

## Strukturieren der Daten im Taschenrechner

Sie können Daten im Taschenrechner strukturieren, indem Sie Variablen in einem Verzeichnisbaum speichern. Die Basis des Verzeichnisbaums des Taschenrechners ist das Verzeichnis HOME, das im Anschluss beschrieben wird.

### Das Verzeichnis HOME

Um das Verzeichnis HOME aufzurufen, drücken Sie die Funktion UPDIR ( $\leftarrow$  UPDIR), und wiederholen Sie diesen Vorgang ggf., bis in der zweiten Zeile des Displays {HOME} angezeigt wird. Stattdessen können Sie auch ( $\leftarrow$ ) (gedrückt halten) UPDIR verwenden. In diesem Beispiel enthält das Verzeichnis HOME nur das Verzeichnis CASDIR. Durch Drücken der Taste (VAR) werden die Variablen auf den Softmenütasten angezeigt:



## Unterverzeichnisse

Um Ihre Daten in einem gut strukturierten Verzeichnisbaum zu speichern, können Sie im Verzeichnis HOME Unterverzeichnisse anlegen und weitere Unterverzeichnisse in diesen Unterverzeichnissen, so dass Sie eine mit Verzeichnissen moderner Computer vergleichbare Hierarchie erstellen. Die Namen der Unterverzeichnisse sollten Aufschluss über ihren Inhalt geben, Sie können aber auch willkürliche Namen verwenden. Weitere Informationen über das Bearbeiten von Verzeichnissen finden Sie in Kapitel 2 der Bedienungsanleitung.

## Variablen

Variablen sind mit Dateien auf der Festplatte eines Computers vergleichbar. In einer Variablen wird ein einziges Objekt gespeichert (numerische Werte, algebraische Ausdrücke, Listen, Vektoren, Matrizen, Programme usw.). Variablen werden über ihre Namen aufgerufen, die aus einer beliebigen Kombination von Buchstaben und Zahlen bestehen können, doch das erste Zeichen muss ein Buchstabe (lateinisch oder griechisch) sein. Einige nichtalphabetische Zeichen, z. B. der Pfeil ( $\rightarrow$ ), können im Variablennamen verwendet werden, wenn sie mit einem alphabetischen Zeichen kombiniert werden. Somit ist ' $\rightarrow A$ ' ein gültiger Name für eine Variable, ' $\rightarrow$ ' hingegen nicht. Gültige Variablennamen sind beispielsweise 'A', 'B', 'a', 'b', ' $\alpha$ ', ' $\beta$ ', 'A1', 'AB12', ' $\rightarrow A12$ ', 'Vel', 'ZO', 'z1' usw.

Variablen dürfen nicht denselben Namen wie eine Funktion des Taschenrechners besitzen. Einige der reservierten Variablennamen des Taschenrechners lauten: ALRMDAT, CST, EQ, EXPR, IERR, IOPAR, MAXR, MINR, PICT, PPAR, PRTPAR, VPAR, ZPAR, der\_, e, i, n1, n2, ..., s1, s2, ...,  $\Sigma$ DAT,  $\Sigma$ PAR,  $\pi$ ,  $\infty$

Variablen können in Unterverzeichnissen angeordnet werden (siehe Kapitel 2 der Bedienungsanleitung).

## Eingeben von Variablenamen

Um Namen für Variablen festzulegen, müssen Sie eine Buchstabenzeichenfolge auf einmal eingeben, die mit Zahlen kombiniert werden können. Um Buchstabenzeichenfolgen einzugeben, arretieren Sie die alphabetische Tastatur wie folgt:

$\text{[ALPHA] [ALPHA]}$  arretiert die Großschreibung für die alphabetische Tastatur. Wenn die Tastatur auf diese Weise arretiert ist, können Sie Kleinbuchstaben eingeben, indem Sie die Taste  $\text{[↵]}$  vor Eingabe des Buchstabens drücken. Durch Drücken der Taste  $\text{[→]}$  vor Eingabe des Buchstabens geben Sie Sonderzeichen ein. Wenn die Großschreibung für die alphabetische Tastatur bereits arretiert ist, können Sie mit der Tastenkombination  $\text{[↵] [ALPHA]}$  die Kleinschreibung arretieren.

$\text{[ALPHA] [ALPHA] [↵] [ALPHA]}$  arretiert die Kleinschreibung für die alphabetische Tastatur. Wenn die Tastatur auf diese Weise arretiert ist, können Sie Großbuchstaben eingeben, indem Sie die Taste  $\text{[↵]}$  vor Eingabe des Buchstabens drücken. Um die Arretierung der Kleinschreibung aufzuheben, drücken Sie  $\text{[↵] [ALPHA]}$ .

Um die Arretierung der Großschreibung aufzuheben, drücken Sie  $\text{[ALPHA]}$ .

Führen Sie folgende Übungen durch:

$\text{[↵] [ALPHA] [ALPHA] [M] [A] [T] [H] [ENTER]}$   
 $\text{[↵] [ALPHA] [ALPHA] [M] [↵] [A] [↵] [T] [↵] [H] [ENTER]}$   
 $\text{[↵] [ALPHA] [ALPHA] [M] [↵] [ALPHA] [A] [T] [↵] [H] [ENTER]}$

Auf dem Bildschirm des Taschenrechners wird Folgendes angezeigt (links Modus *Algebraic*, rechts *RPN*-Modus):

<pre> RAD XYZ HEX R= 'X' CHOME3 MATH :'Math' Math :'MatH' Math EDIT VIEW RCL STO&gt; PURGE/CLEAR         </pre>	<pre> RAD XYZ HEX R= 'X' CHOME3 0: 1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8: 9: :'MATH' :'Math' :'MatH' EDIT VIEW RCL STO&gt; PURGE/CLEAR         </pre>
---	--

## Erstellen von Variablen

Variablen werden am einfachsten mit der Taste  $\text{STO}$  erstellt. In den folgenden Beispielen werden die in der Tabelle unten aufgelisteten Variablen gespeichert (Drücken Sie ggf. die Taste  $\text{VAR}$ , um das Variablenmenü anzuzeigen):

<b>Name</b>	<b>Inhalt</b>	<b>Typ</b>
$\alpha$	-0.25	reell
A12	$3 \times 10^5$	reell
Q	'r/(m+r)'	algebraisch
R	[3,2,1]	Vektor
z1	3+5i	komplex
p1	$\ll \rightarrow r \cdot \pi \cdot r^2 \gg$	Programm

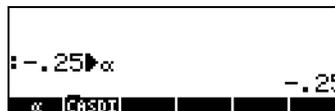
- **Algebraischer Modus**

Um den Wert -0,25 in einer Variablen  $\alpha$  zu speichern:

$0 \cdot 2 5 \text{ +/- } \text{STO} \text{ ALPHA } \rightarrow \text{A}$ . An dieser Stelle sieht das Display wie folgt aus:



Drücken Sie  $\text{ENTER}$ , um die Variable zu erstellen. Der Variablenname wird nun als Softmenütastenbeschriftung angezeigt:



Im Folgenden werden die Tastenkombinationen zur Eingabe der restlichen Variablen dargestellt:



erstellen. Der Variablenname wird nun als Softmenütastenbeschriftung angezeigt.



Zum Eingeben des Wertes  $3 \times 10^5$  in A12 kann auch ein kürzeres Verfahren verwendet werden:  $\boxed{3} \boxed{EEX} \boxed{5} \boxed{,} \boxed{ALPHA} \boxed{A} \boxed{/} \boxed{2} \boxed{ENTER} \boxed{STO} \blacktriangleright$

Es folgt eine Methode zum Eingeben des Inhalts von Q:

Q:  $\boxed{,} \boxed{ALPHA} \boxed{\leftarrow} \boxed{R} \boxed{\div} \boxed{\leftarrow} \boxed{/} \boxed{ALPHA} \boxed{\leftarrow} \boxed{M} \boxed{+} \boxed{ALPHA} \boxed{\leftarrow} \boxed{R} \boxed{\blacktriangleright} \boxed{\blacktriangleright} \boxed{,} \boxed{ALPHA} \boxed{Q} \boxed{ENTER} \boxed{STO} \blacktriangleright$

Zum Eingeben eines Wertes für R kann auch ein kürzeres Verfahren verwendet werden:

R:  $\boxed{\leftarrow} \boxed{/} \boxed{3} \boxed{SPC} \boxed{2} \boxed{SPC} \boxed{/} \boxed{\blacktriangleright} \boxed{,} \boxed{STO} \blacktriangleright$

Beachten Sie, dass im RPN-Modus die Elemente eines Vektors durch die Leertaste ( $\boxed{SPC}$ ) und nicht durch das im algebraischen Modus verwendete Komma ( $\boxed{,}$ ) getrennt werden.

z1:  $\boxed{,} \boxed{3} \boxed{+} \boxed{5} \boxed{\times} \boxed{\leftarrow} \boxed{j} \boxed{,} \boxed{ALPHA} \boxed{\leftarrow} \boxed{Z} \boxed{/} \boxed{STO} \blacktriangleright$

p1:  $\boxed{\rightarrow} \boxed{\ll} \boxed{\gg} \boxed{\rightarrow} \boxed{\rightarrow} \boxed{ALPHA} \boxed{\leftarrow} \boxed{R} \boxed{,} \boxed{\leftarrow} \boxed{\pi} \boxed{\times} \boxed{ALPHA} \boxed{\leftarrow} \boxed{R} \boxed{y^x} \boxed{2} \boxed{\blacktriangleright} \boxed{\blacktriangleright} \boxed{\blacktriangleright} \boxed{,} \boxed{ALPHA} \boxed{\leftarrow} \boxed{P} \boxed{/} \boxed{\blacktriangleright} \boxed{ENTER} \boxed{STO} \blacktriangleright .$

An dieser Stelle sieht das Display wie folgt aus:



Sechs der sieben Variablen werden um unteren Rand des Bildschirms angezeigt:  $p1, z1, R, Q, A12, \alpha$ .

## Überprüfen des Inhalts von Variablen

Der Inhalt einer Variablen wird am einfachsten durch Drücken der Softmenütastenbeschriftung für diese Variable angezeigt. Für die oben aufgelisteten Variablen können Sie beispielsweise die folgenden Tasten drücken, um den Inhalt der Variablen anzuzeigen:

### Algebraischer Modus

Drücken Sie die Tastenkombination: **VAR** **z1** **ENTER** **R** **ENTER** **Q** **ENTER**. An dieser Stelle sieht der Bildschirm wie folgt aus:



### RPN-Modus

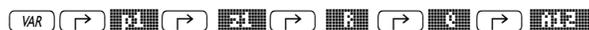
Im RPN-Modus müssen Sie nur die entsprechende Softmenütaste drücken, um den Inhalt einer numerischen oder algebraischen Variablen abzurufen. Im vorliegenden Fall können wir den Inhalt der oben erstellten Variablen z1, R, Q, A12, α, wie folgt anzeigen: **VAR** **z1** **R** **Q** **A12** **α**

An dieser Stelle sieht das Display wie folgt aus:



### Drücken der Nach-Rechts-Taste und anschließend der entsprechenden Softmenütastenbeschriftungen

Diese Methode zum Anzeigen des Variableninhalts ist im algebraischen und RPN-Modus identisch. Führen Sie die folgenden Beispiele in beiden Modi aus:



Nach obiger Eingabe sieht der Bildschirm wie folgt aus (algebraischer Modus links und RPN-Modus rechts):

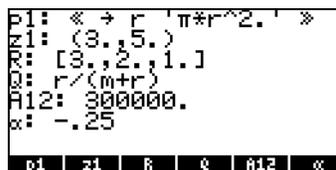


Beachten Sie, dass in diesem Fall der Inhalt des Programms p1 angezeigt wird. Um die noch verbleibenden Variablen in diesem Verzeichnis anzuzeigen, gehen Sie folgendermaßen vor:



### Auflisten des Inhalts aller Variablen auf dem Bildschirm

Verwenden Sie die Tastenkombination um den Inhalt aller Variablen auf dem Bildschirm aufzulisten. Beispiel:



Drücken Sie die Taste , um zum normalen Display des Taschenrechners zurückzukehren.

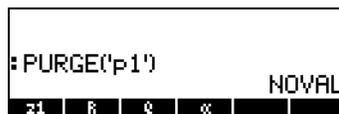
### Löschen von Variablen

Variablen werden am einfachsten mit der Funktion PURGE gelöscht. Auf diese Funktion wird direkt über das Menü TOOL () oder das Menü FILES () zugegriffen.

### Verwenden der Funktion PURGE im Stack im algebraischen Modus

Unsere Variablenliste enthält die Variablen p1, z1, Q, R und α. Wir löschen die Variable p1 mit dem Befehl PURGE. Drücken Sie

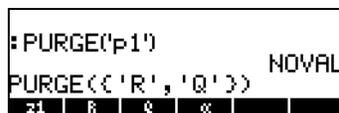
**ENTER** . Auf dem Bildschirm wird nun angezeigt, dass Variable *p1* entfernt wurde:



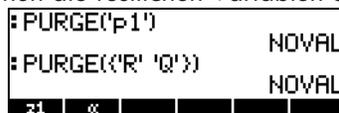
Mit dem Befehl PURGE können Sie mehrere Variablen löschen, indem Sie deren Namen in einer Liste in das Argument von PURGE einfügen. Wenn wir beispielsweise die Variablen R und Q gleichzeitig löschen möchten, können wir folgendes Verfahren verwenden. Geben Sie Folgendes ein:



Auf dem Bildschirm wird nun folgender Befehl angezeigt, der ausgeführt werden kann:



Um den Löschvorgang für die Variable abzuschließen, drücken Sie **ENTER** . Auf dem Bildschirm werden nun die restlichen Variablen angezeigt:



### Anwenden der Funktion PURGE im Stack im RPN-Modus

Angenommen, unsere Liste enthält die Variablen *p1*, *z1*, *Q*, *R* und *alpha*. Wir verwenden den Befehl PURGE, um die Variable *p1* zu löschen. Drücken Sie **( )** **MATRIX** **ENTER** **TOOL** **MATRIX**. Auf dem Bildschirm wird nun angezeigt, dass Variable *p1* entfernt wurde.



Um zwei Variablen gleichzeitig zu löschen, z. B. die Variablen R und Q, erstellen Sie zunächst eine Liste (im RPN-Modus müssen die Elemente der Liste nicht wie im algebraischen Modus durch Kommas getrennt werden):



Drücken Sie anschließend **TOOL** , um die Variablen zu löschen.

Weitere Informationen über das Bearbeiten von Variablen finden Sie in Kapitel 2 der Bedienungsanleitung.

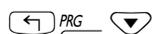
## Die Funktionen UNDO und CMD

Die Verwendung der Funktionen UNDO und CMD bietet sich an, wenn Sie kürzlich gelöschte Befehle wiederherstellen oder im Fall eines Fehlers eine Operation rückgängig machen möchten. Diese Funktionen sind der Taste HIST zugeordnet: UNDO wird durch die Tastenkombination  **UNDO** aufgerufen, während CMD durch die Tastenkombination  **CMD** aufgerufen wird.

## CHOOSE boxes und Soft MENU

In einigen Beispielen dieses Kapitels wurden Menülisiten mit Befehlen auf dem Bildschirm angezeigt. Diese Menülisiten werden als *CHOOSE boxes* (Auswahlfelder) bezeichnet. Im Folgenden wird anhand eines Beispiels das Wechseln zwischen CHOOSE boxes und Soft MENU veranschaulicht.

Wenn auch nicht auf ein bestimmtes Beispiel beschränkt, enthält das vorliegende Beispiel zwei Optionen für Menüs im Taschenrechner (*CHOOSE boxes* und *Soft MENU*). In diesem Beispiel wenden wir den Befehl ORDER an, um die Variablen in einem Verzeichnis neu anzuordnen, im ALG-Modus:



Menüliste PROG anzeigen und MEMORY auswählen





Menüliste MEMORY anzeigen und DIRECTORY auswählen



Menüliste DIRECTORY anzeigen und ORDER auswählen

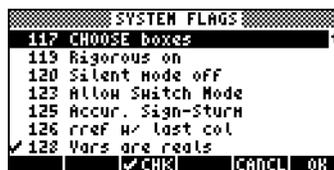


Befehl ORDER aktivieren

Eine andere Methode für den Zugriff auf diese Menüs über die Tasten von *Soft MENU* besteht darin, das Systemflag 117 festzulegen. (Weitere Informationen über Flags finden Sie in Kapitel 2 und 24 der Bedienungsanleitung.) Um dieses Flag festzulegen, geben Sie Folgendes ein:



Auf dem Bildschirm ist Flag 117 nicht festgelegt (*CHOOSE boxes*):



Drücken Sie die Softmenütaste  um Flag 117 auf *Soft MENU* zu setzen. Auf dem Bildschirm wird diese Änderung angezeigt:



Drücken Sie die Taste  zweimal, um zum normalen Display des Taschenrechners zurückzukehren.

Nun versuchen wir, den Befehl ORDER mit einer ähnlichen Eingabe wie der oben verwendeten aufzurufen, d. h., wir beginnen mit  **PRG**. Beachten Sie, dass anstelle einer Menüliste Softmenütastenbeschriftungen mit den verschiedenen Optionen für das Menü PROG angezeigt werden, d. h.



Drücken Sie , um das Softmenü MEMORY () auszuwählen. Das Display enthält nun folgende Elemente:



Drücken Sie , um das Softmenü DIRECTORY () auszuwählen.



Der Befehl ORDER wird auf diesem Bildschirm nicht angezeigt. Wir suchen ihn mithilfe der Taste :



Um den Befehl ORDER zu aktivieren, drücken wir die Softmenütaste  ()

## Referenz

Weitere Informationen über die Eingabe und Bearbeitung von Ausdrücken im Display oder im EquationWriter finden Sie in Kapitel 2 der Bedienungsanleitung. Informationen über die Einstellungen des CAS-Moduls (Computer Algebraic System, algebraisches Computersystem) finden Sie im Anhang C der Bedienungsanleitung. Weitere Informationen über Flags finden Sie in Kapitel 24 der Bedienungsanleitung.

## Kapitel 3

### Berechnungen mit reellen Zahlen

In diesem Kapitel wird die Verwendung des Taschenrechners für Operationen und Funktionen im Zusammenhang mit reellen Zahlen erläutert. Der Benutzer sollte mit der Tastatur vertraut sein, um bestimmte über die Tastatur verfügbare Funktionen erkennen zu können (z. B. SIN, COS, TAN usw.) Es wird auch vorausgesetzt, dass der Benutzer weiß, wie der Betriebsmodus des Taschenrechners geändert (Kapitel 1), Menüs verwendet, Felder ausgewählt (Kapitel 1) und Variablen eingesetzt werden (Kapitel 2).

### Beispiele für Berechnungen mit reellen Zahlen

Um Berechnungen mit reellen Zahlen durchzuführen, sollte das CAS-Modul auf den Modus *Real* (und nicht *Complex*) gesetzt sein. Der Modus *Exact* ist der Standardmodus für die meisten Berechnungen. Deshalb sollten Sie die Berechnungen in diesem Modus beginnen.

Im Folgenden werden einige Operationen mit reellen Zahlen veranschaulicht:

- Verwenden Sie die Taste  $\boxed{+/-}$ , um das Vorzeichen einer Zahl zu ändern.  
Beispiel für den ALG-Modus:  $\boxed{+/-} \boxed{2} \boxed{\cdot} \boxed{5} \boxed{ENTER}$   
Beispiel für den RPN-Modus:  $\boxed{2} \boxed{\cdot} \boxed{5} \boxed{+/-}$
- Verwenden Sie die Taste  $\boxed{1/x}$ , um den Kehrwert einer Zahl zu berechnen.  
Beispiel für den ALG-Modus:  $\boxed{1/x} \boxed{2} \boxed{ENTER}$ .  
Beispiel für den RPN-Modus:  $\boxed{4} \boxed{ENTER} \boxed{1/x}$ .
- Verwenden Sie für Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division die jeweils entsprechende Operatortaste, und zwar  $\boxed{+}$   $\boxed{-}$   $\boxed{\times}$   $\boxed{\div}$ .

Beispiele für den ALG-Modus:

$$\begin{array}{cccccccccccc} \boxed{3} & \boxed{\cdot} & \boxed{7} & \boxed{+} & \boxed{5} & \boxed{\cdot} & \boxed{2} & \boxed{ENTER} \\ \boxed{6} & \boxed{\cdot} & \boxed{3} & \boxed{-} & \boxed{8} & \boxed{\cdot} & \boxed{5} & \boxed{ENTER} \end{array}$$

$\boxed{4} \boxed{\cdot} \boxed{2} \boxed{\times} \boxed{2} \boxed{\cdot} \boxed{5} \boxed{\text{ENTER}}$   
 $\boxed{2} \boxed{\cdot} \boxed{3} \boxed{\div} \boxed{4} \boxed{\cdot} \boxed{5} \boxed{\text{ENTER}}$

Beispiele für den RPN-Modus:

$\boxed{3} \boxed{\cdot} \boxed{7} \boxed{\text{ENTER}} \boxed{5} \boxed{\cdot} \boxed{2} \boxed{+}$   
 $\boxed{6} \boxed{\cdot} \boxed{3} \boxed{\text{ENTER}} \boxed{8} \boxed{\cdot} \boxed{5} \boxed{-}$   
 $\boxed{4} \boxed{\cdot} \boxed{2} \boxed{\text{ENTER}} \boxed{2} \boxed{\cdot} \boxed{5} \boxed{\times}$   
 $\boxed{2} \boxed{\cdot} \boxed{3} \boxed{\text{ENTER}} \boxed{4} \boxed{\cdot} \boxed{5} \boxed{\div}$

Im RPN-Modus können Sie stattdessen auch die Operanden durch ein Leerzeichen ( $\boxed{\text{SPC}}$ ) trennen, bevor Sie die Operatortaste drücken.

Beispiele:

$\boxed{3} \boxed{\cdot} \boxed{7} \boxed{\text{SPC}} \boxed{5} \boxed{\cdot} \boxed{2} \boxed{+}$   
 $\boxed{6} \boxed{\cdot} \boxed{3} \boxed{\text{SPC}} \boxed{8} \boxed{\cdot} \boxed{5} \boxed{-}$   
 $\boxed{4} \boxed{\cdot} \boxed{2} \boxed{\text{SPC}} \boxed{2} \boxed{\cdot} \boxed{5} \boxed{\times}$   
 $\boxed{2} \boxed{\cdot} \boxed{3} \boxed{\text{SPC}} \boxed{4} \boxed{\cdot} \boxed{5} \boxed{\div}$

- Mit Klammern ( $\boxed{\leftarrow} \boxed{)} \underline{\quad}$ ) können Sie Operationen in Gruppen zusammenfassen oder auch Funktionsargumente einschließen.

Im ALG-Modus:

$\boxed{\leftarrow} \boxed{)} \underline{\quad} \boxed{5} \boxed{+} \boxed{3} \boxed{\cdot} \boxed{2} \boxed{\rightarrow} \boxed{\div} \boxed{\leftarrow} \boxed{)} \underline{\quad} \boxed{7} \boxed{-}$   
 $\boxed{2} \boxed{\cdot} \boxed{2} \boxed{\text{ENTER}}$

Im RPN-Modus sind Klammern nicht erforderlich, die Berechnung erfolgt direkt im Stack:

$\boxed{5} \boxed{\text{ENTER}} \boxed{3} \boxed{\cdot} \boxed{2} \boxed{\text{ENTER}} \boxed{+} \boxed{7} \boxed{\text{ENTER}} \boxed{2} \boxed{\cdot} \boxed{2} \boxed{\text{ENTER}} \boxed{-} \boxed{\div}$

Wenn Sie im RPN-Modus den Ausdruck zwischen Apostrophen, können Sie ihn wie im algebraischen Modus eingeben:

$\boxed{\text{'}} \boxed{\leftarrow} \boxed{)} \underline{\quad} \boxed{5} \boxed{+} \boxed{3} \boxed{\cdot} \boxed{2} \boxed{\rightarrow} \boxed{\div}$   
 $\boxed{\leftarrow} \boxed{)} \underline{\quad} \boxed{7} \boxed{-} \boxed{2} \boxed{\cdot} \boxed{2} \boxed{\text{ENTER}} \boxed{\text{EVAL}}$

Sowohl im ALG-Modus als auch im RPN-Modus kann der EquationWriter verwendet werden:

$\rightarrow$  EQW 5 + 3  $\cdot$  2  $\rightarrow$   $\div$  7 - 2  $\cdot$  2

Der Ausdruck kann im EquationWriter berechnet werden, indem Sie Folgendes eingeben:

$\uparrow$   $\uparrow$   $\uparrow$   $\uparrow$  EQW or,  $\rightarrow$   $\uparrow$  EQW

- Die Funktion für absolute Werte ABS kann über  $\leftarrow$  ABS aufgerufen werden.

Beispiel für den ALG-Modus:

$\leftarrow$  ABS +/- 2  $\cdot$  3 2 ENTER

Beispiel für den RPN-Modus:

2  $\cdot$  3 2 +/-  $\leftarrow$  ABS

- Die Quadratfunktion SQ kann über  $\leftarrow$   $x^2$  aufgerufen werden.

Beispiel für den ALG-Modus:

$\leftarrow$   $x^2$  +/- 2  $\cdot$  3 ENTER

Beispiel für den RPN-Modus:

2  $\cdot$  3 +/-  $\leftarrow$   $x^2$

Die Quadratwurzelfunktion  $\sqrt{\quad}$  kann über die Taste R aufgerufen werden. Bei Stack-Berechnungen im ALG-Modus geben Sie die Funktion vor dem Argument ein, z. B.:

$\sqrt{x}$  / 2 3  $\cdot$  4 ENTER

Im RPN-Modus geben Sie zuerst die Zahl und dann die Funktion ein, z. B.:

1 2 3  $\cdot$  4  $\sqrt{x}$

- Die Potenzfunktion  $^x$  wird über die Taste  $\boxed{y^x}$  aufgerufen. Bei Stack-Berechnungen im ALG-Modus geben Sie die Basis (y) ein, drücken anschließend die Taste  $\boxed{y^x}$ , und geben dann den Exponenten (x) ein, z. B.:

$\boxed{5} \boxed{\cdot} \boxed{2} \boxed{y^x} \boxed{1} \boxed{\cdot} \boxed{2} \boxed{5} \boxed{\text{ENTER}}$

- Im RPN-Modus geben Sie zuerst die Zahl und dann die Funktion ein, z. B.:

$\boxed{5} \boxed{\cdot} \boxed{2} \boxed{\text{ENTER}} \boxed{1} \boxed{\cdot} \boxed{2} \boxed{5} \boxed{y^x}$

- Die Wurzelfunktion  $X\text{ROOT}(y,x)$  kann über die Tastenkombination  $\boxed{\rightarrow} \boxed{\sqrt[y]{x}}$  aufgerufen werden. Bei Stack-Berechnungen im ALG-Modus geben Sie die Funktion XROOT und anschließend die Argumente (y,x) durch Komma getrennt ein, z. B.:

$\boxed{\rightarrow} \boxed{\sqrt[y]{x}} \boxed{3} \boxed{\rightarrow} \boxed{,} \boxed{2} \boxed{7} \boxed{\text{ENTER}}$

Im RPN-Modus geben Sie zunächst das Argument y und dann x und anschließend den Funktionsaufruf eine, z. B.:

$\boxed{2} \boxed{7} \boxed{\text{ENTER}} \boxed{3} \boxed{\rightarrow} \boxed{\sqrt[y]{x}}$

- Logarithmen mit der Basis 10 werden mit der Tastenkombination  $\boxed{\rightarrow} \boxed{\text{LOG}}$  (Funktion LOG) berechnet, während die Umkehrfunktion (ALOG oder Antilogarithmus) mit der Tastenkombination  $\boxed{\leftarrow} \boxed{10^x}$  berechnet wird. Im ALG-Modus wird die Funktion vor dem Argument eingegeben:

$\boxed{\rightarrow} \boxed{\text{LOG}} \boxed{2} \boxed{\cdot} \boxed{4} \boxed{5} \boxed{\text{ENTER}}$   
 $\boxed{\leftarrow} \boxed{10^x} \boxed{+/-} \boxed{2} \boxed{\cdot} \boxed{3} \boxed{\text{ENTER}}$

Im RPN-Modus wird das Argument vor der Funktion eingegeben:

$\boxed{2} \boxed{\cdot} \boxed{4} \boxed{5} \boxed{\rightarrow} \boxed{\text{LOG}}$   
 $\boxed{2} \boxed{\cdot} \boxed{3} \boxed{+/-} \boxed{\leftarrow} \boxed{10^x}$

### Verwenden von Zehnerpotenzen bei der Dateneingabe

Zehnerpotenzen, d. h. Zahlen im Format  $-4,5 \times 10^2$  usw., werden mit der Taste  $\text{EEX}$  eingegeben. Beispiel für den ALG-Modus:

$\text{+/-}$   $4$   $\cdot$   $5$   $\text{EEX}$   $\text{+/-}$   $2$   $\text{ENTER}$

Oder im RPN-Modus:

$4$   $\cdot$   $5$   $\text{+/-}$   $\text{EEX}$   $2$   $\text{+/-}$   $\text{ENTER}$

- Natürliche Logarithmen werden mit  $\text{LN}$  (Funktion LN) berechnet, während die Exponentialfunktion (EXP) mit  $e^x$  berechnet wird. Im ALG-Modus wird die Funktion vor dem Argument eingegeben:

$\text{LN}$   $2$   $\cdot$   $4$   $5$   $\text{ENTER}$   
 $e^x$   $\text{+/-}$   $2$   $\cdot$   $3$   $\text{ENTER}$

Im RPN-Modus wird das Argument vor der Funktion eingegeben:

$2$   $\cdot$   $4$   $5$   $\text{ENTER}$   $\text{LN}$   
 $2$   $\cdot$   $3$   $\text{+/-}$   $\text{ENTER}$   $e^x$

- Drei trigonometrische Funktionen können über die Tastatur aufgerufen werden: Sinus ( $\text{SIN}$ ), Cosinus ( $\text{COS}$ ), und Tangens ( $\text{TAN}$ ). Argumente dieser Funktionen sind Winkel in Grad, Zentesimalgrad oder im Bogenmaß. In den folgenden Beispielen werden die Winkel in Grad (DEG) angegeben:

Im ALG-Modus:

$\text{SIN}$   $3$   $0$   $\text{ENTER}$   
 $\text{COS}$   $4$   $5$   $\text{ENTER}$   
 $\text{TAN}$   $1$   $3$   $5$   $\text{ENTER}$

Im RPN-Modus:

$3$   $0$   $\text{SIN}$   
 $4$   $5$   $\text{COS}$   
 $1$   $3$   $5$   $\text{TAN}$

- Die über die Tastatur verfügbaren inversen trigonometrischen Funktionen sind Arcussinus ( $\text{ASIN}$ ), Arcuscosinus ( $\text{ACOS}$ ), und

Arcustangens ( $\leftarrow$   $\overline{ATAN}$  ). Das Ergebnis dieser Funktionen wird im gewählten Winkelmaß (DEG, RAD, GRD) ausgegeben. Einige Beispiele sind nächst gezeigt:

Im ALG-Modus:

$\leftarrow$ $\overline{ASIN}$	0	.	2	5	$\overline{ENTER}$
$\leftarrow$ $\overline{ACOS}$	0	.	8	5	$\overline{ENTER}$
$\leftarrow$ $\overline{ATAN}$	1	.	3	5	$\overline{ENTER}$

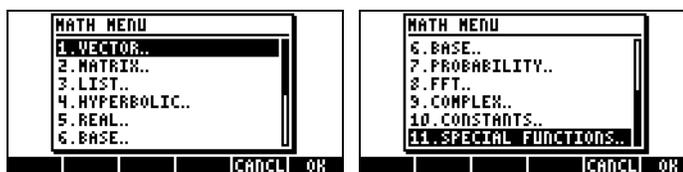
Im RPN-Modus:

0	.	2	5	$\leftarrow$ $\overline{ASIN}$
0	.	8	5	$\leftarrow$ $\overline{ACOS}$
1	.	3	5	$\leftarrow$ $\overline{ATAN}$

Alle oben aufgeführten Funktionen, und zwar ABS, SQ,  $\sqrt{\quad}$ , ^, XROOT, LOG, ALOG, LN, EXP, SIN, COS, TAN, ASIN, ACOS, ATAN, können mit den grundlegenden Operationen ( $\leftarrow$   $\overline{+}$   $\leftarrow$   $\overline{-}$   $\leftarrow$   $\overline{\times}$   $\leftarrow$   $\overline{\div}$ ) kombiniert werden, um komplexere Ausdrücke zu erstellen. Der EquationWriter, dessen Operationen in Kapitel 2 beschrieben wurden, ist für diese Ausdrücke unabhängig vom Betriebsmodus des Taschenrechners hervorragend geeignet.

## Funktionen mit reellen Zahlen im Menü MTH

Das Menü MTH ( $\leftarrow$   $\overline{MTH}$  ) enthält eine Reihe von mathematischen Funktionen, die zum Großteil für reelle Zahlen geeignet sind. Mit der Standardeinstellung *CHOOSE Boxes* für Systemflag 117 (siehe Kapitel 2) enthält das Menü MTH folgende Funktionen:



Die Funktionen sind nach Argumenttyp angeordnet ( 1. Vektoren, 2. Matrizen, 3. Listen, 7. Wahrscheinlichkeit, 9. komplexe Zahlen) oder nach Funktionstyp (4. hyperbolisch, 5. reell, 6. Basis, 8. schnelle Fourier-Transformationen, FFT). Es enthält auch einen Eintrag für die im Taschenrechner verfügbaren mathematischen Konstanten (Eintrag 10).

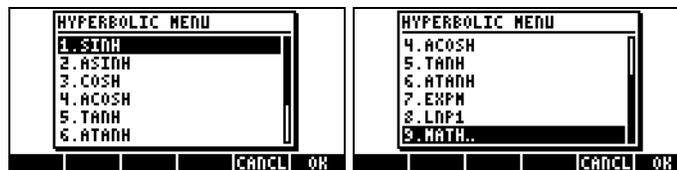
Im Allgemeinen sollten Sie die Anzahl und Anordnung der für jede Funktion erforderlichen Argumente beachten und in Erinnerung behalten, dass im ALG-Modus zunächst die Funktion und dann das Argument eingegeben wird, während im RPN-Modus erst das Argument in den Stack eingegeben und anschließend die Funktion ausgewählt wird.

### Verwenden der Menüs des Taschenrechners:

1. In diesem Abschnitt beschreiben wir ausführlich die Verwendung des Menüs 4. *HYPERBOLIC*, um die allgemeine Funktionsweise der Taschenrechnermenüs darzustellen. Beachten Sie insbesondere die Vorgehensweise beim Auswählen unterschiedlicher Optionen.
2. Um die nummerierten Optionen der Menüliste (oder des CHOOSE box) schnell auswählen zu können, drücken Sie einfach die Taste für die Nummer der gewünschten Option. Um beispielsweise im Menü MTH die Option 4. *HYPERBOLIC..* auszuwählen, drücken Sie einfach die Taste .

### Hyperbolische Funktionen und ihre Inversen

Um das Menü für hyperbolische Funktionen aufzurufen, wählen Sie im Menü MTH die Option 4. *HYPERBOLIC..* aus und drücken anschließend die Taste .



Um beispielsweise im ALG-Modus die Funktion  $\tanh(2,5)$  zu berechnen, geben Sie Folgendes ein:

 MTH   5  2  5 

Im RPN-Modus ist für diese Berechnung folgende Eingabe erforderlich:

2 . 5 ENTER ← MTH 4  5 

Die oben dargestellten Operationen setzen voraus, dass Sie die Standardeinstellung für Systemflag 117 (*CHOOSE boxes*) verwenden. Wenn Sie die Einstellung dieses Flags in *Soft MENU* (siehe Kapitel 2) geändert haben, wird das Menü MTH wie folgt angezeigt (links ALG-Modus, rechts RPN-Modus):



Wenn Sie die Taste **NXT** drücken, werden die restlichen Optionen angezeigt:



Um z. B. das Menü für die hyperbolischen Funktionen in diesem Menüformat auszuwählen, drücken Sie die , um folgenden Bildschirm anzuzeigen:



Um schließlich den Tangens hyperbolicus ( $\operatorname{atanh}$ ) auszuwählen, drücken Sie einfach .

**Anmerkung:** Um weitere Optionen dieser Softmenüs anzuzeigen, drücken Sie die Taste **NXT** oder die Tastenkombination **← PREV**.

Um z. B.  $\operatorname{tanh}(2,5)$  im ALG-Modus zu berechnen, wenn statt *Soft MENU* die Einstellung *CHOOSE boxes* verwendet wird, geben Sie Folgendes ein:

← MTH   2 . 5 ENTER

Denselben Wert berechnen Sie im RPN-Modus wie folgt:

$\boxed{2} \boxed{\cdot} \boxed{5} \boxed{\text{ENTER}} \boxed{\leftarrow} \text{MTH} \boxed{\text{MATH}} \boxed{\text{MATH}}$

Überprüfen Sie zum Üben der Anwendung hyperbolischer Funktionen die folgenden Werte:

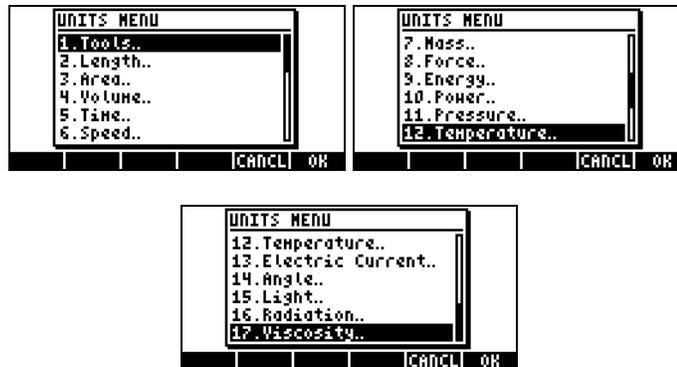
$\text{SINH}(2.5) = 6.05020..$	$\text{ASINH}(2.0) = 1.4436..$
$\text{COSH}(2.5) = 6.13228..$	$\text{ACOSH}(2.0) = 1.3169..$
$\text{TANH}(2.5) = 0.98661..$	$\text{ATANH}(0.2) = 0.2027..$
$\text{EXPM}(2.0) = 6.38905....$	$\text{LNPI}(1.0) = 0.69314....$

## Operationen mit Einheiten

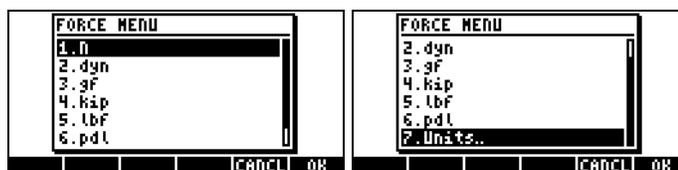
Den Zahlen des Taschenrechners können unterschiedliche Einheiten zugeordnet sein. Daher können Sie Ergebnisse mit einem konsistenten System von Einheiten berechnen und die Ergebnisse mit der entsprechenden Kombination von Einheiten ausgeben lassen.

### Das Menü UNITS

Das Menü UNITS wird über die Tastenkombination  $\boxed{\rightarrow} \text{UNITS}$  (der Taste  $\boxed{6}$  zugeordnet) aufgerufen. Wenn das Systemflag 117 auf *CHOOSE boxes* gesetzt ist, wird das folgende Menü angezeigt:



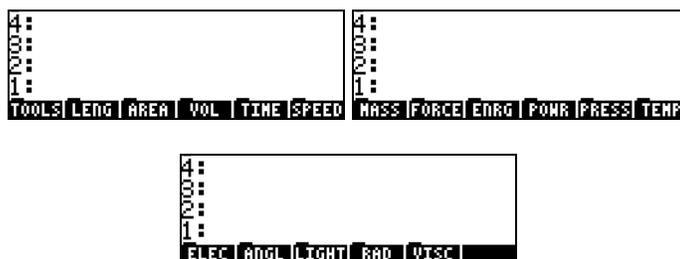
Option 1. *Tools..* enthält Funktionen für Operationen mit Einheiten (Erläuterung weiter unten). Die Optionen 2. *Length..* bis 17. *Viscosity..* enthalten Menüs mit einer Reihe von Einheiten für jede der beschriebenen Größen. Wenn Sie beispielsweise das Menü 8. *Force..* auswählen, wird das folgende Menü für Einheiten angezeigt:



Sie werden die meisten Einheiten (einige Einheiten, z. B. Dyne, werden heute nur noch selten verwendet) aus dem Physikunterricht kennen: *N* = Newton, *dyn* = Dyne, *gf* = Gramm – Kraft (zur Unterscheidung von Gramm-Masse oder einfach Gramm als Einheit für Masse), *kip* = Kilopound (1000 engl. Pound), *lbf* = Pound – Kraft (zur Unterscheidung von Pound – Masse), *pdl* = Poundal.

Um einer Zahl eine Einheit zuzuordnen, muss auf diese Zahl ein Unterstrich folgen. Somit wird eine Kraft von 5 N als 5\_N eingegeben.

Für ausführliche Berechnungen mit Einheiten bieten die Optionen von *Soft MENU* eine komfortablere Methode zum Zuordnen von Einheiten. Ändern Sie das Systemflag 117 in *Soft MENU* (siehe Kapitel 2), und verwenden Sie die Tastenkombination  $\rightarrow$  *UNITS*, um folgende Menüs aufzurufen. Drücken Sie die Taste *NXT*, um zur nächsten Menüseite zu navigieren.



Wenn Sie die entsprechende Softmenütaste drücken, wird ein Untermenü für die Einheiten zu dieser Auswahl angezeigt. Beispielsweise sind für das Untermenü  folgende Einheiten verfügbar:



Wenn Sie die Softmenütaste  drücken, kehren Sie zum Menü UNITS zurück.

Beachten Sie, dass Sie mit   jederzeit die vollständige Liste der Menüeinträge auf dem Bildschirm anzeigen können. Beispielsweise werden für die mithilfe von  aufgerufene Gruppe von Einheiten folgende Einträge aufgelistet:



**Anmerkung:** Verwenden Sie die Taste  oder die Tastenkombination  *PREV*, um zwischen den einzelnen Menüs zu navigieren.

## Verfügbare Einheiten

Eine vollständige Liste der verfügbaren Einheiten finden Sie in Kapitel 3 der Bedienungsanleitung.

## Zuordnen von Einheiten zu Zahlen

Um einer Zahl eine Einheit zuzuordnen, muss auf die Zahl ein Unterstrich folgen (    , Taste(8,5)). Somit wird eine Kraft von 5 N als 5\_N eingegeben.

Dies ist die Tastenkombination, die im ALG-Modus und mit Systemflag 117 auf *CHOOSE boxes* gesetzt eingegeben werden muss:

$\boxed{5} \boxed{\rightarrow} \boxed{-} \boxed{\rightarrow} \text{UNITS} \boxed{8} \boxed{\text{UNIT}} \boxed{\text{UNIT}} \boxed{\text{ENTER}}$

**Anmerkung:** Wenn Sie den Unterstrich auslassen, ist das Ergebnis der Ausdruck  $5 \cdot N$ , wobei N einen möglichen Variablennamen, nicht aber die Einheit Newton darstellt.

Verwenden Sie folgende Eingabe, um dieselbe Größe im RPN-Modus einzugeben:

$\boxed{5} \boxed{\rightarrow} \text{UNITS} \boxed{8} \boxed{\text{UNIT}} \boxed{\text{UNIT}}$

Beachten Sie dabei, dass bei aktiviertem RPN-Modus der Unterstrich automatisch eingefügt wird.

Im Folgenden wird die Eingabe von Einheiten bei ausgewählter Option *Soft MENU* im ALG- und im RPN-Modus dargestellt: Im ALG-Modus geben Sie beispielweise die Größe  $5_N$  wie folgt ein:

$\boxed{5} \boxed{\rightarrow} \boxed{-} \boxed{\rightarrow} \text{UNITS} \text{NXT} \boxed{\text{UNIT}} \boxed{\text{UNIT}} \boxed{\text{ENTER}}$

Für dieselbe Größe wird im RPN-Modus folgende Eingabe verwendet:

$\boxed{5} \boxed{\rightarrow} \text{UNITS} \text{NXT} \boxed{\text{UNIT}} \boxed{\text{UNIT}}$

**Anmerkung:** Sie können einen Ausdruck mit Einheiten eingeben, indem Sie den Unterstrich und die Einheiten mit der Taste  $\boxed{\text{ALPHA}}$  eingeben. Beispielsweise ergibt  $\boxed{5} \boxed{\rightarrow} \boxed{-} \boxed{\text{ALPHA}} \boxed{N}$  den Eintrag  $5_N$ .

### Vorzeichen für Einheiten

Vorzeichen für Einheiten können Sie entsprechend der folgenden Tabelle des dem SI-Systems eingeben. In der ersten Spalte ist die Abkürzung des Vorzeichens aufgeführt, anschließend des Namens, gefolgt vom Exponenten x im Faktor  $10^x$ , der dem jeweiligen Vorzeichen entspricht:

Vorzeichen	Name	x	Vorzeichen	Name	x
Y	Zotta	+24	d	Dezi	-1
Z	Zetta	+21	c	Centi	-2
E	Exa	+18	m	Milli	-3
P	Peta	+15	μ	Mikro	-6
T	Tera	+12	n	Nano	-9
G	Giga	+9	p	Piko	-12
M	Mega	+6	f	Femto	-15
k,K	Kilo	+3	a	Atto	-18
h,H	Hekto	+2	z	Zepto	-21
D(*)	Deka	+1	y	Yocto	-24

(\*) Im SI-System lautet dieses Vorzeichen *da* und nicht *D*. Verwenden Sie jedoch am Taschenrechner für Deka das *D*.

Um diese Vorzeichen einzugeben, geben Sie einfach das Vorzeichen mit der Taste  $\alpha$  ein. Um z. B. 123 pm (1 Picometer) einzugeben, verwenden Sie folgende Eingabe:

$\frac{1}{2} \frac{3}{\rightarrow} \text{---} \alpha \leftarrow \beta \alpha \leftarrow M$

Mit UBASE (geben Sie den Namen ein) wandeln Sie das Ergebnis in die Standardeinheit (1 m) um:

```

: 123.1_pm
: UBASE(ANS(1)) 123_pm
: .000000000123_m
CONV UBASE UVAL UFACT UNITS UNITS

```

### Operationen mit Einheiten

Es folgen einige Rechenbeispiele im ALG-Modus. Beachten Sie, dass bei der Multiplikation und Division von Größen mit Einheiten jede Größe mit der zugehörigen Einheit in Klammern eingeschlossen werden muss. Um

beispielsweise das Produkt  $12,5 \text{ m} \times 5,2 \text{ yd}$  einzugeben, muss daher Ihre Eingabe  $(12,5\_m)*(5,2\_yd)$  **ENTER** lauten:

```
12.5_m*5.2_yd
65_(m.yd)
CONV|UBASE|UVAL|UFACT|UNIT|UNITS
```

Diese wird dann als  $65_{(m \cdot yd)}$  angezeigt. Zum Umwandeln in Einheiten des SI-Systems zu konvertieren, verwenden Sie die Funktion UBASE (die Sie im Befehlskatalog über **F** **CAT** finden):

```
RAD RYZ HEX R= 'X'      ALG
HOME
12.5_m*5.2_yd
65_(m.yd)
:UBASE(ANS(1))
59.436_m^2
CONV|UBASE|UVAL|UFACT|UNIT|UNITS
```

**Anmerkung:** Beachten Sie, dass die Variable ANS(1) über die Tastenkombination **ANS** (der Taste **ENTER** zugeordnet) aufgerufen wird.

Um eine Division durchzuführen, z. B.  $3250 \text{ mi} / 50 \text{ h}$ , geben Sie  $(3250\_mi)/(50\_h)$  **ENTER**

ein. Die Umwandlung in SI-Einheiten mit der Funktion UBASE ergibt Folgendes:

```
:UBASE(ANS(1))
29.0576_m/h
CONV|UBASE|UVAL|UFACT|UNIT|UNITS
```

Die Addition und Subtraktion kann im ALG-Modus ohne Klammern durchgeführt werden, z. B. kann  $5 \text{ m} + 3200 \text{ mm}$  einfach wie folgt eingegeben werden:

$5\_m + 3200\_mm$  **ENTER**.

Kompliziertere Ausdrücke erfordern jedoch Klammern, z. B.

$(12\_mm)*(1\_cm^2)/(2\_s)$  **ENTER**:

Bei Stack-Berechnungen im RPN-Modus müssen die Ausdrücke nicht in Klammern eingeschlossen werden. Beispiel:

12 1.5   
 3250 50

Diese Operationen ergeben folgende Ausgabe:



### Konvertierung von Einheiten

Das Menü UNITS enthält das Untermenü TOOLS, das über folgende Funktionen verfügt:

- CONVERT(x,y): konvertiert Einheit x in Einheit y
- UBASE(x): konvertiert Einheit x in SI-Einheiten
- UVAL(x): extrahiert den Wert von Einheit x
- UFACT(x,y): eine Einheit y von Einheit x in Faktoren zerlegen
- UNIT(x,y): kombiniert den Wert x mit der Einheit y

Beispiele für die Funktion CONVERT sind unten dargestellt. Beispiele für die anderen Funktionen von UNIT/TOOLS finden Sie in Kapitel 3 der Bedienungsanleitung.

Um beispielsweise 33 Watt in BTUs (British Thermal Unit) umzuwandeln, können Sie einen der beiden Einträge verwenden:

CONVERT(33\_W,1\_hp)   
 CONVERT(33\_W,11\_hp)

### Physikalische Konstanten im Taschenrechner

Die physikalischen Konstanten des Taschenrechners befinden sich in der *constants library* (Konstantenbibliothek), die mit dem Befehl CONLIB aufgerufen wird. Um diesen Befehl zu starten, können Sie einfach

in den Stack eingeben, oder wählen Sie im

Befehlskatalog den Befehl CONLIB wie folgt aus: Rufen Sie zunächst den Katalog mit  $\rightarrow$   $\text{CAT}$   $\text{ALPHA}$   $\text{C}$  auf. Verwenden Sie dann die Nach-Unten- und Nach-Oben-Taste  $\uparrow$   $\downarrow$ , um CONLIB auszuwählen. Drücken Sie schließlich die Softmenütaste  $\text{F6}$  ( $\text{GRID}$ ). Drücken Sie erforderlichenfalls  $\text{ENTER}$ . Verwenden Sie die Nach-Unten- und Nach-Oben-Taste ( $\uparrow$   $\downarrow$ ) zum Navigieren in der Liste der Konstanten des Taschenrechners.

Die Softmenütasten für den Bildschirm CONSTANTS LIBRARY umfassen folgende Funktionen:

- SI wenn ausgewählt, werden die Werte der Konstanten in SI-Einheiten(\*) angezeigt
- ENGL wenn ausgewählt, werden die Werte der Konstanten in traditionellen britischen Maßeinheiten(\*) angezeigt
- UNIT wenn ausgewählt, werden die Konstanten mit den zugeordneten Einheiten(\*) angezeigt
- VALUE wenn ausgewählt, werden die Konstanten ohne Einheiten angezeigt
- $\rightarrow$ STK kopiert den Wert (mit oder ohne Einheiten) in den Stack
- QUIT schließt die Anzeige der Konstantenbibliothek

(\*) nur aktiviert, wenn die Option VALUE ausgewählt wurde.

Der oberste Abschnitt des Bildschirms CONSTANTS LIBRARY sieht wie folgt aus, wenn die Option VALUE ausgewählt wurde (Einheiten im SI-System):

```

CONSTANTS LIBRARY:
NAF: 6.0221367E23 1/mol
k: 1.380658E-23 J/K
Vm: 22.4141 1/gmol
R: 8.31451 J/(gmol*K)
StdT: 273.15 K
StdP: 101.325 kPa
SI | ENGL | UNIT | VALUE |  $\rightarrow$ STK | QUIT
  
```

Um die Werte der Konstanten in traditionellen britischen Maßeinheiten anzuzeigen, drücken Sie die Option  $\text{ENGL}$  :

```

CONSTANTS LIBRARY
NAME: 6.0221367E23 1/e...
k: 7.270069E-27 Btu/...
Vm: 359.0394_ft^3/lb...
R: 10.73164_psi*ft^3...
StdT: 491.67 °R
StdP: 14.6959_psi
SI ENGL [UNITS] [VALU] ←STR | QUIT

```

Wenn die Auswahl der Option UNITS aufgehoben wird (drücken Sie **UNITS**), werden nur die Werte angezeigt (in diesem Fall wurden traditionelle britische Maßeinheiten ausgewählt):

```

CONSTANTS LIBRARY
NAME: 6.0221367E23
k: 7.270069E-27
Vm: 359.0394
R: 10.73164
StdT: 491.67
StdP: 14.6959
SI ENGL [UNITS] [VALU] ←STR | QUIT

```

Um den Wert von Vm in den Stack zu kopieren, wählen Sie einen Variablenamen aus, und drücken Sie zunächst die Taste **STO** und anschließend **ENTR**. Wenn sich der Taschenrechner im ALG-Modus befindet, sieht der Bildschirm wie folgt aus:

```

: CONLIB
Vm: 359.0394
CASCM HELP |

```

Der Bildschirm weist einen so genannten gekennzeichneten Wert (*tagged value*) auf, Vm: 359.0394. In diesem Fall ist Vm die Kennzeichnung (*tag*) des Ergebnisses. Bei jeder arithmetischen Operation mit diese Zahl wird das Tag ignoriert. Geben Sie beispielsweise

```

(→) LN (2) (X) (←) ANS (ENTER)

```

ein. Sie erhalten folgendes Ergebnis:

```

: CONLIB
Vm: 359.0394
: LN(2*ANS(1))
6.57657931233
CASCM HELP |

```

Für die gleiche Operation im RPN-Modus ist die folgende Eingabe erforderlich (nachdem der Wert von Vm aus der Konstantenbibliothek abgerufen wurde):

2 ENTER X → LN

## Definieren und Verwenden von Funktionen

Benutzer können mit dem Befehl DEFINE, der über die Tastenkombination  $\leftarrow$  DEF aufgerufen wird (der Taste 2 zugeordnet), eigene Funktionen definieren. Die Funktion muss im folgenden Format eingegeben werden:

$$\text{Funktionsname}(\text{Argumente}) = \text{Ausdruck\_mit\_den\_Argumenten}$$

So können wir z. B. eine einfache Funktion definieren:

$$H(x) = \ln(x+1) + \exp(-x)$$

Angenommen, Sie müssen diese Funktion für eine Zahl von diskreten Werten berechnen und möchten daher nur eine einzige Taste verwenden, um das gewünschte Ergebnis zu erhalten, ohne für jeden einzelnen Wert den Ausdruck auf der rechten Seite einzugeben. Im folgenden Beispiel wird vorausgesetzt, dass sich der Taschenrechner im ALG-Modus befindet. Geben Sie folgende Tastenkombinationen ein:

$\leftarrow$  DEF  $\leftarrow$  (ALPHA) (H)  $\leftarrow$  ( )  $\leftarrow$  (ALPHA)  $\leftarrow$  (X)  $\rightarrow$  =  
 $\rightarrow$  LN (ALPHA)  $\leftarrow$  (X) + /  $\rightarrow$  +  $\leftarrow$   $e^x$  (ALPHA)  $\leftarrow$  (X) ENTER

Auf dem Bildschirm wird Folgendes angezeigt:

```

: DEFINE('H(x)=LN(x+1)+e^x')
NOVAL
+SKIP|SKIP+|DEL|DEL+|DEL|L|INS
  
```

Drücken Sie die Taste  $\leftarrow$  VAR, und Sie werden feststellen, dass die Funktionstaste (F1) eine neue Variable enthält. Um den Inhalt dieser Variablen anzuzeigen, drücken Sie  $\rightarrow$  F1. Auf dem Bildschirm wird nun Folgendes angezeigt:

```

RAD RYZ HEX R= 'X'      ALG
CHOME3
: DEFINE('H(x)=LN(x+1)+e^x')
NOVAL
* → x 'LN(x+1)+EXP(x)'
*
H | PPAR [CASIO]
  
```

Somit enthält die Variable H ein Programm, das durch folgenden Ausdruck definiert ist:

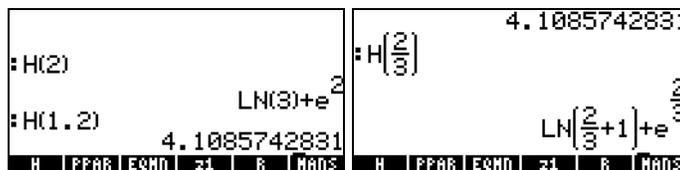
$\ll \rightarrow x \text{ 'LN}(x+1) + \text{EXP}(x) \text{ ' } \gg$

Dies ist ein einfaches Programm in der Standard-Programmiersprache der HP 48 G-Serie, die auch in der HP 49 G-Serie enthalten ist. Diese Programmiersprache heißt UserRPL (siehe Kapitel 20 und 21 des Bedienungsanleitung für den Taschenrechner). Das oben dargestellte Programm ist relativ einfach und besteht aus zwei Teilen, die sich zwischen den Programm-Containern  $\ll \gg$  befinden:

- Eingabe:  $\rightarrow x \rightarrow \times$
- Verarbeitung:  $\text{'LN}(x+1) + \text{EXP}(x) \text{'}$

Dies wird so interpretiert: Trage einen Wert ein, der temporär dem Namen x (als lokale Variable bezeichnet) zugeordnet wird, berechne den Ausdruck zwischen den Anführungszeichen, die die lokale Variable enthalten, und zeige den berechneten Ausdruck an.

Um die Funktion im ALG-Modus aufzurufen, geben Sie den Namen der Funktion ein, gefolgt vom Argument in Klammern, z. B.  $\text{H}(\text{2})$ . Es folgen einige Beispiele:



Im RPN-Modus müssen Sie zum Aufrufen der Funktion zunächst das Argument eingeben und dann die dem Variablennamen entsprechende Softmenütaste  $\text{H}$  drücken. Sie können z. B.  $2 \text{ ENTER } \text{H}$  eingeben. Die anderen oben aufgeführten Beispiele können wie folgt eingegeben werden:

$1 \text{ . } 2 \text{ ENTER } \text{H}$ ,  $2 \text{ ENTER } 3 \text{ } \div \text{H}$ .

## **Referenz**

Weitere Informationen über Operationen des Taschenrechners mit reellen Zahlen finden Sie in Kapitel 3 der Bedienungsanleitung.

## Kapitel 4

### Berechnungen mit komplexen Zahlen

Dieses Kapitel enthält Beispiele für die Berechnung und Anwendung von Funktionen mit komplexen Zahlen.

#### Definitionen

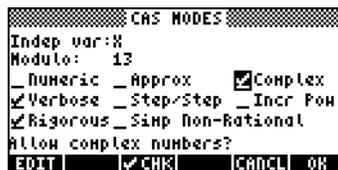
Eine *komplexe Zahl*  $z$  wird als  $z = x + iy$ , (Kartesische Form) angegeben, wobei  $x$  und  $y$  reelle Zahlen sind und  $i$  die *imaginäre Einheit*, definiert durch  $i^2 = -1$ , darstellt. Die Zahl hat einen *reellen Teil*  $x = \operatorname{Re}(z)$  und einen *imaginären Teil*  $y = \operatorname{Im}(z)$ . Die *polare Form* einer komplexen Zahl lautet  $z = re^{i\theta} = r \cdot \cos\theta + i r \cdot \sin\theta$ , wobei  $r = |z| = \sqrt{x^2 + y^2}$  den *Betrag* der komplexen Zahl  $z$  und  $\theta = \operatorname{Arg}(z) = \arctan(y/x)$  das *Argument* der komplexen Zahl  $z$  darstellt. Die *konjugiert komplexe Zahl* einer komplexen Zahl  $z = x + iy = re^{i\theta}$  ist  $\bar{z} = x - iy = re^{-i\theta}$ . Der *negative Wert* von  $z$ ,  $-z = -x - iy = -re^{i\theta}$ , kann als Spiegelung von  $z$  am Ursprung betrachtet werden.

#### Einstellen des Modus COMPLEX am Taschenrechner

Zum Arbeiten mit komplexen Zahlen wählen Sie den CAS-Modus COMPLEX aus:



Der Modus COMPLEX ist ausgewählt, wenn auf dem Bildschirm CAS MODES die Option `_Complex` mit einem Häkchen versehen ist:



Drücken Sie zweimal , um zum Stack zurückzukehren.

## Eingeben von komplexen Zahlen

Komplexe Zahlen können in einer der beiden Kartesischen Darstellungsarten in den Taschenrechner eingegeben werden, entweder mit  $x+iy$  oder  $(x,y)$ . Die Ergebnisse des Taschenrechners werden als geordnete Paare dargestellt, d. h.  $(x,y)$ . Im ALG-Modus wird beispielsweise die komplexe Zahl  $(3,5; -1,2)$  wie folgt eingegeben:

$\left(\leftarrow\right) \left(\rightarrow\right) \left[\text{3}\right] \left[\cdot\right] \left[\text{5}\right] \left[\rightarrow\right] \left[\text{,}\right] \left[\text{+/-}\right] \left[\text{1}\right] \left[\cdot\right] \left[\text{2}\right] \left[\text{ENTER}\right]$

Eine komplexe Zahl kann aber auch als  $x+iy$  eingegeben werden. Im ALG-Modus wird  $3,5-1,2i$  beispielsweise wie folgt eingegeben (Modusänderungen übernehmen):

$\left[\text{3}\right] \left[\cdot\right] \left[\text{5}\right] \left[\text{-}\right] \left[\text{1}\right] \left[\cdot\right] \left[\text{2}\right] \left[\times\right] \left(\leftarrow\right) \left[\text{i}\right] \left[\text{ENTER}\right]$

Im RPN-Modus können diese Zahlen mit folgenden Tastenkombinationen eingegeben werden:

$\left(\leftarrow\right) \left(\rightarrow\right) \left[\text{3}\right] \left[\cdot\right] \left[\text{5}\right] \left[\rightarrow\right] \left[\text{,}\right] \left[\text{1}\right] \left[\cdot\right] \left[\text{2}\right] \left[\text{+/-}\right] \left[\text{ENTER}\right]$

(Beachten Sie, dass die Taste zum Ändern des Vorzeichens nach der Zahl 1,2 eingegeben wird, also in der umgekehrten Reihenfolge des Beispiels für den ALG-Modus) und

$\left[\text{,}\right] \left[\text{3}\right] \left[\cdot\right] \left[\text{5}\right] \left[\text{-}\right] \left[\text{1}\right] \left[\cdot\right] \left[\text{2}\right] \left[\times\right] \left(\leftarrow\right) \left[\text{i}\right] \left[\text{ENTER}\right]$

(Beachten Sie, dass im RPN-Modus vor der Zahl  $3,5-1,2i$  ein Hochkomma eingegeben werden muss.)

Um die imaginäre Einheit der Zahl einzugeben, verwenden Sie  $\left(\leftarrow\right) \left[\text{i}\right]$  (die Taste I).

## Polare Darstellung von komplexen Zahlen

Sie erhalten die polare Darstellung der oben verwendeten komplexen Zahl  $3,5-1,2i$ , indem Sie das Koordinatensystem von zylindrisch in polar ändern (mit der Funktion CYLIN). Sie finden diese Funktion im Katalog  $\left(\left(\rightarrow\right) \left[\text{CAT}\right]\right)$ . Sie können auch mit  $\left(\text{MODE}\right)$  das Koordinatensystem in POLAR ändern. Nach dem

Einstellen des polaren Koordinatensystems und Ändern des Winkelmaßes in Bogenmaß erhalten Sie folgendes Ergebnis:

```

4:
3:
2:
1: (3.7, ∠.330297354829)
EDIT VIEW STACK RCL PURGE/CLEAR

```

Das oben dargestellte Ergebnis weist den Betrag 3,7 und den Winkel 0,33029... auf. Das Winkelsymbol ( $\angle$ ) wird vor dem Winkelmaß angezeigt.

Wechseln Sie wieder zur Darstellung in kartesischen bzw. rechtwinkligen Koordinaten, indem Sie die Funktion RECT verwenden (im Katalog  $\rightarrow$   $\overline{\text{CAT}}$  verfügbar). In der polaren Darstellung wird eine komplexe Zahl als  $z = r \cdot e^{i\theta}$  angegeben. Sie können diese komplexe Zahl als komplexes Paar der Form  $(r, \angle\theta)$  in den Taschenrechner eingeben. Das Winkelsymbol ( $\angle$ ) kann als  $\overline{\text{ALPHA}} \rightarrow \overline{\text{6}}$  eingegeben werden. Beispielsweise kann die komplexe Zahl  $z = 5,2e^{1,5i}$  wie folgt eingegeben werden (die Abbildungen stellen den RPN Stack vor und nach Eingabe der Zahl dar):

```

3:
2:
1: (5.2, ∠1.5)      (3.5, 1.2)
EDIT VIEW STACK RCL PURGE/CLEAR
4:
3:
2: (3.5, 1.2)
1: (.367833448672, 5.18)
EDIT VIEW STACK RCL PURGE/CLEAR

```

Da das Koordinatensystem auf rechtwinklige (bzw. kartesische) Darstellung eingestellt ist, wandelt der Taschenrechner die eingegebene Zahl automatisch in kartesische Koordinaten um, d. h.  $x = r \cos \theta$ ,  $y = r \sin \theta$ , in diesem Fall mit dem Ergebnis (0,3678..., 5,18...).

Wenn andererseits das zylindrische Koordinatensystem eingestellt ist (über die Funktion CYLIN), erhalten Sie bei der Eingabe einer komplexen Zahl  $(x,y)$ , wobei  $x$  und  $y$  reelle Zahlen sind, eine polare Darstellung. Geben Sie z. B. bei der Verwendung zylindrischer Koordinaten die Zahl (3.,2.) ein. In der folgenden Abbildung ist der RPN-Stack vor und nach Eingabe dieser Zahl dargestellt:



## Einfache Operationen mit komplexen Zahlen

Komplexe Zahlen können mit den vier Grundrechenarten ( $+$ ,  $-$ ,  $\times$ ,  $\div$ ) kombiniert werden. Die Ergebnisse werden nach algebraischen Regeln berechnet, mit der Ausnahme, dass  $i^2 = -1$  ist. Operationen mit komplexen Zahlen sind mit Operationen mit reellen Zahlen vergleichbar. Führen Sie mit dem Taschenrechner im ALG-Modus und der CAS-Einstellung *Complex* die folgenden Operationen durch:

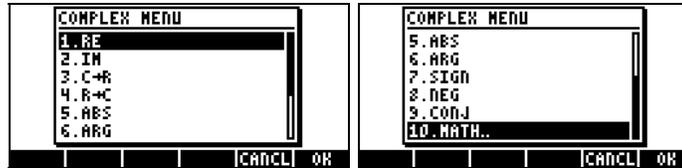
$$\begin{aligned} (3+5i) + (6-3i) &= (9;2); \\ (5-2i) - (3+4i) &= (2;-6) \\ (3-i) \cdot (2-4i) &= (2;-14); \\ (5-2i)/(3+4i) &= (0,28;-1,04) \\ 1/(3+4i) &= (0,12; -0,16); \\ -(5-3i) &= -5 + 3i \end{aligned}$$

## Die CMPLX-Menüs

Im Taschenrechner stehen zwei CMPLX-Menüs (CoMPLeXe Zahlen) zur Verfügung. Ein Menü kann über das Menü MTH (in Kapitel 3 vorgestellt) und das andere direkt über die Tastatur ( $\rightarrow$  CMPLX) aufgerufen werden. Im Folgenden werden die beiden CMPLX-Menüs dargestellt.

### Menü CMPLX über das Menü MTH

Wenn das Systemflag 117 auf **CHOOSE boxes** (siehe Kapitel 2) gesetzt ist, wird das Untermenü CMPLX im Menü MTH wie folgt aufgerufen:  $\leftarrow$  MTH  $\rightarrow$  9  $\rightarrow$  CMPLX. Folgende Funktionen sind verfügbar:

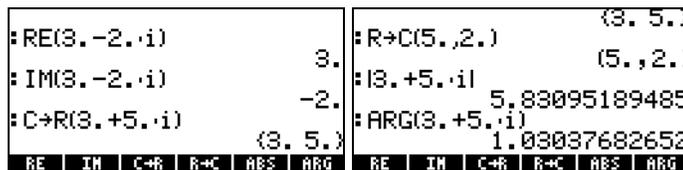


Der erste Abschnitt des Menüs (Optionen 1 bis 6) weist folgende Funktionen auf:

- RE(z) : Realteil einer komplexen Zahl
- IM(z) : Imaginärteil einer komplexen Zahl
- C→R(z) : teilt eine komplexe Zahl in ihre reellen und imaginären Komponenten auf
- R→C(x,y) : Bildet die komplexe Zahl (x,y) aus den reellen Zahlen x und y
- ABS(z) : Berechnet den Betrag einer komplexen Zahl.
- ARG(z) : Berechnet das Argument einer komplexen Zahl.
- SIGN(z) : Berechnet eine komplexe Zahl des Einheitsbetrags als  $z/|z|$ .
- NEG(z) : Ändert das Vorzeichen von z
- CONJ(z) : Erzeugt die konjugiert komplexe Zahl von z

Im Folgenden finden Sie Anwendungsbeispiele dieser Funktionen mit RECT-Koordinaten. Beachten Sie, dass im ALG-Modus das Argument der Funktion vorangestellt werden muss, während im RPN-Modus erst das Argument eingegeben und dann die Funktion ausgewählt wird. Beachten Sie auch, dass Sie diese Funktionen über die Softmenütastenbeschriftungen aufrufen können, indem Sie die Einstellung des Systemflags 117 festlegen (siehe Kapitel 2).

**[Anmerkung:** in den nachfolgenden Abbildungen sind nach Fertigstellung dieser Übung nicht alle Zeilen sichtbar.]



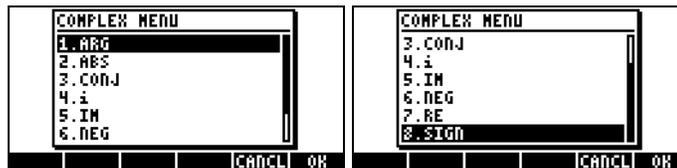
```

1.03037682652
:SIGN(-2.+3.i)
(-.554700196225,.83205)
:-(2.+3.i)
(2.,-3.)
:CONJ(-2.+3.i)
(-2.,-3.)
SIGN | NEG | CONJ | MTH

```

### Menü CMLX auf der Tastatur

Ein zweites Menü CMLX kann über die Tastatur aufgerufen werden, indem Sie die Nach-Rechts-Taste zusammen mit der Taste  $\boxed{I}$  verwenden, also  $\boxed{\rightarrow} \boxed{CMLX}$ . Wenn das Systemflag 117 auf CHOOSE boxes gesetzt ist, wird das Menü CMLX wie folgt angezeigt:



Dieses Menü enthält einige bereits im vorangegangenen Abschnitt vorgestellte Funktionen, und zwar ARG, ABS, CONJ, IM, NEG, RE und SIGN. Weiterhin enthält es auch die Funktion  $i$ , die der Tastenkombination  $\boxed{\leftarrow} \boxed{i}$  entspricht.

### Auf komplexe Zahlen angewendete Funktionen

Viele Tastaturfunktionen und Funktionen des Menüs MTH, die in Kapitel 3 für reelle Zahlen definiert wurden (z. B. SQ, LN,  $e^x$ , usw.) können auch auf komplexe Zahlen angewendet werden. Das Ergebnis ist eine weitere komplexe Zahl, wie in den folgenden Beispielen dargestellt. **[Anmerkung:** nach Fertigstellung der Übungen aus nachfolgenden Abbildungen werden nicht alle Zeilen in Ihrem Rechner angezeigt]

```

:SQ(3.+4.i) (-7.,24.)
:√(3.+4.i) (2.,1.)
:ALOG(2.-i)
(-66.820151019,-74.398)
:LOG(5.+3.i)
(.765739458521,.234701)
:5.-4.i
e
-97.0093146996,112.31
:LN(5.-6.i)
(2.05543693209,-.87605)
CASDI

```

<pre> : SIN(4.-3.i) (-7.61923172032,6.5481) : COS(-5.+7.i) (155.536808519,-525.79) : TAN(8.+3.i) -1.43408158162E-3,1.0 CASDI </pre>	<pre> : ASIN(7.+8.i) (.71663915401,3.057141) : ACOS(8.+3.i) (.361040042712,-2.8357) : ATAN(-1.+2.i) -1.33897252229,.40235 CASDI </pre>
---	--

<pre> : SINH(4.-6.i) (26.2029676178,7.63034) : COSH(1.-i) (.833730025131,-.98889) : TANH(-1.+i) (-1.08392332734,.27175) SINH ASINH COSH ACOSH TANH ATANH </pre>	<pre> : ASINH(7.-9.i) (3.12644592412,-.90788) : ACOSH(3.i) (1.81844645923,1.57079) : ATANH(1.-6.i) (2.63401289145E-2,-1.4) SINH ASINH COSH ACOSH TANH ATANH </pre>
---	--

**Anmerkung:** Wenn Sie trigonometrische Funktionen und deren Inverse mit komplexen Zahlen verwenden, sind die Argumente keine Winkel mehr. Deshalb hat das für den Taschenrechner ausgewählte Winkelmaß bei der Berechnung dieser Funktionen mit komplexen Argumenten keine Auswirkung.

### Funktion DROITE: Gleichung einer Geraden

Die Funktion DROITE akzeptiert als Argument zwei komplexe Zahlen, z. B.  $x_1+iy_1$  und  $x_2+iy_2$ , und gibt die Gleichung einer Geraden zurück, z. B.  $y = a+bx$ , die die Punkte  $(x_1,y_1)$  und  $(x_2,y_2)$  enthält. Beispielsweise kann die Linie zwischen den Punkten A(5,-3) und B(6,2) wie folgt ermittelt werden (Beispiel im algebraischen Modus):

```

: DROITE(5-3i,6+2i)
Y=5*(X-5)+-3
CASCM HELP

```

Die Funktion DROITE wird über den Befehlskatalog ( $\rightarrow$  CAT) aufgerufen. Wenn der Taschenrechner im Modus APPROX ist, lautet das Ergebnis  $Y = 5*(X-5)-3$ .

## **Referenz**

Weitere Informationen über Operationen mit komplexen Zahlen finden Sie in Kapitel 4 der Bedienungsanleitung.

## Kapitel 5

### Algebraische und arithmetische Operationen

Ein algebraisches Objekt, oder einfach, Algebraik, kann jede Nummer, Variable oder algebraischer Ausdruck sein, der nach den Regeln der Algebra berechnet, manipuliert oder kombiniert werden kann. Beispiele von algebraischen Objekten sind:

- Eine Zahl:  $12,3$ ,  $15,2_m$ ,  $'\pi'$ ,  $'e'$ ,  $'i'$
- Der Name einer Variablen:  $'a'$ ,  $'ux'$ ,  $'width'$ , usw.
- Ein Ausdruck:  $'p \cdot D^{2/4}'$ ,  $'f \cdot (L/D) \cdot (V^2 / (2 \cdot g))'$ ,
- Eine Gleichung:  $'p \cdot V = n \cdot R \cdot T'$ ,  $'Q = (Cu/n) \cdot A(y) \cdot R(y)^{(2/3)} \cdot \sqrt{So}'$

### Eingabe von algebraischen Objekten

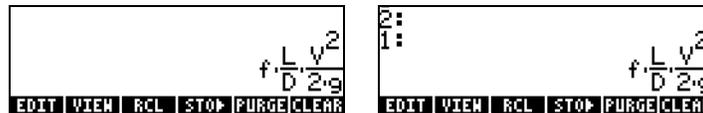
Algebraische Objekte können mit Hilfe von einfachen Anführungszeichen (') direkt in den Stack, Ebene 1 oder über den EquationWriter [EQW] eingegeben werden. Ein Beispiel wie Sie das algebraische Objekt  $'\pi \cdot D^{2/4}'$  direkt in den Stack, Ebene 1 eingeben können:

Ein algebraisches Objekt kann auch mit dem EquationWriter erzeugt werden und dann in den Stack verschoben oder im EquationWriter selbst berechnet werden. Die Handhabung des EquationWriters wurde in Kapitel 2 beschrieben. Als Übung erstellen Sie ein algebraisches Objekt im EquationWriter:

$$f \cdot \left(\frac{L}{D}\right) \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

EDIT | CURS | BIG | EVAL | FACTO | SIMP

Nachdem Sie das Objekt erzeugt haben, drücken Sie  $\text{ENTER}$  um dieses im Stack anzuzeigen (nachfolgend im ALG und RPN Modus angezeigt)



## Einfache Operationen mit algebraischen Objekten

Algebraische Objekte können genau wie jede reelle oder komplexe Zahl addiert, subtrahiert, multipliziert, dividiert (ausgenommen durch Null), potenziert, als Argumente für eine Reihe von Standardfunktionen (exponential, logarithmisch, trigonometrisch, hyperbolisch usw.) verwendet werden. Um die Grundoperationen mit algebraischen Objekten zu veranschaulichen, erstellen wir einige Objekte, sagen wir ' $\pi * R^2$ ' and ' $g * t^2 / 4$ ' und speichern diese in den Variablen A1 und A2 (siehe Kapitel 2, erstellen von Variablen und speichern von Werten in denselben). Nachfolgend die Tastenfolge um die Variable A1 im ALG-Modus zu speichern:

$\pi$   $\times$   $R$   $^x$   $2$   $\text{STO}$   $A1$   $\text{ENTER}$

Das Resultat sieht dann so aus:



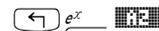
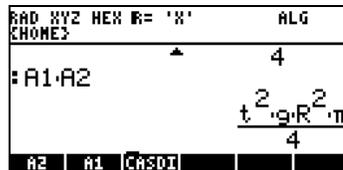
Die Tastenfolge für den RPN-Modus sieht so aus:

$\pi$   $\text{ALPHA}$   $R$   $\text{ENTER}$   $2$   $^x$   $\text{X}$   $\text{ALPHA}$   $A1$   $\text{STO}$

Nachdem Sie nun die Variable A2 gespeichert und die Taste gedrückt haben, erscheinen die Variablen in der Anzeige wie folgt:



Im ALG-Modus zeigen folgende Tastenschläge eine Anzahl von Operationen mit algebraischen Zahlen, die in den Variablen  $\boxed{A1}$  und  $\boxed{A2}$  enthalten sind (drücken Sie  $\boxed{VAR}$ , um zum Variablen-Menü zurückzukehren)



Zum gleichen Ergebnis kommen Sie, wenn Sie im RPN-Modus die nachfolgenden Tastensequenzen verwenden:





## Funktionen im Menü ALG

Das Menü ALG (algebraisch) erreicht man über die Tastenfolge  $\rightarrow$  ALG (der Taste  $\text{4}$  zugeordnet). Mit dem Systemflag 117 auf *CHOOSE* boxes gesetzt, zeigt das Menü ALG folgende Funktionen an:



Wir wollen hier keine Beschreibung jeder einzelnen Funktion bringen, sondern den Anwender darauf hinweisen, dass er sich diese besser in der Hilfefunktion des Rechners selbst anzeigen lassen sollte:  $\text{TOOL}$   $\text{NXT}$   $\text{MODE}$   $\text{ENTER}$ . Um eine bestimmte Funktion auszuwählen, geben Sie den ersten Buchstaben der Funktion ein. So z.B. geben Sie für die Funktion COLLECT,  $\text{ALPHA}$   $\text{C}$  ein und verwenden anschließend die Pfeiltasten  $\uparrow$   $\downarrow$ , um COLLECT im Hilfenfenster zu lokalisieren.

Um den Vorgang abzuschließen, drücken Sie auf  $\text{MODE}$ . Nachfolgend die Hilfeansicht für die Funktion COLLECT:

```
COLLECT:
Recursive factoriza-
tion of a polynomial
over integers
COLLECT(X^2-4)
          (X+2)*(X-2)
See: EXPAND FACTOR
EXIT ECHO SEE1 SEE2 SEE3 MAIN
```

Am unteren Rand der Anzeige bemerken wir nun die Zeile See: EXPAND FACTOR, welche uns auf andere Hilfe-Einträge zu den Funktionen EXPAND und FACTOR hinweist. Um direkt zu diesen Einträgen zu gelangen, drücken Sie die Funktionstaste  $\text{MODE}$  für EXPAND und  $\text{MODE}$  für FACTOR. Wenn Sie

z.B.  drücken, erhalten Sie Informationen zu EXPAND, drücken Sie auf  erhalten Sie Informationen zur Funktion FACTOR:

<pre>EXPAND: Expands and simplifies an algebraic expr. EXPAND((X+2)*(X-2))       X^2-4 See: COLLECT SIMPLIFY EXIT ECHO SEE1 SEE2 SEE3 MAIN</pre>	<pre>FACTOR: Factorizes an integer or a polynomial FACTOR(X^2-2)       (X+√2)(X-√2) See: EXPAND COLLECT EXIT ECHO SEE1 SEE2 SEE3 MAIN</pre>
--	---

Kopieren Sie die bereitgestellten Beispiele, durch drücken der Taste , in den Stack. Um z.B. für den obigen Eintrag zu EXPAND, das Beispiel in den Stack zu kopieren, drücken Sie die Funktionstaste  (drücken Sie , um den Befehl auszuführen):

<pre>:HELP :EXPAND((X+2)*(X-2))       X^2-4 CASCH HELP</pre>	<pre>:HELP :FACTOR(X^2-2)       (X+√2)(X-√2) CASCH HELP</pre>
--	---

Nun, überlassen wir es dem Benutzer die Anwendung dieser Funktionen im ALG Menü selbst zu ergründen. Dies ist eine Liste der Befehle:

<pre>ALG MENU 1. COLLECT 2. EXPAND 3. FACTOR 4. LNCOLLECT 5. LIN 6. PARTFRAC HELP   CANCL OK</pre>	<pre>ALG MENU 4. LNCOLLECT 5. LIN 6. PARTFRAC 7. SOLVE 8. SUBST 9. TEXPAND HELP   CANCL OK</pre>
--	--

Für die Funktion SUBST, z.B. finden wir den folgenden CAS Hilfeintrag:

<pre>SUBST: Substitutes a value for a variable in an expression SUBST(A^2+1,A=2)       2^2+1 See: EXIT ECHO SEE1 SEE2 SEE3 MAIN</pre>	<pre>:HELP :SUBST(A^2+1,A=2)       2^2+1 CASCH HELP</pre>
---	---

**Anmerkung:** Merken Sie sich: im PRN-Modus, muss das jeweilige Argument der Funktion vorangestellt werden, erst dann wird die Funktion

selbst ausgewählt. So z.B. müssen Sie für TEXPAND im RPN-Modus, wie folgt vorgehen:

$\leftarrow$   $e^x$   $+$  ALPHA  $X$   $+$  ALPHA  $Y$  ENTER

Wählen Sie an dieser Stelle die Funktion TEXPAND aus dem Menü ALG (oder direkt aus dem Katalog  $\rightarrow$  CAT), um die Operation abzuschließen.

## Operationen mit transzendenten Funktionen

Der Rechner bietet eine Anzahl von Funktionen, welche Ausdrücke, die logarithmische oder Exponentialfunktionen ( $\leftarrow$  EXP&LN), aber auch trigonometrische Funktionen ( $\rightarrow$  TRIG) enthalten, ersetzen können.

### Erweitern und zusammenfassen mit Hilfe der log-exp Funktionen

Mit  $\leftarrow$  EXP&LN erhalten Sie nachfolgendes Menü:



Informationen und Beispiele zu diesen Befehlen erhalten Sie über die Hilfe des Rechners. So z.B. wird die Beschreibung EXPLN auf der linken Seite und das Beispiel dazu aus dem Hilfeintrag, auf der rechten Seite angezeigt:

```
EXPLN:
Rewrites transcendent.
functions in terms of
EXP and LN
EXPLN(COS(X))
(EXP(i*X)+1/EXP(i*X))...
See: SINCOS EXP2HYP
EXIT ECHO SEE1 SEE2 SEE3 MAIN
```

```
RAD MIZ HEX C= 'X'      ALG
HOME?
* EXPLN(COS(X))

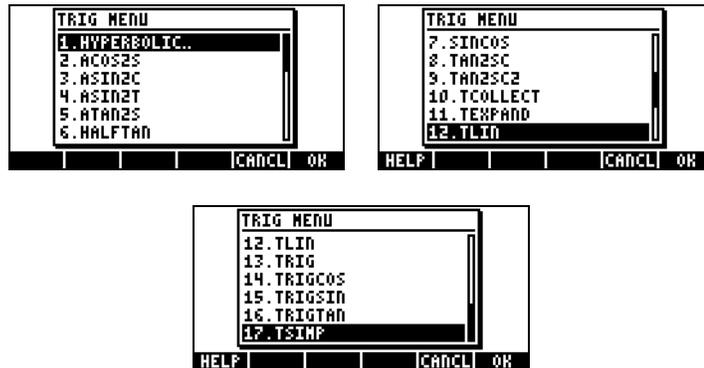
$$e^{iX} + \frac{1}{e^{iX}}$$


$$\frac{e^{iX}}{2}$$

CASCH HELP
```

### Erweitern und zusammenfassen anhand trigonometrischer Funktionen

Das Menü TRIG wird über die Tastenkombination  $\rightarrow$  TRIG aufgerufen und enthält folgende Funktionen:

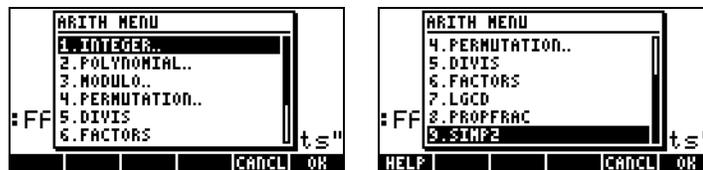


Mit Hilfe dieser Funktionen können Ausdrücke, durch austauschen einer bestimmten trigonometrischen Kategorie mit einer anderen, vereinfacht werden. So z.B. erlaubt die Funktion ACOS2S das Ersetzen der Funktion *arccosine* ( $\arccos(x)$ ) durch deren ... .. als ( $\arcsin(x)$ ).

Beschreibung dieser Befehle und Beispiele, sowie deren Anwendung finden Sie über die Hilfefunktion des Rechners ( $\text{TOOL}$   $\text{NXT}$   $\text{HELP}$ ). Der Anwender wird dazu aufgefordert diese Hilfe nach Informationen zu den Befehlen im Menü TRIG zu suchen.

## Funktionen im Menü ARITHMETIC

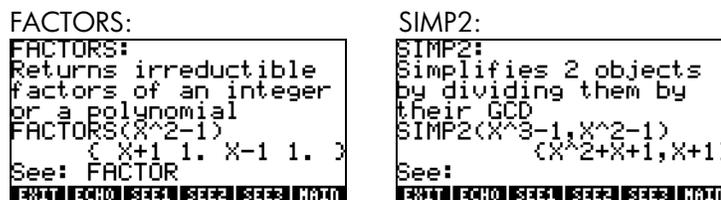
Das ARITHMETIC Menü wird über die Tastenkombination  $\leftarrow$  ARITH (der Taste  $\text{I}$  zugeordnet) gestartet. Mit dem Systemflag 117 auf CHOOSE boxes gesetzt, erscheint über  $\leftarrow$  ARITH das nachfolgende Menü:



Die Optionen 5 bis 9 (*DIVIS*, *FACTORS*, *LGCD*, *PROPF*, *SIMP2*) aus dieser Liste, entsprechen den allgemeinen Funktionen für Ganzzahlen und Polynome. Die verbliebenen Optionen (1. *INTEGER*, 2. *POLYNOMIAL*, 3. *MODULO*, und 4. *PERMUTATION*) sind eigentlich Untermenüs von Funktionen, welche bestimmten mathematischen Objekten zugeordnet sind. Wenn das Systemflag 117 auf *SOFT* Menüs steht, erscheint im ARITHMETIC Menü ( $\leftarrow$  *ARITH*) folgende Anzeige:



Nachfolgend sind die Hilfe-Einträge für die Funktionen *FACTORS* und *SIMP2* im ARITHMETIC Menü dargestellt:



Die den Untermenüs von ARITHMETIC zugeordneten Funktionen *INTEGER*, *POLYNOMIAL*, *MODULO* und *PERMUTATION* werden in Kapitel 5 der Bedienungsanleitung vorgestellt. Die folgenden Abschnitte enthalten einige Anwendungen für Polynome und Brüche.

## Polynome

Polynome sind algebraische Ausdrücke, die aus einem oder mehreren Gliedern in abfallender Reihenfolge der Potenz einer gegebenen Variablen bestehen. So z.B. ist  $X^3+2X^2-3X+2$  ein Polynom dritten Grades in  $X$ , während  $\text{SIN}(X)^2-2$  ein Polynom zweiten Grades in  $\text{SIN}(X)$  darstellt. Die bereits dargestellten Funktionen *COLLECT* und *EXPAND* können für Polynome verwendet werden. Weitere Anwendungen von Polynomfunktionen werden im Folgenden vorgestellt:

## Funktion HORNER

Die Funktion HORNER ( $\leftarrow$  ARITH, POLYNOMIAL, HORNER) erzeugt die Horner oder synthetische Division eines Polynoms  $P(X)$  mit dem Faktor  $(X-a)$ , d.h.  $\text{HORNER}(P(X),a) = \{Q(X), a, P(a)\}$  wobei  $P(X) = Q(X)(X-a)+P(a)$  ist. So zum Beispiel:

$$\text{HORNER}(X^3+2X^2-3X+1,2) = \{X^2+4X+5 \quad 2 \quad 11\}$$

d. h.,  $X^3+2X^2-3X+1 = (X^2+4X+5)(X-2)+11$ . Auch,

$$\text{HORNER}(X^6-1,-5)=$$

$$\{X^5-5X^4+25X^3-125X^2+625X-3125 \quad -5 \quad 15624\}$$

d.h.,  $X^6-1 = (X^5-5X^4+25X^3-125X^2+625X-3125)(X+5)+15624$ .

## Variable VX

Für die meisten der oben dargestellten Beispielpolynome wurde die Variable  $X$  verwendet. Der Grund hierfür ist, dass im Verzeichnis {HOME CASDIR} des Taschenrechners eine Variable  $VX$  vorhanden ist, die standardmäßig den Wert von ' $X$ ' annimmt. Dies ist der bevorzugte Name für die unabhängige Variable in algebraischen und Calculus Anwendungen. Vermeiden Sie in Ihren Programmen oder Gleichungen eine Variable  $VX$  zu benennen, um diese nicht mit der CAS Variablen  $VX$  zu verwechseln. Zusätzliche Informationen zur CAS Variablen finden Sie in Anhang C der Bedienungsanleitung.

## Funktion PCOEF

Haben Sie ein Array, welches die Wurzeln eines Polynoms enthält, erzeugt die Funktion PCOEF ein Array mit den Koeffizienten des entsprechenden Polynoms. Die Koeffizienten entsprechen der abfallenden Reihenfolge der unabhängigen Variablen. So zum Beispiel:

$$\text{PCOEF}([-2, -1, 0, 1, 1, 2]) = [1. \quad -1. \quad -5. \quad 5. \quad 4. \quad -4. \quad 0.],$$

welches das Polynom  $X^6 - X^5 - 5X^4 + 5X^3 + 4X^2 - 4X$  darstellt.

### Funktion PROOT

Bei einem Array, das die Koeffizienten eines Polynoms in abfallender Reihenfolge enthält, stellt die Funktion PROOT die Wurzeln dieses Polynoms bereit. Beispiel, aus dem Polynom  $X^2 + 5X + 6 = 0$  erhalten Sie über  $\text{PROOT}([1, -5, 6]) = [2, 3]$ .

### Funktionen QUOT und REMAINDER

Die Funktionen QUOT und REMAINDER stellen, entsprechend den Quotienten  $Q(X)$  und den Rest  $R(X)$  bereit, der sich aus der Division der Polynome  $P_1(X)$  und  $P_2(X)$  ergibt. Mit anderen Worten erhalten Sie die Werte  $Q(X)$  und  $R(X)$  aus  $P_1(X)/P_2(X) = Q(X) + R(X)/P_2(X)$ . So zum Beispiel:

$$\begin{aligned}\text{QUOT}('X^3-2X+2', 'X-1') &= 'X^2+X-1' \\ \text{REMAINDER}('X^3-2X+2', 'X-1') &= 1.\end{aligned}$$

So können wir schreiben:  $(X^3 - 2X + 2)/(X - 1) = X^2 + X - 1 + 1/(X - 1)$ .

**Anmerkung:** Das letztere Ergebnis können Sie auch für die Funktion PARTFRAC erzielen:

$$\text{PARTFRAC}('X^3-2X+2)/(X-1') = 'X^2+X-1 + 1/(X-1)'$$

### Funktion PEVAL

Die Funktion PEVAL (EVALuation (Auswertung) eines Polynoms) wird dazu verwendet ein Polynom auszuwerten.

$$p(x) = a_n \cdot x^n + a_{n-1} \cdot x^{n-1} + \dots + a_2 \cdot x^2 + a_1 \cdot x + a_0,$$

wobei das Array der Koeffizienten  $[a_n, a_{n-1}, \dots, a_2, a_1, a_0]$  und der Wert  $x_0$  ist. Das Ergebnis ist die Auswertung  $p(x_0)$ . Die Funktion PEVAL steht im Menü ARITHMETIC nicht zur Verfügung. Verwenden Sie stattdessen das Menü CALC/DERIV&INTEG. Beispiel:  $\text{PEVAL}([1, 5, 6, 1], 5) = 281$ .

Zusätzliche Anwendungen von Polynom Funktionen finden Sie in Kapitel 5 der Bedienungsanleitung.

## Fraktionen

Fraktionen können mit den Funktionen EXPAND und FACTOR aus dem ALG Menü ( $\square$  ALG), expandiert bzw. zusammengefasst werden. So zum Beispiel:

$$\begin{aligned}\text{EXPAND}('(1+X)^3/((X-1)*(X+3))') &= '(X^3+3*X^2+3*X+1)/(X^2+2*X-3)'\ \\ \text{EXPAND}('(X^2*(X+Y)/(2*X-X^2)^2') &= '(X+Y)/(X^2-4*X+4)'\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{FACTOR}('(3*X^3-2*X^2)/(X^2-5*X+6)') &= 'X^2*(3*X-2)/((X-2)*(X-3))'\ \\ \text{FACTOR}('(X^3-9*X)/(X^2-5*X+6)') &= 'X*(X+3)/(X-2)'\end{aligned}$$

## Funktion SIMP2

Die Funktion SIMP2 im Menü ARITHMETIC nimmt als Argumente zwei Zahlen eines Polynoms, die den Zähler und den Nenner eines rationalen Bruches darstellen und gibt den vereinfachten Zähler und Nenner zurück. So zum Beispiel:

$$\text{SIMP2}('X^3-1', 'X^2-4*X+3') = \{ 'X^2+X+1', 'X-3' \}$$

## Funktion PROPFRAC

Die Funktion PROPFRAC wandelt einen rationalen in einen echten Bruch um, d.h. fügt eine Ganzzahl an einen Bruch, falls eine derartige Zerlegung möglich ist. So zum Beispiel:

$$\begin{aligned}\text{PROPFRAC}('5/4') &= '1+1/4'\ \\ \text{PROPFRAC}('(x^2+1)/x^2') &= '1+1/x^2'\end{aligned}$$

## Funktion PARTFRAC

Die Funktion PARTFRAC zerlegt einen rationalen Bruch in Teil-Brüche, die den ursprünglichen Bruch bilden. So zum Beispiel:

$$\text{PARTFRAC}('(2*X^6-14*X^5+29*X^4-37*X^3+41*X^2-16*X+5)/(X^5-7*X^4+11*X^3-7*X^2+10*X)') =$$

$$'2*X+(1/2/(X-2)+5/(X-5)+1/2/X+X/(X^2+1))'$$

### Funktion FCOEF

Mit Hilfe der Funktion FCOEF, die über das Menü ARITHMETIC /POLYNOMIAL aufgerufen werden kann, erhält man einen rationalen Bruch, wenn dessen Wurzeln und Pole bekannt sind.

**Anmerkung:** Angenommen wir haben den rationalen Bruch  $F(X) = N(X)/D(X)$ , dann werden die Wurzeln des Bruches über die Gleichung  $N(X) = 0$  und die Pole über die Gleichung  $D(X) = 0$  errechnet.

Die Eingabe für die Funktion ist ein Vektor der die Wurzeln, gefolgt von deren Mehrwertigkeit (d.h. wie oft wird eine Wurzel wiederholt) und die Pole gefolgt von deren Mehrwertigkeit als negative Zahl. So z.B., wenn wir einen Bruch mit den Wurzeln 2 und deren Mehrwertigkeit 1, 0 mit Mehrwertigkeit 3 und -5 mit Mehrwertigkeit 2 und Pole mit Mehrwertigkeit 2 und -3 mit Mehrwertigkeit 5 erzeugen wollen, verwenden wir:

$$\text{FCOEF}([2,1,0,3,-5,2,1,-2,-3,-5]) = '(X-5)^2 * X^3 * (X-2) / (X-3)^5 * (X-1)^2'$$

Wenn Sie **EVAL** **↶** **ANS** (oder einfach **EVAL** im RPN-Modell) drücken, wird Folgendes angezeigt:

$$'(X^6+8*X^5+5*X^4-50*X^3)/(X^7+13*X^6+61*X^5+105*X^4-45*X^3-297*X^2-81*X+243)'$$

### Funktion FROOTS

Mit der Funktion FROOTS im Menü ARITHMETIC/POLYNOMIAL erhalten Sie die Null- und Polstellen eines Bruches. Als Beispiel, wenn Sie die Funktion FROOTS auf das oben erzielte Ergebnis anwenden, erhalten Sie: [1 -2. -3 -5. 0 3. 2 1. -5 2.]. Das Ergebnis zeigt Pole gefolgt von deren Mehrwertigkeit als negative Zahl und Wurzeln gefolgt von deren Mehrwertigkeit als positive Zahl. In diesem Fall sind die Pole (1, -3) mit entsprechender Mehrwertigkeit (2,5) und die Wurzeln (0, 2, -5) mit entsprechender Mehrwertigkeit (3, 1, 2).





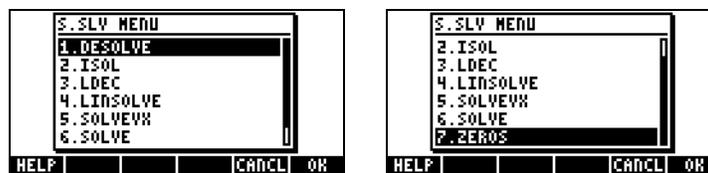
## Kapitel 6

### Lösung für Gleichungen

Der Taste  $\boxed{7}$  sind zwei Gleichungs-Lösungs-Menüs zugeordnet, der symbolische SOLVer (Löser) ( $\leftarrow$   $\overline{S.SLV}$ ) und der NUMerische SOLVer (Löser) ( $\rightarrow$   $\overline{NUM.SLV}$ ). Nachfolgend werden einige Funktionen aus diesen Menüs beschrieben.

### Symbolische Lösung algebraischer Gleichungen

Nachfolgend werden einige Funktionen aus dem Menü symbolischer Löser beschrieben. Aktivieren Sie das Menü über die Tastenkombination ( $\leftarrow$   $\overline{S.SLV}$ ). Mit dem Systemflag 117 auf *CHOOSE* boxes gesetzt, werden folgende Menü-Einträge aufgelistet:



Die Funktionen ISOL und SOLVE können zur Lösung der Unbekannten in einer Polynom-Gleichung verwendet werden. Die Funktion SOLVEX löst eine Polynomgleichung, in welcher die Standard CAS Variable VX (standardmäßig 'X') die Unbekannte ist. Schließlich die Funktion ZEROS, welche Nullen, Wurzeln oder ein Polynom bereitstellt.

### Funktion ISOL

Mit der Funktion ISOL (Gleichung, Variable) erhalten Sie die Lösung(en) für Gleichung durch Isolierung der Variablen. So z.B. Um  $t$  in der Gleichung  $at^3 - bt = 0$ , mit dem Rechner im ALG-Modus, zu finden, können wir wie folgt vorgehen:

```

RAD XYZ HEX R= 'X'      ALG
CHOME3
: ISOL('a*t^3-b*t','t')
{t=0 t=-sqrt(a*b)/a t=sqrt(a*b)/a}
DESOL|ISOL|LOEC|LINSO|SOLVE|SOLVE

```

Im RPN-Modus erhalten wir das gleiche Ergebnis, wenn wir die Gleichung in den Stack, gefolgt von der Variablen schreiben und anschließend die Funktion ISOL eingeben. Bevor Sie die Funktion ISOL ausführen, sollte die Anzeige im RPN-Modus wie in der Abbildung auf der linken Seite aussehen. Nachdem Sie die Funktion ISOL ausgeführt haben, sieht ihre Anzeige, wie in der rechten Abbildung aus:

<pre> 00: 01: 02: 1: a*t^3-b*t t +SKIP SKIP+ +DEL DEL+ DEL L INS </pre>	<pre> 00: 01: 02: 1: {t=0 t=-sqrt(a*b)/a t=sqrt(a*b)/a} +SKIP SKIP+ +DEL DEL+ DEL L INS </pre>
---	--

Das erste Argument in ISOL kann ein Ausdruck – wie oben aufgeführt – oder eine Gleichung sein. Versuchen Sie z.B. im ALG-Modus:

```

RAD XYZ HEX R= 'X'      ALG
CHOME3
: ISOL('x^2-k*x=k^2','x')
{x=(-1+sqrt(5))/2*k x=(1+sqrt(5))/2*k}
DESOL|ISOL|LOEC|LINSO|SOLVE|SOLVE

```

**Anmerkung:** Um das Istgleichzeichen (=) in einer Gleichung zu schreiben, verwenden Sie die Tastenfolge  $\rightarrow$   $\equiv$  (der Taste  $\pm$  zugeordnet).

Das gleiche Problem kann im RPN-Modus, wie unten angezeigt gelöst werden (Abbildungen zeigen den RPN-Stack vor und nachdem die Funktion ISOL angewendet wurde):

<pre> 00: 01: 02: 1: x^2-k*x=k^2 x CASCH HELP  </pre>	<pre> 00: 01: 02: 1: {x=(-1+sqrt(5))/2*k x=(1+sqrt(5))/2*k} CASCH HELP  </pre>
---	--

## Funktion SOLVE

Die Funktion SOLVE hat die gleiche Syntax wie die Funktion ISOL, nur dass SOLVE auch zur Lösung eines Sets von Polynom-Gleichungen verwendet werden kann. Untenstehend, der Hilfetext für die Funktion SOLVE, mit der Lösung der Gleichung  $X^4 - 1 = 3$ :

```
SOLVE:
Solves a (or a set of)
polynomial equation
SOLVE(X^4-1=3,X)
      (X=√2 X=-√2)
See: LINSOLVE SOLVEVX
EXIT ECHO SEEL SEED SEEB MAIN
```

Nachfolgende Beispiele zeigen die Funktion SOLVE im ALG und RPN-Modus (Verwenden Sie Complex Modus in CAS). [**Anmerkung:** in den nachfolgenden Abbildungen sind nach Fertigstellung dieser Übung nicht alle Zeilen sichtbar.]

```
: SOLVE('β^4-5β=125','β')
      {}
: SOLVE('β^4-5β=6','β')
      {β=-1 β=2 β=-1+i√11 β=-1-i√11}
+SKIP+SKIP+DEL DEL+DEL L INS
```

Die obige Abbildung zeigt zwei Lösungen. In der ersten,  $\beta^4 - 5\beta = 125$  findet SOLVE keine Lösungen  $\{ \}$ . In der zweiten Abbildung hingegen,  $\beta^4 - 5\beta = 6$ , findet SOLVE gleich vier Lösungen, welche in der letzten Ausgabezeile angegeben sind. Die letzte Lösung ist nicht sichtbar, weil die Anzahl der Buchstaben der Lösung größer als die Breite der Anzeige des Displays ist. Sie können aber alle Lösungen, mit Hilfe der Pfeiltaste ( $\nabla$ ) ansehen, welche von einer Zeile des Zeileneditors in die andere umschaltet (dieser Vorgang kann jederzeit benutzt werden, wenn die Ausgabezeile länger als die Breite der Rechner-Displays ist):

```

: SOLVE(β4-5β=6,β)
{β=-1 β=2 β=- $\frac{1+i\sqrt{11}}{2}$  β=- $\frac{1-i\sqrt{11}}{2}$ }
(β=-1,β=2,β=-((1+i*√11)/2),β=-((1-i*√11)/2))
+SKIP|SKIP+|+DEL|DEL+|DEL|L|INS

```

Die entsprechende Anzeige im RPN-Modus für diese beiden Beispiele, vor und nach der Anwendung der Funktion SOLVE, ist nachstehend zu sehen:

<pre> R00: R01: R02: R03: 1: β<sup>4</sup>-5β=125 β +SKIP SKIP+ +DEL DEL+ DEL L INS </pre>	<pre> R00: R01: R02: R03: 1: ( ) +SKIP SKIP+ +DEL DEL+ DEL L INS </pre>
<pre> R00: R01: R02: R03: 1: β<sup>4</sup>-5β=6 β +SKIP SKIP+ +DEL DEL+ DEL L INS </pre>	<pre> R00: R01: R02: R03: 1: {β=-1 β=2 β=-<math>\frac{1+i\sqrt{11}}{2}</math> β=-<math>\frac{1-i\sqrt{11}}{2}</math>} +SKIP SKIP+ +DEL DEL+ DEL L INS </pre>

### Funktion SOLVEVX

Die Funktion SOLVEVX löst eine Gleichung für die Standard CAS-Variable in der reservierten Variablen VX. Standarmäßig ist der Wert dieser Variablen 'X'. Nachfolgende Beispiele, im ALG-Modus mit VX = 'X':

```

: SOLVEVX(X5-a,X=b)
( )
: SOLVEVX(X5-6X=20)
X=2
+SKIP|SKIP+|+DEL|DEL+|DEL|L|INS

```

Im ersten Fall konnte SOLVEVX keine Lösung finden. Im zweiten Fall, hat SOLVEVX eine einzige Lösung gefunden, X = 2.

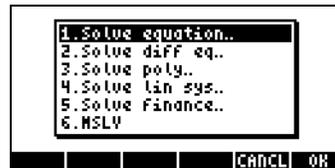
Nachfolgend die Anzeige der beiden Beispiele im RPN Stack (vor und nach Anwendung der Funktion SOLVEVX):



Die Funktionen des oben aufgeführten symbolischen Löser ermitteln Lösungen für rationale Gleichungen (hauptsächlich Polynom-Gleichungen). Wenn alle Koeffizienten der zu lösenden Gleichung numerisch sind, ist auch eine numerische Lösung über den numerischen Löser des Rechners möglich.

## Menü numerischer Löser

Der Rechner bietet eine starke Umgebung zur Lösung einzelnen algebraischen oder transzendenten Gleichungen. Um sich zu dieser Umgebung Zugang zu verschaffen, starten sie den numerischen Löser (NUM.SLV) mit Hilfe von  NUM.SLV . Dieses erstellt ein Drop-Down Menü, mit folgenden Optionen:



Nachfolgend präsentieren wir Anwendungen zu den Positionen 3. *Solve poly..*, 5. *Solve finance*, und 1. *Solve equation..*, (in dieser Reihenfolge). In Anhang 1-A der Bedienungsanleitung finden Sie Anleitungen zur Benutzung von Eingabefeldern und Beispiele für Anwendungen mit dem numerischen Löser. Position 6. MSLV (Lösung mehrerer Gleichungen) wird weiter unten auf Seite 6-10 dargestellt.

### **Anmerkungen:**

1. Wann immer Sie eine Lösung in der NUM.SLV Anwendung berechnen, wird der gefundene Wert in den Stack geschrieben. Dies erweist sich als nützlich, wenn sie diesen Wert für spätere Operationen benötigen.
2. Jedes Mal, wenn Sie eine Anwendung im NUM.SLV Menü starten, wird eine oder mehrere Variablen erzeugt.

### **Polynomgleichungen**

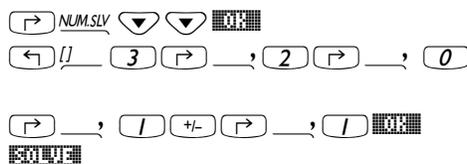
Wenn Sie die Option *Solve poly...* in der SOLVE Umgebung Ihres Rechners benutzen, können Sie:

- (1) Lösungen zu einer Polynomgleichung finden;
- (2) die Koeffizienten des Polynoms, mit einer bekannten Anzahl an Wurzeln ermitteln; und
- (3) einen algebraischen Ausdruck für das Polynom als Funktion von X ermitteln.

### Lösungen zu einer Polynomgleichung berechnen

Eine Polynomgleichung ist eine Gleichung die wie folgt aussieht:  $a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0 = 0$ . Als Beispiel lösen Sie die nachfolgende Gleichung:  $3s^4 + 2s^3 - s + 1 = 0$ .

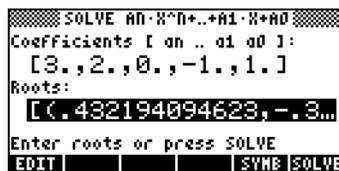
Wir möchten die Koeffizienten der Gleichung in einen Vektor [3,2,0,-1,1] setzen. Um diese Polynomgleichung mit dem Rechner zu lösen, versuchen Sie folgendes:



Wählen Sie Solve poly...  
Tragen Sie die Koeffizienten des Vektors ein

Lösen der Gleichung

In der Anzeige wird die Lösung wie folgt aussehen:



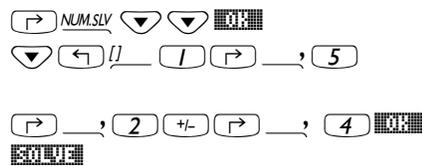
Drücken Sie **ENTER** um zum Stack zurückzukehren. Der Stack zeigt die folgenden Ergebnisse im ALG-Modus an (die gleichen Ergebnisse werden auch im RPN-Modus angezeigt):



Alle Lösungen sind komplexe Zahlen: (0,432, -0,389), (0,432, 0,389), (-0,766, 0,632), (-0,766, -0,632).

### Erzeugen von Polynom-Koeffizienten , wenn die Wurzeln des Polynoms bekannt sind

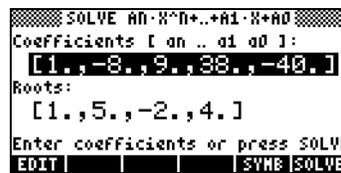
Angenommen Sie wollen ein Polynom erstellen dessen Wurzeln die Zahlen [1, 5, -2, 4] sind. Um den Rechner für diesen Zweck zu nutzen, führen Sie folgende Schritte aus:



Wählen Sie Solve poly...  
Tragen Sie die Wurzeln in einen Vektor ein

Solve (Lösung) für Koeffizienten

Drücken Sie **ENTER**, um zum Stack zurückzukehren, die Koeffizienten werden im Stack angezeigt.

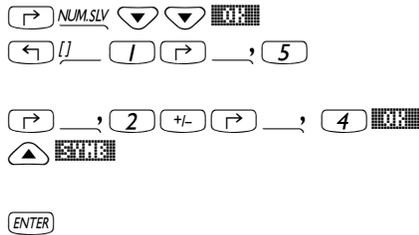


Drücken Sie **ENTER**, um alle Koeffizienten im Zeileneditor anzuzeigen.

### Erstellen eines algebraischen Ausdrucks für das Polynom

Sie können bei der Erstellung eines algebraischen Ausdrucks für ein Polynom, mit vorgegebenen Koeffizienten der Wurzeln des Polynoms, den Rechner benutzen. Der ermittelte Ausdruck wird als Standard CAS Variable X ausgegeben.

Um den algebraischen Ausdruck mit Hilfe der Koeffizienten zu erstellen, nehmen Sie nachfolgendes Beispiel. Nehmen wir an die Koeffizienten des Polynoms sind [1,5,-2,4]. Verwenden Sie dazu folgende Tastenfolge:

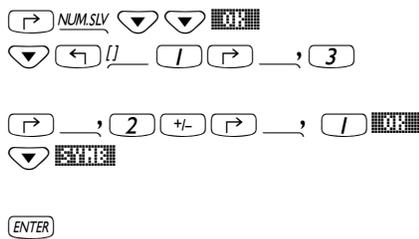


Wählen Sie Solve poly...  
Tragen Sie die Koeffizienten in einen Vektor ein

Erzeugen Sie den symbolischen Ausdruck  
Zurück zum Stack.

Der so erstellte Ausdruck wird im Stack wie folgt angezeigt:  
'X^3+5\*X^2+-2\*X+4'

Um den algebraischen Ausdruck mit Hilfe der Wurzeln zu erstellen, nehmen Sie nachfolgendes Beispiel. Nehmen wir an die Wurzeln des Polynoms sind [1,3,-2,1]. Verwenden Sie dazu folgende Tastenfolge:



Wählen Sie Solve poly...  
Tragen Sie die Wurzeln in einen Vektor ein

Erzeugen Sie den symbolischen Ausdruck  
Zurück zum Stack.

Der so ermittelte Ausdruck wird im Stack wie folgt angezeigt:

'(X-1)\*(X-3)\*(X+2)\*(X-1)'

Um die Ergebnisse zu erweitern, können Sie den Befehl EXPAND verwenden.

Der daraus resultierende Ausdruck sieht wie folgt aus:

'X^4+3\*X^3+-3\*X^2+11\*X-6'

## Finanzmathematische Berechnungen

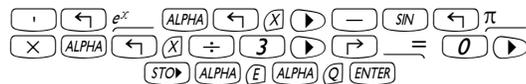
Die Berechnungen in Position 5. *Solve finance..* im numerischen Löser (NUM.SLV) werden zur Berechnung des Zeitwertes von Geld wichtig in der

technischen Wirtschaft und anderer Finanz-Anwendungen. Diese Anwendung kann mit der Tastenkombination  $\leftarrow$  FINANCE (Taste 9 zugeordnet) gestartet werden. Genaue Erklärungen dazu finden Sie in Kapitel 6 der Bedienungsanleitung.

### Lösen von Gleichungen mit einer Unbekannten über NUM.SLV

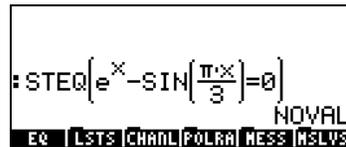
Das Menü NUM.SLV des Rechners bietet in Position 1. *Solve equation..* die Lösung verschiedener Typen von Gleichungen in einer einzigen Variablen, einschließlich nicht-linearer algebraischer und transzendenter Gleichungen. Als Beispiel lösen wir nachfolgende Gleichung:  $e^x \cdot \sin(\pi x/3) = 0$ .

Geben Sie den Ausdruck als algebraisches Objekt ein und speichern Sie dies in der Variablen EQ. Die dazu notwendigen Tastenfolgen im ALG-Modus sind:



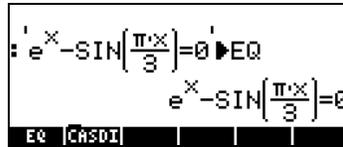
### Funktion STEQ

Die Funktion STEQ speichert ein Argument in einer Variablen EQ, z.B. im ALG-Modus:



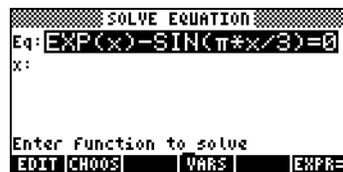
Im RPN-Modus tragen Sie die Gleichung zwischen zwei Apostrophe ein und starten Sie den Befehl STEQ. Somit kann die Funktion STEQ als Kürzel zur Speicherung des Ausdrucks in der Variablen EQ verwendet werden.

Drücken Sie  $\leftarrow$  VAR um die neu erstellte Variable EQ anzuzeigen:

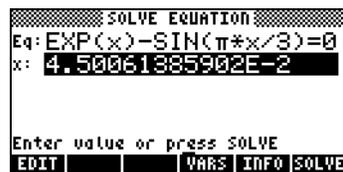


Wechseln Sie anschließend in die SOLVE Umgebung und wählen Sie *Solve equation...*, unter Verwendung von:

. Die entsprechende Anzeige sieht wie folgt aus:



Die Gleichung, die wir soeben in der Variablen EQ gespeichert haben, ist bereits ins Feld *Eq* in der Eingabemaske SOLVE EQUATION geladen. Auch ein mit *x* beschriftetes Feld wird bereit gestellt. Um die Gleichung zu lösen, müssen Sie einfach nur noch das Feld vor dem *X* markieren: indem Sie die Pfeiltaste benutzen und dann drücken. Die gezeigte Lösung ist *X*: 4,5006E-2:



Dies ist aber nicht die einzig mögliche Lösung für diese Gleichung. Um z.B. eine negative Lösung zu erhalten, tragen Sie, bevor Sie die Gleichung lösen, eine negative Zahl in das Feld *X*: ein. Versuchen Sie . Die Lösung lautet nun *X*: -3,045.

## Lösungen zu simultanen Gleichungen mit MSLV

Die Funktion MSLV steht unter dem Menü  $\rightarrow$  NUM.SLV zur Verfügung. Nachfolgend finden Sie den Hilfe-Eintrag für die Funktion MSLV:

```
MSLV:
Non-polynomial multi-
variate solver
MSLV('[SIN(X)+Y,X+SIN(
Y)=1]','[X,Y]',[0,0])
[1.82384112611,-.9681...
See: SOLVE
EXIT ECHO SEE1 SEE2 SEE3 MAIN
```

Beachten Sie, dass die Funktion MSLV drei Argumente benötigt:

1. Einen Vektor der die Gleichungen enthält, d.h. '[SIN(X)+Y,X+SIN(Y)=1]'
2. Einen Vektor der die zu lösenden Variablen enthält, d.h. '[X,Y]'
3. Einen Vektor der die ursprünglichen Werte für die Lösung beinhaltet, d.h. die ursprünglichen Werte beider Variablen X und Y sind in diesem Beispiel 0.

Im ALG-Modus drücken Sie  $\text{F2}$ , um das Beispiel in den Stack zu kopieren, drücken Sie dann  $\text{ENTER}$ , um das Beispiel auszuführen. Um alle Elemente der Lösung anzusehen, müssen Sie den Zeileneditor mit der Pfeiltaste ( $\blacktriangledown$ ) aktivieren:

```
RAD BYZ HEX R~ 'X' ALG
CHOME?
:MSLV('[SIN(X)+Y X+SIN(Y)=1]
'[X,Y]')
[1.82384112611,-.9681...
+SKIP+SKIP+DEL DEL L INS
```

Im RPN-Modus wird die Lösung für dieses Beispiel wie folgt gefunden:

```
4:
0: [SIN(X)+Y X+SIN(Y)=1.]
1: [X Y]
1: [0. 0.]
CASCM HELP
```

Durch Aktivierung der Funktion MSLV erscheint folgende Anzeige.

```
MODE: [SIN(X)+Y X+SIN(Y)=1.]
MODE: [X Y]
1: [1.82384112611 -0.9681]
CASCM HELP
```

Sie haben wahrscheinlich festgestellt, dass in der linken oberen Ecke der Anzeige, während der Berechnung der Lösung Zwischenergebnisse angezeigt werden. Da die von MSLV gelieferte Lösung numerisch ist, zeigen die Informationen in der linken oberen Ecke die Ergebnisse des wiederholenden Prozesses, auf dem Weg zur Lösung an. Die endgültige Lösung ist  $X = 1,8238$ ,  $Y = -0,9681$ .

## Referenz

Zusätzliche Informationen zur Lösung von einfachen und mehrfachen Gleichungen finden Sie in Kapitel 6 und 7 der Bedienungsanleitung.

## Kapitel 7

### Operationen mit Listen

Listen sind Objekte des Rechners, welche bei der Datenverarbeitung hilfreich sein können. In diesem Kapitel werden Beispiele von Operation mit Listen vorgestellt. Um mit den Beispielen dieses Kapitels zu beginnen, benutzen wir den Näherungsmodus (siehe Kapitel 1).

#### Erstellen und speichern von Listen

Um eine Liste im ALG-Modus zu erstellen, drücken Sie als erstes die Klammertaste  $\leftarrow \{ \rightleftarrows$ , anschließend geben Sie die Elemente der Liste ein, und trennen Sie diese durch ein Komma voneinander ( $\rightarrow \_ ,$ ). Mit den nachfolgenden Tastenschlägen geben Sie die Liste  $\{1., 2., 3., 4.\}$  ein und speichern Sie diese in der Variablen L1.

$\leftarrow \{ \rightleftarrows$   $|$   $\cdot$   $\rightarrow \_ ,$   $2$   $\cdot$   $\rightarrow \_ ,$   $3$   $\cdot$   $\rightarrow \_ ,$   $4$   $\cdot$   
 $\rightarrow$   $\text{STO}$   $\text{ALPHA}$   $L$   $1$   $\text{ENTER}$

Um dieselbe Liste im RPN-Modus einzugeben, verwenden Sie die Tastenfolge:

$\leftarrow \{ \rightleftarrows$   $|$   $\cdot$   $\text{SPC}$   $2$   $\cdot$   $\text{SPC}$   $3$   $\cdot$   $\text{SPC}$   $4$   $\cdot$   $\text{ENTER}$   
 $\rightarrow$   $\text{ALPHA}$   $L$   $1$   $\text{ENTER}$   $\text{STO}$

#### Operationen mit Zahlenlisten

Um Operationen mit Zahlenlisten zu veranschaulichen geben Sie folgende Listen ein und speichern diese in den entsprechenden Variablen.

$L2 = \{-3., 2., 1., 5.\}$     $L3 = \{-6., 5., 3., 1., 0., 3., -4.\}$     $L4 = \{3., -2., 1., 5., 3., 2., 1.\}$

#### Änderung des Vorzeichens

Wenn auf eine Liste von Zahlen angewendet, ändert die Taste Vorzeichen ändern ( $\pm$ ) das Vorzeichen aller Elemente in der Liste. So zum Beispiel:

$L1$	$\{1. 2. 3. 4.\}$			
$-L1$	$\{-1. -2. -3. -4.\}$			
$L4$	$L3$	$L2$	$L1$	$\text{CASIO}$

## Addition, Subtraktion, Multiplikation, Division

Multiplikation und Division einer Liste durch eine einzelne Zahl, wird über die gesamte Liste angewandt, so z.B.:

```

: -5. L2          (15. -10. -5. -25.)
: L1
: 5.              (.2 .4 .6 .8)
L4 | L3 | L2 | L1 | TRIAN MES1
  
```

Subtraktion einer einzelnen Zahl von einer Liste, wird die Zahl von jedem Element der Liste abziehen, so z.B.:

```

: L2              (-3. 2. 1. 5.)
: L2-10.         (-13. -8. -9. -5.)
L4 | L3 | L2 | L1 | TRIAN MES1
  
```

Addition einer einzelnen Zahl zu einer Liste, erzeugt eine Liste, die um diese Zahl erhöht wird, aber nicht eine Addition zu jedem einzelnen Element der Liste. So zum Beispiel:

```

: L1              (1. 2. 3. 4.)
: L1+6.          (1. 2. 3. 4. 6.)
L4 | L3 | L2 | L1 | TRIAN MES1
  
```

Subtraktion, Multiplikation und Division von Listen mit einer Zahlenreihe der gleichen Länge, erzeugt eine Liste der gleichen Länge, indem die Berechnung Glied für Glied erfolgt. Beispiele:

```

: L1-L2          (4. 0. 2. -1.)
: L1*L2          (-3. 4. 3. 20.)
L2 | L3 | L4 | L1 | TRIAN MES1

: L1*L2          (-3. 4. 3. 20.)
: L1
: L2
: L1/L2          (-.333333333333333 1. 3. .)
L2 | L3 | L4 | L1 | TRIAN MES1
  
```

Die Division L4/L3 wird eine unendliche Menge ermitteln, weil eines der Elemente in L3 eine Null ist, eine Fehlermeldung wird ausgegeben.

**Anmerkung:** Wenn wir die Elemente in den Listen L4 und L3 als Ganzzahlen eingegeben hätten, würde bei jeder Division durch Null das Unendlichkeitszeichen angezeigt. Um das folgende Ergebnis zu erzielen, müssen Sie die Liste neu mit Ganzzahlen (entfernen Sie den Dezimalpunkt) im exakten Modus eingeben.

```

: L4
: L3
  (-1 -2 1 5 * 2 -1)
  ( 2 5 3 5 * 3 4)
L2 | L3 | L4 | L1 | TRIAN MES1

```

Wenn die Listen für Rechenoperation verschiedene Längen haben, wird eine Fehlermeldung (Invalid Dimensions) ausgegeben. Versuchen Sie als Beispiel, L1-L4.

Wird das Pluszeichen ( $\oplus$ ) auf Listen angewandt, verhält sich dieses als Verkettungsoperator, indem es zwei Listen zusammenfügt und nicht Glied für Glied addiert. So zum Beispiel:

```

: L1+L2
(1. 2. 3. 4. -3. 2. 1. 5.)
L4 | L3 | L2 | L1 | TRIAN MES1

```

Um eine Glied für Glied Addition zweier Listen gleicher Länge zu erzielen, muss der Operator ADD verwendet werden. Dieser Operator kann mit Hilfe der Funktion Katalog ( $\rightarrow$  CAT) geladen werden. In der nachfolgenden Abbildung wird eine ADD Anwendung gezeigt, um die Listen L1 und L2, Glied für Glied zu addieren:

```

: L1 ADD L2
(-2. 4. 4. 9.)
L4 | L3 | L2 | L1 | TRIAN MES1

```

### Auf Listen anwendbare Funktionen

Auf Listen können Funktionen von der Tastatur für reelle Zahlen (ABS,  $e^x$ , LN,  $10^x$ , LOG, SIN,  $x^2$ ,  $\sqrt{\quad}$ , COS, TAN, ASIN, ACOS, ATAN,  $y^x$ ), die Funktionen aus dem Menü MTH/HYPERBOLIC (SINH, COSH, TANH, ASINH, ACOSH,

ATANH), aber auch aus dem Menü MTH/REAL (% , usw.), angewendet werden; so z.B.

ABS

```

:IL2|
(-3. 2. 1. 5.)
(3. 2. 1. 5.)
L4 | L3 | L2 | L1 | TRIAN MESI

```

INVERSE (1/x)

```

:INV(L1)
(1. .5 .333333333333333 .2)
L4 | L3 | L2 | L1 | TRIAN MESI

```

## Listen von komplexen Zahlen

Sie können eine Liste mit komplexen Zahlen wie folgt erstellen, sagen wir L5 = L1 ADD i\*L2 (Tippen Sie die Anweisung als vorher angezeigt), wie folgend:

```

:L1 i L2 ADD *
(1.+i-3. 2.+i2. 3.+i 4.)
:ANS(1) L5
(1.+i-3. 2.+i2. 3.+i 4.)
L5 | L4 | L3 | L2 | L1 | TRIAN

```

Auch Funktionen wie LN, EXP, SQ, usw. können auf Listen von komplexen Zahlen angewandt werden, z.B.:

```

:SQ(L5)
(SQ(1.+i-3.) SQ(2.+i2.))
:JL5
((1.44261527445,-1.039)
L5 | L4 | L3 | L2 | L1 | TRIAN

```

```

:L5
(e 1.+i-3. e 2.+i2. e 3.+i)
:LN(L5)
(LN(1.+i-3.) LN(2.+i2.))
L5 | L4 | L3 | L2 | L1 | TRIAN

```

## Listen von algebraischen Objekten

Nachfolgend einige Beispiele von Listen mit algebraischen Objekten, auf welche die Funktion SIN angewandt wurde (wählen Sie Exact mode für diese Beispiele – siehe Kapitel 1):

```

: { 'f' 'α-β' (x-y)² }
: { f α-β (x-y)² }
L5 | L2 | L3 | L4 | L1 | TRIAN

```

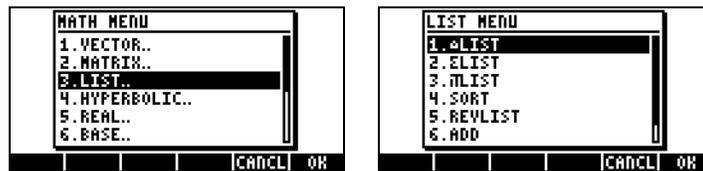
```

: SIN(ANS(1))
: SIN(f) SIN(α-β) SIN((x-y)²)
L5 | L2 | L3 | L4 | L1 | TRIAN

```

## Das Menü MTH/LIST

Das Menü MTH stellt eine Reihe von Funktionen, die exklusiv auf Listen angewandt werden können, zur Verfügung. Mit dem Systemflag 117 auf CHOOSE boxes gesetzt, weist das Menü MTH/LIST folgende Funktionen auf:



Mit dem Systemflag 117 auf Menü SOFT gesetzt, weist das Menü MTH/LIST folgende Funktionen auf:



Die im Menü MTH/LIST enthaltenen Operationen sind folgende:

- $\Delta$ LIST : Berechnet das Inkrement zwischen aufeinanderfolgenden Elementen in der Liste
- $\Sigma$ LIST : Berechnet die Summe der Elemente in der Liste
- $\Pi$ LIST : Berechnet das Produkt der Elemente in der Liste
- SORT : Sortiert die Elemente aufsteigend
- REVLIST : Kehrt die Reihenfolge in der Liste um
- ADD : Operator für die Glied-für-Glied Addition zweier Listen der gleichen Länge (Beispiele für diesen Operator wurden oben gezeigt)

Nachfolgend finden Sie Anwendungsbeispiele dieser Funktionen im ALG-Modus.

```

:L3
(-6.5.3.1.0.3.-4.)
:LIST(L3)
(11.-2.-2.-1.3.-7.)
┌LIST└LIST└LIST└SORT└REVL└ADD

```

```

:L3
(-6.5.3.1.0.3.-4.)
:ΣLIST(L3)
2.
┌LIST└LIST└LIST└SORT└REVL└ADD

```

```

:L3
(-6.5.3.1.0.3.-4.)
:SORT(L3)
(-6.-4.0.1.3.3.5.)
┌LIST└LIST└LIST└SORT└REVL└ADD

```

```

:L3
(-6.5.3.1.0.3.-4.)
:REVLIST(L3)
(-4.3.0.1.3.5.-6.)
┌LIST└LIST└LIST└SORT└REVL└ADD

```

SORT und REVLIST können kombiniert werden, um eine Liste in absteigender Folge zu sortieren.

```

:L3
(-6.5.3.1.0.3.-4.)
:REVLIST(SORT(L3))
(5.3.3.1.0.-4.-6.)
┌LIST└LIST└LIST└SORT└REVL└ADD

```

## Die Funktion SEQ

Die Funktion SEQ, welche über den Befehl Katalog ( $\langle \text{P} \rangle$  \_CAT ) aufgerufen werden kann, enthält als Argumente einen Ausdruck in Form eines Index, den Namen dieses Index und Start- und Endwerte sowie deren Wertzuwachs und gibt eine Liste wieder, die aus der Auswertung des Ausdruckes für alle möglichen Werte des Index, zusammengesetzt ist. Die allgemeine Form der Funktion sieht wie folgt aus:

$SEQ(\text{Ausdruck}, \text{Index}, \text{Start}, \text{Ende}, \text{Wertzuwachs})$

So zum Beispiel:

```

:SEQ(n2,n,1,4,1.)
(1.4.9.16.)
┌SORT└SEQ└└└└└└└LIST

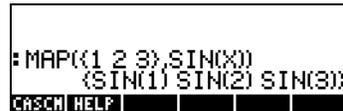
```

Die erzeugte Liste entspricht den Werten  $\{1^2, 2^2, 3^2, 4^2\}$ .

## Die Funktion MAP

Die Funktion MAP, welche ebenfalls über den Befehl Katalog ( $\square \rightarrow$  -CAT), aufgerufen werden kann, nimmt als Argumente eine Liste von Zahlen und eine Funktion  $f(X)$  und erzeugt eine Liste die aus der Anwendung der Funktion  $f$  oder des Programms auf die Zahlenliste besteht. So z.B., wendet der nachfolgende Funktionsaufruf von MAP eine  $SIN(X)$  Funktion auf die Liste  $\{1,2,3\}$  an:

```
= MAP({1 2 3},SIN(X))  
      {SIN(1) SIN(2) SIN(3)}
```

A screenshot of a calculator display showing the execution of the MAP function. The input is MAP({1 2 3},SIN(X)) and the output is {SIN(1) SIN(2) SIN(3)}. The display is in a monospaced font with a dark background and light text. At the bottom of the display, there are several small icons and the text 'CASCH HELP'.

## Referenz

Zusätzliche Referenzen, Beispiele und Anwendungen von Listen finden Sie in Kapitel 8 der Bedienungsanleitung.

## Kapitel 8

### Vektoren

Dieses Kapitel stellt Beispiele zur Eingabe und Operation mit Vektoren zur Verfügung, für beide, den mathematischen bestehend aus vielen Elementen, aber auch den physischen bestehend aus nur 2 bis 3 Komponenten.

### Eingabe von Vektoren

Im Rechner werden die Vektoren als eine, in Klammer eingeschlossene, Reihe von Zahlen dargestellt und charakteristisch als Reihe von Vektoren eingegeben. Im Rechner werden die Klammern mit der Tastenkombination  $\leftarrow \left[ \_ \right]$  erstellt, welche der Taste  $\times$  zugeordnet ist. Nachfolgend einige Beispiele von Vektoren im Rechner.

<code>[3.5, 2.2, -1.3, 5.6, 2.3]</code>	Eine allgemeine Reihe von Vektoren
<code>[1.5, -2.2]</code>	Ein 2-D Vektor
<code>[3, -1, 2]</code>	Ein 3-D Vektor
<code>['t', 't^2', 'SIN(t)']</code>	Ein Vektor von algebraischen Objekten

### Eingabe von Vektoren in den Stack

Ist der Rechner im ALG-Modus, wird der Vektor durch öffnen eines Klammerpaares ( $\leftarrow \left[ \_ \right]$ ) und eintippen der Komponenten oder Elemente innerhalb dieser, durch Komma getrennt ( $\rightarrow \_ ,$ ), eingegeben. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die Eingabe eines numerischen, gefolgt von einem algebraischen Vektor. Die linke Abbildung zeigt den algebraischen Vektor vor drücken der Taste  $\text{ENTER}$ . Die Abbildung rechts zeigt die Anzeige des Rechners, nachdem der algebraische Vektor eingegeben wurde:

The left screenshot shows the calculator display with the numerical vector `[5 3 -1 2 4]` and the algebraic vector `[t^2, s-2*t, sqrt(t-3)]` entered. The right screenshot shows the same display after pressing  $\text{ENTER}$ , where the algebraic vector `[t^2 s-2*t sqrt(t-3)]` is now stored in the stack above the numerical vector `[5 3 -1 2 4]`.

Im RPN-Modus können Sie einen Vektor in den Stack eingeben, indem Sie ein Klammernpaar öffnen und die Komponenten oder Elemente des Vektors

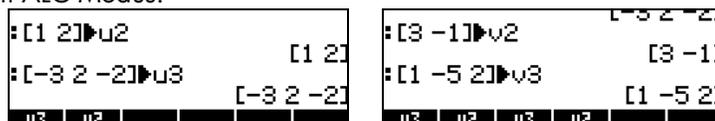
entweder durch Komma (→ ,) oder Leerzeichen (← SPC) getrennt eingeben. Beachten Sie, dass nachdem Sie die Taste (← ENTER) gedrückt haben, der Rechner in beiden Fällen die Elemente des Vektors durch Leerzeichen getrennt anzeigt.

### Speichern von Vektoren in Variablen im Stack

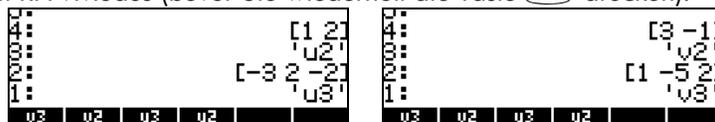
Vektoren können in Variablen gespeichert werden. In den folgenden Abbildungen sehen Sie die Vektoren

$$\mathbf{u}_2 = [1, 2], \mathbf{u}_3 = [-3, 2, -2], \mathbf{v}_2 = [3, -1], \mathbf{v}_3 = [1, -5, 2]$$

entsprechend in den Variablen  $\mathbf{u}_2$ ,  $\mathbf{u}_3$  und  $\mathbf{v}_2$ ,  $\mathbf{v}_3$  gespeichert. Als erstes im ALG-Modus:



Dann im RPN-Modus (bevor Sie wiederholt die Taste (← STO) drücken):



Anmerkung: Der Apostroph (') wird im RPN-Modus normalerweise bei der Eingabe der Namen u2, v2 usw. benötigt. In diesem Fall werden sie dazu verwendet, die im ALG-Modus erstellten, bereits existierenden Variablen zu überschreiben. In diesem Fall, wenn die Variablen vorher nicht gelöscht wurden, muss der Apostroph verwendet werden.

### Eingabe von Vektoren mit Hilfe des MatrixWriters (MTRW)

Vektoren können auch über den MatrixWriter (← MTRW), eingegeben werden (dritte Taste vierte Reihe von oben). Mit diesem Befehl wird eine Art Tabelle erzeugt, die den Zeilen und Spalten einer Matrix entspricht. (Die Verwendung des MatrixWriters zum Eingeben von Matrizen wird in Kapitel 9 erläutert.) Für einen Vektor möchten wir Daten nur in die oberste Reihe eingeben. Standardmäßig ist die Zelle der ersten Zeile und Spalte ausgewählt. Am unteren Teil der Tabelle finden Sie nachfolgende Funktionstasten:



Benutzen Sie die Taste , um die Inhalte einer ausgewählten Zelle des MatrixWriters zu ändern.

Wenn ausgewählt, wird die Taste  einen Vektor, im Gegensatz zu einer Matrix, von einer Zeile und mehreren Spalten, erzeugen.

Die Taste  wird verwendet, um die Breite der Spalten in der Tabelle zu verringern. Drücken Sie die Taste mehrmals, um zu sehen wie sich die Spaltenbreite in ihrem MatrixWriter verringert.

Die Taste  wird verwendet, um die Breite der Spalten in der Tabelle zu vergrößern. Drücken Sie die Taste mehrmals, um zu sehen wie sich die Spaltenbreite in ihrem MatrixWriter vergrößert.

Wenn ausgewählt, wählt die Taste  beim drücken der Taste  automatisch die nächste Zelle rechts von der Position der aktuellen Zelle. Diese Option ist standardmäßig eingestellt. Falls gewünscht, muss diese Option, vor Eingabe der Elemente, ausgewählt werden.

Wenn ausgewählt, wählt die Taste  beim drücken der Taste  automatisch die nächste Zelle unten von der Position der aktuellen Zelle. Falls gewünscht, muss diese Option, vor Eingabe der Elemente, ausgewählt werden.

#### **Nach rechts bewegen vs. nach unten bewegen im MatrixWriter**

Aktivieren Sie den MatrixWriter und geben Sie wie folgt ein       , die Taste  ist ausgewählt (Standard). Um den Unterschied zu sehen, geben Sie als nächstes die gleiche Zahlenfolge, mit ausgewählter  Taste ein. Im ersten Fall haben Sie einen Vektor bestehend aus drei Elementen eingegeben. Im zweiten Fall haben Sie eine Matrix bestehend aus drei Zeilen und einer Spalte eingegeben.



1 ENTER 2 ENTER 3 ENTER  
 NXT 000 2 1 000  
 4 ENTER 5 ENTER 6 ENTER  
 7 ENTER 8 ENTER 9 ENTER

- (3) Bewegen Sie den Cursor zwei Positionen nach oben indem Sie die Pfeiltaste  $\triangle$   $\triangle$  zweimal drücken. Drücken Sie anschließend  $\blacksquare$ . Die zweite Zeile wird verschwinden.
- (4) Drücken Sie nun  $\blacksquare$ . Eine Zeile von drei Nullen erscheint nun in der zweiten Zeile.
- (5) Drücken Sie  $\blacksquare$ . Die erste Spalte verschwindet.
- (6) Drücken Sie  $\blacksquare$ . Eine Zeile von zwei Nullen erscheint nun in der ersten Zeile.
- (7) Drücken Sie nun  $\blacksquare$  3  $\blacksquare$  3  $\blacksquare$   $\blacksquare$ , um zu Position (3,3) zu springen.
- (8) Drücken Sie  $\rightarrow$   $\blacksquare$ . Der Inhalt der Zelle (3,3) wird in den Stack verschoben, obwohl Sie diese im Moment noch nicht sehen können. Drücken Sie  $\text{ENTER}$  um zur Normalanzeige zurückzukehren. Die Zahl 9, das Element (3,3) und die komplette eingegebene Matrix steht nun im Stack zur Verfügung.

## Einfache Operationen mit Vektoren

Um Operationen mit Vektoren zu veranschaulichen, werden wir die Vektoren  $u_2$ ,  $u_3$ ,  $v_2$  und  $v_3$ , die wir in einer vorangegangenen Übung gespeichert haben, verwenden. Speichern Sie noch zusätzlich den Vektor  $A = [-1, -2, -3, -4, -5]$ , welcher in den nachfolgenden Übungen verwendet wird. **[Anmerkung:** in den nachfolgenden Abbildungen sind nach Fertigstellung dieser Übung nicht alle Zeilen sichtbar.]

### Änderung des Vorzeichens

Um das Vorzeichen eines Vektors zu ändern, benutzen Sie die Taste  $\boxed{+/-}$ , z.B.

```

:-[2 3 5]
:-v3      [-2 -3 -5]
:-v3
:-A       [-1 5 -2]
:-A      [1 2 3 4 5]
A | v3 | v2 | v3 | v2

```

### Addition, Subtraktion

Bei der Addition und Subtraktion von Vektoren müssen die beiden Operanden des Vektors die gleiche Länge haben:

```

:u2+v2      [4 1]
:u3+v3      [-2 -3 0]
:A+A       [-2 -4 -6 -8 -10]
A | v3 | v2 | v3 | v2

```

Versuchen Sie Vektoren verschiedener Länge zu addieren oder zu subtrahieren, erhalten Sie eine Fehlermeldung:

```

:v2+v3      "Invalid Dimension"
:u3+u2      "Invalid Dimension"
:A+v3       "Invalid Dimension"
A | v3 | v2 | v3 | v2

```

### Multiplikation und Division mit einem Skalar

Multiplikation und Division mit einem Skalar ist ganz einfach:

<pre> :3*v2      [9 -3] :-5*v3     [15 -10 10] :2*u2-6*v2 [-16 10] A   v3   v2   v3   v2 </pre>	<pre> :u3/2      [-3 1 -1] A   v3   v2   v3   v2 </pre>
---	---

## Funktion Absoluter Wert

Wird die Funktion Absoluter Wert (ABS) auf einen Vektor angewandt, ermittelt diese die Magnitude des Vektors. So zum Beispiel: wird der Ausdruck  $ABS([1, -2, 6])$ ,  $ABS(A)$ ,  $ABS(u3)$ , in der Anzeige wie folgt aussehen:

:  C1 -2 6	$\sqrt{41}$
:  A	$\sqrt{55}$
:  u3	$\sqrt{17}$

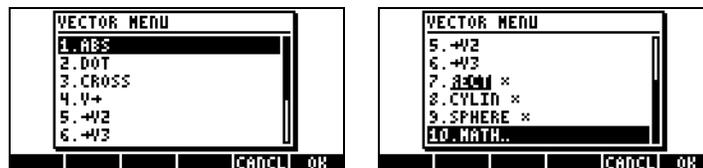
A | u3 | u2 | u3 | u2 |

## Das Menü MTH/VECTOR

Das Menü MTH ( $\leftarrow$  MTH ) enthält ein für Objekte von Vektoren spezielles Funktionsmenü.



Das Menü VECTOR enthält die folgenden Funktionen (Systemflag 117 ist auf CHOOSE boxes gesetzt):



## Magnitude (Größenordnung)

Die Magnitude eines Vektors, wie vorher beschrieben, kann mit der Funktion ABS gefunden werden. Die Funktion steht auch über die Tastatur ( $\leftarrow$  ABS ) zur Verfügung. Anwendungsbeispiele für die Funktion ABS wurden vorher gezeigt.

## Skalarprodukt

Die Funktion DOT (Option 2 in CHOOSE box oben) wird zur Berechnung des Skalarproduktes zweier Vektoren der gleichen Länge verwendet. Einige Beispiele zur Anwendung der Funktion DOT, unter Verwendung der vorher gespeicherten Vektoren A, u2, u3, v2, and v3, werden als nächstes im ALG-Modus gezeigt. Der Versuch das Skalarprodukt zweier Vektoren unterschiedlicher Länge zu berechnen, führt zu einer Fehlermeldung:

<pre>:DOT(A,A) 55 :DOT(u2,v2) 1 :DOT(v3,u3) -17 A   v3   v2   u3   u2</pre>	<pre>:DOT(u2,u3) "Invalid Dimension" :DOT(A,v3) "Invalid Dimension" :DOT(v2,u3) "Invalid Dimension" A   v3   v2   u3   u2</pre>
---	---

## Kreuzprodukt

Die Funktion CROSS (Option 3 im Menü MTH/VECTOR) wird zur Berechnung des Kreuzproduktes zweier 2-D Vektoren, zweier 3-D Vektoren oder eines 2-D und eines 3-D Vektors, eingesetzt. Um ein Kreuzprodukt zu berechnen, wird ein 2-D Vektor der Form  $[A_x, A_y]$  als 3-D Vektor  $[A_x, A_y, 0]$  behandelt. Nachfolgend werden Beispiele zweier 2-D und zweier 3-D Vektoren im ALG-Modus angezeigt. Beachten Sie, dass das Kreuzprodukt zweier 2-D Vektoren einen Vektor nur in z-Richtung, d.h. einen Vektor der Form  $[0, 0, C_z]$  erzeugt.

<pre>:CROSS(u2,v2) [0 0 -7] :CROSS(u2,[2 -3]) [0 0 -7] :CROSS([1.5 -2],v2) [0 0 4.5] A   v3   v2   u3   u2</pre>	<pre>:CROSS(u3,v3) [-6 4 13] :CROSS(u3,u3) [0 0 0] :CROSS([1 3 -5],[1 2 3]) [19 -8 -1] A   v3   v2   u3   u2</pre>
--	--

Beispiele eines Kreuzproduktes eines 3-D Vektors mit einem 2-D Vektor, oder umgekehrt, werden nachfolgend gezeigt:

```
: CROSS(u3,v2) [-2 -6 -3]
: CROSS(v2,v3) [-2 -6 -14]
: CROSS([1 2 3],[5 -6])
[18 15 -16]
A | v3 | v2 | v3 | v2 |
```

Der Versuch ein Kreuzprodukt zweier Vektoren deren Länge nicht 2 oder 3 ist, wird eine Fehlermeldung erzeugen:

```
: CROSS(v3,A)
"Invalid Dimension"
: CROSS([1 2 3 4],v3)
"Invalid Dimension"
: CROSS(A,v2)
"Invalid Dimension"
A | v3 | v2 | v3 | v2 |
```

## Referenz

Zusätzliche Informationen über Operationen mit Vektoren, einschließlich Anwendungen in der Physik, sind in Kapitel 9 der Bedienungsanleitung zu finden.

## Kapitel 9

### Matrizen und lineare Algebra

In diesem Kapitel finden Sie Beispiele wie Matrizen erstellt werden und mit diesen verschiedene Operationen ausgeführt werden, einschließlich Anwendungen der linearen Algebra.

#### Eingaben von Matrizen in den Stack

In diesem Abschnitt zeigen wir zwei unterschiedliche Methoden, wie Matrizen in des Stack des Rechners eingegeben werden können: (1) mit Hilfe des MatrixWriters und (2) direkte Eingabe der Matrix in den Stack.

##### Verwendung des MatrixWriters

Genau wie Vektoren, in Kapitel 8 beschrieben, können Matrizen mit Hilfe des MatrixWriters in den Stack eingegeben werden. Um z.B. die Matrix einzugeben:

$$\begin{bmatrix} -2.5 & 4.2 & 2.0 \\ 0.3 & 1.9 & 2.8 \\ 2 & -0.1 & 0.5 \end{bmatrix},$$

Starten Sie zuerst des MatrixWriters über  $\leftarrow$  *MTRW* . Stellen Sie sicher, dass die Option  $\leftarrow$   $\rightarrow$  ausgewählt ist. Verwenden Sie dazu die nachstehende Tastenfolge:

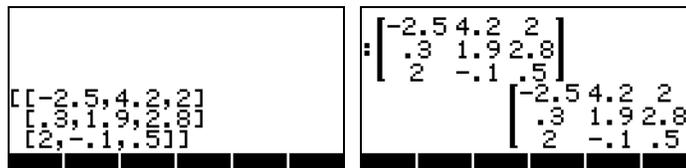


An dieser Stelle sieht Ihre Anzeige wie folgt aus:

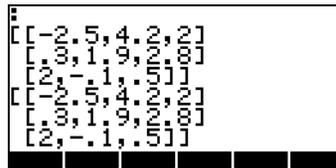


**[Anmerkung:** Wenn Sie die Übungen aus diesem Kapitel beendet haben, sind nicht alle Zeilen aus den Abbildungen sichtbar. Der Kopf überlagert die oberen Zeilen im Rechner.]

Drücken Sie **ENTER** ein weiteres Mal, um die Matrix in den Stack zu verschieben. Nachfolgend wird der Stack im ALG-Modus, vor und nach dem zweiten Mal drücken gezeigt:



Bei ausgewählter Textbuch Option (über **MODE** und  **Textbook** angekreuzt), wird die Matrix wie oben angezeigt: Andernfalls sieht die Matrix so aus:



Im RPN-Modus sieht die Anzeige in etwa gleich aus.

### Die Matrix direkt in den Stack eingeben

Das gleiche Ergebnis wie oben kann erzielt werden, wenn Sie nachfolgendes direkt in den Stack eingeben:



$\leftarrow$   $\left[ \right]$   $\cdot$  3  $\rightarrow$   $,$   $\left[ \right]$   $\cdot$  9  $\rightarrow$   $,$  2  $\cdot$  8  $\rightarrow$   
 $\rightarrow$   $\left[ \right]$   $,$   
 $\leftarrow$   $\left[ \right]$  2  $\rightarrow$   $,$   $\cdot$  1  $\pm/$   $\rightarrow$   $,$   $\cdot$  5  $\text{ENTER}$

Um eine Matrix direkt in den Stack einzugeben, öffnen Sie ein Klammerpaar ( $\leftarrow$   $\left[ \right]$ ) und setzen Sie jede Zeile der Matrix in ein weiteres Klammersymbol ( $\leftarrow$   $\left[ \right]$ ). Die Elemente der Matrix müssen durch Komma ( $\rightarrow$   $,$   $\cdot$ ) voneinander getrennt werden, genauso die Klammern zwischen den Zeilen.

Speichern wir nun diese Matrix für spätere Übungen unter dem Namen A. Benutzen Sie dazu im ALG-Modus  $\text{STO}$   $\text{ALPHA}$  (A). Und im RPN-Modus  $\leftarrow$   $\text{ALPHA}$  (A)  $\text{STO}$ .

## Operationen mit Matrizen

Wie andere mathematische Objekte, können auch Matrizen addiert und subtrahiert werden. Sie können mit einem Skalar oder auch untereinander multipliziert werden. Eine wichtige Operation für Anwendungen der linearen Algebra ist die Inverse einer Matrix. Nachfolgend werden diese Operationen genauer vorgestellt.

Um die Operationen zu veranschaulichen erstellen wir nun einige Matrizen, welche wir in den nachfolgenden Variablen speichern. Dies sind die Matrizen A22, B22, A23, B23, A33 und B33 (die Zufallsmatrizen Ihres Taschenrechners unterscheiden sich möglicherweise von den hier dargestellten Matrizen):

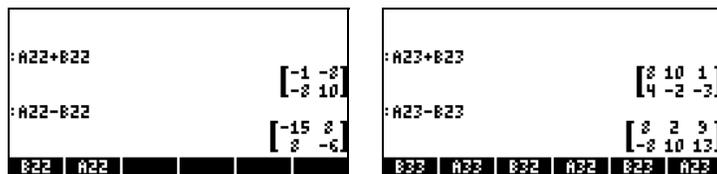
<pre> :RANM((2 2))&gt;A22       [-8 0]       [ 0 2] :RANM((2 2))&gt;B22       [ 7 -8]       [-8 8]       B22   A22           </pre>	<pre>       [ 7 -8]       [-8 8] :RANM((2 3))&gt;A23       [ 8 6 5]       [-2 4 5] :RANM((2 3))&gt;B23       [ 0 4 -4]       [ 6 -6 -8]       B23   A23   B22   A22           </pre>
<pre> :RANM((3 2))&gt;A32       [-6 -6]       [ 9 7]       [-5 0] :RANM((3 2))&gt;B32       [ 0 3]       [ 5 -6]       [-4 -3]       B32   A32   B23   A23   B22   A22           </pre>	<pre> :RANM((3 3))&gt;A33       [-8 -3 4]       [ 7 8 6]       [ 5 -1 4] :RANM((3 3))&gt;B33       [-4 1 7]       [-4 -5 7]       [-7 6 2]       B33   A33   B32   A32   B23   A23           </pre>

Die Schritte, die Sie durchführen müssen, lauten im RPN-Modus:

```
(2,2) [ENTER] RANM 'A22' [ENTER] [STO] (2,2) [ENTER] RANM 'B22' [ENTER] [STO]
(2,3) [ENTER] RANM 'A23' [ENTER] [STO] (2,3) [ENTER] RANM 'B23' [ENTER] [STO]
(3,2) [ENTER] RANM 'A32' [ENTER] [STO] (3,2) [ENTER] RANM 'B32' [ENTER] [STO]
(3,3) [ENTER] RANM 'A33' [ENTER] [STO] (3,3) [ENTER] RANM 'B33' [ENTER] [STO]
```

### Addition und Subtraktion

Die Beispiele werden anhand der oben gespeicherten Matrizen gezeigt (im ALG-Modus). Im RPN-Modus ist die Operation ziemlich ähnlich.



Die Schritte, die Sie durchführen müssen, lauten im RPN-Modus:

```
A22 [ENTER] B22 [ENTER] [+] A22 [ENTER] B22 [ENTER] [-]
A23 [ENTER] B23 [ENTER] [+] A23 [ENTER] B23 [ENTER] [-]
A32 [ENTER] B32 [ENTER] [+] A32 [ENTER] B32 [ENTER] [-]
A33 [ENTER] B33 [ENTER] [+] A33 [ENTER] B33 [ENTER] [-]
```

### Multiplikation

Es gibt verschiedene Multiplikations-Operationen, in welchen Matrizen vorkommen können. Diese werden nachfolgend beschrieben. Die Beispiele werden im algebraischen Modus durchgeführt.

#### Multiplikation mit einem Skalar

Nachfolgend einige Beispiele einer Multiplikation einer Matrix mit einem Skalar.

```

:5*A32
      [-30 -30]
      [45 35]
      [-25 0]
:-2*B33
      [32 -8 -56]
      [32 40 -56]
      [56 -48 -16]
B33 | A33 | B32 | A32 | B23 | A23

:1.25*A22
      [32 40 -56]
      [56 -48 -16]
:-B23
      [0 -4 4]
      [-6 6 8]
      [-10. 0]
      [0 2.5]
B32 | A22

```

### Matrix-Vektor Multiplikation

Eine Multiplikation einer Matrix mit einem Vektor ist nur dann zulässig, wenn die Länge des Vektors der Anzahl der Spalten in der Matrix entspricht. Nachfolgend einige Beispiele einer Matrix-Vektor Multiplikation.

```

      [-4 1 7]
      [-4 -5 7]
      [-7 6 2]
:ANS(1)>C1 2 -3]
      C-23 -35 -13
B33 | A33 | B32 | A32 | B23 | A23

      [0 3]
      [5 -6]
      [-4 -3]
:ANS(1)>C1 -23]
      C-6 17 23
B33 | A33 | B32 | A32 | B23 | A23

```

Andererseits ist die Vektor-Matrix Multiplikation nicht definiert. Diese Multiplikation kann durchgeführt werden, aber als eine besondere Matrix-Multiplikation, wie nachfolgend definiert.

### Matrix Multiplikation

Matrix-Multiplikation wird wie folgt definiert:  $\mathbf{C}_{m \times n} = \mathbf{A}_{m \times p} \cdot \mathbf{B}_{p \times n}$ . Beachten Sie, dass die Matrix-Multiplikation nur dann möglich ist, wenn die Anzahl der Spalten im ersten Operand, der Anzahl der Spalten des zweiten Operand, entspricht. Das allgemeine Glied im Produkt,  $c_{ij}$ , wird wie folgt definiert

$$c_{ij} = \sum_{k=1}^p a_{ik} \cdot b_{kj}, \text{ for } i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n.$$

Matrix Multiplikation ist nicht kommutativ, d.h. allgemein  $\mathbf{A} \cdot \mathbf{B} \neq \mathbf{B} \cdot \mathbf{A}$ . Darüber hinaus, könnte es sein, dass eine der Multiplikationen überhaupt nicht existiert. Im nachfolgenden sehen Sie die Ergebnisse von Multiplikationen, die wir mit den vorher gespeicherten Matrizen ausgeführt haben.

```

:A33*B33      [ 16 31 -69 ]
               [-102 3 117]
               [-44 34 36]
:B33*A33      [ 74 13 18 ]
               [ 32 -35 -18]
               [108 67 16]
B33 | A33 | B32 | A32 | B23 | A23

:A22*B22      [-56 64]
               [-16 16]
:B22*A22      [-56 -16]
               [ 64 16]
B22 | A22 |

```

### Glied-für-Glied Multiplikation

Eine Glied-für-Glied Multiplikation zweier Matrizen mit den gleichen Dimensionen ist über die Funktion HADAMARD möglich. Das Ergebnis, wie auch anders, ergibt eine weitere Matrix mit denselben Dimensionen. Diese Funktion kann entweder über den Katalog Funktionen (  $\rightarrow$  `_CAT` ), oder über das Untermenü MATRICES/OPERATIONS (  $\leftarrow$  `MATRICES` ) gestartet werden. Nachfolgend einige Anwendungen der Funktion HADAMARD:

```

:HADAMARD(A33,B33) [ 32 -3 28 ]
                  [-28 -40 42]
                  [-35 -6 8]
:HADAMARD(A22,B22) [-56 0]
                  [ 0 16]
B22 | A22 |

:HADAMARD(B32,A32) [ 0 -18 ]
                  [45 -42]
                  [20 0]
:HADAMARD(B23,A23) [ 0 24 -20 ]
                  [-12 -24 -40]
B33 | A33 | B32 | A32 | B23 | A23

```

### Die Identitätsmatrix

Die Identitätsmatrix hat die Eigenschaft dass  $\mathbf{A} \cdot \mathbf{I} = \mathbf{I} \cdot \mathbf{A} = \mathbf{A}$ . Um dies zu überprüfen, zeigen wir folgende Beispiele, unter Verwendung der vorher gespeicherten Matrizen. Benutzen Sie die Funktion IDN (Sie finden diese im Menü MTH/MATRIX/MAKE), um die Identitätsmatrix, wie unten gezeigt zu erstellen:

```

:A22          [-8 0]
              [ 0 2]
:A22*IDN(A22) [-8 0]
              [ 0 2]
B22 | A22 |

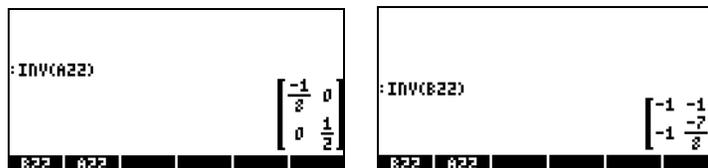
:A22*IDN(A22) [-8 0]
              [ 0 2]
:IDN(A22)*A22 [-8 0]
              [ 0 2]
B22 | A22 |

```

### Die Umkehrmatrix

Die Inverse einer hermiteschen Matrix  $\mathbf{A}$  ist die Matrix  $\mathbf{A}^{-1}$  und zwar so, dass  $\mathbf{A} \cdot \mathbf{A}^{-1} = \mathbf{A}^{-1} \cdot \mathbf{A} = \mathbf{I}$ , wobei  $\mathbf{I}$  eine Identitätsmatrix mit derselben Dimension wie

Matrix **A** ist. Die Inverse einer Matrix erhält man, wenn man die Funktion INV im Rechner anwendet (d.h. die Taste  $\left(\frac{1}{x}\right)$ ). Beispiele für die Umkehrmatrix (Inverse) einiger vorher gespeicherten Matrizen finden Sie nachfolgend:



Um die Eigenschaften der Umkehrmatrix zu überprüfen, zeigen wir folgende Multiplikationen:

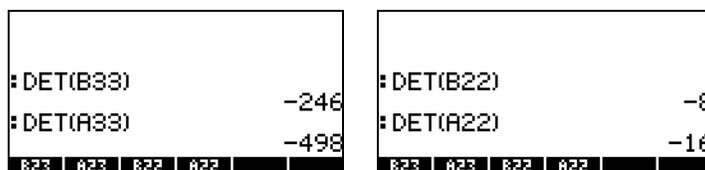


## Charakterisieren einer Matrix (Das Matrixmenü NORM)

Das Matrixmenü NORM (NORMALIZE) kann über die Tastenfolge  $\left(\leftarrow\right)$  *MTH* gestartet werden. Dieses Menü wird in Kapitel 10 der Bedienungsanleitung genauer beschrieben. Einige dieser Funktionen werden im Anschluss beschrieben.

### Funktion DET

Die Funktion DET berechnet den Determinanten einer hermiteschen Matrix. So zum Beispiel:



## Funktion TRACE

Die Funktion TRACE berechnet die Spur einer hermiteschen Matrix als Summe von Elementen in ihrer Hauptdiagonale, oder

$$\text{tr}(\mathbf{A}) = \sum_{i=1}^n a_{ii} .$$

Beispiele:

: TRACE(A22)				-6	: TRACE(A33)				4	
: TRACE(B22)				15	: TRACE(B33)				-7	
B23	A23	B22	A22		A	X	B33	A33	B32	A32

## Lösungen für lineare Systeme

Ein System von  $n$  linearen Gleichungen in  $m$  Variablen, kann wie folgt geschrieben werden

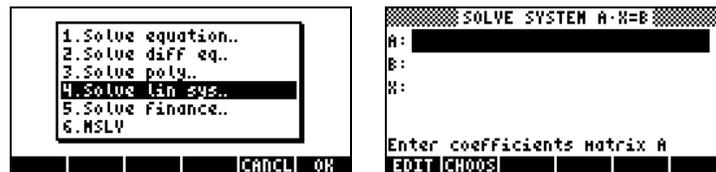
$$\begin{aligned} a_{11} \cdot x_1 + a_{12} \cdot x_2 + a_{13} \cdot x_3 + \dots + a_{1,m-1} \cdot x_{m-1} + a_{1,m} \cdot x_m &= b_1, \\ a_{21} \cdot x_1 + a_{22} \cdot x_2 + a_{23} \cdot x_3 + \dots + a_{2,m-1} \cdot x_{m-1} + a_{2,m} \cdot x_m &= b_2, \\ a_{31} \cdot x_1 + a_{32} \cdot x_2 + a_{33} \cdot x_3 + \dots + a_{3,m-1} \cdot x_{m-1} + a_{3,m} \cdot x_m &= b_3, \\ \vdots & \\ a_{n-1,1} \cdot x_1 + a_{n-1,2} \cdot x_2 + a_{n-1,3} \cdot x_3 + \dots + a_{n-1,m-1} \cdot x_{m-1} + a_{n-1,m} \cdot x_m &= b_{n-1}, \\ a_{n1} \cdot x_1 + a_{n2} \cdot x_2 + a_{n3} \cdot x_3 + \dots + a_{n,m-1} \cdot x_{m-1} + a_{n,m} \cdot x_m &= b_n. \end{aligned}$$

Dieses System von linearen Gleichungen, kann als Matrix-Gleichung  $\mathbf{A}_{n \times m} \cdot \mathbf{x}_{m \times 1} = \mathbf{b}_{n \times 1}$ , geschrieben werden, wenn wir die nachfolgenden Matrix Vektoren definieren:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nm} \end{bmatrix}_{n \times m}, \quad x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_m \end{bmatrix}_{m \times 1}, \quad b = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_n \end{bmatrix}_{n \times 1}$$

## Verwendung des numerischen Löser für lineare Systeme

Es gibt viele Arten, wie man ein System von linearen Gleichungen im Rechner berechnen kann. Eine Möglichkeit ist über den numerischen Löser  $\text{NUM.SLV}$ . Wählen Sie Option 4. *Solve lin sys..* im Anzeigefenster des numerischen Löser, wie unten (links) gezeigt, und drücken Sie  $\text{F4}$ . Sie erhalten Sie die folgende Eingabemaske (rechts):



Um das lineare System  $\mathbf{A} \cdot \mathbf{x} = \mathbf{b}$  zu lösen, geben Sie Matrix  $\mathbf{A}$  im Format  $[[a_{11}, a_{12}, \dots], \dots [a_{n1}, a_{n2}, \dots]]$  in Feld A: ein. Geben Sie nun den Vektor  $\mathbf{b}$  in Feld B: ein. Wenn das Feld X: hervorgehoben ist, drücken Sie  $\text{F4}$ . Steht eine Lösung zur Verfügung, wird die Lösung Vektor  $\mathbf{x}$  im Feld X: angezeigt. Die Lösung wird auch in den Stack Ebene 1 kopiert. Nachfolgend einige Beispiele.

Das System von linearen Gleichungen

$$\begin{aligned} 2x_1 + 3x_2 - 5x_3 &= 13, \\ x_1 - 3x_2 + 8x_3 &= -13, \\ 2x_1 - 2x_2 + 4x_3 &= -6, \end{aligned}$$

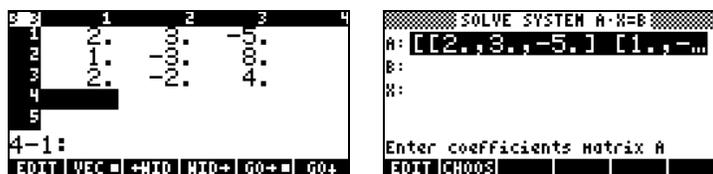
kann als Matrix-Gleichung  $\mathbf{A} \cdot \mathbf{x} = \mathbf{b}$  geschrieben werden, wenn

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 2 & 3 & -5 \\ 1 & -3 & 8 \\ 2 & -2 & 4 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}, \quad \text{and} \quad \mathbf{b} = \begin{bmatrix} 13 \\ -13 \\ -6 \end{bmatrix}.$$

Dieses System hat die gleiche Anzahl von Gleichungen und Unbekannten, und wird als Quadratisches System bezeichnet. Generell sollte es nur eine

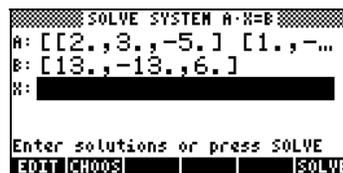
eindeutige Lösung geben. Die Lösung bildet den Schnittpunkt dreier Ebenen im Koordinatensystem  $(x_1, x_2, x_3)$ , dargestellt durch drei Gleichungen.

Um die Matrix **A** einzugeben, starten Sie den MatrixWriter, mit ausgewähltem Feld A: . Im nachfolgenden wird der MatrixWriter zur Eingabe der Matrix **A** und die Eingabemaske für den numerischen Löser, nachdem Matrix **A** eingegeben wurde (drücken Sie **ENTER**) im MatrixWriter angezeigt.

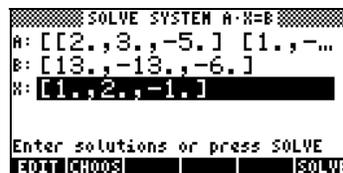


Drücken Sie die Taste  $\nabla$ , um Feld B: auszuwählen. Der Vektor kann als Zeile mit einem einzigen Klammerpaar eingegeben werden, d.h.  $[13, -13, -6]$  .

Nachdem nun Matrix A und Vektor b eingegeben wurde, das Feld X: hervorgehoben ist, drücken Sie **SOLVE** um eine mögliche Lösung für dieses Gleichungssystem zu bekommen:

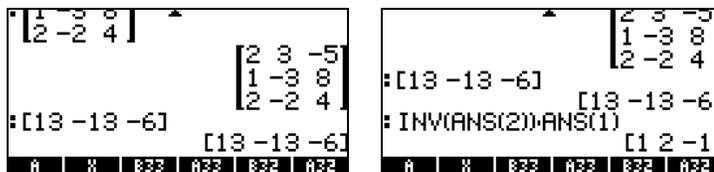


Es wurde die nachfolgende Lösung gefunden:



## Lösung mit der Umkehrmatrix

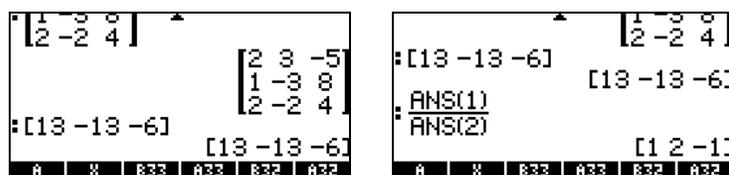
Die Lösung für System  $\mathbf{A} \cdot \mathbf{x} = \mathbf{b}$ , wobei  $\mathbf{A}$  eine hermitesche Matrix  $\mathbf{x} = \mathbf{A}^{-1} \cdot \mathbf{b}$  ist. Für das vorher benutzte Beispiel, finden wir die Lösung im Rechner wie folgt: (Geben Sie zuerst Matrix A und dann Vektor b erneut ein):



## Lösung durch "teilen" der Matrix

Während die Division für Matrizen nicht definiert ist, können wir die Divisionstaste  $\div$  des Rechners benutzen, um den Vektor  $\mathbf{b}$  durch Matrix  $\mathbf{A}$  zu teilen, um so den Wert für  $\mathbf{x}$  in der Matrix  $\mathbf{A} \cdot \mathbf{x} = \mathbf{b}$  zu finden. Der Vorgang für die "Division" von  $\mathbf{b}$  durch  $\mathbf{A}$ , wird nachfolgend bildlich dargestellt.

Der Vorgang wird in den beiden folgenden Abbildungen gezeigt (geben Sie Matrix  $\mathbf{A}$  und Vektor  $\mathbf{b}$  erneut ein):



## Referenz

Weitere Referenzen zur Erstellung von Matrizen, Matrix-Operationen und Matrix-Anwendungen in der linearen Algebra, finden Sie in Kapitel 10 und 11 der Bedienungsanleitung.

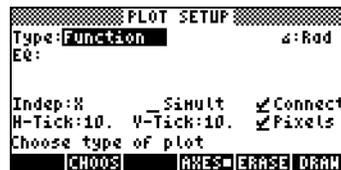
# Kapitel 10

## Grafiken

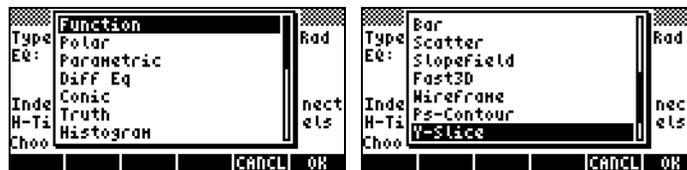
In diesem Kapitel werden einige grafische Darstellungsmöglichkeiten des Rechners erläutert. Wir werden einige grafische Darstellungen von Funktionen in kartesischen und Polar-Koordinaten, parametrische Plots, Grafiken von Kegeln, Balken-, Streuplots und schnelle 3D Plots vorstellen.

### Optionen für grafische Darstellungen im Rechner

Um eine Auflistung von, im Rechner vorhandenen grafischen Darstellungen, anzuzeigen drücken Sie die Tastenfolge  $\leftarrow$  2D/3D (F4). Beachten Sie bitte, dass im RPN-Modus, zum starten der Grafikfunktionen, diese beiden Tasten gleichzeitig gedrückt werden müssen. Nachdem die 2D/3D Funktion nun aktiviert ist, wird der Rechner das PLOT SETUP Fenster anzeigen, welches das Feld TYPE, wie nachfolgend zu sehen ist, einschließt.



Vor dem Feld TYPE wird nun höchstwahrscheinlich die Option *Function* hervorgehoben sein. Dies ist die Standardeinstellung des Rechners für Grafiken. Um eine Liste der vorhandenen grafischen Typen zu erhalten, drücken Sie die Taste mit der Aufschrift **CHOOS**. So erhalten Sie nun ein Drop-Down Menü mit den folgenden Optionen (benutzen Sie die Pfeiltasten, um alle Optionen anzuzeigen):



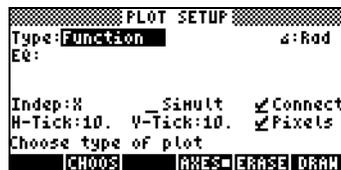


### Plotten eines Ausdrucks $y=f(x)$

Als Beispiel, plotten wir die Funktion,

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right)$$

- Gehen Sie zuerst in die PLOT SETUP Umgebung durch drücken von  $\leftarrow$   $\frac{2D}{3D}$ . Stellen Sie sicher, dass die Option Funktion als TYPE, ausgewählt ist und 'X' als die unabhängige Variable (INDEP). Drücken Sie  $\leftarrow$   $\frac{NXT}{\frac{00}{00}}$ , um zur Normalanzeige des Rechners zurückzukehren. Das PLOT SET UP Fenster sollte ähnlich wie nachfolgendes aussehen:



- Starten Sie die PLOT Umgebung, indem Sie die Tastenfolge drücken  $\leftarrow$   $\frac{Y=}{\frac{00}{00}}$  (im RPN-Modus müssen diese Tasten gleichzeitig gedrückt werden). Drücken Sie  $\frac{00}{00}$ , um in den EquationWriter zu gelangen. Sie werden nun dazu aufgefordert, die rechte Seite einer Gleichung  $Y1(x) = \blacksquare$  einzugeben. Geben Sie nun die Funktion, die geplottet werden soll ein. Im EquationWriter sollte folgendes stehen:

$$Y1(X) = \frac{e^{-\frac{X^2}{2}}}{\sqrt{2 \cdot \pi}}$$

EDIT CURS | BIG | EVAL | FACTO | SIMP

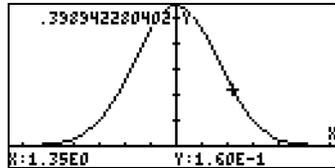
- Drücken Sie **ENTER**, um zum PLOT FUNCTION Fenster zurückzukehren. Der Ausdruck 'Y1(X) = EXP(-X^2/2)/√(2\*π)' wird hervorgehoben. Drücken Sie **NXT**, um zur Normalanzeige des Rechners zurückzukehren.
- Starten Sie das PLOT WINDOW, indem Sie die Tastenfolge **← WIN** drücken (im RPN-Modus müssen diese Tasten gleichzeitig gedrückt werden). Wählen Sie einen Bereich von -4 bis 4 für H-VIEW, drücken Sie anschließend **□□□□**, um die V-VIEW (Ansicht) automatisch zu generieren. Die PLOT WINDOW Anzeige, sieht wie folgt aus:

```

PLOT WINDOW - FUNCTION
H-View: -4.          4.
V-View: -5.96274    .3989422
Indep Low: Default  High: Default
Step: Default      _Pixels
Enter minimum horizontal value
EDIT  AUTO ERASE DRAW

```

- Plotten Sie die Grafik: **□□□□ □□□□** (warten Sie bis der Rechner die Grafiken fertig hat)
- Um diese anzusehen: **EDIT** **NXT** **□□□□ □□□□**
- Um das erste Grafikmenü wieder herzustellen: **NXT** **NXT** **□□□□**
- Um die Kurve zu verfolgen: **□□□□ □□□□**. Benutzen Sie anschließend die Pfeiltasten (**←** **→**), um sich entlang der Kurve zu bewegen. Die Koordinaten der Punkte, die Sie verfolgen, werden am unteren Rand des Fensters angezeigt. Überprüfen Sie  $x = 1,05$ ,  $y = 0,0231$ . Überprüfen Sie das Gleiche für  $x = -1,48$ ,  $y = 0,134$ . Nachfolgend ist die Abbildung der Grafik im Tracing-Modus:



- Um das Menü erneut anzuzeigen und zur Umgebung PLOT WINDOW zurückzukehren, drücken Sie  $\text{NXT}$   $\text{TABLE}$ . Drücken Sie  $\text{NXT}$   $\text{TABLE}$ , um zum normalen Display zurückzukehren.

### Erstellen einer Wertetabelle für eine Funktion

Drücken der Tastenkombinationen  $\text{TABLESET}$  ( $F5$ ) und  $\text{TABLE}$  ( $F6$ ), im RPN-Modus gleichzeitig gedrückt, ermöglicht dem Benutzer eine Wertetabelle von Funktionen zu erstellen. So z.B. erstellen wir eine Tabelle für die Funktion  $Y(X) = X/(X+10)$ , im Bereich  $-5 < X < 5$  anhand nachfolgender Anweisungen:

- Wir erzeugen Werte der Funktion  $f(x)$ , oben definiert, im Wertebereich zwischen -5 und 5 für  $x$ , im Schritt von 0,5. Als erstes müssen wir sicherstellen, dass die Grafikart im PLOT SETUP Fenster ( $\text{2D/3D}$ ), auf **FUNCTION** eingestellt ist, im RPN-Modus müssen die Tasten gleichzeitig gedrückt werden. Das Feld vor der Option *Type* wird hervorgehoben. Falls dieses Feld noch nicht auf **FUNCTION** gestellt ist, drücken Sie die Funktionstaste  $\text{FUNCTION}$  und wählen Sie die Option **FUNCTION**, anschließend drücken Sie auf  $\text{TABLE}$ .
- Drücken Sie anschließend  $\text{EQ}$ , um das Feld vor der Option EQ zu markieren, und geben Sie den Ausdruck 'X/(X+10)' ein. Drücken Sie  $\text{ENTER}$  ".
- Um die Änderungen im PLOT SETUP Fensters zu akzeptieren, drücken Sie  $\text{NXT}$   $\text{TABLE}$ . Sie gelangen zur Normalanzeige des Rechners zurück.
- Als nächster Schritt muss das Tabellen Setup Fenster geöffnet werden, und zwar geschieht das mit der Tastenkombination  $\text{TABLESET}$  (d.h. Funktionstaste  $F5$  - im RPN-Modus gleichzeitig gedrückt). Dadurch wird ein Fenster geöffnet, aus welchem Sie die Anfangswerte (*Start*) und



- Um die Auflösung um einen weiteren Faktor von 0,5 zu erhöhen, drücken Sie  $\text{MODE}$ , wählen dann  $In$  ein weiteres Mal und drücken Sie anschließend auf  $\text{MODE}$ . Das x-Inkrement ist nun 0,0125.
- Um das vorangegangene Inkrement von x wieder herzustellen, drücken Sie  $\text{MODE}$   $\blacktriangle$   $\text{MODE}$ , um die Option *Un-zoom* auszuwählen. Das x-Inkrement wird nun auf 0,25 erhöht.
- Um das ursprüngliche x-Inkrement von 0,5 wieder herzustellen, können Sie ein zweites Mal *un-zoom* auswählen, oder die Option *zoom out*, durch drücken der Tasten  $\text{MODE}$   $\blacktriangledown$   $\text{MODE}$  wählen.
- Die Option Decimal in  $\text{MODE}$  erzeugt x-Inkmente von 0,10.
- Die Option Integer (Ganzzahl) in  $\text{MODE}$  erzeugt x-Inkmente von 1.
- Die Option Trig erzeugt Inkremente zu Fraktionen von  $\pi$  und ist somit bei der Erstellung von Tabellen mit trigonometrischen Funktionen äußerst hilfreich.
- Um zur Normalanzeige zurückzukehren, drücken Sie  $\text{ENTER}$ .

### Schnelle 3D Plots

Schnelle 3D Plots werden dazu verwendet drei-dimensionale Oberflächen zu Gleichungen  $z = f(x,y)$  auszugeben. So z.B., wenn Sie die Gleichung  $z = f(x,y) = x^2 + y^2$  visualisieren möchten, können Sie wie folgt vorgehen:

- Drücken Sie die Tasten  $\text{2D/3D}$ , im RPN-Modus gleichzeitig, um das PLOT SETUP Fenster zu öffnen.
- Ändern Sie TYPE auf *Fast3D* ( $\text{MODE}$ , suchen Sie *Fast3D*,  $\text{MODE}$ ).
- Drücken Sie  $\blacktriangledown$  und geben 'X^2+Y^2'  $\text{MODE}$  ein.

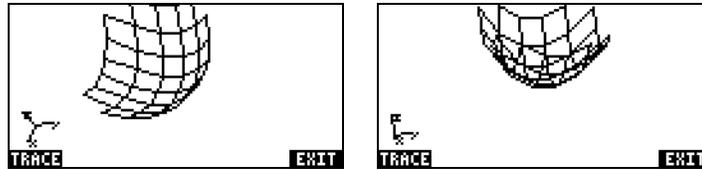
- Stellen Sie sicher, dass 'X' als die `Indep:` (unabhängige) und 'Y' als die `Depnd:` (abhängige) Variable ausgewählt ist.
- Drücken Sie  , um zur Normalanzeige des Rechners zurückzukehren.
- Drücken Sie die Tasten  `WIN`, im RPN-Modus gleichzeitig, um das PLOT WINDOW Fenster zu öffnen.
- Behalten Sie die Standardbereiche des Plot Fensters bei, die wie folgt aussehen:

```
X-Left:-1      X-Right:1
Y-Near:-1      Y-Far: 1
Z-Low: -1      Z-High: 1
```

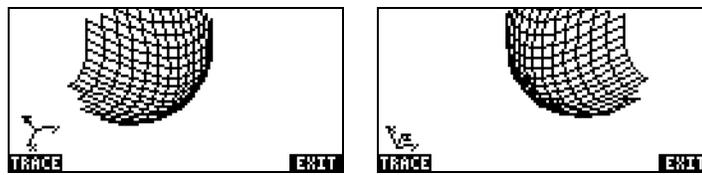
```
Step Indep: 10  Depnd: 8
```

**Anmerkung:** Die Werte `Step Indep:` und `Depnd:` stellen die Anzahl der Rasterlinien, die im Plot benutzt werden, dar. Je größer diese Zahl ist, desto länger dauert es, bis die Grafik erstellt ist, obwohl die Zeiten, die für die Erstellung von Grafiken benötigt werden, relativ kurz sind. An dieser Stelle behalten wir die Standardwerte für die `Step (Schritt) Daten` von 10 und 8.

- Drücken Sie , um die dreidimensionale Oberfläche zu erstellen. Das Ergebnis ist ein Raster der Oberfläche mit dem Referenzkoordinaten-System in der linken unteren Ecke des Fensters. Sie können mit den Pfeiltasten (   ) die Orientierung der Oberfläche ändern. Die Orientierung des Referenzkoordinaten-Systems wird sich auch entsprechend ändern. Versuchen Sie selbst die Orientierung zu ändern. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen zwei verschiedene Orientierungen der Grafik:



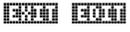
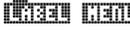
- Wenn Sie damit fertig sind, drücken Sie  $\boxed{\text{EXIT}}$ .
- Drücken Sie  $\boxed{\text{QUIT}}$ , um zum PLOT WINDOW (Fenster) zurückzukehren.
- Ändern Sie die Schrittdaten wie folgt: Step Indep: 20 Depnd: 16
- Drücken Sie  $\boxed{\text{MODE}} \boxed{\text{DEPT}}$ , um die Oberfläche des Plots zu sehen.  
Beispielansichten:



- Wenn Sie damit fertig sind, drücken Sie  $\boxed{\text{QUIT}}$ .
- Drücken Sie  $\boxed{\text{QUIT}}$ , um zum PLOT WINDOW (Fenster) zurückzukehren.
- Drücken Sie  $\boxed{\text{ON}}$  oder  $\boxed{\text{NXT}} \boxed{\text{MODE}}$ , um zur Normalanzeige des Rechners zurückzukehren.

Versuchen Sie auch für die Oberfläche  $z = f(x,y) = \sin(x^2+y^2)$  einen schnellen 3D-Plot zu erstellen.

- Drücken Sie die Tasten  $\boxed{\leftarrow} \boxed{\text{2D/3D}}$ , im RPN-Modus gleichzeitig, um das PLOT SETUP Fenster zu öffnen.
- Drücken Sie  $\boxed{\nabla}$  und geben 'SIN(X^2+Y^2)'  $\boxed{\text{MODE}}$  ein.

- Drücken Sie , um den Neigungsfeld Plot zu erstellen. Drücken Sie     um den Plot vereinfacht zu sehen mit ausgewiesener Beschriftung.
- Drücken Sie    um die EDIT Umgebung zu verlassen.
- Drücken Sie  , um zum PLOT WINDOW (Fenster) zurückzukehren. Danach drücken Sie  oder  , um zur Normalanzeige des Rechners zurückzukehren.

## Referenz

Zusätzliche Informationen zur Manipulation von Variablen finden Sie in Kapitel 12 und 22 der Bedienungsanleitung.

# Kapitel 11

## Calculus Anwendungen

In diesem Kapitel finden Sie Anwendungen zu den Funktionen des Rechners in Zusammenhang mit Calculus, d.h. Grenzwerte, Ableitungsfunktionen, Integrale, Potenzreihe usw.

### Das Menü CALC (Calculus)

Viele in diesem Kapitel aufgeführten Funktionen befinden sich im Menü CALC des Rechners und können über die Tastenfolge  $\leftarrow$  CALC (der Taste  $\boxed{4}$  zugeordnet), aufgerufen werden.



Die ersten vier Optionen dieses Menüs sind eigentlich Untermenüs zu (1) Ableitungsfunktionen und Integrale, (2) Grenzwerte und Potenzreihen, (3) Differentialgleichungen und (4) Grafiken. Die Funktionen aus den Einträgen (1) und (2) werden in diesem Kapitel behandelt. Die Funktionen DERVX und INTVX werden auf Seite 11-2 bzw. 11-3 ausführlich erläutert.

### Grenzwerte und Ableitungsfunktionen

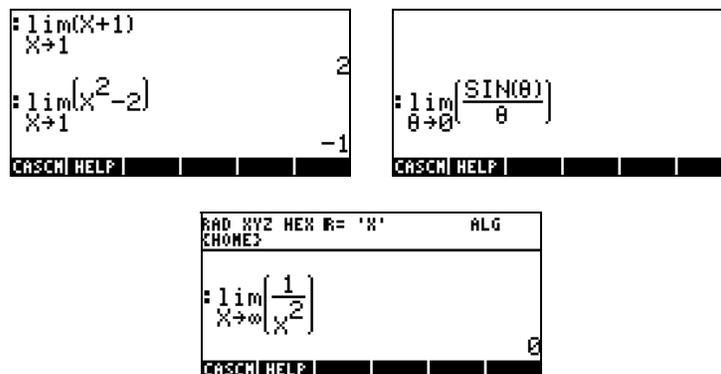
Differentialrechnungen handeln von Ableitungsfunktion oder Veränderungsraten von Funktionen und deren Anwendungen in der mathematischen Analyse. Die Ableitung einer Funktion wird als Grenzwert der Differenz einer Funktion definiert, während das Inkrement der unabhängigen Variablen in Richtung Null tendiert. Grenzwerte werden aber auch zur Prüfung der Kontinuität von Funktionen verwendet.

## Funktion lim

Der Rechner bietet die Funktion  $\lim$ , um den Grenzwert einer Funktion zu ermitteln. Diese Funktion benötigt als Eingabe einen Ausdruck der eine Funktion darstellt und den Wert in dem dieser Grenzwert berechnet werden soll. Die Funktion  $\lim$  kann über den Befehle Katalog (  $\rightarrow$  )  $\text{CAT}$  (  $\text{ALPHA}$  ) (  $\leftarrow$  ) (  $L$  ) oder über die Option 2. LIMITS & SERIES... aus dem Menü CALC (siehe oben) aufgerufen werden.

Um den Grenzwert  $\lim_{x \rightarrow a} f(x)$  zu berechnen, wird die Funktion  $\lim$  im ALG-

Modus wie folgt eingegeben:  $\lim(f(x), x=a)$  Im RPN-Modus, wird erst die Funktion eingegeben, dann der Ausdruck 'x=a', und schließlich die Funktion  $\lim$ . Unten werden einige Beispiele im ALG-Modus einschließlich einiger Grenzwerte [**Anmerkung:** Wenn Sie die Übungen aus diesem Kapitel beendet haben, sind nicht alle Zeilen aus den Abbildungen sichtbar. Der Kopf überlagert die oberen Zeilen im Rechner.]



## Funktionen DERIV und DERVX

Die Funktion DERIV wird verwendet, um Ableitungen für irgendeine unabhängige Variable zu erstellen, während die Funktion DERVX sich auf die CAS Standardvariable VX (normalerweise 'X') bezieht. Während die Funktion DEVX direkt über das Menü CALC aufgerufen werden kann, können beide Funktionen aus dem Untermenü DERIV.&INTEG des Menüs CALC (  $\leftarrow$  )  $\text{CALC}$  ) aufgerufen werden.

Die Funktion DERIV benötigt eine Funktion, sagen wir  $f(t)$  und eine unabhängige Variable, während die Funktion DERVX nur eine Funktion von VX benötigt. Nachfolgende Beispiele im ALG-Modus: Beachten Sie, dass im RPN-Modus die Argumente vor der Funktion eingegeben werden müssen. (geben Sie den Namen der Funktion ein, um sie zu aktivieren)

<pre> :DERIV(t.e^t,t) :DERIV(SIN(s),s) </pre>	<pre> e^t+t.e^t COS(s) </pre>	<pre> :DERVX(sqrt(x)-x) -((-1+2*sqrt(x))-sqrt(x)) 2*x </pre>
---	-------------------------------	--

## Stammfunktionen und Integrale

Eine Stammfunktion einer Funktion  $f(x)$  ist eine Funktion  $F(x)$  und zwar  $f(x) = dF/dx$ . Eine Möglichkeit eine Stammfunktion als unbestimmte Integrale, d.h.

$$\int f(x)dx = F(x) + C$$

wenn und nur wenn ,  $f(x) = dF/dx$  und  $C = \text{konstant}$  ist, darzustellen.

## Funktionen INT, INTVX, RISCH, SIGMA und SIGMAVX

Im Rechner stehen die Funktionen INT, INTVX, RISCH, SIGMA und SIGMAVX zur Berechnung von Stammfunktionen einer Funktion zur Verfügung. Die Funktionen INT, RISCH und SIGMA arbeiten mit Funktionen jeder Variablen, während INTVX und SIGMAVX die Funktionen der CAS Variablen VX (normalerweise 'x') verwenden. Die Funktionen INT und RISCH benötigen deshalb nicht nur den Ausdruck für die zu integrierende Funktion sondern auch den Namen der unabhängigen Variablen. Die Funktion INT benötigt weiterhin einen Wert von  $x$ , in welchem die Stammfunktion ausgewertet wird. Die Funktionen INTVX und SIGMAVX benötigen nur den Ausdruck der zu integrierenden Funktion für VX. Die Funktionen INTVX, RISCH, SIGMA und SIGMAVX können im Menü CALC/DERIV&INTEG aufgerufen werden, während INT im Befehlskatalog zur Verfügung steht. Unten sind einige Beispiele im ALG-Modus dargestellt (Tippen Sie die Funktionsnamen, um sie zu aktivieren):

<pre> :INTVX(X*e^X) :INTVX(ASIN(X)) :INTVX((X-1)*e^X) :INTVX((1-SQ(X))+X*ASIN(X)) </pre>	<pre> :INT(s^2-s,s,z) :RISCH(s^2-s,s) </pre>
<pre> :SIGMAVX(X-3) </pre>	<pre> :SIGMA(s:s!,s) </pre>

Beachten Sie, dass die Funktionen SIGMAVX und SIGMA für Integranden, welche eine Art Integer Funktion wie die faktorielle (!) Funktion einschließen (wie oben gezeigt). Das Ergebnis daraus, ist die sogenannte diskrete Ableitung, d.h. eine nur für Integer (Ganzzahlen) definierte Funktion.

### Bestimmte Integrale

Bei einem bestimmten Integral einer Funktion wird die resultierende Stammfunktion am oberen und unteren Grenzwert eines Intervalls (a,b) berechnet, und die berechneten Werte werden subtrahiert. Die Formel lautet

$$\int_a^b f(x)dx = F(b) - F(a), \text{ wobei } f(x) = dF/dx.$$

Zum Berechnen bestimmter Integrale von Funktionen mit der CAS-Variablen VX (normalerweise 'X') verwenden wir die Funktion PREVAL(f(x),a,b). Beispiel:

```

:PREVAL(3*X^2-X,0,5)
:PREVAL(X*LN(X),1,5)

```

### Unendliche Reihen

Eine Funktion  $f(x)$  kann in eine unendliche Reihe um einen Punkt  $x=x_0$  anhand einer Taylorschen Reihe, aufgeteilt werden und zwar:

$$f(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{f^{(n)}(x_0)}{n!} \cdot (x - x_0)^n ,$$

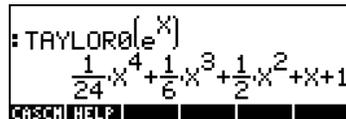
wobei  $f^{(n)}(x)$  die n-th Ableitung von  $f(x)$  in Bezug auf  $x$ ,  $f^{(0)}(x) = f(x)$  darstellt.

Ist der Wert  $x_0 = 0$ , wird diese Reihe als Maclaurinsche Reihe bezeichnet.

### Funktionen TAYLR, TAYLRO und SERIES

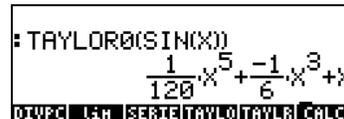
Die Funktionen TAYLR, TAYLRO und SERIES werden sowohl zur Erzeugung von Taylor-Polynomen verwendet, als auch für Taylorsche Reihen mit Rest. Diese Funktionen können aus dem Menü CALC/LIMITS&SERIES aufgerufen werden (in diesem Kapitel weiter vorne beschrieben).

Die Funktion TAYLRO führt eine Maclaurinsche Serien Erweiterung durch, d.h. über  $X = 0$ , eines Ausdrucks in der unabhängigen Standardvariablen VX (normalerweise 'X'). Die Auflösung benutzt eine relative Potenz vierten Grades, d.h. die Differenz zwischen der höchsten und niedrigsten Potenz in der Auflösung, ist 4. So zum Beispiel:



```

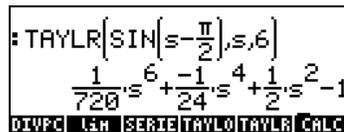
: TAYLRO(e^X)
  1/24 X^4 + 1/6 X^3 + 1/2 X^2 + X + 1
CASCH | HELP
  
```



```

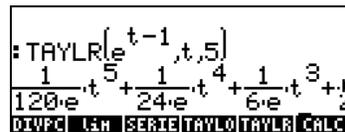
: TAYLRO(SIN(X))
  1/120 X^5 + -1/6 X^3 + X
DIVPC | L1 | SERIES | TAYLRO | TAYLR | CALC
  
```

Die Funktion TAYLR erzeugt eine Auflösung einer Funktion in Form einer Taylorschen-Reihe irgendeiner Variablen  $x$  über einen Punkt  $x = a$  für die Reihe  $k$ , die vom Benutzer anzugeben ist. Somit sieht die Funktion so aus TAYLR( $f(x-a),x,k$ ). So zum Beispiel:



```

: TAYLR(SIN(s - pi/2), s, 6)
  1/720 s^6 + -1/24 s^4 + 1/2 s^2 - 1
DIVPC | L1 | SERIES | TAYLRO | TAYLR | CALC
  
```



```

: TAYLR(e^t - 1, t, 5)
  1/120 e t^5 + 1/24 e t^4 + 1/6 e t^3 + ...
DIVPC | L1 | SERIES | TAYLRO | TAYLR | CALC
  
```

Die Funktion SERIES erzeugt ein Taylor-Polynom unter Verwendung der Argumente der Funktion f(x) die aufgelöst wird, einen Variablen-Namen allein (für die Maclaurinsche-Reihe) oder einen Ausdruck der Form "Variable = Wert", die den Auflösungspunkt einer Taylorschen-Reihe wiedergibt und die Reihenfolge der Reihe, die erzeugt wird. Die Funktion SERIES gibt als Ergebnis zwei Elemente, eine Liste mit vier Elementen und einen Ausdruck für  $h = x - a$ , wenn das zweite Argument im Funktionsaufruf 'x=a', d.h. ein Ausdruck für das Inkrement h ist. Die zurückgegebene Liste als erstes Ausgabeobjekt enthält folgende Elemente:

- 1 – Bi-direktionaler Grenzwert der Funktion am Auflösungspunkt, d.h.  $\lim_{x \rightarrow a} f(x)$
- 2 – Einen äquivalenten Wert der Funktion near  $x = a$
- 3 – Ausdruck für das Taylor-Polynom
- 4 – Reihenfolge / Ordnung des Restes

Wegen der relativ großen Zahl an ausgegebenen Daten, ist diese Funktion leichter im RPN-Modus durchzuführen. Nachfolgende Beispiele zeigen den RPN Stack vor und nach Anwendung der Funktion SERIES:

<pre> 4: 3: SIN(X) 2: X=PI/2 1: DIVPC  &lt; &gt; SERIE TAYLO TAYLR CALC </pre>	<pre> 8: {Limit:1 Equip:1 Exp: 7: 6: 5: 4: 3: h=X-PI/2 2: 1: DIVPC  &lt; &gt; SERIE TAYLO TAYLR CALC </pre>
--	---

Verwerfen Sie die Inhalte der Stack Ebene 1 indem Sie die Taste  $\leftarrow$  drücken, anschließend drücken Sie  $\text{[EVAL]}$ , um die Liste aufzulösen. Die Ergebnisse sind wie folgt:

<pre> 5: 4: 3: Limit:1 2: Equip:1 1: Expans: (-1/720*h^6 + 1/24*h^4) 0: Remain: (h^7) DIVPC  &lt; &gt; SERIE TAYLO TAYLR CALC </pre>	<pre> *Expans: '-1/720*h^6+ 1/24*h^4+-1/2*h^2+1' +SKIP SKIP- +DEL DEL+ DEL INS </pre>
--	---

In der Abbildung rechts oben wird der Zeileneditor verwendet, um die Details der Reihenentwicklung anzuzeigen. Verwenden Sie  , um dieses Ergebnis zu erhalten.

## **Referenz**

Zusätzliche Definitionen und Anwendungen von Calculus Operationen finden Sie in Kapitel 13 der Bedienungsanleitung.

## Kapitel 12

### Multivariate Calculus Anwendungen

Multivariate Calculus bezieht sich auf Funktionen mit zwei oder mehr Variablen. In diesem Kapitel werden Basiskonzepte des Multivariate Calculus erläutert: partielle Ableitungen und Mehrfachintegrale.

#### Partielle Ableitung

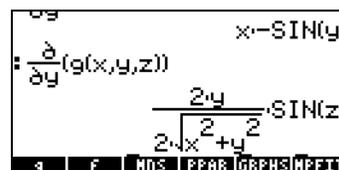
Um schnell partielle Ableitungen von Multivariate Funktionen zu berechnen, verwenden Sie die Regeln für die allgemeinen Ableitungen, bezogen auf die Variable, die Sie ermitteln möchten, während Sie die restlichen Variablen als Konstanten betrachten, benutzen. So zum Beispiel:

$$\frac{\partial}{\partial x}(x \cos(y)) = \cos(y), \quad \frac{\partial}{\partial y}(x \cos(y)) = -x \sin(y),$$

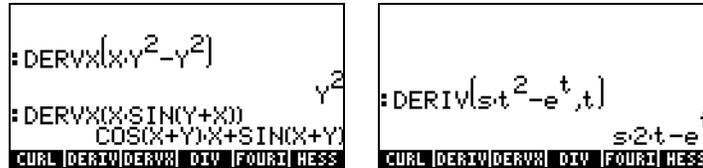
Sie können die Ableitungsfunktionen im Rechner benutzen: DERVX, DERIV,  $\partial$ , ausführlich in Kapitel 11 dieses Benutzerhandbuchs beschrieben, um partielle Ableitungen zu berechnen (DERVX benutzt die CAS Standardvariable VX, normalerweise 'X'). Einige Beispiele von partiellen Ableitungen ersten Grades, sind nachfolgend aufgeführt. Die in den ersten beiden Beispielen verwendeten Funktionen sind  $f(x,y) = x \cos(y)$ , und  $g(x,y,z) = (x^2+y^2)^{1/2} \sin(z)$ . **[Anmerkung:** in den nachfolgenden Abbildungen sind nach Fertigstellung dieser Übung nicht alle Zeilen sichtbar.]



Calculator screen showing the calculation of partial derivatives for the function  $f(x,y) = x \cos(y)$ . The first line shows  $\frac{\partial}{\partial x}(f(x,y))$  resulting in  $\cos(y)$ . The second line shows  $\frac{\partial}{\partial y}(f(x,y))$  resulting in  $x \cdot -\sin(y)$ . The bottom status bar shows '3 | F | MDS | PPAR | GRAPH | MPFIT'.



Calculator screen showing the calculation of the partial derivative of  $g(x,y,z) = (x^2+y^2)^{1/2} \sin(z)$  with respect to  $y$ . The result is  $\frac{2 \cdot y}{2 \cdot \sqrt{x^2 + y^2}} \cdot \sin(z)$ . The bottom status bar shows '3 | F | MDS | PPAR | GRAPH | MPFIT'.



Um im ALG-Modus die Funktionen  $f(x,y)$  und  $g(x,y,z)$  zu erhalten, geben Sie Folgendes ein:

$$\text{DEF}(f(x,y)=x*\text{COS}(y)) \quad \text{DEF}(g(x,y,z)=\sqrt{(x^2+y^2)}*\text{SIN}(z))$$

Verwenden Sie zum Eingeben des Ableitungssymbols  $\frac{\partial}{\partial}$ .

Beispielsweise wird die Ableitung  $\frac{\partial}{\partial x}(f(x,y))$  im ALG-Modus auf dem Bildschirm als  $\partial x(f(x,y))$  eingegeben.

## Mehrfachintegrale

Eine physische Interpretation einer doppelten Integrale einer Funktion  $f(x,y)$  über den Bereich  $R$  auf der Ebene  $x-y$  ist das Volumen des festen Körpers unter der Oberfläche  $f(x,y)$  über dem Bereich  $R$ . Der Bereich  $R$  kann als  $R = \{a < x < b, f(x) < y < g(x)\}$  oder als  $R = \{c < y < d, r(y) < x < s(y)\}$  dargestellt werden. Somit kann die doppelte Integrale wie folgt geschrieben werden

$$\iint_R \phi(x,y) dA = \int_a^b \int_{f(x)}^{g(x)} \phi(x,y) dy dx = \int_c^d \int_{r(y)}^{s(y)} \phi(x,y) dy dx$$

Eine doppelte Integrale im Rechner zu berechnen ist einfach. Ein doppeltes Integral kann im EquationWriter (siehe Beispiel in Kapitel 2 der Bedienungsanleitung) wie unten gezeigt erstellt werden. Diese doppelte Integrale kann direkt im EquationWriter durch markieren des gesamten Ausdrucks und Verwendung der Funktion  $\int\int$ , berechnet werden. Das Ergebnis ist  $3/2$ .

The calculator screen displays the integral expression  $\int_1^2 x+y dy dx$ . The cursor is positioned at the end of the expression. Below the screen, the menu options are listed: EDIT | CURS | BIG = | EVAL | FACTO | SIMP.

The calculator screen displays the result of the integral: 2.00. Below the screen, the menu options are listed: EDIT | CURS | BIG = | EVAL | FACTO | SIMP.

## Referenz

Details zu Multivariate Calculus Operationen und deren Anwendungen finden Sie in Kapitel 14 der Bedienungsanleitung.

## Kapitel 13

### Anwendungen der Vektorrechnung

In diesem Kapitel wird die Verwendung der Funktionen HESS, DIV und CURL in der Vektorrechnung erläutert.

#### Der del-Operator

Beim folgenden Operator, der als del- oder nabla-Operator bezeichnet wird, handelt es sich um einen auf Skalar- oder Vektorfunktionen anwendbaren Vektoroperator:

$$\nabla [ ] = i \cdot \frac{\partial}{\partial x} [ ] + j \cdot \frac{\partial}{\partial y} [ ] + k \cdot \frac{\partial}{\partial z} [ ]$$

Wenn wir den Operator auf eine Skalarfunktion anwenden, erhalten wir den Gradienten der Funktion, und wenn wir ihn auf eine Vektorfunktion anwenden, erhalten wir die Divergenz oder Rotation dieser Funktion. Durch die Kombination von Gradient und Divergenz wird der Laplace-Operator einer Skalarfunktion erzeugt.

#### Gradient

Der Gradient einer Skalarfunktion  $\phi(x,y,z)$  ist eine Vektorfunktion, die durch  $\text{grad}\phi = \nabla\phi$  definiert ist. Mit der Funktion HESS kann der Gradient einer Funktion ermittelt werden. Als Eingabe für die Funktion werden eine Funktion von n unabhängigen Variablen  $\phi(x_1, x_2, \dots, x_n)$  und ein Vektor der Funktionen  $[x_1', x_2', \dots, x_n']$  ermittelt. Die Funktion gibt die Hesse-Matrix der Funktion  $\mathbf{H} = [h_{ij}] = [\partial^2\phi/\partial x_i \partial x_j]$ , den Gradienten der Funktion für die n Variablen  $\text{grad } f = [\partial\phi/\partial x_1, \partial\phi/\partial x_2, \dots, \partial\phi/\partial x_n]$  und die Liste der Variablen  $[x_1', x_2', \dots, x_n']$  zurück. Diese Funktion kann im RPN-Modus besser dargestellt werden. Im folgenden Beispiel verwenden wir die Funktion  $\phi(X,Y,Z) = X^2 + XY + XZ$  und wenden die Funktion HESS auf dieses Skalarfeld an:

```
0004:
1: X^2+XY+XZ
[X Y Z]
D | FXX | FYY | FZZ | FY | FX
5:
1: [2X+Y+Z X X]
[X Y Z]
CURL | DERIV | DERIV | DIV | FOUR | HESS
```

Der Gradient ist daher  $[2X+Y+Z, X, X]$ .

Die Funktion DERIV verwenden Sie stattdessen wie folgt:

```

:DERIV(X^2+X*Y+X*Z,[X Y Z])
      [2X+Y+Z X X]
EDIT VIEW RCL STOP PURGE/CLEAR

```

## Divergenz

Die Divergenz einer Vektorfunktion  $\mathbf{F}(x,y,z) = f(x,y,z)\mathbf{i} + g(x,y,z)\mathbf{j} + h(x,y,z)\mathbf{k}$  erhalten wir durch das Ermitteln des skalaren Produkts des del-Operators mit der Funktion, d. h.  $div\mathbf{F} = \nabla \cdot \mathbf{F}$ . Mit der Funktion DIV kann die Divergenz eines Vektorfeldes berechnet werden. Beispielsweise wird die Divergenz für  $\mathbf{F}(X,Y,Z) = [XY, X^2+Y^2+Z^2, YZ]$  im ALG-Modus wie folgt berechnet:  
 DIV([X\*Y,X^2+Y^2+Z^2,Y\*Z],[X,Y,Z])

```

:DIV([X*Y X^2+Y^2+Z^2 Y*Z],[X
      Y+2*Y+Y
+SKIP|SKIP|+DEL|DEL+|DEL L|INS

```

## Rotation

Die Rotation eines Vektorfeldes  $\mathbf{F}(x,y,z) = f(x,y,z)\mathbf{i} + g(x,y,z)\mathbf{j} + h(x,y,z)\mathbf{k}$  wird als Kreuzprodukt des del-Operators mit der Funktion berechnet, d. h.  $curl\mathbf{F} = \nabla \times \mathbf{F}$ . Die Rotation eines Vektorfeldes kann mit der Funktion CURL berechnet werden. Beispielsweise wird die Rotation für die Funktion  $\mathbf{F}(X,Y,Z) = [XY, X^2+Y^2+Z^2, YZ]$  wie folgt berechnet:  
 CURL([X\*Y,X^2+Y^2+Z^2,Y\*Z],[X,Y,Z])

```
= CURL([X Y X^2+Y^2+Z^2 YZ],0  
[Z-2*Z 0 2*X-X])  
CURL DERIV(DERV) DIV (FOUR) HESS
```

## Referenz

Weitere Informationen über Anwendungen der Vektorrechnung finden Sie in Kapitel 15 der Bedienungsanleitung.

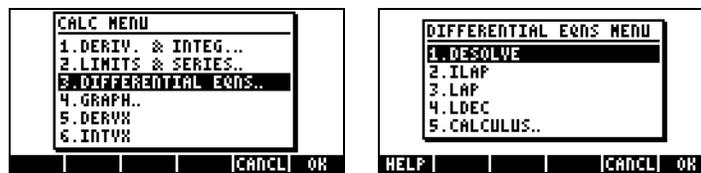
## Kapitel 14

# Differentialgleichungen

Dieses Kapitel zeigt Beispiele wie gewöhnliche Differentialgleichungen (ODE) über die Funktionen des Rechners gelöst werden können. Eine Differentialgleichung ist eine Gleichung, die die Stammfunktionen der unabhängigen Variablen einschließt. In den meisten Fällen suchen wir die abhängige Funktion, die die Differentialgleichung erfüllt.

### Das Menü CALC/DIFF

Das Untermenü DIFFERENTIAL EQNS.. des Menüs CALC ( $\leftarrow$  CALC) enthält Funktionen zur Lösung von Differentialgleichungen. Dieses Menü wird unten angezeigt mit dem Systemflag 117 auf CHOOSE boxes gesetzt:



Diese Funktionen werden nachfolgend kurz beschrieben. Eine genauere Beschreibung dieser finden Sie weiter unten in diesem Kapitel.

DESOLVE: Der Differentialgleichungs-Löser (SOLVER), löst, wenn möglich, Differentialgleichungen

ILAP: Inverse LAPlace-Transformation,  $L^{-1}[F(s)] = f(t)$

LAP: Laplace-Transformation,  $L[f(t)]=F(s)$

LDEC: linearer Differentialgleichungs-Befehl

### Lösung für lineare und nichtlineare Gleichungen

Eine Gleichung, in welcher die unabhängige Variable und alle dazugehörigen Ableitungen, ersten Grades sind, wird als lineare Differentialgleichung bezeichnet. Andernfalls, wird diese als nicht-linear bezeichnet.

## Die Funktion LDEC

Im Rechner steht die Funktion LDEC (Linear Differential Equation Command – lineare Differentialgleichungs-Befehl) zur Verfügung, um die allgemeine Lösung einer linearen ODE, jedwelchen Grades mit konstanten Koeffizienten, zu finden, ob diese nun homogen ist oder nicht. Diese Funktion benötigt von Ihnen zwei Eingaben:

- die rechte Seite der ODE
- die charakteristische Gleichung der ODE

Beide dieser Eingaben müssen als Standard der unabhängigen Variablen, die Variable VX des CAS (normalerweise X) eingegeben werden. Die Ausgabe der Funktion ist die allgemeine Lösung der ODE. Die nachfolgenden Beispiele sind im RPN-Modus angezeigt:

Beispiel 1 – Lösen Sie die homogene ODE

$$d^3y/dx^3 - 4 \cdot (d^2y/dx^2) - 11 \cdot (dy/dx) + 30 \cdot y = 0.$$

Geben Sie ein:

`0` `ENTER` `'X^3-4*X^2-11*X+30'` `ENTER` `LDEC`

Die Lösung lautet (zusammengesetzt aus verschiedenen Ausgabefenster des EQW):

$$-\frac{6 \cdot cC0 - (cC1 + cC2) \cdot 5 \cdot x}{24} + \frac{10 \cdot cC0 - (7 \cdot cC1 - cC2) \cdot x - (3 \cdot x)^2}{40} + \frac{15 \cdot cC0 + 2 \cdot cC1 - cC2}{15} \cdot x^2$$

wobei cC0, cC1 und cC2 Konstanten der Integration sind. Dieses Ergebnis ist äquivalent mit

$$y = K_1 \cdot e^{-3x} + K_2 \cdot e^{5x} + K_3 \cdot e^{2x}.$$

Beispiel 2 – Lösen Sie die nicht homogene ODE mit Hilfe der Funktion LDEC:

$$d^3y/dx^3 - 4 \cdot (d^2y/dx^2) - 11 \cdot (dy/dx) + 30 \cdot y = x^2.$$

Geben Sie ein:

'X^2' **ENTER** 'X^3-4\*X^2-11\*X+30' **ENTER** LDEC

Die Lösung lautet:

$$\frac{750 \cdot cC0 - (125 \cdot cC1 + 125 \cdot cC2 + 2)}{3000} \cdot e^{5x} + \frac{270 \cdot cC0 - (189 \cdot cC1 - (27 \cdot cC2 - 2))}{1080} \cdot e^{-3x} + \frac{450 \cdot x^2 + 330 \cdot x + 241}{13500}$$

welche vereinfacht dargestellt werden kann

$$y = K_1 \cdot e^{-3x} + K_2 \cdot e^{5x} + K_3 \cdot e^{2x} + (450 \cdot x^2 + 330 \cdot x + 241) / 13500.$$

### Die Funktion DESOLVE

Die Funktion DESOLVE (Differential Equation SOLVER – Differentialgleichungs-Löser) wird vom Rechner, zur Lösung bestimmter Differentialgleichungs-Typen bereitgestellt. Als Eingabe dafür benötigt die Funktion die Differentialgleichung und die unbekannte Funktion, wobei dann die Lösung für die Gleichung ausgegeben wird, vorausgesetzt es existiert eine. Anstelle von nur einer Differentialgleichung, können Sie auch einen Vektor, der die Differentialgleichung enthält, sowie die ursprünglichen Bedingungen, als Eingabe für DESOLVE, zur Verfügung stellen. Die Funktion DESOLVE finden sie im Menü CALC/DIFF. Beispiele zu Anwendungen der Funktion DESOLVE finden Sie nachfolgend im RPN-Modus.

Beispiel 1 – Lösen Sie die ODE ersten Grades:

$$dy/dx + x^2 \cdot y(x) = 5.$$

Im Rechner geben Sie ein:

'd1y(x)+x^2\*y(x)=5' **ENTER** 'y(x)' **ENTER** DESOLVE

Die ermittelte Lösung lautet:

{'y(x) = (5\*INT(EXP(xt^3/3),xt,x)+cCO)\*1/EXP(x^3/3)'} , vereinfacht sieht es dann so aus:

$$y(x) = 5 \cdot \exp(-x^3 / 3) \cdot \left( \int \exp(x^3 / 3) \cdot dx + C_0 \right)$$

### Die Variable ODETYPE

In der Beschriftung der Funktionstasten werden Sie eine neue Variable namens  (ODETYPE) finden. Diese Variable wird durch einen Aufruf der Funktion DESOL erzeugt und enthält einen String mit dem Typ, der für die Eingabe in DESOLVE, verwendeten ODE. Drücken Sie  um den String auszugeben "1st order linear".

Beispiel 2 – Lösen Sie eine Gleichung mit ursprünglichen Bedingungen. Lösen Sie

$$d^2y/dt^2 + 5y = 2 \cos(t/2),$$

mit ursprünglichen Bedingungen

$$y(0) = 1,2, y'(0) = -0,5.$$

Im Rechner geben Sie ein:

['d1d1y(t)+5\*y(t) = 2\*COS(t/2)' 'y(0) = 6/5' 'd1y(0) = -1/2']   
'y(t)'   
DESOLVE

Beachten Sie, dass die ursprünglichen Bedingungen in deren Exakte Ausdrücke umgewandelt wurden, 'y(0) = 6/5', anstelle von 'y(0)=1,2' und 'd1y(0) = -1/2', anstelle von, 'd1y(0) = -0,5'. Die Umwandlung in diese exakten Ausdrücke macht die Lösung leichter.

**Anmerkung:** Um Zahlenbrüche für Dezimalwerte zu bekommen, verwenden Sie die Funktion →Q (siehe Kapitel 5).

Drücken Sie  , um das Ergebnis zu vereinfachen. Geben Sie   ein, um dieses Ergebnis anzuzeigen.

```

y(t)=-((19*√5*SIN(√5
*t)-(148*COS(√5*t)+80
*COS(t/2)))/190)'

```

d.h.

$$y(t) = -((19 \cdot \sqrt{5} \cdot \sin(\sqrt{5} \cdot t) - (148 \cdot \cos(\sqrt{5} \cdot t) + 80 \cdot \cos(t/2))) / 190)'$$

Drücken Sie **ENTER** **ENTER** **VAR** **□□□□** um den String "Linear w/ cst coeff" des ODE Typs für diesen Fall zu bekommen.

## Laplace-Transformationen

Die Laplace-Transformation einer Funktion  $f(t)$  erzeugt eine Funktion  $F(s)$  in der Image Domain, die zur Lösungsfindung einer linearen Differentialgleichung eingesetzt werden kann, über algebraische Methoden mit  $f(t)$ . Diese Anwendung enthält drei Schritte:

1. Durch Anwendung der Laplace-Transformation wird die lineare ODE mit  $f(t)$  in eine algebraische Gleichung umgewandelt.
2. Die Unbekannte  $F(s)$  wird für die Image Domain durch algebraische Manipulation gelöst.
3. Eine inverse Laplace-Transformation wird zur Konvertierung der in Schritt 2 gefundenen Lösung der Differentialgleichung  $f(t)$  verwendet.

## Laplace-Transformation und Inverse im Rechner

Der Rechner stellt die beiden Funktionen LAP und ILAP, zur Berechnung der Laplace-Transformation bzw. der inversen Laplace-Transformation, einer Funktion  $f(VX)$ , zur Verfügung, wobei  $VX$  die CAS unabhängige Standardvariable (normalerweise  $X$ ) darstellt. Das Ergebnis ist die Transformation oder inverse Transformation als eine Funktion von  $X$ . Die Funktionen LAP und ILAP finden Sie im Menü CALC/DIFF. Die Beispiele werden im RPN-Modus ausgearbeitet, deren Umsetzung im ALG-Modus ist jedoch einfacher.

Beispiel 1 – Um die Definition der Laplace-Transformation zu bekommen verwenden Sie folgende Eingabe : 'f(X)' **ENTER** LAP im RPN-Modus oder

LAP(F(X)) im ALG-Modus. Die nachfolgenden Ergebnisse werden ausgegeben (links RPN und rechts ALG):



Vergleichen Sie diese Ausdrücke mit den vorher in der Definition der Laplace-Transformation gegebenen, d.h.

$$L\{f(t)\} = F(s) = \int_0^{\infty} f(t) \cdot e^{-st} dt,$$

und Sie werden feststellen, dass die CAS Standardvariable X im EquationWriter die Variable s in dieser Definition ersetzt. Wenn Sie also die Funktion LAP verwenden bekommen Sie eine Funktion X als Ergebnis, welches die Laplace-Transformation von f(X) darstellt.

Beispiel 2 – Bestimmen Sie die inverse Laplace-Transformation von  $F(s) = \sin(s)$ . Verwenden Sie:

$$'1/(X+1)^2' \text{ (ENTER) ILAP}$$

Das erhaltene Ergebnis: 'X·e<sup>-X</sup>', bedeutet, dass  $L^{-1}\{1/(s+1)^2\} = x \cdot e^{-x}$

## Fouriersche Reihe

Eine komplexe Fouriersche Reihe wird durch folgenden Ausdruck definiert

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} c_n \cdot \exp\left(\frac{2in\pi t}{T}\right),$$

wobei

$$c_n = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) \cdot \exp\left(-\frac{2 \cdot i \cdot n \cdot \pi}{T} \cdot t\right) \cdot dt, \quad n = -\infty, \dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots, \infty.$$

## Funktion FOURIER

Die Funktion FOURIER stellt den Koeffizienten  $c_n$  einer komplexen Form der Fourierschen-Reihe zur Verfügung, wobei die Funktion  $f(t)$  und der Wert  $n$  bekannt sind. Bevor Sie die Funktion FOURIER ausführen, müssen Sie den Wert der Variablen (T) einer periodischen Funktion T in der CAS Variablen PERIOD speichern. Die Funktion FOURIER finden Sie im Untermenü DERIV innerhalb des Menüs CALC ( $\leftarrow$  CALC).

## Fouriersche Reihe für eine quadratische Funktion

Bestimmen sie die Koeffizienten  $c_0$ ,  $c_1$ , und  $c_2$  für die Funktion  $g(t) = (t-1)^2 + (t-1)$ , mit dem Intervall  $T = 2$ .

Benutzen wir den ALG-Modus, müssen wir zuerst die Funktionen  $f(t)$  und  $g(t)$  definieren:

```

: DEFINE('f(t)=t^2+t')
: DEFINE('g(t)=f(t-1)')
3 | f | | | | |

```

Als nächstes gehen wir ins HOME Untermenü CASDIR, um den Wert der Variablen PERIOD zu ändern, z.B. **[Anmerkung]**: in den nachfolgenden Abbildungen sind nach Fertigstellung dieser Übung nicht alle Zeilen sichtbar.]

$\leftarrow$  (halten) UPDIR ENTER VAR  $\leftarrow$  ENTER 2 STO  $\leftarrow$  ENTER

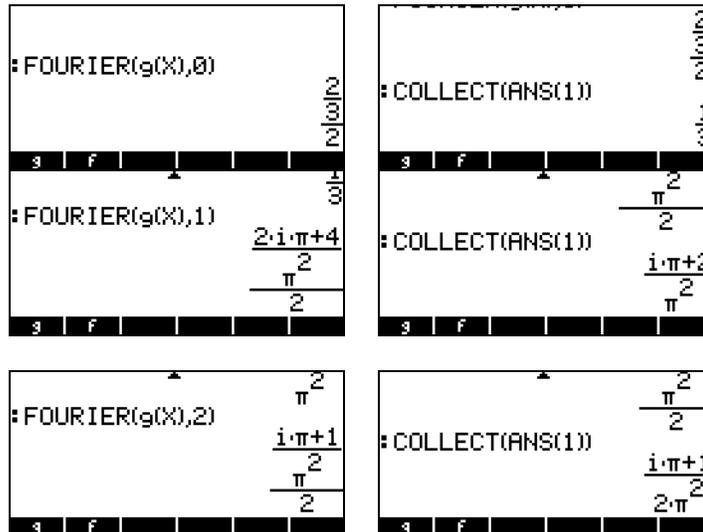
```

: HOME NOVAL
: CASDIR NOVAL
: 2>PERIOD NOVAL
PRIMICASINMODULREALAPERIO V8

```

Gehen wir nun zurück ins Unterverzeichnis, in welchem wir die Funktionen  $f$  und  $g$  definiert haben und berechnen die Koeffizienten. Stellen wir CAS nun

in den Complex-Modus (siehe Kapitel 2) bevor wir mit den Übungen beginnen.  
 Die Funktion COLLECT finden wir unter dem Menü ALG ( $\square$  ALG).



Somit,  $c_0 = 1/3$ ,  $c_1 = (\pi \cdot i + 2)/\pi^2$ ,  $c_2 = (\pi \cdot i + 1)/(2\pi^2)$ .

Die Fouriersche Reihe mit drei Elementen wird wie folgt geschrieben

$$g(t) \approx \text{Re}[(1/3) + (\pi \cdot i + 2)/\pi^2 \cdot \exp(i \cdot \pi \cdot t) + (\pi \cdot i + 1)/(2\pi^2) \cdot \exp(2 \cdot i \cdot \pi \cdot t)].$$

### Referenz

Weitere Definitionen, Anwendungen und Beispiele zur Lösung von Differentialgleichungen mit Hilfe der Laplace-Transformation und der Fourierschen-Reihe und Transformationen, wie auch numerische und grafische Methoden, finden Sie in Kapitel 16 der Bedienungsanleitung.

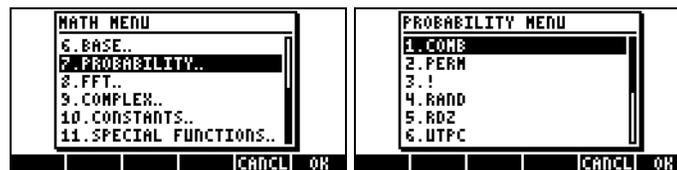
## Kapitel 15

# Wahrscheinlichkeitsverteilungen

Dieses Kapitel enthält Beispiele für Anwendungen der im Taschenrechner vordefinierten Wahrscheinlichkeitsverteilungen.

### Das Untermenü MTH/PROBABILITY.. – Teil 1

Das Untermenü MTH/PROBABILITY.. kann über die Tastenkombination  $\leftarrow$  MTH aufgerufen werden. Wenn das Systemflag 117 auf CHOOSE boxes gesetzt ist, stehen im Menü PROBABILITY.. folgenden Funktionen zur Verfügung:



In diesem Abschnitt werden die Funktionen COMB, PERM, ! (Faktultät) und RAND erläutert.

### Fakultäten, Kombinationen und Permutationen

Die Fakultät einer Ganzzahl wird als  $n! = n \cdot (n-1) \cdot (n-2) \dots 3 \cdot 2 \cdot 1$  definiert. Per definitionem gilt  $0! = 1$ .

Fakultäten werden zum Berechnen der Anzahl von Permutationen und Kombinationen eines Objekts verwendet. Beispielsweise beträgt die Anzahl der Permutationen von  $r$  Objekten einer Gruppe von  $n$  verschiedenen Elementen

$${}_n P_r = n(n-1)(n-2)\dots(n-r+1) = n!/(n-r)!$$

Außerdem beträgt die Anzahl der Kombinationen von  $r$  Elementen aus  $n$  Objekten zu einem Zeitpunkt:

$$\binom{n}{r} = \frac{n(n-1)(n-2)\dots(n-r+1)}{r!} = \frac{n!}{r!(n-r)!}$$

Mit den Funktionen COMB, PERM und ! aus dem Untermenü MTH/PROBABILITY.. können wir Kombinationen, Permutationen und Fakultäten berechnen. Die Verwendung dieser Funktionen wird im Folgenden erläutert:

- COMB(n,r): Berechnet die Anzahl der Kombinationen von r Elementen aus n Objekten zu einem Zeitpunkt
- PERM(n,r): Berechnet die Anzahl der Permutationen von r Elementen aus n Objekten zu einem Zeitpunkt
- n!: Fakultät einer positiven Ganzzahl. Wenn keine Ganzzahl verwendet wird, gibt x! den Wert  $\Gamma(x+1)$  zurück, wobei  $\Gamma(x)$  die Gammafunktion darstellt (siehe Kapitel 3). Das Fakultätssymbol (!) kann auch mit der Tastenkombination  $\text{ALPHA} \rightarrow \text{2}$  eingegeben werden.

Beispiele für Anwendungen dieser Funktionen: **[Anmerkung:** in den nachfolgenden Abbildungen sind nach Fertigstellung dieser Übung nicht alle Zeilen sichtbar.]

```

: COMB(10.,6.)          210.
: PERM(10.,6.)         151200.
: 12.!                 479001600.
  H  A  Y  T  EQ  PPAR

```

## Zufallszahlen

Der Taschenrechner enthält einen Zufallszahlengenerator, der eine gleichmäßig verteilte reelle Zufallszahl zwischen 0 und 1 ausgibt. Mit der Funktion RAND im Untermenü MTH/PROBABILITY können Sie Zufallszahlen erzeugen. Der folgenden Bildschirm enthält mehrere mit RAND erzeugte Zufallszahlen (**Anmerkung:** Die mit Ihrem Taschenrechner erzeugten Zufallszahlen weichen von den abgebildeten Zahlen ab.)

```

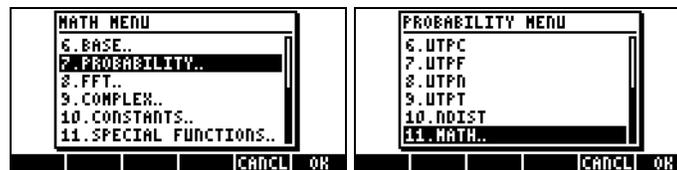
: RAND      .529199358633
: RAND      4.35821814444E-2
: RAND      .294922982088
  H | A | Y | T | EQ | PPAR

```

Weitere Informationen über Zufallszahlen im Taschenrechner finden Sie in Kapitel 17 der Bedienungsanleitung. Insbesondere wird in diesem Kapitel die Verwendung der Funktion RDZ zum erneuten Erstellen von Listen mit Zufallszahlen ausführlich beschrieben.

## Das Menü MTH/PROBABILITY.. – Teil 2

In diesem Abschnitt werden vier kontinuierliche Wahrscheinlichkeitsverteilungen erläutert, die gewöhnlich zum Lösen von Problemen im Zusammenhang mit statistischer Inferenz verwendet werden: die Normalverteilung, die Studentsche t-Verteilung, die Chi-Quadrat-Verteilung ( $\chi^2$ ) und die F-Verteilung. Die Funktionen des Taschenrechners zum Berechnen der Wahrscheinlichkeiten für diese Verteilungen sind NDIST, UTPN, UTPT, UTPC und UTPF. Diese Funktionen befinden sich im Menü MTH/PROBABILITY, das weiter oben in diesem Kapitel vorgestellt wurde. Um diese Funktionen anzuzeigen, rufen Sie das Menü MTH auf ( $\leftarrow$  MTH ), und wählen Sie die Option PROBABILITY aus:



### Die Normalverteilung

Mit den Funktionen NDIST und UTPN wird die Normalverteilung mit dem Mittelwert  $\mu$  und der Abweichung  $\sigma^2$  berechnet.

Um den Wert der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion von  $f(x)$  für die Normalverteilung zu berechnen, verwenden Sie die Funktion  $NDIST(\mu, \sigma^2, x)$ .

Überprüfen Sie beispielsweise, dass für die Normalverteilung gilt.  
 $\text{NDIST}(1,0;0,5;2,0) = 0,20755374$ . Die Verwendung dieser Funktion bietet sich zum Zeichnen der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion für die Normalverteilung an.

Der Taschenrechner enthält auch die Funktion UTPN, mit der der obere Bereich der Normalverteilung berechnet wird, d. h.  $\text{UTPN}(\mu, \sigma^2, x) = P(X > x) = 1 - P(X < x)$ , wobei  $P()$  eine Wahrscheinlichkeit darstellt. Überprüfen Sie beispielsweise, dass für eine Normalverteilung mit  $\mu = 1,0$ ,  $\sigma^2 = 0,5$ ,  $\text{UTPN}(1,0;0,5;0,75) = 0,638163$ .

### **Die Studentsche t-Verteilung**

Die Studentsche t-Verteilung oder einfach nur t-Verteilung enthält einen einzigen Parameter  $v$ , der als Freiheitsgrad bezeichnet wird. Der Taschenrechner enthält zum Berechnen der Werte des oberen Bereichs (kumulativ) der Verteilungsfunktion für die t-Verteilung die Funktion UTPT, wobei der Parameter  $v$  und der Wert von  $t$  angegeben werden müssen, d. h.  $\text{UTPT}(v,t) = P(T > t) = 1 - P(T < t)$ . Beispielsweise ist  $\text{UTPT}(5,2,5) = 2,7245...E-2$ .

### **Die Chi-Quadrat-Verteilung**

Die Chi-Quadrat-Verteilung ( $\chi^2$ ) enthält einen einzigen Parameter  $v$ , der als Freiheitsgrad bezeichnet wird. Der Taschenrechner enthält zum Berechnen der Werte des oberen Bereichs (kumulativ) der Verteilungsfunktion für die  $\chi^2$ -Verteilung die Funktion [UTPC] bereit, wobei der Wert von  $x$  und der Parameter  $v$  angegeben werden müssen. Die Definition dieser Funktion lautet daher  $\text{UTPC}(v,x) = P(X > x) = 1 - P(X < x)$ . Beispielsweise ist  $\text{UTPC}(5, 2,5) = 0,776495...$

### **Die F-Verteilung**

Die F-Verteilung besitzt zwei Parameter  $vN =$  Zähler des Freiheitsgrades und  $vD =$  Nenner des Freiheitsgrades. Der Taschenrechner enthält zum Berechnen der Werte des oberen Bereichs (kumulativ) der Verteilungsfunktion für die F-Verteilung die Funktion UTPF, wobei die Parameter  $vN$  und  $vD$  sowie der Wert von  $F$  angegeben werden müssen.

Die Definition für diese Funktion lautet daher  $UTPF(vN, vD, F) = P(\mathfrak{Z} > F) = 1 - P(\mathfrak{Z} < F)$ . Beispielsweise ist  $UTPC(10,5, 2,5) = 0,1618347\dots$

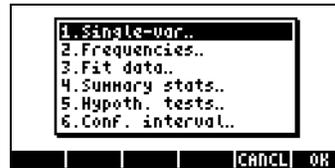
## Referenz

Weitere Informationen über Wahrscheinlichkeitsverteilungen und Anwendungen der Wahrscheinlichkeitsrechnung finden Sie in Kapitel 17 der Bedienungsanleitung.

# Kapitel 16

## Statistische Anwendungen

Im Rechner können folgende vorprogrammierte statistische Merkmale über Tastenkombination  $\rightarrow$  STAT (Taste 5) aufgerufen werden:



### Dateneingabe

In den Anwendungen 1, 2 und 4 aus obiger Liste müssen die Daten als Spalten einer Matrix  $\Sigma$ DAT eingegeben werden. Dies kann durch Eingabe der Daten in Spalten über den MatrixWriter  $\leftarrow$  MTRW geschehen, anschließend wird die Funktion  $\text{STO}\Sigma$  zur Speicherung der Matrix in  $\Sigma$ DAT verwendet.

Tragen Sie z.B. folgende Daten mit Hilfe des MatrixWriters (siehe Kapitel 8 und 9 in diesem Handbuch) ein und speichern Sie die Daten in  $\Sigma$ DAT:

2,1 1,2 3,1 4,5 2,3 1,1 2,3 1,5 1,6 2,2 1,2 2,5.

Die Anzeige sieht in etwa so aus:



Beachten Sie, dass nun die Variable  $\Sigma$ DAT in der Auflistung der Funktionstasten erscheint.

## Berechnen von Statistiken mit Einzel-Variablen

Nachdem Sie die Vektorenspalte in  $\Sigma$ DAT eingegeben haben, drücken Sie  $\rightarrow$  STAT  $\left[ \text{STAT} \right]$  um **1. Single-var..** auszuwählen: Sie erhalten folgende Eingabemaske:

```

SINGLE-VARIABLE STATISTICS
EDAT: [[2.1] [1... Col: 1
Type: Sample
  _ Mean   _ Std Dev  _ Variance
  _ Total  _ Maximum  _ Minimum
Enter statistical data
EDIT (ARROWS)  [CANCEL] OK

```

Es werden die Daten in  $\Sigma$ DAT angezeigt, und dass Spalte 1 ausgewählt wurde (es gibt ja nur eine Spalte in der aktuellen  $\Sigma$ DAT). Bewegen Sie die Pfeiltasten im Funktionsmenü und wählen Sie die Faktoren (Mittelwert, Standardabweichung, Abweichung, Gesamtzahl der Datenpunkte, Maximal- und Minimal-Werte) für Ihre Ausgabe aus, anschließend drücken Sie die Funktionstaste  $\left[ \text{ENTER} \right]$ , um Ihre Eingabe zu bestätigen. Wenn fertig, drücken Sie  $\left[ \text{STAT} \right]$ . Die ausgewählten Werte werden im Display Ihres Rechners entsprechend beschriftet angezeigt. So zum Beispiel:

```

SINGLE-VARIABLE STATISTICS
EDAT: [[2.1] [1... Col: 1
Type: Sample
  ✓ Mean   ✓ Std Dev  ✓ Variance
  ✓ Total  ✓ Maximum  ✓ Minimum
Calculate column minimum?
[CHK] [CANCEL] OK

```

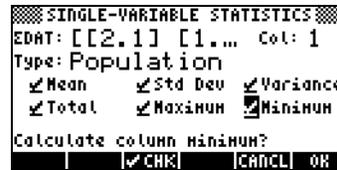
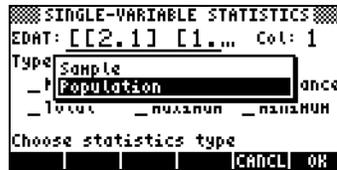
```

RAD NY2 HEX R= 'X'      ALG
CHONE3
Std Dev: .964207949406
Variance: .929696969697
Total: 25.6
Maximum: 4.5
Minimum: 1.1
+SKIP|SKIP+ +DEL|DEL+|DEL L|INS

```

### Stichprobe vs. Grundgesamtheit (Population)

Die für die oben verwendeten Einzel-Variablen Statistiken vorprogrammierten Funktionen können auf eine endliche Grundgesamtheit (Population) angewandt werden, indem Sie Type: Population im Fenster SINGLE-VARIABLE STATISTICS auswählen. Der Hauptunterschied liegt in den Werten der Varianz und Standardabweichung, welche im Nenner der Abweichung, unter Verwendung von  $n$  und nicht  $(n-1)$ , berechnet werden. Für das obige Beispiel, benutzen wir nun die Funktionstaste  $\left[ \text{STAT} \right]$  um Population als Typ auszuwählen: und berechnen die Messungen neu:



## Ermitteln von Häufigkeitsverteilungen

Die Anwendung **2. Frequencies..** im Menü STAT, kann zur Ermittlung von Häufigkeitsverteilungen für eine Datenreihe eingesetzt werden. Die Daten müssen als Spalte von Vektoren, gespeichert in der Variablen  $\Sigma$ DAT, zur Verfügung stehen. Zum starten drücken Sie  $\leftarrow$  STAT  $\downarrow$   $\left[\text{OK}\right]$ . Die so ausgegebene Eingabemaske enthält folgende Felder:

- $\Sigma$ DAT:** die Matrix mit den gewünschten Daten.
- Col:** die Spalte  $\Sigma$ DAT, die genau geprüft wird.
- X-Min:** die minimale Abweichung, die in der Häufigkeitsverteilung verwendet wird (Standard = -6,5).
- Bin Count:** die Anzahl der in der Häufigkeitsverteilung verwendeten Klassen (Standard = 13).
- Bin Width:** der homogene Raum jeder Klasse in der Häufigkeitsverteilung (Standard = 1).

Wenn die Datenreihe  $n$  mit den Werten:  $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  in keiner bestimmten Reihenfolge aufgeführt ist, kann man diese Daten in eine bestimmte Anzahl von Klassen oder Bins gruppieren, indem man die Häufigkeit der Zahlenwerte jeder Klasse entsprechend zählt. Die Anwendung **2. Frequencies..** aus dem Menü STAT führt diese Frequenzzählung durch, wobei die Werte, welche unter dem Minimum oder über dem Maximum der Klassengrenzen liegen können (d.h. die Ausreißer), von dieser Funktion verfolgt werden.

Als Beispiel, erstellen Sie eine relativ große Datenreihe, sagen wir 200 Punkte mit dem Befehl `RANM({200,1})` und speichern Sie das Ergebnis, über die Funktion `STOΣ` in die Variable `ΣDAT` (siehe Beispiel oben). Als nächstes ermitteln Sie Informationen zu Einzelvariablen über `▢ → STAT ▢`. Die Ergebnisse sind:

```
Variance:31.0395728643
Total:(-85.)
Maximum:9.
Minimum:(-9.)
ΣDAT  EPAR  CASDI
```

Diese Information zeigt an, dass unser Datenbereich zwischen -9 und 9 liegt. Um eine Häufigkeitsverteilung zu ermitteln werden wir das Intervall (-8,8) benutzen, indem wir es in 8 Bins, jedes der Größe 2, teilen.

- Wählen Sie das Programm **2. Frequencies..** mit Hilfe von `▢ → STAT ▾` `▢`. Die Daten sind bereits in `ΣDAT` geladen und die Option `Col` sollte den Wert 1 beinhalten, da wir nur eine Spalte in `ΣDAT` haben.
- Ändern Sie `X-Min` auf -8, `Bin Count` auf 8, und `Bin Width` auf 2, drücken Sie anschließend `▢`.

Im RPN-Modus, werden die Ergebnisse im Stack als Spalte von Vektoren in Stack Ebene 2 angezeigt und eine Reihe von Vektoren bestehend aus zwei Komponenten in Stack Ebene 1. Der Vektor in Stack Ebene 1 ist die Anzahl der Ausreißer des Intervals, in welchem die Häufigkeitszählung durchgeführt wurde. In diesem Fall, bekommen wir die Werte [ 14. 8.], aus welchen wir ersehen können, dass der Vektor `ΣDAT` 14 Werte kleiner als -8 und 8 größer als 8 enthält.

- Drücken Sie `◀`, um den Vektor von Ausreißern aus dem Stack zu entfernen. Das verbleibende Ergebnis ist die Häufigkeitszählung der Daten.

Die Bins für diese Häufigkeitsverteilung sind: -8 bis -6, -6 bis -4, ..., 4 bis 6 und 6 bis 8, d.h. 8 davon, mit der Häufigkeit in der Vektorspalte, in diesem Fall:

23, 22, 22, 17, 26, 15, 20, 33.

Das bedeutet, es gibt 23 Werte in Bin  $[-8,-6]$ , 22 in  $[-6,-4]$ , 22 in  $[-4,-2]$ , 17 in  $[-2,0]$ , 26 in  $[0,2]$ , 15 in  $[2,4]$ , 20 in  $[4,6]$  und 33 in  $[6,8]$ . Sie können auch die Gesamtsumme aller Werte einschließlich der Ausreißer, 14 und 8, überprüfen, die der Gesamtsumme der Elemente in unserer Stichprobe entsprechen, und zwar 200.

### Daten an eine Funktion $y=f(x)$ angleichen

Das Programm **3. Fit data..**, Option 3 im Menü STAT, kann dazu verwendet werden lineare, logarithmische, Exponential- und Potenzfunktion an Datenreihen  $(x,y)$ , in der gespeicherten Matrix  $\Sigma DAT$ , anzugleichen. Für diese Anwendung müssen in Ihrer Variablen  $\Sigma DAT$  mindestens 2 Spalten vorhanden sein.

So z.B. um eine lineare Beziehung zu den Daten in der untenstehenden Tabelle anzugleichen:

x	y
0	0,5
1	2,3
2	3,6
3	6,7
4	7,2
5	11

- Tragen Sie über den MatrixWriter zuerst zwei Spalten in Ihre Variable  $\Sigma DAT$  ein und speichern diese mit  $STO\Sigma$ .
- Verwenden Sie die Tastenfolge:  $\rightarrow$   $\underline{STAT}$   $\downarrow$   $\downarrow$   $\text{Fit data..}$ , um das Programm **3. Fit data..** aufzurufen. Die Eingabemaske wird die momentane  $\Sigma DAT$  anzeigen, bereits geladen. Falls benötigt, können Sie die Anzeige für eine lineare Angleichung, auf nachfolgende Parameter ändern:



- Um die Angleichung der Daten zu erhalten, klicken Sie auf . Die Ausgabe dieses Programms, nachfolgend für unsere Datenreihe angezeigt, besteht im RPN-Modus aus den folgenden drei Zeilen:

```

3: '0,195238095238 + 2,00857242857*X'
2: Correlation: 0,983781424465
1: Covariance: 7,03

```

Ebene 3 zeigt die Form der Gleichung. Ebene 2 zeigt den Korrelationskoeffizienten der Stichprobe und Ebene 1 die Kovarianz von x-y. Definitionen zu diesen Parametern finden Sie in Kapitel 18 der Bedienungsanleitung.

Zusätzliche Informationen zur Anpassung von Daten finden Sie in Kapitel 18 der Bedienungsanleitung.

## Ermitteln von zusätzlichen Summenstatistiken

Die Anwendung **4. Summary stats..** aus dem Menü STAT, hilft Ihnen bei bestimmten Berechnungen von Stichprobenstatistiken. Zum starten drücken Sie STAT ein weiteres Mal, mit der Pfeiltaste gehen Sie auf Position 4 und drücken dann . Die so ausgegebene Eingabemaske enthält folgende Felder:

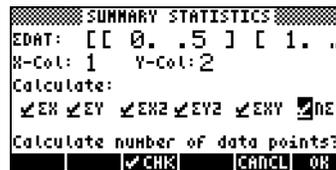
- ΣDAT:** die Matrix mit den gewünschten Daten.
- X-Col, Y-Col:** diese Optionen werden sind nur dann gültig, wenn Sie mehr als zwei Spalten in der Matrix ΣDAT haben. Standardmäßig ist die Spalte x Spalte 1 während y Spalte 2 darstellt. Sollten Sie nur eine Spalte in der Matrix haben, ist die einzige Einstellung die einen Sinn ergibt **X-Col: 1**.
- ΣX \_ ΣY...:** Aus diesem Programm können Sie Summenstatistiken, durch Markierung [CHK] des entsprechenden Feldes auswählen.

Viele dieser Summenstatistiken werden zur Berechnung von Statistiken von zwei Variablen (x,y) benutzt, die als Funktion  $y=f(x)$  in Relation zueinander stehen können. Somit kann dieses Programm als Zusatz zu Programm **3. Fit data..** angesehen werden.

Ermitteln Sie als Beispiel alle Statistik-Daten für die im Moment in  $\Sigma$ DAT gespeicherten x-y Daten.

- Zum starten der Option **summary stats...**, benutzen Sie die Tastenfolge:  

- Wählen Sie die Spaltenzahlen entsprechend den x- und y-Daten, d.h. X-Col: 1 und Y-Col: 2.
- Mit der Taste  wählen Sie alle Optionen für die Ausgaben, d.h.  $\Sigma X$ ,  $\Sigma Y$ , usw.

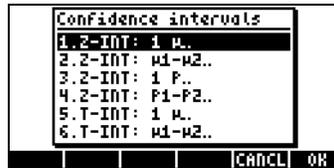


- Drücken Sie , um die nachfolgenden Ergebnisse zu erhalten:



## Zufallsfehlerbereiche

Die Anwendung **6. Conf Interval** kann mit Hilfe der Tastenfolge  gestartet werden. Die Anwendung bietet folgende Optionen:



Diese Optionen können wie folgt ausgelegt werden:

1. Z-INT: 1  $\mu$ .: Einfacher Stichprobe Zufallsfehlerbereich für den Mittelwert der Grundgesamtheit,  $\mu$ , mit bekannter Grundgesamtheit Varianz oder für eine große Anzahl von Stichproben mit unbekannter Grundgesamtheit Varianz.
2. Z-INT:  $\mu_1-\mu_2$ .: Zufallsfehlerbereich für die Differenz des Mittelwertes der Grundgesamtheit,  $\mu_1-\mu_2$ , entweder mit bekannter Grundgesamtheit Varianz oder für eine große Anzahl von Stichproben mit unbekannter Grundgesamtheit Varianz.
3. Z-INT: 1 p.: Intervall für den Zufallsfehlerbereich der Proportion, p, für eine große Anzahl von Stichproben mit unbekannter Grundgesamtheit Varianz.
4. Z-INT: p1- p2.: Zufallsfehlerbereich für die Differenz zweier Proportionen,  $p_1-p_2$ , für eine große Anzahl von Stichproben mit unbekannter Grundgesamtheit Varianz.
5. T-INT: 1  $\mu$ .: Intervall für den Zufallsfehlerbereich des Mittelwertes der Grundgesamtheit,  $\mu$ , für eine kleine Anzahl von Stichproben mit unbekannter Grundgesamtheit Varianz.
6. T-INT:  $\mu_1-\mu_2$ .: Zufallsfehlerbereich für die Differenz der Mittelwerte der Grundgesamtheit,  $\mu_1-\mu_2$ , für eine kleine Anzahl von Stichproben mit unbekanntem Grundgesamtheit Varianzen.

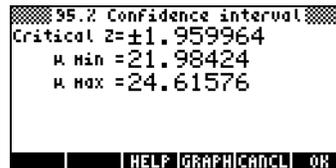
Beispiel 1 – Ermitteln Sie den zentrierten Zufallsfehlerbereich für den Mittelwert einer Grundgesamtheit, wenn eine Stichprobe von 60 Elementen, den Mittelwert  $\bar{x} = 23,2$  ergibt und die Standardabweichung  $s = 5,2$  ist. Verwenden Sie  $\alpha = 0,05$ . Das Vertrauensintervall ist  $C = 1-\alpha = 0,95$ .

Wählen Sie Fall 1 aus dem oben angezeigten Menü durch drücken der Taste . Tragen Sie die erforderlichen Werte, wie angezeigt, in die Eingabemaske:

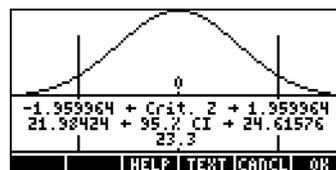


Drücken Sie  um eine Anzeige mit der Erklärung des Begriffes Vertrauensintervall, als vom Rechner generierte Zufallszahlen, zu bekommen. Um die erhaltene Anzeige komplett zu sehen, scrollen Sie mit der Pfeiltaste  nach unten. Wenn Sie die Hilfe Anzeige nicht mehr benötigen, drücken Sie die Taste . So gelangen Sie zur oben gezeigten Anzeige zurück.

Drücken Sie , um das Vertrauensintervall zu berechnen. Das im Rechner angezeigte Ergebnis:



Um eine grafische Anzeige des Vertrauensintervalls zu bekommen, drücken Sie die Taste .



Die Grafik zeigt die Standard Normalverteilung pdf (probability density function – Funktion Wahrscheinlichkeitsdichte), die kritischen Punkte  $\pm z_{\alpha/2}$ , den Mittelwert (23,2) und die entsprechenden Intervalsgrenzen (21,88424 and 24,51576) Um zur vorherigen Anzeige mit den Werten zurückzukehren,

drücken Sie  und/oder , um die Vertrauensintervall Umgebung zu verlassen. Die Ergebnisse werden in der Anzeige des Rechners ausgegeben.

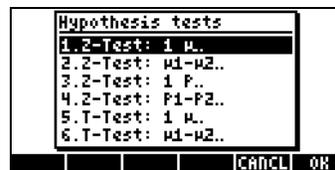
Zusätzliche Anwendungen von Vertrauensintervall Berechnungen finden Sie in Kapitel 18 der Bedienungsanleitung.

## Überprüfen der Hypothese

Eine Hypothese ist eine Aussage, die über einen Grundgesamtwert gemacht wird (so z.B. in Bezug auf den Mittelwert). Die Akzeptanz der Hypothese basiert auf einem Statistik Test einer Stichprobe aus einem Grundgesamtwert. Die nachfolgende Aktion und Entscheidung wird als testen der Hypothese bezeichnet.

Der Taschenrechner enthält unter der Anwendung *5. Hypoth. tests.*, auf die über  *STAT*    zugegriffen werden kann, Hypothesentestprozeduren.

In Bezug auf die Berechnung von Vertrauensintervallen, vorher behandelt, bietet dieses Programm 6 verschiedene Optionen:



Diese Optionen sind genau wie bei den Vertrauensintervall Anwendungen:

1. Z-Test:  $1 \mu.$ : Ein-Stichproben-Überprüfung der Hypothese für den Mittelwert der Grundgesamtheit,  $\mu$ , mit bekannter Grundgesamtheit Varianz oder für einen großen Stichprobenumfang mit unbekannter Grundgesamtheit Varianz.
2. Z-Test:  $\mu_1 - \mu_2.$ : Überprüfung der Hypothese für die Differenz des Mittelwertes der Grundgesamtheit,  $\mu_1 - \mu_2$ , entweder mit bekannten Grundgesamtheit Varianzen oder für eine große Anzahl von Stichproben mit unbekanntem Grundgesamtheit Varianzen.

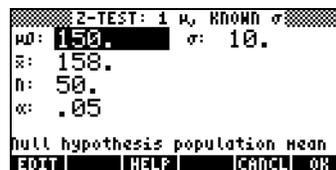
3. Z-Test: 1  $p$ .: Ein-Stichproben-Überprüfung der Hypothese für die Proportion,  $p$ , für eine große Anzahl von Stichproben mit unbekannter Grundgesamtheit Varianz.
4. Z-Test:  $p_1-p_2$ .: Überprüfung der Hypothese für die Differenz zweier Proportionen,  $p_1-p_2$ , für eine große Anzahl von Stichproben mit unbekanntem Grundgesamtheit Varianzen.
5. T-Test: 1  $\mu$ .: Ein-Stichproben Überprüfung der Hypothese für den Zufallsfehlerbereich des Mittelwertes der Grundgesamtheit,  $\mu$ , für eine kleine Anzahl von Stichproben mit unbekannter Grundgesamtheit Varianz.
6. T-Test:  $\mu_1-\mu_2$ .: Überprüfung der Hypothese für die Differenz der Mittelwerte der Grundgesamtheit,  $\mu_1-\mu_2$ , für eine kleine Anzahl von Stichproben mit unbekanntem Grundgesamtheit Varianzen.

Versuchen Sie folgendes Beispiel:

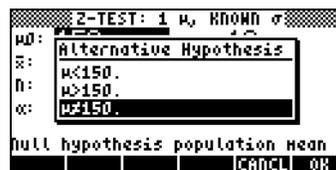
Beispiel 1 – überprüfen Sie die Hypothese  $H_0$  für  $\mu_0 = 150$ ,  $\sigma = 10$ ,  $\bar{x} = 158$ ,  $n = 50$  für  $\alpha = 0,05$ .  $H_0: \mu = \mu_0$ , gegen die alternative Hypothese,  $H_1: \mu \neq \mu_0$ .

Um in die Berechnung des Zufallsfehlerbereichs auf Ihrem Rechner zu starten drücken Sie die Tastenfolge  $\rightarrow$  STAT  $\uparrow$   $\uparrow$   $\text{00}$ . Um die Option 1. Z-Test: 1  $\mu$  zu starten, drücken Sie  $\text{00}$ .

Tragen Sie nachfolgende Daten ein und drücken Sie anschließend  $\text{00}$ :



Sie werden dann gefragt, die alternative Hypothese auszuwählen:



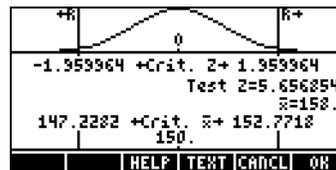
Wählen Sie  $\mu \neq 150$ . Drücken Sie anschließend . Die Lösung lautet:

```

Reject mu=150. at 5.% LVL
Test Z=5.656854
Prob=1.541726E-8
Critical Z=±1.959964
Critical x={147.2,152.8}
HELP GRAPH/CANCL OK
    
```

Wir ändern dann  $H_0: \mu = 150$  auf  $H_1: \mu \neq 150$ . Der Testwert ist  $z_0 = 5,656854$ . Der P-Wert ist  $1,54 \times 10^{-8}$ . Die kritischen Werte von  $\pm z_{\alpha/2} = \pm 1,959964$ , welche dem kritischen  $\bar{x}$ -Bereich von  $\{147,2 \ 152,8\}$  entsprechen.

Diese Information können Sie auch grafisch, durch drücken der Funktionstaste , darstellen.



## Referenz

Zusätzliche Informationen zur Statistikanalyse, einschließlich der Definitionen für Konzepte und fortgeschrittene Statistikanwendungen, finden Sie in Kapitel 18 der Bedienungsanleitung.

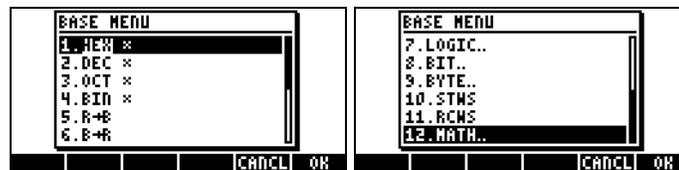
## Kapitel 17

### Zahlen mit unterschiedlicher Basis

Neben unserem Dezimalsystem (Basis 10, Ziffern = 0-9), können Sie u. a. mit einem Binärsystem (Basis 2, Ziffern = 0,1), einem Oktalsystem (Basis 8, Ziffern = 0-7) oder einem Hexadezimalsystem (Basis 16, Ziffern = 0-9 und Zeichen = A-F) arbeiten. So wie die dezimale Ganzzahl  $321 = 3 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 1 \times 10^0$  bedeutet, bedeutet die Zahl 100110 im Binärsystem  $1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 = 32 + 0 + 0 + 4 + 2 + 0 = 38$ .

### Das Menü BASE

Das Menü BASE kann über  $\rightarrow$  BASE (Taste  $\text{3}$ ) gestartet werden. Wenn das Systemflag 117 auf CHOOSE boxes gesetzt ist (siehe Kapitel 1 in dieser Bedienungsanleitung), sind folgende Einträge verfügbar:



Wenn das Systemflag 117 auf SOFT boxes gesetzt ist, enthält das Menü BASE folgende Elemente:



In dieser Abbildung sind die Einträge LOGIC, BIT und BYTE im Menü BASE wiederum selbst Untermenüs. Diese Menüs werden in Kapitel 19 der Bedienungsanleitung ausführlich erläutert.

### Schreiben nichtdezimaler Zahlen

Im Taschenrechner werden Zahlen anderer Zahlensysteme als dem Dezimalsystem als binäre Ganzzahlen bezeichnet und mit dem Zeichen #

( #\_\_ ) vor der Zahl eingegeben. Um die für binäre Ganzzahlen zu verwendende Basis auszuwählen, wählen Sie im Menü BASE entweder HEX(adezimal), DEC(imal), OCT(al) oder BIN(är) aus. Wenn beispielsweise ausgewählt wurde, werden binäre Ganzzahlen als Hexadezimalzahlen, z. B. `1010001011110000b`, dargestellt. Bei Auswahl anderer Zahlensysteme werden die Zahlen automatisch entsprechend der neuen Basis konvertiert.

Um eine Zahl in einem bestimmten System einzugeben, geben Sie vor der Zahl das Zeichen # und nach der Zahl h (hexadezimal), d (dezimal), o (oktal) bzw. b (binär) ein. Beispiele: [**Anmerkung:** in den nachfolgenden Abbildungen sind nach Fertigstellung dieser Übung nicht alle Zeilen sichtbar.]

#### HEX

```

: # A2F0h
: # 2BC10h # A2F0h
: # 125h # 2BC10h
: # 125h # 125h
HEX | DEC | OCT | BIN | R-# | B-#

```

#### DEC

```

: # 41712d
: # 179216d # 41712d
: # 293d # 179216d
: # 293d # 293d
HEX | DEC | OCT | BIN | R-# | B-#

```

#### OCT

```

: # 121360o
: # 536020o # 121360o
: # 445o # 536020o
: # 445o # 445o
HEX | DEC | OCT | BIN | R-# | B-#

```

#### BIN

```

: # 1010001011110000b
: # 1010001011110000b
: # 101011110000010000b
: # 101011110000010000b
: # 100100101b
: # 100100101b
HEX | DEC | OCT | BIN | R-# | B-#

```

## Referenz

Weitere Informationen über Zahlen mit unterschiedlicher Basis finden Sie in Kapitel 19 der Bedienungsanleitung.

## Beschränkte Garantie

Grafiktaschenrechner hp 48gll, Garantiezeitraum: 12 Monate

1. HP garantiert Ihnen, dem Endbenutzer, dass HP Hardware, Zubehör und Verbrauchsmaterialien frei von Material- und Verarbeitungsfehlern sind. Diese Garantie beginnt mit dem Kaufdatum und gilt für den oben angegebenen Zeitraum. Wenn HP innerhalb des Garantiezeitraums über einen derartigen Mangel informiert wird, übernimmt HP nach eigenem Ermessen entweder die Reparatur des nachweislich fehlerhaften Produkts oder tauscht dieses aus. Als Austauschprodukte können neue oder im Hinblick auf die Leistung neuwertige Produkte eingesetzt werden.
2. Bei ordnungsgemäßer Installation und Verwendung der HP Software übernimmt HP ab dem Kaufdatum und für den oben angegebenen Zeitraum die Garantie, dass keine Material- oder Verarbeitungsfehler bestehen, die dazu führen, dass die Programmieranweisungen nicht ausgeführt werden können. Wenn HP innerhalb des Garantiezeitraums über einen derartigen Mangel informiert wird, ersetzt HP die fehlerhafte Software, die die Programmieranweisungen nicht ausführt.
3. HP übernimmt keine Garantie für einen störungs- oder fehlerfreien Betrieb von HP Produkten. Sollte HP innerhalb eines angemessenen Zeitraums nicht in der Lage sein, ein Produkt gemäß den Garantiebestimmungen zu reparieren oder auszutauschen, sind Sie bei sofortiger Rücksendung des Produkts berechtigt, den Kaufpreis zurückzuerlangen.
4. HP Produkte können aus recyceltem Material hergestellte Teile enthalten, deren Leistung Teilen aus neuem Material entspricht oder die unbeabsichtigt verwendet wurden.
5. Die Garantie gilt nicht für Mängel, die auf Folgendes zurückzuführen sind: (a) unsachgemäße oder ungeeignete Wartung oder Kalibrierung; (b) Verwendung von Software, Schnittstellen, Teilen oder Verbrauchsmaterialien, die nicht von HP zur Verfügung gestellt wurden; (c) unbefugte Änderung oder falsche Verwendung; (d) Betrieb außerhalb des Rahmens der für das Produkt veröffentlichten technischen Daten für den Betrieb; oder (e) unsachgemäße Vorbereitung oder Wartung des Standorts.

6. SOWEIT GEMÄSS ÖRTLICHEM RECHT ZULÄSSIG, STELLEN DIE OBEN GENANNTEN GARANTIEANSPRÜCHE DIE ALLEINIGEN ANSPRÜCHE DAR, UND ES GELTEN KEINE WEITEREN SCHRIFTLICHEN ODER MÜNDLICHEN GARANTIEN ODER GEWÄHRLEISTUNGEN, WEDER AUSDRÜCKLICH NOCH STILLSCHWEIGEND. HP WEIST INSBESONDERE ALLE STILLSCHWEIGENDEN GARANTIEN ODER GEWÄHRLEISTUNGEN BEZÜGLICH MARKTGÄNGIGKEIT; ZUFRIEDENSTELLENDER QUALITÄT UND EIGNUNG ZU EINEM BESTIMMTEN ZWECK ZURÜCK. Einige Staaten, Länder oder Provinzen lassen eine Einschränkung des Garantiezeitraums für eine konkludente Garantie nicht zu. In diesem Fall finden die oben genannten Einschränkungen oder Ausschlüsse keine Anwendung. Aus dieser Garantie ergeben sich für Sie bestimmte Rechte. Darüber hinaus haben Sie möglicherweise weitere Rechte, die von Staat zu Staat, von Land zu Land oder von Provinz zu Provinz unterschiedlich sein können.
7. SOWEIT GEMÄSS ÖRTLICHEM RECHT ZULÄSSIG, STELLEN DIE IN DIESER GARANTIEERKLÄRUNG GENANNTEN ANSPRÜCHE IHRE ALLEINIGEN UND AUSSCHLIESSLICHEN ANSPRÜCHE DAR. MIT AUSNAHME DER VORSTEHENDEN BESTIMMUNG ÜBERNEHMEN HP UND IHRE ANBIETER IN KEINEM FALL EINE HAFTUNG FÜR EINEN DATENVERLUST ODER FÜR DIREKTE, SPEZIELLE, ZUFÄLLIG ENTSTANDENE SCHÄDEN ODER FOLGESCHÄDEN (EINSCHLIESSLICH ENTGANGENEM GEWINN ODER DATENVERLUST), ODER SONSTIGE SCHÄDEN, UNABHÄNGIG DAVON, OB DIESE VERTRAGLICH FESTGEHALTEN SIND ODER AUS EINER UNERLAUBTEN HANDLUNG ODER ANDERWEITIG ENTSTEHEN. Einige Staaten, Länder oder Provinzen lassen den Ausschluss oder die Beschränkung von zufällig entstandenen Schäden oder Folgeschäden nicht zu. In diesem Fall finden die oben genannten Einschränkungen oder Ausschlüsse keine Anwendung.
8. Die Garantien für HP Produkte und HP Dienstleistungen werden ausschließlich in den ausdrücklichen Garantieerklärungen dargelegt, die im Lieferumfang dieser Produkte und Dienstleistungen enthalten sind. HP haftet nicht für technische oder redaktionelle Fehler oder Auslassungen in diesen Dokumenten.

**FÜR ENDVERBRAUCHER-KAUFABSCHLÜSSE IN AUSTRALIEN UND  
NEUSEELAND: SOFERN GEMÄSS GELTENDEM RECHT ZULÄSSIG, SCHLIESSEN**

**DIE IN DIESER ERKLÄRUNG ENTHALTENEN GARANTIEBESTIMMUNGEN DIE VERBINDLICHEN, GESETZLICH FESTGELEGTEN RECHTE FÜR DEN VERKAUF DIESES PRODUKTS AN SIE WEDER AUS NOCH SCHRÄNKEN SIE DIESE EIN ODER ÄNDERN DIESE, SONDERN ERWEITERN DIESE RECHTE.**

## Service

Europa	Land:	Telefonnummern
	Österreich	+43-1-3602771203
	Belgien	+32-2-7126219
	Dänemark	+45-8-2332844
	Osteuropäische Staaten	+420-5-41422523
	Finnland	+35-89640009
	Frankreich	+33-1-49939006
	Deutschland	+49-69-95307103
	Griechenland	+420-5-41422523
	Holland	+31-2-06545301
	Italien	+39-02-75419782
	Norwegen	+47-63849309
	Portugal	+351-229570200
	Spanien	+34-915-642095
	Schweden	+46-851992065
	Schweiz	+41-1-4395358 (deutsch) +41-22-8278780 (französisch) +39-02-75419782 (italienisch)
	Türkei	+420-5-41422523
	Groß Britannien	+44-207-4580161
	Tschechien	+420-5-41422523
	Südafrika	+27-11-237 62 00
	Luxemburg	+32-2-7126219
	andere europäische Länder	+420-5-41422523
Asien Pazifik	Land:	Telefonnummern
	Australien	+61-3-9841-5211
	Singapur	+61-3-9841-5211

Lat. Amerika	Land:	Telefonnummern
	Argentinien	0-810-555-5520
	Brasilien	Sao Paulo 3747-7799; ROTC 0-800-157751
	Mexiko	Mx City 5258-9922; ROTC 01-800-472-6684
	Venezuela	0800-4746-8368
	Chile	800-360999
	Kolumbien	9-800-114726
	Peru	0-800-10111
	Mittelamerika & Karibik	1-800-711-2884
	Guatemala	1-800-999-5105
	Puerto Rico	1-877-232-0589
	Costa Rica	0-800-011-0524

N. Amerika	Land:	Telefonnummern
	USA	1800-HP INVENT
	Kanada	(905) 206-4663 or 800- HP INVENT

ROTC = Rest des Landes

Unter <http://www.hp.com> finden Sie die neuesten Service- und Support-Informationen.

## Hinweise und Bestimmungen

Dieser Abschnitt enthält wichtige Informationen zur Konformität des Grafiktaschenrechners hp 48gll mit Bestimmungen in bestimmten Regionen. Änderungen am Taschenrechner, die nicht ausdrücklich von Hewlett-Packard genehmigt wurden, können zum Verlust der Betriebserlaubnis in diesen Regionen führen.

### USA

This calculator generates, uses, and can radiate radio frequency energy and may interfere with radio and television reception. The calculator complies with the limits for a Class B digital device, pursuant to Part 15 of the FCC Rules.

These limits are designed to provide reasonable protection against harmful interference in a residential installation. However, there is no guarantee that interference will not occur in a particular installation. In the unlikely event that there is interference to radio or television reception (which can be determined by turning the calculator off and on), the user is encouraged to try to correct the interference by one or more of the following measures:

- Reorient or relocate the receiving antenna.
- Relocate the calculator, with respect to the receiver.

### **Connections to Peripheral Devices**

To maintain compliance with FCC rules and regulations, use only the cable accessories provided.

### **Canada**

This Class B digital apparatus complies with Canadian ICES-003. Cet appareil numérique de la classe B est conforme à la norme NMB-003 du Canada.

### **Japan**

この装置は、情報処理装置等電波障害自主規制協議会(VCCI)の基準に基づく第二情報技術装置です。この装置は、家庭環境で使用することを目的としていますが、この装置がラジオやテレビジョン受信機に近接して使用されると、受信障害を引き起こすことがあります。取扱説明書に従って正しい取り扱いをしてください。

### **Entsorgung von Altgeräten aus privaten Haushalten in der EU**



Das Symbol auf dem Produkt oder seiner Verpackung weist darauf hin, dass das Produkt nicht über den normalen Hausmüll entsorgt werden darf. Benutzer sind verpflichtet, die Altgeräte an einer Rücknahmestelle für Elektro- und Elektronik-Altgeräte abzugeben. Die getrennte Sammlung und ordnungsgemäße Entsorgung Ihrer Altgeräte trägt zur Erhaltung der natürlichen Ressourcen bei und garantiert eine Wiederverwertung, die die Gesundheit des Menschen und die Umwelt schützt. Informationen dazu, wo Sie Rücknahmestellen für Ihre Altgeräte finden, erhalten Sie bei Ihrer Stadtverwaltung, den örtlichen Müllentsorgungsbetrieben oder im Geschäft, in dem Sie das Gerät erworben haben.